



SPRÁVA JRC – VEDA PRE POLITIKU

Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách (BAT) pre veľké spaľovacie zariadenia

*Smernica o priemyselných emisiách 2010/75/EÚ
(integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania)*

Thierry Lecomte, José Félix Ferrería de la Fuente, Frederik Neuwahl, Michele Canova, Antoine Pinasseau, Ivan Jankov, Thomas Brinkmann, Serge Roudier, Luis Delgado Sancho

2017



Upozornenie:

odborná korektúra prekladu nebola vykonaná

Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách (BAT) pre veľké spaľovacie zariadenia

Smernica o priemyselných emisiách 2010/75/EÚ
Integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania

Autori:

Thierry Lecomte
José Félix Ferrería de la
Fuente Frederik Neuwahl
Michele Canova
Antoine Pinasseau
Ivan Jankov Thomas
Brinkmann Serge
Roudier
Luis Delgado Sancho

2017

EUR 28836

Táto publikácia je správou Science for Policy (Veda pre politiku) vypracovanou Spoločným výskumným centrom (JRC – Joint Research Centre), útvaram Európskej komisie pre vedu a znalosti. Jej cieľom je poskytovať vedeckú podporu založenú na dôkazoch pri procese tvorby európskych politík. Uvedené vedecké výstupy nezodpovedajú politickému postoju Európskej komisie. Európska komisia ani žiadna osoba konajúca v mene Komisie nezodpovedá za použitie tejto publikácie.

Kontaktné informácie

Názov: European IPPC Bureau

Adresa: Joint Research Centre, Edificio Expo c/ Inca Garcilaso 3, E-41092 Sevilla, Španielsko

E-mail: JRC-B5-EIPPCB@ec.europa.eu

Tel.: +34 95 4488 284

Vedecké centrum JRC

<https://ec.europa.eu/jrc>

Právne upozornenie

Na základe rozhodnutia Komisie z 12. decembra 2011 o opätovnom použití dokumentov Komisie (2011/833/EÚ) je tento dokument BREF voľne dostupný na opätovné použitie, s výnimkou častí, na ktoré sa vzťahujú práva tretích strán, ktoré môžu byť v dokumente obsiahnuté (napríklad obrázky, tabuľky, údaje, písomné materiály alebo podobné, pričom práva na ich ďalšie použitie je potrebné získať osobitne od príslušných držiteľov práv). Európska komisia nezodpovedá za žiadne dôsledky vyplývajúce z opätovného použitia tejto publikácie. Akékoľvek opätovné použitie podlieha uvedenie zdroja a nezmenenému pôvodnému významu alebo posolstvu.

JRC107769 EUR

28836 EN

PDF

ISBN 978-92-79-74303-0

ISSN 1831-9424

doi:10.2760/949

Luxemburg: Úrad pre publikácie Európskej únie, 2017

© Európska únia, 2017

Ako citovať túto správu: Thierry Lecomte, José Félix Ferrería de la Fuente, Frederik Neuwahl, Michele Canova, Antoine Pinasseau, Ivan Jankov, Thomas Brinkmann, Serge Roudier, Luis Delgado Sancho; *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants*; EUR 28836 EN; doi:10.2760/949

Všetky obrázky © Európska únia, 2017, okrem obrázku na obálke: Coal power plant at sunrise © fotolia.com (stock.adobe.com)

Názov Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách (BAT) pre veľké spaľovacie zariadenia

Abstrakt

Referenčný dokument BAT (BREF) pre veľké spaľovacie zariadenia je súčasťou série dokumentov, ktoré prezentujú výsledky výmeny informácií medzi členskými štátmi EÚ, príslušnými odvetviami priemyslu, mimovládnyimi organizáciami podporujúcimi ochranu životného prostredia a Komisiou s cieľom vypracovať, preskúmať a v prípade potreby aktualizovať referenčné dokumenty BAT, ako to vyžaduje článok 13 ods. 1 smernice 2010/75/EÚ o priemyselných emisiách. Tento dokument uverejňuje Európska komisia podľa článku 13 ods. 6 smernice.

Tento dokument BREF pre veľké spaľovacie zariadenia sa týka nasledujúcich činností uvedených v prílohe I k smernici 2010/75/EÚ:

- 1.1: Spaľovanie palív v zariadeniach s celkovým menovitým tepelným príkonom 50 MW alebo viac, len ak sa táto činnosť vykonáva v spaľovacích zariadeniach s celkovým menovitým tepelným príkonom 50 MW alebo viac.
- 1.4: Splyňovanie uhlia alebo iných palív v zariadeniach s celkovým menovitým tepelným príkonom 20 MW alebo viac, len ak táto činnosť priamo súvisí so spaľovacou prevádzkou.
- 5.2: Likvidácia alebo zhodnocovanie odpadu v zariadeniach na spoluspaľovanie odpadov, ktoré nie sú nebezpečné, s kapacitou presahujúcou 3 tony za hodinu, alebo nebezpečného odpadu s kapacitou presahujúcou 10 ton za deň, len ak sa táto činnosť vykonáva v spaľovniach, na ktoré sa vzťahuje bod 1.1.

Tento dokument sa týka najmä činností v predchádzajúcich a nasledujúcich fázach, ktoré sú priamo spojené s uvedenými činnosťami, vrátane používaných techník prevencie a kontroly emisií.

Palivá, ktoré sa v tomto dokumente zohľadňujú, sú akékoľvek tuhé, kvapalné a/alebo plyné horľavé materiály, vrátane:

- tuhé palivá (napr. uhlie, hnedé uhlie, rašelina);
- biomasa (ako je definovaná v článku 3 ods. 31 smernice 2010/75/EÚ);
- kvapalné palivá (napr. ťažký vykurovací olej a plynový olej);
- plyné palivá (napr. zemný plyn, plyn obsahujúci vodík a syntézny plyn);
- palivá špecifické pre priemysel (napr. vedľajšie produkty chemického a oceliarskeho priemyslu);
- odpad s výnimkou zmiešaného komunálneho odpadu, ako je definovaný v článku 3 ods. 39, a s výnimkou iného odpadu uvedeného v článku 42 ods. 2 písm. a) bode ii) a iii) smernice 2010/75/EÚ.

Dôležitými otázkami pre vykonávanie smernice 2010/75/EÚ v sektore veľkých spaľovacích zariadení sú emisie oxidov dusíka, oxidu siričitého, chlorovodíka a fluoridov, organických zlúčenín, prachu a kovov vrátane ortuti do ovzdušia; emisie do vody vyplývajúce najmä z používania mokrych techník na odstraňovanie oxidu siričitého z dymových plynov; efektívne využívanie zdrojov a najmä energetická účinnosť.

Tento dokument BREF obsahuje 12 kapitol. Kapitoly 1 a 2 poskytujú všeobecné informácie o priemyselnom odvetví veľkých spaľovacích zariadení a o priemyselných procesoch používaných v tomto odvetví. Kapitola 3 poskytuje údaje a všeobecné informácie týkajúce sa environmentálnych vlastností zariadení v tomto odvetví z hľadiska spotreby vody, tvorby odpadu a všeobecných techník používaných v tomto odvetví. Podrobnejšie opisuje aj všeobecné techniky na prevenciu alebo, ak to nie je možné, na zníženie vplyvu zariadení v tomto sektore na životné prostredie, ktoré sa zohľadnili pri určovaní BAT. Kapitoly 4 až 9 obsahujú nižšie uvedené informácie o konkrétnych spaľovacích procesoch (splyňovanie, spaľovanie tuhého paliva, spaľovanie kvapalného paliva, spaľovanie plyného paliva, spaľovanie viacerých palív a spoluspaľovanie odpadu). V kapitole 10 sú uvedené závery BAT podľa článku 3 ods. 12 smernice. V kapitole 11 sú uvedené informácie o „nových technikách“ podľa článku 3 ods. 14 smernice. Kapitola 12 je venovaná záverečným poznámkam a odporúčaniam pre budúcu činnosť.

Vytlačené v Ispre (Taliansko)

Podakovanie

Túto správu vypracoval Európsky úrad pre integrovanú prevenciu a kontrolu znečisťovania (EIPPCB) v Spoločnom výskumnom centre Európskej komisie – Riaditeľstvo B: Rast a inovácie pod dohľadom Sergea Roudiera (vedúceho EIPPCB) a Luisa Delgado Sancha (vedúceho oddelenia obehového hospodárstva a priemyselného líderstva).

Autormi tohto dokumentu BREF sú Thierry Lecomte, José Félix Ferrería de la Fuente, Frederik Neuwahl, Michele Canova, Antoine Pinasseau, Ivan Jankov a Thomas Brinkmann.

Riaditeľstvo C: Energetika, doprava a klíma Spoločného výskumného centra Európskej komisie takisto podporilo počiatočnú fázu tejto práce.

Táto správa bola vypracovaná v rámci implementácie smernice o priemyselných emisiách (2010/75/EÚ) a je výsledkom výmeny informácií podľa článku 13 smernice.

Hlavnými poskytovateľmi informácií boli:

- medzi členskými štátmi EÚ: Rakúsko, Belgicko, Česká republika, Dánsko, Fínsko, Francúzsko, Nemecko, Grécko, Taliansko, Holandsko, Poľsko, Portugalsko, Španielsko, Švédsko, Spojené kráľovstvo;
- medzi priemyselnými združeniami: CEFIC, CEPI, Euracoal, Eurelectric, EUROFER, EUROMOT, EPPSA, European Turbines Network, Euroheat & Power, EU Turbines, International Association of Oil & Gas, MARCOGAZ;
- medzi mimovládnyimi organizáciami podporujúcimi ochranu životného prostredia: European Environmental Bureau (Európska environmentálna kancelária).

Ďalšími prispievateľmi k procesu preskúmania boli: Bulharsko, Chorvátsko, Cyprus, Estónsko, Maďarsko, Írsko, Malta, Nórsko, Rumunsko, Srbsko, Slovinsko, Slovensko, Turecko, CEMBUREAU, CEWEP, CONCAWE, COGEN Europe, ESWET, Eurogypsum, Fuels Europe, Hazardous Waste Europe, Orgalime, Climate Action Network, RAP Online.

Celý tím EIPPCB prispel svojimi príspevkami a odbornými posudkami.

Tento dokument je jedným zo série plánovaných dokumentov uvedených nižšie (v čase písania tohto dokumentu neboli všetky dokumenty ešte vypracované):

Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách	Kódex
Keramický priemysel	CER
Bežné systémy na čistenie odpadových vôd a odpadových plynov a nakladanie s nimi v chemickom priemysle	CWW
Spoločné čistenie odpadových plynov v chemickom priemysle	WGC
Emisie zo skladovania	EFS
Energetická účinnosť	ENE
Priemysel spracovania železných kovov	FMP
Potravinársky, nápojový a mliekarenský priemysel	FDM
Priemyselné chladiace systémy	ICS
Intenzívny chov hydiny alebo ošípaných	IRPP
Výroba železa a ocele	IS
<i>Veľké spaľovacie zariadenia</i>	<i>LCP</i>
Veľkovýroba anorganických chemikálií – amoniak, kyseliny a hnojivá	LVIC-AAF
Veľkovýroba anorganických chemikálií – odvetvie tuhých a ďalších látok	LVIC-S
Veľkovýroba organických chemikálií	LVOC
Nakladanie s hlušinou z úpravy a ťažby pri banskej činnosti	MTWR
Výroba skla	GLS
Výroba organických jemných chemikálií	OFC
Priemysel neželezných kovov	NFM
Výroba cementu, vápna a oxidu horečnatého	CLM
Výroba chlóru a alkálií	CAK
Výroba polymérov	POL
Výroba buničiny, papiera a lepenky	PP
Výroba špeciálnych anorganických chemikálií	SIC
Výroba drevených dosiek	WBP
Raфинácia minerálnych olejov a plynu	REF
Bitúnky a spracovanie vedľajších živočíšnych produktov	SA
Kováčske a zlievarenské priemyselné odvetvie	SF
Povrchová úprava kovov a plastov	STM
Povrchová úprava pomocou organických rozpúšťadiel (vrátane konzervácie dreva a drevených výrobkov chemikáliami)	STS
Činenie koží a kožušín	TAN
Textilný priemysel	TXT
Spaľovanie odpadu	WI
Spracovanie odpadu	WT
Referenčný dokument	
Hospodárska únosnosť a medzizložkové vplyvy	ECM
Monitorovanie emisií do ovzdušia a vody zo zariadení IED	ROM

Elektronické verzie návrhov a finálnych dokumentov sú verejne dostupné a možno ich stiahnuť z webovej stránky <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/>.

PREDSLOV

1. Stav tohto dokumentu

Pokiaľ nie je uvedené inak, odkazy na „smernicu“ v tomto dokumente sa vzťahujú na smernicu Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ o priemyselných emisiách (integrované zabraňovanie znečisťovaniu a jeho kontrola) (prepracované znenie).

Pôvodný referenčný dokument o najlepších dostupných technikách (BAT) pre veľké spaľovacie zariadenia prijala Európska komisia v roku 2006. Tento dokument je výsledkom revízie uvedeného referenčného dokumentu. Revízia sa začala v marci 2011.

Tento referenčný dokument BAT pre veľké spaľovacie zariadenia je súčasťou série dokumentov, ktoré prezentujú výsledky výmeny informácií medzi členskými štátmi EÚ, príslušnými odvetvami, mimovládnyimi organizáciami podporujúcimi ochranu životného prostredia a Komisiou s cieľom vypracovať, preskúmať a v prípade potreby aktualizovať referenčné dokumenty BAT, ako to vyžaduje článok 13 ods. 1 smernice. Tento dokument uverejňuje Európska komisia podľa článku 13 ods. 6 smernice.

Ako sa stanovuje v článku 13 ods. 5 smernice, vykonávacie rozhodnutie Komisie (EÚ) 2017/1442 o záveroch BAT uvedených v kapitole 10 bolo prijaté 31. júla 2017 a uverejnené 17. augusta 2017¹.

2. Účastníci výmeny informácií

V súlade s článkom 13 ods. 3 smernice Komisia zriadila fórum na podporu výmeny informácií, ktoré sa skladá zo zástupcov členských štátov, príslušných odvetví a mimovládnych organizácií podporujúcich ochranu životného prostredia (rozhodnutie Komisie zo 16. mája 2011 o zriadení fóra na výmenu informácií podľa článku 13 smernice 2010/75/EÚ o priemyselných emisiách (2011/C 146/03), Ú. v. EÚ C 146, 17.5.2011, s. 3).

Členovia fóra vymenovali technických expertov, ktorí tvoria technickú pracovnú skupinu (TWG), ktorá bola hlavným zdrojom informácií pre vypracovanie tohto dokumentu. Prácu TWG viedlo európske úrad IPPC (Spoločné výskumné centrum Komisie).

3. Štruktúra a obsah tohto dokumentu

Kapitoly 1 a 2 obsahujú všeobecné informácie o priemyselnom sektore veľkých spaľovacích zariadení a o priemyselných procesoch používaných v tomto sektore. Ide o horizontálne otázky alebo špecifické činnosti, ktoré sa netýkajú jednej konkrétnej spaľovacej činnosti.

Kapitola 3 obsahuje údaje a všeobecné informácie o environmentálnych vlastnostiach zariadení v tomto sektore, ktoré boli v čase vypracovania tohto dokumentu v prevádzke, pokiaľ ide o spotrebu vody, produkciu odpadu a všeobecné techniky používané v tomto sektore. Podrobnejšie opisuje aj všeobecné techniky na prevenciu alebo, ak to nie je možné, na zníženie vplyvu zariadení v tomto sektore na životné prostredie, ktoré sa zohľadnili pri určovaní BAT.

Kapitoly 4 až 9 obsahujú nižšie uvedené informácie o konkrétnych spaľovacích procesoch (splyňovanie, spaľovanie tuhého paliva, spaľovanie kvapalného paliva, spaľovanie plyného paliva, spaľovanie viacerých palív a spoluspaľovanie odpadu). Pre každý spaľovací proces (X je číslo kapitoly alebo oddielu):

¹ Ú. v. EÚ L 212, 17.8.2017, s. 1.

- Časť X.1 obsahuje informácie o používaných procesoch a technikách.
- Časť X.2 obsahuje údaje a informácie o environmentálnych vlastnosti zariadení v tomto sektore, ktoré boli v čase vypracovania tohto dokumentu v prevádzke, pokiaľ ide o súčasné emisie, spotrebu a povahu surovín a využívanie energie.
- Časť X.3 podrobnejšie opisuje techniky na prevenciu alebo, ak to nie je možné, na zníženie vplyvu prevádzky zariadení v tomto sektore na životné prostredie, ktoré sa zohľadnili pri určovaní BAT. Tieto informácie zahŕňajú, ak je to relevantné, úrovne environmentálnych vlastností (napr. úrovne emisií a spotreby), ktoré možno dosiahnuť použitím týchto techník, súvisiace monitorovanie, náklady a otázky týkajúce sa viacerých médií súvisiace s týmito technikami.

V kapitole 10 sú uvedené závery BAT podľa článku 3 ods. 12 smernice.

V kapitole 11 sú uvedené informácie o „nových technikách“ podľa vymedzenia v článku 3 ods. 14 smernice.

Záverečné poznámky a odporúčania pre budúcu prácu sú uvedené v kapitole 12.

4. Zdroje informácií a odvodenie BAT

Tento dokument vychádza z informácií získaných z viacerých zdrojov, najmä prostredníctvom TWG, ktorá bola zriadená špeciálne na výmenu informácií podľa článku 13 smernice. Informácie boli zhromaždené a vyhodnotené Európskym úradom IPPC (Spoločného výskumného centra Komisie), ktorý viedol prácu na určení BAT, riadený zásadami technickej odbornosti, transparentnosti a neutrality. Práca TWG a všetkých ostatných prispievateľov je s vďakou uznaná.

Závery BAT boli stanovené prostredníctvom iteratívneho procesu, ktorý zahŕňal nasledujúce kroky:

- identifikácia kľúčových environmentálnych otázok pre sektor veľkých spaľovacích zariadení;
- preskúmanie techník, ktoré sú najvhodnejšie na riešenie týchto kľúčových otázok;
- určenie najlepších úrovní environmentálnych vlastností na základe dostupných údajov v Európskej únii a vo svete;
- preskúmanie podmienok, za ktorých boli tieto úrovne environmentálnych vlastností dosiahnuté, ako sú náklady, vplyvy na viaceré médiá a hlavné hnacie sily zapojené do implementácie techník;
- výber najlepších dostupných techník (BAT), súvisiacich úrovní emisií (a iných úrovní environmentálnych vlastností) a súvisiaceho monitorovania pre tento sektor podľa článku 3 ods. 10 a prílohy III smernice.

Odborné posúdenie európskym úradom IPPC a TWG zohralo kľúčovú úlohu v každom z týchto krokov a v spôsobe, akým sú informácie tu prezentované.

Tam, kde boli k dispozícii, boli spolu s popisom techník uvedených v kapitolách 4 až 9 uvedené aj ekonomické údaje. Tieto údaje poskytujú hrubý odhad výšky nákladov a prínosov. Skutočné náklady a prínosy uplatňovania techniky však môžu vo veľkej miere závisieť od konkrétnej situácie príslušného zariadenia, ktorú nie je možné v tomto dokumente úplne vyhodnotiť. Pri absencii údajov o nákladoch sa závery o ekonomickej životaschopnosti techník vyvodzujú z pozorovaní existujúcich zariadení.

5. Preskúmanie referenčných dokumentov BAT (BREF)

BAT je dynamický pojem, a preto je preskúmanie BREF nepretržitým procesom. Môžu sa napríklad objaviť nové opatrenia a techniky, veda a technológie sa neustále vyvíjajú a do priemyslu sa úspešne zavádzajú nové alebo vznikajúce procesy. S cieľom zohľadniť tieto zmeny a ich dôsledky pre BAT sa tento dokument bude pravidelne preskúmať a v prípade potreby aj aktualizovať.

6. Kontaktné informácie

Všetky pripomienky a návrhy je potrebné zasielať európskemu úradu IPPC v Spoločnom výskumnom centre (JRC) na túto adresu:

European Commission
JRC Directorate B – Growth and innovation European IPPC Bureau
Edificio Expo
c/Inca Garcilaso,
3
E-41092 Sevilla, Španielsko
Telefón: +34 95 4488 284
Fax: +34 95 4488 426
E-mail: JRC-B5-EIPPCB@ec.europa.eu Web:
<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>

**Referenčný dokument o najlepších dostupných
technikách pre veľké spaľovacie zariadenia**

PREDSLOV	I
ROZSAH	XXXIII
1 VŠEOBECNÉ INFORMÁCIE O ŠTRUKTÚRE SEKTORA.....	1
1.1 PREHLAD ODVETVIA	1
1.2 HOSPODÁRSKA SITUÁCIA	12
1.3 KLÚČOVÉ ENVIRONMENTÁLNE OTÁZKY	16
1.3.1 Energetická účinnosť	17
1.3.2 Emisie do ovzdušia	18
1.3.2.1 Oxidy síry (SO _x)	19
1.3.2.2 Oxidy dusíka (NO _x)	20
1.3.2.3 Prach.....	23
1.3.2.4 Kovy	24
1.3.2.5 Oxid uhoľnatý (CO)	26
1.3.2.6 Skleníkové plyny.....	28
1.3.2.7 Chlorovodík (HCl).....	30
1.3.2.8 Fluorovodík (HF)	31
1.3.2.9 Amoniak (NH ₃)	32
1.3.2.10 Prchavé organické zlúčeniny (VOC)	32
1.3.2.11 Perzistentné organické znečisťujúce látky (POP): polycyklické aromatické uhľovodíky (PAH), dioxíny a furány	33
1.3.3 Emisie do vody	34
1.3.4 Rezíduá po spaľovaní.....	36
1.3.5 Hluk a vibrácie.....	38
1.3.6 Emisie rádioaktívnych látok	38
1.3.7 Zmierňovanie environmentálnych vplyvov	39
1.3.8 Úvod do integrovaného prístupu k ochrane životného prostredia ako celku	39
1.3.9 Zber údajov špecifických pre zariadenia v sektore LCP.....	40
2 PROCESY VÝROBY ENERGIE	43
2.1 PRINCÍPY SPAĽOVANIA	43
2.2 BEŽNÉ TECHNICKÉ PROCESY SPAĽOVANIA	44
2.2.1 Všeobecná konverzia tepla paliva	44
2.2.2 Spaľovanie práškoveho a atomizovaného paliva	44
2.2.3 Spaľovanie vo fluidnom lôžku	47
2.2.3.1 Spaľovanie vo fluidnom lôžku s bublinkami (BFBC).....	49
2.2.3.2 Spaľovanie v cirkulujúcom fluidnom lôžku (CFBC)	49
2.2.3.3 Spaľovanie v tlakovom fluidnom lôžku (PFBC)	52
2.2.3.4 Kontrola NO _x a N ₂ O pri spaľovaní vo fluidnom lôžku.....	53
2.2.4 Spaľovanie tuhých palív na rošte.....	53
2.3 PRIAMA KONVERZIA	56
2.3.1 Všeobecné	56
2.3.2 Spaľovacie motory	56
2.3.2.1 Dieselové motory	57

2.3.2.2	Motory so zapáľovaním iskrou (typ SG).....	57
2.3.2.3	Nízkotlakové motory s dvojitém palivom (typ DF).....	57
2.3.2.4	Vysokotlakové plynové dieselové motory (typ GD).....	58
2.3.3	Plynové turbíny.....	58
2.4	PARNÉ PROCESY.....	64
2.4.1	Všeobecné.....	64
2.4.1.1	Typické prvky parného cyklu.....	64
2.4.1.1.1	Kotol	66
2.4.1.1.2	Parná turbína.....	67
2.4.1.1.3	Kondenzátor	67
2.4.1.1.4	Chladiaci systém.....	68
2.4.2	Vákuová kondenzačná elektráreň	68
2.4.3	Kombinovaný cyklus	68
2.4.4	Doplňkové spaľovanie plynových turbín s kombinovaným cyklom ...	69
2.4.5	Modernizácia existujúcich elektrární.....	70
2.5	KOGENERÁCIA ALEBO KOMBINOVANÁ VÝROBA TEPLA A ELEKTRINY (KVET).....	71
2.6	INTEGROVANÝ CYKLUS KOMBINOVANÉHO SPAĽOVANIA A SPLYŇOVANIA	77
2.7	ENERGETICKÁ ÚČINNOSŤ	78
2.7.1	Carnotova účinnosť.....	79
2.7.2	Tepelná účinnosť.....	80
2.7.3	Elektrická účinnosť	80
2.7.4	Mechanická účinnosť.....	82
2.7.5	Prevádzková (ročná) energetická účinnosť.....	83
2.7.6	Celkové využitie paliva.....	84
2.7.7	Účinnosť jednotky pri odbere pary	85
2.7.8	Pojem exergia a exergická účinnosť.....	85
2.7.9	Vplyv klimatických podmienok na účinnosť	88
2.7.10	Vzťah medzi energetickou účinnosťou a environmentálnymi otázkami	90
2.7.10.1	Vplyv technológií na znižovanie emisií na energetickú účinnosť elektrární	90
2.7.10.2	Vplyv zvýšenia energetickej účinnosti zariadenia na úrovne emisií	91
2.7.11	Straty účinnosti v spaľovacích zariadeniach	91
2.7.12	Všeobecné technické opatrenia na zlepšenie efektívnosti LCP.....	92
2.8	VYKLÁDKA, SKLADOVANIE A MANIPULÁCIA S PALIVOM A PRÍSADAMI	94
2.8.1.1	Tuhé palivá a prísady	94
2.8.1.2	Kvapalné palivá.....	97
2.8.1.3	Plynné palivá	98
3	VŠEOBECNÉ TECHNIKY NA PREDCHÁDZANIE A/ALEBO ZNÍŽENIE EMISIÍ A SPOTREBY	101
3.1	POUŽITÉ BEŽNÉ TECHNIKY.....	101
3.1.1	Všeobecné základné techniky na zníženie emisií/spotreby.....	101
3.1.1.1	Kogenerácia alebo kombinovaná výroba tepla a elektriny (KVET).....	101
3.1.1.2	Integrovaný kombinovaný cyklus splyňovania	101
3.1.1.3	Spaľovanie v kombinovanom cykle	101
3.1.1.4	Prechod na iné palivo alebo výber paliva	101
3.1.1.5	Úpravy spaľovania (riadenie procesu).....	102
3.1.2	Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií prachu.....	104
3.1.3	Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií SO _x	105

3.1.3.1	Mokrý práčky	106	
3.1.3.2	Polosuchý práčky	107	
3.1.3.3	Vstrekovanie sorbentu	107	
3.1.4	Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií NO _x	108	
3.1.4.1	Primárne techniky na zníženie emisií NO _x	109	
3.1.4.2	Sekundárne techniky na zníženie emisií NO _x	110	
3.1.4.2.1	Kompromisy medzi znižovaním emisií NO _x , emisiami CO/prachu a/alebo spotrebou energie	111	
3.1.5	Kombinované techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií SO _x a NO _x	111	
3.1.5.1	Adsorpcia/regenerácia tuhých látok	112	
3.1.5.1.1	Proces s aktívnym uhlíkom.....	112	
3.1.5.1.2	Iné procesy pevnej adsorpcie/regenerácie.....	113	
3.1.5.2	Katalytické procesy s plynom/tuhou látkou.....	113	
3.1.6	Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií kovov	114	
3.1.7	Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií CO a nespálených uhľovodíkov	115	
3.1.8	Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií halogenidov	115	
3.1.9	Techniky na znižovanie emisií skleníkových plynov (GHG) z veľkých spaľovacích zariadení.....	115	
3.1.10	Využitie vody a techniky na zníženie emisií do vody	116	
3.1.10.1	Odpadová voda z úpravni surovej vody.....	118	
3.1.10.2	Odpadová voda z chladiacich okruhov.....	118	
3.1.10.3	Odpadová voda z procesov výroby pary	119	
3.1.10.4	Odpadová voda zo systémov na čistenie spalín	119	
3.1.10.5	Kyslá umývací voda.....	123	
3.1.10.6	Sanitárna odpadová voda	124	
3.1.10.7	Ostatné odpadové vody	124	
3.1.11	Techniky na kontrolu vypúšťania do pôdy a na nakladanie s rezíduami.....	124	
3.1.12	Techniky na znižovanie emisií hluku	125	
3.1.13	Techniky chladenia.....	127	
3.1.14	Monitorovanie emisií a podávanie správ	127	
3.1.14.1	Komponenty emisií.....	127	
3.1.14.2	Referenčné podmienky a parametre	128	
3.1.14.3	Odberové miesta	129	
3.1.14.4	Monitorovanie emisií	129	
3.1.14.4.1	Nepretržované monitorovanie	129	
3.1.14.4.2	Pravidelné monitorovanie.....	130	
3.1.14.4.3	Nepriame monitorovanie pomocou náhradných parametrov.....	130	
3.1.15	Vplyv faktorov zaťaženia a režimov na environmentálne vlastnosti	131	
3.1.16	Iné ako normálne prevádzkové podmienky (OTNOC)	132	
3.2	TECHNIKY, KTORÉ JE POTREBNÉ ZOHĽADNIŤ PRI URČOVANÍ VŠEOBECNÝCH BAT PRE SEKTOR LCP.....	134	
3.2.1	Systémy environmentálneho manažérstva	134	
3.2.2	Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií do ovzdušia	138	
3.2.2.1	Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií prachu.....	138	
3.2.2.1.1	Elektrostatické odľučovače (ESP)	138	
3.2.2.1.2	Vrecové filtre.....	143	
3.2.2.1.3	Odľučovanie odstredivou silou (cyklóny).....	148	
3.2.2.1.4	Mokrý práčky	149	

3.2.2.2	Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií SO _x	153
3.2.2.2.1	Mokrý práčky s vápnom/vápencom.....	153
3.2.2.2.2	Práčka s morskou vodou	164
3.2.2.2.3	Mokrý práčka s horčíkom.....	166
3.2.2.2.4	Mokrý práčka s amoniakom	167
3.2.2.2.5	Alkalická mokrý práčka	169
3.2.2.2.6	Polosuchý odsírenie (SDA)	170
3.2.2.2.7	Suchý odsírenie s cirkulujúcim fluidným lôžkom (CFB)	175
3.2.2.2.8	Vstrekovanie sorbentu do potrubia	178
3.2.2.2.9	Použitie sorbentov v spaľovacích systémoch s fluidným lôžkom	182
3.2.2.2.10	Vstrekovanie sorbentu do pece v kotloch na spaľovanie práškoveho uhlia	183
3.2.2.2.11	Hybridné vstrekovanie sorbentov.....	187
3.2.2.2.12	Proces oxidu horečnatého.....	188
3.2.2.3	Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií NO _x	189
3.2.2.3.1	Spaľovanie s nízkym prebytkom vzduchu	189
3.2.2.3.2	Stupňovanie vzduchu	191
3.2.2.3.3	Recirkulácia spalín (FGR) alebo recirkulácia výfukových plynov (EGR)	195
3.2.2.3.4	Zníženie teploty spaľovacieho vzduchu.....	198
3.2.2.3.5	Horáky s nízkymi emisiami NO _x	199
3.2.2.3.6	Stupňovanie paliva (opätovné spaľovanie)	205
3.2.2.3.7	Suché horáky s nízkymi emisiami NO _x (DLN)	208
3.2.2.3.8	Koncepcia spaľovania s nízkymi emisiami NO _x v motoroch	211
3.2.2.3.9	Koncepcia chudobnej zmesi	212
3.2.2.3.10	Prídavok vody/pary	214
3.2.2.3.11	Selektívna katalytická redukcia (SCR)	218
3.2.2.3.12	Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)	230
3.2.2.3.13	Problémy súvisiace s amoniakom pri používaní techník SCR/SNCR	234
3.2.2.4	Kombinované techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií SO _x , NO _x a iných znečisťujúcich látok	236
3.2.2.4.1	Proces s aktívnym uhlím.....	236
3.2.2.4.2	Proces WSA-SNO _x	237
3.2.2.4.3	DeSONO _x proces	240
3.2.2.5	Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií kovov	242
3.2.2.5.1	Zníženie emisií kovov v systémoch na odstraňovanie prachu.....	242
3.2.2.5.2	Zníženie emisií kovov v systémoch FGD	244
3.2.2.5.3	Zníženie emisií kovov v systémoch na kontrolu NO _x	247
3.2.2.5.4	Zníženie emisií kovov pomocou špeciálne navrhnutých systémov .	248
3.2.2.5.5	Zníženie emisií kovov použitím oddeľovača kovov v palivovom prívodnom potrubí.....	249
3.2.2.6	Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií HCl a HF.....	250
3.2.2.6.1	Súvisiaci prínos techník určených na iné znečisťujúce látky	250
3.2.2.6.2	Mokrý čistenie.....	251
3.2.2.7	Techniky na zníženie množstva nespáleného uhlíka	253
3.2.2.7.1	Optimalizácia spaľovania	253
3.2.2.7.2	Oxidácia katalyzátora.....	253
3.2.3	Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti	254
3.2.3.1	Techniky rekuperácie tepla	254
3.2.3.2	Kogenerácia alebo kombinovaná výroba tepla a elektriny (KVET).....	255
3.2.3.3	Chengov cyklus.....	259
3.2.3.4	Predohrev spaľovacieho vzduchu	262
3.2.3.5	Použitie pokrokových materiálov	263
3.2.3.6	Dvojitý ohrev pary.....	264
3.2.3.7	Predohrev napájacej vody pomocou spätne získaného tepla	264

3.2.3.8	Pokročilý systém riadenia.....	266
3.2.3.9	Akumulácia tepla (skladovanie tepla) v režime KVET alebo v režime len na vykurovanie	269
3.2.3.10	Integrovaný kombinovaný cyklus so splyňovaním (IGCC).....	270
3.2.3.11	Spaľovanie v kombinovanom cykle	270
3.2.3.12	Toppingový cyklus	272
3.2.3.13	Modernizácia parnej turbíny a ďalších komponentov	275
3.2.3.14	(Ultra-) Superkritické parametre pary.....	276
3.2.3.15	Kondenzátor spalín.....	278
3.2.3.16	Emisie vzduchu z chladiacej veže	279
3.2.3.17	Mokrý komínová konštrukcia.....	280
3.2.3.18	Predohrev/sušenie paliva	281
3.2.3.19	Chladiaci systém.....	282
3.2.4	Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií do vody	282
3.2.4.1	Filtrácia	284
3.2.4.2	Koagulácia, flokulácia, sedimentácia a zrážanie.....	285
3.2.4.3	Flotácia.....	286
3.2.4.4	Oddelovanie oleja a vody	287
3.2.4.5	Kryštalizácia	288
3.2.4.6	Odparovanie.....	289
3.2.4.7	Odparovanie vzduchom.....	290
3.2.4.8	Iónová výmena.....	291
3.2.4.9	Biologické čistenie.....	292
3.2.4.10	Techniky, ktoré je potrebné zvážiť pre zariadenia vybavené čistením spalín s emisiami do vody (mokré FGD, kondenzátor FG).....	293
3.2.5	Techniky na nakladanie so rezíduami.....	305
3.2.5.1	Optimalizácia kvality sadry	305
3.2.5.2	Optimalizácia kvality popolčeka	306
3.2.6	Techniky na prevenciu emisií do pôdy a podzemných vôd.....	307
3.2.7	Techniky na zníženie emisií hluku.....	307
3.2.7.1	Strategické plánovanie umiestnenia zariadení, jednotiek a budov.....	307
3.2.7.2	Primárne techniky: zníženie hluku pri zdroji	308
3.2.7.3	Sekundárne techniky: znižovanie hluku	310
4	SPLYŇOVANIE.....	313
4.1	POUŽITÉ PROCESY A TECHNIKY	316
4.1.1	Zariadenia IGCC (integrovaný cyklus kombinovaného splyňovania)	317
4.1.2	Zariadenia na splyňovanie biomasy.....	325
4.1.3	Plazmové splyňovanie odpadového materiálu	329
4.2	SÚČASNÉ ÚROVNE EMISIÍ A SPOTREBY.....	330
4.2.1	Rezíduá	335
4.2.2	Spotreba vody, chemikálií a energie	336
4.2.3	Emisie do pôdy	337
4.3	TECHNIKY, KTORÉ JE POTREBNÉ ZOHLADNIŤ PRI URČOVANÍ BAT PRE SPLYŇOVANIE....	338
4.3.1	Splyňovanie integrované s procesom spaľovania	338
4.3.1.1	Prevencia emisií a efektívne využívanie energie v integrovaných zariadeniach na splyňovanie a kombinovaný cyklus (IGCC) na báze uhlia a viacerých palív	338
4.3.1.2	Zníženie emisií z plynového generátora pripojeného k existujúcemu uhoľnému kotlu	345
4.3.1.3	Splyňovanie biomasy pripojené k motorovým zariadeniam s predchádzajúcim mokrým čistením plynu	349

4.3.2	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu znečistenia vody v procese splyňovania	351
4.3.3	Techniky na nakladanie so rezíduami z procesu splyňovania	352
4.3.4	Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti procesu splyňovania ..	353
4.3.4.1	Splyňovanie pri vysokej teplote a tlaku	353
4.3.4.2	Systém suchej dodávky suroviny	354
4.3.4.3	Využitie tepla získaného z procesu splyňovania	354
4.3.4.4	Plná integrácia jednotky na dodávku vzduchu (ASU) s plynovou turbínou v IGCC	355
5	SPÁLENIE TUHÝCH PALÍV	357
5.1	SPAĽOVANIE UHLIA A/ALEBO HNEDÉHO UHLIA	357
5.1.1	Použité procesy a techniky	359
5.1.1.1	Charakteristika paliva	360
5.1.1.2	Predbežná úprava a príprava uhlia a hnedého uhlia	365
5.1.1.3	Energetická účinnosť kotlov LCP spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie	367
5.1.1.4	Kontrola emisií do ovzdušia z LCP spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie	368
5.1.1.4.1	Kontrola emisií zo spaľovania práškoveho paliva	368
5.1.1.4.2	Kontrola emisií zo spaľovania vo fluidnom lôžku	372
5.1.1.4.3	Kontrola emisií z horenia na rošte	373
5.1.1.4.4	Kontrola emisií ortuti (Hg) z spaľovania uhlia a/alebo hnedého uhlia v spaľovniach veľkého výkonu	373
5.1.1.5	Úprava vody a odpadových vôd	376
5.1.1.6	Úprava rezíduí spaľovania	376
5.1.2	Súčasný úroveň emisií a spotreby	379
5.1.2.1	Uhlie a hnedé uhlie používané v LCP	379
5.1.2.2	Energetická účinnosť spaľovacích zariadení na uhlie a hnedé uhlie	382
5.1.2.3	Emisie do ovzdušia (uhlie/hnedé uhlie)	386
5.1.2.4	Rezíduá po spaľovaní	394
5.1.3	Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie uhlia a/alebo hnedého uhlia	399
5.1.3.1	Techniky na kontrolu difúzných emisií z vykládky, skladovania a manipulácie s palivom/prísadami	400
5.1.3.2	Techniky na zlepšenie celkovej environmentálnej výkonnosti	403
5.1.3.3	Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti a využitia paliva	406
5.1.3.4	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií prachu a kovov	412
5.1.3.4.1	Všeobecné techniky na prevenciu a kontrolu emisií prachu a častíc viazaných kovov	412
5.1.3.4.2	Všeobecné techniky prevencie a kontroly emisií ortuti	417
5.1.3.4.3	Špecifické techniky na prevenciu a kontrolu emisií ortuti	421
5.1.3.4.3.1	Predbežná úprava paliva	421
5.1.3.4.3.2	Vstrekovanie uhlíkového sorbentu	423
5.1.3.4.3.3	Použitie halogénovaných prísad (napr. bromidu)	428
5.1.3.4.3.4	Iné špecifické techniky na prevenciu a kontrolu plynnej ortuti	430
5.1.3.5	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií SO _x , HCl a HF	432
5.1.3.5.1	Všeobecné techniky na prevenciu a kontrolu emisií SO _x , HCl a HF	432
5.1.3.5.2	Výmena plynového ohrievača umiestneného za mokrou FGD	439
5.1.3.6	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií NO _x , CO a N ₂ O	441
5.1.3.6.1	Všeobecné techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO _x , CO a N ₂ O	441
5.1.3.6.2	Tepelné vstupné predpätie a dynamické klasifikátory na prevenciu a kontrolu emisií NO _x v kotloch s priamym vstrekovaním spaľujúcich uhlie s nízkou prchavosťou	447

5.2	SPAĽOVANIE BIOMASY A RAŠELINY	449
5.2.1	Aplikované procesy a techniky	449
5.2.1.1	Charakteristika paliva z biomasy a/alebo rašeliny	449
5.2.1.2	Predbežná úprava a príprava paliva	449
5.2.1.3	Technológie spaľovania špecifické pre spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny	450
5.2.1.3.1	Spaľovanie na rošte	450
5.2.1.3.2	Spaľovanie vo fluidnom lôžku	452
5.2.1.3.3	Spaľovanie práškoveho rašeliny a/alebo biomasy	453
5.2.1.4	Energetická účinnosť kotlov LCP spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinový prach	454
5.2.1.5	Kontrola emisií do ovzdušia z elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu	455
5.2.1.5.1.1	Kontrola emisií oxidov dusíka	455
5.2.1.5.1.2	Kontrola emisií SO _x	456
5.2.1.5.1.3	Kontrola prachu	456
5.2.1.6	Čistenie vody a odpadových vôd	458
5.2.1.7	Spracovanie rezíduí po spaľovaní	458
5.2.2	Súčasný úroveň emisií a spotreby	458
5.2.2.1	Biomasa a rašelina používané vo veľkých spaľovacích zariadeniach	458
5.2.2.2	Energetická účinnosť spaľovní na biomasu a rašelinové spaľovne	461
5.2.2.3	Emisie do ovzdušia zo spaľovacích zariadení na biomasu a/alebo rašelinové spaľovacie zariadenia	462
5.2.2.4	Spaľovanie a iné rezíduá rastlín	465
5.2.3	Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny	466
5.2.3.1	Techniky na zníženie difúzných/únikových emisií do ovzdušia	466
5.2.3.2	Techniky na zlepšenie celkovej environmentálnej výkonnosti	468
5.2.3.3	Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti	470
5.2.3.4	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií NO _x , N ₂ O a CO	473
5.2.3.5	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií SO _x , HCl a HF	478
5.2.3.6	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií prachu a kovov viazaných na častice	485
5.2.3.7	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií ortuti	489
5.2.3.8	Techniky na znižovanie a/alebo opätovné využívanie rezíduí spaľovania	492

6 SPAĽOVANIE KVAPALNÝCH PALÍV 493

6.1	APLIKOVANÉ PROCESY A TECHNIKY	493
6.1.1	Charakteristika palív	493
6.1.2	Predbežná úprava a príprava palív	493
6.1.2.1	Predbežná úprava palív používaných v konvenčných kotloch	493
6.1.2.2	Predbežná úprava palív používaných v dieselových motoroch	493
6.1.2.3	Predbežná úprava palív pre plynové turbíny	494
6.1.3	Technológie spaľovania	494
6.1.3.1	Konštrukcia kotlov na vykurovacie oleje	494
6.1.3.2	Kompresné spaľovacie motory (dieselové)	495
6.1.3.3	Plynové turbíny na kvapalné palivo	495
6.1.4	Kontrola emisií do ovzdušia	495
6.1.4.1	Primárne techniky kontroly emisií do ovzdušia z kotlov	497
6.1.4.2	Primárne techniky kontroly emisií do ovzdušia z motorov	498
6.1.4.3	Primárne techniky kontroly emisií do ovzdušia z plynových turbín	499
6.1.4.4	Techniky na konci potrubia na kontrolu emisií do ovzdušia	499
6.1.4.4.1	Kontrola emisií prachu	499
6.1.4.4.2	Kontrola emisií SO _x	500
6.1.4.4.3	Kontrola emisií NO _x	500
6.1.5	Spotreba vody a čistenie odpadových vôd	501

6.1.6	Spracovanie rezíduí spaľovania	502
6.2	SÚČASNÉ ÚROVNE EMISÍÍ A SPOTREBY	503
6.2.1	Kvapalné palivá používané vo veľkých spaľovacích zariadeniach	503
6.2.2	Účinnosť spaľovacích zariadení spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej.....	504
6.2.3	Emisie do ovzdušia zo spaľovacích zariadení spaľujúcich kvapalné palivá.	505
6.3	TECHNIKY, KTORÉ JE POTREBNÉ ZOHĽADNIŤ PRI URČOVANÍ BAT PRE SPAĽOVANIE KVAPALNÝCH PALÍV	506
6.3.1	Techniky na prevenciu emisií do pôdy a podzemných vôd	506
6.3.2	Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie HFO a/alebo plynového oleja v kotloch.....	508
6.3.2.1	Techniky na zlepšenie celkovej výkonnosti.....	508
6.3.2.2	Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti	510
6.3.2.3	Techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO _x a CO	513
6.3.2.4	Techniky na prevenciu a kontrolu emisií SO _x	517
6.3.2.5	Techniky na prevenciu a kontrolu emisií prachu a kovov viazaných na častice	522
6.3.3	Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie HFO a/alebo plynového oleja v motoroch	525
6.3.3.1	Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti	525
6.3.3.2	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií NO _x a CO	528
6.3.3.3	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií SO _x	533
6.3.3.4	Techniky na prevenciu a kontrolu emisií prachu a kovov viazaných na častice	537
6.3.4	Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie plynového oleja v plynových turbínach.....	539
6.3.4.1	Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti	539
6.3.4.2	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií NO _x a CO	540
6.3.4.3	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií SO _x	542
6.3.4.4	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií prachu a kovov viazaných na častice	543
7	SPAĽOVANIE PLYNNÝCH PALÍV	545
7.1	SPAĽOVANIE ZEMNÉHO PLYNU	545
7.1.1	Aplikované procesy a techniky	545
7.1.1.1	Charakteristika paliva.....	546
7.1.1.2	Kontrola emisií do ovzdušia.....	547
7.1.1.2.1	Kontrola emisií NO _x do ovzdušia z kotlov	547
7.1.1.2.2	Kontrola emisií NO _x do ovzdušia z motorov.....	547
7.1.1.2.3	Kontrola emisií NO _x do ovzdušia z turbín	548
7.1.1.3	Čistenie vody a odpadových vôd.....	550
7.1.2	Súčasné úrovne emisií a spotreby	551
7.1.2.1	Energetická účinnosť zariadení na spaľovanie zemného plynu.....	551
7.1.2.2	Emisie do ovzdušia.....	557
7.1.2.3	Emisie do vody.....	564
7.1.2.4	Spaľovanie a iné rezíduá rastlín.....	564
7.1.3	Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie zemného plynu v kotloch / motoroch / plynových turbínach	565
7.1.3.1	Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti zariadení spaľujúcich zemný plyn	566

7.1.3.1.1	Všeobecné techniky na zvýšenie energetickej účinnosti zariadení spaľujúcich zemný plyn	566
7.1.3.1.2	Špecifické techniky na zvýšenie energetickej účinnosti činností súvisiacich s dodávkou a manipuláciou s palivom	575
7.1.3.1.2.1	Použitie expanznej turbíny	57
7.1.3.1.3	Špecifické techniky na zvýšenie energetickej účinnosti turbín spaľujúcich zemný plyn	576
7.1.3.1.3.1	Pripravenosť KVET	576
7.1.3.1.3.2	Optimalizácia prietokovej dráhy	578
7.1.3.1.3.3	Chladenie vstupného spaľovacieho vzduchu	579
7.1.3.1.3.4	Rekuperatívny cyklus plynových turbín	581
7.1.3.2	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií NO _x a CO	582
7.1.3.2.1	Všeobecné techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO _x a CO z kotlov spaľujúcich zemný plyn	582
7.1.3.2.2	Všeobecné techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO _x a CO z turbín spaľujúcich zemný plyn	587
7.1.3.2.3	Špecifické techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO _x a CO z turbín spaľujúcich zemný plyn – Katalytická kontrola znečistenia SCONO _x TM	596
7.1.3.2.4	Prevencia a kontrola emisií NO _x a CO z turbín spaľujúcich zemný plyn pri nízkom zaťažení	598
7.1.3.2.4.1	Bod prevádzky s nízkym zaťažením (LLOP)	598
7.1.3.2.4.2	Regulácia prietoku vzduchu s vylepšenými vstupnými usmerňovacími lopatkami (IGV)	600
7.1.3.2.4.3	Riadenie prebytku vzduchu na vstupe do plynových turbín prostredníctvom vypúšťacieho ventilu	601
7.1.3.2.5	Všeobecné techniky prevencie a kontroly emisií NO _x a nespálených uhlíkov z motorov spaľujúcich zemný plyn	602
7.1.3.3	Techniky na prevenciu emisií do pôdy	607
7.2	SPAĽOVANIE BIOPLYNU	608
7.3	SPAĽOVANIE PROCESNÝCH PLYNOV Z ŽELEZIARSKÉHO A OCELIARSKÉHO PRIEMYSLU ...	609
7.3.1	Použité procesy a techniky	609
7.3.1.1	Charakterizácia a príprava/predbežná úprava paliva	611
7.3.1.2	Kontrola emisií do ovzdušia z kotlov	616
7.3.1.3	Kontrola emisií do ovzdušia z plynových turbín	618
7.3.1.4	Čistenie vody a odpadových vôd	618
7.3.2	Súčasná úroveň emisií a spotreby	619
7.3.2.1	Plyny používané pri spracovaní železa a ocele vo veľkých spaľovacích zariadeniach	619
7.3.2.2	Energetická účinnosť spaľovacích zariadení na spracovanie železa a ocele spaľujúcich procesné plyny	620
7.3.2.3	Emisie do ovzdušia	623
7.3.3	Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie plynov používaných v procesoch výroby železa a ocele	632
7.3.3.1	Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti	634
7.3.3.1.1	Všeobecné techniky na zvýšenie energetickej účinnosti	634
7.3.3.1.2	Systém riadenia procesného plynu	636
7.3.3.2	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií NO _x a CO	637
7.3.3.2.1	Všeobecné techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO _x a CO pri spaľovaní procesných plynov pri výrobe železa a ocele	637
7.3.3.2.2	Špeciálne navrhnuté horáky s nízkymi emisiami NO _x v niekoľkých radoch podľa typu paliva alebo so špecifickými vlastnosťami pre spaľovanie viacerých palív	

	641	
7.3.3.3	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií SO _x	642
7.3.3.4	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií prachu	645
7.4	SPAĽOVANIE PLYNU NA POBREŽNÝCH PLOŠINÁCH.....	648
7.4.1	Použité procesy a techniky	648
7.4.1.1	Spaľovacie zariadenia na ťažobných plošinách	648
7.4.1.2	Kontrola emisií do ovzdušia	650
7.4.2	Súčasnú úroveň emisií a spotreby	651
7.4.2.1	Spaľovanie nekonvenčných plyných palív	651
7.4.2.2	Účinnosť spaľovania nekonvenčných plyných palív v pobrežných plynových turbínach.....	651
7.4.3	Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie plynu na pobrežných plošinách	652
7.4.3.1	Techniky na zlepšenie environmentálnych vlastností spaľovacích zariadení používaných na pobrežných plošinách	652
7.4.3.2	Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti	653
7.4.3.3	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií NO _x a CO	655
8	SPAĽOVANIE VIACERÝCH PALÍV.....	659
8.1	SPAĽOVANIE VIACERÝCH PALÍV V TUHOM STAVE	659
8.1.1	Aplikované procesy a techniky	659
8.1.1.1	Vykládka, skladovanie a manipulácia	659
8.1.1.2	Charakterizácia a predbežná úprava palív	659
8.1.1.3	Techniky zavádzania rôznych palív do procesu spaľovania	660
8.1.1.3.1	Zmiešavanie s hlavným palivom	660
8.1.1.3.2	Špecializované horáky	660
8.1.1.4	Procesy spaľovania viacerých tuhých palív	661
8.1.1.4.1	Spoločné spaľovanie biomasy a fosílnych palív	661
8.1.1.5	Kontrola emisií do ovzdušia pri spaľovaní viacerých palív v pevných spaľovacích zariadeniach LCP.....	663
8.1.2	Súčasnú úroveň emisií a spotreby	665
8.1.2.1	Stupeň spaľovania tuhých palív v LCP	665
8.1.2.2	Vplyv spaľovania viacerých druhov tuhých palív na výkon a účinnosť zariadenia 666	
8.1.2.3	Vplyv spaľovania viacerých druhov tuhých palív na emisie do ovzdušia 666	
8.1.2.4	Vplyv spaľovania viacerých druhov tuhých palív na kvalitu rezíduí po spaľovaní 666	
8.1.3	Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pri spaľovaní viacerých druhov tuhých palív 667	
8.2	SPAĽOVANIE KVAPALNÝCH A PLYNNÝCH PROCESNÝCH PALÍV Z CHEMICKÉHO PRIEMYSLU 668	
8.2.1	Aplikované procesy a techniky	668
8.2.1.1	Prevádzkové podmienky	669
8.2.1.2	Kontrola NO _x , NH ₃ a CO	669
8.2.1.3	Kontrola ostatných znečisťujúcich látok	669
8.2.2	Súčasnú úroveň emisií a spotreby	670
8.2.2.1	Spotreba plyných a kvapalných procesných palív z chemického priemyslu 670	
8.2.2.1.1	Energetická účinnosť.....	670
8.2.2.2	Emisie.....	671
8.2.2.2.1	Variabilita emisií NO _x	672
8.2.3	Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie	

	procesných palív z chemického priemyslu	
	674	
8.2.3.1	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií NO _x , CO a NH ₃	674
8.2.3.2	Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu iných znečisťujúcich látok	679
9	SPOLUSPAĽOVANIE ODPADOV.....	683
9.1	POUŽITÉ PROCESY A TECHNIKY	685
9.1.1	Postupy schvaľovania a predbežného schvaľovania	685
9.1.2	Vykládka, skladovanie a manipulácia	685
9.1.3	Charakterizácia a predbežná úprava odpadových tokov.....	685
9.1.3.1	Mletie	686
9.1.3.2	Sušenie.....	686
9.1.3.3	Pyrolýza	686
9.1.3.4	Splyňovanie	687
9.1.3.5	Metanizácia	687
9.1.4	Techniky na zavedenie odpadu do procesu spaľovania	687
9.1.4.1	Zmiešavanie s hlavným palivom.....	687
9.1.4.2	Samostatné horáky alebo upravené existujúce horáky	688
9.1.4.3	Špeciálne rošty	689
9.1.4.4	Vkladanie odpadu do kotla s fluidným lôžkom.....	689
9.1.5	Kontrola emisií do ovzdušia zo spoluspaľovania odpadov	690
9.1.6	Vznik a čistenie odpadových vôd	690
9.1.7	Nakladanie so spaľovacími rezíduami.....	690
9.2	SÚČASNÉ ÚROVNE EMISÍ A SPOTREBY.....	692
9.2.1	Prehľad odpadu spoluspaľovaného v zariadeniach na spaľovanie odpadu	692
9.2.2	Miera spoluspaľovania odpadu v zariadeniach na spaľovanie odpadu	694
9.2.3	Vplyv spoluspaľovania odpadu na energetickú účinnosť zariadenia	698
9.2.4	Všeobecné vplyvy spoluspaľovania odpadu v LCP	699
9.2.5	Vplyv spoluspaľovania odpadu na výkonnosť zariadenia	699
9.2.6	Vplyv spoluspaľovania odpadu na emisie do ovzdušia.....	700
9.2.6.1	Prach.....	700
9.2.6.2	Kyslé plyny	700
9.2.6.3	Oxidy uhlíka	700
9.2.6.4	Halogenidy	701
9.2.6.5	Oxidy dusíka	701
9.2.6.6	Oxidy síry	701
9.2.6.7	TOC, VOC a dioxíny	701
9.2.6.8	Kovy (Cd+Tl; Hg; Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V)	702
9.2.6.9	Dymová vlečka	702
9.2.6.10	Zápach	702
9.2.7	Vplyv spoluspaľovania odpadu na emisie do vody.....	702
9.2.8	Vplyv spoluspaľovania odpadu na kvalitu rezíduí po spaľovaní.....	703
9.3	TECHNIKY, KTORÉ JE POTREBNÉ ZOHLADNIŤ PRI URČOVANÍ BAT PRE SPOLUSPAĽOVANIE ODPADU	706
9.3.1	Techniky na kontrolu difúzných emisií a zápachov zo skladovania a manipulácie s prašným a zápachajúcim odpadom	706
9.3.2	Techniky predbežného spracovania odpadu	708
9.3.3	Techniky na zavádzanie odpadu do spaľovacieho procesu.....	711

- 9.3.4 Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií do ovzdušia zo
spoluspaľovania odpadu v zariadeniach na spaľovanie odpadu
712
- 9.3.5 Techniky na zníženie vplyvu spoluspaľovania odpadu na vznikajúce
rezíduá
726

10 ZÁVERY O NAJLEPŠÍCH DOSTUPNÝCH TECHNIKÁCH (BAT).....727

ROZSAH	727
VYMEDZENIE POJMOV	729
SKRATKY	733
VŠEOBECNÉ ÚVAHY	734
10.1 VŠEOBECNÉ ZÁVERY BAT	737
10.1.1 Systémy environmentálneho manažérstva	737
10.1.2 Monitorovanie	739
10.1.3 Všeobecná environmentálna a spaľovacia výkonnosť.....	745
10.1.4 Energetická účinnosť	748
10.1.5 Spotreba vody a emisie do vody.....	750
10.1.6 Nakladanie s odpadom	753
10.1.7 Emisie hluku	754
10.2 ZÁVERY BAT PRE SPÁLENIE TUHÝCH PALÍV.....	755
10.2.1 Závery BAT pre spaľovanie uhlia a/alebo hnedého uhlia	755
10.2.1.1 Všeobecná environmentálna výkonnosť.....	755
10.2.1.2 Energetická účinnosť.....	755
10.2.1.3 Emisie NO _x , N ₂ O a CO do ovzdušia.....	757
10.2.1.4 Emisie SO _x , HCl a HF do ovzdušia	759
10.2.1.5 Emisie prachu a častíc viazaných kovov do ovzdušia	761
10.2.1.6 Emisie ortuti do ovzdušia	762
10.2.2 Závery BAT pre spaľovanie tuhej biomasy a/alebo rašeliny	763
10.2.2.1 Energetická účinnosť.....	763
10.2.2.2 Emisie NO _x , N ₂ O a CO do ovzdušia.....	764
10.2.2.3 Emisie SO _x , HCl a HF do ovzdušia	765
10.2.2.4 Emisie prachu a častíc viazaných kovov do ovzdušia	767
10.2.2.5 Emisie ortuti do ovzdušia	768
10.3 ZÁVERY BAT PRE SPÁLENIE KVAPALNÝCH PALÍV	769
10.3.1 Kotly spaľujúce ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej	769
10.3.1.1 Energetická účinnosť.....	769
10.3.1.2 Emisie NO _x a CO do ovzdušia	770
10.3.1.3 Emisie SO _x , HCl a HF do ovzdušia	772
10.3.1.4 Emisie prachu a častíc viazaných kovov do ovzdušia	773
10.3.2 Motory spaľujúce HFO a/alebo plynový olej.....	773
10.3.2.1 Energetická účinnosť.....	774
10.3.2.2 Emisie NO _x , CO a prchavých organických zlúčenín do ovzdušia.....	775
10.3.2.3 Emisie SO _x , HCl a HF do ovzdušia	776
10.3.2.4 Emisie prachu a kovov viazaných na častice do ovzdušia	777
10.3.3 Plynové turbíny spaľujúce plyn a ropu	777
10.3.3.1 Energetická účinnosť.....	777
10.3.3.2 Emisie NO _x a CO do ovzdušia	778
10.3.3.3 Emisie SO _x a prachu do ovzdušia	779

10.4	ZÁVERY BAT PRE SPAĽOVANIE PLYNNÝCH PALÍV.....	780
10.4.1	Závery BAT pre spaľovanie zemného plynu.....	780
10.4.1.1	Energetická účinnosť.....	780
10.4.1.2	Emisie NO _x , CO, NMVOC a CH ₄ do ovzdušia.....	781
10.4.2	Závery BAT pre spaľovanie plynov vznikajúcich pri spracovaní železa a ocele 786	
10.4.2.1	Energetická účinnosť.....	786
10.4.2.2	Emisie NO _x a CO do ovzdušia	787
10.4.2.3	Emisie SO _x do ovzdušia.....	789
10.4.2.4	Emisie prachu do ovzdušia	790
10.4.3	Závery BAT pre spaľovanie plyných a/alebo kvapalných palív na ťažobných plošinách	791
10.5	ZÁVERY BAT PRE ELEKTRÁRNE SPAĽUJÚCE VIACERO DRUHOV PALÍV	793
10.5.1	Závery BAT pre spaľovanie procesných palív z chemického priemyslu 793	
10.5.1.1	Všeobecná environmentálna výkonnosť.....	793
10.5.1.2	Energetická účinnosť	793
10.5.1.3	Emisie NO _x a CO do ovzdušia	794
10.5.1.4	Emisie SO _x , HCl a HF do ovzdušia.....	795
10.5.1.5	Emisie prachu a kovov viazaných na častice do ovzdušia.....	796
10.5.1.6	Emisie prchavých organických zlúčenín a polychlórovaných dibenzodioxínov a -furánov do ovzdušia.....	797
10.6	ZÁVERY BAT PRE SPOLUSPAĽOVANIE ODPADU.....	798
10.6.1	Všeobecná environmentálna výkonnosť.....	798
10.6.2	Energetická účinnosť	799
10.6.3	Emisie NO _x a CO do ovzdušia.....	799
10.6.4	Emisie SO _x , HCl a HF do ovzdušia.....	800
10.6.5	Emisie prachu a častíc viazaných kovov do ovzdušia.....	800
10.6.6	Emisie ortuti do ovzdušia	800
10.6.7	Emisie prchavých organických zlúčenín a polychlórovaných dibenzo- dioxínov a furánov do ovzdušia	801
10.7	ZÁVERY BAT PRE SPLYNŇOVANIE	802
10.7.1	Energetická účinnosť	802
10.7.2	Emisie NO _x a CO do ovzdušia	803
10.7.3	Emisie SO _x do ovzdušia	804
10.7.4	Emisie prachu, kovových častíc, amoniaku a halogénov do ovzdušia.....	804
10.8	POPIS TECHNÍK	805
10.8.1	Všeobecné techniky.....	805
10.8.2	Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti	805
10.8.3	Techniky na zníženie emisií NO _x a/alebo CO do ovzdušia.....	806
10.8.4	Techniky na zníženie emisií SO _x , HCl a/alebo HF do ovzdušia	808
10.8.5	Techniky na zníženie emisií prachu, kovov vrátane ortuti a/alebo PCDD/F	809
10.8.6	Techniky na zníženie emisií do vody	810
11	NOVÉ TECHNIKY	813
11.1	BEŽNÉ PROCESY A TECHNIKY NA VÝROBU ENERGIE.....	813
11.1.1	Vysokoteplotná a vysokotlaková superkritická uhoľná elektráreň...	813

11.2	BEŽNÉ TECHNICKÉ PROCESY SPAĽOVANIA	814
11.2.1	Techniky na zníženie emisií oxidov síry	814
11.2.1.1	Bublinková technológia	814
11.2.2	Kombinované techniky na zníženie emisií oxidu síry a oxidu dusíka.....	814
11.2.2.1	Nové katalytické procesy s plynom/tuhou látkou	814
11.2.2.2	Vstrekovanie alkálií	814
11.2.2.3	Mokrú práčku s prísadami na dosiahnutie odstránenia NO _x	814
11.2.3	Techniky na zníženie emisií kovov	815
11.2.3.1	Membránová filtrácia na zníženie obsahu kovov v odpadovej vode z pračky	815
11.2.4	Procesy zachytávania CO ₂	817
11.2.4.1	Procesy zachytávania CO ₂ po spaľovaní.....	818
11.2.4.1.1	Amínový proces	818
11.2.4.1.2	Proces s použitím chladeného amoniaku.....	821
11.2.4.1.3	Biokatalytické techniky na odstraňovanie CO ₂ z dymových plynov	823
11.2.4.2	Spaľovanie kyslíkovým palivom	824
11.2.4.3	Pripravenosť na zachytávanie uhlíka.....	826
11.2.4.3.1	Požiadavky na priestor a prístup k zariadeniu	827
11.2.4.3.2	Predinvestície do CCR elektrární	827
11.3	SPLYŇOVANIE / SKVAPALŇOVANIE / PYROLÝZA PALÍV	829
11.3.1	IGCC (integrovaný cyklus kombinovaného splyňovania)	834
11.3.2	Podzemné splyňovanie uhlia	834
11.4	SPAĽOVANIE TUHÝCH PALÍV.....	836
11.4.1	Spaľovanie uhlia a/alebo hnedého uhlia.....	836
11.4.1.1	Pilotná prevádzka na predsušenie hnedého uhlia nízkoteplotným teplom	836
11.4.1.2	Zníženie emisií ortuť	837
11.4.1.2.1	Úprava uhlia	837
11.4.1.2.2	Oxidácia katalyzátorov	838
11.4.1.2.3	Iné nové technológie riadenia	838
11.4.1.2.4	Fotochemický oxidačný proces	839
11.4.1.3	Technológie na kontrolu viacerých znečisťujúcich látok.....	839
11.5	SPAĽOVANIE KVAPALNÝCH PALÍV.....	841
11.5.1	Spaľovanie komerčných kvapalných ropných palív v kotloch / motoroch / turbínach	841
11.5.1.1	Dvojstupňové turbodúchadlo pre veľké spaľovacie motory	841
11.5.2	Aplikácie palivových článkov	841
11.6	SPAĽOVANIE PLYNNÝCH PALÍV	842
11.6.1	Spaľovanie zemného plynu v kotloch / motoroch / turbínach	842
11.6.1.1	Millerov cyklus a dvojstupňové turbodúchadlo v plynových motoroch s chudobnou zmesou	842
11.6.1.2	Vývoj úniku metánu z plynových motorov s chudobnou zmesou	842
11.6.1.2.1	Katalyzátor oxidácie.....	842
11.6.1.2.2	Rekuperatívny oxidátor	843
11.6.1.3	Spaľovanie s kyslíkom	843
11.6.1.4	Katalytické spaľovanie.....	843
11.6.1.5	Bezplameňové spaľovanie.....	844
11.6.1.6	Chladienie parou v uzavretom okruhu	846
11.6.1.7	Ďalší potenciál rozvoja	846
11.6.1.8	Možnosti rekuperácie	847
11.6.1.8.1	Plynová turbína s chladičom a rekuperáciou.....	847
11.6.1.8.2	Cyklus HAT	847
11.6.1.8.3	Proces TOPHAT	847

11.6.1.8.4	Cyklus CHAT	848
11.6.1.9	Pokročilý prístup k úspornému spaľovaniu pre plynové motory	848
11.6.2	Spaľovanie syntézneho plynu v kotloch / motoroch / turbínach	848
11.6.2.1	Podzemná výroba energie (splyňovanie uhlia)	848
11.6.3	Aplikácie palivových článkov	848
12	ZÁVEREČNÉ POZNÁMKY A ODPORÚČANIA PRE ĎALŠIU PRÁCU	849
13	PRÍLOHY	865
13.1	PRÍLOHA I – ZOZNAM EURÓPSKÝCH ZÁVODOV, KTORÉ SA ZÚČASTNILI NA ZBERE ÚDAJOV V ROKU 2012 865	
13.2	PRÍLOHA II – ZOZNAM SPOLUSPAĽOVANÝCH ODPADOV	911
13.3	PRÍLOHA III – PRÍKLAD NÁSTROJA NA PREPOČET ÚROVNÍ EMISIÍ NA RÔZNE PRIEMERNÉ OBDOBIA 913	
13.4	PRÍLOHA IV – NEISTOTY MERANIA HLÁSENÉ ZARIADENIAMI, KTORÉ SA ZÚČASTNILI ZBERU ÚDAJOV ZA ROK 2012 915	
SLOVNÍK	919	
I.	KÓDY KRAJÍN ISO.....	91
II.	MENNÉ JEDNOTKY	920
III.	PREDPONY JEDNOTIEK, ODDEĽOVAČE ČÍSEL A ZÁPISY	920
IV.	JEDNOTKY A MIERY	921
V.	CHEMICKÉ PRVKY	923
VI.	SKRATKY A DEFINÍCIE.....	924
ODKAZY	929	

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1.1: Rozloha a počet obyvateľov vo svete v roku 2011.....	1
Tabuľka 1.2: Maximálna elektrická kapacita v EÚ-28 (MW) v rokoch 1990 – 2013	5
Tabuľka 1.3: LCP v EÚ (2013).....	7
Tabuľka 1.4: Potenciálne emisné trajektórie podľa typu zdroja a látky	17
Tabuľka 1.5: Emisie do ovzdušia z veľkých spaľovacích zariadení v Európe (2013)	19
Tabuľka 1.6: Dusík viazaný v palivách	21
Tabuľka 1.7: Zoznam látok znečisťujúcich vodu z LCP.....	35
Tabuľka 2.1: Teplo a elektrina vyrobená zariadeniami KVE v európskych krajinách v roku 2013	73
Tabuľka 2.2: Typické účinnosti na výstupnom hriadeľi plynových turbín vo vzťahu k ich tepelnej energii.....	82
Tabuľka 2.3: Bežne použiteľné techniky na zvýšenie účinnosti v spaľovacích zariadeniach.....	84
Tabuľka 2.4: Príklady energetickej a exergetickej účinnosti rôznych typov spaľovacích zariadení.....	87
Tabuľka 2.5: Príklady vplyvu klimatických podmienok v Európe na stratu účinnosti elektrární.....	89
Tabuľka 2.6: Typická spotreba energie pri sekundárnych technikách znižovania emisií.....	90
Tabuľka 3.1: Popis primárnych techník na kontrolu emisií.....	103
Tabuľka 3.2: Indikatívne hodnoty DeNO _x (len sekundárne opatrenia) vo veľkých spaľovacích zariadeniach v EÚ-28	109
Tabuľka 3.3: Ročné emisie do vody	123
Tabuľka 3.4: Informácie o jednotlivých technikách opísaných v tejto kapitole	134
Tabuľka 3.5: Všeobecný výkon ESP	141
Tabuľka 3.6: Všeobecný výkon vrecových filtrov	146
Tabuľka 3.7: Všeobecný výkon zariadení na čistenie prachu	148
Tabuľka 3.8: Všeobecný výkon mokrých práčok	152
Tabuľka 3.9: Porovnanie medzi nútenou a prirodzenou oxidáciou	155
Tabuľka 3.10: Výkonnosť techniky mokrého vypierania vápnom/vápencom na znižovanie emisií oxidov síry	161
Tabuľka 3.11: Možnosti zlepšenia výkonu	162
Tabuľka 3.12: Výkonnosť čistenia morskou vodou na znižovanie emisií oxidov síry	165
Tabuľka 3.13: Výkonnosť techniky sušenia rozprašovaním na znižovanie emisií oxidov síry	173
Tabuľka 3.14: Výkonnosť techniky suchého vypierania CFB pri znižovaní emisií oxidov síry.....	177
Tabuľka 3.15: Výkonnosť techniky vstrekovania sorbentu do potrubia na znižovanie emisií oxidov síry.....	180
Tabuľka 3.16: Výkonnosť techniky vstrekovania sorbentu do pece na znižovanie emisií oxidov síry	186
Tabuľka 3.17: Výkonnosť hybridnej techniky vstrekovania sorbentu na znižovanie emisií oxidov síry.....	188
Tabuľka 3.18: Výkonnosť techniky vzduchového stupňovania na zníženie emisií oxidov dusíka.....	194
Tabuľka 3.19: Účinnosť techniky recirkulácie spalín na znižovanie emisií oxidov dusíka	197
Tabuľka 3.20: Výkon techniky horáka s nízkymi emisiami NO _x na zníženie emisií oxidov dusíka.....	203
Tabuľka 3.21: Výkon technológie stupňovitého spaľovania paliva (opätovného spaľovania) na zníženie emisií oxidov dusíka.....	206
Tabuľka 3.22: Kompromisy medzi kontrolou emisií NO _x a účinnosťou	213
Tabuľka 3.23: Emisie NO _x a CO pri použití vstrekovania vody alebo pary do príkladových plynových turbín	217
Tabuľka 3.24: Typické účinnosti SCR pre rôzne spaľovacie procesy (v závislosti od konštrukcie SCR a množstva vstrekaného činidla)	226
Tabuľka 3.25: Výkonnosť techniky SCR pri znižovaní emisií oxidov dusíka	226
Tabuľka 3.26: Odhady nákladov na jednotku SCR ako funkcia objemu spalín pre kotol na uhlie.....	229
Tabuľka 3.27: Výkonnosť techniky SNCR pri znižovaní emisií oxidov dusíka	233
Tabuľka 3.28: Účinnosť techniky s aktívnym uhlím pri znižovaní emisií oxidu síry/oxidu dusíka/ortuti.	237
Tabuľka 3.29: Výkonnosť techniky WSA-SNO _x na znižovanie emisií oxidov síry/oxidov dusíka	239
Tabuľka 3.30: Hlavné charakteristiky zariadenia použitého ako príklad pre prevádzkové náklady techniky WSA-SNO _x v tabuľke 3.31.....	239
Tabuľka 3.31: Prevádzkové náklady technológie WSA-SNO _x v zariadení uvedenom v príklade v tabuľke 3.30 prevádzkovanom 8 000 hodín/rok	240
Tabuľka 3.32: Výkon techniky DeSONO _x pri znižovaní emisií oxidov síry/oxidov dusíka	241
Tabuľka 3.33: Účinnosť redukcie kovov (%) dosiahnutá v konvenčnej elektrárni spaľujúcej práškové uhlie	244
Tabuľka 3.34: Účinnosť redukcie kovov (%) dosiahnutá v konvenčnej elektrárni spaľujúcej práškové uhlie	246

Tabuľka 3.35: Údaje o zariadeniach na čistenie HCl implementovaných v zariadeniach na spaľovanie odpadu	252
Tabuľka 3.36: Orientačné porovnanie kogenerácie s oddelenou výrobou elektriny a tepla	257
Tabuľka 3.37: Dosiahnuté emisie NO _x a tepelné účinnosti pre konvenčné spaľovacie turbíny s upravenými tryskami paliva	261
Tabuľka 3.38: Náklady a hmotnosť cyklu vstrekovania pary Cheng na balíku GE LM 2500	262
Tabuľka 3.39: Výsledky v oblasti životného prostredia optimalizátora spaľovania (pokročilé riešenie riadenia procesov Metso)	269
Tabuľka 3.40: Vplyv renovácií a modernizácií komponentov na účinnosť zariadenia	275
Tabuľka 3.41: Techniky prevencie a kontroly znečistenia vody zo zariadení, ktoré prevádzkujú čistenie spalín s emisiami do vody	293
Tabuľka 3.42: Emisie elektrární zahrnuté v kódach elektrární uvedených na obrázkoch 3.58 až 3.72... ..	295
Tabuľka 4.1: Zloženie syntetického plynu vyrobeného v splynovacích zariadeniach s fluidným a pevným lôžkom (typicky na čierne uhlie)	318
Tabuľka 4.2: Zloženie syntetického plynu z procesov splynovania uhlia s unášaným prúdom (typicky na čierne uhlie)	320
Tabuľka 4.3: Zloženie syntetického plynu pri procesoch splynovania KBR a MHI s prúdom vzduchu.....	320
Tabuľka 4.4: Typické zloženie syntetického plynu v splynovacích zariadeniach na biomasu typu BFB a CFB (rozsah).....	326
Tabuľka 4.5: Všeobecné informácie o účinnosti a emisiách do ovzdušia európskych elektrární IGCC ..	330
Tabuľka 4.6: Porovnanie výsledkov merania emisií plynu z kotla pri 100 % spaľovaní uhlia (1997) a pri spoluspaľovaní plynu z plynofikátora a uhlia (2001)	331
Tabuľka 4.7: Emisie na vyrobenú MWh (teplo a elektrina) v rokoch 2007 – 2012	331
Tabuľka 4.8: Emisie odpadových vôd z elektrárne WAC Buggenum IGCC, Holandsko	334
Tabuľka 4.9: Emisie odpadových vôd z elektrárne ELCOGAS IGCC, Puertollano, Španielsko	334
Tabuľka 4.10: Pevné vedľajšie produkty, rezíduá a odpad z elektrárne WAC Buggenum IGCC, Holandsko	335
Tabuľka 4.11: Pevné vedľajšie produkty, rezíduá a odpad z elektrárne ELCOGAS IGCC, Puertollano, Španielsko.....	336
Tabuľka 4.12: Pevné vedľajšie produkty, rezíduá a odpad zo závodu Kymijärvi I, Lahti, Fínsko.....	336
Tabuľka 4.13: Údaje o spotrebe z elektrárne WAC Buggenum IGCC, Holandsko.....	337
Tabuľka 4.14: Údaje o spotrebe z elektrárne ELCOGAS IGCC, Puertollano, Španielsko.....	337
Tabuľka 4.15: Údaje o spotrebe z elektrárne Kymijärvi I, Lahti, Fínsko.....	337
Tabuľka 4.16: Úrovně spotreby na vyrobenú MWh (teplo a elektrina) v rokoch 2007 – 2012 pre KVET Skive.....	337
Tabuľka 4.17: Údaje o elektrárni IGCC v Tampe (Florida, USA).....	341
Tabuľka 4.18: Údaje o elektrárni Nuon IGCC v Buggenum (Holandsko).....	341
Tabuľka 4.19: Údaje o elektrárni Wabash River IGCC (Indiana, USA)	341
Tabuľka 4.20: Údaje o projekte elektrárne IGCC v Nakoso (Japonsko).....	342
Tabuľka 4.21: Údaje o elektrárni IGCC v Puertollano (Španielsko).....	342
Tabuľka 4.22: Údaje o talianskych elektrárňach IGCC splynujúcich rafinérské rezíduá	342
Tabuľka 5.1: Indikatívne analýzy typických uhlí a hnedých uhlí (všeobecná prax)	362
Tabuľka 5.2: Indikatívne koncentrácie kovov a stopových prvkov v uhlí z rôznych regiónov	363
Tabuľka 5.3: Typické monitorovanie vlastností paliva v európskych elektrárňach spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie	364
Tabuľka 5.4: Typy mlynov využívajúcich rôzne kvality uhlia	366
Tabuľka 5.5: Príklad účinnosti odstraňovania ortuti v amerických uhľových elektrárňach vybavených rôznymi kombináciami technológií	375
Tabuľka 5.6: Príklady marketingu a odstraňovania rezíduí zo spaľovania uhlia a hnedého uhlia	378
Tabuľka 5.7: Produkcia nemeckého hnedého uhlia v roku 2012 podľa regiónov.....	380
Tabuľka 5.8: Kľúčové charakteristiky nemeckého hnedého uhlia	380
Tabuľka 5.9: Obsah ortuti v uhlí rôzneho pôvodu	381
Tabuľka 5.10: Typické konštrukčné čisté elektrické účinnosti (LHV) pre rôzne technológie LCP	384
Tabuľka 5.11: Vplyv charakteristík pary na konštrukčnú účinnosť rôznych procesov spaľovania	384
Tabuľka 5.12: Príklad emisií (v koncentracii – ročné priemery) do ovzdušia z uhľových spaľovacích zariadení.....	387
Tabuľka 5.13: Príklad emisií (v koncentracii – ročné priemery) do ovzdušia z spaľovacích zariadení na hnedé uhlie	388
Tabuľka 5.14: Úroveň emisií NO _x pre existujúce zariadenia bez sekundárnych technológií.....	389
Tabuľka 5.15: Cesty kovov v troch príkladoch spaľovní na uhlie.....	390
Tabuľka 5.16: Obsah kovov v spalínach na úrovni komína v príkladoch európskych elektrární	390
Tabuľka 5.17: Obsah ortuti v spaliniach na úrovni komína z príkladov európskych elektrární.....	391
Tabuľka 5.18: Merané úrovne emisií N ₂ O prevzaté z rôznych literárnych zdrojov	392
Tabuľka 5.19: Emisie N ₂ O z príkladov európskych kotlov s cirkulujúcim fluidným lôžkom	392

Tabuľka 5.20: Príklad úrovni emisií HCl a HF zo zariadení s sekundárnymi technikami a bez nich.....	393
Tabuľka 5.21: Príklad úrovne emisií dioxínov a PAH zo spaľovania rôznych palív	393
Tabuľka 5.22: Výroba CCP v EÚ-15 v roku 2010.....	397
Tabuľka 5.23: Obsah kovov v uhlí a niektorých rezíduách po spaľovaní uhlia	399
Tabuľka 5.24: Príjem a výstup kovov v niektorých spaľovniach uhlia	399
Tabuľka 5.25: Všeobecné techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri kontrole difúzných emisií z vykládky, skladovania a manipulácie s palivom a prísadami	401
Tabuľka 5.26: Techniky, ktoré je potrebné zvážiť na zlepšenie všeobecnej environmentálnych vlastností elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie.....	404
Tabuľka 5.27: Všeobecné techniky, ktoré je potrebné zvážiť na zvýšenie energetickej účinnosti a využitia paliva	407
Tabuľka 5.28: Všeobecné techniky, ktoré je potrebné zvážiť na zvýšenie energetickej účinnosti.....	409
Tabuľka 5.29: Čistá elektrická účinnosť (%) dosiahnutá v príkladoch elektrární spaľujúcich palivá v EÚ.....	411
Tabuľka 5.30: Čistá projektová celková spotreba paliva (%) dosiahnutá v príkladových spaľovacích zariadeniach KVE v EÚ.....	411
Tabuľka 5.31: Všeobecné techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri prevencii a kontrole emisií prachu a kovov	413
Tabuľka 5.32: Vedľajší prínos odstraňovania ortuti technikami používanými na iné znečisťujúce látky ..	418
Tabuľka 5.33: Príklad kapitálových nákladov na implementáciu systému vstrekovania sorbentu na redukcii ortuti.....	426
Tabuľka 5.34: Príklad amerických elektrární prevádzkujúcich systémy vstrekovania brómovaného aktívneho uhlíka	427
Tabuľka 5.35: Ďalšie špecifické techniky, ktoré je potrebné zvážiť na prevenciu a kontrolu emisií plynnej ortuti	431
Tabuľka 5.36: Všeobecné techniky, ktoré je potrebné zvážiť pri prevencii a kontrole emisií SO _x , HCl a HF	433
Tabuľka 5.37: Všeobecné primárne techniky, ktoré je potrebné zvážiť pri prevencii a kontrole emisií NO _x a N ₂ O	442
Tabuľka 5.38: Všeobecné sekundárne techniky, ktoré je potrebné zvážiť pri prevencii a kontrole emisií NO _x a N ₂ O.....	444
Tabuľka 5.39: Porovnanie palív z biomasy a mletého rašelinového uhlia s fosílnymi palivami bežne používanými v LCP.....	460
Tabuľka 5.40: Špecifické emisie do ovzdušia zo spaľovacích zariadení na biomasu a/alebo rašelinové spaľovacie zariadenia	463
Tabuľka 5.41: Zloženie minerálov/živín v popole zo spaľovania typických drevených peliet.....	465
Tabuľka 5.42: Techniky na zníženie difúzných/únikových emisií do ovzdušia	467
Tabuľka 5.43: Techniky na zlepšenie celkovej environmentálnej výkonnosti	469
Tabuľka 5.44: Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti	471
Tabuľka 5.45: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO _x , CO a N ₂ O.....	474
Tabuľka 5.46: Techniky prevencie a kontroly emisií SO _x , HCl a HF	479
Tabuľka 5.47: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií prachu a kovov.....	486
Tabuľka 5.48: Techniky na prevenciu a kontrolu ortuti.....	490
Tabuľka 5.49: Techniky na manipuláciu, redukcii a recykláciu alebo zhodnocovanie rezíduí spaľovania	492
Tabuľka 6.1: Všeobecné charakteristiky kvapalných palív	503
Tabuľka 6.2: Chemické vlastnosti niekoľkých typických ťažkých palív.....	503
Tabuľka 6.3: Vlastnosti Orimulsionu	504
Tabuľka 6.4: Rozsah ročných emisií do ovzdušia zo spaľovacích zariadení na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej.....	505
Tabuľka 6.5: Techniky na prevenciu emisií do pôdy a podzemných vôd	507
Tabuľka 6.6: Techniky na zlepšenie celkovej environmentálnych vlastností kotlov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej.....	509
Tabuľka 6.7: Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti kotlov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej.....	511
Tabuľka 6.8: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO _x a N ₂ O z kotlov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej.....	514
Tabuľka 6.9: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií SO _x z kotlov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej	518
Tabuľka 6.10: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií prachu a kovov viazaných na častice z kotlov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej.....	523
Tabuľka 6.11: Techniky na zvýšenie účinnosti motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej	527
Tabuľka 6.12: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO _x a CO z HFO.....	529
Tabuľka 6.13: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií SO _x z motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej.....	534
Tabuľka 6.14: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií prachu a kovov viazaných na častice z motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej.....	537
Tabuľka 6.15: Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti plynových turbín spaľujúcich plynový olej..	540

Tabuľka 6.16:Techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO _x a CO z plynových turbín spaľujúcich plyn a ropu	541
Tabuľka 6.17:Techniky na prevenciu a kontrolu emisií SO _x z plynových turbín spaľujúcich plyn a ropu	542
Tabuľka 6.18:Techniky prevencie a kontroly emisií prachu a častíc viazaných kovov z plynových turbín spaľujúcich plyn a ropu.....	543
Tabuľka 7.1: Typické charakteristiky zemného plynu spaľovaného vo veľkých spaľovacích zariadeniach v Európe	546
Tabuľka 7.2: Prehľad typických účinností spaľovacích jednotiek na zemný plyn podľa ISO	552
Tabuľka 7.3: Prehľad prevádzkovej energetickej účinnosti (ročné priemery) európskych spaľovacích jednotiek na zemný plyn.....	553
Tabuľka 7.4: Vypočítané špecifické emisie NO _x s úrovňami emisií 50 mg/Nm ³	559
Tabuľka 7.5: Príklad emisií do ovzdušia z turbín spaľujúcich zemný plyn v roku 2010.....	561
Tabuľka 7.6: Príklady emisií NO _x pri ustálenom plnom zaťažení motora (15 % O ₂).....	562
Tabuľka 7.7: Príklady emisií NMVOC, CO a CH ₄ hlásených európskymi motormi spaľujúcimi zemný plyn (15 % O ₂)	563
Tabuľka 7.8: Príklad emisií do ovzdušia z kotlov spaľujúcich zemný plyn v roku 2010	564
Tabuľka 7.9: Všeobecné techniky na zvýšenie energetickej účinnosti kotlov, plynových turbín a motorov spaľujúcich zemný plyn.....	567
Tabuľka 7.10:Všeobecné techniky prevencie a kontroly emisií NO _x a CO z kotlov spaľujúcich zemný plyn.....	583
Tabuľka 7.11:Všeobecné techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO _x a CO z turbín spaľujúcich zemný plyn.....	588
Tabuľka 7.12:Typické nákladové zložky pri použití SCR v plynových turbínach.....	590
Tabuľka 7.13:Typické náklady na použitie SCR v plynových turbínach	590
Tabuľka 7.14:Náklady na dodatočnú inštaláciu SCR pre plynovú turbínu s kombinovaným cyklom s výkonom 375 MW _e	591
Tabuľka 7.15:Všeobecné techniky prevencie a kontroly emisií NO _x a nespáleného uhlíka zo stacionárnych motorov spaľujúcich zemný plyn	603
Tabuľka 7.16:Úrovně emisií dvoch plynových elektrární vybavených systémom SCR.....	605
Tabuľka 7.17:Náklady na inštaláciu SCR pre plynové motory s prevádzkou 4 000 h/rok.....	607
Tabuľka 7.18:Techniky na prevenciu emisií do pôdy	607
Tabuľka 7.19:Prehľad účinnosti plynových turbín spaľujúcich bioplyn.....	608
Tabuľka 7.20:Charakteristiky čisteného COG	612
Tabuľka 7.21:Vlastnosti vyčisteného BF plynu (priemerné ročné údaje).....	613
Tabuľka 7.22:Charakteristiky čisteného plynu z konvertora (priemerné ročné údaje).....	614
Tabuľka 7.23:Porovnanie priemerných hodnôt LHV a Wobbeho čísla pre plyn z vysokej pece, plyn z konvertora a zmiešaný plyn z vysokej pece a konvertora.....	615
Tabuľka 7.24:Zloženie zemného plynu používaného v spaľovacích zariadeniach na spaľovanie palív používaných v procesoch výroby železa a ocele	616
Tabuľka 7.25:Objemy plynu, dodatočné množstvá paliva a tepelný príkon za 24 hodín pre spaľovacie spaľujúce plyny používané pri výrobe železa a ocele.....	619
Tabuľka 7.26:Príklad zloženia surového zemného plynu z ropného poľa v Severnom mori.....	651
Tabuľka 7.27:Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT na zvýšenie energetickej účinnosti pobrežných zariadení.....	654
Tabuľka 7.28:Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT na prevenciu a/alebo zníženie emisií NO _x a CO pre pobrežné zariadenia	656
Tabuľka 8.1: Rozpätia hlásených emisií do ovzdušia z kotlov spaľujúcich procesné palivá z chemického priemyslu.....	671
Tabuľka 8.2: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO _x	675
Tabuľka 9.1: Príklad zloženia uhlia/hnedého uhlia a niektorých typických zložiek čistiarenských kalov	693
Tabuľka 9.2: Príklady zloženia druhov odpadového dreva používaného v LCP	694
Tabuľka 9.3: Rozdiely v obsahu nečistôt v rôznych zmesiach dreva a odpadu	694
Tabuľka 9.4: Skúsenosti so spoluspaľovaním odpadu v niektorých zariadeniach na spaľovanie odpadov v niektorých členských štátoch EÚ	696
Tabuľka 9.5: Vplyv spoluspaľovania na rezíduá po spaľovaní (suché sorpčné rezíduá).....	704
Tabuľka 9.6: Vplyv spoluspaľovania na spaľovacie rezíduá (hrubý popol)	704
Tabuľka 9.7: Všeobecné techniky skladovania a manipulácie s odpadom určeným na spoluspaľovanie	707
Tabuľka 9.8: Všeobecné techniky predbežného spracovania odpadu určeného na spoluspaľovanie.....	709
Tabuľka 9.9: Všeobecné techniky zavádzania odpadu do procesu spaľovania	712
Tabuľka 9.10:Všeobecné techniky na prevenciu a kontrolu emisií do ovzdušia zo spoluspaľovania odpadu v spaľovniach	713
Tabuľka 9.11:Špecifické techniky na prevenciu a kontrolu emisií do ovzdušia zo spoluspaľovania odpadov v spaľovniach	714
Tabuľka 9.12:Stupeň spoluspaľovania a dosiahnuté emisie HCl v dobre fungujúcich elektrárnach spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 100 MW _{th} (pozri obrázok 5.34).....	716

Tabuľka 9.13: Stupeň spoluspaľovania a dosiahnuté priemerné ročné emisie HF v dobre fungujúcich elektrárňach spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 100 MW _{th} (pozri obrázok 5.35)	717
Tabuľka 9.14: Všeobecné techniky na zníženie vplyvu spoluspaľovania odpadu na vznikajúce rezíduá..	726
Tabuľka 10.1: BAT-AEL pre priame vypúšťanie do prijímajúceho vodného útvaru z čistenia spalín	752
Tabuľka 10.2: Úrovně energetickej účinnosti spojené s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie uhlia a/alebo hnedého uhlia	756
Tabuľka 10.3: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO _x do ovzdušia zo spaľovania uhlia a/alebo hnedého uhlia	758
Tabuľka 10.4: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie SO ₂ do ovzdušia zo spaľovania uhlia a/alebo hnedého uhlia	760
Tabuľka 10.5: Úrovně emisií spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie HCl a HF do ovzdušia zo spaľovania uhlia a/alebo hnedého uhlia	761
Tabuľka 10.6: Úrovně emisií spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie prachu do ovzdušia zo spaľovania uhlia a/alebo hnedého uhlia	761
Tabuľka 10.7: Úrovně emisií spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie ortuti do ovzdušia zo spaľovania uhlia a/alebo hnedého uhlia	763
Tabuľka 10.8: Úrovně energetickej účinnosti spojené s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie tuhej biomasy a/alebo rašeliny	763
Tabuľka 10.9: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO _x do ovzdušia zo spaľovania tuhej biomasy a/alebo rašeliny	764
Tabuľka 10.10: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie SO ₂ do ovzdušia zo spaľovania tuhej biomasy a/alebo rašeliny	766
Tabuľka 10.11: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie HCl a HF do ovzdušia zo spaľovania tuhej biomasy a/alebo rašeliny	766
Tabuľka 10.12: Úrovně emisií spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie prachu do ovzdušia zo spaľovania tuhej biomasy a/alebo rašeliny	767
Tabuľka 10.13: Úrovně energetickej účinnosti spojené s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v kotloch	769
Tabuľka 10.14: Úrovně emisií spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO _x do ovzdušia zo spaľovania HFO a/alebo plynového oleja v kotloch	771
Tabuľka 10.15: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie SO ₂ do ovzdušia zo spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v kotloch	772
Tabuľka 10.16: Úrovně emisií spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie prachu do ovzdušia zo spaľovania HFO a/alebo plynového oleja v kotloch	773
Tabuľka 10.17: Úrovně energetickej účinnosti spojené s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja vo vzájomných motoroch	774
Tabuľka 10.18: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO _x do ovzdušia zo spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja vo vzájomne pôsobiacich motoroch	775
Tabuľka 10.19: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie SO ₂ do ovzdušia zo spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja vo vzájomne pôsobiacich motoroch	776
Tabuľka 10.20: Úrovně emisií spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie prachu do ovzdušia zo spaľovania HFO a/alebo plynového oleja v piestových motoroch	777
Tabuľka 10.21: Úrovně energetickej účinnosti spojené s BAT (BAT-AEEL) pre plynové turbíny spaľujúce plynový olej	778
Tabuľka 10.22: Úrovně emisií súvisiace s BAT pre emisie SO ₂ a prachu do ovzdušia zo spaľovania plynového oleja v plynových turbínach, vrátane plynových turbín s dvojším palivom	779
Tabuľka 10.23: Úrovně energetickej účinnosti spojené s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie zemného plynu	780
Tabuľka 10.24: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO _x do ovzdušia pri spaľovaní zemného plynu v plynových turbínach	784
Tabuľka 10.25: Úrovně emisií spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO _x do ovzdušia zo spaľovania zemného plynu v kotloch a motoroch	785
Tabuľka 10.26: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie formaldehydu a CH ₄ do ovzdušia zo spaľovania zemného plynu v zážihovom motore s chudobnou zmesou	786
Tabuľka 10.27: Úrovně energetickej účinnosti spojené s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie procesných plynov zo spracovania železa a ocele v kotloch	786
Tabuľka 10.28: Úrovně energetickej účinnosti spojené s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie procesných plynov zo spracovania železa a ocele v CCGT	787
Tabuľka 10.29: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO _x do ovzdušia zo spaľovania 100 % procesných plynov zo spracovania železa a ocele	789
Tabuľka 10.30: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie SO ₂ do ovzdušia zo spaľovania 100 % procesných plynov zo železa a ocele	790

Tabuľka 10.31: Úrovně emisií spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie prachu do ovzdušia zo spaľovania 100 % procesných plynov zo spracovania železa a ocele.....	790
Tabuľka 10.32: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO _x do ovzdušia zo spaľovania plyných palív v plynových turbínach s otvoreným cyklom na pobrežných plošinách.....	792
Tabuľka 10.33: Úrovně energetickej účinnosti spojené s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie procesných palív z chemického priemyslu v kotloch.....	793
Tabuľka 10.34: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO _x do ovzdušia zo spaľovania 100 % procesných palív z chemického priemyslu v kotloch.....	795
Tabuľka 10.35: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie SO ₂ do ovzdušia zo spaľovania 100 % procesných palív z chemického priemyslu v kotloch.....	796
Tabuľka 10.36: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie HCl a HF do ovzdušia zo spaľovania procesných palív z chemického priemyslu v kotloch.....	796
Tabuľka 10.37: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie prachu do ovzdušia zo spaľovania zmesí plynov a kvapalín zložených zo 100 % procesných palív z chemického priemyslu v kotloch.....	797
Tabuľka 10.38: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie PCDD/F a TVOC do ovzdušia zo spaľovania 100 % procesných palív z chemického priemyslu v kotloch.....	797
Tabuľka 10.39: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie kovov do ovzdušia zo spoluspaľovania odpadu s uhlím a/alebo hnedým uhlím	800
Tabuľka 10.40: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie kovov do ovzdušia zo spoluspaľovania odpadu s biomasou a/alebo rašelinou.....	800
Tabuľka 10.41: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie PCDD/F a TVOC do ovzdušia zo spoluspaľovania odpadu s biomasou, rašelinou, uhlím a/alebo hnedým uhlím	801
Tabuľka 10.42: Úrovně energetickej účinnosti spojené s BAT (BAT-AEEL) pre jednotky na splyňovanie a IGCC.....	802
Tabuľka 10.43: Úrovně emisií spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO _x do ovzdušia z elektrární IGCC.....	803
Tabuľka 10.44: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie prachu a kovov viazaných na častice do ovzdušia z elektrární IGCC	804
Tabuľka 11.1: Odstraňovanie ťažkých kovov a iných znečisťujúcich látok z odpadovej vody z pračiek..	816
Tabuľka 11.2: Ekonomické parametre pre príklad zariadenia na ultrafiltráciu s membránou SiC	816
Tabuľka 11.3: Technológie splyňovania.....	829
Tabuľka 12.1: Kľúčové míľniky v revízii dokumentu BREF pre veľké spaľovacie zariadenia	849
Tabuľka 12.2: Vyjadrené nesúhlasné stanoviská.....	851
Tabuľka 13.1: Zoznam európskych závodov, ktoré sa zúčastnili zberu údajov v roku 2012.....	866
Tabuľka 13.2: Príklad mesačných priemerných úrovní vypočítaných pomocou nástroja NL/Eurelectric..	914

Zoznam obrázkov

Obrázok 1.1: Index populácie vo svete (1995 = 100).....	1
Obrázok 1.2: Svetová výroba elektrickej energie v rokoch 1971 až 2012 podľa paliva (TWh).....	2
Obrázok 1.3: Podiely palív na výrobu elektrickej energie vo svete v rokoch 1973 a 2012.....	2
Obrázok 1.4: Svetová výroba elektrickej energie v rokoch 1971 až 2012 podľa regiónov (TWh).....	3
Obrázok 1.5: Čistá výroba elektrickej energie v EÚ-28 v roku 2013 (% z celkového množstva, na základe GWh).....	3
Obrázok 1.6: Hrubá výroba elektrickej energie podľa paliva (GWh) v EÚ-28 v rokoch 1990 – 2013.....	4
Obrázok 1.7: Zloženie palív použitých na výrobu elektrickej energie v EÚ-28 v roku 2011.....	5
Obrázok 1.8: Celková čistá spotreba elektrickej energie v EÚ-28 (TWh) v roku 2011.....	6
Obrázok 1.9: Umiestnenie veľkých spaľovacích zariadení v Európe.....	8
Obrázok 1.10: Výroba elektrickej energie podľa paliva – trendy v EÚ-28 do roku 2050. Referenčný scenár EÚ 2013.....	9
Obrázok 1.11: Spotreba paliva na výrobu pary v diaľkových vykurovacích systémoch a kotloch – trendy v EÚ-28 do roku 2050.....	10
Obrázok 1.12: Mechanické hnacie motory a turbíny na prepravu a skladovanie plynu (2009).....	11
Obrázok 1.13: Príklad ročného zníženia nákladov na vyrobenú jednotku ako funkcia faktora zaťaženia.....	15
Obrázok 1.14: Príklad ročného zníženia nákladov na tonu odstránených znečisťujúcich látok ako funkcia zostávajúcej ekonomickej životnosti.....	15
Obrázok 1.15: Všeobecný diagram prevádzky spaľovacieho zariadenia a súvisiacich činností.....	16
Obrázok 1.16: Emisie SO _x /SO ₂ do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014.....	20
Obrázok 1.17: Emisie NO _x /NO ₂ do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014.....	22
Obrázok 1.18: Emisie PM ₁₀ do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014.....	24
Obrázok 1.19: Rozdelenie kovov počas spaľovania uhlia.....	25
Obrázok 1.20: Emisie Hg do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014.....	26
Obrázok 1.21: Emisie CO do ovzdušia podľa priemyselných odvetví/činností v EÚ-28 v roku 2014.....	27
Obrázok 1.22: Emisie CO ₂ do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014.....	28
Obrázok 1.23: Emisie N ₂ O do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014.....	29
Obrázok 1.24: Emisie SF ₆ do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014.....	29
Obrázok 1.25: Emisie CH ₄ do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014.....	30
Obrázok 1.26: Emisie chlóru a anorganických zlúčenín (ako HCl) do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014.....	31
Obrázok 1.27: Emisie HF do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014.....	31
Obrázok 1.28: Emisie NMVOC do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014.....	33
Obrázok 1.29: Odpadové vody z veľkých spaľovacích zariadení na fosílna palivá.....	34
Obrázok 2.1: Rôzne konfigurácie uhoľných horákov (hlavné používané systémy).....	45
Obrázok 2.2: Tangenciálne spaľovacia komora.....	46
Obrázok 2.3: Kotol na ťažký vykurovací olej.....	47
Obrázok 2.4: Schéma kotla s bublinkovým fluidným lôžkom a kotla s cirkulujúcim fluidným lôžkom.....	48
Obrázok 2.5: Schéma kotla BFBC (vľavo) a kotla CFBC (vpravo).....	50
Obrázok 2.6: Zariadenie CFBC pre vysokú účinnosť (Lagisza, 966 MWth, 361/306 kg/s, 275/50 bar, 560/580 °C).....	51
Obrázok 2.7: Zariadenie CFBC na spaľovanie nízkokvalitného hnedého uhlia (Turow, 3 x 557 MWth, 195/181 kg/s, 170/39 bar, 568/568 °C).....	51
Obrázok 2.8: Schematický náčrt systému PFBC s bublinkovým lôžkom.....	52
Obrázok 2.9: Spaľovanie uhlia na pohyblivom rošte.....	54
Obrázok 2.10: Rozmetávací rošt na tuhé palivá.....	55
Obrázok 2.11: Motor spaľujúci zemný plyn.....	58
Obrázok 2.12: Ťažké plynové turbíny na výrobu elektrickej energie od rôznych výrobcov.....	59
Obrázok 2.13: Schéma procesu plynových turbín s postupným spaľovaním.....	60
Obrázok 2.14: Princíp kogenerácie v elektrárni s kombinovaným cyklom, systém 1+1.....	61
Obrázok 2.15: Plynová turbína (159 MW) so silovou spaľovacou komorou.....	62
Obrázok 2.16: Nedávno postavená kombinovaná elektrárňa s plynovou turbínou v Belgicku.....	63
Obrázok 2.17: Parná turbína uhoľnej elektrárne.....	64
Obrázok 2.18: Schéma ideálneho Rankinového parného cyklu spaľovania.....	65
Obrázok 2.19: Koncepce prirodzeného obehu a priechodného kotla.....	66
Obrázok 2.20: Elektrárňa s kombinovaným cyklom s plynovou turbínou.....	69
Obrázok 2.21: Kogenerácia založená na kombinovanom cykle, kde chladenie kondenzátora parnej turbíny pre parný cyklus zabezpečuje sieť diaľkového vykurovania.....	70
Obrázok 2.22: Krivka trvania prevádzky diaľkového vykurovania v regióne Helsínk v roku 2003.....	72
Obrázok 2.23: Hlavné charakteristiky IGCC s prúdom kyslíka.....	77
Obrázok 2.24: Ideálna (Carnotova) účinnosť v porovnaní s účinnosťou, ktorú skutočne dosahujú v súčasnosti používané techniky výroby tepelnej energie.....	79
Obrázok 2.25: Hranice systému pre definíciu účinnosti.....	81
Obrázok 2.26: Relatívna odchýlka elektrickej účinnosti v závislosti od zaťaženia u elektrárne spaľujúcej uhlie.....	82

Obrázok 2.27: Príklad demonštrujúci metodiku výpočtu exergetickej účinnosti	86
Obrázok 2.28: Zlepšenie účinnosti elektrární v rokoch 1993 až 2000.....	93
Obrázok 2.29: Systém manipulácie s rašelinou, drevom a uhlím	96
Obrázok 2.30: Európska sieť zemného plynu v roku 2011	99
Obrázok 3.1: Prehľad zariadení na kontrolu prachu	104
Obrázok 3.2: Prehľad sekundárnych techník používaných na znižovanie emisií oxidov sýr	106
Obrázok 3.3: Prehľad úprav spaľovania na zníženie emisií oxidov dusíka	110
Obrázok 3.4: Proces s aktívnym uhlím	113
Obrázok 3.5: Hmotnostná bilancia kovov, fluoridov a chloridov v spaľovniach uhlia.....	114
Obrázok 3.6: Zariadenie na čistenie odpadových vôd z odsírovania spalín.....	120
Obrázok 3.7: Dvojstupňové zariadenie na čistenie odpadových vôd.....	121
Obrázok 3.8: Ročné koncentrácie síranov v priamych emisiách do vody – Porovnanie zariadení na čistenie s mokrým systémom odstraňovania znečisťujúcich látok zo vzduchu a bez neho	122
Obrázok 3.9: Ročné koncentrácie ortuti v priamych emisiách do vody – porovnanie závodov s mokrým systémom čistenia vzduchu a bez neho	122
Obrázok 3.10: Vplyv zmien zaťaženia na emisie NO _x v kombinovanej elektrárni na zemný plyn spoločnosti GDF Suez, vrátane piatich blokov s výkonom 385 MW _e	131
Obrázok 3.11: Príklad emisií NO _x (mg/Nm ³ , vľavo) a O ₂ (% , vpravo) (os y) pre rôzne faktory zaťaženia (os x) v kotle BFB vo Švédsku.....	131
Obrázok 3.12: Neustále zlepšovanie v modeli EMS	135
Obrázok 3.13: Typické schematické usporiadanie ESP	139
Obrázok 3.14: Všeobecné usporiadanie vreckového filtra (s jedným oddelením v čistiacom cykle)	143
Obrázok 3.15: Nízkotlakový pulzný vrecový filter.....	144
Obrázok 3.16: Typický diagram toku venturiho systému.....	150
Obrázok 3.17: Práčka s pohyblivým ložom	151
Obrázok 3.18: Schematický diagram toku procesu FGD s mokrou práčkou s vápnom/vápencom.....	154
Obrázok 3.19: Rôzne typy mokrých práčok s vápnom/vápencom	156
Obrázok 3.20: Rôzne typy absorbérov	158
Obrázok 3.21: Príklad súbežného a protiprúdového mokrého systému FGD	159
Obrázok 3.22: Proces vypierania s morskou vodou	164
Obrázok 3.23: Mokrá práčka s amoniakom	168
Obrázok 3.24: Schéma procesu suchého vypierania rozprašovaním.....	170
Obrázok 3.25: Schematický nákras procesu CFB	175
Obrázok 3.26: Vstrekovanie sorbentu do potrubia.....	178
Obrázok 3.27: Proces „modifikovaného suchého FGD“	180
Obrázok 3.28: Vstrekovanie sorbentu do pece.....	184
Obrázok 3.29: Reakcie odstraňovania SO ₂ pri vstrekaní sorbentu do pece.....	185
Obrázok 3.30: Vzťah medzi NO _x , CO a prebytkom vzduchu v rôznych častiach kotla na hnedé uhlie s výkonom 150 MW _e	190
Obrázok 3.31: Tvorba NO _x v kotle spaľujúcom uhlie tangenciálne (so systémom rotujúceho protismerného spaľovania vzduchu (ROFA) a bez neho)	193
Obrázok 3.32: Recirkulácia spalín v kotle.....	196
Obrázok 3.33: Porovnanie konvenčných horákov s postupným prívodom vzduchu a moderných horákov s postupným prívodom vzduchu s nízkymi emisiami NO _x	200
Obrázok 3.34: Horáky s nízkymi emisiami NO _x s recirkuláciou spalín	201
Obrázok 3.35: Ukladanie paliva v horáku.....	202
Obrázok 3.36: Tri zóny spaľovania a relevantné parametre v procese opätovného spaľovania	205
Obrázok 3.37: Porovnanie uhlia, ropy a zemného plynu ako palív na opätovné spaľovanie	206
Obrázok 3.38: Miera denitrifikácie ako funkcia rýchlosti opätovného spaľovania	207
Obrázok 3.39: Schéma spaľovacej komory DLN (premix).....	209
Obrázok 3.40: Redukcia NO _x vstrekaním pary alebo vody	216
Obrázok 3.41: Rôzne typy katalyzátorov.....	220
Obrázok 3.42: Konfigurácia katalytického reaktora	221
Obrázok 3.43: Existujúce konfigurácie technológií na znižovanie emisií NO _x pomocou SCR	222
Obrázok 3.44: Príklad katalyzátora SCR s vysokým obsahom prachu.....	223
Obrázok 3.45: Systém SCR použitý v stacionárnom spaľovacom motore.....	225
Obrázok 3.46: Investičné náklady na proces SCR v spaľovacom zariadení	228
Obrázok 3.47: Proces SNCR	231
Obrázok 3.48: Proces s aktívnym uhlím	236
Obrázok 3.49: Proces WSA-SNO _x	238
Obrázok 3.50: Proces DeSONO _x	241
Obrázok 3.51: Vplyv výroby tepla na účinnosť využitia v zariadení na komb. výrobu tepla a elektriny	258
Obrázok 3.52: Schéma princípu parného injekčného cyklu Cheng	260
Obrázok 3.53: Emisie NO _x a CO ako funkcia pomeru pary	261
Obrázok 3.54: Predohrev napájacej vody	265
Obrázok 3.55: Zdokonalený kontrolný systém používaný v závode Billerud AB Karlsborg, Švédsko.....	268
Obrázok 3.56: Schéma elektrárne s kombinovaným cyklom s generátorom pary s rekuperáciou tepla (HRSG)	271
Obrázok 3.57: Schéma cyklu dopĺňovania v elektrárni.....	273
Obrázok 3.58: Emisie celkových suspendovaných tuhých látok (TSS) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru.....	296

Obrázok 3.59: Celkové emisie organického uhlíka (TOC) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru.....	297
Obrázok 3.60: Emisie chemickej spotreby kyslíka (COD) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru.....	297
Obrázok 3.61: Emisie fluóru (F ⁻) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru	298
Obrázok 3.62: Emisie síranov (SO ²⁻) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru.....	299
Obrázok 3.63: Emisie sulfidov (S ²⁻) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru	300
Obrázok 3.64: Emisie sulfitu (SO ²⁻) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru	300
Obrázok 3.65: Emisie arzenu (As) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru	301
Obrázok 3.66: Emisie kadmia (Cd) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru	301
Obrázok 3.67: Emisie chrómu (Cr) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru	302
Obrázok 3.68: Emisie medi (Cu) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru	302
Obrázok 3.69: Emisie ortuti (Hg) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru.....	303
Obrázok 3.70: Emisie niklu (Ni) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru	303
Obrázok 3.71: Emisie olova (Pb) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru	304
Obrázok 3.72: Emisie zinku (Zn) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru	304
Obrázok 4.1: Bloková schéma a možnosti integrácie pre zariadenie IGCC	318
Obrázok 4.2: Jednostupňový plynový generátor s unášaným prúdom od spoločnosti General Electric .	319
Obrázok 4.3: Zloženie syntézneho plynu ako funkcia pomeru O ₂ k prívodu uhlia.....	321
Obrázok 4.4: Bloková schéma procesu v závode IGCC v Tampe.....	322
Obrázok 4.5: Bloková schéma procesu v závode Nuon IGCC	323
Obrázok 4.6: Blokové schéma projektu modernizácie elektrárne Wabash River IGCC	323
Obrázok 4.7: Bloková schéma procesu elektrárne ELCOGAS IGCC	324
Obrázok 4.8: Atmosférické splyňovacie zariadenie CFB od spoločnosti Foster and Wheeler	327
Obrázok 4.9: Splyňovacie zariadenie BFB s tlakovým vzduchom od spoločnosti ANDRITZ Carbona	328
Obrázok 4.10: Rôzne hlavné možnosti pripojenia splyňovacích zariadení CFB/BFB ku kotlom.....	329
Obrázok 4.11: Emisie SO ₂ v súčasnosti realizovateľných technológií na výrobu elektriny z uhlia bez zachytávania CO ₂	332
Obrázok 4.12: Emisie NO _x v súčasnosti realizovateľných technológií na výrobu elektriny z uhlia bez zachytávania CO ₂	332
Obrázok 4.13: Emisie tuhých častíc v súčasnosti realizovateľných technológií na výrobu elektriny z uhlia bez zachytávania CO ₂	333
Obrázok 4.14: Štatistiky dostupnosti prvých elektrární typu IGCC	343
Obrázok 4.15: Splyňovacie zariadenie CFB v Kymijärvi.....	346
Obrázok 4.16: Splyňovacia stanica Vaskiluoto.....	346
Obrázok 4.17: Schéma prevádzky kogeneračnej elektrárne Skive	349
Obrázok 5.1: Kapacity elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie v krajinách EÚ-27 v roku 2011	357
Obrázok 5.2: Kapacita, vek a počet blokov elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie v krajinách EÚ-27 v roku 2011	358
Obrázok 5.3: Vek a počet blokov elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie v krajinách EÚ-27 v roku 2011.....	358
Obrázok 5.4: Priemerný vek elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie v krajinách EÚ-27 vážený podľa kapacity	359
Obrázok 5.5: Príklad veľkej elektrárne spaľujúcej hnedé uhlie s výstupom z chladiacej veže.....	360
Obrázok 5.6: Vplyv kvality uhlia na výkon spaľovacej jednotky.....	364
Obrázok 5.7: Proces mokrej FGD so striekacou vežou	370
Obrázok 5.8: Uzavreté skladovacie priestory sadry	376
Obrázok 5.9: Uhlie v Európe v roku 2012 – ťažba hnedého uhlia, ťažba uhlia a dovoz	379
Obrázok 5.10: Najdôležitejšie krajiny Európy v ťažbe hnedého uhlia, 2000 (v miliónoch ton).....	380
Obrázok 5.11: Obsah síry a popola v hnedých uhliah EÚ ([hmotnostné %], krížik v mediánoch)	381
Obrázok 5.12: Vplyv kapacity elektrárne (MW _{th}) na účinnosť na základe projektových hodnôt.....	382
Obrázok 5.13: Účinnosť uhoľných elektrární v Európe vo vzťahu k roku uvedenia do prevádzky na základe projektových hodnôt.....	382
Obrázok 5.14: Vplyv kapacity elektrárne na účinnosť na základe prevádzkových ročných priemerných hodnôt energetickej účinnosti	383
Obrázok 5.15: Účinnosť elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie v Európe v závislosti od roku uvedenia do prevádzky na základe priemerných ročných hodnôt energetickej účinnosti prevádzky	383
Obrázok 5.16: Zvýšená účinnosť elektrárne spaľujúcej uhlie – jednotlivé opatrenia	385
Obrázok 5.17: Zvýšená účinnosť uhoľnej elektrárne – vývoj materiálov.....	385
Obrázok 5.18: Vplyv ekvivalentného faktora plného zaťaženia na emisie N ₂ O v elektrárni 387 (Lagisza, PL)	393
Obrázok 5.19: Ročná produkcia CCP v uhoľnej elektrárni s výkonom 450 MW _e pri 6 000 hodinách plného zaťaženia (celková produkcia CCP = 187 000 ton)	395
Obrázok 5.20: Produkcia CCP v EÚ-15 v roku 2010.....	396
Obrázok 5.21: Vývoj výroby CCP v EÚ-15 v rokoch 1993 až 2010.....	396
Obrázok 5.22: Využívanie a likvidácia CCP v EÚ-15 v roku 2010.....	397
Obrázok 5.23: Využívanie a likvidácia CCP v EÚ-15 v roku 2010.....	398
Obrázok 5.24: Prevádzková energetická účinnosť európskych elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom > 1 000 MW _{th}	410

Obrázok 5.25: Prevádzková energetická účinnosť európskych elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom < 1 000 MW _{th}	411
Obrázok 5.26: Emisie prachu z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom menším ako 100 MW _{th}	414
Obrázok 5.27: Ročný priemer emisií prachu z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom medzi 100 MW _{th} a 300 MW _{th}	415
Obrázok 5.28: Emisie prachu z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom medzi 300 MW _{th} a 1 000 MW _{th}	416
Obrázok 5.29: Emisie prachu z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 1 000 MW _{th}	417
Obrázok 5.30: Emisie ortuti z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich uhlie	419
Obrázok 5.31: Emisie ortuti z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich hnedé uhlie	420
Obrázok 5.32: Emisie SO ₂ z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 300 MW _{th} spaľujúcich uhlie a/alebo domáci hnedé uhlie.....	436
Obrázok 5.33: Emisie SO ₂ z príkladových elektrární s výkonom viac ako 300 MW _{th} spaľujúcich domáci hnedé uhlie	437
Obrázok 5.34: Emisie HCl z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom > 100 MW _{th}	438
Obrázok 5.35: Emisie HF z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom > 100 MW _{th}	439
Obrázok 5.36: Presun tepla v okolí jednotky FGD	440
Obrázok 5.37: Emisie NO _x z dobre fungujúcich kotlov na práškové uhlie s výkonom viac ako 300 MW _{th}	445
Obrázok 5.38: Emisie NO _x z dobre fungujúcich kotlov na práškový hnedé uhlie a kotlov na uhlie alebo hnedé uhlie s fluidným lôžkom s výkonom viac ako 300 MW _{th}	446
Obrázok 5.39: Vodou chladený systém s vibrujúcim pohyblivým roštom so skloneným roštom pre spaľovanie biomasy	451
Obrázok 5.40: Spaľovňa na slamu	452
Obrázok 5.41: Kotol s cirkulujúcim fluidným lôžkom na spaľovanie biomasy	453
Obrázok 5.42: Tok paliva a materiálu ložiska v kotle CFBC spaľujúcom biomasu	457
Obrázok 5.43: Príklad bilancie hmotnostného toku kotla CFBC spaľujúceho rašelinu	461
Obrázok 5.44: Prevádzková energetická účinnosť európskych spaľovní na biomasu a/alebo rašelinové spaľovne.....	470
Obrázok 5.45: Emisie NO _x z dobre fungujúcich spaľovní na biomasu a/alebo rašelinové spaľovne s výkonom < 100 MW _{th}	476
Obrázok 5.46: Emisie NO _x z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom medzi 100 MW _{th} a 300 MW _{th}	477
Obrázok 5.47: Emisie NO _x z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom ≥ 300 MW _{th}	477
Obrázok 5.48: Emisie SO ₂ z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinové uhlie s výkonom < 100 MW _{th}	481
Obrázok 5.49: Emisie SO ₂ z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinové uhlie s výkonom ≥ 100 MW _{th} a < 300 MW _{th}	482
Obrázok 5.50: Emisie SO ₂ z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinové uhlie s výkonom ≥ 300 MW _{th}	482
Obrázok 5.51: Emisie HCl z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom < 100 MW _{th}	483
Obrázok 5.52: Emisie HCl z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom ≥ 100 MW _{th} a < 300 MW _{th}	484
Obrázok 5.53: Emisie HF z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom < 100 MW _{th}	484
Obrázok 5.54: Emisie HF z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom ≥ 100 MW _{th} a < 300 MW _{th}	485
Obrázok 5.55: Emisie prachu z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom < 100 MW _{th}	487
Obrázok 5.56: Emisie prachu z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom medzi 100 MW _{th} a 300 MW _{th}	488
Obrázok 5.57: Emisie prachu z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom ≥ 300 MW _{th}	488
Obrázok 5.58: Emisie ortuti z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu	492
Obrázok 6.1: Prevádzková energetická účinnosť európskych spaľovacích jednotiek spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej	510
Obrázok 6.2: Emisie NO _x z dobre fungujúcich kotlov na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej s výkonom < 100 MW _{th}	516
Obrázok 6.3: Emisie NO _x z dobre fungujúcich kotlov na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej s výkonom ≥ 100 MW _{th}	517
Obrázok 6.4: Emisie Emisie SO ₂ z dobre fungujúcich kotlov na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej s výkonom < 300 MW _{th}	521
Obrázok 6.5: Emisie SO ₂ z dobre fungujúcich kotlov na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej s výkonom ≥ 300 MW _{th}	521
Obrázok 6.6: Emisie prachu z dobre fungujúcich kotlov na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej s výkonom < 300 MW _{th}	524

Obrázok 6.7: Emisie prachu z dobre fungujúcich kotlov na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$	525
Obrázok 6.8: Prevádzková energetická účinnosť európskych spaľovacích motorov na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej	526
Obrázok 6.9: Typické náklady na SCR ako funkcia miery zníženia NO_x v elektrárni so stredne rýchlymi dieselovými motormi spaľujúcimi ťažký olej.....	532
Obrázok 6.10: Ročné emisie NO_x , NH_3 , TVOC a CO z motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej vybavených technológiami SCR a/alebo primárnymi technológiami	533
Obrázok 6.11: Emisie SO_2 z motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej, ktoré vykazujú emisné hladiny nižšie ako 280 mg/Nm^3	536
Obrázok 6.12: Emisie prachu z dobre fungujúcich motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej	538
Obrázok 6.13: Konfigurácia spaľovacieho zariadenia motora vybaveného systémom SCR, rekuperačným kotlom, DSI a vrecovým filtrom.....	538
Obrázok 6.14: Prevádzková energetická účinnosť európskych plynových turbín spaľujúcich plyn a ropu	539
Obrázok 6.15: Emisie SO_2 z plynových turbín na plyn a ropu s dobrým výkonom.....	542
Obrázok 6.16: Emisie prachu z dobre fungujúcich plynových turbín spaľujúcich plyn a ropu.....	543
Obrázok 7.1: Fyzikálne vlastnosti európskeho a svetového potrubného plynu a LNG	546
Obrázok 7.2: Konštrukcia HRSG a inštalácia SCR	549
Obrázok 7.3: Inštalácia SCR s vertikálnym tokom.....	550
Obrázok 7.4: Grassmannov diagram plynová turbína s HRSG.....	552
Obrázok 7.5: Čistá prevádzková elektrická účinnosť CCGT v Európe v roku 2010	554
Obrázok 7.6: Čistá prevádzková elektrická účinnosť CCGT s doplnkovým spaľovaním v roku 2010	554
Obrázok 7.7: Čistá prevádzková elektrická účinnosť CCGT bez doplnkového spaľovania v roku 2010 ..	555
Obrázok 7.8: Čistá prevádzková elektrická účinnosť CCGT vyrábajúcich iba elektrickú energiu s prevádzkou $\geq 4\,000$ hodín v roku 2010.....	555
Obrázok 7.9: Čistá prevádzková elektrická účinnosť CCGT vyrábajúcich iba elektrickú energiu s prevádzkou $< 4\,000$ hodín v roku 2010.....	556
Obrázok 7.10: Čistá prevádzková elektrická účinnosť a celková spotreba paliva v roku 2010 v kotloch spaľujúcich zemný plyn.....	557
Obrázok 7.11: Emisie NO_x z európskych turbín spaľujúcich zemný plyn v roku 2010	557
Obrázok 7.12: Emisie NO ako funkcia tlaku pri rôznych teplotách spaľovania a dobe zdržania v reakčnej zóne 30 ms	558
Obrázok 7.13: Príklad CCGT dosahujúcich nízke emisie NO_x a vysokú prevádzkovú účinnosť.....	559
Obrázok 7.14: Emisie NO_x (ročné priemery) z CCGT vybavených doplnkovým spaľovaním na úrovni HRSG	560
Obrázok 7.15: Emisie NO_x (ročné priemery) z CCGT bez doplnkového spaľovania na úrovni HRSG	561
Obrázok 7.16: Emisie NO_x (ročné priemery) z európskych kotlov na zemný plyn v roku 2010.....	563
Obrázok 7.17: Typické čisté prevádzkové elektrické účinnosti v roku 2010 európskych plynových turbín s otvoreným cyklom spaľujúcich zemný plyn	570
Obrázok 7.18: Typická čistá prevádzková energetická účinnosť v roku 2010 európskych plynových turbín s kombinovaným cyklom spaľujúcich zemný plyn, ktoré vyrábajú teplo a elektrinu (elektrárne s výkonom od $50 \text{ MW}_{\text{th}}$ do $600 \text{ MW}_{\text{th}}$).....	571
Obrázok 7.19: Typická čistá prevádzková energetická účinnosť v roku 2010 európskych plynových turbín s kombinovaným cyklom spaľujúcich zemný plyn, ktoré vyrábajú teplo a elektrinu (elektrárne s výkonom $> 600 \text{ MW}_{\text{th}}$)	572
Obrázok 7.20: Typická čistá prevádzková elektrická účinnosť v roku 2010 európskych plynových turbín s kombinovaným cyklom spaľujúcich zemný plyn, ktoré vyrábajú iba elektrickú energiu ..	573
Obrázok 7.21: Typická prevádzková čistá celková spotreba paliva v roku 2010 v európskych kotloch spaľujúcich zemný plyn	574
Obrázok 7.22: Typická čistá prevádzková energetická účinnosť v roku 2010 európskych motorov spaľujúcich zemný plyn	574
Obrázok 7.23: Vplyv teploty okolia na tepelnú účinnosť plynových turbín s využitím odparovacieho a absorpčného chladenia.....	580
Obrázok 7.24: Emisie NO_x do ovzdušia v roku 2010 z dobre fungujúcich európskych kotlov.....	586
Obrázok 7.25: Emisie NO_x a CO do ovzdušia v roku 2010 z dobre fungujúcich európskych CCGT s výkonom $\geq 600 \text{ MW}_{\text{th}}$	592
Obrázok 7.26: Emisie NO_x a CO do ovzdušia v roku 2010 z dobre fungujúcich európskych CCGT s výkonom $50\text{--}600 \text{ MW}_{\text{th}}$ s čistým celkovým využitím paliva $< 75\%$	593
Obrázok 7.27: Emisie NO_x a CO do ovzdušia v roku 2010 z dobre fungujúcich európskych CCGT s výkonom $50\text{--}600 \text{ MW}_{\text{th}}$ s čistým celkovým využitím paliva $\geq 75\%$	593
Obrázok 7.28: Emisie NO_x a CO do ovzdušia v roku 2010 z európskych plynových turbín s otvoreným cyklom s výnimkou turbín s mechanickým pohonom	594
Obrázok 7.29: Emisie NO_x a CO do ovzdušia v roku 2010 z dobre fungujúcich európskych plynových turbín s otvoreným cyklom prevádzkovaných ≥ 500 h/rok pre turbíny s mechanickým pohonom	595

Obrázok 7.30: Emisie NO _x a CO do ovzdušia v roku 2010 z dobre fungujúcich európskych plynových turbín prevádzkovaných < 500 h/rok	596
Obrázok 7.31: Schematické znázornenie systému SCONO _x TM na kontrolu znečistenia katalyzátorom ..	597
Obrázok 7.32: Príklad energetických tokov v integrovanej oceliarni	610
Obrázok 7.33: Porovnanie procesných plynov používaných pri výrobe železa a ocele a zemného plynu	611
Obrázok 7.34: Hodinové priemerné údaje o tepelnom príkone kotla používajúceho BF plyn, COG a HFO za obdobie troch mesiacov	620
Obrázok 7.35: Hodinové priemerné vstupy BF plynu a COG do kotla za obdobie dvoch týždňov	621
Obrázok 7.36: Hodinové priemerné tepelné vstupy BF plynu, COG a HFO do kotla počas dvojtýždňového obdobia	622
Obrázok 7.37: Denné priemerné tepelné vstupy plynu z BFG, COG a BOF plus pomocného paliva NG do CCGT v roku 2010	623
Obrázok 7.38: Priemerný hodinový tepelný príkon plynu BF, COG a HFO do kotla za obdobie dvoch týždňov	624
Obrázok 7.39: Priemerné hodinové emisie prachu, NO _x , SO _x a CO (referenčná hodnota 3 % O ₂) z kotla spaľujúceho plyn BF a COG s pridaním HFO podľa potreby počas dvojtýždňového obdobia	624
Obrázok 7.40: Polhodinové priemerné tepelné vstupy BFG a COG a celkový tepelný vstup do kotla za obdobie 25 dní v novembri 2010	625
Obrázok 7.41: Polhodinové priemerné emisie NO _x a SO ₂ (referenčná hodnota 3 % O ₂) z kotla spaľujúceho BFG a COG za obdobie 25 dní v novembri 2010, podľa obrázku 7.40	625
Obrázok 7.42: Denné priemerné tepelné príkony procesných plynov I&S plus NG a celkový tepelný príkon do CCGT počas 50-dňového obdobia	626
Obrázok 7.43: Denné priemerné emisie z CCGT za obdobie 50 dní, podľa obrázku 7.42	626
Obrázok 7.44: Vzťah medzi emisiami NO _x a relatívnymi tepelnými vstupmi do kotla BFG a COG na základe hodinových priemerných údajov za trojmesačné obdobie	628
Obrázok 7.45: Emisie NO _x (mg/Nm ³) v porovnaní s prítokom plynu (m ³ /h) pre kotol používajúci tri rôzne základné zmesi plynov	629
Obrázok 7.46: Emisie NO _x a relatívny tepelný príkon pre kombináciu troch CCGT spaľujúcich COG, s použitím denných priemerných údajov za rok 2010	630
Obrázok 7.47: Vzťah medzi emisiami SO ₂ a relatívnymi tepelnými vstupmi do kotla BFG a COG s použitím hodinových priemerných údajov za trojmesačné obdobie	631
Obrázok 7.48: Vzťah medzi emisiami SO ₂ a vstupmi COG do 3 CCGT s použitím denných priemerných údajov za rok 2010	632
Obrázok 7.49: Prevádzková energetická účinnosť kotlov spaľujúcich procesné plyny z výroby železa a ocele v kombinácii s inými plynými/kvapalnými palivami za rok 2012	635
Obrázok 7.50: Prevádzková energetická účinnosť CCGT spaľujúcich procesné plyny zo železa a ocele v kombinácii s inými plynými palivami za rok 2012	635
Obrázok 7.51: Emisie NO _x z dobre fungujúcich plynových kotlov spaľujúcich procesné plyny zo železa a ocele	638
Obrázok 7.52: Emisie NO _x z dobre fungujúcich CCGT spaľujúcich procesné plyny zo železa a ocele	639
Obrázok 7.53: Vzťah medzi emisiami NO _x a tepelným príkonom COG (%) pre LCP využívajúce procesné plyny zo spracovania železa a ocele	640
Obrázok 7.54: Emisie SO ₂ z dobre fungujúcich kotlov spaľujúcich procesné plyny zo spracovania železa a ocele	643
Obrázok 7.55: Vzťah medzi dennou priemernou emisiou SO ₂ a tepelným príkonom COG (%) pre kotly využívajúce procesné plyny zo spracovania železa a ocele (tepelný príkon z pomocných palív < 5 %).	644
Obrázok 7.56: Emisie SO ₂ z dobre fungujúcich CCGT spaľujúcich procesné plyny zo železa a ocele	645
Obrázok 7.57: Emisie prachu z dobre fungujúcich kotlov spaľujúcich procesné plyny zo spracovania železa a ocele	646
Obrázok 7.58: Emisie prachu z dobre fungujúcich CCGT spaľujúcich procesné plyny zo železa a ocele	647
Obrázok 7.59: Ropná plošina v Severnom mori	648
Obrázok 8.1: Priemyselný CFB kotol s cyklónom s viacerými vstupmi používaný na spaľovanie viacerých palív	662
Obrázok 8.2: Vplyv spaľovania viacerých palív z biomasy na emisie SO ₂	664
Obrázok 8.3: Kotle v chemických zariadeniach	668
Obrázok 8.4: Emisie NO _x ako funkcia dennej prevádzky kotla, ktorý nie je vybavený koncovými opatreniami (hodnoty nie sú prevzaté zo skutočných inštalácií)	672
Obrázok 8.5: Vzor koncentrácie NO _x v surovom spalínovom plyne ako funkcia zmesi palív pri menovitom zaťažení	673
Obrázok 8.6: Emisie NO _x a CO z príkladových kotlov spaľujúcich zmesi plyných a kvapalných procesných palív z chemického priemyslu	677
Obrázok 8.7: Emisie NO _x a CO z príkladových kotlov spaľujúcich plyné palivá z chemického priemyslu	678
Obrázok 8.8: Emisie NO _x a CO z príkladu plynových turbín spaľujúcich palivá z chemického priemyslu	678
Obrázok 8.9: Technika nadmerného prívodu vzduchu dodatočne inštalovaná v kotle chemického zariadenia	679

Obrázok 8.10: Emisie SO ₂ , HCl a HF z príkladov zariadení spaľujúcich zmesi plyných a kvapalných palív z chemického priemyslu	680
Obrázok 8.11: Emisie prachu z príkladových zariadení spaľujúcich zmesi plyných a kvapalných palív z chemického priemyslu.....	681
Obrázok 9.1: Spoluspaľovanie uhlia a čistiarenskeho kalu	688
Obrázok 9.2: Vnútorne rošty v kotle na práškové uhlie.....	689
Obrázok 9.3: Emisie Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 300 MW _{th} , vrátane elektrární spoluspaľujúcich odpad.....	719
Obrázok 9.4: Emisie Cd+Tl z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich uhlie a hnedé uhlie s výkonom viac ako 300 MW _{th} , vrátane elektrární spoluspaľujúcich odpad (priemer za rok)	719
Obrázok 9.5: Emisie TVOC z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich uhlie a hnedé uhlie vrátane elektrární spoluspaľujúcich odpad.....	720
Obrázok 9.6: Emisie PCDD/F z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 300 MW _{th} vrátane elektrární spoluspaľujúcich odpad.....	721
Obrázok 9.7: Emisie Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinové uhlie vrátane elektrární spoluspaľujúcich odpad.	723
Obrázok 9.8: Emisie Cd+Tl z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinové elektrárne vrátane elektrární spoluspaľujúcich odpad.	724
Obrázok 9.9: Emisie TVOC z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinové uhlie vrátane elektrární spoluspaľujúcich odpad.	725
Obrázok 9.10: Emisie PCDD/F z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinové uhlie vrátane elektrární spoluspaľujúcich odpad.....	726
Obrázok 11.1: Amínový proces s použitím UCARSOL TM FGC 3000 (Alstom a Dow Chemical)	819
Obrázok 11.2: Zjednodušený diagram toku elektrárne s zachytávaním CO ₂ po spaľovaní	820
Obrázok 11.3: Schéma procesu s použitím chladeného amoniaku	822
Obrázok 11.4: Zjednodušená schéma elektrárne s kyslíkovým palivom	824
Obrázok 11.5: Pilotné zariadenie na spaľovanie hnedého uhlia	836
Obrázok 11.6: Prezentácia procesu úpravy uhlia K-Fuel	837
Obrázok 11.7: Typický obrázok spaľovania získaný pomocou bezplameňového horáka.....	844
Obrázok 13.1: Neistoty merania hlásené pre emisie NO _x	915
Obrázok 13.2: Neistoty merania uvedené pre emisie SO ₂	916
Obrázok 13.3: Neistoty merania hlásené pre emisie prachu.....	917

ROZSAH

Tento dokument BREF pre veľké spaľovacie zariadenia sa týka nasledujúcich činností uvedených v prílohe I k smernici 2010/75/EÚ:

- 1.1: Spaľovanie palív v zariadeniach s celkovým menovitým tepelným príkonom 50 MW alebo viac, len ak sa táto činnosť vykonáva v spaľovacích zariadeniach s celkovým menovitým tepelným príkonom 50 MW alebo viac.
- 1.4: Splyňovanie uhlia alebo iných palív v zariadeniach s celkovým menovitým tepelným príkonom 20 MW alebo viac, len ak táto činnosť priamo súvisí so spaľovacou prevádzkou.
- 5.2: Likvidácia alebo zhodnocovanie odpadu v zariadeniach na spoluspaľovanie odpadov, ktoré nie sú nebezpečné, s kapacitou presahujúcou 3 tony za hodinu, alebo nebezpečných odpadov s kapacitou presahujúcou 10 ton za deň, len ak sa táto činnosť vykonáva v spaľovacích zariadeniach, na ktoré sa vzťahuje bod 1.1.

Tento dokument sa týka najmä činností v predchádzajúcich a nasledujúcich fázach, ktoré sú priamo spojené s uvedenými činnosťami, vrátane používaných techník prevencie a kontroly emisií.

Palivá, ktoré sa v tomto dokumente zohľadňujú, sú akékoľvek tuhé, kvapalné a/alebo plynné horľavé materiály, vrátane:

- tuhých palív (napr. uhlie, hnedé uhlie, rašelina);
- biomasy (ako je definovaná v článku 3 ods. 31 smernice 2010/75/EÚ);
- kvapalných palív (napr. ťažký vykurovací olej a plynový olej);
- plyných palív (napr. zemný plyn, plyn obsahujúci vodík a syntézny plyn);
- palív špecifických pre priemysel (napr. vedľajšie produkty z chemického a oceliarskeho priemyslu);
- odpadu s výnimkou zmiešaného komunálneho odpadu podľa definície v článku 3 ods. 39 a s výnimkou iného odpadu uvedeného v článku 42 ods. 2 písm. a) bode ii) a iii) smernice 2010/75/EÚ.

Tento dokument sa nevzťahuje na:

- spaľovanie palív v zariadeniach s menovitým tepelným príkonom menším ako 15 MW;
- splyňovanie palív, ak nie je priamo spojené so spaľovaním výsledného syntézneho plynu;
- splyňovanie palív a následné spaľovanie syntézneho plynu, ak priamo súvisí s rafináciou ropy a zemného plynu;
- činnosti v predchádzajúcich a nasledujúcich fázach, ktoré nie sú priamo spojené so spaľovaním alebo splyňovaním;
- spaľovanie v procesných peciach alebo ohrievačoch;
- spaľovanie v zariadeniach na dodatočné spaľovanie;
- flérovanie;
- spaľovanie v rekuperačných kotloch a horákoch s celkovým zníženým obsahom síry v zariadeniach na výrobu celulózy a papiera, keďže toto je zahrnuté v dokumente BREF pre výrobu celulózy, papiera a lepenky;
- spaľovanie rafinérskych palív v rafinérii, keďže to je pokryté závermi BAT pre rafináciu minerálnych olejov a plynu;
- likvidáciu alebo zhodnocovanie odpadu v:
o zariadeniach na spaľovanie odpadov (ako sú definované v článku 3 ods. 40 smernice 2010/75/EÚ),

o zariadeniach na spoluspaľovanie odpadov, kde viac ako 40 % výsledného tepla pochádza z nebezpečného odpadu,

o zariadeniach na spoluspaľovanie odpadov, ktoré spaľujú iba odpady, okrem prípadov, keď sú tieto odpady aspoň čiastočne zložené z biomasy, ako je definované v článku 3 ods. 31 písm. b) smernice 2010/75/EÚ,

pretože na to sa vzťahuje dokument BREF pre spaľovanie odpadov.

Ďalšie referenčné dokumenty, ktoré by mohli byť relevantné pre činnosti, na ktoré sa vzťahuje tento dokument, sú nasledujúce:

- spoločné systémy čistenia odpadových vôd a plynov a nakladania s nimi v chemickom priemysle (CWW);
- séria dokumentov BREF pre chemický priemysel (LVOC atď.);
- Hospodárska únosnosť a medzizložkové vplyvy (ECM);
- emisie zo skladovania (EFS);
- energetická účinnosť (ENE);
- priemyselné chladiace systémy (ICS);
- výroba železa a ocele (IS);
- monitorovanie emisií do ovzdušia a vody zo zariadení IED (ROM);
- výroba celulózy, papiera a lepenky (PP);
- rafinácia minerálnych olejov a plynu (REF);
- spaľovanie odpadu (WI);
- spracovanie odpadu (WT).

1 VŠEOBECNÉ INFORMÁCIE O ŠTRUKTÚRE ODVETVIA

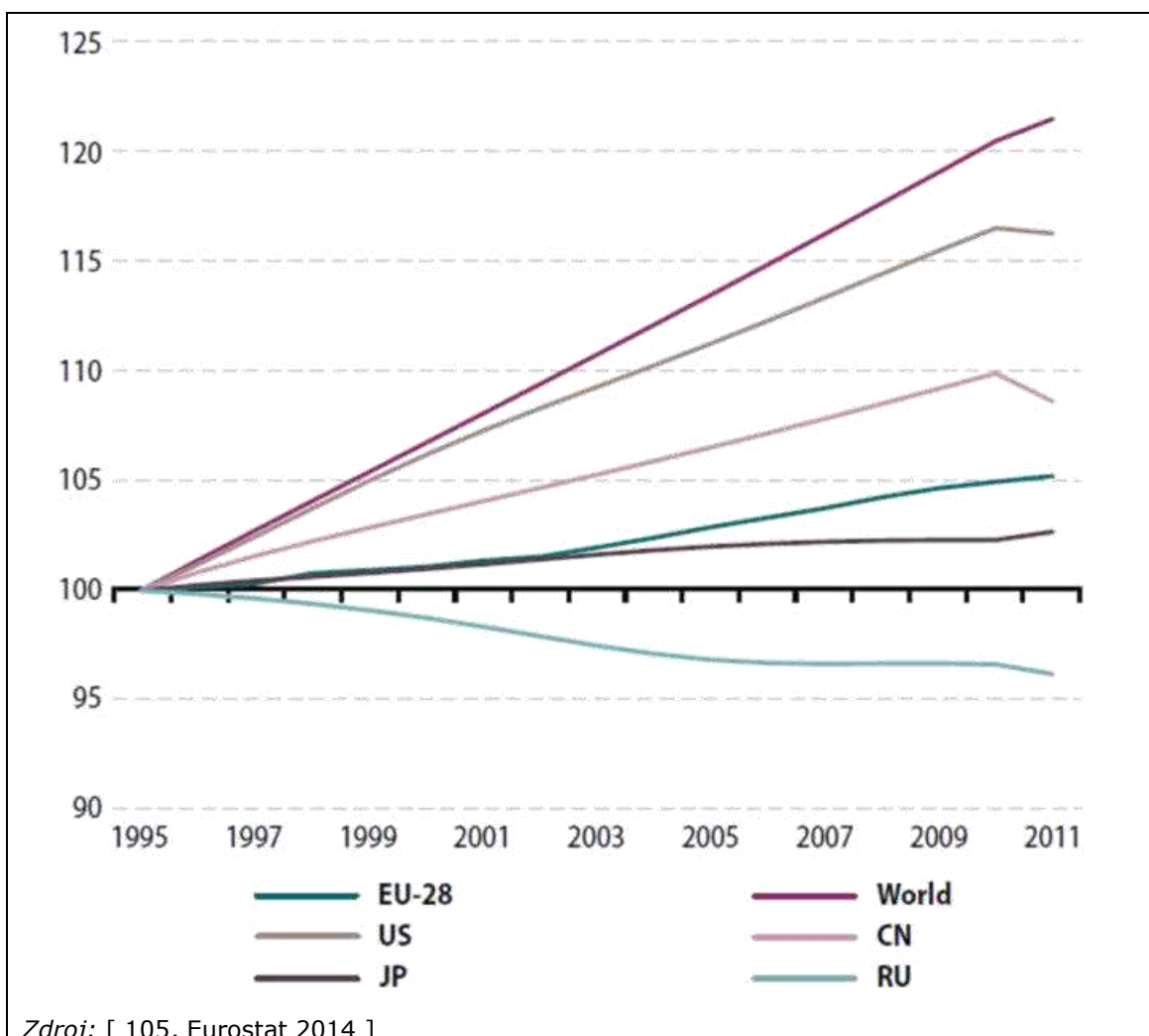
1.1 Prehľad odvetvia

Veľkosť svetovej populácie dosiahla v roku 2011 6 974 miliónov, pričom trend rastu je nepretržitý od roku 1995. Pozri tabuľku 1.1 a obrázok 1.1.

Tabuľka 1.1: Rozloha a počet obyvateľov vo svete v roku 2011

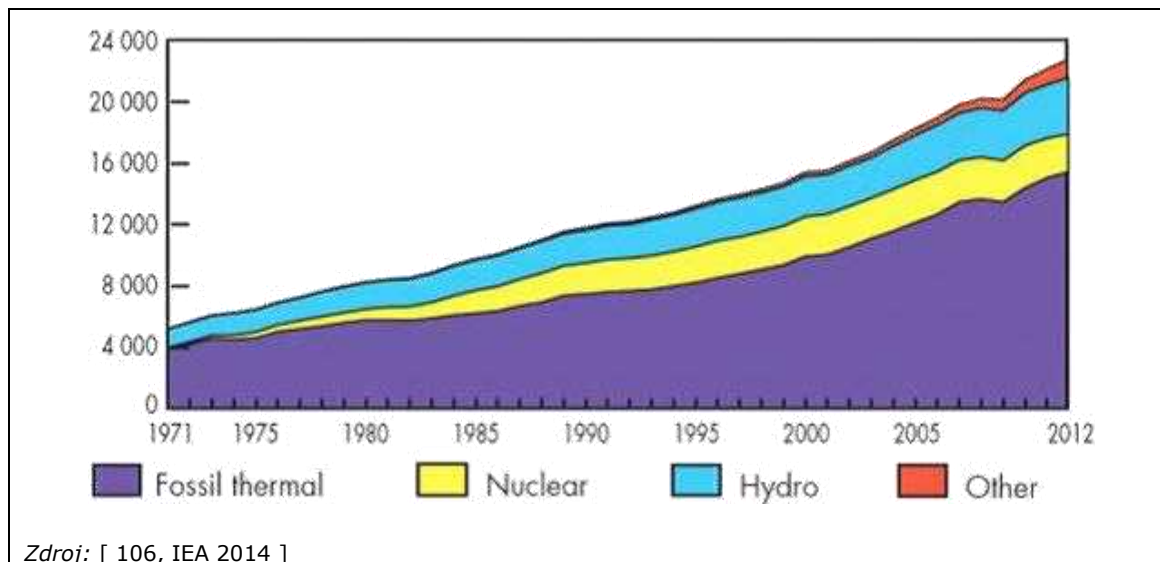
Krajina	Rozloha (1 000 km ²)	Počet obyvateľov (v tisícoch)	Hustota obyvateľstva (obyvatelia/km ²)
EÚ-28	4 381	506 781	116
Čína	9 597	1 344 100	140
Japonsko	378	127 817	338
Rusko	17 098	142 961	8
Spojené štáty	9 629	311 592	32
Svet	136 127	6 974 036	51

Zdroj: [104, Eurostat 2011]

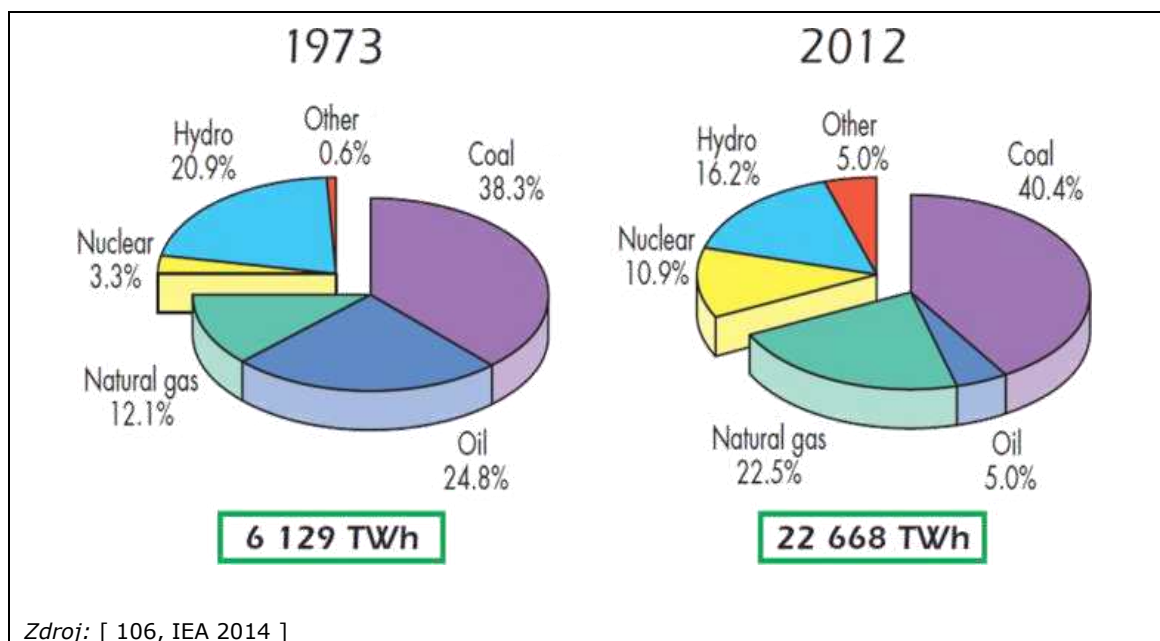


Obrázok 1.1: Index populácie vo svete (1995 = 100)

Tento rast populácie viedol aj k neustálemu nárastu svetovej výroby elektrickej energie, ktorý je možné pozorovať podľa druhu paliva na obrázku 1.2. Obrázok 1.3 ukazuje podiely palív na svetovej výrobe elektrickej energie v rokoch 1973 a 2012, pričom v daných rokoch bolo vyrobených celkovo 6 129 TWh a 22 668 TWh.

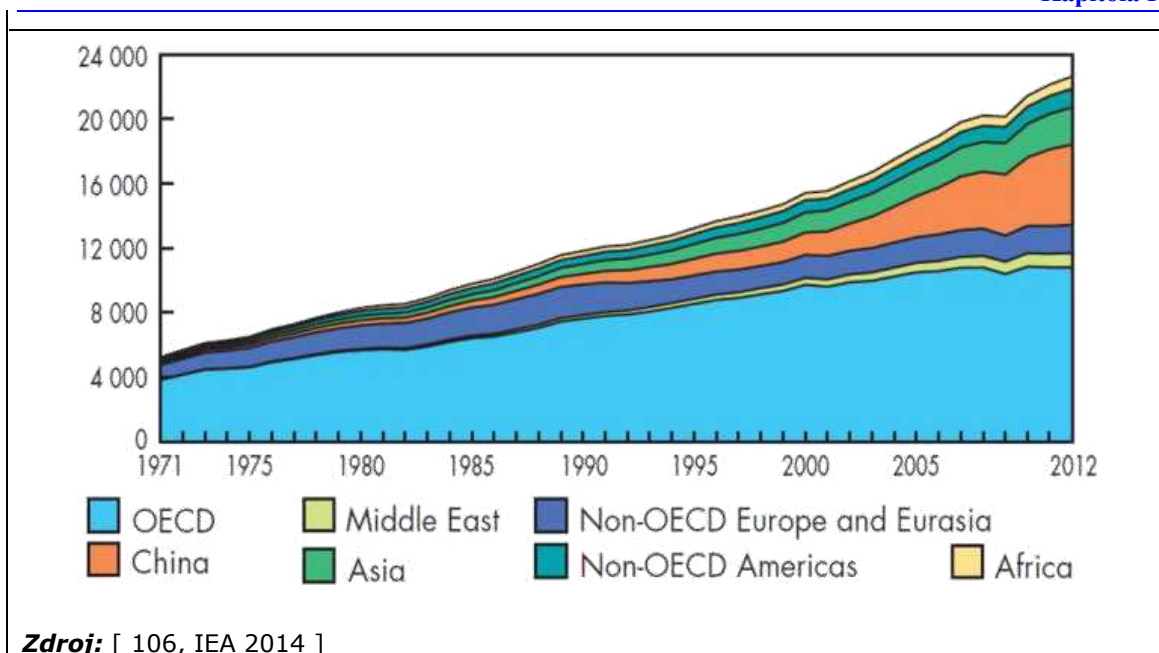


Obrázok 1.2: Svetová výroba elektrickej energie v rokoch 1971 až 2012 podľa paliva (TWh)



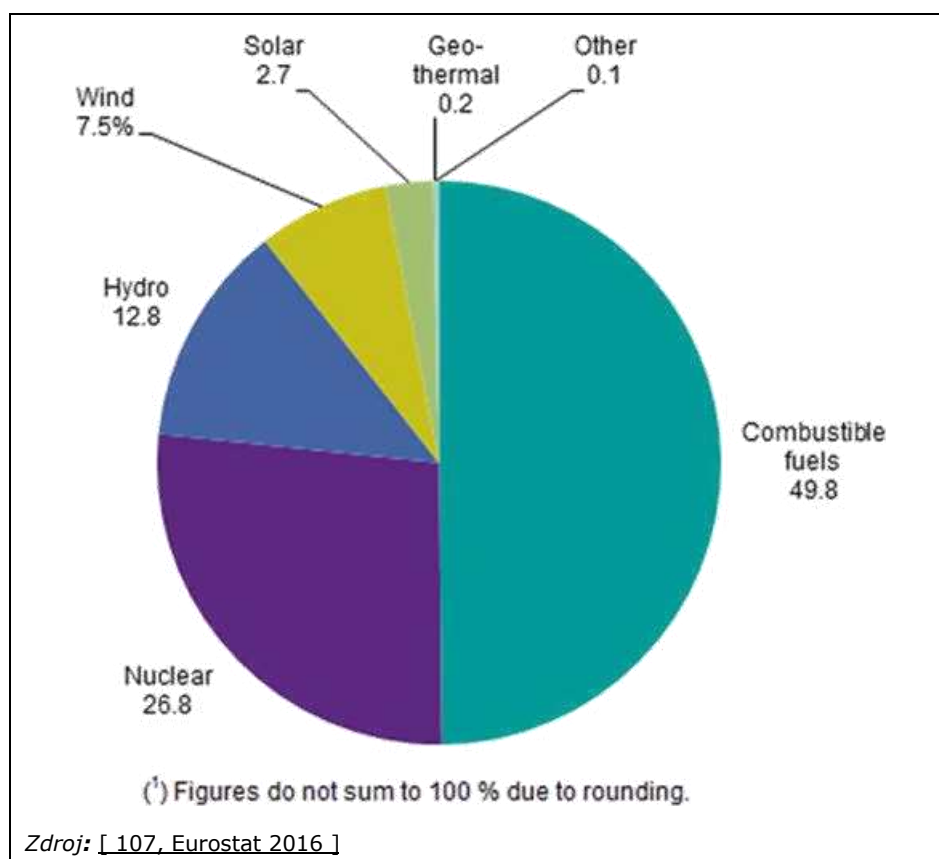
Obrázok 1.3: Podiely palív na celkovej výrobe elektrickej energie vo svete v rokoch 1973 a 2012

Svetová výroba elektrickej energie v rokoch 1971 až 2012 podľa regiónov je znázornená na obrázku 1.4. Výroba elektrickej energie v Číne nie je zahrnutá do výroby elektrickej energie v Ázii.



Obrázok 1.4: Výroba elektrickej energie vo svete v rokoch 1971 až 2012 podľa regiónov (TWh)

Viac ako štvrtina čistej elektrickej energie vyrobenej v EÚ-28 v roku 2013 pochádzala z jadrových elektrární (26,8 %), zatiaľ čo takmer dvojnásobok tohto podielu (49,8 %) pochádzal z elektrární využívajúcich palivá (ako biomasa, zemný plyn, uhlie a ropa). Zo zdrojov obnoviteľnej energie uvedených na obrázku 1.5 mali v roku 2013 najvyšší podiel na čistej výrobe elektrickej energie vodné elektrárne (12,8 %), nasledované veternými turbínami (7,5 %) a solárnou energiou (2,7 %).

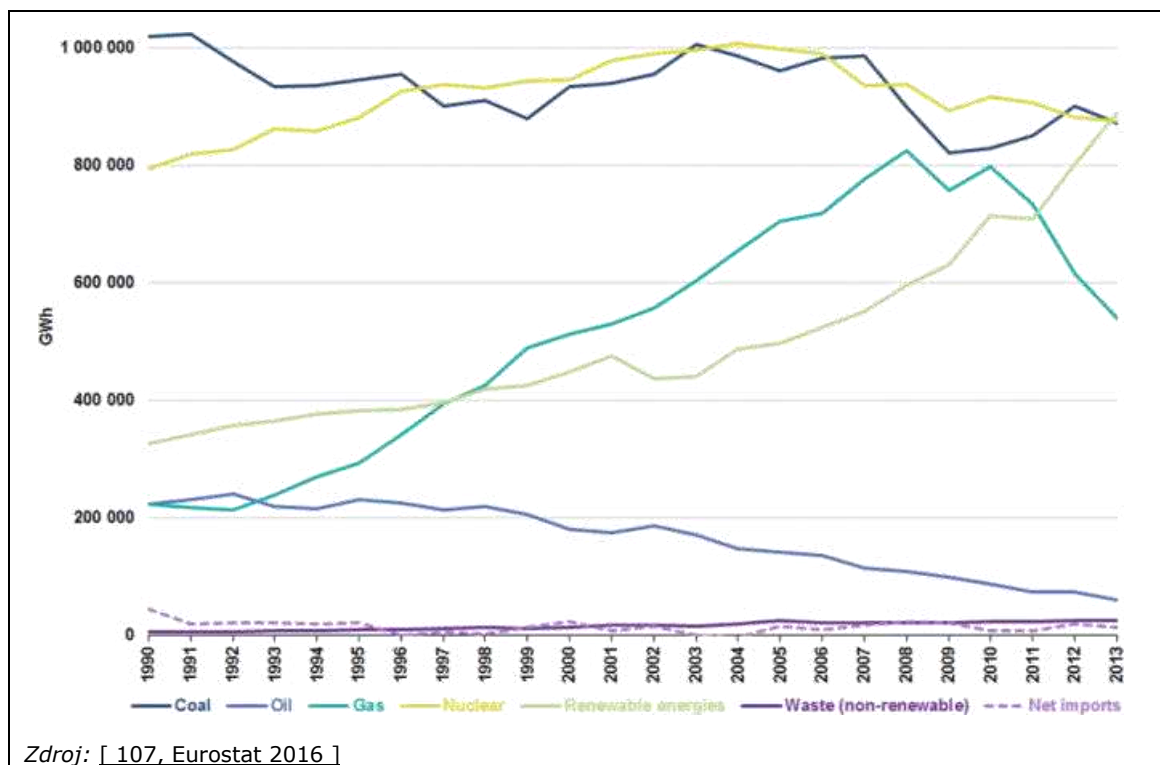


Obrázok 1.5: Čistá výroba elektrickej energie v EÚ-28 v roku 2013 (% z celkového množstva, na základe GWh)

Celková hrubá výroba elektrickej energie v EÚ-28 v roku 2013 dosiahla 3 262 TWh. Najvyšší podiel elektrickej energie v roku 2013 vyrobili elektrárne využívajúce obnoviteľné zdroje energie (27,3 %), nasledovali jadrové elektrárne (26,9 %), uhoľné elektrárne (26,7 %), plyn (16,6 %), ropa (1,9 %) a neobnoviteľný odpad (0,8 %). Časová postupnosť hrubej výroby elektrickej energie podľa hlavných palív je uvedená na obrázku 1.6.

Od roku 1990 sa objem výroby elektrickej energie z obnoviteľných zdrojov energie viac ako zdvojnásobil a je to jediný zdroj, ktorý pokračoval v raste aj po roku 2008. Elektrická energia vyrobená z plynu vykazuje najstrmší rast od roku 1992 do roku 2008, s priemerným ročným rastom takmer 9 %. V roku 2009 došlo k poklesu výroby elektrickej energie z plynu, po ktorom nasledovalo krátke oživenie v roku 2010, ktoré sa v rokoch 2011, 2012 a 2013 zmenilo na stabilný pokles. Trend vo výrobe elektrickej energie v jadrových elektrárňach vykazuje mierny nárast od roku 1999 do roku 2004, kedy začal pokles.

V roku 2013 bolo 92,0 % elektrickej energie v EÚ-28 vyrobených hlavnými výrobcami, z toho 77,0 % v elektrárňach vyrábajúcich výlučne elektrickú energiu a 15,0 % v elektrárňach s kombinovanou výrobou tepla a elektrickej energie. Takmer 58 % elektrickej energie vyrobenej hlavnými výrobcami bolo vyrobené z jadrových a tuhých palív (29,2 % a 28,9 %), 27,0 % z obnoviteľných zdrojov energie, 13,3 % z plynu a 1,5 % z ropy a ropných produktov.



Obrázok 1.6: Hrubá výroba elektrickej energie podľa paliva (GWh) v EÚ-28 v rokoch 1990 – 2013

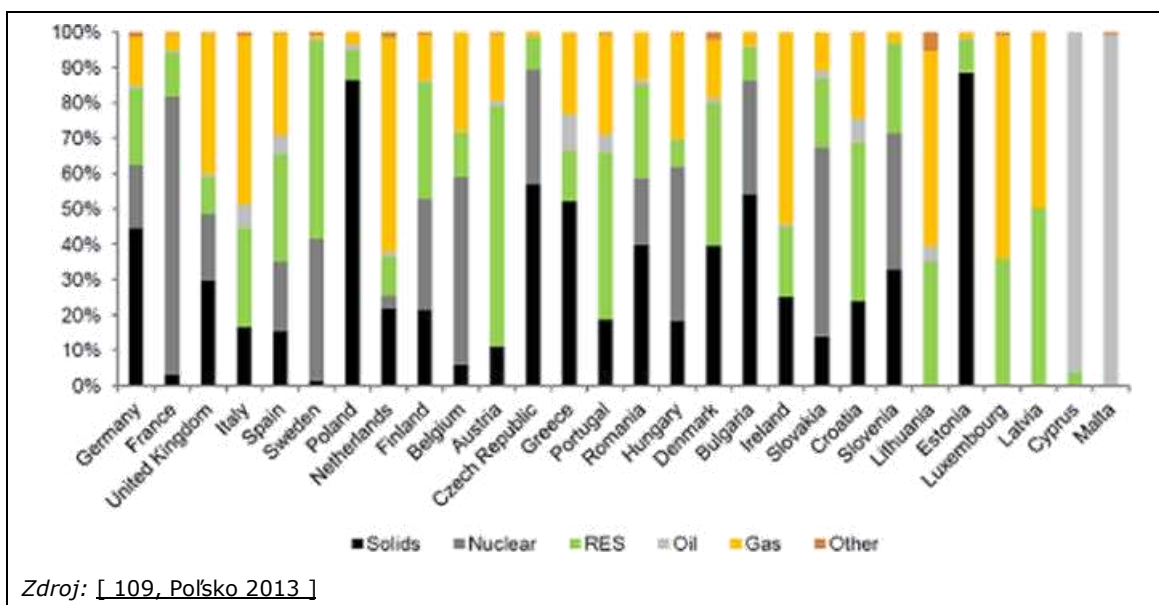
V roku 2013 bol maximálny elektrický výkon v EÚ-28 približne 958 500 MW. Polovica maximálneho výkonu zodpovedá spaľovateľným palivám. Tabuľka 1.2 uvádza maximálny elektrický výkon v EÚ-28 v rokoch 1990 až 2013 podľa typu paliva.

Tabuľka 1.2: Maximálny elektrický výkon v EÚ-28 (MW) v rokoch 1990 – 2013

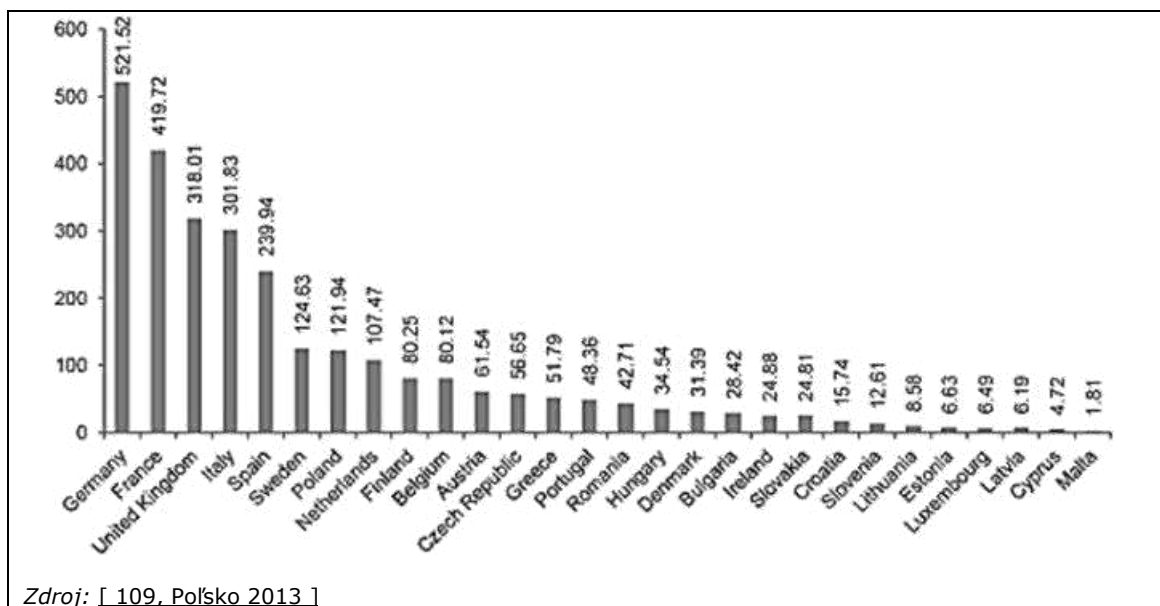
	1990	1995	2000	2005	20	2011	2012	2013
Jadrová	121 070	128 435	136 637	134 994	131 731	132 087	123 183	122 971
Vodná	119 652	127 466	132 866	143 363	147 516	148 687	148 687	150 145
Geotermálna	499	480	604	687	762	764	768	781
Solárna	10	49	180	2 297	30 131	52 463	70 789	81 876
Príliv, vlny a oceán	240	240	241	240	241	241	243	243
Vietor	471	2 447	12 711	40 568	84 624	94 290	105 421	117 936
Horľavé palivá	321 479	353 250	391 490	435 137	487 854	490 982	494 100	482 464
Priemyselné odpady	420	682	1 063	514	1 820	1 866	2 020	1 879
Komunálny odpad	968	1 418	2 488	4 426	6 029	6 095	6 080	6 959
Tuhé biopalivá	2 988	3 862	5 329	10 019	14 195	15 829	16 639	16 465
Bioplyny	260	509	1 243	3 088	5 934	7 031	8 279	8 660
Tekuté biopalivá	0	0	0	704	1 068	1 141	1 842	1 864
Iné zdroje	10	142	229	905	883	2 162	2 044	2 111

Zdroj: [108, Eurostat 2016]

V Európskej únii sa na výrobu elektrickej a tepelnej energie využívajú všetky dostupné druhy zdrojov energie. Druh paliva používaného na výrobu energie v jednotlivých členských štátoch EÚ (ČS) je do veľkej miery ovplyvnený národnými zdrojmi paliva, ako je miestna alebo národná dostupnosť uhlia, hnedého uhlia, zemného plynu alebo ropy. Napríklad v Grécku a v niektorých častiach Nemecka a Poľska sú k dispozícii významné zdroje hnedého uhlia na výrobu energie. Vo Fínsku a Írsku je napríklad rašelina dôležitým domácim zdrojom energie, a preto je dôležitým pilierom národnej energetickej politiky. Vo Francúzsku, kde jadrové elektrárne pokrývajú väčšinu energetickej spotreby krajiny, je využívanie fosílnych palív obmedzené hlavne na malý počet elektrární s maximálnym zaťažením. Vo Švédsku a vo Fínsku je napríklad dôležitým domácim zdrojom energie biomasa. Zloženie palív použitých na výrobu elektrickej energie v roku 2011 v jednotlivých členských štátoch (%) je uvedené na obrázku 1.7.

**Obrázok 1.7: Zloženie palív použitých na výrobu elektriny v EÚ-28 v roku 2011**

Spaľovacie zariadenia sa v EÚ používajú podľa potrieb a požiadaviek, buď ako veľké prevádzky, alebo ako priemyselné spaľovacie zariadenia, ktoré dodávajú elektrinu, paru alebo teplo pre priemyselné výrobné procesy. Zaťaženie zariadení sa môže pohybovať od čiastočného zaťaženia až po plné zaťaženie a ich prevádzková doba sa tiež môže líšiť, od niekoľkých hodín výroby energie ročne až po nepretržitú prevádzku. Zvýšená výroba energie zo zdrojov závislých od počasia môže zmeniť prevádzkový režim z nepretržitého na čiastočný. Celková čistá spotreba elektrickej energie v EÚ-28 (TWh) v roku 2011 je uvedená na obrázku 1.8.



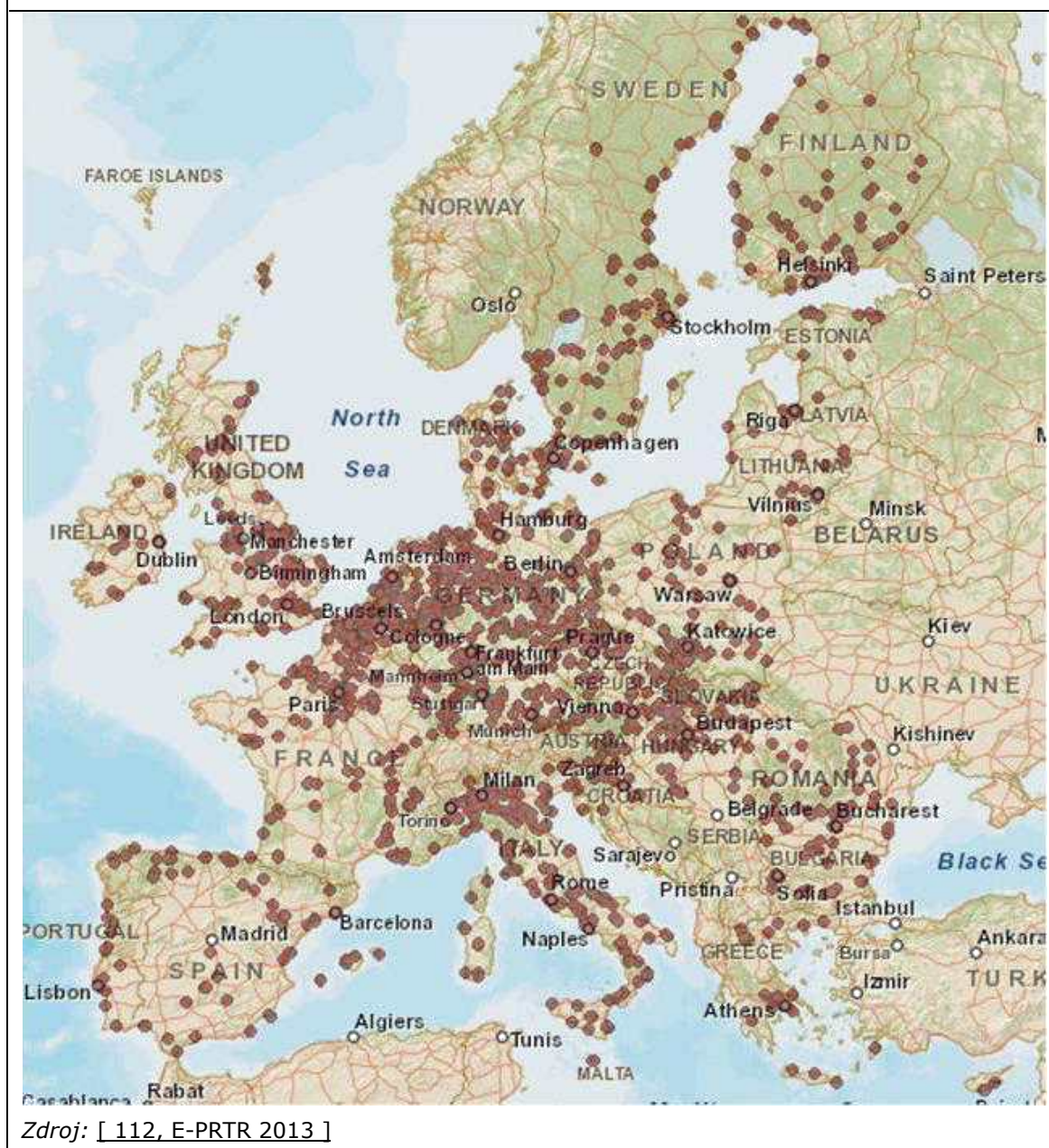
Obrázok 1.8: Celková čistá spotreba elektrickej energie v EÚ-28 (TWh) v roku 2011

Od roku 2004 členské štáty EÚ podávajú správy o emisiách z veľkých spaľovacích zariadení v súlade so smernicou 2001/80/ES o obmedzení emisií určitých znečisťujúcich látok do ovzdušia z veľkých spaľovacích zariadení. Údaje za jednotlivé zariadenia zahŕňajú celkové ročné emisie SO₂, NO_x a prachu a celkové ročné množstvo vstupnej energie vyjadrené ako čistá výhrevnosť, rozčlenené do piatich kategórií palív: biomasa, ostatné tuhé palivá, kvapalné palivá, zemný plyn a ostatné plyny. V tabuľke 1.3 je uvedený počet zariadení, ktoré nie sú rafinériami, podľa členských štátov, ktoré v roku 2013 hlásili emisie do ovzdušia, celkový agregovaný menovitý tepelný príkon a použité palivo. Emisie do ovzdušia sú uvedené v tabuľke 1.5.

Tabuľka 1.3: Nerafinérske zariadenia v EÚ () (2013)

	Počet zariadení	MW _{th}	Biomasa (TJ)	Iné tuhé palivá (TJ)	Kvapalné palivá (TJ)	Zemný plyn (TJ)	Iné plyny (TJ)
AT	90	19 709	9 812	47 331	1 195	75 728	24 293
BE	86	20 367	36 553	29 460	3 556	124 245	25 469
BG	24	23 601	5 533	234 164	0	33 935	676
CY	16	3 864	0	0	32 534	0	0
CZ	101	43 639	10 588	504 010	3 690	22 218	34 076
DE	560	272 785	48 196	2 681 498	57 173	68 5006	239 077
DK	73	16 481	36 221	131 095	4 521	24 407	154
EE	20	10 300	7 020	125 652	643	6 110	5 970
EL	50	24 613	0	282 023	17 113	92 904	0
ES	144	77 686	5 517	408 664	68 303	216 257	55 993
FI	159	30 493	86 336	160 433	2 271	57 355	6 271
FR	235	79 595	22 456	256 303	52 297	136 131	52 485
HR	13	4 617	0	23 290	1 395	12 434	483
HU	42	17 665	17 132	75 074	753	47 257	5 129
IE	27	13 973	1 969	61 456	5 268	96 011	2
IT	342	136 366	19 704	425 569	39 777	732 406	134 531
LT	21	12 488	4 620	0	5 265	30 102	974
LU	1	730	0	0	0	7 218	0
LV	20	5 711	667	42	2	23 866	0
MT	9	1 745	0	0	21 603	0	0
NL	146	50 529	20 108	221 556	8 442	266 803	143 734
PL	96	104 409	81 946	1 446 819	6 909	33 630	33 531
PT	26	12 387	6 516	106 016	849	33 592	1 869
RO	85	36 459	128	205 722	1 752	98 273	278
SE	128	28 340	96 157	17 760	7 330	14 577	10 943
SI	16	4 653	1 009	55 791	132	1 950	0
SK	63	11 286	7 443	51 228	342	29 595	12 603
Spojené kráľovstvo	248	152 905	83 805	1 137 287	10 249	765 457	48 500
Zdroj: [113, EEA 2013]							

Obrázok 1.9 znázorňuje umiestnenie veľkých spaľovacích zariadení v Európe (severné Švédsko, severné Fínsko, Kanárske ostrovy a iné odľahlé európske ostrovy nie sú na mape znázornené).



Obrázok 1.9: Poloha veľkých spaľovacích zariadení v Európe

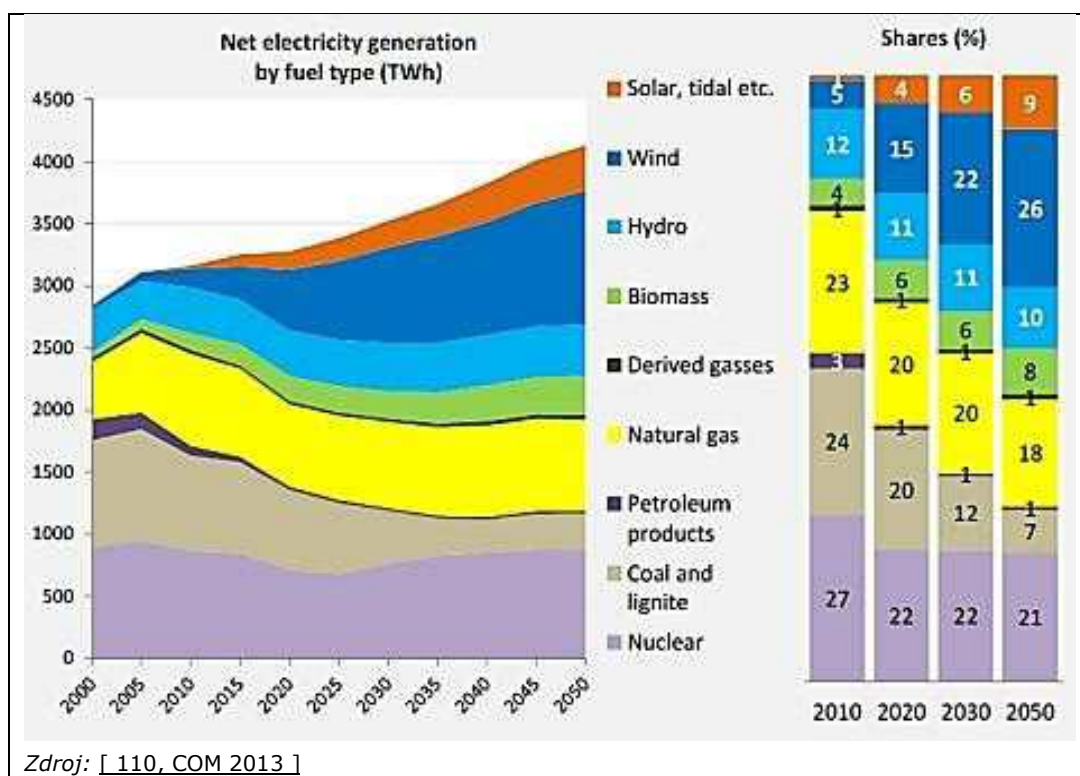
Program v oblasti zmeny klímy, energetiky a kvality ovzdušia viedol k obmedzeniu emisií do ovzdušia a k posilneniu legislatívy. V tejto súvislosti Európska komisia iniciovala niekoľko politík, ktoré budú mať vplyv na odvetvie veľkých spaľovacích zariadení, keďže toto odvetvie je jedným z hlavných zdrojov emisií skleníkových plynov a miestnych látok znečisťujúcich ovzdušie. Medzi tieto politiky patria:

- podpora obnoviteľných zdrojov energie do roku 2020 a ďalej;
- posilnenie a rozšírenie systému obchodovania s emisiami (EU ETS), ktorý obmedzuje množstvo CO₂, ktoré môžu veľké priemyselné zariadenia v celej EÚ emitovať;
- podporu vývoja a bezpečného využívania zachytávania a ukladania uhlíka (CCS);
- posilnenie emisných limitov pre SO₂ a NO_x a prach prostredníctvom politických nástrojov, ako je smernica 2016/2284 o znížení národných emisií určitých látok znečisťujúcich ovzdušie (nahradzujúca smernicu o národných emisných stropoch);
- zlepšenie energetickej účinnosti zariadení a siete;
- tematické stratégie v oblasti znečistenia ovzdušia;
- normy pre kvalitu ovzdušia, napr. smernica o kvalite ovzdušia 2008/50/ES.

To znamená, že mnohé z existujúcich zariadení spaľujúcich fosílnu palivá budú postupne nahradené tempom závislým od tempa výstavby zariadení s nízkouhlíkovými technológiami. Vzhľadom na vysoký podiel prerušovaných obnoviteľných zdrojov energie (napr. vetra) však v budúcnosti môžu byť niektoré zariadenia potrebné ako záloha pre portfólio obnoviteľných zdrojov energie a na udržanie bezpečnosti dodávok, keď iné možnosti, ako napríklad väčšie využívanie prepojovacích vedení alebo rozvoj systémov skladovania energie, nebudú schopné uspokojiť dopyt.

Je preto zrejme, že odvetvie zariadení s nízkouhlíkovými technológiami čelí významnej transformácii, keďže sa vyvíja v reakcii na podstatné zmeny v environmentálnej agende, pričom zachováva ďalší cieľ, ktorým je dodávanie bezpečnej a cenovo dostupnej energie. [85, Eurelectric 2012]

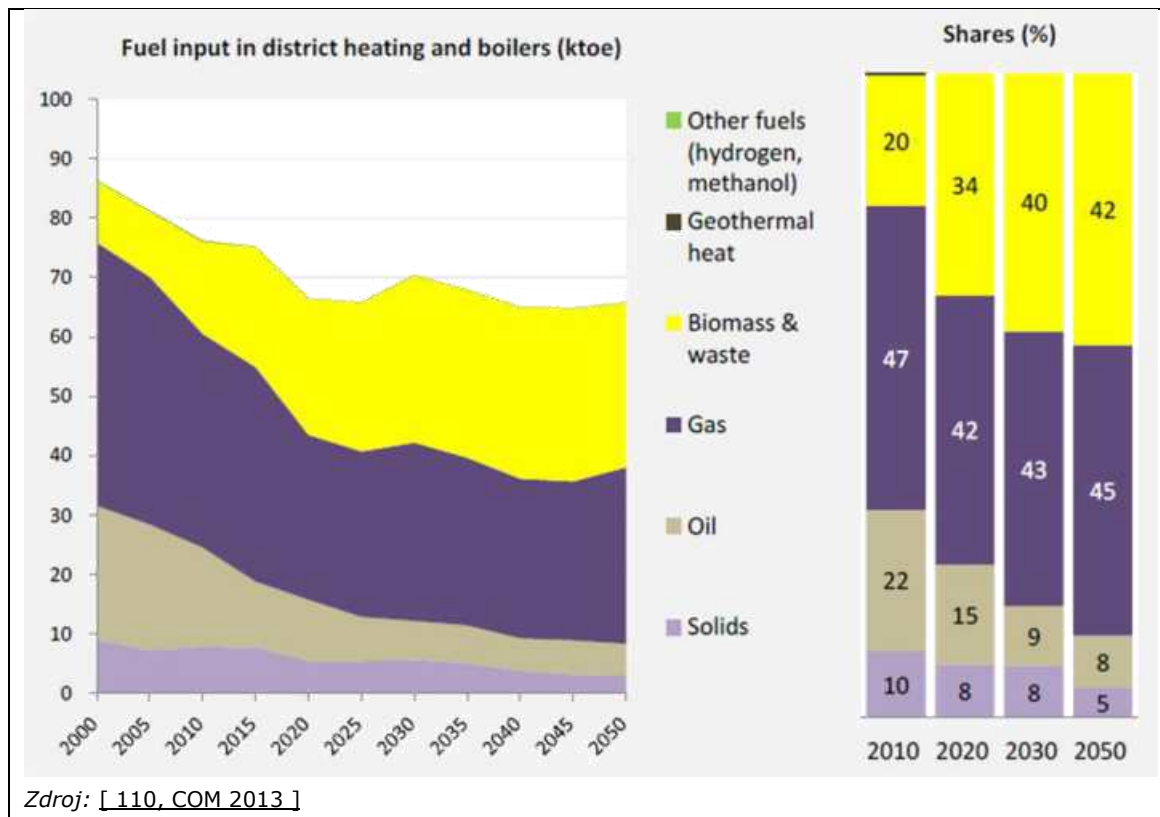
Správa o referenčnom scenári EÚ na rok 2013 [110, COM 2013] je aktualizáciou a rozšírením predchádzajúcich scenárov vývoja energetických systémov, ktoré zohľadňujú vývoj v oblasti dopravy a emisií skleníkových plynov, ako napríklad „Európska energetika a doprava – trendy do roku 2030“ uverejnená v roku 2003 a jej aktualizácie z rokov 2005, 2007 a 2009. Táto správa sa zameriava na prognózy trendov chápané v zmysle referenčného scenára. Podobne ako posledná aktualizácia referenčného scenára z roku 2009, aj tento referenčný scenár vychádza z predpokladu, že právne záväzné ciele v oblasti skleníkových plynov a OZE na rok 2020 budú dosiahnuté a že politiky dohodnuté na úrovni EÚ do jari 2012 (najmä v oblasti energetickej účinnosti), ako aj príslušné prijaté vnútroštátne politiky budú implementované v členských štátoch. Obrázok 1.10 znázorňuje trend výroby elektrickej energie podľa druhu paliva v EÚ-28 do roku 2050. Výroba z tuhých palív výrazne klesá počas celého prognózovaného obdobia, najmä v období 2030 – 2050. Výroba z plynu do roku 2020 mierne klesá, ale potom stúpa a v roku 2050 dosahuje rovnakú úroveň ako v roku 2010.



Obrázok 1.10: Výroba elektrickej energie podľa paliva – trendy v EÚ-28 do roku 2050. Referenčný scenár EÚ 2013

Podiel hrubej elektrickej energie vyrobenej v kogeneračných elektrárnach dosiahne v období od roku 2020 do roku 2050 úroveň okolo 16 %, čo predstavuje výrazný nárast oproti 13 % v roku 2010. Úloha kogenerácie v dodávkach pary a tepla vzrastie z 73 % v roku 2010 na 76 % v roku 2030 a 80 % v roku 2050. Pokiaľ ide o spotrebu paliva na diaľkové vykurovanie, podiel tuhých palív a ropy výrazne klesá a podiel plynu klesá tiež, ale pomalším tempom a len do roku 2030.

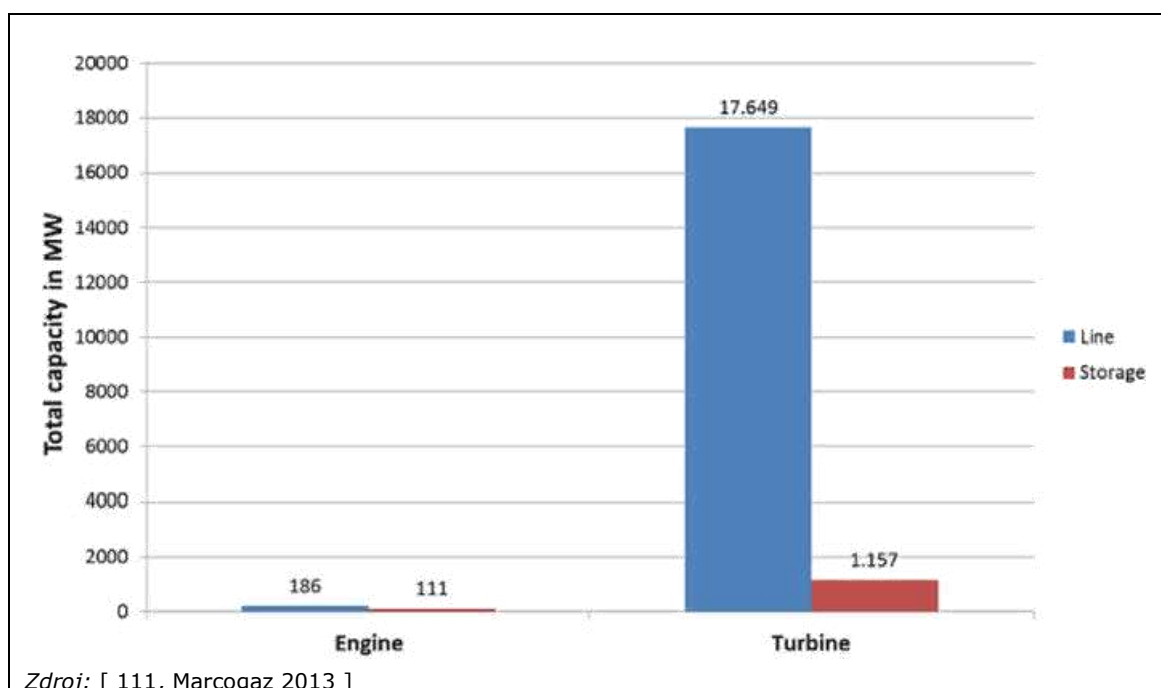
Biomasa sa využíva čoraz viac a v roku 2020 predstavuje takmer 50 % spotreby paliva a v roku 2050 57 % (v porovnaní s 26 % v roku 2010). Obrázok 1.11 znázorňuje spotrebu paliva na výrobu pary v diaľkovom vykurovaní (DH) a kotloch.



Obrázok 1.11: Spotreba paliva na výrobu pary v diaľkových vykurovacích systémoch a kotloch – trendy v EÚ-28 do roku 2050

V EÚ má vysokotlaková sieť na zemný plyn v 28 krajinách EÚ dĺžku 235 000 km. Vysokotlaková sieť dodáva plyn do nízkotlakovkej distribučnej siete, ktorá má dĺžku 1 649 400 km. Kompresorové stanice (celkovo 167 kompresorových staníc) sa nachádzajú iba vo vysokotlakovkej sieti. Jedna kompresorová stanica sa vždy skladá z minimálne 2 kompresorov (z dôvodu požadovanej bezpečnosti dodávok je vždy k dispozícii redundantný systém) a maximálne 12 samostatných kompresorových jednotiek. K plynárenskej sieti je pripojených celkovo 120 682 000 zákazníkov. Keďže plyn sa pohybuje iba v prípade rozdielu tlakov, sú potrebné plynové kompresory. Kompresiou plynu sa zníži jeho objem a môže sa znížiť priemer potrubí. Plynové kompresory sú poháňané plynovými turbínami, piestovými plynovými motormi a v niektorých špeciálnych prípadoch elektromotormi.

V prieskume, ktorý v roku 2009 uskutočnila spoločnosť Marcogaz a do ktorého sa zapojilo 11 krajín s celkovým počtom 32 motorov a 515 plynových turbín s celkovou kapacitou 19 103 MW, turbíny a motory spotrebovali 71 554 TJ zemného plynu, čo predstavuje 93 % kapacity na prepravu, ako je znázornené na obrázku 1.12. [111, Marcogaz 2013]



Obrázok 1.12: Motory a turbíny s mechanickým pohonom na prepravu a skladovanie plynu (2009)

1.2 Hospodárska situácia

Otváranie trhov s elektrickou energiou je celosvetovým procesom. Hlavným cieľom je zvýšiť konkurenciu v tomto sektore a tým podporiť zníženie nákladov na výrobu, prenos, distribúciu a dodávky v prospech priemyselných aj domácich spotrebiteľov.

Súbežne s liberalizáciou trhu s elektrickou energiou dochádza k prechodu na využívanie ekonomických nástrojov na dosiahnutie národných a medzinárodných cieľov energetickej a environmentálnej politiky. Tieto nástroje majú rôzne formy, vrátane daní, stimulov a trhových obchodných príležitostí.

V roku 1996 Európska únia zaviedla smernicu o vnútornom trhu s elektrickou energiou (96/92/ES), ktorú zrušila smernica 2009/72/2009, ktorá vyžadovala, aby členské štáty otvorili až 25 % svojich trhov konkurencii, hoci mali naďalej voľnosť pokračovať v procese otvárania svojich trhov ešte ďalej. Stupeň skutočného otvorenia trhu sa v rámci EÚ líši, od úplne otvoreného trhu v niektorých krajinách po čiastočne otvorený trh v iných.

Otvorenie trhov konkurencii môže mať významný vplyv na rad faktorov, ktoré ovplyvňujú prevádzku a reguláciu veľkých spaľovacích zariadení a ktoré sa môžu zohľadniť pri určovaní vhodnosti konkrétnych techník na znižovanie emisií do ovzdušia, vody a pôdy. Potreba niektorých elektrární riadiť špecifické požiadavky zákazníkov, vrátane pomocných služieb, ako je udržiavanie napätia a frekvencie, vedie k sledovaniu zaťaženia, výrobe špičkového zaťaženia a schopnosti čierneho štartu. Tieto faktory okrem iného zahŕňajú:

- Bezpečnosť dodávok energie. To môže ovplyvniť úroveň nadbytočnej kapacity v systéme a rozsah diverzifikácie palív, hoci kapacita sama osebe je ovplyvnená potrebou rezervnej kapacity a dostupnosťou skladovacích priestorov pre palivá.
- Náklady a dostupnosť paliva.
- Náklady a dostupnosť povolení poskytovaných v rámci systému obchodovania s emisiami EÚ (ETS).
- Úroveň bezpečnosti systému, ktorú vyžaduje akýkoľvek daný trh, môže významne ovplyvniť faktory, ako je redundancia v konštrukcii elektrárne, s priamym vplyvom na investičné náklady a úroveň ceny elektrickej energie potrebnej na splatenie investície.
- Vplyv štruktúry trhu (t. j. krivky trvania zaťaženia), ktorý spolu s faktormi, ako sú marginálne náklady na výrobu, môže ovplyvniť úroveň využitia konkrétnych typov elektrární, požiadavky na dostupnosť a úroveň nadbytočnej kapacity.
- Štruktúry odmeňovania na konkrétnych trhoch vrátane toho, či fungujú zmluvné trhy, vyrovnávacie trhy, obchodovanie prostredníctvom elektrickej burzy, platby za kapacitu atď.
- Úroveň termínovej ceny na trhu a cenová štruktúra vo vzťahu k využitiu elektrární a nákladom na výrobu, ktoré môžu ovplyvniť schopnosť daného trhu splatiť investície.
- Rozsah, v akom sú tarify na konkrétnom trhu stanovené tak, aby regulovali dodávky alebo spotrebu elektrickej energie vyrobenej danou technikou alebo získanej z konkrétneho paliva, s cieľom podporiť požiadavky energetickej politiky jednotlivých členských štátov. Členské štáty na dosiahnutie týchto cieľov používajú aj iné nástroje, vrátane daní z uhlíka, energie a znečisťujúcich látok.
- Kapacita z obnoviteľných zdrojov, ktorá využíva preferenčné výkupné ceny.
- Potreba konkrétnej elektrárne spravovať špecifické požiadavky rozhrania so zákazníkmi, vrátane doplnkových služieb, ako je udržiavanie napätia a frekvencie systému, sledovanie zaťaženia a štruktúra zaťaženia, schopnosť čierneho štartu a špecifická potreba spĺňať miestne obmedzenia siete, čo všetko môže mať výrazný vplyv na prevádzkové charakteristiky takejto elektrárne.

- Interakcia prepojených trhov, napríklad v systémoch, kde plynárenské a elektrické siete vytvárajú príležitosť na zabezpečenie medzi dodávkami plynu a výrobou elektriny na základe rozdielov v cenách palív, ktoré môžu byť takisto ovplyvnené krátkodobým dopytom.
- Infraštruktúra siete a konkrétna štruktúra poplatkov na konkrétnom trhu môžu mať vplyv na konkrétne elektrárne, napr. straty pri prenose, prístup k sieti a využívanie systémových poplatkov, spolu s rozsahom obmedzených online období.
- Regulačné stimuly na konkrétnych trhoch na podporu integrovanej a distribuovanej výroby. Tieto môžu mať vplyv aj na úroveň výroby energie z obnoviteľných zdrojov, kde je možné dosiahnuť národné ciele prostredníctvom dodatočných podporných mechanizmov, vrátane povinností dodávateľov alebo dotácií. [123, Eurelectric 2001]

Umiestnenie spaľovacích zariadení

V celej Európe je bežnou praxou umiestňovať elektrárne spaľujúce fosílna palivá na miesta, kde sú náklady na inštaláciu a prevádzku minimálne, pričom sa zohľadňuje aj rad faktorov súvisiacich s oblasťou, kde sa zariadenie nachádza, a infraštruktúrou na podporu jeho prevádzky. Význam každého z týchto faktorov sa líši v závislosti od miestnych a národných podmienok, ale v mnohých prípadoch boli pri výbere umiestnenia veľkých spaľovacích zariadení rozhodujúcimi faktormi dostupnosť pripojenia k systému prenosu/distribúcie elektrickej energie, blízkosť odberateľov elektrickej energie, dostupnosť vody pre chladiace systémy a blízkosť ťažobných oblastí/prístavov. V minulosti rozhodovali o veľkosti a umiestnení elektrární prognózy budúcej spotreby energie v jednotlivých krajinách a optimálne dlhodobé náklady na preferovaný typ elektrárne.

Keďže špecifické investičné náklady sú podstatne nižšie pre väčšie jednotky ($> 300 \text{ MW}_{\text{th}}$) ako pre menšie ($< 300 \text{ MW}_{\text{th}}$) a náklady na vyrobenú elektrinu sú v dôsledku toho nižšie, kapacita jednotlivých jednotiek sa v posledných niekoľkých desaťročiach zvýšila. Hoci je to na pevnine uznávaný hnací motor, ostrovné elektrárne môžu napriek tomu čeliť špecifickým výzvam. Veľkosť generátorov inštalovaných na ostrovoch je kompromisom medzi využívaním väčších energetických jednotiek na zvýšenie účinnosti a zachovaním primeranej úrovne redundancie v prípade poruchy jednotiek. Generátory na ostrovoch nemajú výhody z úspor z rozsahu. Pri výbere generátorov na ostrovoch je kľúčová flexibilita, pretože musia byť prevádzkované s veľkými výkyvmi pracovného cyklu v dôsledku denných a sezónnych výkyvov v dopyte po elektrickej energii na ostrove.

Plynové kompresorové stanice sú umiestnené v pevných vzdialenostiach pozdĺž dopravného potrubia a skladovacie zariadenia sú umiestnené v závislosti od geologickej polohy. Na zabezpečenie optimálneho toku plynu a bezpečnosti dodávok môžu byť potrebné malé a redukčné kompresory.

Iné faktory majú pri výbere umiestnenia LCP často menej význam. Dostupnosť vhodného pozemku, vizuálny vplyv a vplyv na kvalitu ovzdušia v miestnom prostredí a prístup pre dodávky a skladovanie palív sú často faktory, ktoré ovplyvňujú návrh a umiestnenie elektrárne. Tieto faktory sa však často podrobne zvažujú až po určení všeobecného umiestnenia a zvyčajne nemajú prednosť pred rozhodnutím o pokračovaní v inštalácii elektrárne.

S rozsiahlym rozširovaním energetickej infraštruktúry v Európe dochádza aj k zmenám v relatívnom vplyve jednotlivých faktorov, ktoré sa používajú pri výbere umiestnenia elektrárne. Teraz je jednoduchšie priviesť palivové a energetické prípojky na správne miesto pre zariadenie, ako vyberať umiestnenie podľa existujúcej infraštruktúry. Významný nárast využívania zemného plynu ako paliva viedol k rozvoju infraštruktúry na dodávky plynu, vďaka čomu je plyn dostupnejší v tlaku a množstve potrebnom na prevádzku plynových motorov a turbín na výrobu elektriny, s nízkymi nákladmi na dopravu a bez požiadaviek na skladovanie paliva v mieste prevádzky. Rozšírenie integrovaného systému distribúcie elektriny rozšírilo možnosti dosiahnutia dobrých pripojení elektrárne na dodávku elektriny do systému. Nové rozvážače a riadiace systémy tiež umožňujú bezpečnejšie a efektívnejšie pripojenia.

Odvetvie LCP dováža veľké množstvo palív (vrátane uhlia a plynu) zo štátov mimo EÚ, a preto je bezpečnosť dodávok dôležitým faktorom pri navrhovaní, technológii a umiestnení elektrární. Domáce zdroje budú hrať čoraz dôležitejšiu úlohu pri udržiavaní diverzity a bezpečnosti dodávok, zatiaľ čo uhoľné elektrárne často hľadajú možnosti rozšíriť svoje kapacity na diverzifikáciu palív aj spaľovaním biomasy, odpadov a ropaného koksu. V budúcnosti bude možná potrebné, aby LCP boli flexibilnejšie v oblasti palív, ako aj prevádzky, vzhľadom na nárast prerušovaných obnoviteľných zdrojov energie.

Klesá dostupnosť lokalít, ktoré spĺňajú hlavné požiadavky na elektrárne, a toto môže byť v budúcnosti ešte dôležitejšie, keďže zvýšené využívanie zachytávania a ukladania uhlíka (CCS) môže ovplyvniť umiestňovanie nových elektrární na fosílné palivá s cieľom zachovať prístup k úložiskám CO₂ [85, Eurelectric 2012].

Zároveň zmeny v technológiách výroby energie a znižovania emisií výrazne zvýšili účinnosť výroby energie a zároveň zabezpečili oveľa čistejšie spaliny ako v prípade starších elektrární spaľujúcich fosílna palivá. Využitie plynových turbín na výrobu energie a vývoj nových spaľovacích zariadení a systémov na čistenie spalín viedli k vzniku elektrární, ktoré môžu využívať celý rad plyných, kvapalných alebo tuhých palív, pričom všetky emitujú oveľa menej znečisťujúcich látok na jednotku vyrobenej energie ako v minulosti. Celkový vplyv nových elektrární na miestne životné prostredie je v porovnaní so staršími elektrárnami výrazne menší.

V niektorých krajinách je tepelné zaťaženie obytných a komerčných budov dôležitým parametrom pri umiestňovaní teplární alebo elektrární s kombinovanou výrobou elektriny a tepla (KVET). V prípade teplární vedie ekonomicky optimalizovaná situácia k požiadavkám na výrobu špičkového zaťaženia v tej istej oblasti. V situácii s vysokým zaťažením kotly na špičkové zaťaženie vždy pracujú spolu s elektrárnami KVET. To znamená, že každá elektráreň zásobuje blízku oblasť s relatívne malou vzdialenosťou medzi spotrebiteľmi a elektrárnou. Pripojenie elektrární KVET a elektrární na špičkové zaťaženie k diaľkovému vykurovaniu musí preto spĺňať určité pravidlá.

Novšie elektrárne majú vyššiu energetickú účinnosť, čo *okrem iného* vedie k zníženiu emisií (do vody a ovzdušia) na jednotku vyrobenej energie. Budúce zvyšovanie účinnosti elektrární bude nakoniec obmedzené z dôvodu:

- zákonov termodynamiky;
- klesajúcej návratnosti rastúcich nákladov na vývoj;
- zvýšenie kapitálových nákladov vedúce k vyšším nákladom na výrobu;
- opatrenia na zachytávanie a ukladanie CO₂;
- zariadenia nevyužívajúce svoju plnú kapacitu.

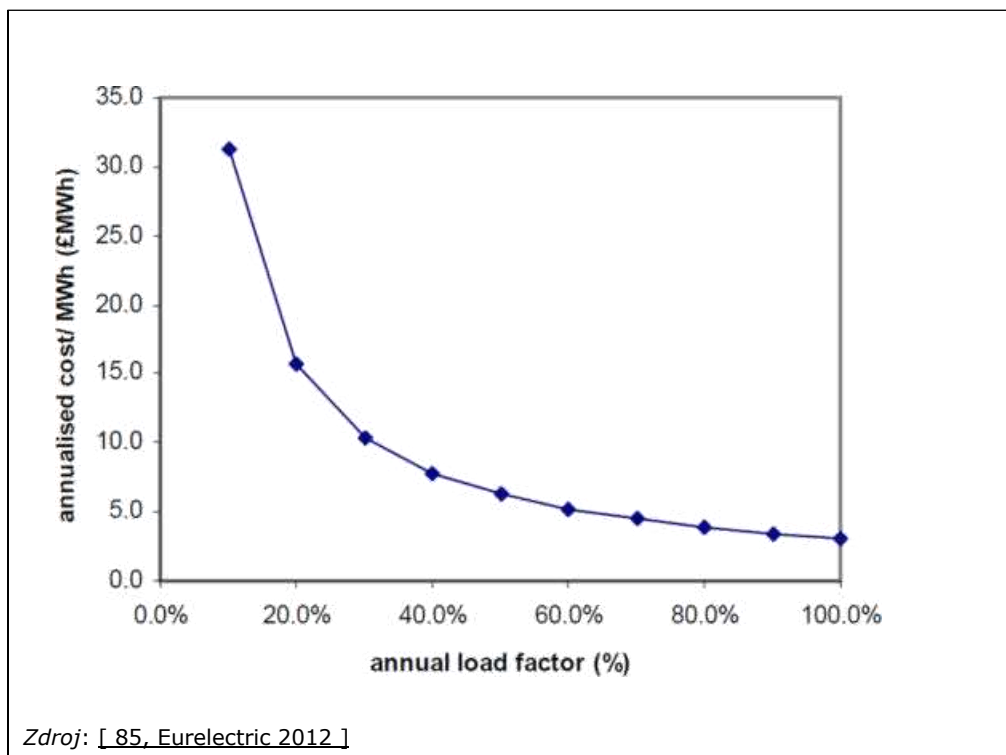
Vplyv zostávajúcej životnosti zariadení a ich prevádzky

Hospodárska životaschopnosť zavádzania nových environmentálnych technológií je relevantná, pretože dekarbonizácia výroby elektrickej energie si bude vyžadovať novú technológiu, a teda prechod od existujúcej technológie k novej. Očakávaná životnosť a prevádzkové režimy v budúcnosti, najmä v prípade existujúcich zariadení, sa môžu výrazne líšiť od súčasných. Nízka úroveň prevádzky a obmedzená zostávajúca životnosť sú kľúčovými parametrami, ktoré je potrebné zohľadniť pri posudzovaní schopnosti získať späť ďalšie investície do existujúceho zariadenia. Závislosť nákladov od zostávajúcej životnosti zariadenia a faktora zaťaženia možno posúdiť individuálne (na základe daných predpokladov týkajúcich sa kapitálových a prevádzkových nákladov, diskontnej sadzby a ekonomickej životnosti). Úroveň prevádzky je reprezentovaná ročným faktorom zaťaženia zariadenia alebo ekvivalentným faktorom zaťaženia.

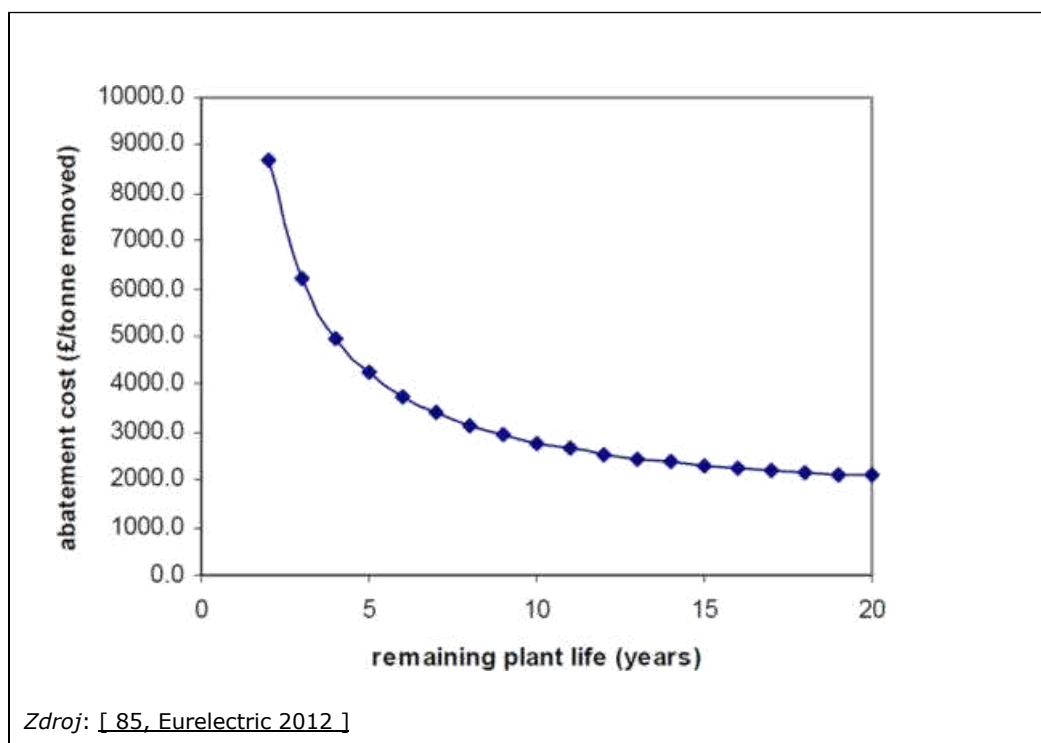
V nižšie uvedenom príklade sa predpokladá, že selektívna katalytická redukcia (SCR) je dodatočne inštalovaná na 500 MW_{th} uhoľnej jednotke s ročnou prevádzkovou dobou 6 000 hodín za cenu 60 miliónov EUR. Predpokladá sa tiež, že dodatočné prevádzkové náklady tejto SCR sú 2,5 milióna EUR ročne (za predpokladu, že nedôjde k strate predaja popola). Pre tento príklad je diskontná sadzba 10 % a náklady sa amortizujú počas 10 rokov.

V tomto príklade obrázok 1.13 ukazuje, že ročné náklady na MWh vyrobenej energie v modernizovanom systéme SCR stúpajú na približne dvojnásobok nákladov pri základnom zaťažení, ak je faktor zaťaženia 40 %, a viac ako zdvojnásobujú, ak sa faktor zaťaženia zníži na 20 %.

Obrázok 1.14 ukazuje, že ročné náklady na tonu odstránených znečisťujúcich látok sa zdvojnásobia v porovnaní s úrovňou „nového zariadenia“, ak zostáva životnosť 5 rokov. [85, Eurelectric 2012]



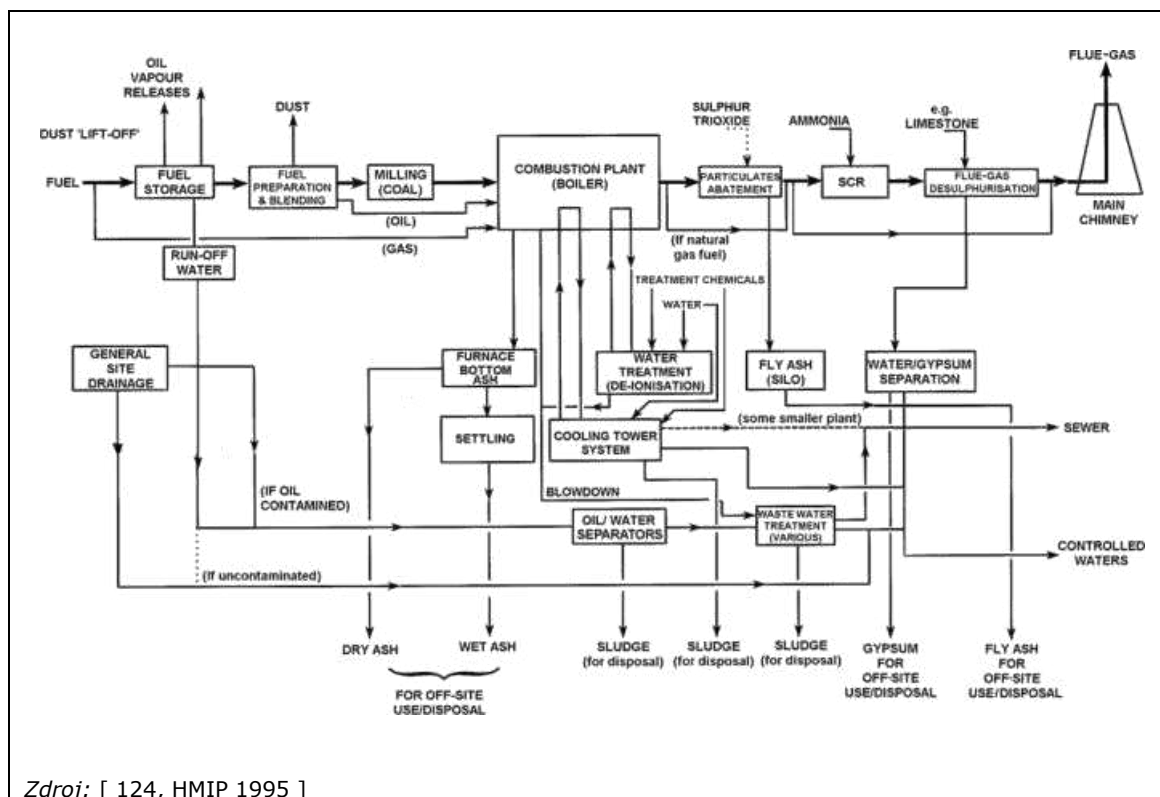
Obrázok 1.13: Príklad ročných nákladov na zníženie emisií na vyrobenú jednotku ako funkcia faktora zaťaženia



Obrázok 1.14: Príklad ročných nákladov na zníženie emisií na tonu odstránených znečisťujúcich látok ako funkcia zostávajúcej ekonomickej životnosti

1.3 Klúčové environmentálne otázky

Prevádzka spaľovacích zariadení na výrobu elektrickej energie a/alebo tepla, a najmä odvetvie výroby elektrickej energie vzhľadom na svoje veľké centralizované elektrárne, je veľmi dôležitým pilierom našej modernej spoločnosti a európskeho hospodárstva. Na druhej strane spaľovacie zariadenia spotrebúvajú veľké množstvá horľavých palív a iných surovín získavaných z prírodných zdrojov Zeme a premieňajú ich na užitočnú energiu. Tieto zariadenia produkujú množstvo rezíduí, odpadov a veľké množstvo emisií do všetkých zložiek životného prostredia. Prehľad rôznych hmotnostných tokov poskytuje všeobecný diagram toku spaľovacieho zariadenia a súvisiacich činností uvedený na obrázku 1.15.



Obrázok 1.15: Všeobecný diagram toku spaľovacej elektrárne a súvisiacich činností

Horľavé palivá sú v súčasnosti hlavným zdrojom energie. Ich spaľovanie však má relevantný a niekedy významný vplyv na životné prostredie ako celok. Proces spaľovania vedie k emisiám do ovzdušia, vody a pôdy, z ktorých emisie do atmosféry sa považujú za jeden z hlavných environmentálnych problémov. Nasledujúce časti obsahujú všeobecné informácie o hlavných emitovaných látkach. Prehľad emisií, ich zdrojov a vplyvu na rôzne zložky životného prostredia je uvedený v tabuľke 1.4.

Tabuľka 1.4: Možné emisné cesty podľa typu zdroja a látky

ZDROJ EMISIÍ			Látky												
			Prach	Oxidy síry	Oxidy dusíka	Oxidy uhlíka	Organické zlúčeniny	kyseliny/lúhy/soli	Chlorovodík/fluorid	Prchavé organické	Kovy a ich soli	Chlór (ako chlórnan)	Ortuť a/alebo kadmium	PAH	Dioxíny
Ovzdušie	Voda	Pôda													
(A)	(W)	(L)													
Skladovanie a manipulácia s palivom			A				W			A					
Úprava vody			W								W		W		
Spaliny			A	A	A	A	A		A	A	A		A	A	A
Úprava spalín			W				W				WL		W		
Odvodnenie staveniska vrátane dažďovej vody			W				W								
Čistenie odpadových vôd			W L				W	W			L		L		
Odvzdušňovanie chladiacej vody			W				W				W	W	W		
Výfuk chladiacej veže									A						
Zdroj: [124, HMIP 1995]															

1.3.1 Energetická účinnosť

Obozretné hospodárenie s prírodnými zdrojmi a efektívne využívanie energie sú dve z hlavných požiadaviek smernice IED. Účinnosť, s akou sa energia premieňa z paliva, preto zohráva čoraz dôležitejšiu úlohu ako ukazovateľ vplyvu procesu na životné prostredie. Energetická účinnosť je dôležitá nielen ako ukazovateľ šetrného zaobchádzania s prírodnými zdrojmi paliva, ale aj ako ukazovateľ emisií, ktoré sa uvoľňujú pri výrobe jednotky energie. Energetickú účinnosť možno zvýšiť optimalizáciou využívania energie a účinnosti procesu výroby energie. Optimalizácia špecifickej energetickej účinnosti závisí od rôznych faktorov vrátane povahy a kvality paliva, typu spaľovacieho systému, prevádzkových teplôt plynových turbín, piestových motorov a/alebo parných turbín, miestnych klimatických podmienok, typu použitého chladiaceho systému, prevádzkových cyklov, faktora zaťaženia, potenciálu pre diaľkové vykurovanie, priemyselnú symbiózu, priemyselné zoskupovanie (v prípade KVET), potenciálu pre akumuláciu tepla alebo diaľkové chladenie atď.

Každý postupný krok v procese premeny paliva na užitočnú energiu má svoj vlastný faktor účinnosti. Celková energetická účinnosť procesu sa dosahuje vynásobením všetkých jednotlivých faktorov energetickej účinnosti.

Čistá energetická účinnosť zohľadňuje všetky straty spôsobené: dodávkou pomocnej stanice (a spotrebou procesného tepla), prípravou paliva, spracovaním vedľajších produktov, spracovaním spalín, čistením odpadových vôd, chladiacim systémom, vysokonapäťovým transformátorom a ventilátormi a čerpadlami. Optimalizáciu energetickej účinnosti je možné dosiahnuť pre všetky faktory účinnosti, vrátane akýchkoľvek zariadení používaných na ochranu životného prostredia. Pri dodávke elektrickej energie je potrebné zohľadniť všetky straty v sieti a transformátoroch a pri dodávke tepla z jednotiek kombinovanej výroby tepla a elektrickej energie (KVET) je potrebné zohľadniť straty pri preprave z diaľkového vykurovania a cyklických čerpadel.

Obdobia vysokých teplôt okolia v mieste znižujú účinnosť výroby elektrickej energie v plynových aj parných elektrárnach. Pre plynové turbíny a diesellové motory je dôležitejšia teplota okolitého vzduchu, zatiaľ čo pre parné turbíny je dôležitejšia teplota chladiaceho média. Na kondenzáciu ochladenej expandovanej pary sa môžu použiť rôzne typy chladiacich systémov: priame chladenie morskou vodou, vodou z jazera alebo rieky alebo vzduchom (vzduchový kondenzátor), priame a nepriame chladenie mokkými alebo suchými chladiacimi vežami, ako aj vodou z diaľkového vykurovania alebo priemyselnou technologickou vodou.

Každý z nich má iný vplyv na energetickú účinnosť. Ďalšie informácie nájdete v dokumente BREF „Priemyselné chladiace systémy“.

Energetická účinnosť a emisie

Dokonca aj najefektívnejšie kondenzačné elektrárne môžu prenášať značnú časť svojej celkovej spotreby energie do životného prostredia vo forme odpadového tepla. Toto teplo môže byť absorbované v miestnej atmosfére alebo vodných tokoch s relatívne malým poškodením miestneho životného prostredia, ale každá jednotka spotrebovanej energie predstavuje dodatočné emisie prenášané do životného prostredia. V súčasnosti je najefektívnejším spôsobom zlepšenia energetickej účinnosti výroby elektrickej energie maximalizácia využitia vyrobeného tepla a jeho neplytvanie.

Pri využívaní odpadového tepla je potrebné zohľadniť viacero termodynamických, technických a ekonomických kritérií. Termodynamické kritériá zahŕňajú na jednej strane teplotu a na strane druhej výsledný obsah energie odpadového tepla. Teplota sa musí zohľadniť, ak sa odpadové teplo má využiť na vykurovanie. Obsah energie sa musí zohľadniť, ak sa odpadové teplo má využiť na výrobu elektriny a energie. Technické kritériá závisia od individuálnych podmienok daného miesta.

Znížením a využitím odpadového tepla je často možné ušetriť energiu, znížiť emisie a zachovať zdroje. Existuje široká škála procesov, ktoré vyžadujú nepretržité dodávky tepla vo forme pary, horúcej vody alebo horúceho vzduchu ako vstupov do ich výrobných a prevádzkových zariadení. Táto technika je známa ako kogenerácia alebo kombinovaná výroba tepla a elektriny (KVET). Spotreba paliva s ňou spojená je zvyčajne nižšia v porovnaní s oddelenou výrobou tepla a elektriny. Výhody zvýšeného využitia energie môžu viesť k zníženiu emisií CO₂, oxidov dusíka (NO_x) a iných znečisťujúcich látok v závislosti od ročného využitia procesu KVET, nahradeného paliva a potenciálu nahradiť malé spaľovacie zariadenia teplom z príľahlej elektrárne. Veľkosť priaznivého účinku nižšej celkovej spotreby paliva pri KVET je však často špecifická pre dané miesto a závisí od udržania vysokej ročnej miery využitia, najmä v letnom období, keď je tepelné zaťaženie minimálne.

Vplyv zaťaženia na energetickú účinnosť zariadenia

V čase výstavby sú niektoré LCP navrhnuté na prevádzku pri plnom zaťažení alebo základnom zaťažení a niektoré iné LCP sú navrhnuté na prevádzku pri kolísavom zaťažení. Po určitom období prevádzky môžu byť postavené iné, efektívnejšie alebo menej nákladné elektrárne, čo donúti staršie elektrárne prevádzkovať sa pri čoraz nižšom zaťažení, až kým nebudú nakoniec uzavreté. Predpokladá sa však, že existujúce elektrárne spaľujúce fosílna palivá budú v budúcnosti čoraz viac musieť prevádzkovať pri nižších a kolísavých zaťaženiach, keďže sa buduje viac prerušovaných elektrární využívajúcich obnoviteľné zdroje energie. Náklady na implementáciu modernizácie zariadení na znižovanie vplyvu na životné prostredie môžu tiež prispieť k rozhodnutiu prevádzkovať elektrárne pri nižších zaťaženiach pred ich konečným uzavretím.

Podobne je zariadenie, ktoré prevádzkuje časté odstávky a spúšťanie, výrazne menej efektívne ako zariadenie prevádzkované s konštantným výkonom. [85, Eurelectric 2012]

Kotle v pohotovostnom režime (kotly, ktoré sa udržiavajú v teple pre plánované alebo núdzové použitie) a elektrárne s prerušovaným prevádzkou často vedú k nízkej účinnosti systému.

1.3.2 Emisie do ovzdušia

Najdôležitejšími emisiami do ovzdušia zo spaľovania horľavých palív sú SO₂, NO_x, CO, tuhé častice (prach) a skleníkové plyny, ako napríklad CO₂. Iné látky, ako sú ťažké kovy, fluorovodík, chlorovodík, nespálené uhľovodíky, nemetánové prchavé organické zlúčeniny (NMVOC) a dioxíny, sa emitujú v menších množstvách, ale môžu mať významný vplyv na životné prostredie vzhľadom na svoju toxicitu alebo perzistenciu. Emisie popolčeka môžu zahŕňať aj emisie tuhých častíc s aerodynamickým priemerom menším ako 10 µm, nazývané PM₁₀.

V súlade so smernicou 2001/80/ES o obmedzení emisií určitých znečisťujúcich látok do ovzdušia z veľkých spaľovacích zariadení členské štáty EÚ podávajú správy o emisiách z veľkých spaľovacích zariadení, vrátane celkových ročných emisií SO₂, NO_x a prachu. Emisie do ovzdušia z nepetrochemických zariadení, ktoré členské štáty nahlásili v roku 2013, sú uvedené v tabuľke 1.5 spolu s počtom hlásiacich zariadení a celkovým ročným množstvom vstupnej energie. Druhy používaných palív sú uvedené v tabuľke 1.3.

Tabuľka 1.5: Emisie do ovzdušia z veľkých spaľovacích zariadení v Európe (2013)

	Počet zariadení	MW _{th}	SO ₂ (t)	NO _x (t)	Prach (t)
AT	90	19 709	2 718	6 478	456
BE	86	20 367	2 218	9 558	173
BG	24	23 601	116 666	36 846	4 479
CY	16	3 864	10 396	2 908	345
CZ	101	43 639	98 321	65 802	3 389
DE	560	272 785	160 299	226 042	5 385
DK	73	16 481	3 353	8 533	644
EE	20	10 300	25 992	9 430	7 866
EL	50	24 613	52 736	39 633	12 403
ES	144	77 686	92 841	88 091	4 816
FI	159	30 493	19 308	30 757	1 062
FR	235	79 595	79 640	57 680	4 311
HR	13	4 617	6 925	7 470	109
HU	42	17 665	8 627	12 922	424
IE	27	13 973	10 188	9 245	388
IT	342	136 366	29 963	49 695	1 280
LT	21	12 488	2 094	2 250	138
LU	1	730	2	175	0
LV	20	5 711	49	1 054	2
MT	9	1 745	4 880	2 954	228
NL	146	50 529	9 681	21 367	355
PL	96	104 409	32 4712	219 905	15 490
PT	26	12 387	5 760	8 435	288
RO	85	36 459	160 211	42 065	10 007
SE	128	28 340	1 794	6 314	449
SI	16	4 653	5 292	8 430	269
SK	63	11 286	40 076	11 978	706
UK	248	152 905	152 644	198 000	6 947
Zdroj: [113, EEA 2013.]					

1.3.2.1 Oxidy síry (SO_x)

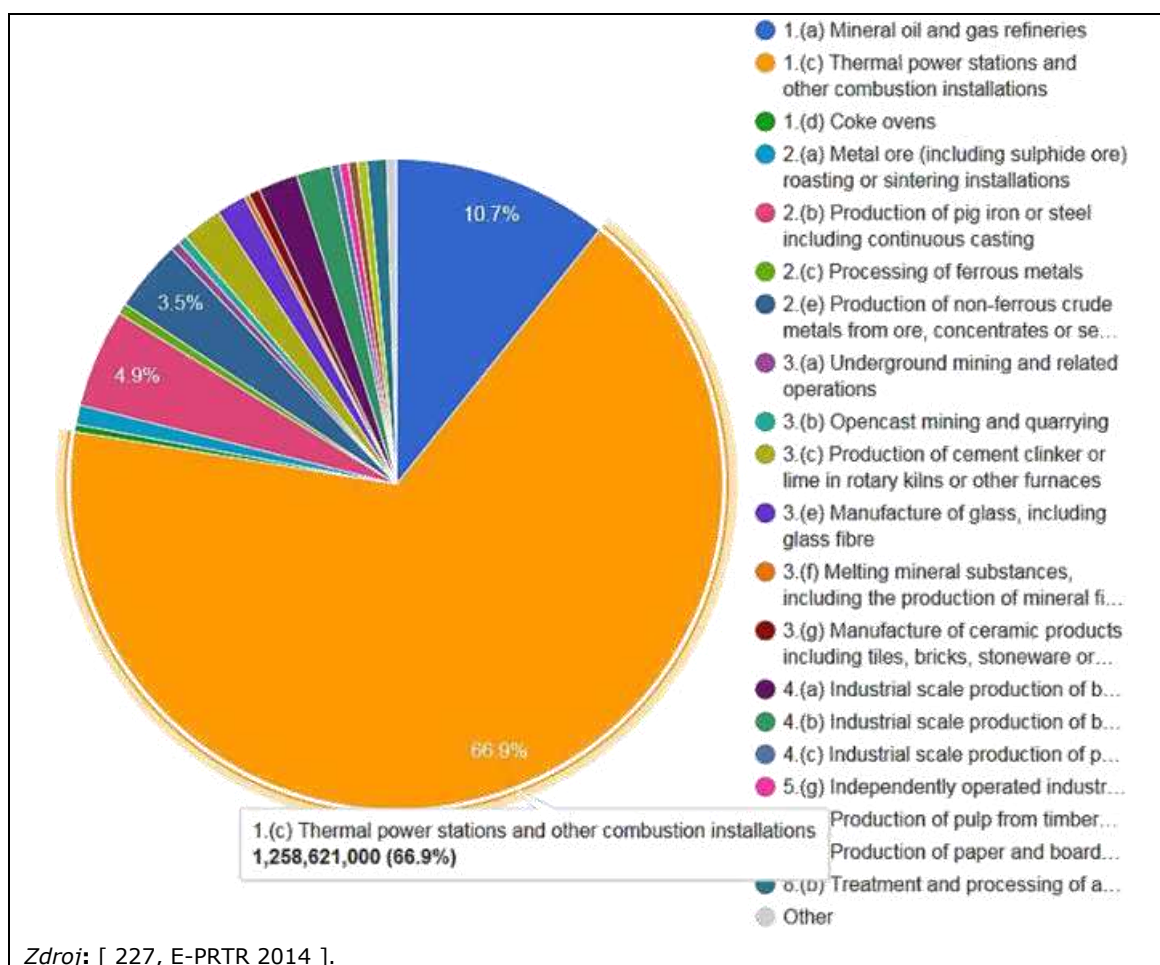
Emisie oxidov síry vznikajú hlavne v dôsledku prítomnosti síry v palive. Fosílna palivá obsahujú síru vo forme anorganických sulfidov alebo organických zlúčenín. Napríklad v uhlí sa síra vyskytuje vo forme pyritovej síry, organickej síry, sírových solí a elementárnej síry. Pri spaľovaní sa zďaleka väčšina oxidov síry vytvára vo forme oxidu siričitého (SO₂).

Pri spaľovaní tuhých a kvapalných palív prítomnosť prechodných kovov v palive spôsobuje aj katalytickú oxidáciu 0,5 % až 4 % síry na oxid sírový (SO₃) počas spaľovania. Dodatočná oxidácia môže prebiehať v zariadeniach vybavených SCR, kde emisie SO₃ môžu predstavovať približne 5 % celkových emisií síry. Sírovodík sa adsorbuje na prach a v prípade tuhých palív môže pomáhať pri prevádzke elektrostatických odlučovačov. V prípade kvapalných palív prispievajú vysoké hladiny SO₃ k tvorbe kyslej sadze.

Okrem toho môže z kotlov spaľujúcich ťažký vykurovací olej unikať „modrý dym“. Predpokladá sa, že tento optický jav je spôsobený postupnou hydratáciou SO_3 na aerosól kyseliny sírovej, pričom produkcia SO_3 je zvýšená obsahom vanádu v oleji a pravdepodobne aj katalyzátorom SCR.

Zemný plyn sa vo všeobecnosti považuje za bezsírový. V prípade niektorých priemyselných plynov to však nemusí platiť, a preto môže byť potrebné odsírovanie plynného paliva [125, OSPAR 1997].

Emisie SO_x / SO_2 do ovzdušia sú uvedené na obrázku 1.16 podľa odvetví priemyslu. V roku 2014 vyprodukovalo 458 zariadení v sektore „Tepelné elektrárne a iné spaľovacie zariadenia“ celkom 1 259 kt emisií SO_x / SO_2 do ovzdušia, čo predstavuje 66,9 % celkového množstva emisií všetkých zariadení zahrnutých v E-PRTR.



Obrázok 1.16: Emisie SO_x / SO_2 do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014

1.3.2.2 Oxidy dusíka (NO_x)

Hlavnými oxidmi dusíka, ktoré sa uvoľňujú pri spaľovaní fosílnych palív, sú oxid dusnatý (NO), oxid dusičitý (NO_2) a oxid dusný (N_2O). Prvé dva z nich tvoria zmes známu ako NO_x , ktorá predstavuje veľkú väčšinu oxidov dusíka v hlavných typoch veľkých spaľovacích zariadení.

Tvorba NO_x je riadená tromi základnými mechanizmami, ktoré sa vyznačujú pôvodom dusíka a prostredím, v ktorom prebieha reakcia:

- tepelný NO_x vzniká reakciou kyslíka a dusíka zo vzduchu;
- palivový NO_x vzniká z dusíka obsiahnutého v palive;
- okamžitý NO_x vzniká premenou molekulárneho dusíka v prednej časti plameňa za prítomnosti medziproduktov uhľovodíkových zlúčenín.

Množstvo NO_x vytvorené mechanizmom okamžitého NO_x je vo všeobecnosti oveľa menšie ako množstvo vytvorené inými reakčnými cestami.

Tvorba tepelného NO_x vo veľkej miere závisí od teploty. Ak je možné dosiahnuť spaľovanie pri teplotách nižších ako 1 000 °C, emisie NO_x sú výrazne nižšie. Ak je maximálna teplota plameňa nižšia ako 1 000 °C, tvorba NO_x závisí prevažne od dusíka v palive.

Tvorba palivového NO_x závisí od obsahu dusíka v palive a koncentrácie kyslíka v reakčnom prostredí. Množstvo vyprodukovaného palivového NO_x je väčšie v zariadeniach využívajúcich uhlie, pretože to má vo svojej štruktúre väčšie množstvo dusíka ako iné druhy paliva. Priemerný obsah dusíka, ktorý sa všeobecne vyskytuje v rôznych druhoch paliva, je uvedený v tabuľke 1.6.

Tabuľka 1.6: Dusík viazaný v palive

Pali vo	Dusík viazaný v palive (hmotnostné %, suché, bez popolčeka)
Uhlie	0,5
Biomasa (drevo)	< 0,5
Rašelina	1,5–2,5
Kvapalné palivo	< 1,0
Zemný plyn	0
Derivované plyny	0,1–1 (>> 1 chemické zdroje)

Typ použitého spaľovacieho procesu tiež ovplyvňuje množstvo emisií oxidov dusíka. V prípade uhlia napríklad:

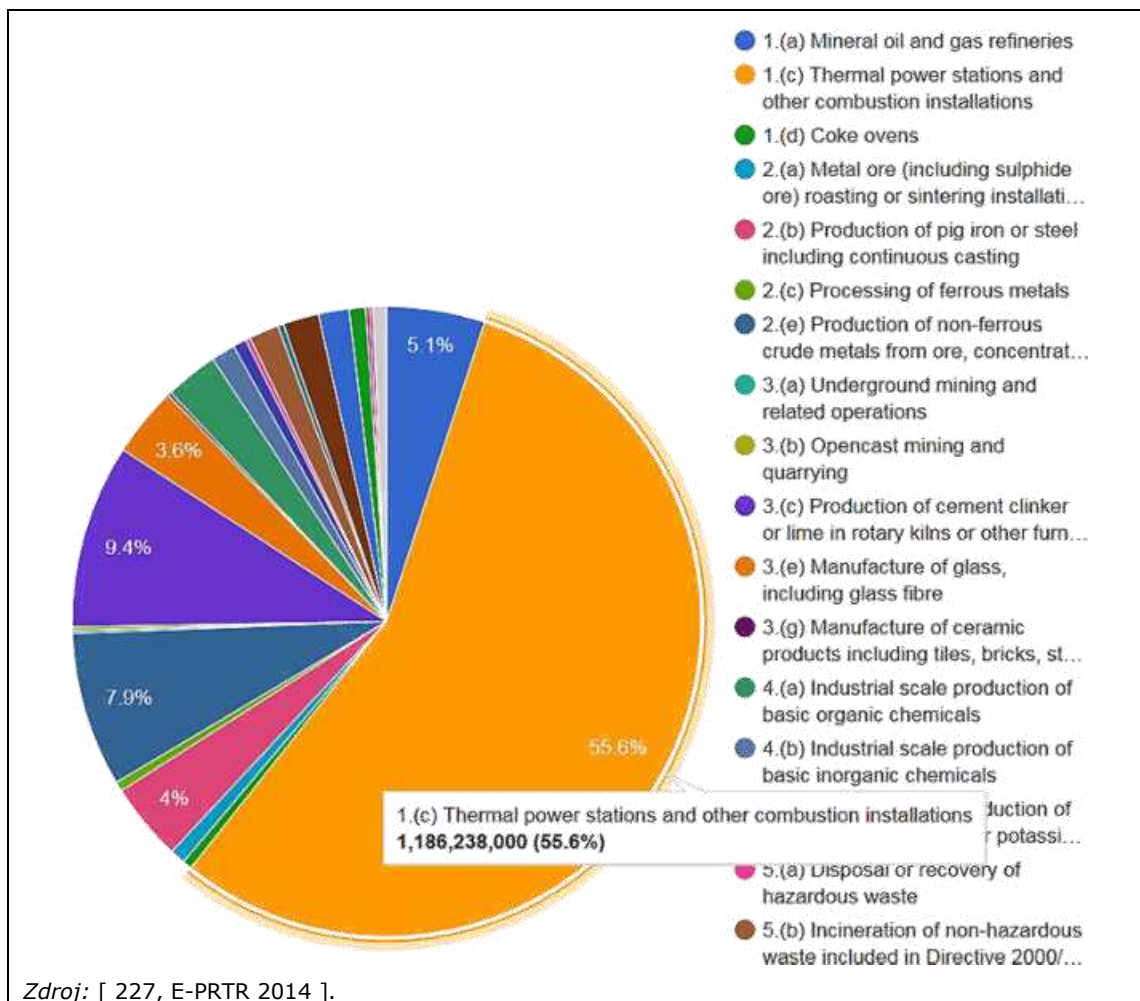
- emisie NO_x sú nižšie v kotloch s pohyblivým roštom vďaka relatívne nízkej teplote spaľovania a postupnému charakteru spaľovania, ktoré postupuje po rošte;
- sú emisie vyššie v kotle na práškové uhlie, pričom sa líšia v závislosti od typu horáka a konštrukcie spaľovacej komory;
- Emisie NO_x v kotle s fluidným lôžkom sú nižšie ako emisie produkované v konvenčných kotloch, ale emisie N_2O môžu byť vyššie, ak je prevádzková teplota pece príliš nízka.

Tvorba tepelného NO_x je hlavnou cestou, ktorou sa NO_x vytvára v zariadeniach používajúcich plynné a destilované kvapalné palivá. Množstvo palivového NO_x je väčšie v zariadeniach používajúcich uhlie a ťažký vykurovací olej, pretože tieto palivá obsahujú väčšie množstvo dusíka viazaného v palive.

Mechanizmus tvorby oxidu dusného (N_2O) ešte nie je úplne objasnený. Existuje možný mechanizmus tvorby založený na medziproduktoch (HCN , NH_3), ktorý je porovnateľný s tvorbou NO . Zistilo sa, že nižšie teploty spaľovania, t. j. pod 1 000 °C, spôsobujú vyššie emisie N_2O . Pri nižších teplotách je molekula N_2O relatívne stabilná; pri vyšších teplotách sa vytvorený N_2O redukuje na N_2 .

V porovnaní s emisiami z konvenčných stacionárnych spaľovacích jednotiek je oxid dusný z bublinkového, cirkulačného alebo tlakového spaľovania vo fluidnom lôžku relatívne vysoký. Oxid dusný (N_2O) zároveň priamo prispieva k skleníkovým klimatickým účinkom prostredníctvom absorpcie tepelného infračerveného žiarenia v troposfére. Životnosť N_2O v troposfére je pomerne dlhá, pretože jeho interakcia s inými plynmi, mrakmi a aerosólmi je minimálna. N_2O sa rozkladá v prítomnosti O_3 a vytvára NO_2 a NO , označované ako NO_x .

Emisie NO_x/NO_2 do ovzdušia sú uvedené na obrázku 1.17 podľa odvetví priemyslu. V roku 2014 vyprodukovalo 892 zariadení v sektore „Tepelné elektrárne a iné spaľovacie zariadenia“ celkom 1 186 kt emisií NO_x/NO_2 do ovzdušia, čo predstavuje 55,6 % celkového množstva emisií všetkých zariadení zahrnutých v E-PRTR.



Obrázok 1.17: Emisie NO_x/NO_2 do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014

1.3.2.3 Prach

Prach emitovaný pri spaľovaní uhlia, rašeliny a biomasy pochádza takmer výlučne z minerálnej zložky paliva. Malá časť prachu môže pozostávať z nespáleného uhlíka paliva a veľmi malých častíc, ktoré vznikajú kondenzáciou zlúčenín odparených počas spaľovania.

Typ spaľovacieho procesu má značný vplyv na podiel popola zachyteného v emisiách spalín z kotlov. Napríklad kotly s pohyblivým roštom produkujú relatívne malé množstvo popolčeka (20 – 40 % celkového popola), zatiaľ čo kotly na práškové uhlie produkujú značné množstvo (80 – 90 %).

Spaľovanie kvapalných palív je zároveň zdrojom emisií častíc, hoci v menšej miere ako uhlie. Zlé podmienky spaľovania vedú najmä k tvorbe sadzí, ktoré môžu v prítomnosti oxidu sírového vytvárať kyslé aglomeráty s korozívnymi vlastnosťami.

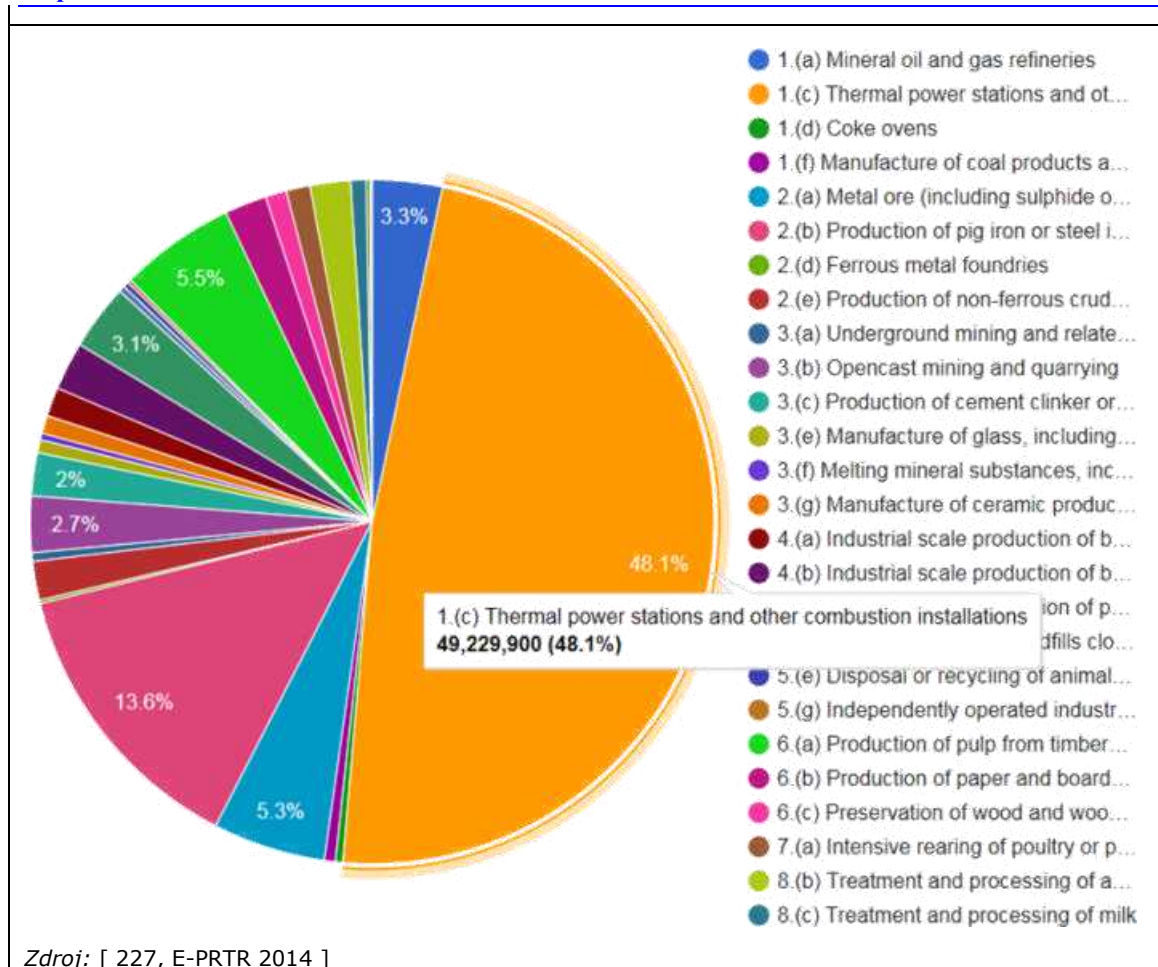
Spaľovanie zemného plynu nie je významným zdrojom emisií prachu. Na druhej strane, niektoré priemyselné plyny môžu obsahovať častice, ktoré sa odfiltrujú vo výrobnom procese alebo, ak to nie je možné, pred spaľovaním.

V mnohých zariadeniach existujú aj potenciálne difúzne emisie (manipulácia a skladovanie uhlia na voľnom priestranstve, drvenie uhlia používaného v kotloch na práškové uhlie, manipulácia s popolom atď.). [125, OSPAR 1997]

Problémy v oblasti životného prostredia, najmä vplyvy na zdravie, súvisia najmä s časticami s priemerom menším ako 2,5 μm , ktoré môžu zostať vo vzduchu celé dni alebo dokonca týždne. Problémy v oblasti životného prostredia môžu vzniknúť aj dlhodobým hromadením perzistentných zlúčenín po usadzovaní na pôde alebo rozpúšťaním a prenosom do vodných útvarov. Vzďialenosť, ktorú častice prekonajú, kým sa z ovzdušia odstránia usadzovaním alebo zrážaním, závisí od ich fyzikálnych vlastností a poveternostných podmienok. Veľkosť, hustota a tvar ovplyvňujú rýchlosť, akou sa častice usadzujú. Častice s priemerom väčším ako 10 μm sa usadzujú pomerne rýchlo. Ich vplyv je primárne v blízkosti zdroja. Menšie častice s priemerom menším ako 10 μm , a najmä tie s priemerom menším ako 2,5 μm , môžu prekonať stovky kilometrov, než sa usadia. Aerosóly často fungujú ako kondenzačné jadrá pre tvorbu mrakov a sú vyplavované dažďom.

Techniky kontroly priemyselných emisií tuhých častíc (PM) sú veľmi účinné a dosahujú viac ako 99,8 % hmotnostného odstránenia zo surového vstupného plynu. Dosiahnuteľné miery zníženia závisia od použitej sekundárnej technológie znižovania emisií a v prípade niektorých iných palív, ako je ropa, môžu byť nižšie v dôsledku odlišného zloženia a veľkosti častíc. Iba v prípade malých častíc, ako sú PM₁₀ a menej, klesá účinnosť odstraňovania na 95 % až 98 %. Z tohto dôvodu má väčšina častíc z LCP, ktoré sa stále vypúšťajú do ovzdušia, priemer v rozmedzí 0,1 μm až 10 μm .

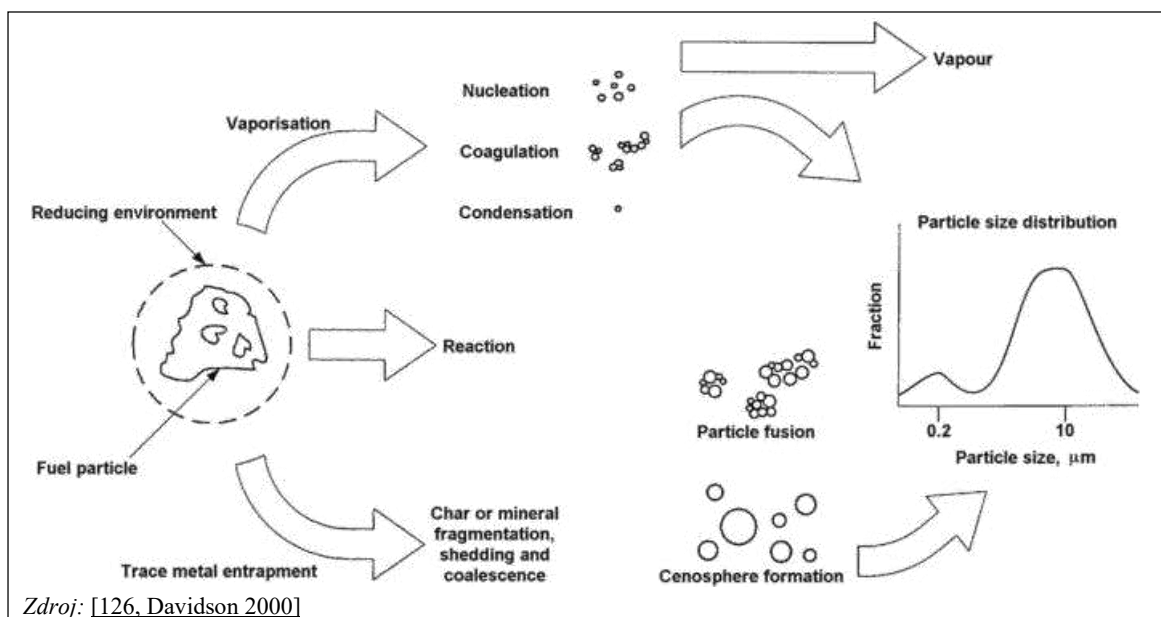
Emisie PM₁₀ do ovzdušia sú uvedené na obrázku 1.18 podľa odvetví priemyslu. V roku 2014 165 zariadení v odvetví „Tepelné elektrárne a iné spaľovacie zariadenia“ emitovalo do ovzdušia celkovo 49 kt emisií PM₁₀, čo predstavuje 48,1 % celkového množstva emisií všetkých zariadení zahrnutých v E-PRTR.



Obrázok 1.18: Emisie PM₁₀ do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014

1.3.2.4 Kovy

Emisie kovov sú výsledkom ich prítomnosti ako prírodných látok v palivách. Väčšina uvažovaných kovov (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, V) sa zvyčajne uvoľňuje vo forme zlúčenín (napr. oxidov, chloridov) v spojení s časticami. Iba Hg a Se sú aspoň čiastočne prítomné v parnej fáze. Najmä Hg je známa ako znečisťujúca látka s dlhým dosahom, ktorá môže spôsobiť problémy so znečistením v oblastiach vzdialených od zdroja emisií. Menej prchavé prvky majú tendenciu kondenzovať na povrchu menších častíc v prúde spalín. Preto sa pozoruje obohatenie v najjemnejších frakciách častíc. Rozdelenie napríklad kovov počas spaľovania uhlia je znázornené na obrázku 1.19.



Zdroj: [126, Davidson 2000]

Obrázok 1.19: Rozdelenie kovov počas spaľovania uhlia

Obsah kovov v uhlí je zvyčajne o niekoľko rádov vyšší ako v rope (s výnimkou prípadov Ni a V v ťažkom vykurovacom oleji) alebo zemnom plyne. Mnohé kovy sú chemicky viazané v zlúčeninách, ako sú oxidy, sírany, hliníkokremičitany a minerály, napríklad anhydridy a sadra. Uvoľňovanie prvkov závisí od povahy a veľkosti častíc zlúčeniny. Pri spaľovaní uhlia napríklad častice prechádzajú zložitými zmenami, ktoré vedú k odparovaniu prchavých prvkov. Rýchlosť odparovania kovových zlúčenín závisí od vlastností paliva (napr. koncentrácií v uhlí, podielu anorganických zlúčenín, ako je vápnik) a vlastností použitej technológie (napr. typu kotla, prevádzkového režimu).

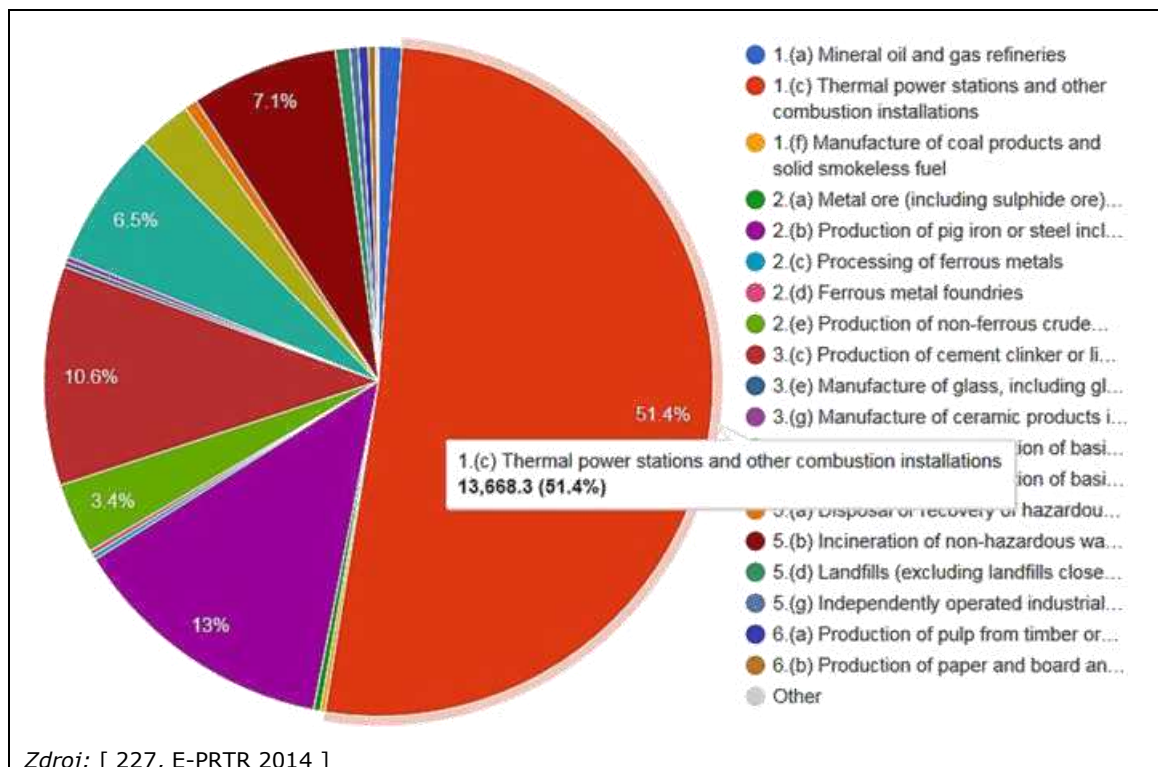
V dôsledku toho sa v popolčeku a popolčeku nachádzajú rôzne kovy v rôznych pomeroch. Napríklad mangán a železo majú podobné obohatenie v popolčeku a popolčeku a ich hladina je nízka v emisiách častíc z komína. Naopak, až 80 % kadmia, cínu, zinku, olova, antimónu a medi zostáva v popolčeku a asi 5 – 10 % zostáva v popolčeku. Avšak iba 15 % selénu a 2 % arzenu zostáva v pevných častiach a iba približne 5 % týchto prvkov zostáva v popolčeku. Podobne vysoký podiel ortuti sa uvoľňuje do atmosféry – až 85 % ortuti sa buď emituje do atmosféry, alebo zachytáva v pevných častiach popolčeka a zanedbateľné množstvo zostáva v popolčeku.

Spaľovaním uhlia sa uvoľňuje ortuť v oxidovanej (Hg^{2+}), elementárnej (Hg^0) forme alebo vo forme častíc (Hgp). Ortuť je prítomná v uhlí v stopových množstvách a proces spaľovania ju uvoľňuje do výfukových plynov ako elementárnu ortuť. Tá sa potom môže oxidovať prostredníctvom homogénnych (plyn-plyn) alebo heterogénnych (plyn-tuhá látka) reakcií. Primárnym homogénnym oxidačným mechanizmom je reakcia s plynnou fázou chlóru za vzniku HgCl_2 , zatiaľ čo heterogénne oxidačné reakcie sa podľa predpokladov odohrávajú na povrchu popolčeka a nespáleného uhlíka (UBC). Ortuť, ktorá je adsorbovaná na pevných povrchoch, sa nazýva ortuť viazaná na častice.

Oxidovaná ortuť sa vyskytuje prevažne v spalínach zo spaľovania uhlia a vzhľadom na to, že je rozpustná vo vode, je relatívne ľahké ju zachytiť pomocou prostriedkov na kontrolu SO_2 , ako sú mokré práčky s vápencom. Koncentrácia halogenidov (t. j. chloridov) v spalínach je dôležitá, pretože podporujú oxidáciu ortuti. Ortuť viazaná na častice je tiež relatívne ľahko zachytiteľná v existujúcich zariadeniach na kontrolu častíc. Prvková ortuť, ktorá sa vo vyšších koncentráciách vyskytuje v spalínach zo spaľovania hnedého uhlia, je ťažšie zachytiteľná pomocou existujúcich kontrol znečistenia, ktoré sa bežne používajú v elektrárnach spaľujúcich hnedé uhlie (t. j. bez SCR). V kombinácii s nižším obsahom uhlíka v popolčeku to vedie k vyšším emisiám ortuti z týchto palív. Adsorpcia/absorpcia ortuti na častiach je v tomto prípade nižšia.

Elementárna ortuť má v atmosfére životnosť až jeden rok, zatiaľ čo oxidované formy ortuti majú životnosť niekoľko dní alebo menej, kvôli ich vyššej rozpustnosti v atmosférickej vlhkosti. Prvková ortuť sa preto môže prenášať na veľké vzdialenosti, zatiaľ čo oxidovaná ortuť a ortuť v časticách sa usadzuje v blízkosti miesta emisií.

Emisie Hg do ovzdušia podľa priemyselných odvetví sú uvedené na obrázku 1.20. V roku 2014 vyprodukovalo 169 zariadení v sektore „Tepelné elektrárne a iné spaľovacie zariadenia“ celkom 13,7 ton emisií Hg do ovzdušia, čo predstavuje 51,4 % celkového množstva emisií všetkých zariadení zahrnutých v E-PRTR.



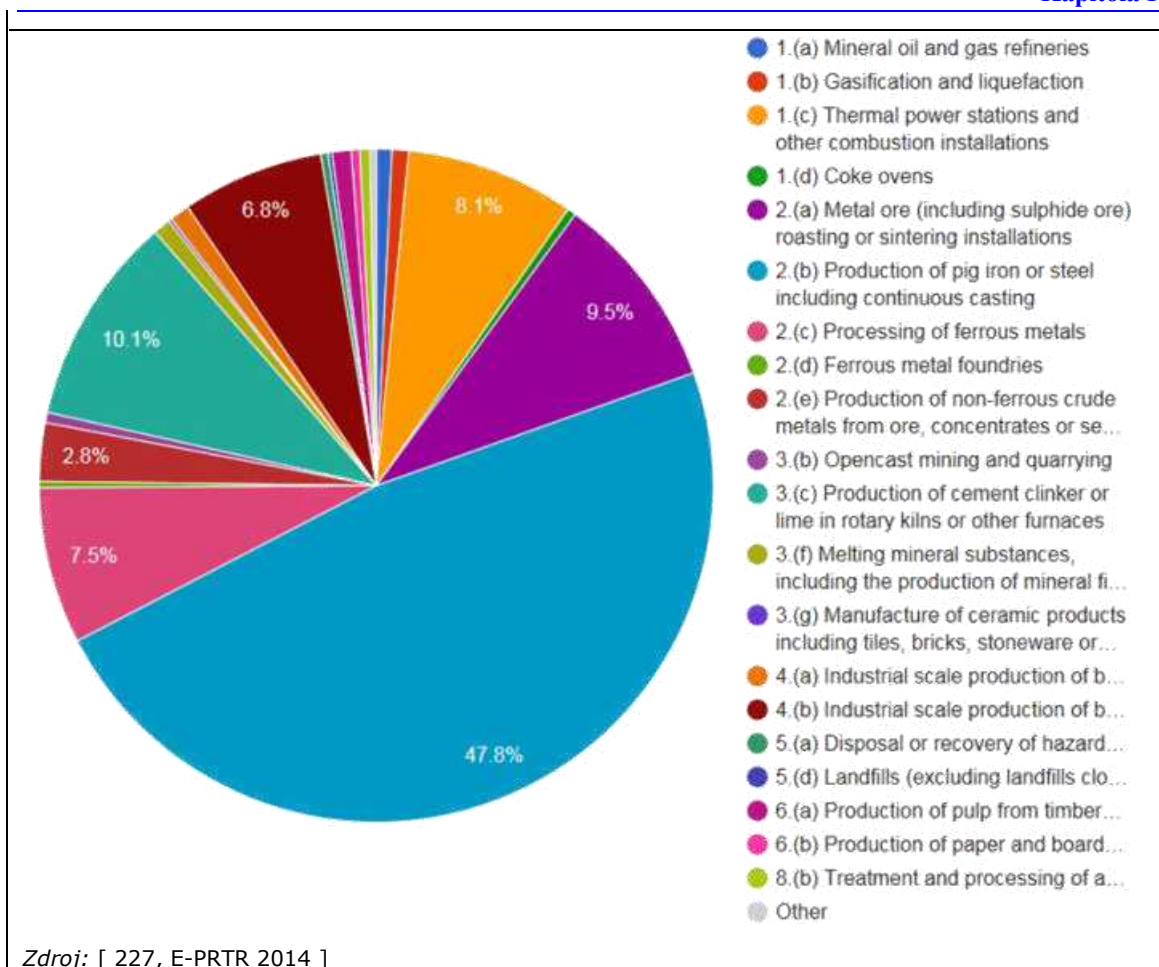
Zdroj: [227, E-PRTR 2014]

Obrázok 1.20: Emisie Hg do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014

1.3.2.5 Oxid uhoľnatý (CO)

Oxid uhoľnatý (CO) sa vždy vyskytuje ako medziprodukt spaľovacieho procesu, najmä v podmienkach substechiometrického spaľovania. Prevádzkovatelia elektrární sa vždy snažia minimalizovať tvorbu CO, pretože CO je indikátorom rizika korózie a nespáleného paliva, a preto znamená stratu účinnosti. Mechanizmy tvorby CO, tepelného NO a VOC sú podobne ovplyvnené podmienkami spaľovania. [127, Corinair 1996]

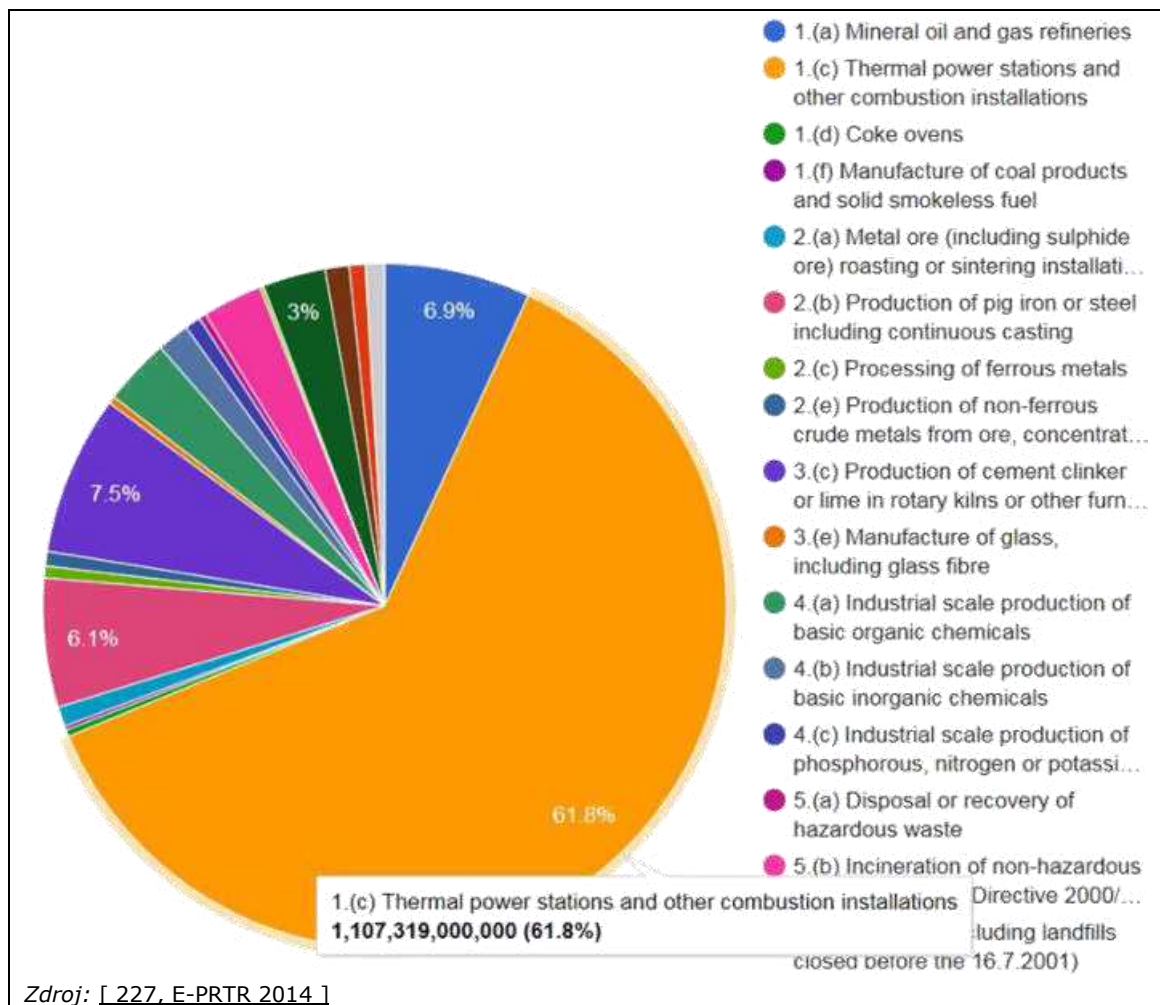
Emisie CO do ovzdušia sú uvedené na obrázku 1.21 podľa odvetví priemyslu. V roku 2014 vyprodukovalo 108 zariadení v odvetví „Tepelné elektrárne a iné spaľovacie zariadenia“ celkom 264 kt emisií CO do ovzdušia, čo predstavuje 8,1 % celkového množstva emisií všetkých zariadení zahrnutých v E-PRTR.



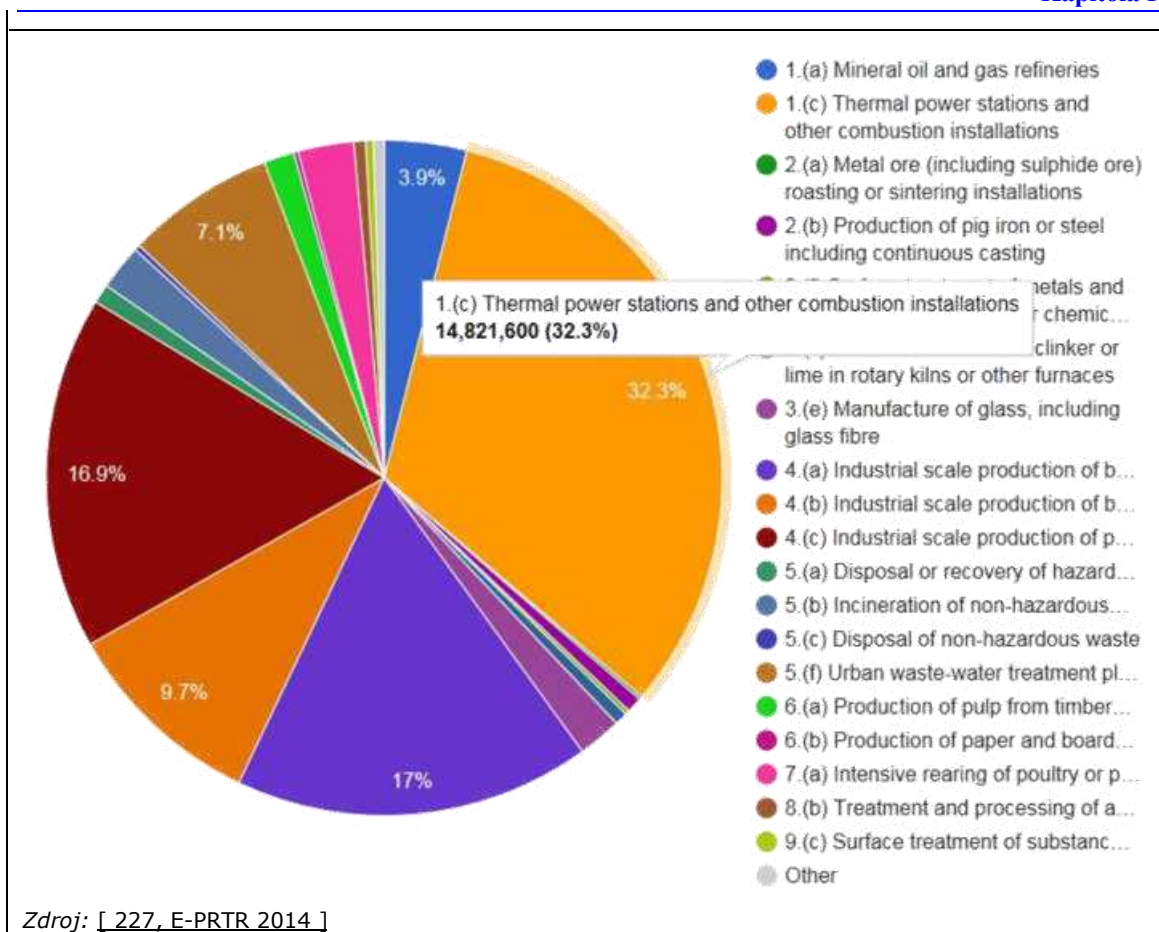
Obrázok 1.21: Emisie CO do ovzdušia podľa odvetví priemyslu/činností v EÚ-28 v roku 2014

1.3.2.6 Skleníkové plyny

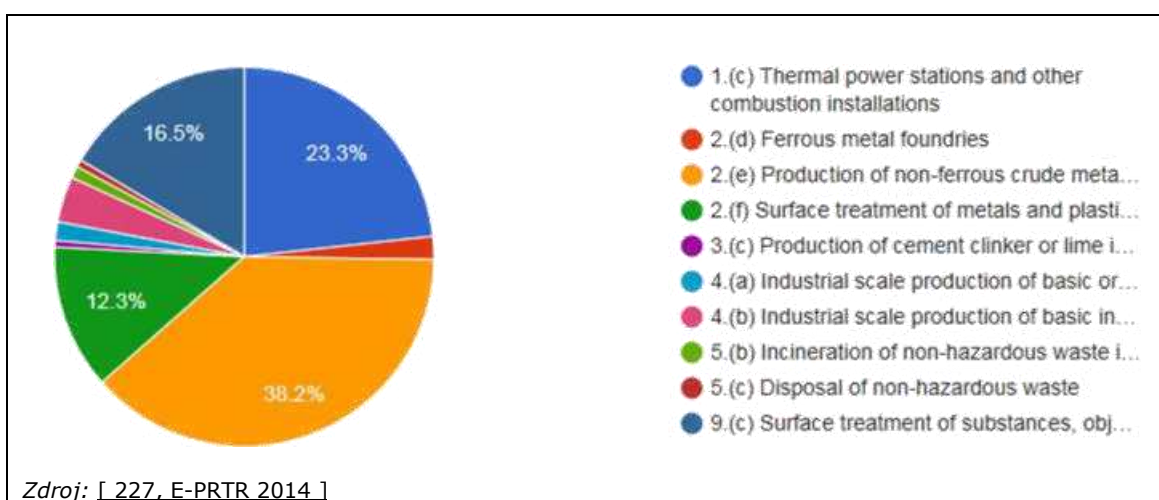
Skleníkové plyny majú vplyv na globálne otepľovanie v súvislosti s ich potenciálom zachytávať teplo v atmosfére. Oxid uhličitý (CO_2), oxid dusný (N_2O), hexafluór síry (SF_6) a metán (CH_4) sú najdôležitejšie skleníkové plyny spojené s LCP. Emisie CO_2 , N_2O , SF_6 a CH_4 do ovzdušia v EÚ-28 v roku 2014 sú uvedené podľa odvetvia priemyslu/činnosti na obrázku 1.22, obrázku 1.23, obrázku 1.24 a obrázku 1.25.



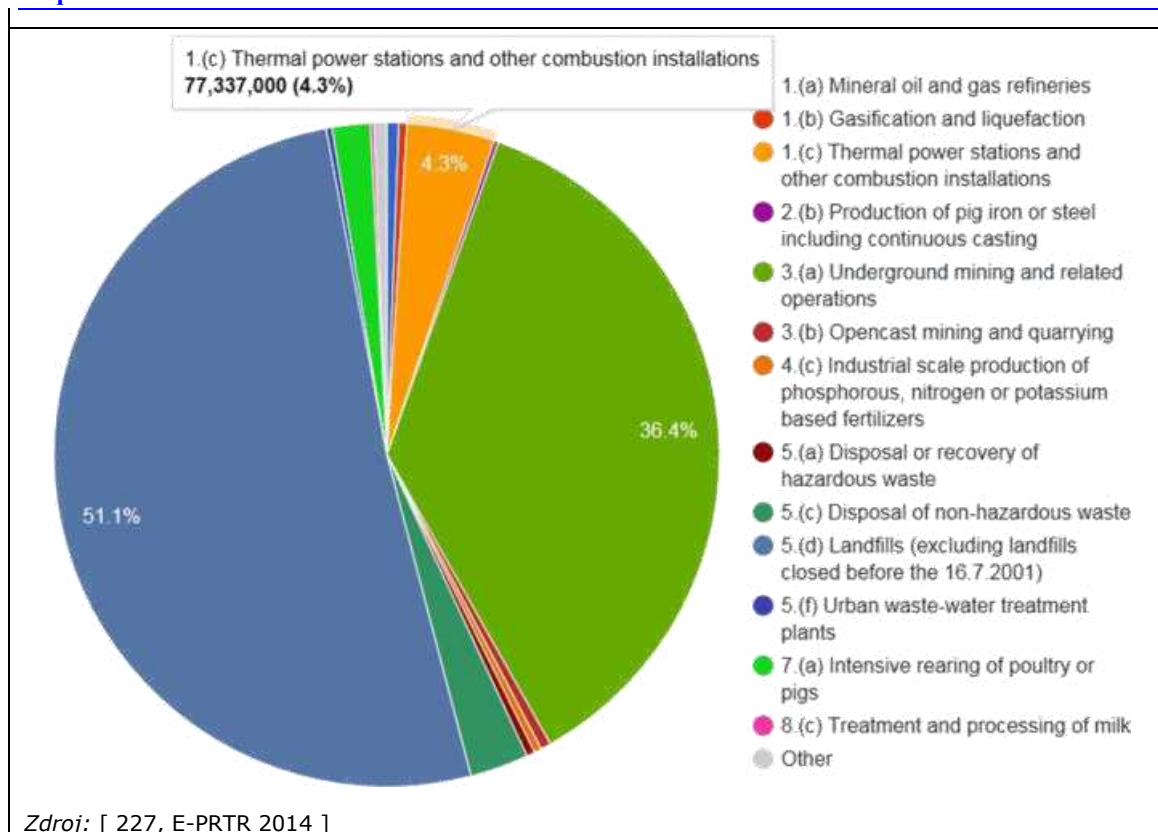
Obrázok 1.22: Emisie CO₂ do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014



Obrázok 1.23: Emisie N₂O do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014



Obrázok 1.24: Emisie SF₆ do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014

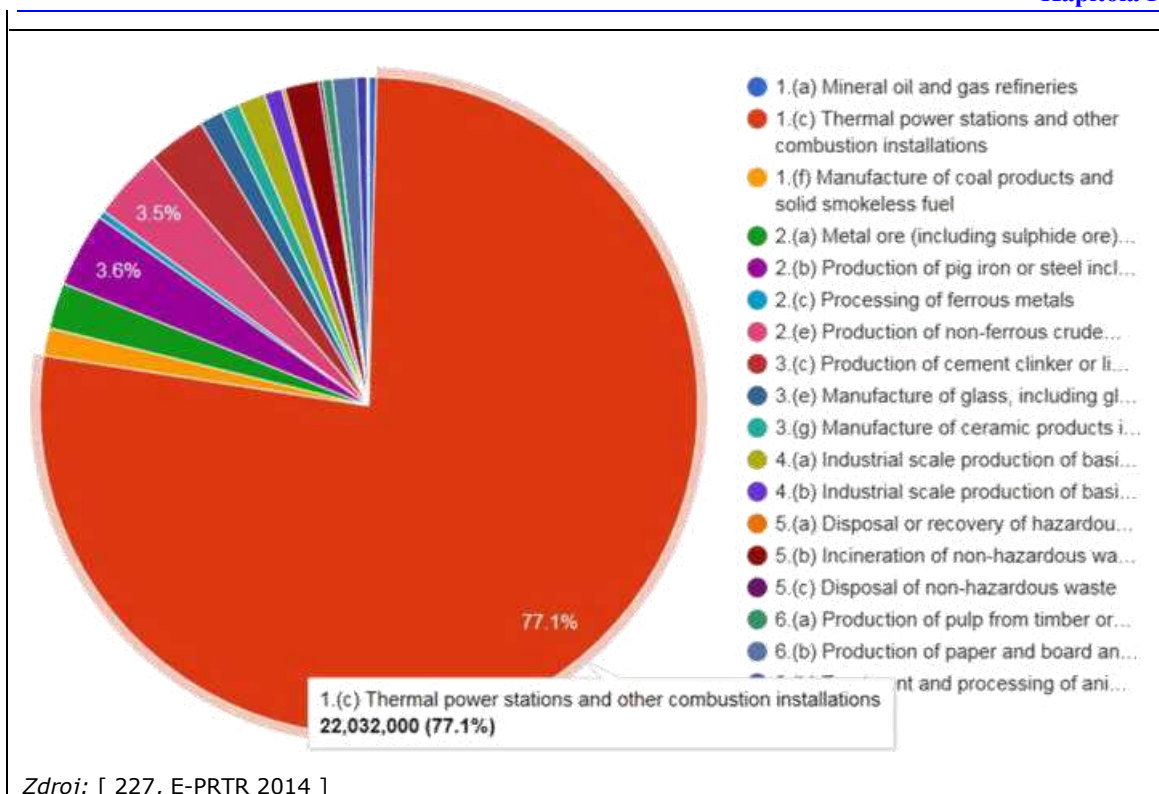


Obrázok 1.25: Emisie CH₄ do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014

1.3.2.7 Chlorovodík (HCl)

LCP bez odsírovania spalín (FGD) sú považované za hlavný zdroj emisií priemyselného chlorovodíka do ovzdušia. Emisie chlorovodíka sú spôsobené stopovými množstvami chloridu prítomnými v fosílnych palivách, ako je uhlie, ropa a biomasa. Pri spaľovaní fosílnych palív sa uvoľňujú malé množstvá chloridu. Časť tohto chloridu sa potom spája s vodíkom a vytvára chlorovodík. Spolu s vlhkosťou vo vzduchu sa chlorovodík mení na aerosól kyseliny chlorovodíkovej, ktorý prispieva k problémom s okysľovaním. Ten sa pri pohybe atmosférou ďalej riedi.

Emisie HCl do ovzdušia sú uvedené na obrázku 1.26 podľa odvetví priemyslu. V roku 2014 vyprodukovalo 202 zariadení v odvetví „Tepelné elektrárne a iné spaľovacie zariadenia“ celkom 22 kt emisií chlóru a anorganických zlúčenín (ako HCl) do ovzdušia, čo predstavuje 77,1 % celkového množstva emisií všetkých zariadení zahrnutých v E-PRTR.

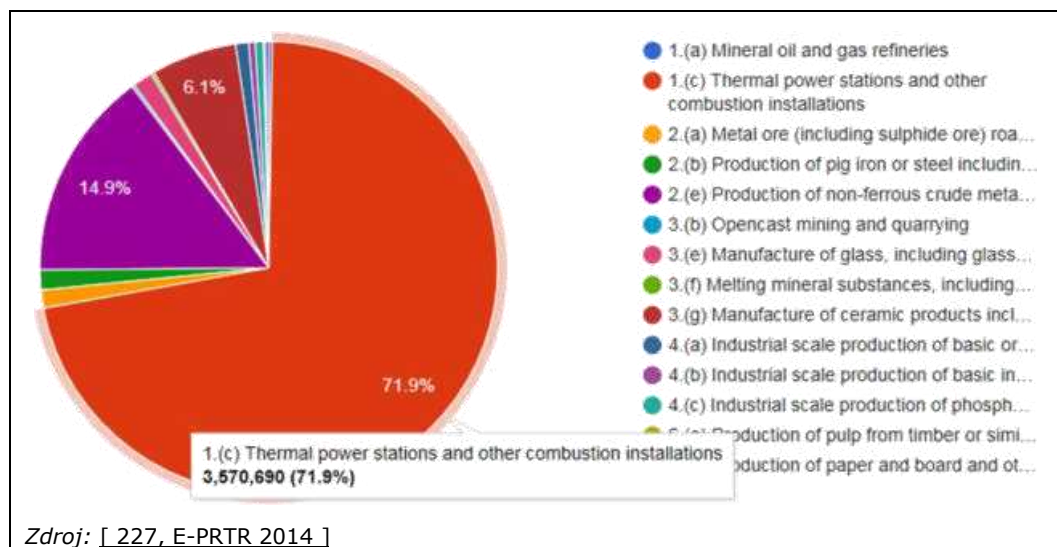


Obrázok 1.26: Emisie chlóru a anorganických zlúčenín (ako HCl) do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014

1.3.2.8 Fluorovodík (HF)

Podobne ako chlorid je aj fluorid prírodným prvkom prítomným v fosílnych palivách a biomase. Pri využívaní takých palív, ako je uhlie, na výrobu energie bez použitia odsirovania spalín sa fluorid uvoľňuje do spalín. Následne sa spája s vodíkom a vytvára fluorovodík a s vlhkosťou okolitého vzduchu vytvára kyselinu fluorovodíkovú.

Emisie HF do ovzdušia sú uvedené na obrázku 1.27 podľa odvetví priemyslu. V roku 2014 110 zariadení v odvetví „Tepelné elektrárne a iné spaľovacie zariadenia“ vypustilo do ovzdušia celkom 3,57 kt fluóru a anorganických zlúčenín (ako HF), čo predstavuje 71,9 % celkového množstva emisií všetkých zariadení zahrnutých do E-PRTR.



Obrázok 1.27: Emisie HF do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014

1.3.2.9 Amoniak (NH_3)

Emisie amoniaku (NH_3) nie sú výsledkom spaľovania fosílnych palív, ale skôr dôsledkom neúplnej reakcie amoniaku v procese DeNO_x. Amoniak sa používa ako činidlo, ako čistý amoniak alebo vo vodnom roztoku v jednotkách SCR a SNCR. Amoniak chemicky reaguje za vzniku NH_4HSO_4 a je odstraňovaný spolu s popolčekom zo systému a tiež, keďže je rozpustným plynom, prostredníctvom mokrého pračiek FGD. Bez odstraňovania prachu alebo FGD na výstupe (konfigurácia DeNO_x na konci), sa „únik amoniaku“ potom emituje spolu s dymovými plynmi do atmosféry. Únik amoniaku v zariadeniach SCR a SNCR sa zvyšuje s rastúcim pomerom NH_3 k NO_x, ale v prípade SCR aj s klesajúcou aktivitou katalyzátora. Nízke množstvo NH_3 vo vedľajších produktoch je možné zaručiť správnu údržbou katalytického systému.

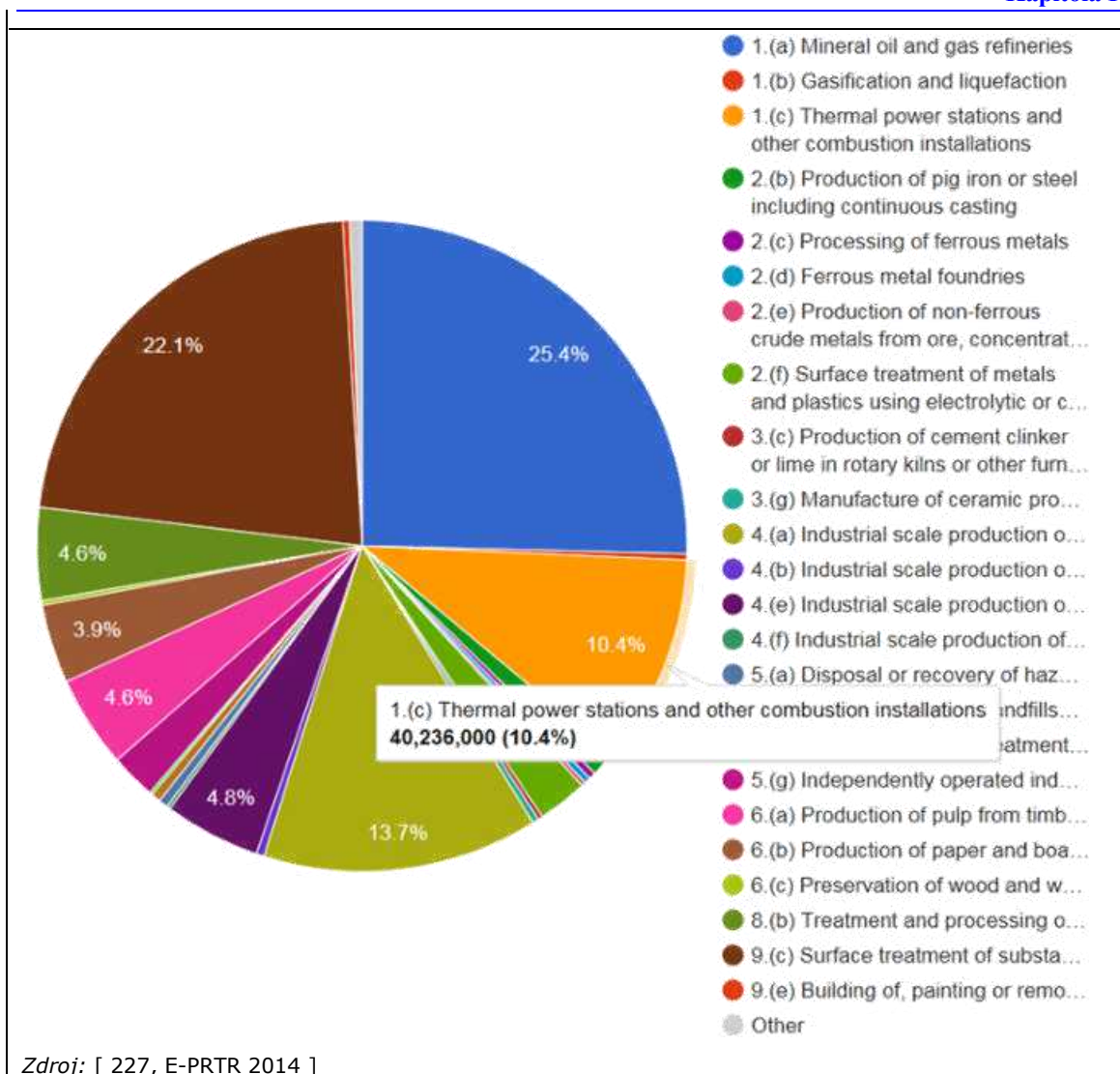
Americká agentúra EPA identifikovala amoniak ako najväčší prekursor jemných častíc (s veľkosťou 2,5 mikrónov a menej) znečisťujúcich ovzdušie v krajine. [128, Heide 2011]

V roku 2014 33 zariadení v sektore „Tepelné elektrárne a iné spaľovacie zariadenia“ vyprodukovalo celkovo 997 ton emisií NH_3 do ovzdušia, čo predstavuje 0,5 % celkového množstva emisií všetkých zariadení zahrnutých v E-PRTR (väčšina emisií amoniaku súvisí s chovom ošípaných a hydiny). [227, E-PRTR 2014]

1.3.2.10 Prchavé organické zlúčeniny (VOC)

Zdroje emisií prchavých organických zlúčenín v dôsledku priemyselných činností sú početné, ale spaľovanie palív je jedným z najvýznamnejších.

Emisie nemetánových prchavých organických zlúčenín (NMVOC) do ovzdušia sú uvedené v grafe 1.28 podľa odvetví priemyslu. V roku 2014 95 zariadení v odvetví „Tepelné elektrárne a iné spaľovacie zariadenia“ emitovalo do ovzdušia celkom 40,24 kt NMVOC, čo predstavuje 10,4 % celkového množstva emisií zo všetkých zariadení zahrnutých do E-PRTR.



Obrázok 1.28: Emisie NMVOC do ovzdušia podľa odvetvia priemyslu/činnosti v EÚ-28 v roku 2014

1.3.2.11 Perzistentné polycyklické furány organické látky (POP): aromatické uhl'ovodíky (PAH), dioxíny a

Medzi perzistentné organické zlúčeniny, ktoré sa môžu uvoľňovať pri spaľovaní palív, patria polycyklické aromatické uhl'ovodíky (PAH), polychlóvané dibenzodioxíny (PCDD) a polychlóvané dibenzofurány (PCDF).

Na vysvetlenie emisií PAH z procesov spaľovania boli navrhnuté tri všeobecné mechanizmy [129, Sloss et al. 1993]:

- PAH prítomné v surovinách, ako sú fosílné palivá alebo odpad, môžu prechádzať spaľovacím systémom bez toho, aby boli zničené;
- reformácia kruhových štruktúr z fragmentov a prekursorov môže viesť k tvorbe v spaľovacej zóne alebo nižšie pri teplotách okolo 700 °C; a
- uhlíkové reťazce môžu tvoriť aromatické kruhy a ďalej PAH – *de novo* syntéza.

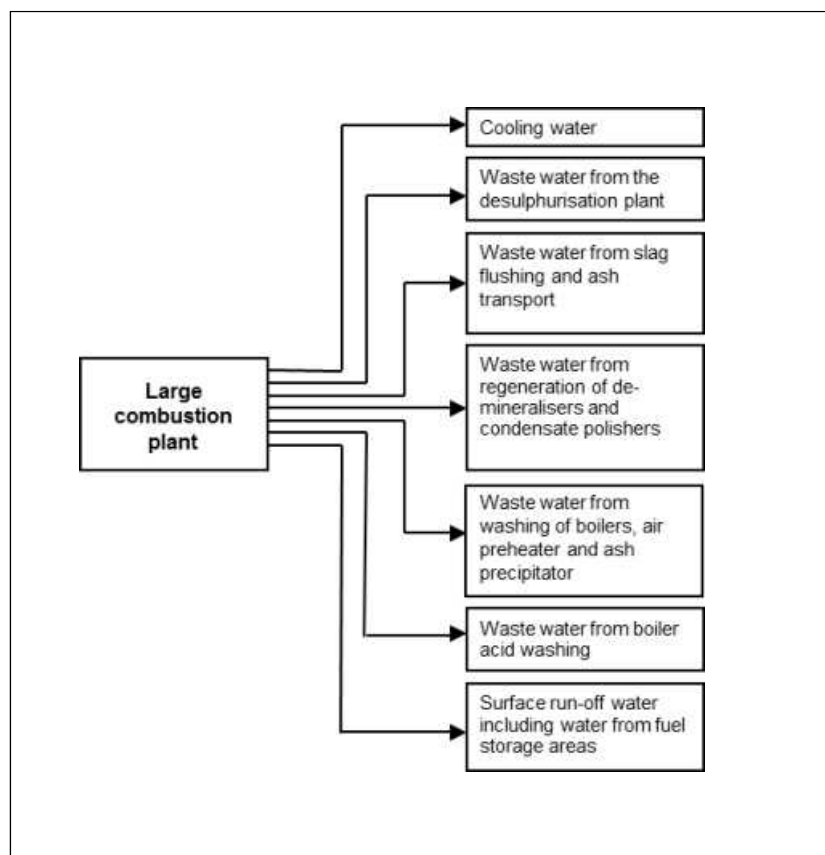
Predpokladá sa, že syntéza PAH *de novo* prebieha prostredníctvom oligomerizácie a cyklizácie acetylénov, ktoré vznikajú v dôsledku neúplného spaľovania. Reakcie prebiehajú v plynnej fáze.

Okrem spaľovania uhlia sa ako možný zdroj emisií PCDD/F uvádzajú aj spaľovacie zariadenia využívajúce drevo alebo inú pevnú biomasu. Hlavným procesom je recyklácia dreva na výrobu energie, napríklad vo forme drevotrieskových dosiek alebo odpadu z dreva, ktoré bolo ošetrované alebo obsahuje chlórované organické zlúčeniny (PCP, lindán, PVC, NH_4Cl atď.). Okrem toho by zavedenie kombinovaného spaľovania odpadu (kaly zo zariadení na čistenie odpadových vôd, plasty a iné) v určitých konvenčných spaľovacích zariadeniach mohlo tiež viesť k významným emisiám dioxínov [125, OSPAR 1997]. PCDD/F sa môžu tvoriť aj pri katalytických reakciách uhlíka alebo uhlíkových zlúčenín s anorganickými zlúčeninami chlóru nad oxidmi kovov, napr. meďou. K týmto reakciám dochádza najmä na popolčeku alebo filtračnom prachu pri teplotách medzi 200 °C a 450 °C.

PCDD/F nie sú veľmi prchavé molekuly a keď sa adsorbujú na častice vznikajúce pri spaľovaní, majú vysokú tepelnú a chemickú stabilitu v prostredí. Môžu sa zničiť len pri teplotách nad 1 000 °C. V tejto súvislosti treba poznamenať, že PCDD/F sa nachádzajú nielen v komínových plynch, ale aj v tuhých rezíduách z akéhokoľvek spaľovacieho procesu, ako sú lôžkový popol, škvara a popolček.

1.3.3 Emisie do vody

Okrem znečisťovania ovzdušia sú LCP aj významným zdrojom vypúšťania vody (chladiacej a odpadovej) do riek, jazier a morského prostredia. Tieto vypúšťania môžu spôsobiť problémy s kvalitou vody, ktoré sa môžu veľmi líšiť v závislosti od typu použitého paliva, použitej techniky znižovania emisií, techniky chladenia a následne množstva použitej vody a chemických a biologických činidiel pridaných na účely čistenia a údržby. Hlavné zdroje odpadových vôd v spaľovniach na fosílna palivá sú uvedené na obrázku 1.29.



Obrázok 1.29: Odpadové vody z veľkých spaľovacích zariadení na fosílna palivá

Tepelná účinnosť spaľovacieho cyklu je obmedzená termodynamickými limitmi „Carnotovho cyklu“, ktorý je teoretickým spaľovacím cyklom. To znamená, že nie všetka chemicky viazaná energia fosílného paliva sa môže premeniť na mechanickú energiu, a teda na elektrickú energiu. Výsledkom je, že značná časť energie dodanej spaľovaním sa musí rozptýliť na úrovni kondenzátora a preniesť do okolitého prostredia vo forme tepla. Mnohé spaľovacie zariadenia používajú ako chladiaci prostriedok veľké množstvo chladiacej vody, ktorú čerpajú buď z riek, jazier, podzemných vodných zdrojov alebo z mora.

Odpadové teplo sa prenáša (pomocou chladiacich techník, ako sú priechodné systémy alebo mokré chladiace veže) do chladiacej vody a ďalej do vodného prostredia. Vplyv priemyselného chladenia, a teda aj chladiacich techník používaných v LCP, na životné prostredie je opísaný v dokumente BREF o priemyselných chladiacich systémoch (ICS).

Vyššie uvedené toky odpadových vôd môžu byť kontaminované rôznymi látkami znečisťujúcimi vodu.

V tabuľke 1.7 sú uvedené všeobecne relevantné parametre znečisťujúce vodu z LCP. Význam každého parametra však závisí od kvality surovej vody, konkrétnej konfigurácie zariadenia a použitých procesov, ktoré tiež určujú typ a množstvo znečisťujúcich látok prítomných v odpadovej vode pred čistením. Obsah tabuľky 1.7 sa v plnej miere nevzťahuje na elektrárne spaľujúce plyn a kvapalné palivá.

Tabuľka 1.7: Zoznam látok znečisťujúcich vodu z LCP

Parameter/znečisťujúca látka	Parameter/znečisťujúca látka*
pH	N (celkom)
Teplota	P (celkom)
Farba	A
TSS	Cd
TDS	Cr
BOD	Cu
COD	Hg
Minerálne oleje	Ni
Voľný chlór	Pb
NH ₃	Zn
Sb	AOX
As	PCDD+PCDF (ako TEQ)
Co	Fenoly (ako celkový C)
Mn	PAH
Tl	TOC
V	Chlorid (ako celkový Cl)
Sn	Fluorid (ako celkový F)
CN	Fluorantén
S	
SO ₃	
SO ₄	
EOX	
Fenol	
PCDD/PCDF	
* Podľa dodatku 5 k usmerneniu pre implementáciu E-PRTR (31. máj 2006).	

Vzhľadom na svoje chemické, biologické a/alebo fyzikálne vlastnosti môžu mať tieto zlúčeniny veľký vplyv na vodné prostredie. Tieto látky môžu spôsobiť zmeny v prijímajúcich vodách, ako je zvýšenie ich kyslosti alebo zásaditosti, čím sa zmení ich hodnota pH, salinita, alebo zníži obsah kyslíka a zvýši rast rastlín v dôsledku emisií živín pre rastliny. Napríklad voda z preplachovania škvary a prepravy popola má vďaka zloženiu popola alkalický charakter, zatiaľ čo voda z umývania kotlov je kyslá. Odpadová voda z mokrej odsírovacej prevádzky obsahuje soli, ako sú chloridy a sírany.

1.3.4 Rezíduá po spaľovaní

Spaľovanie palív je spojené s tvorbou rôznych rezíduí (odpadov a/alebo vedľajších produktov). Látky alebo predmety, ktoré vznikajú v rámci výrobného procesu, ktorého primárnym cieľom nie je výroba daného predmetu, možno považovať nie za odpad, ale za vedľajšie produkty, ak sú splnené príslušné požiadavky na ich predaj na trhu (napr. popolček, sadra z odsírovania spalín). Podľa svojho pôvodu sa rezíduá zo spaľovacieho zariadenia dajú rozdeliť na rezíduá, ktoré priamo súvisia s procesom spaľovania, a rezíduá, ktoré vznikajú prevádzkou spaľovacieho zariadenia a jeho vybavenia, ako sú mlyny na uhlie alebo zariadenia na čistenie vody. Rezíduá, ktoré priamo súvisia so spaľovaním palív, sú popol (popolček a popol z lôžka) a rezíduá, ktoré vznikajú pri odsírení spalín. V rámci EÚ (EÚ-15) bolo v roku 2010 vyprodukovaných približne 48 300 kt rezíduí zo spaľovania uhlia, z ktorých bolo približne 25 290 kt využitých v stavebníctve (51,7 %), 19 500 kt v rekultivácii (40 %) a približne 1 000 kt bolo zlikvidovaných (6,4 %).

[64, ECOBA 2010]

Hlavné rezíduá vznikajúce pri spaľovaní tuhých palív sú nasledovné:

- **Spodný popol a/alebo kotlová škvara:** Spodný popol je nehorľavý materiál, ktorý sa usadzuje na dne kotla a zostáva vo forme nezhutneného popola. Ak teplota spaľovania prekročí teplotu tavenia popola, popol zostáva v roztavenom stave ako škvara, kým nie je odvedený zo dna kotla ako kotlová škvara.
- **Popol z fluidného lôžka:** Prevádzka spaľovacieho zariadenia s fluidným lôžkom s tuhým palivom, ako je uhlie, hnedé uhlie, biomasa alebo rašelina, vedie k tvorbe popola, ktorý je zložením použitého materiálu lôžka a popola z paliva. Popol z lôžka sa odstraňuje z dna spaľovacej komory s fluidným lôžkom.
- **Popolček:** Popolček predstavuje časť nehorľavého materiálu, ktorý je odvádzaný z kotla spolu s dymovými plynmi. Popolček sa zbiera zo zariadení na kontrolu častíc, ako je elektrostatický odlučovač alebo vrecový filter, a tiež z rôznych častí kotla, ako je ekonomizér a predohrev vzduchu. Najväčšie množstvo popola vzniká pri spaľovaní uhlia a hnedého uhlia, nasleduje spaľovanie rašeliny a biomasy, zatiaľ čo zariadenia spaľujúce plyn produkujú veľmi malé množstvá popola. Množstvo popola vznikajúceho v zariadeniach spaľujúcich kvapalné palivá je oveľa vyššie ako v kotloch spaľujúcich plyn, ale v porovnaní s množstvom popola vznikajúceho pri spaľovaní uhlia je toto množstvo relatívne malé.
- **Rezíduá zo spracovania spalín:** Palivá ako uhlie, rašelina a ropa obsahujú rôzne množstvá síry. Aby sa zabránilo vysokým emisiám oxidu siričitého do ovzdušia, sú veľké spaľovacie zariadenia (najmä zariadenia s výkonom nad 100 MW_{th}) zvyčajne vybavené systémami na spracovanie spalín (FGD). Rôzne techniky odsírovania, ktoré sa v súčasnosti používajú, vedú k vzniku množstva rezíduí. Napríklad mokré vápenné/vápenaté pračky produkujú ako vedľajší produkt sadru, zatiaľ čo suché pračky produkujú ako zvyšok zmes nezreagovaného sorbentu (napr. vápno, vápenec, uhličitany sodné, uhličitany vápenaté), sírových solí a popolčeka.

Popol a rezíduá zo odsírovania spalín predstavujú zďaleka najväčšie množstvo rezíduí z LCP. Tieto rezíduá môžu byť likvidované ako odpad na skládkach alebo môžu byť použité ako vedľajšie produkty na rôzne účely, napríklad pri výrobe cementu a betónu, ako agregát v betóne a asfalte, pri rekultivácii baní alebo stabilizácii odpadu a ako zložka v mnohých ďalších produktoch.

Sadra, vedľajší produkt zo zariadenia na odsírovanie, sa široko používa v cementárskom a sadrovom priemysle, napríklad na výrobu sadrokartónových dosiek, a významne a čoraz viac prispieva k uspokojovaniu dopytu po sadre. Okrem rezíduí, ktoré priamo súvisia so spaľovacím procesom a ktoré vznikajú vo veľkých množstvách, vznikajú v dôsledku prevádzky zariadení a vybavenia aj rezíduá v menších množstvách. Typické príklady takýchto rezíduí sú nasledujúce:

- **Rezíduá z čistenia kotlov:** Rezíduá vznikajúce pri údržbe plynových a vodných častí kotla, vrátane predhrievača vzduchu, ekonomizéra, predhrievača, komína, kondenzátora a pomocného zariadenia. Na strane plynu sa na povrchu zariadenia hromadia rezíduá spaľovania, ako je sadza a popolček, ktoré je potrebné pravidelne odstraňovať. Na strane vody sa v kotle hromadia usadeniny a produkty korózie, ktoré je potrebné pravidelne odstraňovať pomocou kyselinových alebo alkalických roztokov.
- **Odpad z mletia tuhých palív:** Tuhé palivá, ako je uhlie a hnedé uhlie, sa zvyčajne drvia, aby bolo možné ich vháňať do kotla. Pri mletí uhlia je potrebné od palivového toku oddeľovať kamene a pyrit (minerál na báze železa). Tieto tuhé rezíduá sa môžu vypúšťať spolu s popolčekom.
- **Kal z čistenia dopĺňanej vody:** Rezíduá vznikajúce pri čistení dopĺňanej vody pre parný cyklus. Čistenie dopĺňanej vody do kotla môže zahŕňať rôzne procesy, ako je usadzovanie, flokulácia, zmäkčovanie, filtrácia a osmóza. Tieto metódy čistenia vedú k tvorbe kalov z čistenia.
- **Živice z použitých iónových meničov:** Iónové meniče so živicom sa používajú na čistenie dopĺňanej vody kotlov.
- **Použité katalyzátory z procesov SCR:** Katalyzátory SCR sa používajú na zníženie emisií oxidov dusíka do ovzdušia. V dôsledku deaktivácie sa tieto katalyzátory musia pravidelne vymieňať (po niekoľkých rokoch prevádzky). V súčasnosti existujú rôzne procesy regenerácie takýchto katalytických materiálov. Použité katalytické prvky sa zvyčajne posielajú späť výrobcovi katalyzátorov na prípravu na opätovné použitie.
- **Kal z čistenia odpadových vôd:** Kal vznikajúci pri čistení rôznych prúdov odpadových vôd z LCP.
- **Laboratórny odpad:** Malé množstvá odpadu vznikajúce v laboratóriu, napríklad pri analýze vzoriek paliva, prírodnej vody, vedľajších produktov, rezíduí atď.
- **Iné rezíduá:** Iné rezíduá zahŕňajú rezíduá vznikajúce pri čistení zariadení závodu na účely údržby, použitý olej a zariadenia obsahujúce olej, zariadenia obsahujúce PCB a odpad z čistenia paliva (napr. pranie uhlia).

Väčšina uvedených rezíduí, pochádzajúcich ako zo spaľovacieho procesu (napr. popol), tak aj z procesu odsírovania (napr. sadra), ako aj akékoľvek iné rezíduá zo spaľovacieho zariadenia môžu predstavovať potenciálne riziko pre životné prostredie. Popol z kotla na uhlie napríklad obsahuje prvky ako kremík, hliník, železo, vápnik, horčík, draslík, sodík a titán, ako aj kovy ako antimón, arzén, bárium, kadmium, chróm, olovo, ortuť, selén, stroncium, zinok a iné.

Súčasná legislatíva EÚ považuje mnohé z uvedených rezíduí zo spaľovacích zariadení za odpady. Priemysel však už desaťročia vynakladá veľké úsilie na vývoj spôsobov minimalizácie tvorby rezíduí a/alebo ich opätovného použitia v rôznych priemyselných odvetviach, napríklad v cementárskom a stavebnom priemysle, čím sa skutočne znížilo množstvo odpadu ukladaného na skládkach. Podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2008/98/ES je to prospešné pre životné prostredie, pretože využitie rezíduí ako surovín pomáha šetriť prírodné zdroje a minimalizovať celkové množstvo odpadov, ktoré sa skládkujú. Ako príklad možno uviesť, že použitie uhoľného popola preukázateľne znižuje celkové množstvo emisií CO₂ pri výrobe cementu vďaka zníženému množstvu vápenca, ktorý sa kalcinuje. [85, Eurelectric 2012]

Pokiaľ ide o popolček a popol z spaľovania uhlia, oba sú zložené z rôznych prvkov pôdy spojených s uhlím.

Jednou z ich najvýraznejších charakteristík je, že väčšina tohto materiálu je v práškovom alebo spekanom stave, pričom väčšina prvkov je obsiahnutá v sklovitej matici, čo v podstate určuje ich právnu klasifikáciu v národných a medzinárodných zoznamoch odpadov ako inertný, neaktívny alebo nebezpečný zvyšok (napr. nebezpečné odpady v európskom zozname odpadov – rozhodnutie 2001/118/ES, ktorým sa mení a dopĺňa rozhodnutie 2000/532/ES, a tiež v „zelenom“ zozname rozhodnutia OECD C (92)39/fin.).

Je tiež dobre známe, že niektoré vedľajšie produkty, ako napríklad sadra z odsírovacích zariadení, majú silný komerčný podiel na trhu so sadrou a používajú sa ako najdôležitejšia surovina pri výrobe sadrokartónových dosiek. Tieto snahy priemyslu prispievajú k zníženiu medziodvetvových vplyvov a rizika poškodenia životného prostredia, ako aj k zníženiu potreby ťažby prírodnej sadry.

1.3.5 Hluk a vibrácie

Hluk a vibrácie sú bežnými problémami vyplývajúcimi z prevádzky LCP; najmä turbíny môžu produkovať vysoké emisie hluku. Hluk z prevádzky zariadenia, ktorý sa šíri do okolitého prostredia, je faktorom, ktorý v minulosti vyvolal mnoho sťažností, a je potrebné poskytnúť určité informácie o príčinách a prístupoch k prevencii a minimalizácii hluku a vibrácií.

Najvýznamnejšími zdrojmi hluku sú preprava a manipulácia s palivami a rezíduami (odpadom a vedľajšími produktmi), používanie veľkých čerpadiel a ventilátorov, bezpečnostné ventily, chladiaca technika a kotly, parné a plynové turbíny alebo iné stacionárne motory. Hluk a vibrácie sa dajú merať viacerými spôsobmi, ale konkrétna metóda je často špecifická pre dané miesto a zohľadňuje frekvenciu zvuku a umiestnenie obytných oblastí (citlivých receptorov).

Vplyv hluku emitovaného zo spaľovacieho zariadenia je obmedzený na relatívne malú oblasť v okolí zariadenia. Najčastejším problémom, najmä v noci, môže byť preto hlukové znečistenie pre ľudí žijúcich v blízkosti zariadenia. Z tohto dôvodu platia v niektorých krajinách pre zariadenia prísnejšie povolené hladiny hluku v noci ako počas dňa.

1.3.6 Emisie rádioaktívnych látok

Prírodné rádioaktívne látky nie sú podľa článku 3.1 písm. a) smernice IED zahrnuté do jej pôsobnosti. Technická pracovná skupina pre veľké spaľovacie zariadenia sa však dohodla, že do všeobecnej časti tohto dokumentu zahrnie niektoré informácie o emisiách prírodných rádioaktívnych látok uvoľňovaných pri spaľovaní fosílnych palív.

Emisie rádioaktívnych látok, ktoré sa prirodzene vyskytujú vo väčšine fosílnych palív, sa nepovažujú za kľúčový environmentálny problém LCP. V ostatných rokoch sa európska spoločnosť (najmä ľudia žijúci v blízkosti LCP) stáva čoraz opatrnejšou voči uvoľňovaniu žiarenia pri využívaní fosílnych palív, najmä pri spaľovaní veľkého množstva uhlia. V praxi sa zistilo, že emisie rádioaktívnych látok do ovzdušia z konkrétnej elektrárne alebo komína sú v porovnaní s prirodzeným pozadím žiarenia takmer nezistiteľné.

Skúmanie rádioaktivity pevných materiálov prechádzajúcich elektrárnami ukázalo, že viac ako 90 % rádioaktivity v uhlí zostáva v popole. Iba malé percento rádioaktivity sa nachádza v produktoch odsírovania spalín, ako je sadra z odsírovania spalín. Koncentrácia rádionuklidov v popole je určená koncentráciou rádionuklidov v uhlí, obsahom popola v uhlí a podmienkami v elektrárni. V dôsledku obsahu popola sú koncentrácie prírodných rádionuklidov v popolčeku 2 až 15-krát vyššie ako v uhlí. Medzinárodné výsledky merania rádioaktivity v popolčeku vznikajúcom pri spaľovaní uhlia sa pohybujú v rozmedzí od 60 Bq/kg do 1 000 Bq/kg. Priemerné hodnoty sa pohybujú od 90 Bq/kg do 180 Bq/kg, s maximálnymi hodnotami až 1 000 Bq/kg pre uránovú sériu, a od 70 Bq/kg do 150 Bq/kg, s maximálnymi hodnotami až 290 Bq/kg pre tórovú sériu.

Rašelinový popol sa používa ako výplň skládok, na terénne úpravy, v betóne a ako sypký materiál na výstavbu ciest. Môže sa tiež odvážať na skládky alebo hromadiť. Ožiarenie pri manipulácii a využívaní rašelinového popola sa odhadlo pomocou indexov aktivity. V rašelinovom popole sú koncentrácie rádionuklidov 20-25-krát vyššie ako v samotnej rašeline. Koncentrácie rádia a tória sú rovnaké ako v pôde a horninách. Koncentrácia uránu (až 1 000 Bq/kg) je v priemere asi 25-krát vyššia ako v piesku a štrku.

1.3.7 Zmiernenie vplyvov na životné prostredie

V predchádzajúcich častiach bol stanovený rozsah a veľkosť potenciálnych vplyvov LCP na životné prostredie, ak sa nepoužijú techniky na zmiernenie vplyvov.

Skutočné vplyvy je možné riadiť výberom vhodných techník v súlade so zásadami BAT. V nasledujúcich kapitolách tohto dokumentu sú uvedené techniky, ktoré sú k dispozícii na zmiernenie potenciálnych vplyvov na životné prostredie.

Skutočné vplyvy daného LCP budú teda závisieť od celkového súboru zmierňujúcich opatrení, ktoré sa uplatňujú počas projektovania, prevádzky a vyradovania zariadenia z prevádzky.

1.3.8 Úvod do integrovaného prístupu k ochrane životného prostredia ako celku

Nižšie je integrovaný prístup rozoberaný z troch hľadísk [130, Fínsko 2000]:

- vzájomný vplyv techník znižovania emisií rôznych znečisťujúcich látok prostredníctvom vlastností daného procesu LCP;
- závislosť účinnosti danej techniky znižovania emisií znečisťujúcich látok od iných environmentálnych aspektov a od využívania energie a spotrebného materiálu, ako aj od ekonomických faktorov;
- potreba nájsť vhodnú rovnováhu medzi environmentálnymi prínosmi (zníženie emisií rôznych znečisťujúcich látok), medziodvetvovými účinkami a ekonomikou.

Príkladom vzájomného vplyvu v znečistení LCP je vzájomná závislosť medzi emisiami NO_x z horáka s nízkou tvorbou NO_x , nespáleným uhlíkom, CO a uhľovodíkmi. Pokusy o minimalizáciu tvorby NO_x v určitom bode spôsobujú rýchly nárast nespálenej časti paliva. To nielen znižuje účinnosť spaľovania, ale vytvára aj nové znečisťujúce látky, CO a nespálené uhľovodíky. Navyše, norma EN 197-1 definuje limit pre stratu pri spaľovaní (metóda merania nespáleného uhlíka, stanovená v súlade s normou EN 197-2) popolčeka, po prekročení ktorého popolček už nie je recyklovateľný v cementárskom alebo stavebnom priemysle, čo vytvára potrebu likvidácie popolčeka na skládkach.

Ďalším príkladom je závislosť tvorby NO_x a N_2O od teploty spaľovania vo fluidnom lôžku. Tvorbu NO_x je možné minimalizovať znížením teploty lôžka kotla FBC, ale v určitom bode sa začne zvyšovať rýchlosť tvorby N_2O . Je potrebné nájsť kompromis medzi teplotami spaľovania a posúdením, ktorý z nich dosiahne najlepšiu celkovú rovnováhu. Okrem oxidov dusíka ovplyvňuje teplota lôžka aj zachytávanie síry v lôžku kotla FBC pridaním vápenca.

Ďalším príkladom je katalytická redukcia NO_x . Hoci ide o účinný spôsob znižovania emisií NO_x , spôsobuje to malé emisie amoniaku (únik amoniaku) do životného prostredia. Okrem toho samotná preprava, manipulácia a skladovanie amoniaku predstavujú riziko pre životné prostredie. Riziko je menej závažné v menších závodoch, kde sa zvyčajne používa vodný roztok amoniaku, ale vo veľkých závodoch, kde sa používa čistý amoniak, môžu byť následky nehody závažné.

Pri zvažovaní výkonu techniky na znižovanie znečistenia v porovnaní s ekonomickými nákladmi na jej uplatňovanie, ako aj požiadavkami na energiu a spotrebný materiál a potrebou nakladať s akýmikoľvek vzniknutými odpadovými látkami, platí vo všeobecnosti pre mnohé techniky pravidlo, že lepšie výsledky možno dosiahnuť investovaním väčšieho množstva peňazí. Príkladom je redukcia síry v kotloch FBC. Miera zachytávania síry pridaním vápenca do ložiska FBC sa zlepšuje s použitím väčšieho množstva vápenca. Preto vysoká redukcia síry vyžaduje súčasne zvýšené použitie vápenca. To zase znamená väčšie množstvo popola, ktoré je potrebné niekde uskladniť. Použitie vápenca aj zvýšené množstvo popola sú z hľadiska životného prostredia nežiaduce vedľajšie účinky zlepšeného zachytávania síry v kotle FBC. Dalším dôsledkom vysokého obsahu vápnika v popole môže byť to, že popol sa stáva nepoužiteľným. Situácia v súvislosti so spotrebou vápnika je kvalitatívne podobná pri polosuchom odsírení spalín.

Pri mokrom odsírení nie je prebytok vápnika potrebný. Navyše, ak je požadovaným konečným produktom sadra komerčnej kvality, nemožno ho použiť. Na dosiahnutie vyššej účinnosti redukcie je však potrebný väčší odsírovací reaktor a viac elektrickej energie sa spotrebuje v cirkulačných čerpadlách odsírovacej suspenzie, indukovaných ventilátoroch spojených s odsírovacím zariadením a v príslušných výmenníkoch tepla. Ak je požadovaná vysoká redukcia síry, nárast spotreby vápnika a výroby sadry je malý, ale spotreba elektrickej energie je vyššia, a tým sa do ovzdušia uvoľňuje viac CO₂.

Účinnosť odstraňovania častíc elektrostatického odlučovača aj vrecového filtra sa dá zvýšiť takmer neobmedzene zvýšením veľkosti, a tým aj nákladov na zariadenie. Podmienky týkajúce sa selektívnej katalytickej redukcie NO_x sú analogické: pridaním väčšieho množstva katalytických prvkov sa dá dosiahnuť lepšia redukcia a nižší únik amoniaku.

1.3.9 Zber údajov špecifických pre zariadenia v odvetví LCP

Informácie a údaje o environmentálnych vlastnosti veľkých spaľovacích zariadení boli na európskej úrovni zhromaždené okrem iného prostredníctvom dotazníkov špecifických pre jednotlivé zariadenia v roku 2012. Účelom dotazníkov bolo získať informácie a údaje na úrovni zariadení týkajúce sa environmentálnych vlastností existujúcich spaľovacích zariadení/inštalácií.

Každému dotazníku/LCP bol pridelený špecifický individuálny kód (napr. 543-1), ktorý sa používa v ďalšej časti tohto dokumentu na identifikáciu každého LCP. Na účely hodnotenia boli kódy doplnené spojením čísla identifikujúceho závod s nasledujúcimi znakmi:

- V pre overené dotazníky (dotazník vyplnený a zaslaný prevádzkovateľom, skontrolovaný príslušným členským štátom, opakovane skontrolovaný EIPPCB, aktualizovaný a opätovne zaslaný prevádzkovateľom prostredníctvom členského štátu – napr. 543-1V).
- NV pre neúplne overené (dotazník vyplnený a zaslaný prevádzkovateľom, skontrolovaný príslušným členským štátom, opakovane skontrolovaný EIPPCB, ale neaktualizovaný prevádzkovateľom – napr. 432NV).
- Nepripravené žiadne znaky (dotazník vyplnený a odoslaný prevádzkovateľom, skontrolovaný príslušným členským štátom, opakovane skontrolovaný EIPPCB, bez odpovede od prevádzkovateľa – napr. 536).
- C pre „opravené“ dotazníky, keď bola neistota merania súvisiaca s nahlásenými údajmi opätovne pridaná k týmto údajom, aby boli všetky predložené údaje porovnateľné (t. j. bez odpočítania neistoty). „Opravu“ vykonali opätovným pridaním absolútnej hodnoty alebo percenta v závislosti od typu informácií uvedených v dotazníku. Ak neboli uvedené žiadne informácie o neistote, opätovne sa pridala „predvolená“ neistota zodpovedajúca 2 % pre emisie CO, 3 % pre emisie NO_x a SO_x a 4 % pre emisie prachu.

Zozbierané údaje a informácie boli vo veľkej miere použité v dokumente BREF a výkony spaľovacích zariadení uvedené v tabuľkách alebo grafoch sú označené pomocou vyššie uvedených kódov. V prípade grafov emisií do vody sa neuskutočňuje žiadna korekcia neistoty. Zoznam kódov a názvov zariadení sa nachádza v prílohe I. [3, LCP TWG 2012]

Údaje o emisiách do ovzdušia použité na analýzu sú uvedené bez odpočítania neistoty merania. Informácie o priemerných neistotách priradených k nameraným výsledkom z európskych spaľovacích zariadení, odvodené z údajov zozbieraných na úrovni zariadení prostredníctvom dotazníkov, sú uvedené v prílohe IV.

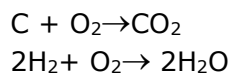
2 PROCESY VÝROBY ENERGIE

2.1 Princípy spaľovania

Kotol vyžaduje zdroj tepla s dostatočnou teplotou na výrobu pary. Palivá, ktoré sa používajú na výrobu pary, sa zvyčajne spaľujú v peci alebo spaľovacej komore kotla. Parogenerátory môžu takisto využívať tepelnú energiu vo forme odpadového tepla z iného procesu.

Spaľovanie možno definovať ako rýchlu chemickú kombináciu kyslíka s horľavými prvkami paliva. Existujú len tri významné horľavé chemické prvky: uhlík, vodík a síra. Síra má zvyčajne malý význam ako zdroj tepla.

Uhlík a vodík sa pri úplnom spálení s kyslíkom premieňajú na CO_2 a H_2O podľa nasledujúcich reakcií:



Vzduch je bežným zdrojom kyslíka pre spaľovacie pece. Tieto spaľovacie reakcie sú exotermické a uvoľnené teplo je približne 32 800 kJ/kg spáleného uhlíka a 142 700 kJ/kg spáleného vodíka. Energii palív nemožno vypočítať len ako súčet energie z obsahu vodíka a uhlíka, pretože je potrebné zohľadniť aj chemickú energiu molekulárnej formácie. K uvoľňovaniu energie prispieva aj síra a ďalšie prvky v palivách. Keďže sa počas spaľovania uvoľňuje voda v plynnej forme, teplo prenosné do parného generátora je teoretické teplo spaľovania mínus latentné teplo vodnej pary spalín. Táto energia sa vyjadruje ako „dolná výhrevnosť“ (LHV) alebo „čistá výhrevnosť“. LHV možno porovnať s „vyššou výhrevnosťou“ (HHV) alebo „hrubou výhrevnosťou“, ktorá je definovaná pre všetky produkty spaľovania za podmienok prostredia (1 bar, 25 °C) a zohľadňuje latentné teplo odparovania vody pri spaľovaní. Väčšina dodatočnej energie je k dispozícii len pri kondenzácii plynneho H_2O zo spalín na kvapalný H_2O pri teplotách pod rosným bodom vody.

Cieľom dobrého spaľovania je uvoľniť všetko toto teplo a zároveň minimalizovať straty spôsobené nedokonalosťami spaľovania a nadbytočnými prúdmi vzduchu. Správne spaľovanie vyžaduje dostatočne vysokú teplotu na zapálenie zložiek, dobré premiešanie alebo turbulenciu a dostatočný čas na úplné spaľovanie.

V kotle (kde sa nevykonáva žiadna mechanická práca) závisí tepelná energia získaná z reakcie horľavých prvkov s kyslíkom od konečných produktov spaľovania a nie od akýchkoľvek medziproduktov, ktoré môžu vzniknúť pri dosahovaní konečného výsledku.

Jednoduchou demonštráciou tohto zákona je reakcia 1 kg uhlíka s kyslíkom, pri ktorej vzniká určité množstvo tepla. Reakcia môže prebehnúť v jednom kroku za vzniku CO_2 alebo za určitých podmienok v dvoch krokoch: najskôr vzniká CO , pri ktorom vzniká oveľa menšie množstvo tepla, a potom reakciou CO vzniká CO_2 . Súčet tepla uvoľneného v oboch krokoch je však rovnaký ako 32 800 kJ/kg, ktoré vznikajú pri spaľovaní uhlíka v jednom kroku za vzniku CO_2 .

Skutočnosť, že uhlík môže reagovať s kyslíkom týmito dvoma spôsobmi, má mimoriadny význam pri konštrukcii spaľovacích zariadení. Spôsoby spaľovania musia zabezpečiť úplné zmiešanie paliva a kyslíka, aby sa zaručilo, že všetok uhlík sa spáli na CO_2 a nie na CO . Nesplnenie tejto požiadavky bude mať za následok značné straty v účinnosti spaľovania a v množstve tepla uvoľneného palivom, pretože ak sa vytvorí CO namiesto CO_2 , uvoľní sa len asi 28 % tepla dostupného v uhlíku.

2.2 Bežné technické spaľovacie procesy

Táto kapitola je určená pre tých, ktorí majú záujem získať všeobecný prehľad o tomto odvetví, a pre tých, ktorí sa zaujímajú o vzájomné vzťahy medzi priemyselnými procesmi a témami opísanými v nasledujúcich častiach.

2.2.1 Všeobecná konverzia tepla paliva

V tejto časti sú uvedené len súhrnné informácie, ktoré poskytujú prehľad o rôznych technikách spaľovania. V prípade potreby sú konkrétne procesy spaľovania podrobnejšie opísané v príslušných kapitolách o palivách. Techniky spaľovania sa zvyčajne používajú pri atmosférickom tlaku, ale môžu byť vyvinuté aj pre vyšší tlak. Vo všetkých spaľovacích systémoch sa takmer 100 % energie paliva premieňa na teplo. Táto účinnosť konverzie sa nazýva „využívanie paliva“.

Vo väčšine aplikácií sa toto uvoľnené čisté teplo paliva prenáša do parných procesov, plynových turbín alebo piestových motorov a využíva sa v nich. Nespálený uhlík v popole, CO a VOC obsahujú straty energie paliva počas procesu spaľovania.

V procesoch splyňovania tuhých alebo kvapalných palív sa teplo uvoľňuje v dvoch krokoch: v prvom kroku, keď sa palivo splyňuje, a v druhom kroku, keď sa produktový plyn spaľuje.

Voľba systému používaného v zariadení závisí od zaťaženia, dostupnosti palív a energetických požiadaviek. Zariadenia využívajúce tieto systémy potrebujú aj ďalšie doplnkové procesy. Tieto doplnkové procesy zahŕňajú podporné operácie, ako je spracovanie uhlia a kontrola znečistenia. [131, EPA 1997]

2.2.2 Spaľovanie práškoveho a atomizovaného paliva

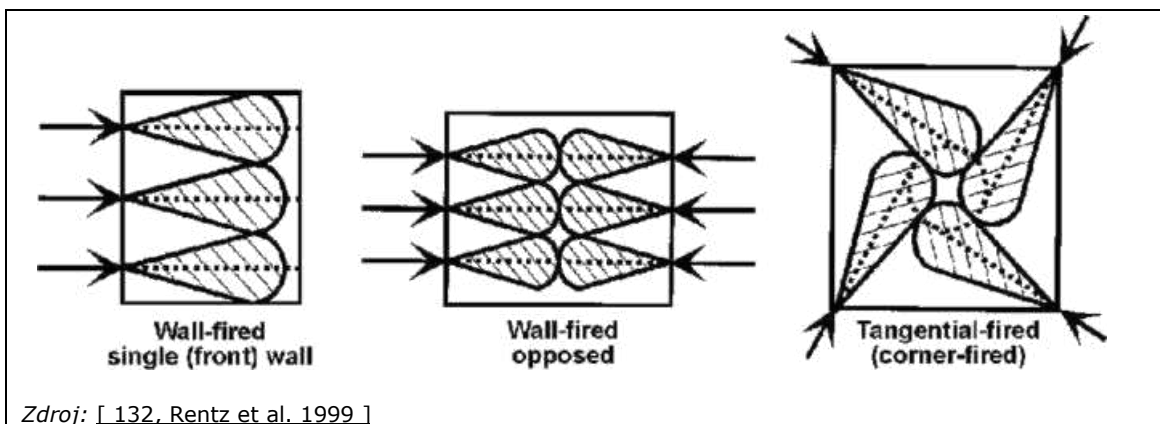
Typy kotlov

Existujú dva typy pecí/kotlov, v ktorých sa tuhé palivá práškovo spaľujú alebo kvapalné palivá atomizujú pred spaľovaním:

- **Pec so suchým lôžkom/kotol so suchým lôžkom (DBB):** Tento typ kotla pracuje pri teplotách hlboko pod bodom topenia popola. Aby sa zabránilo tvorbe škvary, teplota popola je dostatočne nízka, aby sa nelepil na steny, a popol zachytený na dne je tuhý. V strede plameňa sú teploty často vyššie ako bod topenia častíc popola a teplota na výstupoch pece je oveľa nižšia v porovnaní s teplotou plameňa, čo zabezpečuje pevný, nelepivý stav častíc. Od 0 % do 20 % popola sa prenáša na suché dno kotla a extrahuje sa ako popol zo dna, zvyšných 80 – 100 % popola sa transportuje s dymovými plynmi a potom sa odstraňuje v ďalšom smere. Technika DBB má najvyššiu inštalovanú kapacitu spaľovania uhlia na svete. V Európe sú v prevádzke nové elektrárne využívajúce túto technológiu s kapacitou jednotlivých jednotiek až 1 100 MW_e na spaľovanie hnedého uhlia. V USA a Japonsku boli postavené jednotky s ešte vyššou kapacitou na spaľovanie uhlia.
- **Pec s odlievaním škvary/kotol s mokrým lôžkom (WBB):** Tento typ kotla pracuje pri teplotách nad bodom topenia popola, aby sa zabezpečil tekutý popol s dostatočnou tekutosťou na stekanie po chránených stenách. Tekutý popol sa ochladzuje vo vodou naplnenom zberači. Tieto pece vyžadujú špeciálnu keramickú výstelku, aby odolali teplotám roztaveného popola a chemickému pôsobeniu pri vysokých teplotách. Veľké množstvo popola sa transportuje na steny a v tekutej forme steká po stenách a cez spodný výstup. Popol z tohto typu spaľovacieho systému sa môže recyklovať do spaľovacej komory, kde sa namiesto popola vytvára kotlová škvara ako zvyškový produkt. Kotol s mokrým lôžkom sa používa hlavne na spaľovanie uhlia (napr. antracitu), kde je množstvo prchavých látok relatívne nízke. Spoluspaľovanie odpadu je v peciach s odlievaním škvary často relatívne jednoduché.

Spaľovacie systémy

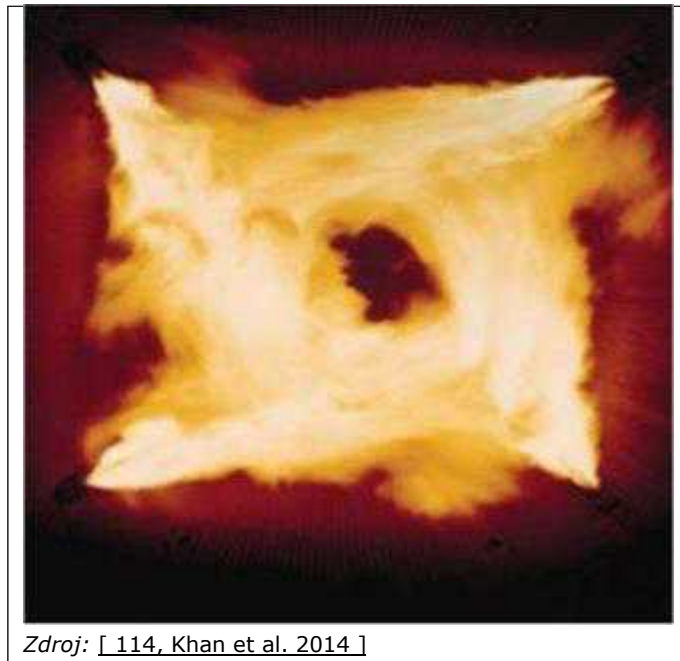
Pri spaľovaní práškového/atomizovaného paliva sa zmes palivového plynu vstrekuje cez trysky do spaľovacej komory a spaľuje sa so spaľovacím vzduchom. Samostatné zapaľovacie/pilotné horáky sa používajú počas spúšťania, pri nestabilných podmienkach spaľovania a/alebo pri vypínaní. Tieto horáky sú vo väčšine prípadov zásobované palivovým olejom na zapaľovanie/podporu, ale môžu používať aj zemný plyn alebo jemne mletý suchý hnedé uhlie. Rôzne konfigurácie uhoľných horákov pre kotly na uhlie a hnedé uhlie sú znázornené na obrázku 2.1.



Zdroj: [132, Rentz et al. 1999]

Obrázok 2.1: Rôzne konfigurácie horákov na uhlie (hlavné používané systémy)

- **Systémy s horákmi umiestnenými na stene alebo vpredu:** V horizontálnych systémoch s horákmi umiestnenými na stene sú horáky umiestnené v radoch buď len na prednej stene, alebo na prednej aj zadnej stene. Druhá možnosť sa nazýva „protibežné spaľovanie“.
- **Systémy s tangenciálnym alebo rohovým ohrevom:** V systémoch s tangenciálnym alebo rohovým ohrevom sú horáky umiestnené v každom zo štyroch rohov pece. Trysky horákov sú nasmerované tak, aby prúdy uhlia a vzduchu boli vyvrhnuté pozdĺž tangenciálnej línie v malom kruhu v horizontálnej rovine, v strede pece. Plameňu sa dodáva rotačný pohyb podobný cyklónu, ktorý sa rozširuje a vyplňuje priestor pece. Zapaľovanie každého horáka je podporované plameňom z predchádzajúceho horáka. V mnohých prípadoch je možné trysky vetracieho boxu automaticky nakloniť, aby sa regulovala teplota výstupného plynu z pece a aby sa udržala teplota ohriatej alebo opätovne ohriatej pary na projektovanej teplote systému. Systém rohového spaľovania je vždy tangenciálny spaľovací systém, ale aj systém stenného spaľovania môže byť konštruovaný ako tangenciálny spaľovací systém. Obrázok 2.2 ukazuje príklad spaľovacej komory s tangenciálnym spaľovaním.



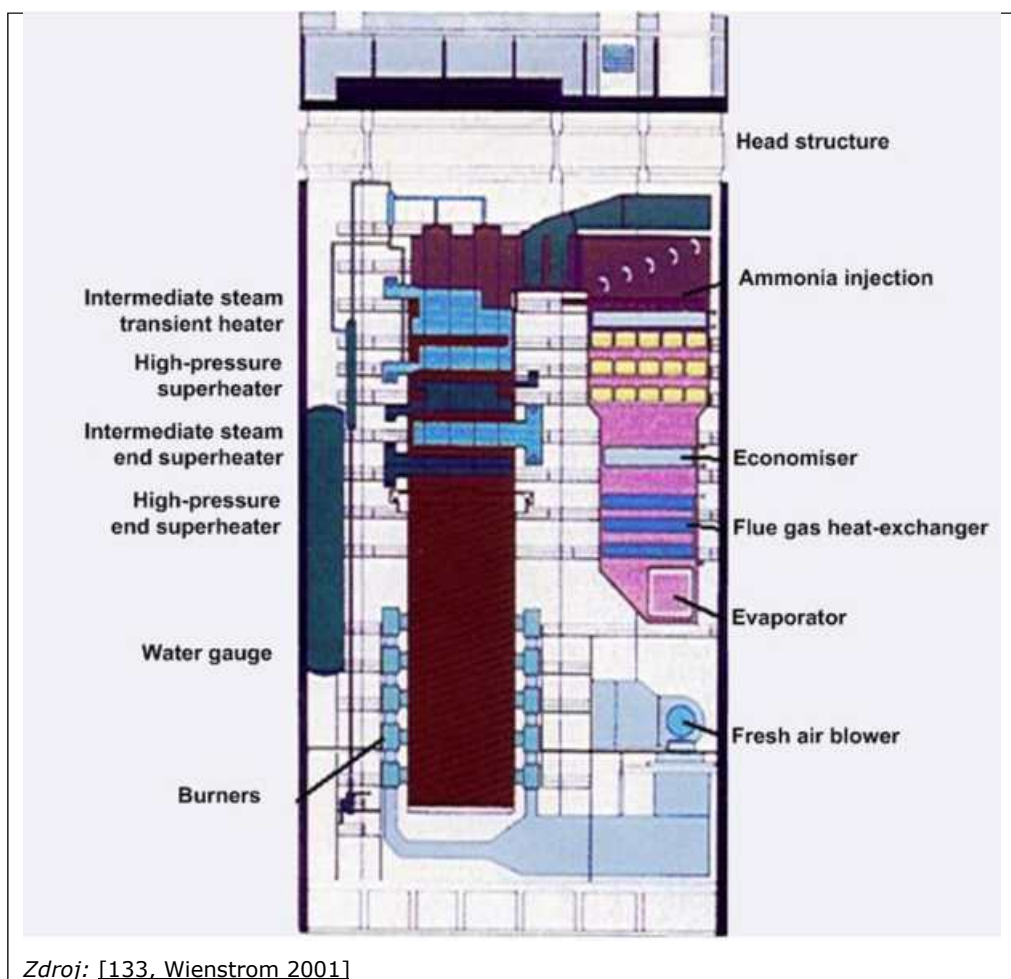
Zdroj: [114, Khan et al. 2014]

Obrázok 2.2: Komora s tangenciálnym spaľovaním

- **Vertikálne spaľovacie systémy:** Prvé systémy na spaľovanie práškoveho uhlia mali konfiguráciu nazývanú vertikálna alebo oblúková. V súčasnosti sa používajú hlavne na spaľovanie uhlia s obsahom prchavých látok medzi 8 % a 15 % (v suchom stave). Spaľovací systém vytvára dlhý, slučkový plameň v spodnej časti pece, pričom horúce plyny sa vypúšťajú do stredu.

Kotly určené na spaľovanie **kvapalných a plynných palív** sú veľmi podobné kotlom, ktoré sa používajú na spaľovanie uhlia. Kým plynné palivo sa spaľuje priamo so vzduchom, kvapalné palivá sa vstrekujú do pece cez trysky, čím sa vytvárajú veľmi malé kvapôčky atomizované vysokotlakovou parou alebo vzduchom a produkuje sa veľké množstvo prchavých látok. Iba ťažké palivové oleje produkujú značné množstvo popola. Všetky čisté plynné a kvapalné palivá môžu byť spaľované horákmi v spodnej časti pece.

Typický kotol na ťažký vykurovací olej je znázornený na obrázku 2.3.



Zdroj: [133, Wienstrom 2001]

Obrázok 2.3: Kotel na ťažký vykurovací olej

Všetky typy horákov sú priamo zásobované vzduchom.

Ak sú navrhnuté iba na **spaľovanie plynu**, spaľovacia komora je o niečo menšia, ale vo väčšine prípadov sú tieto kotly navrhnuté tak, aby v núdzových situáciách spaľovali aj kvapalné palivo alebo aby mohli spaľovať viacero druhov paliva.

2.2.3 Spaľovanie vo fluidnom lôžku

Spaľovanie vo fluidnom lôžku prebieha vstrekaním paliva do horúceho turbulentného lôžka tvoreného inertným materiálom a popolom, kde sa z dna kotla s fluidným lôžkom vstrekuje aj primárny spaľovací vzduch na fluidizáciu lôžka.

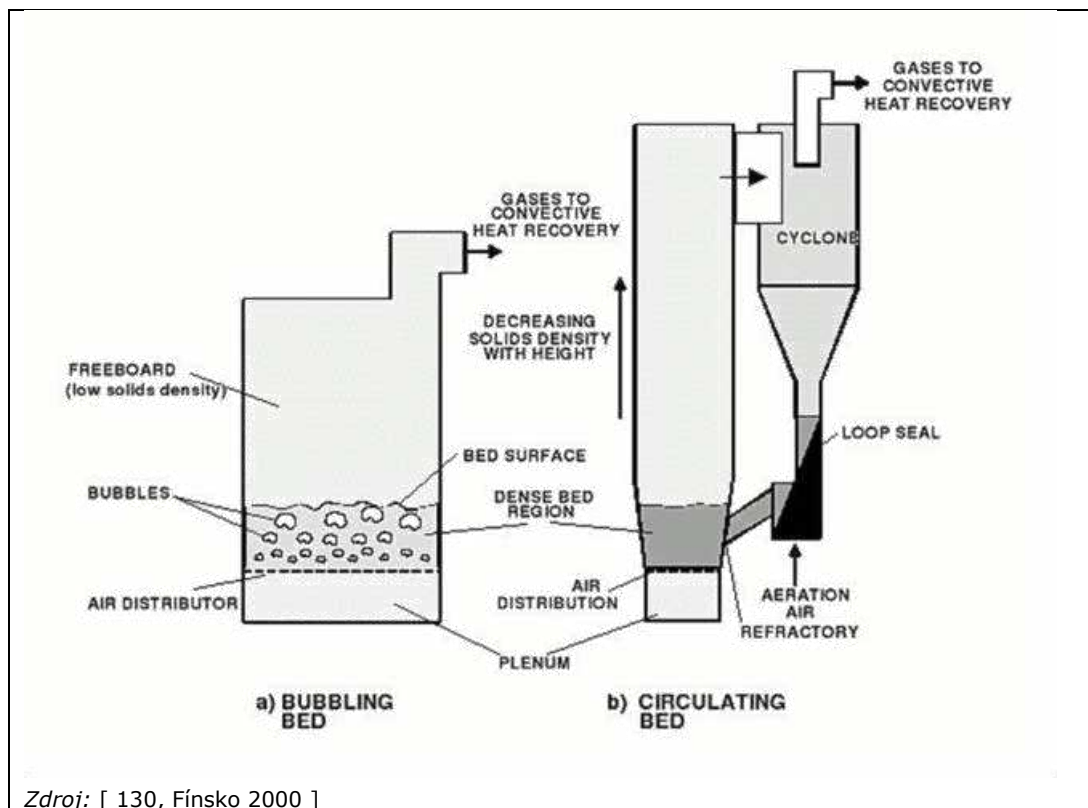
Pri prvom spustení kotla sa ako materiál prvého lôžka zvyčajne používa piesok. Lôžko častíc vrátane paliva (medzi 1 % a 3 % materiálu lôžka), popola a sorbentov je fluidizované vzduchom a spalinami prúdiacimi nahor v peci. Vďaka teplotám spaľovania okolo 850 °C a dlhej dobe zdržania je výhrevnosť paliva veľmi vysoká, a preto sú súvisiace emisie produktov spaľovania relatívne nízke.

Pre tento typ pece FBC musí byť tuhé palivo spravidla hrubo mleté, pretože jemné častice by boli vyfúkané z fluidizovaného lôžka a príliš veľké častice by zastavili fluidizáciu.

Malé jednotky pracujú so statickou fluidizáciou. S rastúcou veľkosťou kotlov a nízkou reaktivitou palív sa uprednostňuje použitie spaľovania v cirkulujúcom fluidizovanom lôžku. Na využitie celej pece sú neoddeliteľnou súčasťou koncepcie extrakcia objemových častíc, cyklónová separácia a recyklácia hrubých častíc do lôžka.

Niekoľko pilotných zariadení FBC pracuje pri vyšších tlakoch a integruje plynovú turbínu na expanziu spalín. Tieto systémy sa nazývajú systémy spaľovania v tlakovom fluidizovanom lôžku (PFBC). Napriek technickým problémom, s ktorými sa stretli v období vývoja tohto systému, dnes funguje niekoľko zariadení.

V súčasnosti existujú dva rôzne typy kotlov s fluidným lôžkom: spaľovanie v bublajúcom fluidnom lôžku (BFBC) a spaľovanie v cirkulujúcom fluidnom lôžku (CFBC). Obrázok 2.4 znázorňuje schému oboch typov kotlov s fluidným lôžkom. Spaľovanie vo fluidnom lôžku sa používa v priemyselných a energetických aplikáciách, kde sa spaľujú rôzne tuhé palivá, ako je uhlie, hnedé uhlie, rašelina a najmä biomasa.



Zdroj: [130, Fínsko 2000]

Obrázok 2.4: Schéma kotla s bublinkovým fluidným lôžkom a kotla s cirkulujúcim fluidným lôžkom

Spaľovanie vo fluidnom lôžku sa príliš nelíši od iných techník spaľovania. Spaľovanie vo fluidnom lôžku s bublinkami sa v mnohých ohľadoch podobá spaľovaniu na rošte s rozmetávačom. Hlavnou výhodou pre spaľovanie je lepšia regulácia teploty. Spaľovanie vo fluidnom lôžku s cirkuláciou sa podobá spaľovaniu práškoveho paliva alebo spaľovaniu v horáku. Jedným z rozdielov je však komplexná regulácia teploty pece, ktorá zabezpečuje zapálenie paliva bez potreby vysokoteplotného plameňa.

Teplota fluidného lôžka je zvyčajne 750 – 950 °C. Dolná hranica vyplýva z reaktivity palív pri spaľovaní a horná hranica zo začiatku spekania popolčeka z paliva.

Palivo nemusí byť práškové ani sušené, aby sa mohlo použiť v kotloch s fluidným lôžkom. Na uľahčenie jeho vkladania do lôžka stačí mechanické drvenie paliva. Fluidné lôžka tolerujú vysoký obsah vlhkosti vďaka stabilizačnému účinku lôžka. Niektoré obmedzenia veľkosti súvisia s rotačnými podávačmi paliva. Na druhej strane je predspracovanie reaktívnych palív bezpečnejšie, ak obsahujú stredné množstvo vlhkosti. Riziká vzniku výbušného prachu a požiarov pri spracovaní a preprave paliva sa zvyčajne kontrolujú udržiavaním obsahu vlhkosti paliva nad 40 %.

Pokiaľ ide o environmentálne hľadiská, systémy FBC sú schopné znížiť emisie SO_2 vstrekovaním vápenca a môžu dosiahnuť relatívne nízku úroveň tvorby tepelného NO_x vďaka nízkej teplote spaľovania. To je jeden z dôvodov, prečo sa táto technika spaľovania v súčasnosti intenzívne rozvíja. Navyše, v tom istom zariadení je možné spaľovať širokú škálu palív, pretože tieto kotly nie sú veľmi citlivé na špecifikácie paliva.

V bublinkovom priestore nad samotným lôžkom môže spaľovanie pyrolýznych plynov dosahovať teploty presahujúce $1\,200\text{ }^\circ\text{C}$, čo môže podporovať tvorbu tepelného NO_x . Všeobecne platí, že tvorba NO_x v správne navrhnutom fluidnom lôžku môže byť udržaná pod úrovňou tvorby NO_x v kotloch PC.

Možnosť spaľovania vo fluidnom lôžku je kompromisom medzi čiastočne protichodnými požiadavkami na kontrolu NO_x , N_2O a SO_2 a kontrolou nespálených uhľovodíkov, CO a uhlíka.

Palivá s nízkou teplotou topenia popola nemožno spaľovať vo fluidnom lôžku, pretože fluidizácia bude pomerne rýchlo narušená nahromadením roztaveného popola. Ťažké fyzikálne nečistoty, ako sú kovové častice v domácom odpade, tiež nemožno fluidizovať, pretože klesajú na distribučnú dosku vzduchu, narúšajú fluidizáciu a je ťažké ich odstrániť z pece. Úspešne sa však implementovali nové riešenia na udržanie prevádzky lôžka s týmito palivami.

2.2.3.1 Spaľovanie vo fluidizovanom lôžku s bublinkami (BFBC)

Spaľovanie vo fluidnom lôžku s bublinkami (BFBC) je moderná technológia spaľovania, ktorá je zvlášť vhodná na spaľovanie nehomogénnych biopalív. Pri BFBC sa palivo vháňa do lôžka. Biopalivá sa pri kontakte s horúcim lôžkom okamžite pyrolyzujú. Z spaľovacieho vzduchu sa 30 – 40 % používa ako fluidizačný vzduch a zvyšok sa používa na spaľovanie pyrolýznych plynov v takzvanom voľnom priestore nad bublinkovým lôžkom. Väčšina najjemnejších častíc tiež horí vo voľnom priestore. Teplota spaľovania vo voľnom priestore môže dosahovať až $1\,100 - 1\,200\text{ }^\circ\text{C}$, miestami aj viac. Bublinkové lôžko v skutočnosti funguje ako adiabatický spaľovač paliva a nízka teplota spaľovania je výsledkom použitia substechiometrického pomeru vzduchu v primárnej spaľovacej zóne.

BFBC pozostáva z 0,5–1,5 m vysokého lôžka na fluidizačnej doske na distribúciu vzduchu. Rýchlosť fluidizácie je približne 1 m/s. Hustota bublinkového lôžka je približne $1\,000\text{ kg/m}^3$. Typickými materiálmi ložiska sú piesok, popol z paliva, dolomit, vápenec atď. Rozloženie veľkosti častíc vo fluidizačnom materiáli ložiska je zvyčajne v rozmedzí 0,5–1,5 mm, pretože menšie častice sú unášané fluidizačným prúdom plynu a väčšie častice klesajú na distribučnú dosku. Vľavo na obrázku 2.5 ukazuje, ako je pec kotla BFB, označená svetlo modrou farbou, s fluidným lôžkom na dne, široká, aby sa rýchlosť plynu udržala na dostatočne nízkej úrovni, aby fluidný materiál zostal v peci.

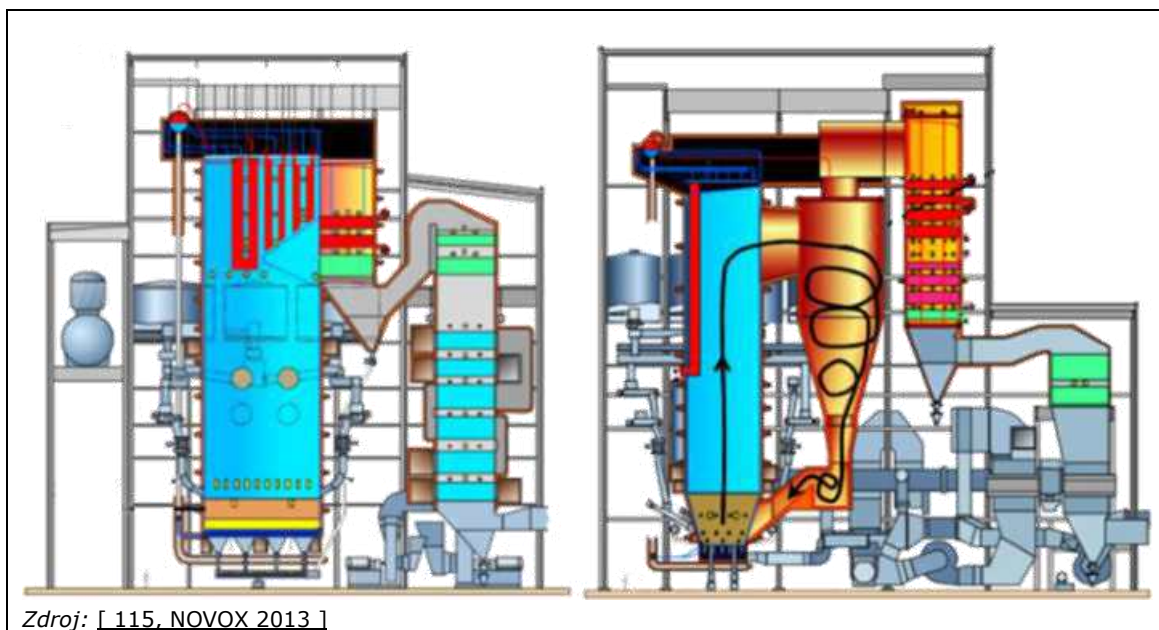
Vo voľnom priestore pece BFBC môžu byť umiestnené ďalšie horáky, ktoré pracujú súčasne s lôžkom. Používajú sa napríklad plynové, olejové a uhoľné horáky.

2.2.3.2 Spaľovanie v cirkulujúcom fluidizovanom lôžku (CFBC)

Spaľovanie v cirkulujúcom fluidnom lôžku (CFBC) sa od BFBC líši v dvoch ohľadoch. Veľkosť častíc materiálu lôžka je menšia, t. j. 0,1 – 0,6 mm, a rýchlosť fluidizácie je vyššia, t. j. 4 – 6 m/s. Tieto zmeny ovplyvňujú podmienky fluidizácie, takže časť materiálu lôžka je odnášaná z lôžka a prechádza cez pec do druhého priechodu kotla. Tieto častice sa oddeľujú od prúdu spalín cyklónom alebo inými separačnými metódami a recirkulujú späť do fluidného lôžka.

Separácia sa môže vykonávať uprostred druhého priechodu a čiastočne aj na výstupe z priechodu kotla, kde sa môžu použiť aj elektrostatické odlučovače a vrecové filtre.

V CFBC sa vzduch vháňa do dna pece, čiastočne ako primárny vzduch vstrekaný cez mriežku a čiastočne ako sekundárny vzduch niekoľko metrov nad mriežkou. Rýchlosť vzduchu je dostatočne vysoká na to, aby uniesla tuhé častice ložiska, čím sa vyplní celá spaľovacia komora. Horúce spaliny prenášajú častice do hornej časti spaľovacích systémov a do ťažkých cyklónov alebo iných separačných jednotiek, kde sa oddeľujú a recirkulujú späť do spodnej časti hlavnej spaľovacej komory, ako je znázornené na pravej strane obrázku 2.5. Aby bolo možné odstrániť SO_2 , do lôžka sa pridáva drvený vápenec alebo dolomit. Systémy s cirkulujúcim lôžkom zvyšujú reakčný čas a úroveň zmiešavania plynov, čo vo všeobecnosti vedie k účinnejšiemu spaľovaniu a fixácii síry.



Obrázok 2.5: Schémy kotla BFBC (vľavo) a kotla CFBC (vpravo) spoločnosti

CFBC obsahuje bubľajúce fluidné lôžko na dne pece. Hustota suspenzie nad lôžkom klesá s výškou pece, pretože materiál lôžka sa recykluje v peci pozdĺž stien pece. Tento vysoký podiel cirkulujúceho inertného materiálu vyrovnáva teplotný profil v celej peci. Povrchy na prenos tepla môžu byť preto umiestnené na rôznych miestach v peci alebo v cirkulačnom okruhu materiálu ložiska. V peci sa teplo prenáša veľmi rovnomerne na všetky povrchy na prenos tepla, pretože tepelné žiarenie hustého suspenzného materiálu nezávisí od žiarivých vlastností spalín.

Cyklón je najbežnejšia metóda separácie tuhých látok používaná v kotloch CFBC. Skúsenosti z existujúcich zariadení CFBC ukázali, že účinnosť cyklónu je kľúčovým parametrom pre správne fungovanie celého systému CFBC. Účinnosť cyklónu má veľký vplyv na vyhorenie uhlíka, spotrebu vápenca, emisie SO_2 a CO a teplotný profil. Účinnosť cyklónu je dôležitá hlavne pre palivá s nízkou reaktivitou a jemnozrnné palivá (uhlie v kaši), pretože čím je účinnosť cyklónu vyššia, tým dlhšie sa častice uhlíka udržiavajú v peci a tým menej sa stráca zásoba pece cez cyklón.

Zvýšenie účinnosti cyklónu výrazne zvyšuje rýchlosť cirkulácie tuhých látok, čím sa zabezpečuje neustále vysoký prenos tepla v peci. Takto je možné dosiahnuť najpriaznivejšie podmienky pre nízke emisie NO_x a SO_x pre široký rozsah palív a zaťaženia. Optimalizácia konštrukcie cyklónu je kľúčovou otázkou pre dobrý výkon kotla CFBC.

Superkritické kotly CFB prekročili od roku 2009 výkon 450 MW_e a od roku 2014 výkon 600 MW_e (Baima, Čína). Väčšina dodávateľov kotlov je schopná vyvinúť zariadenia CFB s výkonom až 900 MW_e.

Najnovší vývoj CFBC elektrární sa zameriava na nízkoemisné spaľovanie širokého spektra uhlia, vrátane nekvalitného bitúmenového uhlia s vysokým obsahom síry a popola, ale aj antracitu s nízkym obsahom popola a hnedého uhlia s nízkym obsahom vápnika. Ďalším cieľom je zníženie prevádzkových nákladov (hlavne nákladov na likvidáciu vápenca a popola). Okrem toho boli vyvinuté rôzne kroky na zvýšenie účinnosti elektrární a zníženie emisií CO₂, napr. zavedenie superkritickej technológie CFB (obrázok 2.6) a ďalšie rozširovanie schopností spaľovať ťažko spaľovateľné uhlie (obrázok 2.7).



Zdroj: Foster-Wheeler v [327, EPPSA 2011]

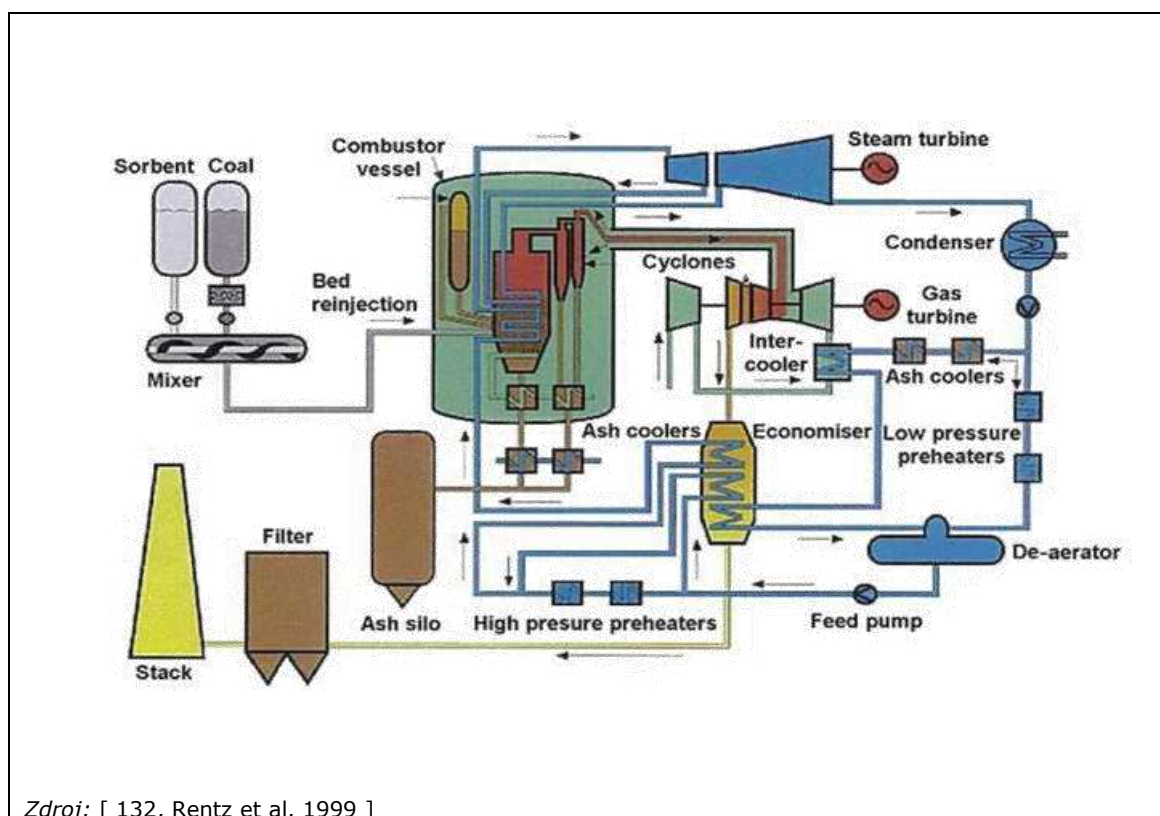
Obrázok 2.6: CFBC zariadenie pre vysokú účinnosť (Lagisza, 966 MW_{th}, 361/306 kg/s, 275/50 bar, 560/580 °C)

Obrázok 2.7: CFBC zariadenie pre nízkokvalitné hnedé uhlie (Turow, 3 x 557 MW_{th}, 195/181 kg/s, 170/39 bar, 568/568 °C)

2.2.3.3 Spaľovanie v tlakovom fluidnom lôžku (PFBC)

Na základe skúseností získaných s atmosférickými systémami spaľovania vo fluidnom lôžku sa v polovici 70. rokov 20. storočia začalo s vývojom spaľovania v tlakovom fluidnom lôžku (PFBC). Táto technológia je kombináciou Rankineho parného cyklu a Braytonovho cyklu plynových turbín. Systémy PFBC ponúkajú výhodu menších rozmerov elektrární v porovnaní s konvenčnými elektrárnami FBC pri rovnakom výkone. Vďaka nízkej teplote spaľovania nevzniká tepelné NO_x a NO_x z paliva je možné počas spaľovania znížiť zavedením amoniaku do voľného priestoru alebo do potrubia spalín. Rovnako ako v prípade atmosférického FBC je možné rozlišovať medzi systémami s bublajúcim a cirkulujúcim lôžkom. Závody PFBC boli uvedené do prevádzky v 90. rokoch a na začiatku 21. storočia.

Hlavnými časťami systému PFBC sú: sekcia prípravy a manipulácie s palivom; tlakový bublinkový alebo fluidný kotol; sekcia čistenia spalín; plynová turbína (vrátane expanzora plynových turbín a vzduchového kompresora); a parný/vodný okruh parnej turbíny. Obrázok 2.8 znázorňuje schematický náčrt systému PFBC s bublinkovým lôžkom.



Zdroj: [132, Rentz et al. 1999]

Obrázok 2.8: Schematický náčrt systému PFBC s bublinkovým lôžkom

V schéme znázornenej na obrázku 2.8 sa uhlie drví a potom sa zmieša s vápencom (dolomitom). Zmes sa dopravuje prostredníctvom pneumatického dopravného systému alebo kalového čerpadla cez tlakovú hranicu a potom sa vstrekuje do spaľovacej komory zo série napájacích bodov. Spaľovací vzduch je najskôr stlačený pomocou vhodného kompresora s plynovou turbínou a vedený do vzduchovej nádrže spaľovacej komory cez vonkajší prstenec koaxiálneho potrubia, zatiaľ čo horúce spaľovacie plyny sa vracajú do turbíny cez centrálny priechod. Spaľovanie prebieha vo vnútri tlakovej nádoby pri teplote 850 °C až 900 °C a tlaku približne 1,6 MPa. Spaľovacia komora je vybavená ponorenými výmenníkmi tepla, ktoré umožňujú konštantnú teplotu spaľovania a ktoré produkujú vysokotlakovú paru, ktorá sa využíva v parnej turbíne. Horúce spaliny sa najskôr čistia pomocou keramických sviečkových filtrov alebo cyklónov a potom sa expandujú cez plynovú turbínu pripojenú k vzduchovému kompresoru a generátoru. Expander plynového turbínového cyklu Brayton poháňa vzduchový kompresor, ktorý dodáva vzduch potrebný pre proces spaľovania.

Výfukové plyny z turbíny sú vedené do spalínového kotla a používajú sa na predohrev napájacej vody kotla a výrobu pary. Parná turbína produkuje približne 80 % celkovej elektrickej energie vyrobenej elektrárnou.

V súčasnosti sú systémy PFBC schopné dosiahnuť tepelnú účinnosť až 45 %. Ďalšie zlepšenia sú obmedzené kvôli relatívne nízkej teplote na vstupe do plynových turbín, ktorá je určená teplotou spaľovania v kotle s fluidným lôžkom. Bolo navrhnutých a skúma sa niekoľko procesných schém na zvýšenie teploty na vstupe do plynových turbín, napr. dodatočným spaľovaním zemného plynu alebo vykurovacieho oleja, alebo čiastočným splyňovaním vstupného uhlia pred spaľovaním a využitím palivového plynu v plynových turbínach. Tieto konfigurácie procesov ponúkajú podstatne vyššie hodnoty účinnosti, ale zatiaľ nebola postavená žiadna pilotná ani demonštračná prevádzka. Ako bolo spomenuté skôr, inherentná kontrola emisií je jednou z hlavných vlastností technológie PFBC. [132, Rentz et al. 1999]

2.2.3.4 Kontrola NO_x a N₂O pri spaľovaní vo fluidnom lôžku

Vytváranie tepelného NO_x je pri spaľovaní vo fluidnom lôžku nízke kvôli nízkej teplote spaľovania. Väčšina NO_x vytvoreného v kotloch FBC vzniká z obsahu dusíka v palive a je efektívne kontrolovaná stupňovaním spaľovacieho vzduchu. Regulácia v CFBC je vždy pomerne silná kvôli slabému horizontálnemu miešaniu plynov v oblasti hustého suspenzného priestoru. Hustá suspenzia potláča turbulenciu a spaľovacia zóna prchavých zložiek paliva sa šíri nahor od miesta vkladania. Regulácia spaľovacieho vzduchu sa dá implementovať aj v BFBC.

Dusík v palive môže tiež tvoriť oxid dusný (N₂O). Emisie N₂O sú vyššie z kotlov FBC ako z kotlov PC. Podiel dusíka v palive, ktorý tvorí oxid dusný, klesá na zanedbateľnú hodnotu, ak sa teplota lôžka zvýši na viac ako 950 °C. Na druhej strane, vysoká teplota spaľovania môže spôsobiť zvýšenie emisií oxidov dusíka (NO a NO₂). V BFBC sa riziko emisií oxidu dusného dá ľahšie vyhnúť, pretože teplota vo voľnom priestore sa dá udržať oveľa vyššia ako 950 °C.

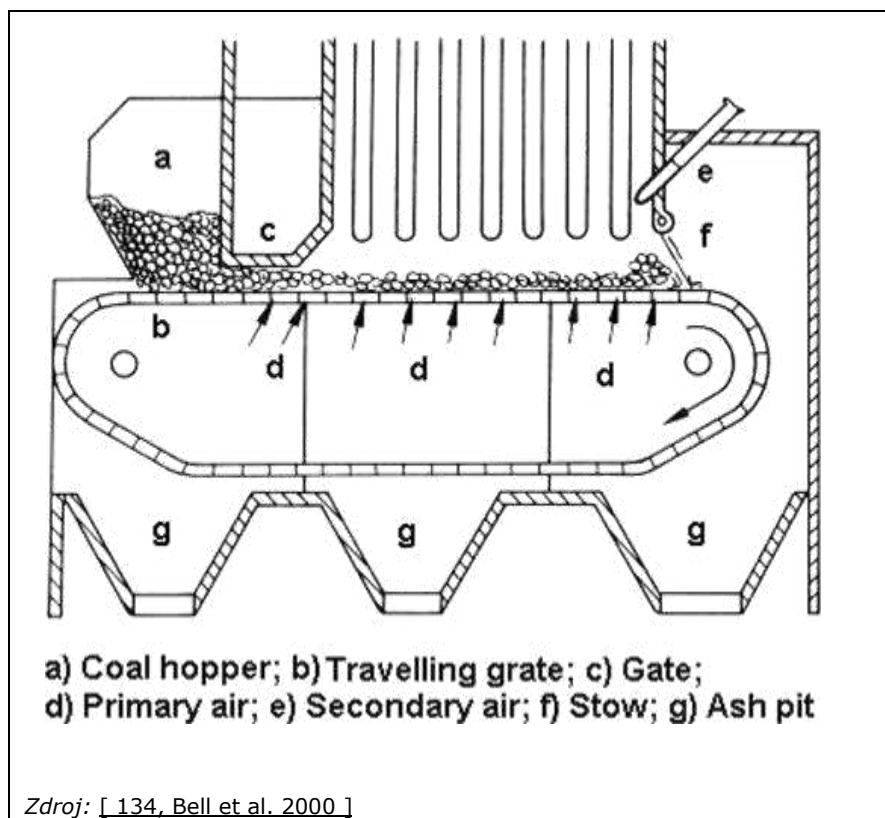
2.2.4 Spaľovanie tuhých palív na rošte

Spaľovanie na rošte je najstarší princíp spaľovania používaný v kotloch. Dnes sú systémy spaľovania na rošte vysoko rozvinuté a v týchto systémoch sa zvyčajne používajú pohyblivé rošty. V závislosti od konkrétnych vlastností paliva sú pohyblivé rošty usporiadané v horizontálnej polohe (napr. systémy s pohyblivými roštami) alebo v naklonenej polohe (napr. systémy s tlačnými roštami alebo vibrujúcimi roštami). Systémy s pohyblivými roštami spaľujú tuhé palivá na roštoch, pričom vzduch prechádza podlahou systému. Zvyčajne je potrebná len obmedzená príprava paliva. Veľké kusy tuhého paliva môžu byť zmenšené, aby sa do spaľovacej komory dodalo viac-menej homogénne rozloženie veľkosti častíc na spaľovanie na rošte. Maximálna veľkosť častíc paliva je často určená systémami podávania do spaľovacej komory a závisí od technických podmienok roštu.

Spaľovacie systémy s roštom alebo rozmetávačom spaľujú tuhé palivá na rošte alebo v systéme rozmetávača, pričom vzduch prechádza podlahou systému (pozri obrázok 2.9). V týchto systémoch je možné spaľovať väčšinu hrubých tuhých palív. Na rošte na hromadné spaľovanie sa palivo najskôr vysuší, potom sa pyrolýzuje, keď sa pohybuje po rošte, a nakoniec sa spáli uhlík a popol sa vypustí na konci roštu. Pri spaľovaní rozmetávačom sa časť paliva spaľuje v suspenzii. Ťažšie častice paliva dopadajú na rošt a spaľujú sa viac-menej rovnomerne po celej ploche roštu.

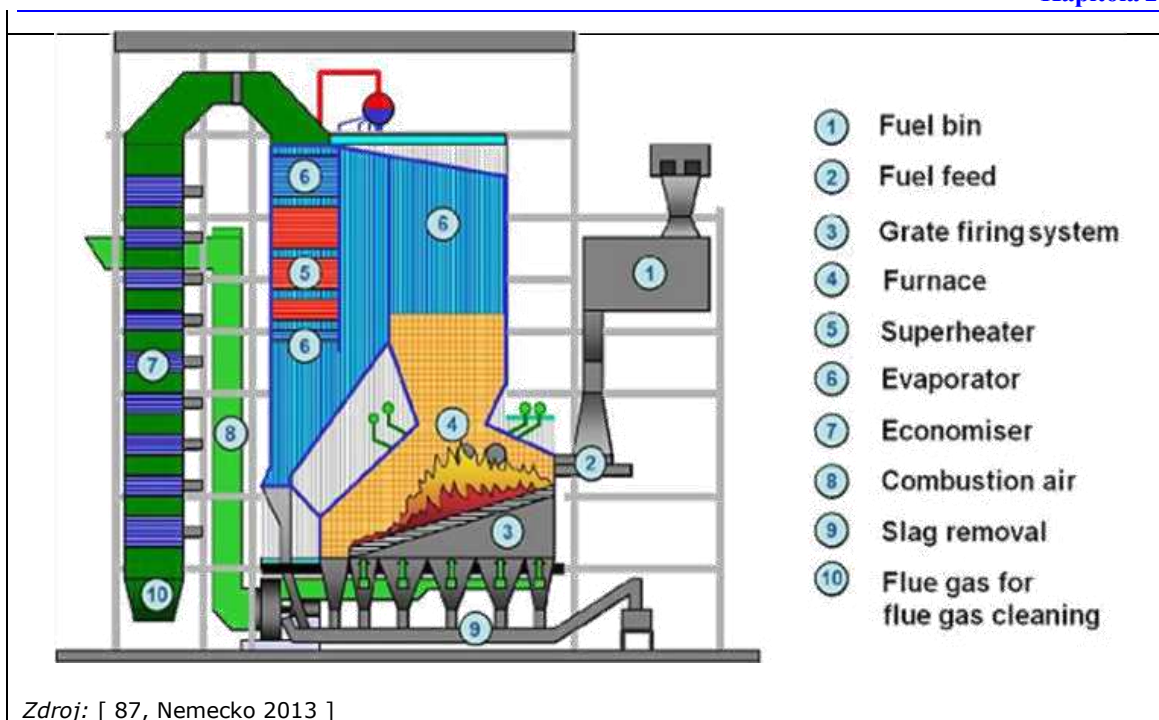
Proces spaľovania v roštovom spaľovaní nie je tak dobre kontrolovaný ako v prípade horákov na práškové palivo alebo vo fluidných vrstvách. Chemické zloženie spaľovania a teplota sa môžu líšiť aj pri rovnakom druhu častíc paliva v závislosti od ich umiestnenia na rošte. Na rošte sa všetky palivá najskôr vysušia, potom pyrolýzujú a nakoniec sa na rošte spália. Podiel pyrolýzy na energii paliva môže byť v prípade biopalív približne 80 %. Moderné riadenie spaľovania na rošte umožňuje optimálny prívod spaľovacieho vzduchu, a tým aj nízky obsah nespálených zložiek v spalínach.

Prax ukazuje, že palivo môže byť dodávané v zmesi rôznych veľkostí, zvyčajne od 30 mm smerom nadol, vrátane veľmi jemných častíc. Systémy spaľovania na rošte pracujú s neustálou zásobou paliva v spaľovacej komore, ale palivo môže zostať na rošte bez chodu ventilátorov a v prípade náhleho dopytu po pare sa môže rýchlo opäť zapáliť. Ak vzniknú problémy s prívodom vzduchu, je potrebná prevádzka s obchádzkou. Spaľovanie na rošte je technológia používaná v kotloch na uhlie a biomasu s tepelným výkonom do 150 MW, ktorá sa používa hlavne v priemyselných a miestnych teplárnach.



Obrázok 2.9: Spaľovanie na pohyblivom rošte pre spaľovanie uhlia

V systéme rozmetávača paliva môže byť palivo na rošt podávané aj pomocou takzvaného rozmetávača umiestneného na stene pece (pozri obrázok 2.10). Rozmetávač hádže palivo na rošt proti smeru pohybu roštu. Takto je možné dosiahnuť najdlhšiu dobu horenia pre najväčšie častice, pretože sú hádzané najďalej od výstupu popola.



Obrázok 2.10: Rozmetávací rošt na tuhé palivá

2.3 Priama konverzia

2.3.1 Všeobecné

Expanzia horúcich tlakových (spalinových) plynov v plynových turbínach a spaľovacích motoroch umožňuje výrobu mechanickej a následne elektrickej energie. Takéto systémy boli vyvinuté z mobilných systémov a často sa používajú na odľahlých miestach, ako sú ostrovy, alebo v plynovodných sieťach. V týchto procesoch sa zabráňuje prenosu tepla z horenia pri vysokej teplote na paru s exergetickými stratami spôsobenými teplotnými obmedzeniami. Z tohto dôvodu rastie záujem o metódy priamej expanzie. Tieto systémy sa dajú veľmi rýchlo spustiť, a tak dokážu uspokojiť špičkové požiadavky. Navyše tieto technológie nevyžadujú nutne vodu na chladenie. Napriek tomu sa dajú spojiť s parnými procesmi, aby sa zvýšila celková účinnosť, t. j. v kombinovanom cykle.

2.3.2 Spaľovacie motory

Spaľovacie alebo piestové motory majú jeden alebo viac valcov, v ktorých dochádza k spaľovaniu paliva. Motory premieňajú chemickú energiu palív na mechanickú energiu, pričom ich konštrukcia je podobná lodným motorom (typ HFO a/alebo motor na plynový olej) alebo automobilovým motorom Otto (typ motor na chudobnú zmes). Na výrobu elektriny prenáša pohybujúci sa piest energiu zo spaľovania na generátor pripojený k rotujúcemu hriadeľu motora.

Vratné motory pre elektrárne sú zvyčajne navrhnuté tak, aby pracovali buď v štvor- alebo dvojtaktnom cykle. Vo svete sú bežné ako väčšie elektrárne s výkonom až do približne 600 MW_e poháňané motormi (tvorené viacerými samostatnými motormi), tak aj decentralizované menšie zariadenia na simultánnu výrobu tepla a elektriny (KVET). Pre prevádzku v základnom zaťažení sú vhodné vysokoúčinné stredno- a nízkorychlostné motory. Na trhu sú dostupné strednorychlostné dieselové motory s príkonom paliva až 50 MW_{th} alebo viac a plynové dieselové motory (typy „vysokotlakové“ a „nízkotlakové (dvojité palivo)“) s príkonom paliva až 40 MW_{th}. Nízkootáčkové dieselové motory majú príkon paliva 130 MW_{th} alebo viac. Štvortaktné zážihové motory s chudobnou zmesou a plynovým pohonom majú príkon paliva až do približne 45 MW_{th}. [135, Wärtsilä 2000]

V porovnaní s plynovými turbínami nie je spaľovanie v piestových motoroch kontinuálne a prebieha v uzavretých spaľovacích komorách. Počas spaľovania dochádza k veľmi vysokému nárastu tlaku a teploty, čo umožňuje vysokú účinnosť konverzie u malých jednotiek. Väčšina systémov používa ako kvapalné palivo plynový olej alebo ťažký vykurovací olej, ale je možné použiť aj plynné palivo. Na dosiahnutie súčasných emisných noriem sú často potrebné osobitné opatrenia.

V Európe existuje len málo takýchto elektrární v prepojených systémoch na výrobu elektrickej energie s kvapalnými palivami. Použitie kvapalín je obmedzené hlavne na izolované systémy (napr. prevádzkované na ostrovoch), kde nie je k dispozícii sieť zemného plynu. Stacionárne plynové elektrárne sú dnes bežné, napríklad stredne veľké elektrárne na kombinovanú výrobu tepla a elektriny a veľké špičkové elektrárne na stabilizáciu siete.

Výhody piestového motora pre tento druh použitia sú mnohé, napr. vysoká tepelná účinnosť (nízka spotreba paliva), optimálne nastavenie pre prispôbenie sa rôznym požiadavkám na zaťaženie, krátka doba výstavby, jednoduchá údržba a robustná konštrukcia. Najlepšia elektrická účinnosť (na svorkách alternátora) sa pohybuje od približne 38 % do 48 % (v závislosti od veľkosti motora a od toho, či ide o nový motor a/alebo či je to jednocyklový alebo kombinovaný cyklus), vypočítaná na základe dolnej výhrevnosti paliva.

Ďalšími atraktívnymi výhodami spaľovacích zariadení poháňaných motorom je to, že tieto spaľovacie zariadenia môžu byť umiestnené v mestských alebo priemyselných oblastiach v blízkosti odberateľov tepla a elektriny. Potom je potrebných menej prenosových vedení a súvisiace energetické straty a potreba pozemkov sa môžu minimalizovať. Motorové zariadenia na kombinovanú výrobu tepla a elektriny sú vhodné pre priemyselné aplikácie, miestne energetické spoločnosti, obytné a komerčné budovy atď. Teplo sa môže využiť vo forme pary, horúcej vody, horúceho vzduchu atď. Možné možnosti využitia získaného tepla zahŕňajú:

- diaľkové vykurovanie/chladenie;
- procesy odsolovania;
- predohrev vzduchu pre niektoré procesy.

2.3.2.1 Dieselové motory

Dieselové motory sú flexibilné z hľadiska paliva a môžu používať palivá ako motorová nafta, ťažký vykurovací olej, plyn, ropa, biopalivá a v niektorých prípadoch aj emulgované palivá. V dieselovom motore je vzduch vháňaný do valca a stláčaný piestom. Palivo je vstrekané do valca a zapálené teplom stlačenia vzduchu. Optimálny pomer tepla k výkonu pre piestový motor je zvyčajne približne jeden (v zariadení s vysokou teplotou), v porovnaní so systémom s nízkou teplotou, ktorý má zvyčajne pomer tepla k výkonu 3/2 alebo vyšší.

Tlak kvapalného paliva možno zvýšiť na približne 1 100 – 1 800 barov (v závislosti od typu motora), aby sa dosiahlo rozptýlenie kvapôčok dostatočne malé na rýchle a úplné spaľovanie. Konštrukcia trysky pre prívod paliva je jedným z kľúčových faktorov spaľovacieho procesu. Spaľovanie sa čiastočne realizuje pri konštantnom objeme s nárastom tlaku, pričom hlavný spaľovací proces prebieha pri konštantnom tlaku. Spaľovanie nie je kontinuálne, ale prebieha len počas jednej časti cyklu. Tlak a teplota na konci kompresie sú dôležité parametre na zabezpečenie dobrého spaľovania. Maximálny tlak musí byť obmedzený, aby sa zabránilo poškodeniu. Materiály motora vydržia teploty približne 1 200 °C, čo umožňuje maximálnu teplotu cyklu 2 500 °C. Účinnosť tohto typu motora je teda približne 40–50 %.

2.3.2.2 Motory so zapáľovaním iskrou (typ SG)

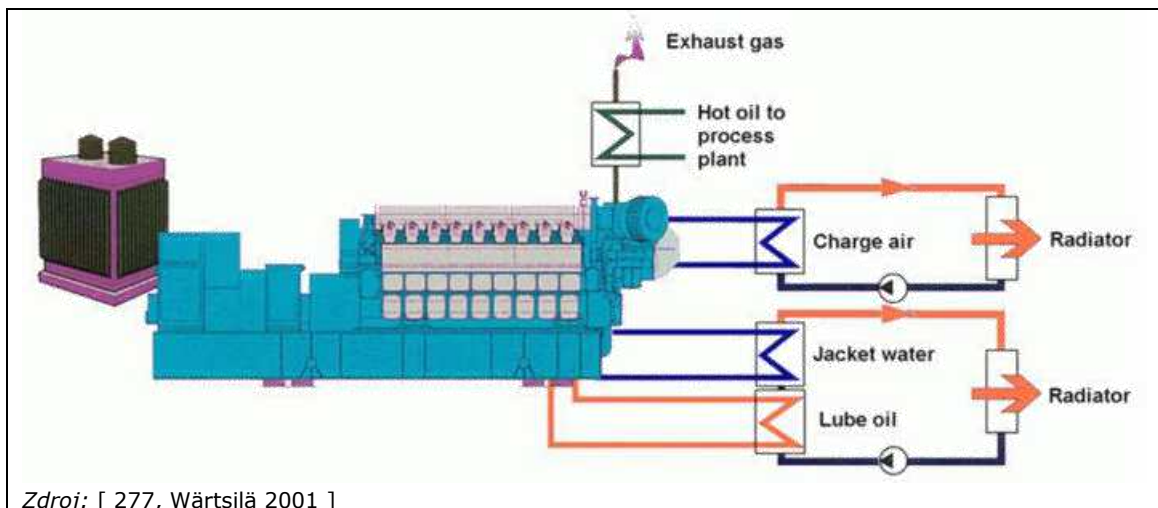
Zapaľovací plynový motor Otto často funguje podľa koncepcie chudobnej zmesi. Výraz „chudobná zmes“ opisuje pomer vzduch-spaľovanie/palivo vo valci, čo je chudobná zmes,

t. j. vo valci je viac vzduchu, ako je potrebné na spaľovanie. S cieľom stabilizovať zapáľovanie a spaľovanie chudobnej zmesi sa vo väčších typoch motorov používa predkomora s bohatšou zmesou vzduchu a paliva. Zapáľovanie sa spúšťa pomocou zapáľovacej sviečky umiestnenej v predkomore, čo vedie k vysokej energii zdroja zapáľovania pre hlavnú dávku paliva vo valci. Tento typ motora je navrhnutý na použitie s nízkotlakovým plynom ako palivom. Na trhu sú dostupné motory so zážihovým zapáľovaním s príkonom paliva až 40 MW_{th}.

2.3.2.3 Nízkotlakové motory s dvojitým palivom (typ DF)

Motor s dvojitým palivom (DF) je typ motora, ktorý sa nedávno objavil na trhu a bol vyvinutý pre krajiny, kde je k dispozícii zemný plyn. Tento typ motora je univerzálny, pokiaľ ide o palivo, môže byť poháňaný nízkotlakovým zemným plynom alebo kvapalnými palivami, ako je plynový olej, ťažký vykurovací olej, biooleje atď., a môže pracovať pri plnom zaťažení v oboch režimoch paliva. V režime plynu motor pracuje podľa princípu chudobnej zmesi, t. j. vo valci je približne dvakrát viac vzduchu ako je minimum potrebné na úplné spaľovanie plynu. To umožňuje kontrolované spaľovanie a vysoký špecifický výkon valca bez bezprostredného rizika klepania alebo samovznietenia, ak je proces dobre kontrolovaný. V plynových motoroch kompresia zmesi vzduchu a plynu piestom nezahrieva plyn dostatočne na to, aby začal proces spaľovania, a preto je potrebné pridať určitú dodatočnú energiu, čo sa vykonáva vstreknutím malého prúdu pilotného paliva (napr. plynového oleja). Kvapalné palivo, ako je plynový olej, má nižšiu teplotu samovznietenia ako zemný plyn a teplo vo valci blízko hornej polohy je dostatočné na zapálenie kvapalného paliva, ktoré zase vytvára dostatočné teplo na zapálenie zmesi vzduchu a plynu. Množstvo pilotného paliva sa pohybuje od 1 % do 2 % celkovej spotreby paliva pri plnom zaťažení. Motor pracuje podľa dieselového procesu v režime kvapalného paliva a podľa Ottovho procesu v režime plynu [136, EUROMOT 2001].

Vzhľadom na odlišné termodynamické cykly pri prevádzke dvojitého palivového motora nie je možné motor optimalizovať pre každé palivo a je nevyhnutné dosiahnuť určitý kompromis. Motor DF je primárne optimalizovaný pre prevádzku na plyn. Kompresný pomer možný pre motor DF bude teda nižší ako pre moderný dieselový motor, a v dôsledku toho sú emisie NO_x pre motor typu DF v režime kvapalného paliva vyššie ako pre moderný optimalizovaný dieselový motor, ak nie je k dispozícii technika znižovania emisií NO_x .



Obrázok 2.11: Motor na zemný plyn

2.3.2.4 Vysokotlakové plynové dieselové motory (typ GD)

Vysokotlakové plynové motory pracujú podľa dieselového procesu v režime kvapalného aj plyného paliva. V režime plyného paliva je potrebné pilotné palivo (napr. HFO) (zvyčajne 3 – 5 % celkového tepelného príkonu paliva) a vysokotlakový plyn s tlakom približne 350 – 400 barov. Motor môže pracovať pri plnom zaťažení v režime kvapalného aj plyného paliva. Na trhu sú dostupné vysokotlakové plynové dieselové motory s výkonom do približne 40 MW_{th} alebo 20 MW_{e} .

2.3.3 Plynové turbíny

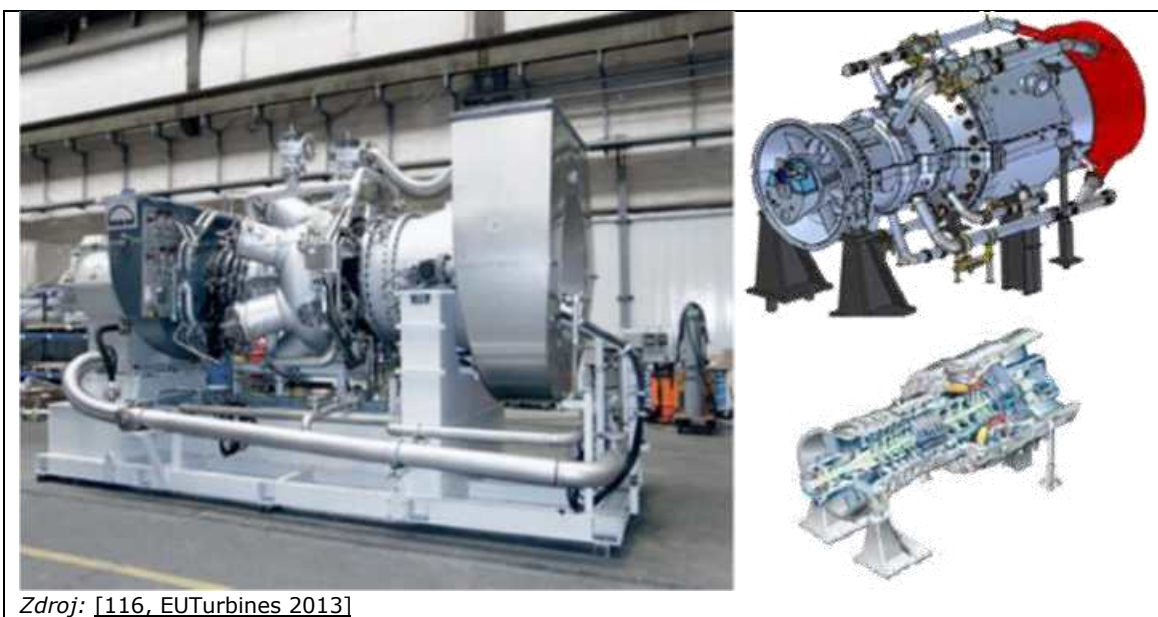
Plynové turbíny sa používajú na premenu chemicky viazanej energie paliva na mechanickú energiu. Používajú sa na výrobu elektrickej energie a na pohon čerpadiel a kompresorov. Počet plynových turbín používaných vo svete za posledné desaťročia výrazne narástol a v súčasnosti sa plynové turbíny čoraz viac používajú na výrobu elektrickej energie v základných a stredných zaťaženiach a môžu sa používať aj na núdzové a špičkové zaťaženia vo veľkých sieťach. V prípade ostrovov pracujú plynové turbíny na kvapalné palivo, hlavne na plynový olej, v strednom alebo základnom zaťažení. Tento nárast možno vysvetliť bohatými zásobami zemného plynu za výhodnú cenu v minulosti a vývojom novej generácie plynových turbín s vyšším výkonom, účinnosťou a spoľahlivosťou.

Stacionárne plynové turbíny sa podľa konštrukčných charakteristík a termodynamických parametrov delia do troch skupín:

- ťažké plynové turbíny;
- aero-deriváty (plynové turbíny odvodené od leteckých motorov);
- malé a mikro plynové turbíny pre decentralizované dodávky energie. [1, Eurelectric 2012]

Plynové turbíny sa používajú v širokom rozsahu tepelných výkonov, od malých plynových turbín s výkonom približne 100 kW_e až po veľké plynové turbíny s výkonom 380 MW_e. Plynové turbíny môžu byť poháňané rôznymi plynými a kvapalnými palivami. Zvyčajným plyným palivom pre plynové turbíny je zemný plyn, ale používajú sa aj plyny s nízkou alebo strednou výhrevnosťou, ako je uhoľný plyn z uhoľných splyňovacích jednotiek, plyn z vysokých pecí a plyn z jednotiek na splyňovanie biomasy. Vysoko výkonné plynové turbíny sú schopné spaľovať rôzne kvapalné palivá, od nafty po rezíduá. Prevádzka s palivami tvoriacimi popol, ako sú surové a zvyškové oleje, vyžaduje komplexné systémy úpravy (napr. odsolovanie alebo odstraňovanie častíc). Olej sa pred spaľovaním v plynovom turbíne zvýši na potrebný vstupný tlak.

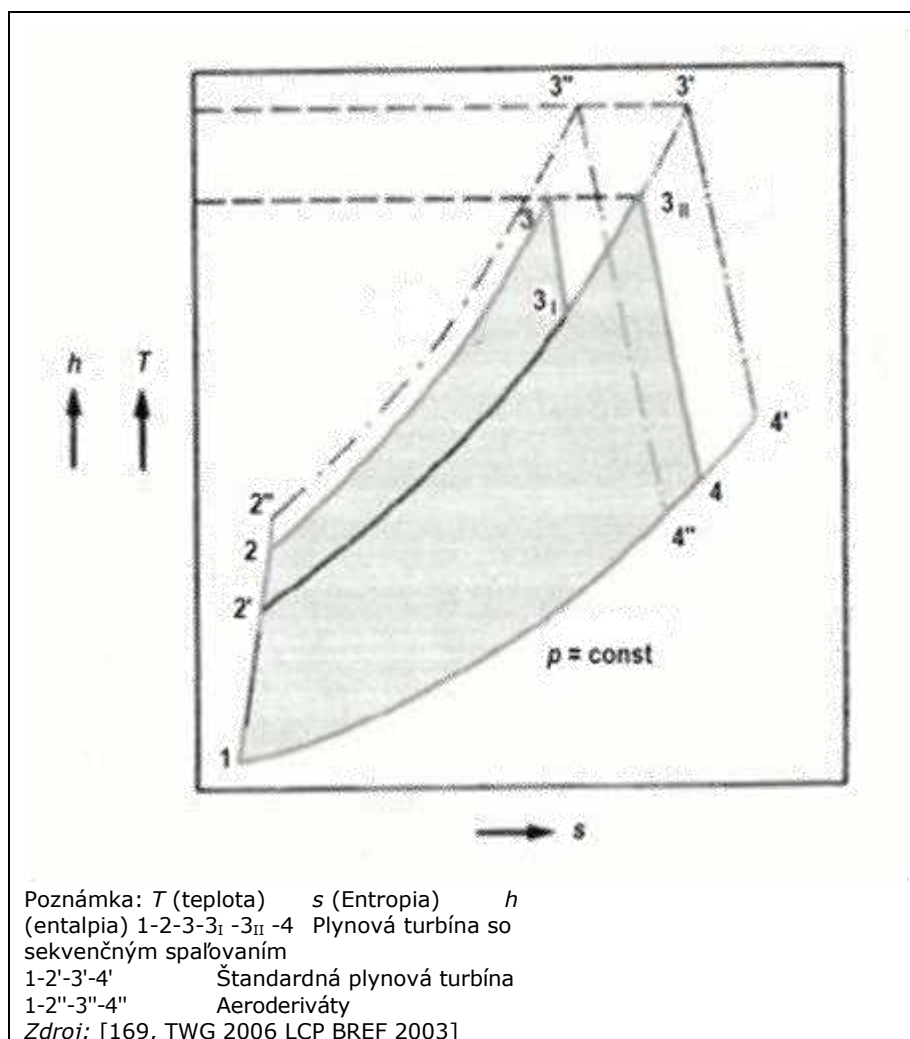
Plynové turbíny sú inštalované v rôznych typoch spaľovacích zariadení, ako sú jednotky s kombinovaným cyklom, kogeneračné zariadenia a integrované zariadenia na splyňovanie uhlia (IGCC). Plynové turbíny odvodené od leteckých motorov sú k dispozícii s výkonom až 100 MW_e a účinnosťou až 42 %. Vo veľkej miere sa používajú aj na pobrežných plošinách. Ťažké plynové turbíny s výkonom od 150 MW_e do 380 MW_e môžu dosahovať účinnosť až 39 % (otvorený cyklus). Obrázok 2.12 ukazuje príklady ťažkých plynových turbín od rôznych výrobcov.



Zdroj: [116, EUTurbines 2013]

Obrázok 2.12: Ťažké plynové turbíny na výrobu elektrickej energie od rôznych výrobcov

Sekvenčné spaľovanie, ako je znázornené na obrázku 2.13, umožňuje výrazné zlepšenie ťažkých plynových turbín používaných v režime jednoduchého cyklu bez kombinovaného parného cyklu. Jednou z výhod týchto plynových turbín je, že účinnosť sa dá zlepšiť bez neustáleho zvyšovania teploty na vstupe do turbíny, zatiaľ čo klasický proces ťažkých plynových turbín s vysokými teplotami na vstupe do turbíny zvyšuje zložitosť konštrukcie následného procesu kvôli vysokej teplote výfukových plynov.



Obrázok 2.13: Schéma procesu plynových turbín s postupným spaľovaním

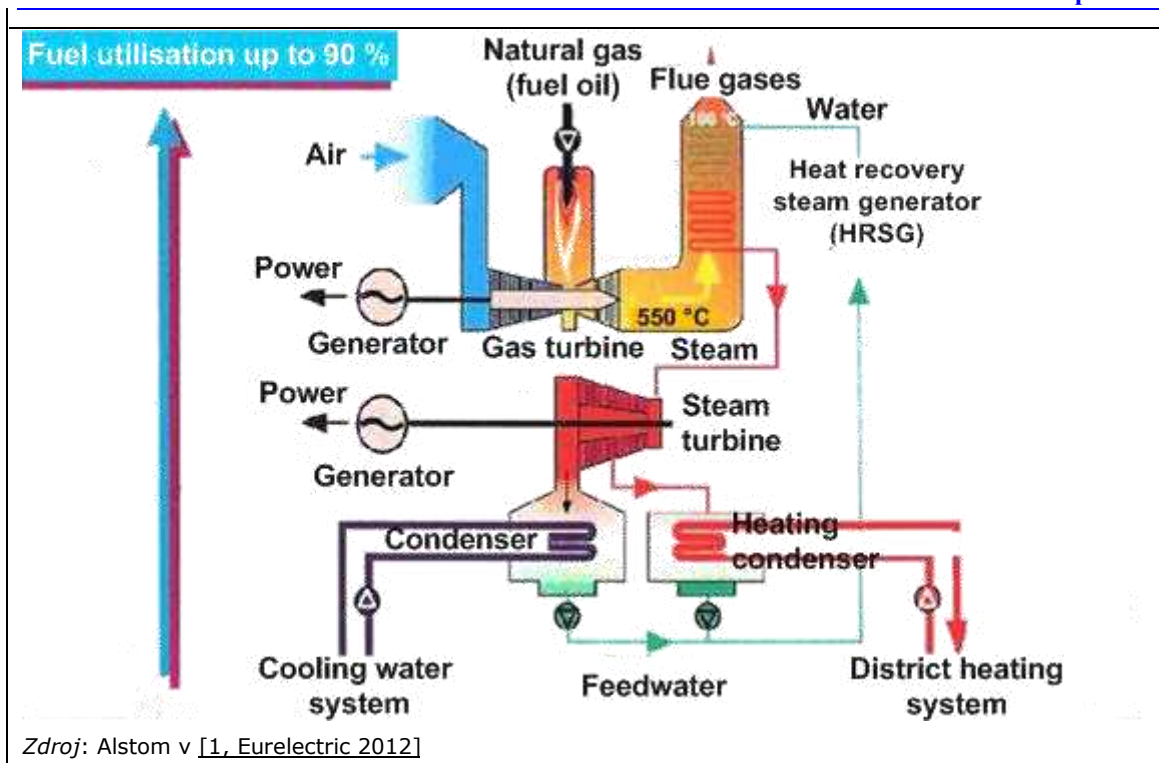
Obrázok 2.13 znázorňuje schému procesu s postupným spaľovaním (1-2-3-3_I-4). Pomer procesného tlaku (p_2/p_1), teplota na vstupe do oboch turbín (T_3 a T_{3II}) a teplota na výstupe z prvej turbíny (T_{3I}) tvoria tri parametre, ktoré umožňujú nastaviť optimálnu teplotu na výstupe z plynových turbín (T_4) v kombinovanom procese.

Klasický proces s vysokým zaťažením (1-2'-3'-4') s vysokými teplotami na vstupe turbíny ($T_{3'}$) tiež generuje veľmi vysoké teploty výfukových plynov ($T_{4'}$), pre ktoré je potrebné zvýšiť zložitosť návrhu následného parného procesu. Môže byť výhodné, ak je následný cyklus navrhnutý tak, aby dosahoval dobrú exergiu. Zvýšenie tlakového pomeru a teploty na vstupe do turbíny, ktoré je možné v leteckom motore a odvodených plynových turbínach na výrobu elektrickej energie (plynová turbína odvodená z leteckého motora = 1-2''-3''-4''), vedie k teplotám výfukových plynov, ktoré sú príliš nízke na optimalizovanú kombinovanú prevádzku. [1, Eurelectric 2012]

Plynové turbíny sa môžu používať v špecializovaných kogeneračných (KVET) zariadeniach. Priemyselné komplexy môžu vyrábať elektrinu na mieste, ak existujú veľké pomery tepla k energii, t. j. v rozmedzí od 1,5 do 3.

Systémy plynových turbín sa široko používajú na výrobu elektrickej energie. Turbíny sú plynové a parné elektrárne a systémy špičkového zaťaženia.

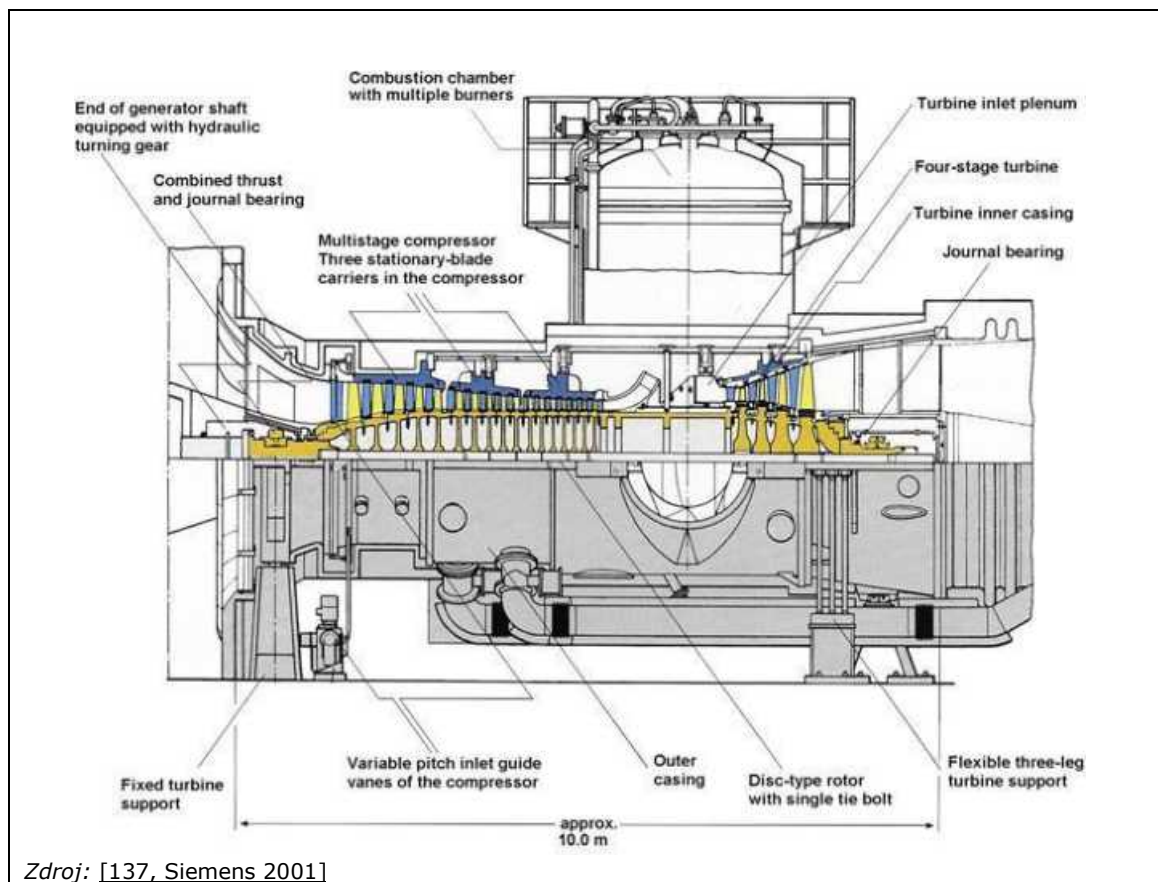
Proces otvoreného cyklu plynových turbín sa vyznačuje relatívne vysokou teplotou prúdu tekutiny vypúšťanej z plynových turbín. Táto energia sa môže čiastočne využiť napríklad na výrobu pary pre prevádzku parných cyklov, ako je znázornené na obrázku 2.14. Tým sa výrazne zvyšuje využitie paliva premenou otvoreného cyklu plynových turbín na kombinovaný cyklus plynových turbín. [1, Eurelectric 2012].



Obrázok 2.14: Princíp kogenerácie v elektrárni so systémom kombinovaného cyklu 1+1

Použitie plynových turbín v jednotkách KVET sa zvyšuje ako prostriedok na zlepšenie celkovej účinnosti a zníženie emisií. Keďže účinnosť plynových turbín s otvoreným cyklom sa pohybuje od približne 30 % do 42 %, účinnosť kombinovaných cyklov môže dosiahnuť až 61 %, zatiaľ čo v kombinovanej elektrárni a teplárni je možné dosiahnuť využitie paliva až 90 %. Treba zdôrazniť, že uvedené hodnoty účinnosti platia pre nové, dobre udržiavané plynové turbíny pri plnom zaťažení a za podmienok ISO. Za iných podmienok môžu byť hodnoty výrazne nižšie.

Plynová turbína sa v podstate skladá z troch prvkov: kompresora, spaľovacej komory a expanznej turbíny (obrázok 2.15). Kompresor nasáva okolité vzduch cez systém nasávania vzduchu, filtruje ho a potom stláča na tlak medzi 10 a 30 barmi v aeroderivátových alebo väčších priemyselných plynových turbínach. Keďže plynová turbína spotrebuje veľké množstvo spaľovacieho vzduchu, prítomnosť aj nízkych koncentrácií znečisťujúcich látok vo vzduchu môže viesť k významnému znečisteniu plynových turbín. Dôvodom môže byť usadzovanie znečisťujúcich látok na lopatkách kompresora, čo priamo ovplyvňuje výkon plynových turbín. Spaľovací vzduch sa preto filtruje, aby sa tomu zabránilo.



Obrázok 2.15: Plynová turbína (159 MW) so silovou spaľovacou komorou

V spaľovacej komore (komorách) sa palivo a stlačený vzduch spaľujú pri teplotách od 1 000 °C do 1 450 °C. Po spaľovacom procese sa plyn rozširuje cez turbínu a vyrába elektrickú energiu v generátore, pričom odoberá energiu potrebnú na pohon kompresorov alebo hriadeľa prenášajúceho mechanickú energiu v prípade mechanických pohonných systémov.

Plynové turbíny sú navrhnuté s jedným alebo dvoma hriadeľmi. Jednohriadeľové plynové turbíny sú konfigurované s jedným nepretržitým hriadeľom, a preto všetky stupne pracujú pri rovnakej rýchlosti. Tieto jednotky sú najvhodnejšie pre aplikácie pohonu generátora, kde nie je potrebná alebo dokonca nie je žiaduca významná zmena rýchlosti. V niektorých prípadoch sa medzi plynovou turbínou a generátorom používa redukčný prevod.

V plynových turbínach s viacerými hriadeľmi je nízkotlaková časť turbíny (výkonová turbína) oddelená od vysokotlakovej časti, ktorá poháňa kompresor. Nízkotlaková turbína je schopná pracovať v širokom rozsahu otáčok, čo ju predurčuje na použitie v aplikáciách s premenlivými otáčkami. Táto vlastnosť je však menej dôležitá pre použitie v elektrárnach, pretože poháňané zariadenie (t. j. generátor) pracuje počas bežnej prevádzky s konštantnými otáčkami, ktoré súvisia s frekvenciou siete.

Materiály používané v stacionárnych plynových turbínach možno rozdeliť do troch hlavných skupín: nehrdzavejúca oceľ (na báze železa), zliatiny na báze niklu a zliatiny na báze kobaltu. Všeobecne platí, že materiály používané pre kompresory sú rovnaké ako materiály používané vo vysokotlakových častiach parných turbín. Materiály na báze niklu sa zvyčajne používajú pre časti spaľovacej komory. Pre lopatky plynových turbín sa používajú superzliatiny na báze niklu kvôli ich dobrým mechanickým vlastnostiam pri vysokých teplotách.

S cieľom zlepšiť odolnosť superzliatin proti korózii a oxidácii, ktorá nie je optimálna najmä pri vyšších teplotách, sa na materiály lopatiek turbín nanášajú povlaky (potrebné, pretože pri nízkych teplotách kondenzáty vlhkosti a kyslé roztoky pôsobia korozívne na komponenty).

Plynové turbíny sú zo svojej podstaty veľmi hlučné, preto sú zabudované do špeciálnych krytov na tlmenie hluku s tlmicmi integrovanými do kanálov prívodu vzduchu a výstupu výfukových plynov plynových turbín.



Obrázok 2.16: Nedávno postavená plynová turbína s kombinovaným cyklom v Belgicku

Hlavné požiadavky na palivo používané v plynových turbínach sú:

- vysoká výhrevnosť;
- vysoká konzistentnosť tepelného príkonu do turbíny;
- vysoká čistota;
- nízka korozívnosť, buď voči príslušenstvu, alebo voči horúcim lopatkám turbíny;
- nízka tendencia k usadzovaniu a znečisťovaniu, najmä na horúcich lopatkách turbíny.

V konfigurácii s otvoreným cyklom sa spaliny uvoľňujú priamo do atmosféry pri teplote $> 450\text{ }^{\circ}\text{C}$.

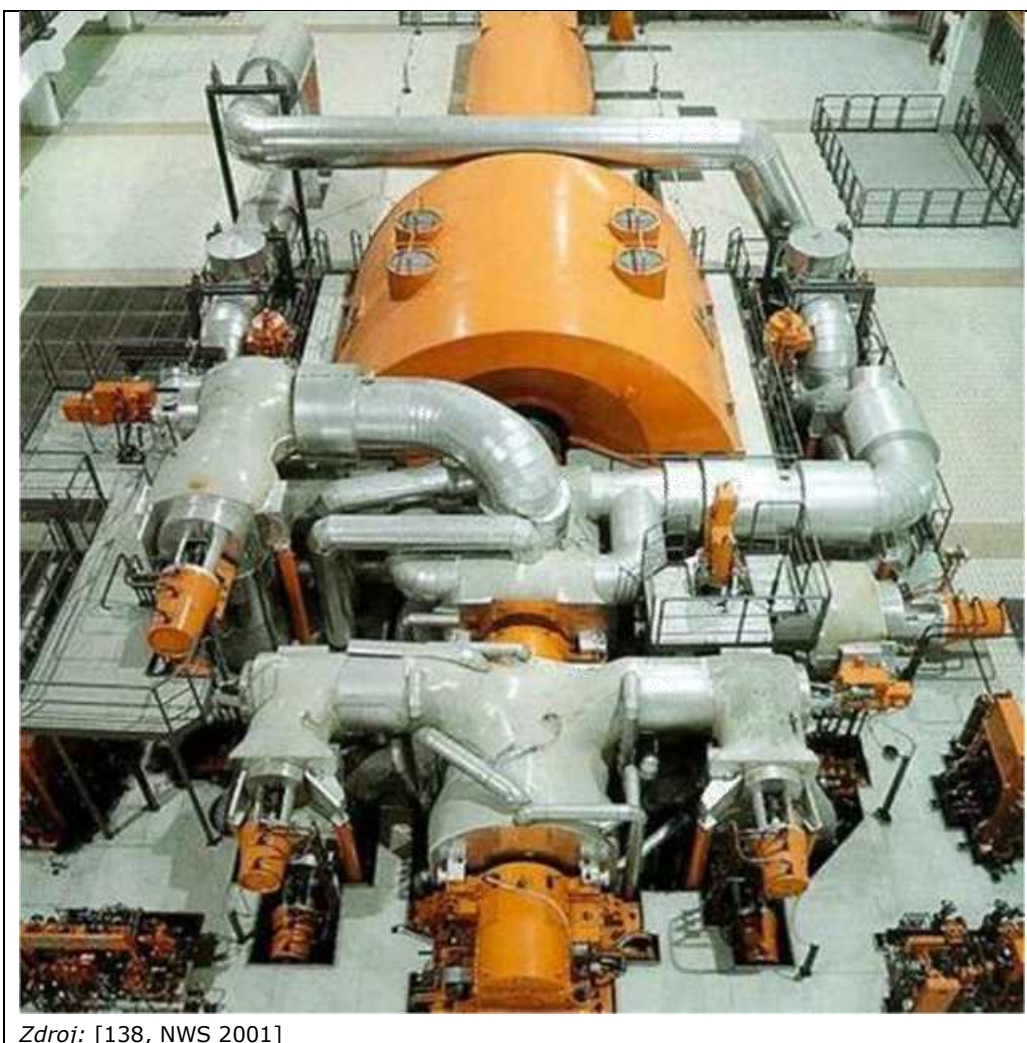
2.4 Parné procesy

2.4.1 Všeobecné

Väčšina elektrární pracuje na princípe parného procesu, ktorý využíva energiu paliva na výrobu pary pri vysokom tlaku a teplote, ktoré sú potrebné na dosiahnutie vysokej účinnosti. Teplo z paliva sa využíva na odparenie vody v kotli a prehriatie pary. V parnej turbíne sa para expanduje cez tlakový pokles v turbíne. Tlakový pokles závisí od teploty chladiaceho média. Rozsah tlaku definuje maximálnu elektrickú účinnosť. Chladenie je potrebné na kondenzáciu pary. Kondenzát sa potom predhreje a čerpá do kotla na nový cyklus.

2.4.1.1 Typické prvky parného cyklu

Proces výroby elektriny z pary pozostáva zo štyroch častí: vykurovací subsystém (palivo na výrobu pary), parný subsystém (kotol a systém dodávky pary), parná turbína (obrázok 2.17) a kondenzátor (na kondenzáciu použitej pary).



Zdroj: [138, NWS 2001]

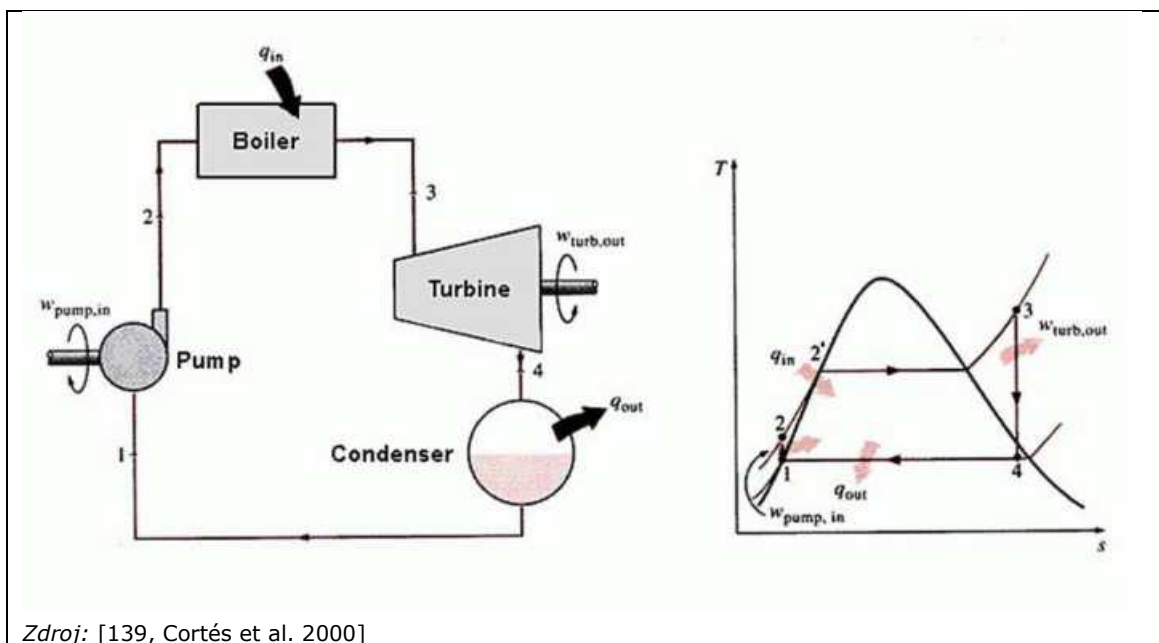
Obrázok 2.17: Parná turbína uhoľnej elektrárne

Teplo pre systém sa zvyčajne získava spaľovaním uhlia, zemného plynu, biomasy alebo ropy. Palivo sa dopravuje do pece kotla. Kotly vyrábajú paru v tlakovej nádobe v malých kotloch alebo vo vodnom stenovom rúrovom systéme (obrázok 2.19) v moderných utilitárnych a priemyselných kotloch.

Dodatočné prvky v kotle alebo spojené s kotlom, ako napríklad predhrievač, ohrev, ekonomizér a ohrievač vzduchu, zvyšujú účinnosť kotla.

Rezíduá zo spaľovacieho procesu zahŕňajú spaliny a v prípade, že sa ako palivo používa uhlie, biomasa alebo ropa, aj popol.

V kotle sa vyrába vysokoteplotná vysokotlaková para, ktorá potom vstupuje do parnej turbíny, ako je schematicky znázornené na obrázku 2.18. Na druhom konci parnej turbíny sa nachádza kondenzátor, ktorý je udržiavaný na nízkej teplote a tlaku. Para prúdiaca z vysokotlakového kotla do nízkotlakového kondenzátora poháňa lopatky turbíny, ktoré poháňajú elektrický generátor.



Obrázok 2.18: Schéma ideálneho spaľovacieho Rankineho parného cyklu

Para sa pri práci rozťahuje, preto je turbína širšia na konci, kde para vystupuje. Teoretická tepelná účinnosť jednotky závisí od rozdielu medzi vysokým tlakom a teplotou v kotle a nízkou teplotou a tlakom v kondenzátore.

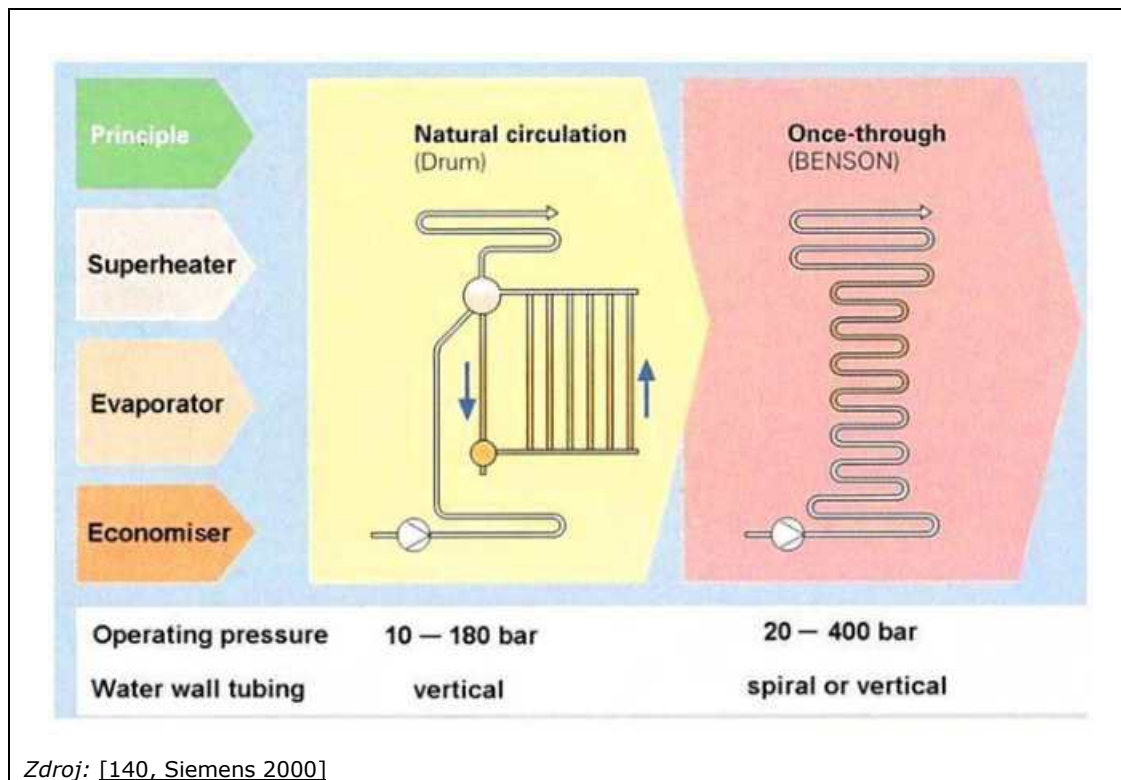
Nízkotlaková para vystupujúca z turbíny vstupuje do plášťa kondenzátora a kondenzuje na kondenzátorových rúrkach. Kondenzátorové rúrky sú udržiavané na nízkej teplote prúdom chladiaceho média. Kondenzátor je nevyhnutný pre efektívnu prevádzku, pretože poskytuje nízkotlakový odvod pre vyčerpanú paru. Keď sa para ochladí na kondenzát, kondenzát je transportovaný systémom napájacej vody kotla späť do kotla, kde sa opätovne používa. Keďže kondenzát je nízkoobjemová nestlačiteľná kvapalina, môže byť efektívne čerpaný späť do vysokotlakového kotla.

Na udržanie správneho tlaku plášťa kondenzátora (na strane pary) a zabezpečenie efektívnej výroby elektrickej energie je potrebný konštantný dostatočný prietok nízkooteplotného chladiaceho média v kondenzačných rúrkach. V procese kondenzácie sa chladiace médium ohrieva. Ak je chladiaci systém otvorený alebo priechodný, táto teplá voda sa vracia späť do zdrojového vodného telesa. V uzavretom systéme sa teplé médium ochladzuje recirkuláciou cez chladiace veže, jazerá alebo rybníky, kde sa teplo uvoľňuje do vzduchu odparovaním a/alebo citlivým prenosom tepla. Ak sa používa recirkulačný chladiaci systém, na kompenzáciu strát odparovaním a vypúšťaním chladiacej veže, ktoré sa musí pravidelne vypúšťať, aby sa zabránilo hromadeniu tuhých látok, je potrebné len malé množstvo dopĺňanej vody. V porovnaní s jednorazovým systémom recirkulačný systém spotrebuje približne jednu dvadsatinu vody. [131, EPA 1997]

2.4.1.1.1 Kotel

Vo všeobecnosti sa bežne používajú tri typy kotlov: kotly s prirodzenou cirkuláciou, kotly s nútenou cirkuláciou a kotly s jednorazovým prechodom.

Obrázok 2.19 znázorňuje hlavné rozdiely medzi koncepciou prirodzenej cirkulácie a koncepciou priechodného kotla.



Obrázok 2.19: Koncepcia prirodzenej cirkulácie a koncepcia priechodného kotla

V kotloch s prirodzenou cirkuláciou sa na vytvorenie prirodzenej cirkulácie využíva rozdiel v hustote medzi zmesou vody a pary na výstupe (hore) a pary a vody na vstupe (dole). V kotloch s nútenou cirkuláciou je cirkulácia okrem rozdielu hustoty podporovaná aj cirkulačnými čerpadlami. V kotloch s jednorazovým prechodom je prietok vody určený napájacím čerpadlom a voda sa odparuje počas jedného prechodu. Výhody kotla s jednorazovým prechodom sú:

- výroba pary je možná pri akomkoľvek tlaku;
- najvyššia dosiahnuteľná účinnosť je možná pri superkritických parametroch pary;
- vysoká účinnosť zariadenia aj pri čiastočnom zaťažení;
- krátke časy spustenia;
- prevádzka s kĺzavým tlakom s vysokými prechodnými zaťažzeniami;
- vhodné pre všetky palivá dostupné na svetovom trhu.

Komponenty kotla

Kotol alebo parný generátor je kombináciou nasledujúcich komponentov:

- **Ekonomizér:** Napájacia voda sa v ekonomizéri zahrieva na teplotu 10 °C pod bodom nasýtenia. Ekonomizér je prvý výmenník tepla kotla, ktorý zbiera teplo z dymových plynov s nižšou teplotou na výstupe z kotla.
- **Odparovač:** V spaľovacej komore sa uvoľňuje energia paliva a prenáša sa cez steny kotla a výmenníka tepla do vodného/parného okruhu. Zohriata voda sa potom odparuje v odparovači kotla najmenej na nasýtenú paru pre podmienky subkritického tlaku vody/pary alebo na prehriatu paru pre superkritické podmienky. Zvyčajne tvoria steny spaľovacej komory rúrky odparovača, ktoré sú usporiadané vertikálne alebo špirálovito. Moderné zariadenia pracujú s nadkritickým tlakom vody/pary, t. j. tlakom nad kritickým bodom v diagramu voda-para. Pri nadkritickom tlaku dochádza k premene bez fázového prechodu, takže energia odparovania je nulová a zmenu v kontinuálnej tekutine predstavuje iba vrchol tepelnej kapacity.
- **Prehrievač:** Prehrievač využíva oblasť kotla s najvyššou teplotou spalín na výrobu prehriatej pary. Prehrievač zvyčajne pozostáva z viacerých výmenníkov tepla s vstrekaním medzi nimi. Toto vstrekovanie reguluje teplotu čerstvej pary. Teploty čerstvej pary sa pohybujú v rozmedzí 540 – 570 °C pre superkritické jednotky a v rozmedzí približne 600 °C pre ultra-superkritické jednotky. Prehriata para má teplotu výrazne vyššiu ako teplota kondenzácie závislá od tlaku. Takéto teploty sú potrebné na uľahčenie vysokého poklesu tlaku v parnej turbíne, a tým sa zabráni kondenzácii počas expanzie pary vo vysokotlakovej parnej turbíne. Časť tejto expandovanej pary sa odvádza a používa na prenos tepla do napájacej vody.
- **Ohrievač:** Väčšina pary sa ohrieva spalínami v ohrievačoch, aby sa získala ďalšia energia a dosiahla vyššia účinnosť v následnej stredotlakovej parnej turbíne. Teplota horúcej prehriatej pary sa reguluje napr. vstrekaním vody alebo naklonením horáka. Ohrievanie sa zvyčajne používa vo veľkých elektrárňach. Veľmi veľké jednotky môžu mať aj ďalšiu fázu prehriatia, aby sa ešte viac zvýšil výkon.

2.4.1.1.2 Parná turbína

V parnej turbíne sa tepelná energia pary premieňa na mechanickú prácu (t. j. otáčanie hriadeľa turbíny). K tomu dochádza medzi vstupným bodom pary a kondenzátorom, pričom ako hnacia sila sa využíva expanzia pary. Expanzia pary je spojená s poklesom tlaku a adiabatickým poklesom teploty pary. Počas tejto adiabatической expanzie pary klesá teplota pary v súvislosti s poklesom tlaku z približne 180 – 300 barov na 0,03 barov v prípade moderných LCP. V prípade väčších elektrární sa vzhľadom na veľký rozdiel v tlaku expanzia pary zvyčajne vykonáva v troch fázach: fáza vysokého tlaku (HP), fáza stredného tlaku (IP) a fáza nízkeho tlaku (LP) parných turbín. Vo väčšine prípadov tieto kroky umožňujú opätovné zahriatie pary v ohrievačoch pred opätovným vstupom do ďalších krokov s nižším tlakom v parnej turbíne. V menších zariadeniach sa používajú dva kroky (IP a LP).

2.4.1.1.3 Kondenzátor

Nakoniec, v kondenzátore umiestnenom za nízkotlakovou časťou turbíny sa para kondenzuje späť na vodu (kondenzát). Po expanzii v parnej turbíne zostáva v pare určitá časť kondenzačnej a kinetickej energie, ktorá nie je prenosná na mechanickú energiu. Účinné kondenzačné systémy umožňujú zníženie tlaku parnej turbíny hlboko pod atmosférický tlak (vákuum až do 0,03 baru, v závislosti od teploty chladiaceho média a hmotnostného prietoku chladiacej vody), čo je žiaduce na získanie maximálneho množstva mechanickej energie. Tým sa maximalizuje získavanie mechanickej energie z expanzie pary v turbíne. V elektrárňach KVET môže byť kondenzátor chladený vodou z diaľkového vykurovania. Pri tejto aplikácii je kondenzačný tlak vyšší, ale teplo z kondenzácie pary môže byť využité na vykurovanie budov alebo priemyselných procesov.

2.4.1.1.4 Chladiaci systém

Chladiace techniky sa používajú na odstránenie kondenzačnej energie z pary, t. j. termodynamicky nevyužiteľnej energie procesu. Podrobné informácie o chladiacich technikách nájdete v dokumente ICS BREF.

Vplyv výberu chladiacej technológie na celkovú účinnosť elektrárne je dôležitý v spaľovacích elektrárnach. To vedie k nasledujúcemu poradí technológií chladiacich systémov: jednorazové chladenie, recirkulačné systémy chladené prirodzeným ťahom veže, recirkulačné systémy chladené mechanickým ťahom veže (vrátane hybridných systémov) a suché chladiace systémy, napr. vzduchom chladené kondenzátory. Ak je k dispozícii dostatočné množstvo vody, mokré chladiace systémy dosahujú najvyššiu účinnosť zariadenia a elektrický výkon takmer za všetkých podmienok. V tomto prípade je potrebné zohľadniť vplyv vypúšťanej vody na prijímajúci vodný útvar. Recirkulačné systémy chladené vežou ponúkajú o niečo nižšiu tepelnú účinnosť ako systémy s jednorazovým chladením, ale môžu sa používať na miestach, kde je dostupnosť vody obmedzená alebo kde je potrebné znížiť vplyv unášania a nárazov a tepelné vypúšťanie. Technológie suchého chladenia sú obmedzené na vývoj na miestach s veľmi obmedzenými vodnými zdrojmi alebo s osobitnými environmentálnymi problémami súvisiacimi s využívaním vody.

2.4.2 Vákuová kondenzačná elektráreň

Takzvané kondenzačné elektrárne využívajú okolité zdroje chladenia na kondenzáciu pary pri najnižšej dostupnej teplote a za vákuových podmienok.

Nízka teplota chladiacej vody z mora, rieky alebo jazera umožňuje najvyššiu účinnosť, nasleduje teplá voda s letnou teplotou z rovnakých zdrojov. Chladenie pomocou medzichladiaceho cyklu alebo chladiacich veží je vo všeobecnosti najmenej účinnou technikou kvôli vyšším teplotám chladiaceho média. Vždy je potrebný teplotný gradient medzi parou a chladiacim médiom a prostredím. Keďže elektrická účinnosť sa mení v závislosti od okolitej teploty, referenčné údaje sa počítajú pre štandardné podmienky ISO.

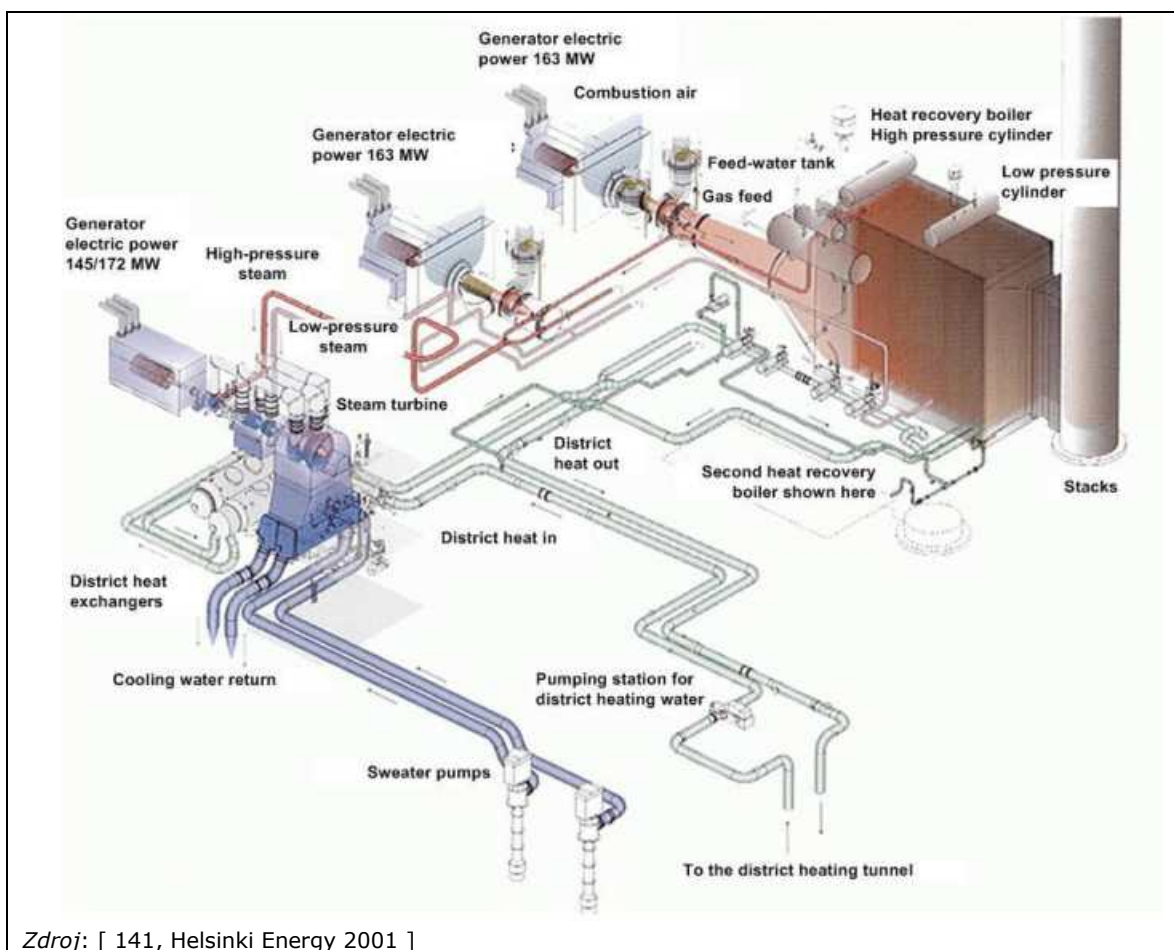
2.4.3 Kombinovaný cyklus

Myšlienka kombinovaných cyklov vznikla z potreby zlepšiť účinnosť jednoduchého Jouleovho cyklu využitím odpadového tepla v výfukových plynoch turbíny/motora. Ide o prirodzené riešenie, pretože plynová turbína/motor je stroj s relatívne vysokou teplotou a parná turbína je stroj s relatívne nízkou teplotou.

Teplota spalín na výstupe z plynových turbín je napríklad približne 500 °C alebo viac. Táto teplota vytvára možnosť použiť dodatočný parný cyklus. Takáto kombinácia systémov optimalizuje plynové a parné procesy s cieľom zvýšiť celkovú elektrickú alebo mechanickú účinnosť.

Systémy s kombinovaným cyklom sa používajú aj na kogeneráciu alebo KVE s dodatočným spätným využitím tepla z kondenzačnej energie. Keďže elektrická účinnosť sa mení v závislosti od okolitej teploty, referenčné údaje sa počítajú pre štandardné podmienky ISO. V systéme prepravy zemného plynu sa používa len málo kombinovaných cyklických systémov, pretože ich vysoká investícia je opodstatnená len v prípade, ak je ročné využitie kompresorov vysoké (napr. > 6 000 h/rok). Vo všeobecnosti závisí ekonomická realizovateľnosť kombinovaných cyklických systémov od počtu ročných prevádzkových hodín [6, Marcogaz 2012].

Obrázok 2.20 znázorňuje elektrárňu s kombinovaným cyklom s plynovou turbínou postavenú vo Fínsku.

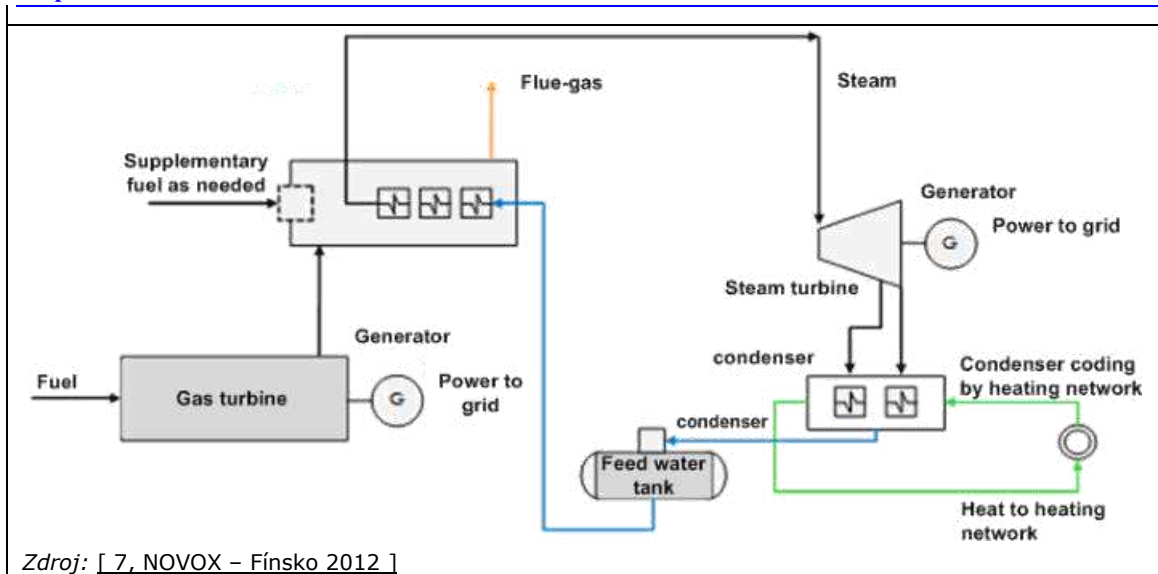


Zdroj: [141, Helsinki Energy 2001]

Obrázok 2.20: Elektrárňu s kombinovaným cyklom s plynovou turbínou

2.4.4 Doplnkové spaľovanie plynových turbín s kombinovaným cyklom

Plynové turbíny s kombinovaným cyklom pracujú pri maximálnej elektrickej účinnosti pri plnom zaťažení. Spalinový kotol (HRSG) môže byť navrhnutý s doplnkovým spaľovaním paliva po plynových turbínach s cieľom zvýšiť množstvo alebo teplotu vyrobenej pary (pozri diagram na obrázku 2.21). Bez doplnkového spaľovania je účinnosť elektrárne s kombinovaným cyklom vyššia, ale doplnkové spaľovanie umožňuje elektrárni reagovať na kolísania zaťaženia. Z tohto dôvodu sa doplnkové spaľovanie HRSG často používa na malovýrobu tepla pri špičkovom zaťažení v priemyselnom a diaľkovom vykurovaní. Táto aplikácia sa často používa na zlepšenie nákladovej efektívnosti a flexibility elektrární s kombinovaným cyklom, napr. v odsoľovacích zariadeniach morskej vody na Blízkom východe. Okrem toho je prírastkové znečistenie NO_x veľmi nízke vďaka nižšiemu obsahu kyslíka v spaľovaných spalín. Použitie predzmiešaného horáka zabezpečuje túto nízku úroveň emisií. [1, Eurelectric 2012]



Zdroj: [7, NOVOX – Fínsko 2012]

Obrázok 2.21: Kogenerácia založená na kombinovanom cykle, kde chladenie kondenzátora parnej turbíny pre parný cyklus zabezpečuje sieť diaľkového vykurovania

2.4.5 Zvýšenie výkonu existujúcich elektrární

V súčasnosti sa zvažuje zvyšovanie výkonu existujúcich elektrární spaľujúcich uhlie/ropu/plyn, ktoré využívajú parný proces, o dodatočnú plynovú turbínu, a to z dôvodu nižších emisií CO₂ týchto elektrární pri prevádzke na plyn. Ďalšími výhodami takéhoto riešenia sú malá plocha potrebná pre plynovú turbínu/motor, vysoká flexibilita takýchto systémov a skutočnosť, že hlavné zariadenia a komponenty, ako aj pomocné zariadenia a infraštruktúra už existujú.

Prvými aplikáciami boli takzvané Kombianlagen (kombinované zariadenia), kde sa výfukové plyny z plynových turbín využívali v parnom generátore ako spaľovací vzduch s plynom alebo uhlím ako palivom pre parný kotol. Spojenie existujúceho systému s uhlím pre parný kotol a plynom pre plynovú turbínu zabezpečuje flexibilitu plynových turbín.

Ďalšou možnosťou zvýšenia výkonu je využitie expandovaných výfukových plynov z plynových turbín alebo stacionárnych motorov na predohrev napájacej vody inej tepelnej elektrárne. Ekonomická výhoda takéhoto usporiadania závisí od relatívnych cien primárnych (napr. uhlie) a sekundárnych (zvyčajne plyn) palív používaných v tomto procese.

Zvýšenie výkonu môže zvýšiť účinnosť existujúcej elektrárne až o 5 percentuálnych bodov (napr. z 40 % na 45 %).

2.5 Kogenerácia alebo kombinovaná výroba tepla a elektriny (KVET)

Kogenerácia využíva jediný proces na výrobu elektrickej energie a využiteľného tepla. Kogenerácia alebo „kombinovaná výroba tepla a elektrickej energie“ (KVET) je osvedčená technológia, ktorá sa používa hlavne v priemyselných závodoch, systémoch diaľkového vykurovania a u menších miestnych spotrebiteľov.

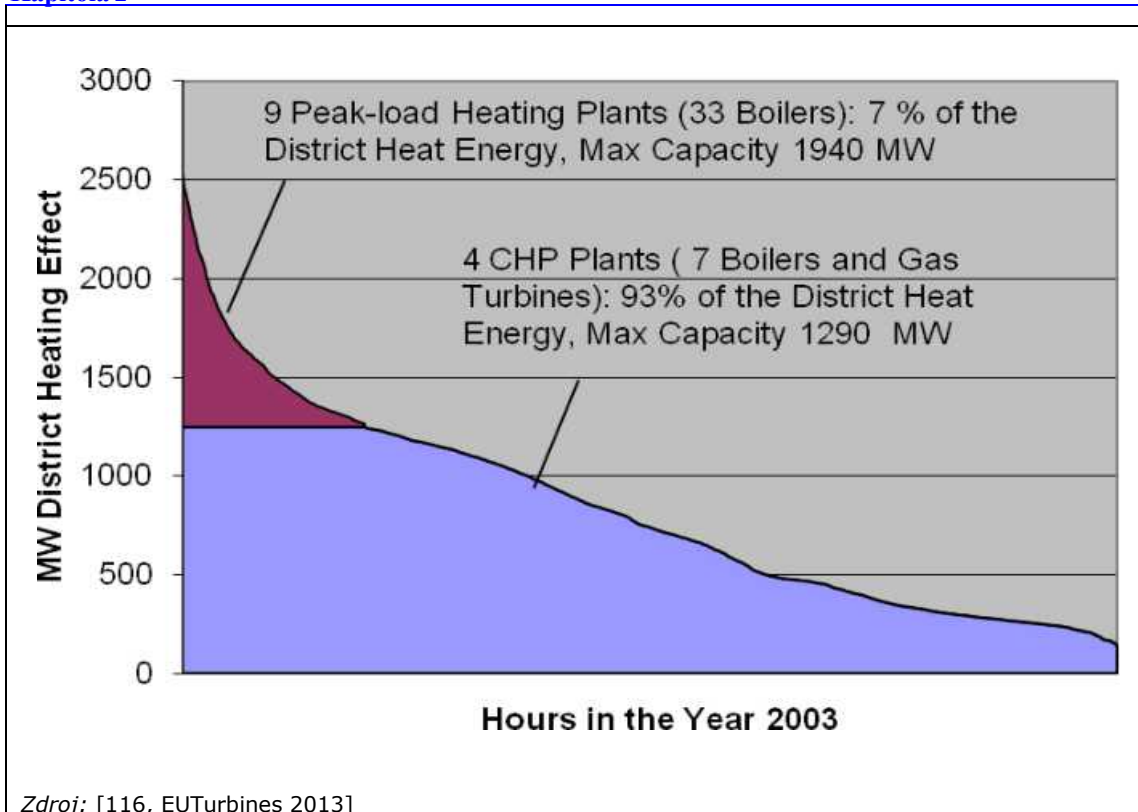
V elektrárnach, ktoré vyrábajú iba elektrickú energiu, je možné premeniť na elektrickú energiu iba 40 – 60 % energie paliva (meranej ako dolná výhrevnosť paliva, LHV). Zvyšok sa stráca vo forme odpadového tepla s nízkou teplotou do ovzdušia alebo vody, alebo do oboch. Keďže koncoví spotrebiteľia potrebujú veľké množstvo tepla na vykurovanie priestorov a v mnohých priemyselných procesoch, vzniká otázka, ako možno toto odpadové teplo z kondenzačných elektrární využiť. Termodynamická odpoveď na túto otázku je pomerne jednoduchá: zvýšiť teplotu odpadového tepla na požadovanú úroveň, napr. na 70 – 120 °C pre vykurovanie priestorov (distančné vykurovanie) a 120 – 200 °C pre priemyselné procesy. To však môže byť na úkor výroby elektrickej energie.

Kogenerácia je spôsobom zlepšenia energetickej účinnosti ovplyvnením štruktúry systému dodávky energie. V každom prípade môže kogenerácia ušetriť palivo v porovnaní s oddelenou výrobou tepla a elektriny. Ak je miestna tepelná záťaž dostatočne veľká a kogeneračná elektrárňa je následne dostatočne veľká, kogenerácia môže tiež ušetriť peniaze. Kogenerácia nemusí byť realizovateľná, ak nie je dostatočný dopyt po zvyškovom teple alebo pare.

Parné turbíny poháňané spaľovacími zariadeniami sa už mnoho rokov používajú v priemyselných kogeneračných systémoch. Vysokotlaková para vyrobená v konvenčnom kotle sa expanduje v turbíne, čím sa vyrába mechanická energia, ktorá sa potom môže použiť na pohon elektrického generátora. Vyrobená energia závisí od toho, do akej miery je možné znížiť tlak pary v turbíne, pričom sa stále uspokojujú potreby tepelnej energie daného miesta.

Na nákladovo efektívnu výrobu tepla sú potrebné vyššie teploty v porovnaní s teplotou vákuovej kondenzačnej elektrárne. Jednou z možností je odber pary na vykurovanie. Táto para sa stráca pri výrobe elektriny v nízkotlakovej parnej turbíne. Ďalšou možnosťou kombinovanej výroby tepla a elektriny je využitie diaľkového vykurovania na chladenie kondenzátora turbíny. Kondenzácia potom prebieha pri teplote približne 100 °C až 130 °C a pri tlaku vyššom ako je tlak okolia. V každom prípade odber tepla z optimalizovaného okruhu vodnej pary znižuje elektrickú účinnosť. Ale s rastom množstva spätne získaného tepla sa strata elektrickej energie kompenzuje ako využiteľné teplo. Typický faktor medzi vyrobeným teplom a stratenou energiou sa pohybuje medzi 4 a 7 v závislosti od teploty získaného tepla. Pri nižších teplotách odberu sa tento faktor zvyšuje. Technické a zdravotné kritériá však obmedzujú najnižšiu teplotu pre systémy diaľkového vykurovania. Miera využitia paliva sa pohybuje medzi 75 % a 99 % v prípadoch, keď je výroba elektriny a výroba tepla kombinovaná.

Priemyselné využitie tepla sa môže pohybovať medzi vysokými teplotami a nízkymi teplotami nad teplotou okolia. Zdroj tepla a médiá na prenos tepla (para, voda alebo iné teplotnosné kvapaliny) sa volia podľa požadovanej teploty. V tomto prípade je možné priemyselné tepelné straty získať späť pomocou spalínového kotla a použiť ich na výrobu pary pre dodávku tepla nižšej kvality. Spotreba tepla je zvyčajne konštantnejšia v prípade priemyselných aplikácií ako v prípade diaľkového vykurovania, ktoré závisí od vonkajšej teploty. V druhom prípade nie sú zariadenia KVET dimenzované na špičkovú spotrebu. Príklad z regiónu Helsínk je uvedený na obrázku 2.22, kde v najchladnejších obdobiach sú vykurovacie zariadenia so špičkovým zaťažením v prevádzke len zlomok času, počas ktorého sú v prevádzke zariadenia KVET so základným zaťažením.



Obrázok 2.22: Krivka trvania prevádzky diaľkového vykurovania v regióne Helsínk v roku 2003

Teplo z odpadových plynov z parných procesov alebo „odpadové“ kondenzačné teplo z protitlakovej parnej turbíny je možné využiť pre nízko teplotné aplikácie. Pre takéto využitie kondenzačného tepla platia rovnaké podmienky ako pre aplikácie diaľkového vykurovania. Priemyselné aplikácie sa vo všeobecnosti neobmedzujú na zimné obdobie s vyššou spotrebou diaľkového vykurovania, a preto sú z hľadiska nákladov efektívnejšie.

Ak nie je k dispozícii žiadne využitie dodávky tepla pre kogeneráciu s výstupným teplom z plynových turbín, stále je možné využiť ho na výrobu elektriny vo vákovej kondenzačnej elektrárni. V tomto prípade je využitie energie paliva obmedzené, podobne ako pri priamom výrobe elektriny s spalínovým kotlom (HRSG). Na túto výrobu elektriny nie je potrebné žiadne dodatočné palivo. S doplnkovým spaľovaním je možné zvýšiť výrobu elektriny. Ak sa na zvýšenie výroby pary použije dodatočné palivo, môže sa v dôsledku toho znížiť energetická účinnosť.

Ďalšie podrobnosti o energetickej účinnosti sú uvedené v oddiele 2.7.

Ďalšie informácie o kogenerácii sú uvedené v oddieloch 3.1.1.1 a 3.2.3.2.

Tabuľka 2.1 obsahuje informácie o hrubej výrobe tepla a elektriny v zariadeniach na kombinovanú výrobu tepla a elektriny a v zariadeniach vyrábajúcich iba teplo alebo elektrinu v EÚ-28 (2013).

Tabuľka 2.1: Teplo a elektrina vyrobené zariadeniami na kombinovanú výrobu tepla a elektriny v európskych krajinách v roku 2013

	Hrubá výroba elektriny z horľavých palív v roku 2013 (v tonách ropného ekvivalentu)		Hrubá výroba tepla z horľavých palív v roku 2013 (v tonách ropného ekvivalentu)	
	Kogeneračné zariadenia	Elektrárne vyrábajúce iba elektrinu	Kogeneračné elektrárne	Závody vyrábajúce iba teplo
	39 843,3	82 085,5	35 467,4	13 340,6
Belgicko	736,7	1 548,1	686,3	8
Bulharsko	423	1 452,7	1 056,7	142,8
Česká republika	1 175,2	2 485,1	2 036,7	469
Dánsko	1 816,5	4,6	1 924,1	737,7
Nemecko	6 908,2	25 684,9	8 252,9	3227
Estónsko	101,9	984,4	251,4	260,9
Írsko	0	1 599,2	0	0
Grécko	781,6	2 752	41,5	0
Španielsko	0	6 985,4	0	0
Francúzsko	678,8	2 548,3	1 258,6	1 145,6
Chorvátsko	169,3	215	217,8	62
Taliansko	6 585,6	8 643,3	3 079,5	74,1
Cyprus	1	339	1	0
Lotyšsko	251	0,6	417,7	153,8
Litva	208,4	0	447,2	342
Luxembursko	111,2	8,2	56,7	4,9
Maďarsko	376,3	772,5	526,9	551,3
Malta	0	190,5	0	0
Holandsko	2 493,4	3 511,6	2 131,7	133,7
Rakúsko	483,1	486,8	969,7	838,8
Poľsko	12 608,9	Údaje nie sú k dispozícii	4 273,8	2 500,4
Portugalsko	16,5	1 301,6	0	0
Rumunsko	879,4	935,1	1 581,9	247,3
Slovinsko	418,7	46,8	170,5	51,4
Slovensko	430	39,3	563,7	262,4
Fínsko	1 374,5	756,5	2 784,7	1131
Švédsko	813,8	2,4	2 735,3	995,7
Spojené kráľovstvo	0	18 791,4	0	0
Nórsko	32,1	9	227,6	226,3
Čierna Hora	0	123,9	0	0
Bývalá juhoslovanská republika Macedónsko	31,1	355,7	21,4	28,4
Albánsko	0	0	0	0
Srbsko	1212,6	1 265,7	76,5	488,5
Turecko	339,6	13 402,6	740,6	0
Zdroj: [117, Eurostat 2013]				

Siete diaľkového vykurovania

Kombinované zariadenia na výrobu tepla a elektriny (KVET) majú veľmi vysokú úroveň celkového využitia paliva, ktorú dosahujú integráciou a prepojením diaľkového vykurovania s výrobou elektriny. V prípadoch, keď je dopyt po teple stabilný, je KVET zariadenie dimenzované tak, aby uspokojilo dopyt po teple, a proces výroby elektriny je dimenzovaný tak, aby sa prispôbil tejto výrobe tepla.

KVET sa široko využíva v chladných klimatických regiónoch EÚ. Chladné podnebie v tomto kontexte znamená podnebie s dlhými obdobiami teplôt pod bodom mrazu a maximálnymi nízkymi teplotami až do mínus 30 °C. Za týchto podmienok je spoľahlivosť systému a bezpečnosť dodávok veľmi dôležitá. Na dosiahnutie požadovanej vysokej úrovne bezpečnosti dodávok sa sieť skladá z jednej alebo viacerých hlavných elektrární KVET a špičkových a rezervných kotlovní. Dopyt po teple sa zvyčajne mení spolu s okolitou teplotou, spotrebou teplej vody a vetrom. V lete je dopyt po teple nízky, hlavne na výrobu teplej vody. Dopyt po teple v sieti sa zvyčajne začína zvyšovať, keď okolitá teplota klesne pod približne +15 °C. [7, NOVOX – Fínsko 2012]

Vzhľadom na kotly na diaľkové vykurovanie, ktoré sa zvyčajne nachádzajú v obývaných oblastiach alebo v ich blízkosti, môže diaľkové vykurovanie prispievať k zlepšeniu kvality ovzdušia v danej lokalite. Niekoľko veľkých a dobre udržiavaných kotlov s čistením spalín a vysokými komínmi môže nahradiť veľký počet individuálnych vykurovacích zariadení s nízkymi komínmi a pravdepodobne menej kontrolovaným spaľovaním. V dôsledku toho sa môžu výrazne znížiť celkové emisie. Výsledkom je, že miestna kvalita ovzdušia v mestách, mestečkách a obciach vykurovaných kotelmi na diaľkové vykurovanie môže byť oveľa lepšia, ako keby sa používalo iba individuálne vykurovanie.

Priemyselné KVET

Potreba pary v priemyselných závodoch sa mení v závislosti od výrobných cyklov závodov. Tieto zmeny sú niekedy rýchle a nepredvídateľné kvôli poruchám v procesoch spotrebúvajúcich paru. To spôsobuje kolísanie a rýchle zmeny v procese spaľovania v kogeneračnej elektrárni dodávajúcej paru tomuto typu odberateľa pary. Dodávky pary priemyselným odberateľom sú zvyčajne zabezpečené rezervnými kotelmi pripojenými k parnej sieti, ktoré sa zvyčajne nepodieľajú na výrobe elektriny. Rezervný kotol je zvyčajne kotol na plyn alebo vykurovací olej s rýchlym spustením v prípade poruchy hlavného kotla, pretože priemyselné závody by mali byť zvyčajne zabezpečené aspoň rýchlym dodávaním tepla. Typicky sú ročné prevádzkové hodiny rezervných kotlov veľmi nízke, prevádzkujú sa len počas ročného plánovaného odstavenia hlavného kotla alebo v prípade neočakávaných porúch. Niektoré systémy sú vybavené aj parnými akumuláčnymi nádržami, ktoré zabezpečujú tlak pary a jej dodávku počas rýchlych zmien zaťaženia.

Záložné jednotky na dodávku pary pripojené k priemyselným parným sieťam sú zvyčajne existujúce kotolne, ktorých nepretržitá prevádzka už nie je ekonomicky rentabilná. [8, NOVOX – Fínsko 2012]

Priemyselné komplexy môžu vyrábať elektrinu na mieste, ak existuje veľký pomer tepla k energii, t. j. v rozmedzí od 1,5 do 3.

Kogenerácia s využitím plynových turbín

Plynové turbíny sa môžu používať v priemyselných kogeneračných zariadeniach. Dodávku tepla z CCGT zariadenia je najpravdepodobnejšie dosiahnuť odoberaním pary zo systému parnej turbíny zariadenia. V prípade systému diaľkového vykurovania sa pravdepodobne jedná o nízko tlakovú paru, ktorá prechádza cez výmenník tepla na mieste, kde sa vyrába horúca voda, ktorá sa potom odoberá potrubím mimo miesta. V priemyselných aplikáciách môže ísť o paru s vyšším tlakom, ktorá sa potrubím dopravuje priamo k zákazníkovi. V praxi je však nepravdepodobné, že odpadové teplo z kondenzátorov elektrárne bude mať nejaké využitie kvôli nízkej teplote (okolo 25 °C), hoci existujú niektoré výnimky, ako napríklad využitie kondenzátorovej vody s o niečo vyššou teplotou na regazifikáciu skvapalneného zemného plynu.

Kogenerácia s využitím motorov

Stacionárne motory sú veľmi vhodné a bežne používané na kogeneráciu, t. j. na výrobu teplej vody, výrobu pary (niekedy s dodatočnou parnou turbínou na zvýšenie elektrickej účinnosti), odsolovanie morskej vody, systémy chladenia mestských častí a na ohrev vzduchu. Celková palivová účinnosť tohto druhu zariadenia je veľmi vysoká, v niektorých aplikáciách až 90 %. Pomer tepla k výkonu pre aplikácie KVET s motorom je zvyčajne od 0,5 do 1,3. [136, EUROMOT 2001]

Bežnou aplikáciou rekuperácie tepla pre KVET zariadenia s motormi je výroba nízkotlakovej pary na priemyselné účely. Rozsah tlaku je zvyčajne od 3 barov do 16 barov, ale vyššieho tlaku pary a dlhšej výroby pary je možné dosiahnuť pomocou doplnkového spaľovania alebo pomocných kotlov. Para s tlakom 8 barov je vhodná na odsolovanie a absorpčné chladenie, zatiaľ čo niektoré priemyselné procesy môžu vyžadovať vyšší tlak pary.

Druhým riešením na zvýšenie kapacity výroby pary je vybavenie HRSG doplnkovým spaľovaním. Pri väčších plynových motoroch so zapáľovaním iskrou je obsah kyslíka zvyčajne 11 až 12 obj. % a pri vysokotlakových plynových dieselových motoroch je často vyšší. Tento kyslík sa môže použiť ako hlavný spaľovací vzduch pre doplnkové spaľovanie. Systém tiež umožňuje výrobu vysokotlakovej pary a má dobrú tepelnú účinnosť pre dodatočné palivo pre doplnkové spaľovanie. Zatiaľ existuje len niekoľko piestových motorov vybavených doplnkovým spaľovaním, a to kvôli problémom s kombináciou spaľovacieho plameňa s pulzovaním spalín motora a relatívne nízkym obsahom kyslíka v spalínach. [135, Wärtsilä 2000]

Zaujímavým konceptom KVET je predohrev napájacej vody, pri ktorom sa odpadové teplo z výfukových plynov motora a chladiacich okruhov využíva na zvýšenie účinnosti existujúcej, napr. parnej kotlovej stanice. Elektrická účinnosť plynového motora sa dá zvýšiť vybavením stanice parnou turbínou. Parné turbíny najčastejšie používané v tejto aplikácii sú jednostupňové kondenzačné turbíny a typický tlak pary je 12 až 20 barov. V tomto prípade sa elektrický výnos elektrárne zvýši typicky o 8 až 10 percentuálnych bodov v závislosti od typu použitého motora a kondenzačnej teploty chladenia.

Kogenerácia s využitím elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie

Parné turbíny poháňané kotlami na fosílna palivá sa už mnoho rokov používajú v priemyselných systémoch kogenerácie. Vysokotlaková para vytvorená v konvenčnom kotle spaľujúcom uhlie alebo hnedé uhlie sa expanduje v turbíne, čím sa vytvára mechanická energia, ktorá sa potom môže použiť na pohon elektrického generátora. Množstvo vyrobenej energie závisí od toho, o koľko sa dá znížiť tlak pary v turbíne, pričom sa stále dokáže uspokojiť potreba tepelnej energie v danom zariadení. V niektorých prípadoch je turbína vybavená samostatným alebo integrovaným nízkotlakovým valcom, ktorý umožňuje výrobu elektriny nezávisle od dodávky tepla.

Pripravenosť spaľovacích zariadení na KVET

Vzhľadom na výhody kogenerácie z hľadiska všeobecnej energetickej účinnosti a celkových emisií znečisťujúcich látok sa vynára otázka pripravenosti na KVET. Vo Veľkej Británii sa odporúča, aby nové plynové turbíny s kombinovaným cyklom (CCGT) boli „pripravené na KVET“ (KVETR) a aby sa zabránilo „blokácii KVET“ (keď konštrukcia elektrárne vylučuje neskoršie odoberanie tepla). Miera, do akej je nová elektráreň CCGT pripravená na KVET, závisí od konkrétnej lokality a vychádza z aktuálnych a potenciálnych budúcich možností dodávky tepla v danej oblasti. Rovnaké zásady KVET pre nové elektrárne na biomasu sa v súčasnosti posudzujú.

Kombinovaná tepláreň je ideálne postavená tak, aby od začiatku dodávala teplo aj elektrickú energiu, pričom známa veľkosť a profil tepelného zaťaženia sa používajú na vytvorenie optimálneho návrhu. Naopak, kombinovaná plynová a parná elektráreň, ktorá je kombinovanou teplárnou, je spočiatku postavená tak, aby dodávala iba elektrickú energiu, pričom v etape návrhu existuje rôzna miera neistoty ohľadom typu a množstva tepla, ktoré bude v budúcnosti potrebné dodávať, ak vôbec.

Všeobecne povedané, je pravdepodobne jednoduchšie dodatočne vybaviť väčšie množstvo nízkotlakovej pary z bočnej výfukovej parnej turbíny ako z axiálnej výfukovej parnej turbíny. To môže ovplyvniť výber turbíny, ak existuje významná šanca, že v budúcnosti bude potrebná nová CCGT na dodávku KVET. V opačnom prípade bude potreba KVETR mať pravdepodobne malý vplyv na výber parnej turbíny, vzhľadom na škálu iných možností, ako je napríklad použitie studeného ohrevu.

Pripravenosť na KVET v konkrétnej lokalite

Keď existujúce staré kotly dosiahnu koniec svojej životnosti, môžu byť nahradené elektrárnami CCGT postavenými na tom istom mieste, vzhľadom na jednoduchosť pripojenia k elektrickej sieti a prístup k chladeniu. Keďže tieto lokality sa zvyčajne nachádzajú ďaleko od centier osídlenia, nové elektrárne CCGT sa zvyčajne nestavajú ako KVET elektrárne, vzhľadom na absenciu odberateľov tepla v bezprostrednej blízkosti. Nie vždy to však platí a ak existuje reálny potenciál pre budúce možnosti KVET v blízkosti elektrárne CCGT, zohľadňuje sa to pri zvažovaní možností návrhu. [9, UK-TWG 2012]

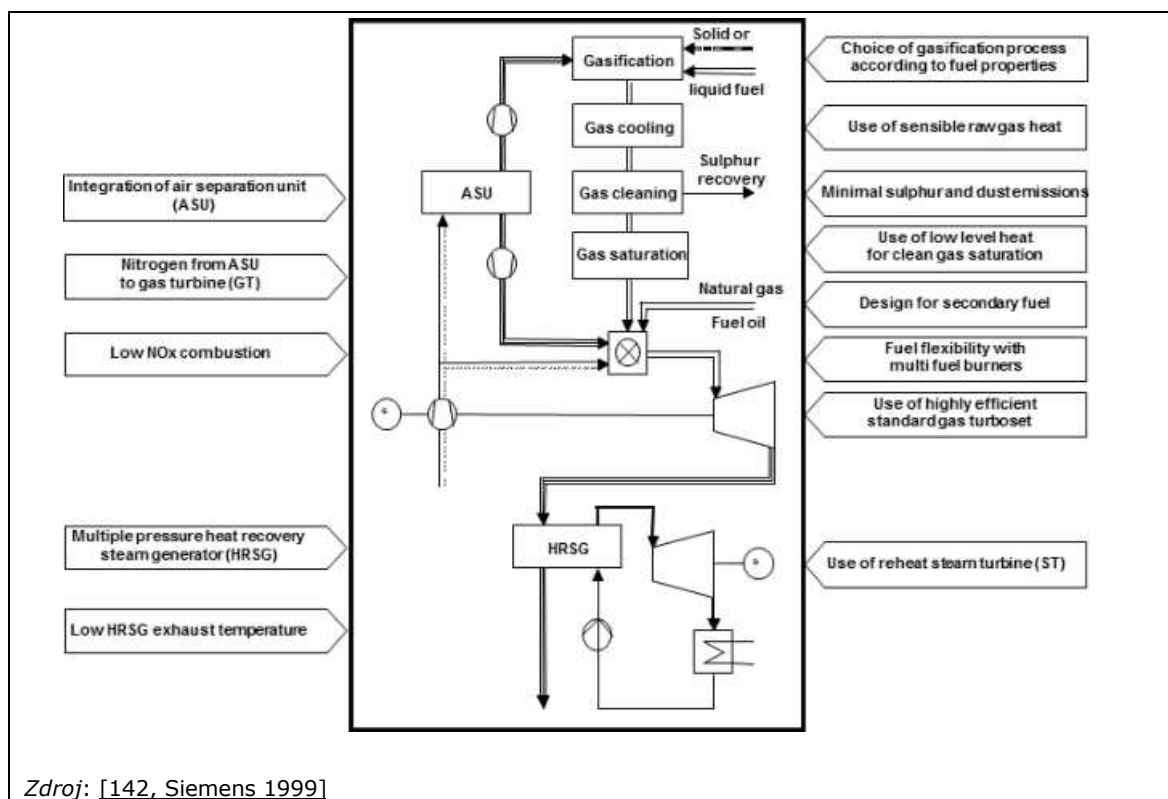
Chengov cyklus

Chengov cyklus je technológia KVET aplikovaná na existujúce alebo nové plynové turbíny, spojená s parným cyklom aplikovaným na plynovú turbínu, ale nie s kombinovaným cyklom. Teplo sa získava z spalín prostredníctvom spalínového kotla (HRSG), čo umožňuje výrobu pary alebo vody na priemyselné účely alebo na diaľkové vykurovanie. Namiesto toho, aby sa parná turbína spojila s HRSG na výrobu elektriny zo zostávajúceho tepla/pary, Chengov cyklus presmeruje paru do plynových turbín na výrobu dodatočnej elektriny a zároveň na zníženie emisií NO_x.

Uplatnenie takejto techniky na jednoduchú plynovú turbínu zlepšuje celkovú energetickú účinnosť tým, že umožňuje rekuperáciu tepla z spalín. Je to možnosť pre variabilné požiadavky na zaťaženie od oboch klientov: používateľov pary a elektriny. Podľa správ je vo svete v prevádzke okolo 300 elektrární s takýmto systémom. [4, deBiasi 2013]

2.6 Integrovaný kombinovaný cyklus splyňovania

„Integrovaný kombinovaný cyklus splyňovania“ (IGCC) spája splyňovanie s čistením plynu, konverziou syntézneho plynu a technológiami turbínového pohonu na výrobu čistej a cenovo dostupnej energie (pozri obrázok 2.23). Táto integrácia procesov konverzie energie umožňuje komplexnejšie využitie energetických zdrojov a ponúka vysokú účinnosť a mimoriadne nízku úroveň znečistenia. Okrem toho môže IGCC konvertovať prakticky akúkoľvek surovinu na báze uhlíka na produkty, ako je elektrická energia, para, vodík a chemikálie s pridanou hodnotou. Rôzne technické kombinácie umožňujú priemyslu využívať lacné a ľahko dostupné zdroje a odpady vo vysoko účinných možnostiach konverzie energie. Tieto možnosti je možné vybrať tak, aby vyhovovali akémukoľvek z celého radu trhových aplikácií.



Obrázok 2.23: Hlavné charakteristiky IGCC s prívodom kyslíka

IGCC sa v súčasnosti používa v niekoľkých talianskych rafinériách na premenu vedľajších produktov a rezíduí na cenný vodík pre proces krakovania a CO na výrobu tepla a elektrickej energie (uvedené v BREF pre rafinérie). Tri zariadenia IGCC prevádzkované v Španielsku, Holandsku a Českej republike premieňajú koks, uhlie a biomasu na elektrickú energiu pre národnú rozvodnú sieť. Existuje aj niekoľko ďalších zariadení IGCC prevádzkovaných po celom svete.

2.7 Energetická účinnosť

Energetická účinnosť elektrárne je základným ukazovateľom na posúdenie efektívnej konverzie energie paliva na elektrinu, teplú vodu, paru alebo mechanickú energiu. Energetická účinnosť má preto osobitný význam. Úroveň energetickej účinnosti poskytuje informácie o nízkom alebo efektívnom využití energie paliva. Za predpokladu, že sa používa rovnaké palivo, je to tiež ukazovateľ špecifických emisií CO₂ (CO₂ /kWh) uvoľňovaných počas premeny energie a množstva použitého paliva (g paliva/kWh). Využitie tepelných strát z procesu výroby energie na priemyselné účely alebo na diaľkové vykurovanie zvyšuje energetickú účinnosť kombinovanej výroby tepla a elektriny.

V prieskume krajín po celom svete, vrátane Austrálie, Číny, Francúzska, Nemecka, Indie, Japonska, severských krajín (Dánsko, Fínsko, Švédsko a Nórsko spolu), Južnej Kórei, Spojeného kráľovstva a Írska (súhrnne) a Spojených štátov amerických je vážený priemer energetickej účinnosti výroby elektrickej energie pre všetky krajiny spolu v roku 2011 35 % pre uhlie, 48 % pre zemný plyn, 40 % pre výrobu elektrickej energie z ropy a 38 % pre fosílna palivá vo všeobecnosti [118, Hussy et al. 2014]. Podľa súčasného stavu techniky (rok 2011) sa pri použití ultra-superkritických parných podmienok dosahuje čistá účinnosť približne 45 % v uhoľných elektrárnach vo vnútrozemí s mokrým chladením (prevádzka mokrej chladiacej veže). Ak sa odpadové teplo využíva v aplikáciách KVET, celková účinnosť sa môže zvýšiť až nad 100 % pri použití kondenzátora spalín. [1, Eurelectric 2012] [5, Eurelectric 2012] [3, LCP TWG 2012].

Energetická účinnosť závisí od viacerých faktorov, z ktorých najdôležitejšie sú:

- typ elektrárne (parné podmienky);
- typ paliva (uhlie, hnedé uhlie, plyn, ropa, biomasa atď.);
- umiestnenie elektrárne (t. j. severná alebo južná Európa);
- chladiaci systém (chladiaca veža, chladenie čerstvou vodou, vzduchom chladený kondenzátor);
- starnutie a znečistenie;
- kapacita;
- prevádzkový režim z hľadiska počtu prevádzkových hodín za rok;
- rekuperácia tepla, napr. prostredníctvom režimu KVET;
- vyťaženosť;
- počet spustení a vypnutí. [1,

Eurelectric 2012]

V nasledujúcich častiach je uvedené podrobné rozlíšenie medzi rôznymi definíciami energetickej účinnosti, pretože tepelný tok energie sa často zamieňa s elektrickým tokom energie. Ďalej sú opísané vplyvy, ktoré majú účinok na elektrickú účinnosť počas každodenného prevádzky.

Existujú rôzne spôsoby opisu energetickej účinnosti spaľovacej elektrárne, preto je potrebné uviesť, ako je účinnosť definovaná a za akých podmienok sa meria. Existuje tiež rad národných smerníc, napríklad VDI 3986, ktoré opisujú prijateľné testy a merania určitých účinností.

Energetické účinnosti definované nižšie v norme VDI 3986 sa majú chápať ako účinnosti pri určitom elektrickom výkone a normálnom prevádzkovom režime, keďže elektrárne je prevádzkovaná v dennom režime výroby (napr. počet mlynov, počet horákov, s kalorifikátorom alebo bez neho). Vypočítavajú sa z priemerných nameraných hodnôt získaných z hodnôt zaznamenaných za určité časové obdobie.

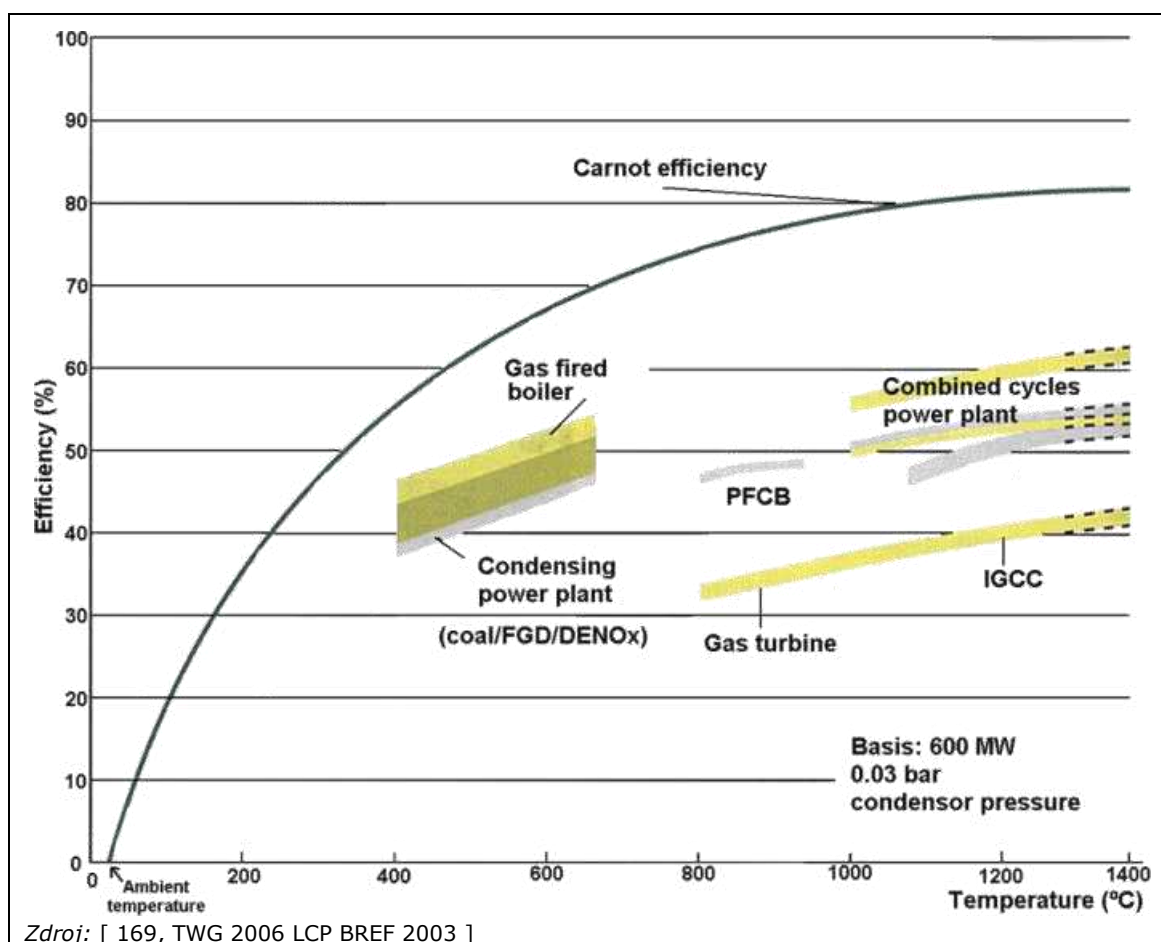
2.7.1 Carnotova účinnosť

Ideálna účinnosť tepelného procesu alebo „Carnotova“ účinnosť je mierou kvality premeny tepla na prácu medzi dvoma teplotnými úrovňami. Carnotova účinnosť sa dá zapísať ako:

$$\eta_c = 1 - T_0 / T$$

Tu je T_0 teplota okolia a T teplota, pri ktorej sa teplo uvoľňuje alebo pohlcuje, obe vyjadrené v kelvinoch ($T \text{ (K)} = T \text{ (}^\circ\text{C)} + 273,15$).

Carnotov cyklus možno použiť ako porovnávaci cyklus, pretože ilustruje teoreticky maximálnu dosiahnuteľnú účinnosť tepelného procesu. Vzhľadom na nevratnosť reálnych procesov v podobe konečných teplotných rozdielov v procesoch prenosu tepla a strát spôsobených trením tekutín v pracovných procesoch nie je možné dosiahnuť teoretickú Carnotovu účinnosť v reálnom procese elektrárne (napr. Rankinov cyklus). Obrázok 2.24 porovnáva ideálnu (Carnotovu) účinnosť s účinnosťou, ktorá sa skutočne dosahuje pomocou v súčasnosti používaných spaľovacích (tepelných) techník.



Obrázok 2.24: Ideálna (Carnotova) účinnosť v porovnaní s účinnosťou skutočne dosiahnutou technikami výroby tepelnej energie, ktoré sa v súčasnosti používajú

2.7.2 Tepelná účinnosť

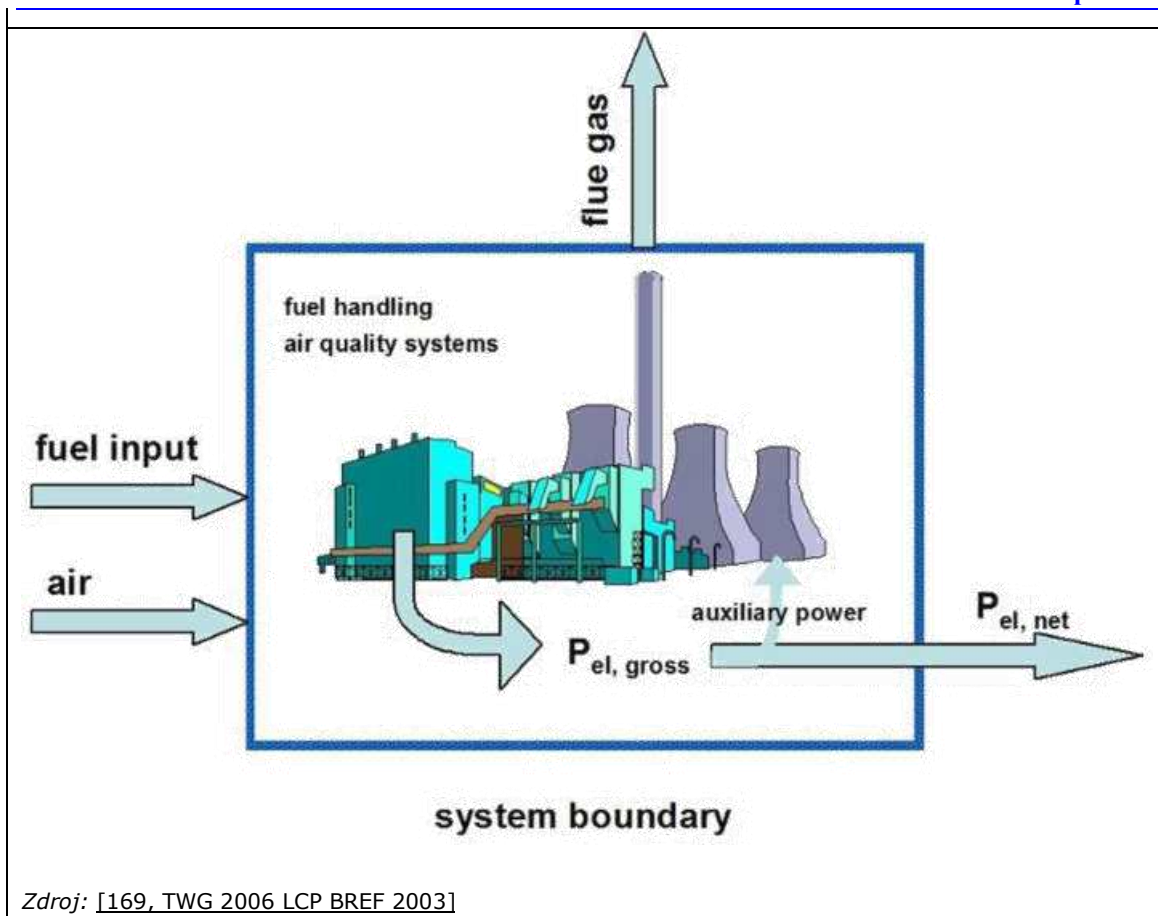
Definícia tepelnej účinnosti zohľadňuje iba skutočný cyklus používaný v spaľovacej elektrárni. Účinnosť je potom pomerom užitočného mechanického výkonu k tepelnej energii prenesenej do média cyklu (spravidla vzduch alebo voda).

V tomto kontexte je užitočný mechanický výkon mechanický výkon turbíny, keď je napájacia čerpadlo poháňané turbínou, ktorá je prevádzkovaná s odberom pary z hlavnej turbíny. Keďže kondenzačné čerpadlo tiež prispieva k zvýšeniu tlaku, z termodynamického hľadiska sa považuje za súčasť napájacieho čerpadla. Jeho mechanický výkon sa preto musí odpočítať od mechanického výkonu turbíny. Mechanický výkon turbíny v termodynamickom zmysle je v tomto prípade výkon vyplývajúci z hmotnostného prietoku pary a rozdielu entalpie. Ak je napájacie čerpadlo poháňané elektromotorom, potom je užitočný mechanický výkon rovný rozdielu medzi mechanickým výkonom turbíny mínus hnacie výkony napájacieho čerpadla plus kondenzačného čerpadla. To platí aj v prípade, ak je napájacie čerpadlo poháňané priamo hriadeľom turbíny. Tepelný tok prenesený do procesu je tepelný tok prenesený do cyklu voda/para.

V prípade kombinovaného procesu s plynovou/parnou turbínou je užitočný mechanický výkon mechanickým výkonom parnej turbíny plus mechanickým výkonom plynovej turbíny, ak je napájacie čerpadlo poháňané turbínou, ktorá pracuje s extrahovanou parou. Od tohto výkonu sa však musí odpočítať výkon kondenzátorového čerpadla. Ak je napájacie čerpadlo poháňané elektromotorom, užitočný mechanický výkon sa rovná rozdielu medzi mechanickým výkonom turbíny a výkonom pohonu napájacieho čerpadla plus kondenzačného čerpadla. Tepelný tok prenesený do procesu okruhu v procese plynovo-parnej turbíny sa rovná tepelnému toku prenesenému do vzduchu v spaľovacej komore plynová turbína plus tepelnému toku prenesenému do cyklu voda/para v parnom generátore spaľovaním. V čisto tepelnom generátore pary je tok tepla prenesený do cyklu vodnej pary nulový. [147, VDI 1998]

2.7.3 Elektrická účinnosť

Pre definíciu elektrickej účinnosti je dôležité, aby boli hranice systému starostlivo definované. Zjednodušené schéma je znázornené na obrázku 2.25. Všetky komponenty v rámci hraníc systému môžu mať vplyv na pomocný výkon a tým aj na čisté hodnoty.



Zdroj: [169, TWG 2006 LCP BREF 2003]

Obrázok 2.25: Hranice systému pre definíciu účinnosti

Elektrická účinnosť je definovaná ako pomer dodaného alebo vyrobeného efektívneho elektrického výkonu elektrárne k dodanému palivu. V elektrárni je výkon dodávaný vo forme elektrickej energie (len výroba elektrickej energie).

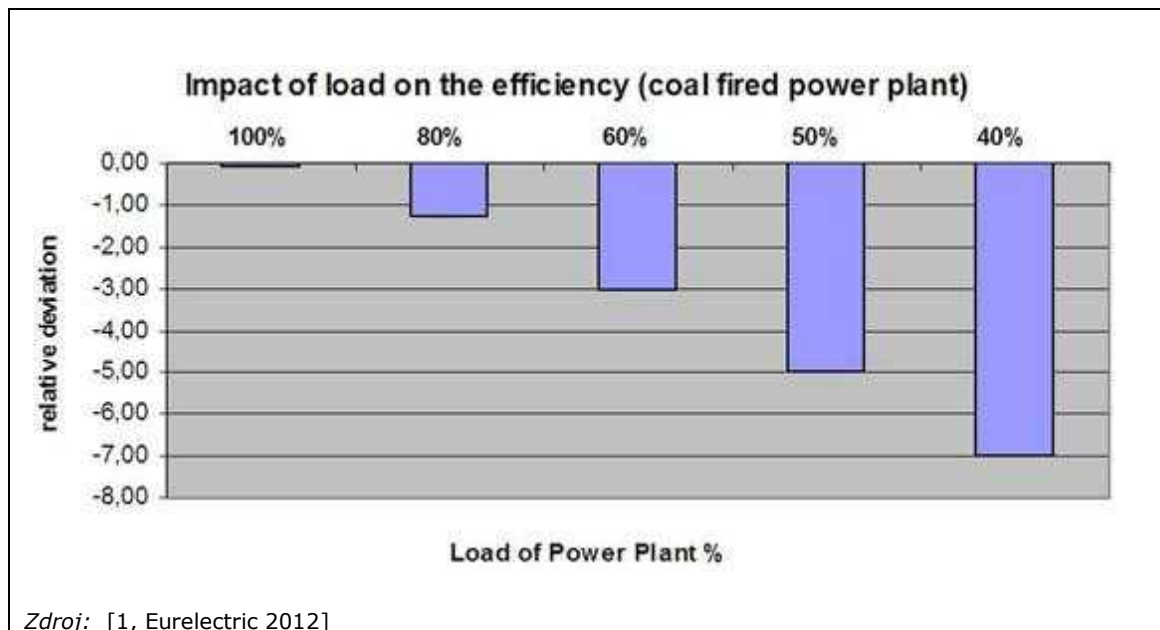
Hrubý a čistý výkon sa rozlišujú v závislosti od efektívneho elektrického výkonu elektrárne. Hrubý výkon je elektrický výkon, ktorý je dodávaný na svorkách generátora elektrárne. Čistý výkon elektrárne je výkon dodávaný do vonkajšej elektrickej siete (prenosovej siete). Rozdiel v porovnaní s hrubým výkonom je spôsobený odpočítaním spotreby energie všetkých technických zariadení, napr. elektrických čerpadiel, uhoľných mlynov, dopravníkových pásov, klimatizačných a ventilačných systémov, osvetlenia atď. Preto má čistý výkon elektrárne väčší význam ako hrubý výkon.

$$\eta_{\text{čistý}} = \frac{P_{\text{el, čistý}}}{P} = \frac{P_{\text{el, hrubý}} - P_{\text{pom}}}{m_{\text{pal}} H_u}$$

V Európe sa na určenie účinnosti zvyčajne používa dolná výhrevnosť (LHV). V iných krajinách, napr. v USA, sa na výpočet účinnosti používa prevažne vyššia výhrevnosť (HHV). Podľa zloženia paliva (obsah vody a vodíka v palive) sa pomer medzi spaľovacím teplom a výhrevnosťou pohybuje v rozmedzí od 1,03 do 1,11.

Zaťaženie má významný vplyv na elektrickú účinnosť elektrárne. Pri prevádzke s čiastočným zaťažením sa elektrická účinnosť postupne znižuje. Hlavným dôvodom je to, že väčšina komponentov v procese elektrárne nedosahuje svoje konštrukčné podmienky, pokiaľ ide o tlak, teplotu a hmotnostný prietok.

Pri prevádzke s čiastočným zaťažením sa prebytok vzduchu v kotle zvyšuje v dôsledku chladenia horákov, ktoré nie sú v prevádzke. To spôsobuje dodatočné straty. Výsledný vplyv na elektrickú účinnosť je znázornený nižšie.



Obrázok 2.26: Relatívna odchýlka elektrickej účinnosti v závislosti od zaťaženia v uhoľnej elektrárni

2.7.4 Mechanická účinnosť

Pri výrobe mechanickej energie, napr. na pohon kompresorov zemného plynu v plynárenskej distribučnej sieti, je účinnosť jednoducho rovnaká ako účinnosť samotného stroja, pretože neexistujú žiadne vnútorné použitia, ktoré by znižovali výkon na hriadeli plynových turbín alebo plynových motorov. Účinnosť strojov na mechanický pohon sa v priebehu času zlepšila a naďalej sa zlepšuje. Staršie plynové turbíny majú nižšiu účinnosť v porovnaní s novými. Dôležitá je aj veľkosť stroja, pričom menšie stroje majú nižšiu účinnosť ako veľké. Tento efekt je možné vidieť v tabuľke 2.2.

Tabuľka 2.2: Typické účinnosti na výstupnom hriadeli plynových turbín v závislosti od ich tepelného výkonu

Typ zariadenia	Účinnosť (%) Podmienky ISO		Poznámky
	Nové elektrárne	Existujúce elektrárne	
Plynová turbína 15–50 MW	30–35	27–35	Pre existujúce elektrárne v závislosti od ich veku
Plynová turbína 50–100 MW	36–40	27–38	Pre existujúce elektrárne v závislosti od ich veku
Plynová turbína > 100 MW	36	32–38	

Zdroj: [6, Marcogaz 2012]

2.7.5 Prevádzková (ročná) energetická účinnosť

Dokonca ani dnes nie je možné elektrickú energiu vo veľkom množstve skladovať v elektrickej sieti, takže prevádzkovatelia musia neustále vykonávať úpravy zaťaženia. To znamená, že elektrárne môžu pracovať v režime podpory frekvencie (prevádzka s čiastočným zaťažením).

Okrem kolísania zaťaženia spôsobeného spotrebiteľmi elektrickej energie/priemyselnými spotrebiteľmi sa kolísanie zaťaženia zvyšuje aj v dôsledku prioritného prístupu k sieti pre elektrárne využívajúce obnoviteľné zdroje energie (napr. veterné elektrárne, fotovoltické elektrárne atď.), ktoré dodávajú elektrickú energiu do siete často prerušovane.

Kolísave dodávky elektrickej energie vedú k tomu, že tepelné elektrárne musia prispôbovať prevádzku svojho zaťaženia, t. j. v prípade potreby prevádzku na menej efektívnu čiastočnú záťaž, alebo dokonca k ich odstaveniu z prevádzky.

Okrem toho je potrebné zohľadniť, že čistá účinnosť elektrárne sa dosahuje len pri takzvaných „dodacích podmienkach“. Dodacie podmienky zodpovedajú teoretickej ideálnej hodnote, ak sú vonkajšie prevádzkové podmienky elektrárne optimálne. Okrem vyššie uvedených kolísaní zaťaženia patria medzi vonkajšie podmienky, nad ktorými prevádzkovateľ nemá žiadnu kontrolu, teplota okolitého vzduchu a tlak okolitého vzduchu.

Prevádzkové podmienky majú silný vplyv na priemernú účinnosť. Meraná účinnosť elektrárne sa líši od projektovej účinnosti, pretože skutočná prevádzka zriedka zodpovedá ideálnym podmienkam (kvôli znečisteniu, usadzovaniu škvary, ochladzovaniu, neideálnym podmienkam kondenzátora, odkalovaniu atď.), kvôli spúšťaniu a vypínaniu a kvôli tomu, že vlastnosti použitého paliva zriedka presne zodpovedajú vlastnostiam projektového paliva (kalorická hodnota, obsah vody, obsah popola atď.). Starnutie bežne udržiavanej elektrárne (znečistenie, usadzovanie škvary, erózia, netesnosti atď.) tiež vedie k postupnému zhoršovaniu účinnosti. To je možné kompenzovať renováciou a modernizáciou komponentov, ako je uvedené v tabuľke 2.3. [1, Eurelectric 2012]

Tabuľka 2.3: Bežne použiteľné techniky na zvýšenie účinnosti v spaľovacích zariadení

Technika	Zvýšenie účinnosti
Výmena/modernizácia horákov	Až o 4–5 percentuálnych bodov
Vylepšený ekonomizér	Zvýšenie teploty spalín o 40 °F zodpovedá strate účinnosti o ~1 percentuálny bod
Vylepšený predohrev vzduchu	Pokles teploty plynu o 300 °F predstavuje zvýšenie účinnosti približne o 6-percentuálnych bodov
Optimalizácia spaľovania	0,5–3,0 percentuálneho bodu
Meracie a regulačné prístroje	0,5–3,0 percentuálnych bodov (okrem optimalizácie)
Zníženie tvorby škváry a znečistenia povrchov prenosu tepla povrchov	1–3 percentuálne body
Zníženie úniku vzduchu	1,5–3,0 percentuálnych bodov
Zdroj: [1, Eurelectric 2012]	

Ročná energetická účinnosť je tiež zahrnutá v diskusiiach o čistej energetickej účinnosti definovanej v oddieloch 2.7.2 a 2.7.3. Vypočíta sa z pomeru využiteľného dodaného výkonu a tepla a celkového množstva dodanej energie v tom istom vykazovanom období (s odkazom na kalendárny rok prevádzky).

2.7.6 Celkové využitie paliva

Celkové využitie paliva alebo tepelná účinnosť (často označovaná ako palivová účinnosť, celková účinnosť, čistá celková energetická účinnosť, faktor využitia paliva alebo energetická účinnosť) elektrárne zohľadňuje súčasnú výrobu elektriny a tepla. Je to ukazovateľ, ktorý pomáha posúdiť účinnosť premeny horľavého paliva (hnedého uhlia, uhlia, biomasy, ropy, plynu) na kombinované produkty tepla a elektriny.

Celkové využitie paliva sa vypočíta ako podiel súčtu čistého elektrického a tepelného výkonu a dodaného paliva.

$$\varepsilon_{\text{čistý}} = \frac{P_{el, \text{čistý}} + Q_{\text{čistý}}}{\dot{m}_{\text{pal}} H_u}$$

Výroba tepla (procesná para alebo diaľkové vykurovanie) a elektrickej energie môže zvýšiť tepelnú účinnosť využitia na približne 70 – 90 % alebo aj viac. To je zvyčajne prípad, keď existuje dostatočný dopyt po diaľkovom vykurovaní, ako napríklad v priemyselných aplikáciách. Ak však dopyt po teple závisí od vonkajšej teploty, napríklad v prípade komunálneho vykurovania, výroba KVET nemusí dosiahnuť plnú vykurovaciu záťaž.

Pri kombinovanej výrobe elektriny a tepla sa v porovnaní s oddelenou výrobou elektriny a tepla ušetrí približne 3 až 20 percentuálnych bodov primárnej energie. Vzhľadom na šetrné nakladanie s primárnymi zdrojmi energie a potenciál zníženia emisií skleníkových plynov má kombinovaná výroba elektriny a tepla osobitný význam.

Ročná tepelná účinnosť kombinovanej výroby elektriny a tepla závisí od ročnej stability spotreby tepla a elektriny.

2.7.7 Účinnosť jednotky pri odbere pary

V jednotke elektrárne nie je para odoberaná na účely vykurovania alebo spracovania k dispozícii na výrobu elektrickej energie. V tomto prípade, aby bolo možné porovnať účinnosť jednotky s účinnosťou čistej výroby elektrickej energie, je potrebné k elektrickému výkonu pridať elektrický výkon, ktorý by bolo možné získať z odobratej vykurovacej pary, ak by sa expandovala na tlak kondenzátora.

Pri odoberaní pary na vykurovanie sa používa korekcia straty výkonu, ako je znázornené na diagramoch uvedených v norme VDI 3986. V týchto diagramoch závisí charakteristika straty výkonu od teploty prúdu, pričom teplota spätného toku je dôležitým parametrom pre jednofázové, dvojfázové a trojfázové vykurovanie. Diagramy sa vzťahujú na tlaky kondenzátora 30, 40, 70 a 80 mbar.

V prípade odberu procesnej pary sa kondenzát môže vrátiť do okruhu. Vplyv vráteného kondenzátu možno odlíšiť od vplyvu odobratej pary. Korekcia pre odber procesnej pary je tiež znázornená v diagramoch uvedených v norme VDI 3986.

2.7.8 Konceptia exergie a exergetická účinnosť

Keďže elektrická energia sa dá premeniť na teplo, ale opačný proces nie je úplne možný, elektrická energia má vyššiu hodnotu ako teplo. Keďže teplo obsahuje väčší podiel premeniteľnej energie pri vyšších teplotách ako pri nižších teplotách, kvalita tepla pri vyšších teplotách je vyššia ako pri nižších teplotách. Tieto otázky sa riešia v rámci konceptu exergie, ktorý vyjadruje premeniteľnosť energie v kvalitatívnych pojmoch. To možno dosiahnuť použitím kvalitatívnych faktorov (KF), ktoré udávajú podiel exergie v celkovom množstve energie. Kvalitatívny faktor elektriny a mechanickej energie je 1 (elektrina je čistá exergia). Kvalitatívny faktor tepla však závisí od teploty, pri ktorej je teplo k dispozícii. Vzorec na premenu jednej jednotky tepla pri teplote T na prácu je už dlho známy. Nazýva sa „Carnotov faktor“ a bol rozoberaný v časti 2.7.1. Carnotov faktor je, jednoducho povedané, kvalitatívny faktor tepla. Tento faktor je vždy menší ako 1 a pri teplote okolia sa rovná 0. [143, Electrabel 1996]

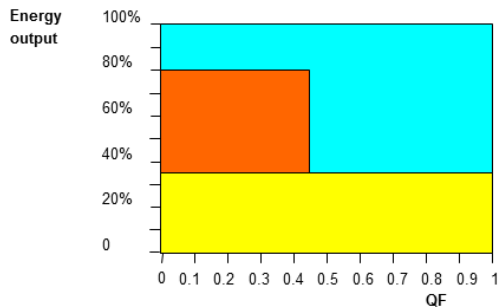
Uplatnením takýchto jednoduchých faktorov kvality na vstupnú energiu ($E_{\text{energetický príkon}}$) a výstupnú užitočnú energiu ($E_{\text{užitočný energetický výkon}}$) procesu je možné vypočítať exergetickú účinnosť spaľovacieho procesu a porovnať ju s palivovou účinnosťou. Exergetická účinnosť (η_{ex}) sa potom dá vyjadriť takto:

$$\eta_{\text{ex}} = \frac{\sum(QF \cdot E_{\text{užitočný energetický výkon}})}{\sum(QF \cdot E_{\text{energetický príkon}})}$$

Pomocou tejto metodiky je možné porovnať energetickú a exergetickú účinnosť, ako je znázornené na obrázku 2.27.

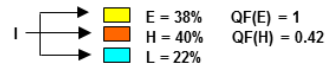
T_0 = Ambient temperature in Kelvin ($0\text{ }^{\circ}\text{C} = 273\text{ K}$)
 T_w = Temperature of the supplied heat (in K)
 QF = Quality factor (exergy/energy ratio)
 η_C = Carnot or quality factor for heat ($= 1 - T_0/T_w$)

E = Electrical energy output (%)
 H = Usable heat energy output (%)
 L = Thermal losses (%)
 I = Fuel energy supplied (= 100 %)



EXAMPLE : Industrial combined heat and power generation.
 Gas turbine (new technology) and recovery steam boiler.

Assumptions: $T_w = 473\text{ K}$ ($200\text{ }^{\circ}\text{C}$)



$EO = \text{total energy output} = E + H$
 $EO = 0.78$

$\eta_{ex} = \text{energy yield} = E \times QF(E) + H \times QF(H)$
 $\eta_{ex} = 0.55 (= 0.38 \times 1 + 0.4 \times 0.42)$

Zdroj: [143, Electrabel 1996]

Obrázok 2.27: Príklad demonštrujúci metodiku výpočtu exergetickej účinnosti

Výsledky rôznych typov spaľovacích techník sú uvedené v tabuľke 2.4.

Tabuľka 2.4: Príklady energetickej a exergetickej účinnosti rôznych typov spaľovacích zariadení

Technika spaľovania	Dodaná energia paliva (= 100 %)	Výkon elektrickej energie (%)	Použitelný výkon tepelnej energie (%)	Vonkajšie straty (%)	T_w Teplota dodávaného tepla (K)	Koeficient kvality tepla ($QF = 1 - T_0 / T$)	Koeficient kvality elektriny	Celkový energetický výkon EO (palivová účinnosť)	Exergetická účinnosť (η_{ex})
Výroba tepla Typ: vykurovací kotol na vykurovanie priestorov, kde $T_w = 70\text{ °C}$ (343 K)	100	0	90	10	343	0	NA	0,90	0,18
Výroba elektrickej energie Typ: kombinovaný cyklus (nová technológia kombinovaného cyklu s vysokým výnosom)	100	55	0	45	NA	NA	1	0,55	0,55
Priemyselná kogeneračná elektrárň Typ: parný kotol + protitlaková parná turbína (kde $T_w = 200\text{ °C}$ (473 K) para pre priemyselný proces)	100	20	60	20	473	0,42	1	0	0,45
Priemyselná kogeneračná elektrárň Typ: kombinovaný cyklus s odberom pary, kde $T_w = 200\text{ °C}$ (473 K) (para pre priemyselný proces)	100	50	12	38	473	0,42	1	0,62	0,55
Priemyselná kogeneračná elektrárň Typ: plynová turbína (nová technológia) s rekuperačným parným kotlom, kde $T_w = 200\text{ °C}$ (473 K)	100	38	40	2	473	0,42	1	0,78	0,55
Priemyselná kogeneračná elektrárň Typ: plynová turbína s rekuperačným parným kotlom, kde $T_w = 200\text{ °C}$ (473 K)	100	32	48	2	473	0,42	1	0	0,52
Priemyselná kogeneračná elektrárň Typ: plynová turbína s rekuperačným parným kotlom s protitlakovou parnou turbínou, kde $T_w = 200\text{ °C}$ (473 K)	10	35	45	20	473	0,42	1	0	0,54
Malá kogeneračná elektrárň Typ: plynový motor s výmenníkom tepla, kde $T_w = 70\text{ °C}$ (343 K) (pre vykurovanie priestorov a malé priemyselné aplikácie)	100	35	55	10	343	0,20	1	0,90	0,46
Poznámka: NA: Nie je k dispozícii. Zdroj: [143, Electrabel 1996]									

2.7.9 Vplyv klimatických podmienok na účinnosť

Klimatické podmienky vyjadrené teplotou vlhkého a suchého teplomera sú mimoriadne dôležitým faktorom špecifickým pre danú lokalitu. Ovplyvňujú výber chladenia aj možnú konečnú teplotu procesu. Problémom chladenia vzduchom a/alebo vodou je, že pri vysokej potrebe chladenia je ťažšie dosiahnuť požadované výsledky, najmä v oblastiach, kde sa vysoké teploty vzduchu a vody zhodujú s nižšou dostupnosťou vody počas časti roka. Určitá prevádzková flexibilita chladiaceho systému môže byť v takom prípade veľmi dôležitá a dá sa dosiahnuť kombináciou chladenia vodou a vzduchom. Niekedy je však potrebné akceptovať určitú stratu účinnosti.

Na dosiahnutie požadovanej konečnej teploty musí mať chladiaci prostriedok nižšiu teplotu ako chladený prostriedok, ale to závisí od teploty suchého a vlhkého teplomera. Teplota vlhkého teplomera je vždy nižšia ako teplota suchého teplomera. Teplota vlhkého teplomera závisí od nameranej teploty atmosféry, vlhkosti a tlaku vzduchu. Pre latentný (odparovací) prenos tepla je relevantná teplota vlhkého teplomera. Teoreticky je to najnižšia teplota, na ktorú môže byť voda ochladená odparovaním. Pre prenos citlivého tepla je relevantná teplota suchého teplomera (suchého vzduchu), kde je vzduch chladivom.

Pre výber typu a konštrukcie chladiaceho systému je dôležitá konštrukčná teplota, ktorá sa zvyčajne vzťahuje na letné hodnoty teplôt vlhkého a suchého teplomera. Čím väčší je rozdiel medzi týmito teplotami a čím vyššia je teplota suchého teplomera, tým ťažšie bude dosiahnuť nízke konečné teploty so systémami chladenými suchým vzduchom. Ako bolo spomenuté skôr, môže to viesť k stratám účinnosti. Na prekonanie týchto strát je možné prijať opatrenia, ktoré však vyžadujú určité investície.

Tabuľka 2.5 ukazuje, ako môže voľba suchého alebo mokrého chladiaceho systému ovplyvniť straty účinnosti procesu v dôsledku Carnotovho cyklu pri rôznych klimatických podmienkach v Európe. V príklade sa prístup pre mokré chladenie považuje za 4 K a tento rozdiel sa musí pridať k teplote mokrého teplomera, aby sa získala minimálna konečná teplota chladiacej kvapaliny. Prístup pre suché chladenie je nastavený na 12 K, ktoré sa pridávajú k teplote suchého teplomera. Čím väčší je rozdiel medzi koncovou teplotou mokrého a suchého chladenia, tým vyššia je strata účinnosti (v tomto príklade), kde dochádza k stratám v priemere 0,35 % na kelvin. Zároveň by napríklad pri strate účinnosti 5 % bola účinnosť konvenčnej elektrárne 38,6 % namiesto 40 %.

Tabuľka 2.5: Príklady vplyvu klimatických podmienok v Európe na stratu účinnosti elektrární

Krajina a stanica ⁽¹⁾		Paramet er						Strata účinnosti ⁽⁵⁾ (%)
		Teplota suchého teplomera (1 %) ⁽²⁾ (°C)	Teplota vlhkého teplomera (1 %) ⁽²⁾ (°C)	Teplotný rozdiel (K)	Konečná teplota suchého systému ⁽³⁾ (°C)	Konečná teplota mokrého systému ⁽⁴⁾ (°C)	ΔT mokrý-suchý (K)	
Grécko	Atény	36	22	14	48	26	22	7,7
Španielsko	Madrid	34	22	12	46	26	20	7,0
Francúzsko	Paríž	32	21	11	44	25	19	6,7
Taliansko	Rím	34	23	11	46	27	19	6,7
Rakúsko	Viedeň	31	22	9	43	26	17	6,0
Nemecko	Berlín	29	20	9	41	24	17	6,0
Holandsko	Amsterdam	26	18	8	38	22	16	5,6
Francúzsko	Nice	31	23	8	43	27	16	5,6
Spojené kráľovstvo	Londýn	28	20	8	40	24	16	5,6
Nemecko	Hamburg	27	20	7	39	24	15	5,3
Nórsko	Oslo	26	19	7	38	23	15	5,3
Belgicko	Brusel	28	21	7	40	25	15	5,3
Španielsko	Barcelona	31	24	7	43	28	15	5,3
Fínsko	Helsinki	25	19	6	37	23	14	4,9
Dánsko	Kodaň	26	20	6	38	24	14	4,9
Portugalsko	Lisabon	32	27	5	44	31	13	4,6
Spojené kráľovstvo	Glasgow	23	18	5	35	22	13	4,6
Írsko	Dublin	23	18	5	35	22	13	4,6

(1) Údaje uvedené v tabuľke ilustrujú klimatické rozdiely v Európe. Iné zdroje môžu uvádzať mierne odlišné údaje. Presné údaje o danej lokalite môže analyzovať meteorologický ústav.
(2) Štatisticky len 1 % maximálnych teplôt je vyšších ako tieto údaje.
(3) Prístup 12 K.
(4) Prístup pre mokrý systém: 4K.
(5) Strata účinnosti v priemere 0,35 % na ΔT K.
Zdroj: [144, Eurovent 1998]

2.7.10 Vzťah medzi energetickou účinnosťou a environmentálnymi otázkami

2.7.10.1 Vplyv technológií na znižovanie emisií na energetickú účinnosť zariadení

Prevádzka technológií na znižovanie emisií, ktoré sú inštalované s cieľom zabrániť alebo znížiť emisie znečisťujúcich látok, zvyčajne vyžaduje použitie dodatočnej elektrickej energie a/alebo tepla. To súvisí s viacerými procesmi, ktoré spotrebúvajú energiu, vrátane nasledujúcich činností:

- dodatočné ventilátory spalín na kompenzáciu tlakových strát;
- čerpadlá na recirkuláciu kvapalín a kalov;
- mechanické pretriasanie alebo fúkanie stlačeným vzduchom na odstraňovanie filtračného koláča;
- vysokonapäťové polia v elektrických odlučovačoch;
- opätovný ohrev spalín, napr. v prípade koncovej SCR.

Hlavné techniky používané v LCP na zníženie emisií do ovzdušia sú opísané v oddiele 3.2.2. Tabuľka 2.6 obsahuje prehľad typických hodnôt spotreby energie pri sekundárnych technikách znižovania emisií. Primárne techniky, ako je používanie palív s nízkym obsahom síry alebo horákov s nízkymi emisiami NO_x, zvyčajne nemajú žiadnu alebo majú minimálnu priamu spotrebu energie. Niektoré primárne techniky, napríklad určité techniky na znižovanie emisií NO_x, však môžu ovplyvňovať parametre termodynamického cyklu, a tým môžu predstavovať určité kompromisy v oblasti energetickej účinnosti, ako je opísané aj v oddiele 1.3.8. Rozsah, v akom sa tieto účinky prejavujú, závisí od konkrétneho paliva a procesu a je opísaný v oddieloch venovaných konkrétnym palivám, kde sú k dispozícii informácie.

Tabuľka 2.6: Typická spotreba energie sekundárnych techník znižovania emisií

Hlavná znečisťujúca látka	Technika	Spotreba energie ako % hrubého elektrického výkonu	Referenčná časť v tomto dokumente BREF
Prach	ESP	0,32	3.2.2.1.1
	Vrecové filtre	Až 0,6 %	3.2.2.1.2
	Mokrú práčku	Až 3 %	3.2.2.1.4
SO _x	Mokrú FGD	1–3	3.2.2.2.1
	Práčka s morskou vodou	0,8–1,6	3.2.2.2.2
	Polosuché odsírenie (SDA)	0,5–1	3.2.2.2.6
	Suché odsírenie (CFB)	0,3–1 %	3.2.2.2.7
	DSI	0,2	3.2.2.2.8
	Injektáž sorbentu v peci	0,01–0,2	3.2.2.2.9, 3.2.2.2.10
NO _x	SNCR	0,1–0,3	3.2.2.3.12
	SCR	NI	3.2.2.3.11
SO _x NO _x	DeSONO _x	2	3.2.2.4.3
SO _x , NO _x , kovy	Aktívne uhlie	1,2–3,3	3.2.2.4.1
Poznámka NI: Neuvádzajú sa žiadne špecifické informácie CFB: cirkulujúce fluidné lôžko; DSI: vstrekovanie sorbentu do potrubia; ESP: elektrostatický odlučovač; SCR: selektívna katalytická redukcia; SNCR: selektívna nekatalytická redukcia; FGD: odsírovanie spalín.			

2.7.10.2 Vplyv zvýšenia energetickej účinnosti zariadenia na úrovne emisií

Podľa [145, UBA AT 2000] má zvýšenie účinnosti nasledujúce účinky na spotrebu paliva, odpadové teplo a emisie.

Úspory paliva	$\Delta e = 1 - \frac{\eta_1}{\eta_2}$
Zníženie odpadového tepla	$\Delta a = \frac{\Delta e}{1 - \eta_1}$
Zníženie emisií CO ₂	$\Delta C = 1 - \frac{\eta_1}{\eta_2}$
Zníženie emisií znečisťujúcich plynov	$\Delta \varepsilon = \frac{3,6 \cdot V_R \cdot x}{H_u} \cdot \left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{\eta_2} \right) \text{ (mg/kWh)}$
Premenné:	
η_1	účinnosť pred zlepšením účinnosti
η_2	po zlepšení objem spalín/kg paliva
V_R	(m ³ /kg) koncentrácia emisií
x	(mg/m ³)
H_u	) dolná výhrevnosť (MJ/kg)

2.7.11 Straty účinnosti v spaľovacích zariadeniach

Teplo vznikajúce pri spaľovaní palív sa prenáša do pracovného média (pary). Pri tomto procese dochádza k strate časti energie. Prevádzka parného generátora vyžaduje neustále monitorovanie. Tepelné straty z parného generátora možno rozdeliť do nasledujúcich kategórií:

- Straty cez spaliny. Tie závisia od teploty spalín, zmesi vzduchu, zloženia paliva a stupňa znečistenia kotla.
- Straty spôsobené nespáleným palivom, ktorého chemická energia nie je premenená. Neúplné spaľovanie spôsobuje vznik CO a uhlíkovodíkov v spalínach.
- Straty spôsobené nespáleným materiálom v rezíduách, ako je uhlík v popolčekom a popolčeku.
- Straty cez popol a popolček z DBB a škvaru a popolček z WBB.
- Straty v dôsledku vedenia a žiarenia. Tie závisia hlavne od kvality izolácie parného generátora.

Okrem tepelných strát je potrebné zohľadniť aj spotrebu energie potrebnú na **prevádzku pomocných strojov** (zariadenia na dopravu paliva, mlyny na uhlie, čerpadlá a ventilátory, systémy na odstraňovanie popola, čistenie vykurovacích plôch atď).

Nekvalitné spaľovanie znižuje ekonomickú životaschopnosť, zvyšuje vplyv na životné prostredie a má negatívny vplyv na bezpečnosť zariadenia. Nasledujúce parametre ovplyvňujú životaschopnosť zariadenia a preto je možné ich monitorovať, aby sa udržala čo najvyššia účinnosť zariadenia:

- zloženie paliva;
- jemnosť mletia;
- zloženie spalín (O₂, CO₂, CO);
- prúdenie vzduchu a objemový prietok spalín;
- únik vzduchu do spaľovacej komory;

- znečistenie kotla;
- teploty spaľovacieho vzduchu a spalín;
- teplotné správanie v rámci vykurovacích plôch;
- zníženie ťahu;
- profil plameňa;
- horľavá zložka rezíduí (strata pri žíhaní).

Režim prevádzky z hľadiska počtu prevádzkových hodín za rok, koeficientu zaťaženia a počtu spustení a vypnutí môže ovplyvniť účinnosť spaľovacieho zariadenia.

2.7.12 Všeobecné technické opatrenia na zlepšenie účinnosti LCP

Kogenerácia (KVET)

Výroba tepla (procesná para alebo diaľkové vykurovanie) a elektrickej energie zvyšuje účinnosť paliva (využívanie paliva) na približne 70 – 90 % alebo aj viac. Kogenerácia (KVET) je tiež upravená inými smernicami (smernica o energetickej účinnosti, 2012/27/ES, a smernica o kogenerácii, 2004/8/ES) a závisí od miestnych podmienok.

Spaľovanie

Palivo sa zmieša so vzduchom a spáli v kotle. Nie je možné dosiahnuť ideálnu zmes paliva a vzduchu, a preto sa do kotla dodáva viac vzduchu, ako je potrebné na stechiometrické spaľovanie. Navyše malé množstvo paliva sa nespáli úplne. Teplota spalín musí byť dostatočne vysoká, aby sa zabránilo kondenzácii kyslých látok na vykurovacích plochách.

Nespálený uhlík v popole

Optimalizácia spaľovania vedie k menšiemu množstvu nespáleného uhlíka v popole. Treba poznamenať, že techniky znižovania emisií NO_x pomocou úpravy spaľovania (primárne opatrenia) vykazujú tendenciu k zvýšenému množstvu nespáleného uhlíka. Zvýšený obsah nespáleného uhlíka môže tiež zhoršiť a poškodiť kvalitu popolčeka z uhlia a sťažiť alebo dokonca znemožniť jeho využitie v určitých aplikáciách, pričom existuje riziko, že nebude spĺňať špecifikácie a požiadavky stanovené v príslušných národných a európskych normách.

Prebytok vzduchu

Množstvo použitého nadbytku vzduchu závisí od typu kotla a od povahy paliva. Zvyčajne sa pre kotly na práškové uhlie so suchým dnom používa 12 – 20 % nadbytok vzduchu. Z dôvodov kvality spaľovania (súvisiacich s tvorbou CO a nespáleného uhlíka) a z dôvodov korózie a bezpečnosti (napr. riziko výbuchu v kotle, ak dôjde k zhasnutiu plameňa v dôsledku nízkeho prebytku vzduchu a následnému opätovnému zapáleniu, ak je dostatočný prebytok vzduchu) často nie je možné ďalej znižovať hladiny prebytku vzduchu.

Para

Najdôležitejšími faktormi pri zvyšovaní účinnosti sú čo najvyššia teplota a tlak pracovného média. V moderných zariadeniach sa čiastočne spotrebovaná para opätovne zahrieva v jednom alebo viacerých stupňoch opätovného zahrievania.

Teplota spalín

Teplota spalín opúšťajúcich čistý kotol (závisí od typu paliva) sa tradične pohybuje medzi 120 °C a 170 °C a je udržiavaná na dostatočne vysokej úrovni, aby sa minimalizovalo riziko korózie kyselinou v dôsledku kondenzácie kyseliny sírovej. Niektoré konštrukcie však niekedy obsahujú druhý stupeň ohrievačov vzduchu alebo systém rekuperácie tepla spalín, aby sa táto teplota znížila pod 100 °C, ale so špeciálnymi obkladmi na ohrievači vzduchu a komíne, čo robí toto zníženie ekonomicky nevýhodné.

Vákuum v kondenzátore

Po opustení nízkotlakovej časti parnej turbíny sa para kondenzuje v kondenzátoroch a teplo sa uvoľňuje do chladiacej vody. Aby sa zabezpečil maximálny pokles tlaku v parných turbínach, je žiaduce znížiť vákuum na minimum. Vo všeobecnosti je vákuum určené teplotou chladiacej vody, ktorá je nižšia v priechodných chladiacich systémoch ako v chladiacich vežiach. Najlepšia elektrická účinnosť je možná pri chladení morskou alebo sladkou vodou a tlaku kondenzátora približne 3,0 kPa. Chladienie vzduchom zvyčajne vedie k výrazne nižšej účinnosti.

Prevádzka s premenlivým tlakom a prevádzka s pevným tlakom

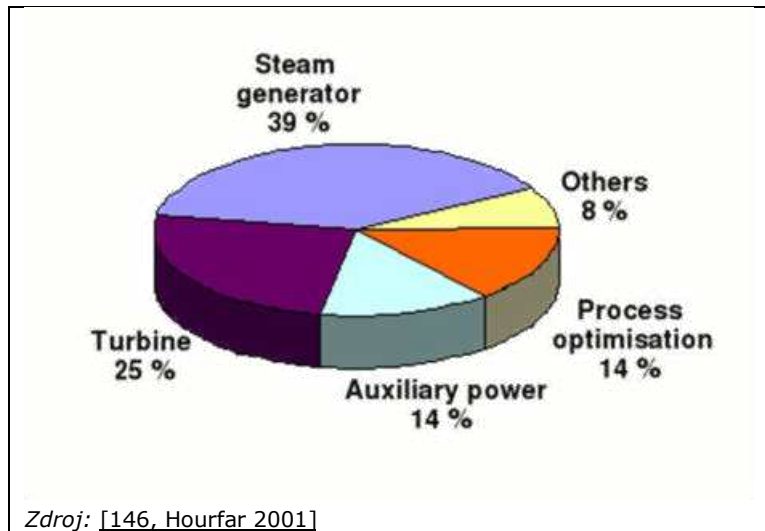
Pri prevádzke s pevným tlakom sa tlak pred turbínami pri všetkých úrovniach zaťaženia udržiava viac-menej konštantný zmenami prierezu prietoku na vstupe turbíny. Pri prevádzke s premenlivým tlakom s maximálnym prierezom na vstupe turbíny sa výkon reguluje zmenami tlaku pred turbínami.

Všeobecne platí, že účinnosť cyklu je vyššia, ak je minimalizovaná strata škrtiacej klapky ventilu pred turbínou. Kotly s prevádzkou pri konštantnom tlaku vykazujú stratu účinnosti najmä pri čiastočnom zaťažení.

Predohrev kondenzátu a napájacej vody

Kondenzát vychádzajúci z kondenzátora a voda privedená do kotla sa ohrievajú parou tesne pod teplotu nasýtenia extrahovanej pary. Tepelná energia z kondenzačného procesu sa tak vracia späť do systému, čím sa znižuje množstvo tepla, ktoré by inak unikalo z kondenzátora, a tým sa zvyšuje účinnosť.

Optimalizačné opatrenia prijaté na zlepšenie účinnosti elektrární v rokoch 1993 až 2000, ktoré viedli k zníženiu emisií CO₂ o 11,0 miliónov ton ročne, sú uvedené na obrázku 2.28.



Obrázok 2.28: Zlepšenie účinnosti zariadení v rokoch 1993 až 2000

2.8 Vykládka, skladovanie a manipulácia s palivom a prísadami

2.8.1.1 Tuhé palivá a prísady

Palivá

Pevné palivá, ako je uhlie a hnedé uhlie, sa dodávajú loďami, vlakmi a nákladnými automobilmi v závislosti od vzdialenosti prepravy a dostupných dopravných systémov v baniach a zariadeniach LCP. Vykládka sa zvyčajne vykonáva pomocou pásových dopravníkov. Zariadenia LCP v blízkosti baní alebo prístavov môžu byť zásobované palivom priamo z bane alebo prístavu pomocou pásových dopravníkov.

Uhlie a hnedé uhlie sa zvyčajne skladujú na otvorených skládkach s kapacitou skladovania od niekoľkých dní až po tri mesiace, a v niektorých prípadoch dokonca s dostatočnou zásobou na jeden rok prevádzky. Táto dodatočná skladovacia kapacita prispieva k bezpečnosti dodávok paliva, pretože znižuje závislosť od dopravnej logistiky. Kapacita skladovacieho zariadenia závisí od rôznych parametrov, ako sú napríklad ceny a dostupnosť paliva, skladová politika spoločnosti, bezpečnosť dodávok a poveternostné podmienky. V prípade novo budovaných zariadení sa bude zohľadňovať aj dispozícia a dostupnosť. Palivo sa zvyčajne prepravuje zo skladu do elektrárne pomocou pásových dopravníkov. V rámci LCP existuje vyrovnávací sklad (napr. uhoľné zásobníky s kapacitou na niekoľko hodín prevádzky, zvyčajne od 4 do 24 hodín), ktorý slúži na pokrytie období, keď nie je možná dodávka z uhoľného skladu.

Skladovanie a preprava paliva môžu spôsobiť tvorbu prachu. Z tohto dôvodu sa otvorené sklady môžu postriekať vodou, aby sa kontrolovali emisie jemných častíc prachu, pokiaľ vlhkosť paliva nie je už dostatočne vysoká, aby postrekovanie nebolo potrebné. Pri otvorenom nakladaní a vykladaní skladu musí byť výška pádu paliva na sklad alebo medzi pásové dopravníky čo najnižšia, aby sa zabránilo úniku emisií prachu. V mestských oblastiach sú dopravné systémy často uzavreté a prevádzkované pri tlaku nižšom ako atmosférický tlak, aby sa minimalizovali emisie. Na čistenie zachyteného vzduchu od rozptýlených častíc paliva sa často používajú vrecové filtre.

Utesnená plocha s odvodňovacími systémami je jednou z možností, ako zabrániť kontaminácii pôdy a podzemnej vody skladovaním uhlia. Nie je to však technika, ktorá sa v tomto odvetví v Európe používa. Experimenty v závode v Dánsku ukázali, že zrážky na hromade uhlia prenikajú do hromady do hĺbky 75 cm za rok. Normálne je voľný priestor v uskladnenom uhlí približne 30 %, čo znamená, že 1 m³ uhlia môže obsahovať 0,3 m³ vody. Uhlie v prevádzkovom sklade sa preto odstráni a spáli skôr, ako zrážky preniknú do skladovaného objemu a vylúhujú sa do podzemia. V oblastiach dlhodobého skladovania sa zvyčajne používajú sekundárne techniky, ako je napríklad prekopávanie uhoľného dvora s cieľom stlačiť skladované uhlie. Tým sa tiež zabráni samovznieteniu a znížia sa emisie únikového prachu.

Pre určité tuhé palivá sa v súčasnosti stanovuje povinnosť úplného uzavretia počas prepravy aj skladovania. Ide napríklad o ropný koks, pri ktorom sa môže pri preprave a skladovaní uvoľňovať jemný prach s vyšším obsahom niklu, vanádu a PAH, pokiaľ sa neprijmú osobitné opatrenia na zmiernenie tohto javu.

Prístup k preprave, vykládke, skladovaniu a manipulácii s biomasou a rašelinou sa líši od prístupu k uhlia. Tieto palivá sú totiž náchylné na samovznietenie a vznietenie. Ak je to možné, uprednostňuje sa krátka doba skladovania.

Najmä rašelina je reaktívna a môže sa samovoľne zahrievať/samovoľne vznietiť alebo pomaly rozkladať, ak je skladovaná dlhší čas. Zvyčajne sa v elektrárni skladuje len niekoľko dní spotreby rašelinového paliva. Rašelina sa zvyčajne skladuje, aj po celé roky, v zásobníkoch v oblasti výroby. Podobne aj biomasa je náchylná na tlenie, preto je možné zaviesť účinný monitorovací systém na zmiernenie nekontrolovateľných požiarov.

Aby sa minimalizovalo riziko samovznietenia, zvažuje sa zmiešavanie palív a zmenšovanie ich objemu pred skladovaním. [86, Eurelectric 2013].

Rašelina a/alebo biomasa sa prepravujú kĺbovými nákladnými vozidlami, príviesmi, železnicou, loďami a člmi alebo, v prípade ešte kratších vzdialeností, ťahačmi s návesmi.

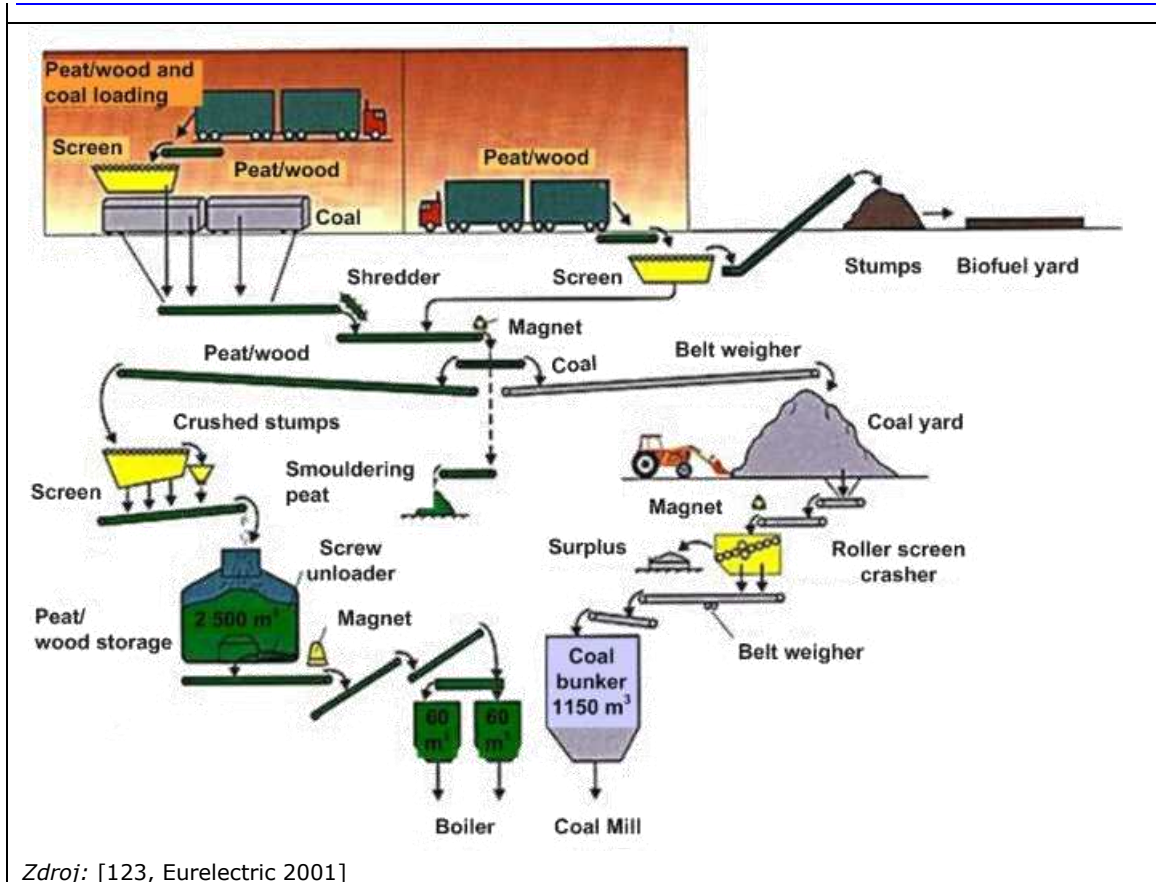
Rašelina má mnoho vlastností, ktoré kladú osobitné požiadavky na manipulačné a dopravné zariadenia. Medzi ne patria:

- relatívne nízka výhrevnosť kvôli pomerne vysokému obsahu vlhkosti (40 – 50 % hmotnostných);
- nízka hustota;
- tendencia k zamrznutiu (kvôli vysokému obsahu vlhkosti);
- riziko samovznietenia/samozápalu;
- mostíkovanie;
- sklon k vytváraniu prachu;
- častý výskyt značného množstva mechanických nečistôt, ako je drevo a kamene, alebo v zime zmrznutá rašelina.

Vplyv prepravy rašeliny závisí od spôsobu prepravy a vzdialenosti. Vplyv železničnej prepravy na životné prostredie je zanedbateľný, keďže spôsobuje len mierny hluk. Cestná preprava spôsobuje hluk a emisie z vozidiel. Analýzy životného cyklu však ukazujú, že emisie z výroby a prepravy rašeliny sú v porovnaní s emisiami zo spaľovania zanedbateľné.

V niektorých krajinách sú biomasa a rašelina zvyčajne miestnymi palivami a keďže sa zbierajú v blízkosti spaľovne, vplyv dopravy je nízky. V priemyselných závodoch môže biomasa pochádzať ako vedľajší produkt z mlyna.

Voľba stanice na príjem paliva, skladovacích priestorov, dopravy do kotla atď. závisí do veľkej miery od typu paliva. Niektoré zariadenia sú vzhľadom na kvalitu paliva vybavené sitami, kde sa odstraňujú veľké kamene a kusy biomasy (t. j. dreva). Na niektorých miestach sa väčšie kusy dreva po rozdrvení opäť pridávajú do paliva. V závislosti od paliva a prevádzkových podmienok sa niektoré druhy biomasy drvia a prípadne zmiešavajú s inými druhmi paliva. To sa môže vykonávať pri príjme paliva alebo tesne pred dopravou do kotla. Typický systém manipulácie s palivom (spoluspaľovanie rašeliny, dreva a uhlia) je znázornený na obrázku 2.29.



Zdroj: [123, Eurelectric 2001]

Obrázok 2.29: Systém manipulácie s rašelinou, drevom a uhlím

Pri skladovaní jemnej prachovej biomasy sú potrebné uzavreté silá a skladovacie priestory s odprašovacími zariadeniami. Klátky a kôra sa skladujú dlhšie v otvorených skladoch, pričom kryté skladovacie priestory sú vyhradené pre preosiata a drvené palivo, ktoré sa používa na každodenné použitie.

Palivo sa zvyčajne dopravuje zo skladovacích priestorov/prijímacích staníc/síl do kotla pomocou pásových dopravníkov. Prach vznikajúci pri vykládke a manipulácii s rašelinou môže spôsobiť lokálne škody v areáli elektrárne. Na zníženie vplyvu prašných materiálov sa môžu použiť uzavreté dopravníky.

Hlavným nebezpečenstvom elektrární spaľujúcich rašelinu je riziko požiaru a výbuchu. Suchá rašelina sa veľmi ľahko vznieti od iskier alebo horúcich povrchov, ako sú ložiská, a suchý jemný prach môže explodovať ešte skôr, ako sa dostane do kotla, a to buď na dopravníkoch rašeliny, alebo dokonca v nákladnom automobile, ktorý rašelinu prepravuje. Preto je všeobecným bezpečnostným pravidlom, že obsah vlhkosti v mletom palivovom rašeline musí byť počas prepravy do elektrárne najmenej 40 % a pri príjme v elektrárni 38 %. Tým sa znižuje riziko výbuchu prachu a šírenia požiaru v prípade samovznietenia a eliminuje sa aj vznikanie únikového prachu z paliva.

Manipulácia s rašelinou/biomasou patrí medzi hlavné zdroje hluku v elektrárnach spaľujúcich rašelinu/biomasu.

Prístup k preprave, vykládke a skladovaniu slamy sa líši od prístupu k uhlia, iným druhom biomasy a rašeline. Manipulácia so slamou pre veľké elektrárne KVE sa takmer výlučne zakladá na balíkoch, z ktorých každý váži približne 400 – 700 kg. Nákladné automobily prepravujúce 20 alebo 24 balíkov dopravujú balíky z polí alebo skladovacích priestorov poľnohospodárov do elektrárne. Nákladné automobily sa vykladajú pomocou špecializovaného mostového žeriavu, pričom sa súčasne vykonáva kontrola kvality (hmotnosti a vlhkosti) slamy. Údaje z kontrol kvality sa ukladajú do centrálného logistického počítača. Šarže slamy (10 alebo 12 balíkov na šaržu) sa prenášajú buď na voľné miesto v sklade slamy, alebo priamo do spracovateľského zariadenia. Skladovanie je väčšinou plne automatizované a navrhnuté tak, aby pojalo približne dvoj- až trojdňovú plnú kapacitu kotla.

Peletizovaná biomasa používaná v Európe je zvyčajne drevo, ktoré má dolnú výhrevnosť a nižšiu hustotu ako uhlie. Je tiež prašné a musí sa s ním správne zaobchádzať, aby sa kontrolovali emisie únikového prachu a riadili alebo eliminovali riziká požiaru, výbuchu a ohrozenia zdravia. Manipulácia s drevenými peletami môže viesť k významným emisiám prachu, ak nie sú do návrhu zahrnuté vhodné opatrenia. Zdroje vznietenia sú eliminované a samovznietenie biomasy je zabránené odstránením vlhkosti a minimalizovaním času skladovania a manipulácie. Pelety z biomasy môžu byť reaktívne, najmä ak sú vlhké, a musia byť skladované v suchom sklade. Pelety z biomasy sa zvyčajne skladujú v špeciálnych silách alebo skladovacích budovách, kde je možné monitorovať ich teplotu a akýkoľvek rozklad. Pelety z biomasy sú jedným z preferovaných typov biomasy pri preprave na veľké vzdialenosti, a to okrem iného kvôli zhutneniu, ľahšej manipulácii, zníženiu vlhkosti a vyhnutiu sa potrebe fytosanitárnej úpravy. Veľké objemy drevených peliet sa prepravujú železnicou alebo loďou priamo do LCP alebo do prístavu v jeho blízkosti. [85, Eurelectric 2012]

Prísady

Prísady a chemické reakčné činidlá sa často používajú na rôzne účely v spaľovacích zariadeniach. Môžu sa používať v zariadeniach na znižovanie emisií, ako sú zariadenia na odsiľovanie, a na znižovanie emisií oxidov dusíka, ako aj v zariadeniach na úpravu vody a odpadových vôd. Napríklad chemické reakčné činidlá sa používajú ako prísady do doplnkovej vody kotlov a biocídy sa používajú v chladiacich systémoch.

Dodávateľ alebo zamestnávateľ stanovuje vhodné skladovanie týchto materiálov. Keďže reagenty môžu spolu reagovať, metódy skladovania a manipulácie zvyčajne zahŕňajú oddelenie všetkých reaktívnych materiálov. Kvapaliny sa zvyčajne skladujú v sudoch alebo nádržiach v otvorených alebo uzavretých priestoroch s ochrannými valmi a používajú sa aj povlaky odolné voči kyselinám alebo chemikáliám. jemné práškové tuhé látky, ako je vápno, sa zvyčajne skladujú vo vnútorných priestoroch v silách, v sudoch alebo vreciach a s izolovanými odvodňovacími systémami. Hrubé tuhé suroviny sa často skladujú v otvorených skladovacích priestoroch. Na prepravu materiálov sa používajú pneumatické alebo mechanické (napr. šnekové dopravníky, koreňové dopravníky) dopravné systémy.

Distribúcia plynov v areáli sa zvyčajne vykonáva prostredníctvom potrubí, ktoré sú umiestnené nad zemou a sú vybavené dobrými systémami ochrany proti poškodeniu. Skladovanie, manipulácia a distribúcia kvapalného alebo plyného amoniaku, ktoré sa používajú v zariadeniach SCR a SNCR na zníženie emisií NO_x, sa riadi predpismi v oblasti zdravia a bezpečnosti.

2.8.1.2 Kvapalné palivá

Kvapalné palivá sa dodávajú potrubím, loďou, vlakom alebo nákladným autom, v závislosti od dostupnosti dopravných systémov v ropnom vrte, rafinérii a zariadení LCP. Kvapalné palivá sa spracúvajú v rafinériách na priame použitie v motoroch, domácich spaľovacích systémoch a zariadeniach LCP. Vykládka sa zvyčajne vykonáva potrubím.

Kvapalné palivá sa skladujú vo vertikálnych oceľových valcovitých (odvetraných alebo s plávajúcou strechou) skladovacích nádržiach. Kapacita nádrží sa pohybuje od 1 000 m³ do 100 000 m³, v závislosti od počtu nádrží a veľkosti stanice. Nádrže sú zvyčajne zoskupené vnútri ochranného valu (retenčnej nádrže), ktorý môže v prípade úniku alebo iného poškodenia nádrží (napr. požiar, výbuch, prasknutie potrubia) zachytiť celý alebo časť objemu; skutočná kapacita ochranného valu závisí od vnútroštátnych predpisov a kvality ropy. Napríklad kapacita ochranného valu môže byť 50 – 75 % celkovej maximálnej kapacity všetkých nádrží a minimálne rovnaká ako maximálny objem najväčšej nádrže. Ochranný val musí byť dokonale utesnený a mal by obsahovať lapače ropy, aby sa zabránilo úniku ropy do odpadových vôd v areáli.

V závislosti od klimatických podmienok v areáli a typu skladovaného palivového oleja môže byť potrebné vybavenie skladovacích nádrží vykurovacími systémami, aby sa palivový olej (najmä ťažký palivový olej) zahrial na teplotu vhodnú na jeho

prečerpávanie a aby sa zabezpečilo správne rozprašovanie v horáku, čo je dôležitá technika na kontrolu znečistenia. V takýchto prípadoch musia byť nádrže riadne izolované. Existujú dva typy vykurovacích systémov, ktoré sa zvyčajne používajú na ohrev palivového oleja: „spodné“ ohrievače, ktoré ohrievajú celý objem palivového oleja, alebo „rekuperačné“ ohrievače, ktoré sú umiestnené tesne pred sacím potrubím a ohrievajú palivový olej až v momente, keď opúšťa skladovaciu nádrž. Ľahký destilovaný olej nie je potrebné ohrievať na čerpanie ani atomizáciu.

Bežnou praxou je pravidelné kontroly obsahu nádrže s cieľom zistiť netesnosti a skontrolovať hladinu naplnenia. Na kontrolu hladiny naplnenia sa používajú automatické systémy s alarmami. Občas sa používajú inertné atmosféry. Pravidelné kontroly skladovacích zariadení a potrubia sú bežnou praxou a súčasťou dobrého riadenia závodu.

Potrubia používané na dodávku kvapalného paliva obsahujú medziposchodové skladovacie nádrže. Distribúcia paliva zo skladovacích nádrží na mieste do horákov sa zvyčajne uskutočňuje prostredníctvom nadzemných potrubí alebo servisných priekop, menej často prostredníctvom zakopaných potrubí. Na ochranu nadzemných potrubí pred poškodením sa používajú bariéry. Pri použití podzemných potrubí sa v súčasnosti používajú dvojstenné rúry s automatickou kontrolou rozstupu a špeciálnymi konštrukciami (napr. oceľové rúry, zvárané spoje bez ventilov v podzemnej časti).

Ak existuje riziko kontaminácie podzemnej vody, skladovací priestor by mal byť nepriepustný a odolný voči skladovanému palivu. V závislosti od bodu vznietenia kvapalného paliva môže existovať riziko výbuchu.

2.8.1.3 Plynné palivá

Plynné palivá sa dodávajú do LCP prostredníctvom potrubia buď z plynového vrtu, alebo zo zariadení na dekompresiu a skladovanie skvapalneného zemného plynu (LNG). Zemný plyn z rôznych vrtov sa líši kvalitou. Často sa na mieste ťažby vykonáva čistenie plynu, aby sa znížili problémy s dopravou v potrubíach.

Vysokotlaková sieť zemného plynu v EÚ-27 má dĺžku približne 235 000 km. Obrázok 2.30 znázorňuje európsku sieť zemného plynu v roku 2011. Vysokotlaková sieť dodáva plyn do nízkotlakovej distribučnej siete, ktorá má dĺžku 1 649 400 km. Kompresorové stanice (celkovo 167) sa používajú iba vo vysokotlakovej sieti. Účelom kompresorovej stanice je obnoviť tlak v potrubí na požadovanú úroveň, ak v potrubí príliš poklesne. Strata tlaku závisí od vzdialenosti od predchádzajúcej kompresorovej stanice, ale aj od prietoku. Aby sa zabezpečil zmluvný prietok plynu v potrubí, tlak sa musí opäť zvýšiť po 100 km až 250 km v závislosti od miestnych a technických podmienok.



Obrázok 2.30: Európska sieť zemného plynu v roku 2011

V plynových spaľovacích zariadeniach sa môže používať celý rad plynov. Ak tlak v prírodnom potrubí presahuje požadovaný vstupný tlak LCP, je potrebné regulovať tlak plynu. To sa môže uskutočniť v expanznej turbíne s cieľom získať späť časť energie použitej na kompresiu. Teplo z elektrárne sa môže použiť na ohrev plynu a tým na zvýšenie výkonu elektrárne. Palivový plyn sa potom dopravuje potrubím do LCP.

Plynové turbíny používajú na priame spaľovanie iba čisté plyny. Aj v tomto prípade môže byť potrebné dekompresovať zemný plyn, ak tlak v potrubí prekročí požadovaný vstupný tlak plynových turbín. Adiabatické chladenie expandovaného plynu sa môže použiť na chladenie čerstvého vzduchu vstupujúceho do kompresora plynových turbín. Palivové plyny pri atmosférickom tlaku z iných zdrojov musia byť stlačené na potrebný vstupný tlak spaľovacej komory konkrétnych plynových turbín. Palivový plyn môže byť tiež predhriaty.

Skladovanie zemného plynu je priemyselný proces, pri ktorom sa plyn zvyčajne vstrekuje do podzemného porézneho skalného systému alebo soľnej jaskyne, kde sa môže akumulovať a potom dodávať na trh podľa hodinového a denného prietoku. Skladovacie plynárne zahŕňajú kompresné stanice a spracovateľské závody.

Aby mohol byť zemný plyn prepravovaný tankermi na LNG, musí prejsť procesom skvapalnenia. Teplota skvapalnenia zemného plynu je pri atmosférickom tlaku -162 °C. Zemný plyn sa skvapalňuje a skladuje v nádržiach v krajine ťažby, odkiaľ sa nakladá na tankery na LNG. Oblasť závodu určená na príjem LNG má spravidla kotvisko pre tankery na LNG, vykladacie ramená a potrubie na prepravu do nádrží. LNG sa vykladá z lodí a dopravuje potrubím. Skladovacia plocha pozostáva z nádrží, v ktorých sú umiestnené ponorné čerpadlá na presun LNG.

Oblasť spätného splyňovania pozostáva z čerpadiel na presun a tlakovanie LNG a z ponorných spaľovacích a/alebo morskej vody odparovačov. Skvapalnený zemný plyn sa čerpá z nádrží a potrubím sa dopravuje do odparovacích jednotiek, kde sa LNG zahrieva, aby dosiahol plynný stav. Zemný plyn sa potom vstrekuje do prenosovej siete, ktorá ho dopravuje ku konečným užívateľom.

3 VŠEOBECNÉ TECHNIKY NA PREVENCIU A/ALEBO ZNÍŽENIE EMISÍÍ A SPOTREBY

3.1 Používané bežné techniky

Techniky sú opísané v tejto časti, ak sa vzťahujú na viac ako jeden proces spaľovania alebo typ spaľovania paliva opísaný v kapitolách 4 až 9. Ďalšie podrobnosti sú uvedené v kapitolách 4 až 9, ak sa techniky vzťahujú na konkrétny proces alebo na spaľovanie konkrétneho paliva vykonávané konkrétnym spôsobom.

3.1.1 Všeobecné primárne techniky na zníženie emisií/spotreby

Niektoré techniky majú všeobecný pozitívny a globálny vplyv na emisie a/alebo spotrebu vďaka svojej lepšej energetickej účinnosti alebo úplnej integrácii do procesu spaľovania.

3.1.1.1 Kogenerácia alebo kombinovaná výroba elektriny a tepla (KVET)

Pozri oddiel 2.5.

3.1.1.2 Integrovaný cyklus kombinovaného spaľovania

Pozri časť 2.6.

3.1.1.3 Spaľovanie v kombinovanom cykle

Pozri časť 2.4.3.

3.1.1.4 Zmena alebo výber paliva

Možnosť výberu paliva alebo prechodu z pevného paliva na kvapalné alebo plynné, alebo z kvapalného na plynné, sa v tomto dokumente považuje za „podmienenu“, keďže technická, ekonomická a politická realizovateľnosť prechodu na iné palivo alebo výberu paliva je do veľkej miery závislá od miestnych podmienok. Možnosť zmeny paliva závisí aj od strategického hodnotenia palivovej politiky na národnej úrovni a od dostupnosti na trhu.

Vo všeobecnosti je možné zvážiť použitie palív s nižším obsahom popola, síry, dusíka, uhlíka, ortuti atď.

Výber alebo prechod na palivo s nízkym obsahom síry pri zachovaní ostatných základných parametrov paliva (napr. dolná výhrevnosť, obsah popola a vlhkosti) v rámci rozsahu paliva navrhnutého pre kotol je opatrením, ktoré môže výrazne znížiť emisie SO₂. V prípadoch, keď je k dispozícii dodávka, môže byť výber alebo zmena paliva reálnou možnosťou. Môže to zahŕňať palivá s vysokou úrovňou interného odsírenia vďaka obsahu vápenca (alebo iných aktívnych zlúčenín) v popole paliva. V prípade uhlia je typický obsah vápenca 5 %. V prípade hnedého uhlia a rašeliny môžu byť účinky odsírovania vyššie ako v prípade uhlia, a to až do 80 %, v závislosti od paliva a spaľovacieho systému. Biomasa sa môže použiť aj na spaľovanie viacerých palív, čím prispieva k prevencii emisií SO_x. Toto opatrenie však vo veľkej miere závisí od typu paliva a použitej techniky znižovania emisií, a preto je rozoberané v kapitolách 4 až 9.

Prirodzené odsírovanie môže znížiť emisie SO₂ až o 90 %, napr. spaľovaním niektorých nízkokvalitných hnedých uhlí a rašelin s nízkym obsahom síry a vysokým obsahom alkalického popola, čo vedie k veľmi nízkym emisiám SO₂, porovnateľným s emisiami dosiahnutými použitím bežných sekundárnych techník.

Spaľovacie zariadenia umiestnené v železiarskych a oceliarskych zariadeniach sa zameriavajú na čo najväčšie využitie dostupných procesných plynov, pričom sa zohľadňuje, že v tomto sektore môže byť zloženie a množstvo spaľovaných palív/procesných plynov veľmi premenlivé. Procesné plyny sa smerujú do spaľovacích zariadení v závislosti od ich dostupnosti, keďže sa distribuujú podľa priority do spotrebných zariadení v oceliarniach.

3.1.1.5 Úpravy spaľovania (riadenie procesu)

Techniky súvisiace so spaľovaním (riadenie procesu) zahŕňajú úpravy spaľovania, medzi ktoré patria:

- zníženie výkonu;
- modifikácie horákov;
- modifikácie spaľovania v peci;
- modifikácie vzduchu a paliva (napr. recyklácia spalín, predmiešanie paliva so vzduchom, použitie prísad, miešanie paliva, sušenie, jemnejšie mletie, splyňovanie, pyrolýza).

Prísady zavedené do spaľovacieho systému podporujú úplné spaľovanie, ale môžu sa použiť aj ako primárne techniky na zníženie emisií prachu, SO₂, NO_x a kovov špecifických pre dané palivo.

Možné techniky súvisiace s úpravami spaľovania sú uvedené v tabuľke 3.1. Podrobnosti o týchto primárnych technikách sú veľmi špecifické pre použité palivo a spaľovací systém a sú uvedené v kapitolách 4 až 9. Primárne techniky pre piestové motory sú opísané v kapitolách 6 a 7.

Tabuľka 3.1: Popis primárnych techník na kontrolu emisií

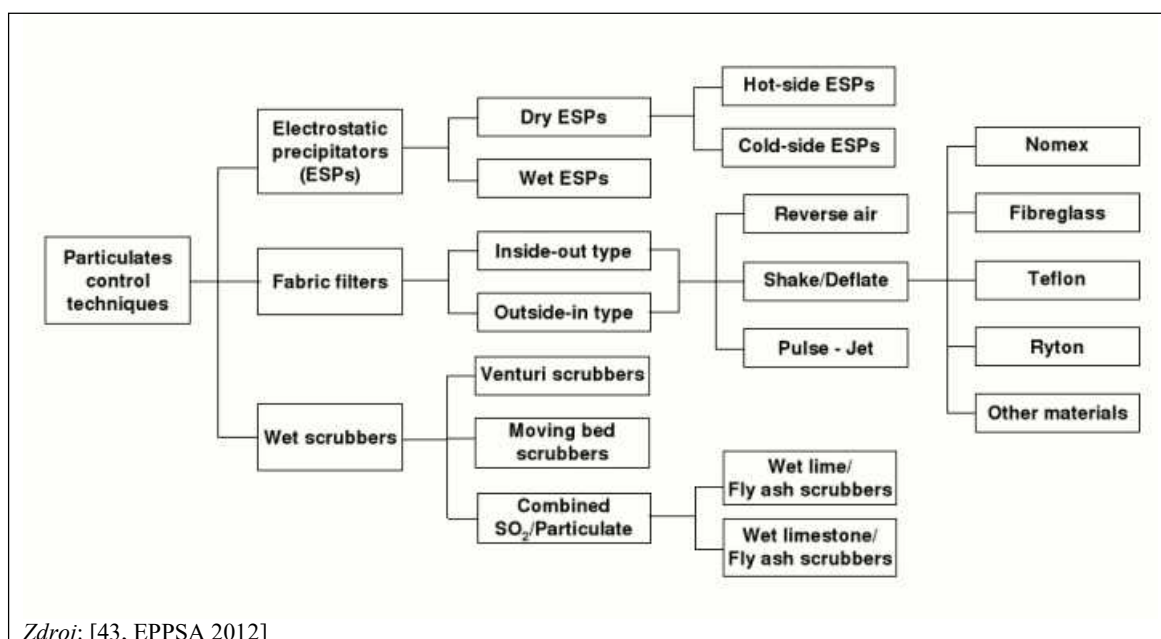
Palivá/parametre	Úpravy spaľovania			
	Zníženie výkonu	Úpravy vzduchu a paliva	Úpravy horáka	Úpravy spaľovania v peci
Tuhé palivá/prach	Nižší objemový prietok a vyšší prebytok kyslíka znižujú teplotu	Splyňovanie, pyrolýza paliva, prísady do paliva, t. j. prísady s nízkou teplotou topenia pre pece s odstraňovaním tekutého popola	Odstraňovanie tekutého popola, cyklónový horák v peci s tavnou komorou	Odstraňovanie tekutého popola v peci s tavnou komorou; regulácia hrubého popola v cirkulačnom fluidnom spaľovaní
Pevné palivá/SO ₂	Znížená teplota znižuje odparovanie síry	Použitie paliva s nízkym obsahom síry a sorbentných prísad do paliva, t. j. vápna a vápenca pre spaľovanie vo fluidnom lôžku	Horák so samostatným vstrekaním prísad	Vstrekovanie absorbentov, t. j. vápenca
Tuhé palivá/NO _x	Znížená teplota znižuje tvorbu tepelného NO _x	Miešanie a jemnejšie mletie paliva a recyklácia spalín znižujú produkciu NO _x	Horáky s nízkymi emisiami NO _x	Postupné spaľovanie a opätovné spaľovanie
Tekuté palivo/prach	Znížená teplota znižuje tvorbu škvary	Splyňovanie, pyrolýza paliva, prísady pre spaľovanie s nízkym obsahom sadzí	NA	Optimalizované spaľovanie
Kvapalné palivo/SO ₂	NA	Použitie paliva s nízkym obsahom síry a prísad na absorpciu	NA	NA
Kvapalné palivo/NO _x	Znížená teplota znižuje termický NO _x	Recyklácia spalín znižuje termické a palivom viazané NO _x	Horáky s nízkymi emisiami NO _x	Postupné spaľovanie*, opätovné spaľovanie. Vstrekovanie vody a pary
Plynové palivo/NO _x	Znížená teplota znižuje termický NO _x	Recyklácia spalín, predmiešanie paliva a vzduchu**	Horáky s nízkymi emisiami NO _x	Postupné spaľovanie* **. Opätovné spaľovanie, pridávanie vody a pary
Poznámka: * Neplatí pre existujúce plynové turbíny. ** Postupné spaľovanie sa používa odlišne v plynových turbínach a peciach. NA: Nedostupné Zdroj: [123, Eurelectric 2001]				

Použitie prísad do paliva môže byť opatrením na dodávku paliva pre malé spaľovacie systémy alebo primárnou technikou spaľovania v zariadeniach LCP. Techniky úpravy paliva integrované do LCP, ktoré sú potrebné na optimalizované spaľovanie, ako napríklad miešanie paliva, prísady do paliva, drvenie a mletie tuhých palív, sú v príslušných prípadoch rozoberané v kapitolách 4, 5, 6 a 8. Niektoré opatrenia na strane paliva integrované do LCP, ktoré sa v súčasnosti vyvíjajú, sú špeciálne integrované techniky prípravy paliva. Patrí sem techniky na zvýšenie účinnosti, ako je predsušenie tuhých palív a splyňovanie alebo pyrolýza tuhých alebo kvapalných palív, s nevyhnutným čistením syntetického plynu pre aplikácie s kombinovaným cyklom (pozri kapitolu 4).

3.1.2 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií prachu

Pri spaľovaní palív sa minerálne látky (anorganické nečistoty) menia na popol a časť z nich opúšťa kotol ako popolček spolu s dymovými plynmi. Častice suspendované v dymových plynch ako popolček tvoria primárne častice, ktoré vstupujú do zariadenia na kontrolu prachu. Vlastnosti a množstvo popolčeka závisia od použitého paliva, vlastností paliva, typu spaľovania a optimalizácie spaľovania. Na výkon zariadenia na kontrolu prachu vplyvajú zmeny odporu a súdržnosti popolčeka, ktoré závisia od vlastností paliva. Typ spaľovania ovplyvňuje rozloženie veľkosti častíc v popolčeku, a tým ovplyvňuje emisie prachu. Jemné častice môžu obsahovať aj vyššie koncentrácie kovových prvkov ako hrubšie častice. Je to preto, že jemné častice majú väčšiu celkovú plochu, na ktorej sa môžu kondenzovať kovy.

Na odstraňovanie prachu zo spalín sa bežne používajú rôzne techniky, ako sú elektrostatické odlučovače (ESP), vrecové filtre a mokré práčky. Keďže mechanické lapače prachu, ako sú cyklóny a vstrekovanie SO_3 , nemožno používať samostatne, tieto techniky sa v tomto dokumente nezvažujú ani neanalyzujú ako samostatné techniky. Obrázok 3.1 predstavuje prehľad zariadení na kontrolu prachu, ktoré sa v súčasnosti používajú.



Obrázok 3.1: Prehľad zariadení na kontrolu prachu

Elektrostatické odlučovače (ESP) s pevnými/tuhými elektródami sú najčastejšie používanou technikou. ESP na studenej strane sú umiestnené za predohrevom vzduchu a pracujú v teplotnom rozsahu 80 – 220 °C. ESP na horúcej strane sú umiestnené pred predohrevom vzduchu, kde je rozsah prevádzkových teplôt 300 – 450 °C. Čoraz dôležitejšie sa však stávajú aj vrecové filtre, ktoré zvyčajne pracujú v teplotnom rozsahu 120 – 220 °C. Vrecia pre vrecový filter používaný v zariadeniach spaľujúcich uhlie majú odhadovanú životnosť medzi 5 000 a 40 000 hodinami. Vrecia pre vrecový filter používaný na spaľovanie slamy majú odhadovanú životnosť medzi 12 000 a 16 000 hodinami. V prípade ESP sa po 50 000 hodinách prevádzky môžu na emitujúcich elektródach vytvoriť malé praskliny.

Voľba medzi ESP a vrecovým filtrom závisí spravidla od typu paliva, veľkosti a konfigurácie elektrárne a typu kotla. Obe techniky sú vysoko účinné zariadenia na odstraňovanie prachu, ktoré možno ďalej vylepšiť úpravou spalín. Elektrostatické odlučovače a vrecové filtre sa používajú aj na znižovanie emisií PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a ortuti. Pri určitých druhoch uhlia sa na znižovanie emisií prachu používa v kombinácii s elektrostatickým odlučovačom vstrekovanie SO_3 (s vstrekaním NH_3 alebo bez neho). Mokré práčky sa používajú oveľa menej ako elektrostatické odlučovače a vrecové filtre ako hlavná technika na odstraňovanie prachu, a to prevažne

v USA. Môžu mať vysokú spotrebu energie a vo všeobecnosti dosahujú nižšiu účinnosť odstraňovania prachu, najmä jemných častíc, ako ESP a vrecové filtre. Mokré práčky používané na odsírovanie však poskytujú ďalšie výhody v podobe zníženia emisií prachu.

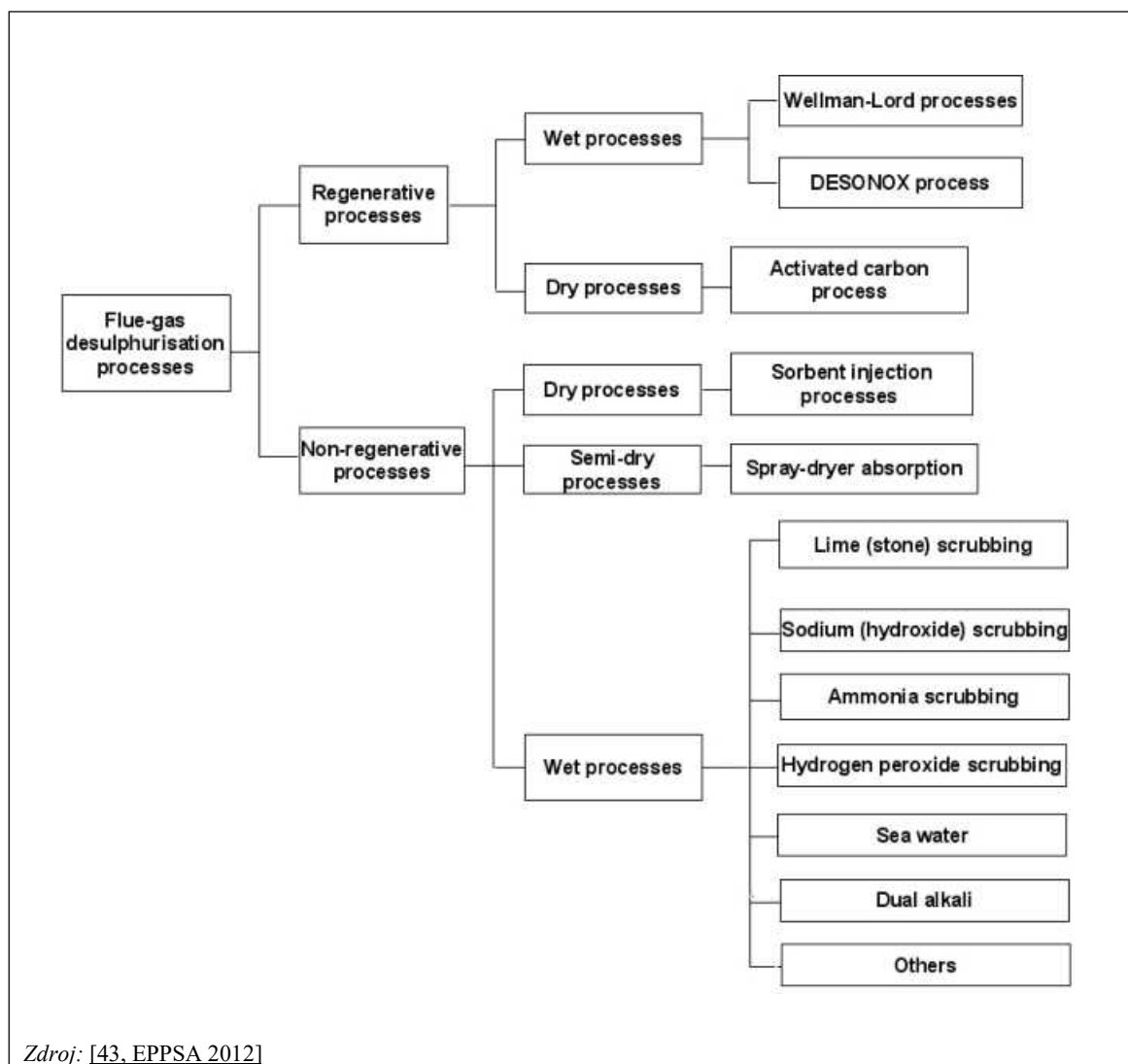
Podľa globálneho zoznamu elektrární „UDI World Electric Power Plants Data Base“ (WEPP) z roku 2014 existuje približne 630 elektrární, ktoré používajú vrecové filtre samostatne alebo v kombinácii s inými technikami na znižovanie prašnosti. 48 % z nich sa nachádza v Severnej Amerike, 23 % v európskych krajinách, 14 % v Ázii, 7 % v Afrike, 6 % v Austrálii/na Novom Zélande a približne 2 % v Latinskej Amerike. Ten istý zdroj uvádza, že približne 4 800 elektrární používa výlučne elektrické prachy alebo v kombinácii s inými technikami na znižovanie prachu. 53 % z nich sa nachádza v Ázii, 19 % v európskych krajinách, 18 % v Severnej Amerike, 4 % v Rusku a krajinách SNŠ, 2 % v Afrike, 2 % v Latinskej Amerike, 2 % na Blízkom východe a 1 % v Austrálii/na Novom Zélande.

3.1.3 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií SO_x

Oxidy síry sa uvoľňujú oxidáciou síry obsiahnutej v palive. Opatrenia na odstraňovanie oxidov síry, hlavne SO₂, z spalín počas alebo po spaľovaní sa používajú od začiatku 70. rokov 20. storočia, najskôr v USA a Japonsku a potom, na začiatku 80. rokov, v Európe. V súčasnosti existuje mnoho rôznych spôsobov znižovania emisií SO₂ vznikajúcich pri spaľovaní fosílnych palív.

Investičné náklady na zariadenie DeSO_x sa veľmi líšia v závislosti od zvolenej metódy. Prevádzkové náklady závisia hlavne od množstva a typu činiteľa, spotreby vody a elektrickej energie, údržby a nákladov na likvidáciu rezíduí, ak sa nepoužívajú opakovane. Systém DeSO_x vyžaduje riadnu údržbu, aby fungoval optimálne. Okrem toho je objemný, a preto je potrebný dodatočný priestor pre spaľovacie zariadenie.

Techniky odsírovania spalín (FGD) možno klasifikovať podľa obrázku 3.2.



Obrázok 3.2: Prehľad sekundárnych techník používaných na zníženie emisií oxidov síry

3.1.3.1 Mokré práčky

Mokré práčky, najmä v procesoch s vápencovo-sadrovým filtrom, sú najpoužívanejšou technikou odstraňovania SO_2 . Majú približne 80 % podiel na trhu a používajú sa vo veľkých kotloch. Je to kvôli ich vysokej účinnosti odstraňovania SO_2 a vysokej spoľahlivosti. Vo väčšine prípadov sa ako sorbent používa vápenec, pretože je v mnohých krajinách dostupný vo veľkých množstvách a jeho spracovanie je lacnejšie ako spracovanie iných sorbentov. Vedľajšími produktmi sú buď sadra alebo zmes síranu vápenatého/síranu hydrogénového, v závislosti od spôsobu oxidácie. Ak je možné sadru predáť, celkové prevádzkové náklady sa môžu znížiť.

Prvá úspešná mokrá vápencová práčka bola postavená v roku 1972 spoločnosťou Mitsui Miike Engineering Company (MIMC) v uhoľnej elektrárni Omura spoločnosti Mitsui Aluminium v Japonsku. Závod používal vápennú kašu a produkoval kal síranu/síranu vápenatého a popolček, ktorý sa likvidoval v rybníku. Odvtedy sa mokré vápencové práčky stali populárnymi v USA. V ostatných krajinách sa táto technika presadila pomalšie, hlavne kvôli veľkým požiadavkám na pozemky na likvidáciu kalu. Prvá mokrá vápenná práčka produkujúca sadru pre uhoľný kotol bola postavená v elektrárni Takasago spoločnosti EPDC (Electric Power Development Company), ktorá začala prevádzku v roku 1975. Spočiatku malo zariadenie problémy so spustením, ale spoľahlivosť prevádzky od roku 1977 presiahla 99 %.

V Japonsku bolo na konci 60. rokov 20. storočia populárne čistenie sodíkom. Vedľajší produkt, síran sodný, sa predával papierenskému priemyslu. Proces čistenia sodíkom je jednoduchý a bol použitý v mnohých malých kotloch na olej. Niekoľko systémov čistenia horčíkom sa používa aj v relatívne malých priemyselných kotloch, hlavne kvôli nízkym kapitálovým nákladom. V systémoch čistenia horčíkom sa odpadová voda obsahujúca síran horečnatý môže vypúšťať do mora po odstránení prachu a kovov absorbovaných prachom, pretože síran horečnatý je už súčasťou morskej vody. Tento proces má preto výhodu oproti iným systémom, ak je zariadenie umiestnené v blízkosti pobrežia. Vedľajší produkt mokrých čističov amoniaku sa môže použiť ako poľnohospodárske hnojivo.

Dvojité alkalické procesy sa komerčne využívajú v USA od polovice 70. rokov 20. storočia. Mokrý vápencový práčky trpeli v 70. a na začiatku 80. rokov 20. storočia problémami s usadzovaním sadry, a to z dôvodu nedostatočného pochopenia chémie práčiek a požiadaviek na návrh procesu. Dvojité alkalické procesy sa používali, kým výrobcovia systémov a prevádzkovatelia zariadení nevyriešili problémy s usadzovaním. Nedávny vývoj v oblasti dvojitých alkalických procesov, ktorý umožňuje použitie vápenca namiesto drahšieho vápenného sorbentu a výrobu sadry, môže oživiť používanie tohto systému.

Činidlom pri čistení horčíkom je hydroxid horčíka, ktorý sa vyrába pridaním haseného vápna do morskej vody s cieľom zvýšiť alkalitu, pričom sa dbá na to, aby nedošlo k významnému zvýšeniu obsahu iných stopových prvkov spojených s haseným vápnom. Tento proces sa stal populárnym od začiatku 80. rokov 20. storočia a nahradil čistenie sodíkom, pretože hydroxid horčíka sa stal lacnejším ako hydroxid sodný alebo uhličitan ako činidlo.

V mokrej práčke s amoniakom je SO_2 absorbovaný vodným roztokom amoniaku, čo vedie k vzniku síranu amónneho, vedľajšieho produktu, ktorý sa môže použiť ako hnojivo.

3.1.3.2 Polosuché práčky

Existujú dva hlavné typy polosuchých práčok: suchý odlučovač (alebo absorbér) s rozprašovaním a odlučovač plynov s cirkulujúcim fluidným lôžkom.

Suchý odlučovač planov s rozprašovaním, alebo absorbér (SDA), je technika FGD, vyvinutá v USA a v Európe na začiatku až v polovici 70. rokov 20. storočia. Prvé komerčné využitie v spaľovacích zariadeniach sa začalo v USA v roku 1980, kde bola táto technika použitá v kotle na uhlie. V celosvetovom rebríčku používaných systémov FGD sú SDA na druhom mieste za mokrými práčkami. Proces SDA je dobre zavedený ako komerčne dostupná technika.

Proces cirkulujúceho fluidného lôžka (CFB) sa komerčne využíva od roku 1987 vo viac ako dvadsiatich kotloch na spaľovanie čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia v Nemecku. Od roku 2000 zaznamenala táto technika významný rozvoj ako polosuchý proces pre LCP v Európe, kde je ňou vybavených viac ako 10 zariadení (od 100 MW_{th} do 1 000 MW_{th}).

3.1.3.3 Vstrekovanie sorbentu

Vstrekovanie sorbentu do kotla zahŕňa priame vstrekovanie suchého sorbentu do prúdu plynu v kotle. Typické sorbenty zahŕňajú: práškový vápenec (CaCO_3) a dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). V peci dochádza pridaním tepla ku kalcinácii sorbentu, čím vznikajú reaktívne častice CaO . Povrch týchto častíc reaguje s SO_2 v spalínach a vytvára siričitan vápenatý (CaSO_3) a síran vápenatý (CaSO_4). Tieto reakčné produkty sa potom zachytávajú spolu s popolčekom pomocou zariadenia na kontrolu prachu, typicky ESP alebo vrecového filtra. Proces zachytávania SO_2 pokračuje v odlučovači a vo filtračnom koláči vrecového filtra. Rezíduá sa likvidujú napríklad na skládke, hoci je potrebná starostlivá kontrola, pretože obsahujú aktívne vápno a síran vápenatý. Možné využitie týchto rezíduí sa v súčasnosti skúma.

Adsorbenty sa v systémoch spaľovania vo fluidnom lôžku používajú hlavne v zariadeniach na spaľovanie čierneho uhlia.

Vstrekovanie sorbentu do spalín znamená vstrekovanie sorbentu na báze vápnika alebo sodíka do spalín. Najbežnejšie typy vstrekovania sorbentu do spalín sú:

- suché hydratované vápno, pri ktorom je možné v niektorých prípadoch (v závislosti od zloženia spalín) zlepšiť zachytávanie síry zvlhčovaním;
- vstrekovanie suchého hydrogenuhličitanu sodného, ktoré nevyžaduje zvlhčovanie, ale môže vyžadovať mletie na mieste pre zlepšenie zachytávania;
- vstrekovanie vápenného mlieka alebo čistenie v potrubí, ktoré nevyžaduje samostatný krok zvlhčovania.

Hybridné vstrekovanie sorbentu je kombináciou vstrekovania sorbentu do kotla a vstrekovania sorbentu do spalín s cieľom zlepšiť účinnosť odstraňovania SO_x .

Obmedzovanie emisií SO_x pri spaľovaní vo fluidnom lôžku

Pri spaľovaní paliva obsahujúceho síru vzniká oxid siričitý a oxid sírový. V cirkulujúcom fluidizovanom lôžku je možné zachytiť oxidy síry použitím dolomitu alebo vápenca ako lôžkového materiálu. Dolomit alebo vápenec sa v lôžku kalcinuje pôsobením tepla a kalcinované vápno potom reaguje s oxidmi síry za vzniku síranu vápenatého. Teplota CFB (850 °C) je optimálna pre získavanie síry na báze vápnika.

V bublinkovom lôžku dochádza k spaľovaniu plynov uvoľnených z paliva hlavne vo voľnej zóne a hustá suspenzia existuje len v bublinkovom lôžku. Preto je účinnosť získavania síry v BFBC oveľa nižšia ako v CFBC.

3.1.4 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií NO_x

Techniky, ktoré sa všeobecne používajú na prevenciu a/alebo zníženie emisií oxidov dusíka, sa delia na primárne a sekundárne techniky. Primárne techniky umožňujú reguláciu tvorby a/alebo redukciu NO_x v spaľovacej komore, zatiaľ čo sekundárne techniky sú techniky na konci potrubia na zníženie emisií NO_x .

Oxidy dusíka (NO_x) vznikajúce pri spaľovaní fosílnych palív sú hlavne NO a NO_2 . NO sa podieľa na viac ako 90 % celkového množstva NO_x vo väčšine typov spaľovania; tento pomer môže byť nižší, ak sa na zníženie emisií NO_x používajú primárne techniky. Ako už bolo spomenuté v kapitole 1, existujú tri rôzne mechanizmy tvorby NO_x : termálna tvorba NO_x ; okamžitá tvorba NO_x ; a tvorba NO_x z dusíka ako zložky paliva. V súčasnosti sa v LCP používa celý rad primárnych techník s cieľom minimalizovať tvorbu NO_x prostredníctvom týchto mechanizmov.

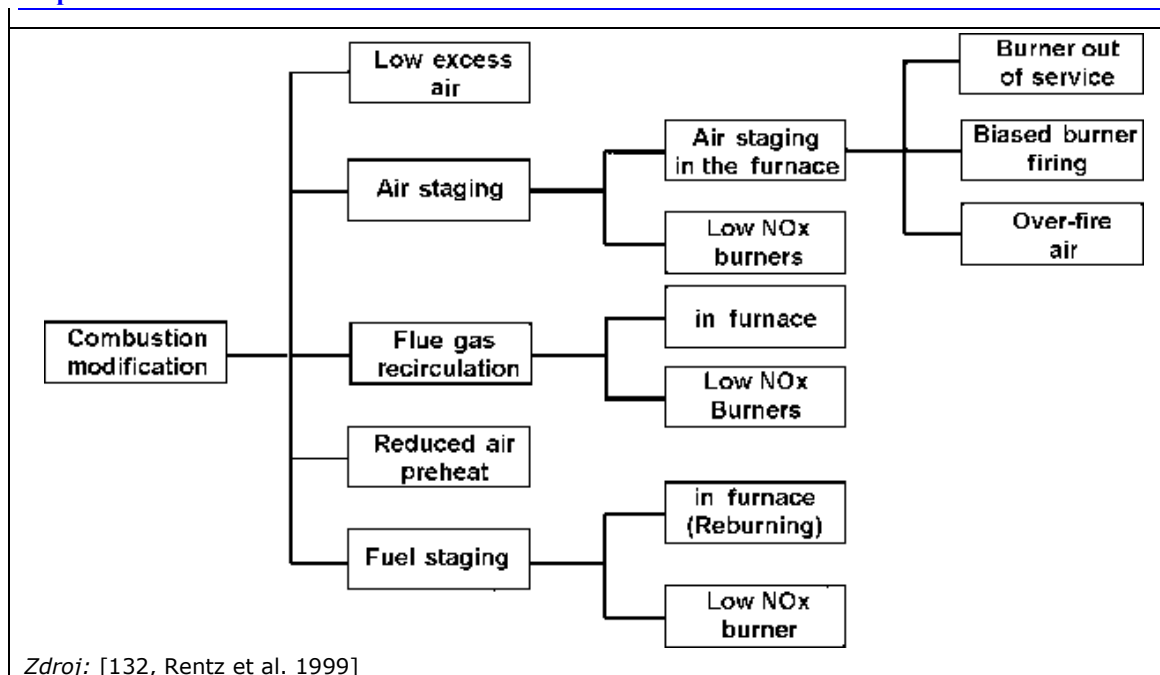
Na základe údajov zhromaždených organizáciami EURELECTRIC, VDEW a VGB do roku 1996 a aktualizovaných organizáciou EEB v roku 2012 je v tabuľke 3.2 uvedený orientačný prehľad denitrifikácie v Európe.

Tabuľka 3.2: Orientačné hodnoty DeNO_x (len sekundárne opatrenia) vo veľkých spaľovacích zariadeniach v EÚ-28

Kraj	Počet lokalít a elektrická energia		Zariadenia s DeNO _x s regulovaným elektrickým výkonom	
	Počet lokalít	MW _e	Počet lokalít ⁽¹⁾	Elektrická energia (MW _e)
Rakúsko	18	4852	13	3187
Belgicko	31	5867	3	1220
Bulharsko	NA	NA	NA	505
Česká republika	NA	NA	NA	380
Dánsko	13	8447	10	3224
Nemecko	960 ⁽²⁾	91 090	150	40 800
Grécko	10	6138	NA	NA
Maďarsko	NA	NA	NA	NA
Fínsko	30	5054	2	600
Francúzsko	17	18 218	6	1850
Írsko	10	2955	NA	NA
Taliansko	79	41 873	19	19 990
Luxembursko	NA	NA	NA	NA
Holandsko	15	9632	10	8650
Poľsko	NA	NA	NA	1598
Portugal	6	4514	2	1856
Rumunsko	NA	NA	NA	2290
Španielsko	41	19 357	NA	NA
Švédsko	41	5303	11	2534
Spojené kráľovstvo	26	37 718	3	4458
EÚ-28 (2012)	1297	26 1018	229	93
(1) Vráťane spaľovania vo fluidnom lôžku. (2) Vráťane nemeckých priemyselných elektrární s výkonom > 50 MW _{th} . Poznámka: NA: Nie je k dispozícii. Zdroj: [123, Eurelectric 2001] [120, EEB 2013]				

3.1.4.1 Primárne techniky na zníženie emisií NO_x

Existuje široká škála primárnych techník znižovania emisií, ktoré zabraňujú tvorbe oxidov dusíka v spaľovacích zariadeniach. Všetky tieto techniky majú za cieľ upraviť prevádzkové alebo konštrukčné parametre spaľovacích zariadení tak, aby sa znížila tvorba oxidov dusíka alebo aby sa už vytvorené oxidy dusíka premenili vo vnútri kotla/motora/plynovej turbíny pred ich uvoľnením. Obrázok 3.3 sumarizuje primárne techniky týkajúce sa úprav spaľovania.



Obrázok 3.3: Prehľad úprav spaľovania na zníženie emisií oxidov dusíka

Pri zavádzaní úprav spaľovania je dôležité zabrániť nepriaznivým vplyvom na prevádzku spaľovacej zariadenia a tvorbe iných znečisťujúcich látok. Preto by sa mali zohľadniť nasledujúce kritériá pre prevádzku s nízkymi emisiami NO_x:

- Prevádzková bezpečnosť (napr. stabilné zapáľovanie v celom rozsahu zaťaženia).
- Prevádzková spoľahlivosť (aby sa zabránilo korózii, erózii, zanášaniam, tvorbe škvary, prehriatiu rúrok atď.).
- Minimálny nepriaznivý vplyv na základné prevádzkové parametre spaľovacieho zariadenia (napr. prietok hlavnej pary, teploty prehriatej a opätovne prehriatej pary a energetická účinnosť).
- Schopnosť spaľovať širokú škálu palív.
- Úplné spaľovanie (na zníženie obsahu uhlíka v popole pre kotly, aby sa popolček stal predajným pre cementársky priemysel. Optimalizované spaľovanie je tiež žiaduce, aby sa zabránilo vysokým emisiám oxidu uhoľnatého).
- Najúspornejšie emisie znečisťujúcich látok, t. j. zabránenie tvorbe iných znečisťujúcich látok, napríklad N₂O.
- Minimálny nepriaznivý vplyv na zariadenia na čistenie spalín a na ostatné systémy zariadenia (mletie paliva atď.).
- Nízke náklady na údržbu.

Okrem úprav spaľovania existujú aj iné primárne techniky, ktoré dokážu minimalizovať tvorbu NO_x, ako napríklad mletie v zariadeniach na spaľovanie uhlia a vývoj gravimetrických podávačov, dynamických klasifikátorov a neurónových sietí/optimalizátorov pokročilých riadiacich systémov.

3.1.4.2 Sekundárne techniky na zníženie emisií NO_x

Sekundárne techniky alebo techniky na konci potrubia znižujú množstvo už vytvorených oxidov dusíka (NO_x). Môžu sa implementovať samostatne alebo v kombinácii s primárnymi opatreniami, ako sú horáky s nízkymi emisiami NO_x. Väčšina technológií na zníženie emisií NO_x sa zakladá na vstrekaní amoniaku, močoviny alebo iných zlúčenín, ktoré reagujú s NO_x do spalín a redukovujú ho na molekulárny dusík. Sekundárne techniky možno rozdeliť na:

- selektívnu katalytickú redukciu (SCR);
- selektívnu nekatalytickú redukciu (SNCR);
- kombináciu oboch.

Technika selektívnej katalytickej redukcie (SCR) sa široko používa na redukciu oxidov dusíka v spaliniach z veľkých spaľovacích zariadení v Európe a v iných krajinách po celom svete, napríklad v Japonsku a USA.

Technika selektívnej nekatalytickej redukcie (SNCR) je ďalšia sekundárna technika na redukciu oxidov dusíka, ktoré sa už vytvorili v spaliniach spaľovacej elektrárne. Funguje bez katalyzátora v teplotnom rozmedzí, ktoré vo veľkej miere závisí od použitého činidla (vodný amoniak, močovina alebo bezvodý amoniak).

Kombinácia oboch techník sa tiež čoraz častejšie používa s kompaktným katalytickým systémom inštalovaným na výstupe kotla za systémom SNCR s cieľom ďalej dokončiť redukciu NO_x a obmedziť únik NH_3 .

Podľa globálneho zoznamu elektrární „UDI World Electric Power Plants Data Base“ (WEPP) z roku 2014 existuje približne 1430 elektrární, ktoré používajú SCR samostatne alebo v kombinácii s inými technikami znižovania emisií NO_x . Z nich sa 52 % nachádza v Severnej Amerike, 32 % v Ázii a 13 % v európskych krajinách. Ten istý zdroj uvádza, že približne 230 elektrární používa SNCR samostatne alebo v kombinácii s inými technikami znižovania emisií NO_x . Takmer 63 % z nich sa nachádza v Severnej Amerike, približne 28 % v európskych krajinách a 7 % v Ázii.

3.1.4.2.1 Kompromisy medzi znižovaním emisií NO_x , emisiami CO/prachu a/alebo spotrebou energie

Príklady kompromisov medzi znižovaním emisií NO_x , emisiami CO/prachu a/alebo spotrebou energie sú uvedené v oddiele 1.3.8. Tieto kompromisy veľmi závisia od použitých techník/paliva a od konfigurácie zariadenia. Všeobecnejšie, pri porovnávaní údajov na posúdenie kandidátskych techník BAT v tomto dokumente sa pri vyvodzovaní záverov a stanovovaní súvisiacich úrovní emisií zohľadnili korelácie a vzájomné vplyvy medzi týmito parametrami, ktoré podliehajú potenciálnym kompromisom.

3.1.5 Kombinované techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií SO_x a NO_x

Kombinované techniky znižovania emisií SO_x/NO_x boli vyvinuté s cieľom nahradiť konvenčné techniky FGD/SCR. Niektoré z kombinovaných techník znižovania emisií SO_x/NO_x boli použité len vo veľmi malom počte jednotiek alebo existujú viac-menej len ako demonštračné zariadenia a z komerčných (nákladových) dôvodov sa ešte nedostali na trh. Každá z týchto techník využíva jedinečnú chemickú reakciu na súčasné odstraňovanie SO_x a NO_x . Vývoj kombinovaných techník bol podnietený závažným problémom konvenčnej techniky SCR nasledovanej technikou FGD, ktorý súvisí s oxidáciou SO_2 v reaktore SCR. Zvyčajne sa 0,2 – 2 % SO_2 oxiduje na SO_3 . To má rôzne účinky na systém čistenia spalín. Napríklad v prípade uhlia s nízkym obsahom síry môže SO_3 zlepšiť účinnosť odstraňovania studenej strany ESP. SO_3 však zvyčajne zvyšuje usadeniny a koróziu v predohreve vzduchu a výmenníku tepla plyn-plyn.

Kombinované techniky znižovania emisií SO_x/NO_x možno vo všeobecnosti rozdeliť do nasledujúcich kategórií:

- adsorpcia/regenerácia (desorpcia) tuhých látok;
- katalytická reakcia plynu/tuhej látky;
- ožiarovanie elektrónovým lúčom;
- vstrekovanie alkálií;
- mokré vypieranie.

V rámci týchto kategórií sa niektoré procesy ešte vyvíjajú, zatiaľ čo iné techniky sú už komerčne dostupné a používajú sa v mnohých zariadeniach.

3.1.5.1 Adsorpcia/regenerácia tuhých látok

Tento typ procesu využíva pevný sorbent alebo katalyzátor, ktorý adsorbuje alebo reaguje s SO_x a NO_x v spalinách. Sorbent alebo katalyzátor sa regeneruje na opätovné použitie. Síra alebo dusík sa uvoľňujú zo sorbentu v regeneračnej fáze, ktorá zvyčajne vyžaduje vysokú teplotu alebo redukciu plynu počas dostatočnej doby zotrvania. Získané zlúčeniny síry sa spracúvajú, napríklad v zariadení „Claus“, na výrobu elementárnej síry, ktorá je predajným vedľajším produktom. Zlúčeniny dusíka sa rozkladajú na N_2 a vodu vstrekaním amoniaku alebo recykláciou do kotla. V iných procesoch, ako je proces s aktívnym uhlíkom, sa na pevnej adsorpcii/regenerácii podieľajú oxid meďnatý, oxid zinočnatý a oxid horečnatý-vermikulit.

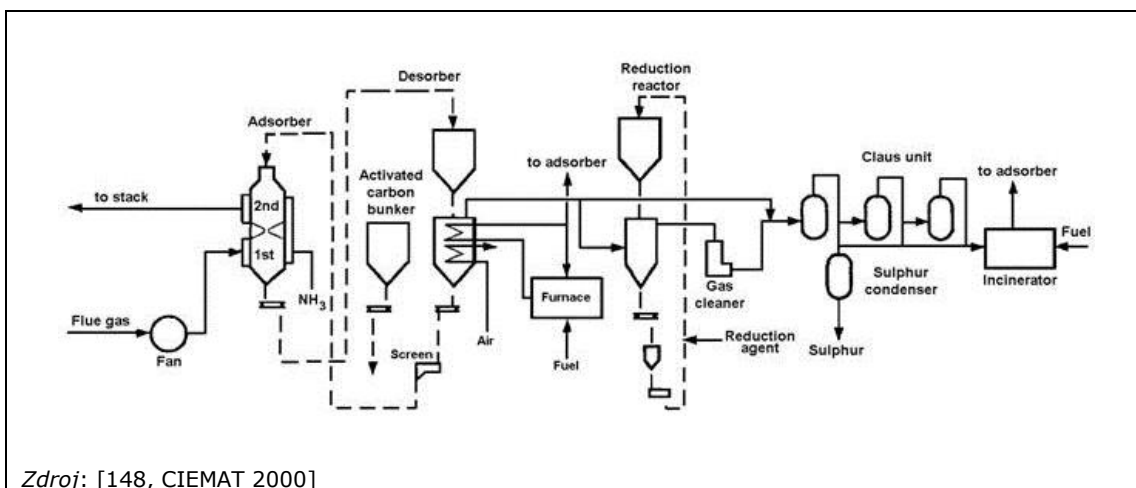
3.1.5.1.1 Proces s aktívnym uhlím

Keďže aktívne uhlie má veľmi veľký špecifický povrch, od devätnásteho storočia sa široko používa ako prostriedok na čistenie vzduchu a odpadových vôd. Je tiež dlho známe, že aktívne uhlie adsorbuje SO_2 , kyslík a vodu, čím vzniká kyselina sírová. Súčasné odstraňovanie SO_2 a NO_x je možné pridaním amoniaku.

Spaliny z kotla sa najskôr odprašujú, prechádzajú cez výmenník tepla, kde sa odoberá teplo na regeneráciu aktívneho uhlíka, a potom sa ochladzujú vo vodnom predčističi. Plyn vstupuje do prvej fázy aktívneho uhlíka (suché porézne uhlie) pri teplote 90 – 150 °C. Oxid siričitý reaguje s kyslíkom a vodnou parou v spalinách (prostredníctvom katalytickej oxidácie) a vytvára kyselinu sírovú, ktorá sa adsorbuje na aktívnom uhlí.

Pred vstupom do adsorbéra druhého stupňa sa do spalín v miešacej komore vstrekuje amoniak. Oxidy dusíka reagujú katalyticky s amoniakom v druhom stupni a vytvárajú dusík (N_2) a vodu. Vyčistené spaliny a uvoľnený dusík a vlhkosť prechádzajú do komína, kde sa vypúšťajú. Redukčný proces prebieha v adsorbéri, kde sa pelety aktívneho uhlíka transportujú zhora nadol vo forme pohyblivého lôžka. Plyn prúdi cez vrstvy, pričom najskôr vstupuje do najnižšej časti lôžka.

Aktívne uhlie nasýtené sírou prechádza do regenerátora, kde sa vykonáva desorpcia tepelne, nepriamym ohrevom pomocou tepla získaného skôr z spalín, pri teplote približne 400 – 450 °C. Uhlíkový prach sa odstraňuje a pridávajú sa náhradné pelety, predtým ako sa recyklujú späť do adsorbéra. V dôsledku regenerácie sa z adsorbéra vytvára obohatený plyn SO_2 . Obohatený plyn sa pomocou Clausovho alebo iného procesu premieňa na elementárnu síru alebo kyselinu sírovú, ktoré sa môžu predávať ako vedľajší produkt. Obrázok 3.4 znázorňuje schematický diagram procesu s aktívnym uhlím.



Obrázok 3.4 Proces s aktívnym uhlím

3.1.5.1.2 Iné procesy adsorpcie/regenerácie tuhých látok

Iné procesy, ako napríklad proces s použitím oxidu medi a zinku, sú stále vo vývoji, a preto sa v tejto kapitole ďalej nespomínajú.

3.1.5.2 Katalytické procesy s plynom/tuhou látkou

Tento typ procesu využíva katalytické reakcie, ako je oxidácia, hydrogenácia alebo SCR. Prvková síra sa získava ako vedľajší produkt. Čistenie odpadových vôd nie je potrebné. Do tejto kategórie patria WSA-SNO_x (mokrá kyselina sírová s integrovaným krokom selektívnej katalytickej redukcie DeNO_x), DeSONO_x a SNRB.

Proces WSA-SNO_x využíva dva katalyzátory za sebou na odstránenie NO_x pomocou SCR a na oxidáciu SO₂ na SO₃, pričom sa tento kondenzuje na kyselinu sírovú na predaj. Je možné odstrániť približne 95 % oxidov síry a dusíka v spalínach. Proces nevytvára žiadne odpadové vody ani odpadové produkty a nespotrebuje žiadne chemikálie, okrem amoniaku na kontrolu NO_x.

V procese DeSONO_x spaliny najskôr prechádzajú cez ESP na odstránenie častíc, potom nasleduje vstrekovanie amoniaku a SCR. Plyny sa potom ochladzujú predohrevom spaľovacieho vzduchu a opätovným ohrevom úplne upravených spalín pred ich uvoľnením do atmosféry. Teplota spalín sa tak zníži na približne 140 °C, čo umožňuje katalytickú oxidáciu SO₂ na SO₃ a jeho následnú kondenzáciu na kyselinu sírovú (70 %). Posledný krok sa vykonáva v recirkulačnej kyselinovej veži. Spaliny sa nakoniec vedú cez mokrý elektrostatický odlučovač hmly a pred vypustením sa opätovne zahrievajú.

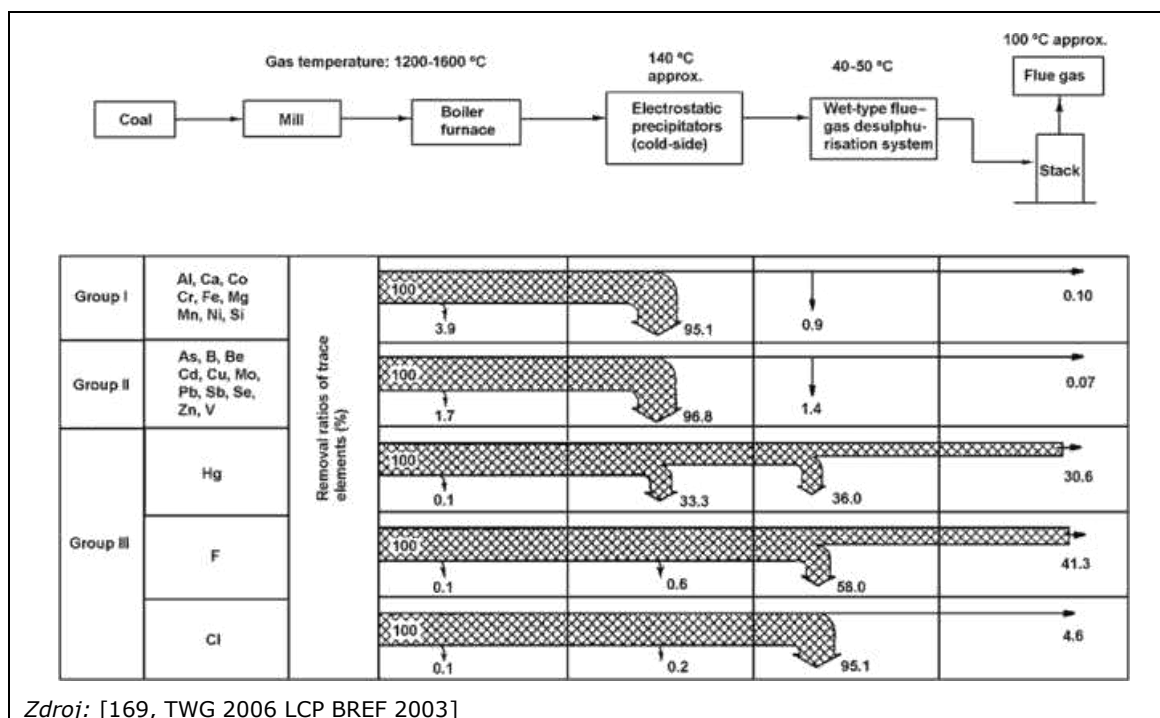
V procese SO_x-NO_x-Rox BoxTM (SNRB) sa suchý sorbent, ako je vápno alebo hydrogenuhličitan sodný, vstrekuje do spalín pred špeciálne navrhnutým filtračným zariadením. Tento proces kombinuje odstraňovanie SO₂, NO_x a prachu v jednej jednotke, t. j. vysokoteplotnom katalytickom keramickom alebo vrecovom filtri. Tento proces vyžaduje menej priestoru ako konvenčná technológia čistenia spalín. Cieľom procesu SNRB je odstrániť až 90 % SO₂ a NO_x a najmenej 99 % prachu, ale nie sú k dispozícii žiadne informácie o tom, či sa tento proces skutočne používa vo veľkých spaľovacích zariadeniach. Preto nie sú k dispozícii žiadne informácie o všeobecnej výkonnosti procesu SNRB.

3.1.6 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií kovov

Kovy viazané vo väčšine fosílnych palív sa uvoľňujú počas spaľovania a môžu sa dostať do atmosféry vo forme častíc alebo pár. Kovy, ktoré vzbudzujú najväčšie obavy v súvislosti s využívaním fosílnych palív, sú: As, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, V a Zn. Niektoré z týchto kovových prvkov sú veľmi toxické, najmä ak sú prítomné v dostatočnom množstve.

Kovy sa rozdeľujú do viacerých výstupných tokov, hlavne do rezíduí spaľovania, ako je popolček, ale aj do spalín, ktoré vstupujú do zariadení na kontrolu znečistenia (obrázok 3.5). Vzhľadom na veľké množstvo paliva spotrebovaného pri výrobe energie sa do životného prostredia môžu uvoľňovať veľké množstvá potenciálne nebezpečných kovov. Väčšina kovových prvkov je spojená s prachom. Prchavé látky sa preferenčne kondenzujú na povrchu menších častíc v prúdoch spalín kvôli väčšej povrchovej ploche. Hg je vysoko toxický kov, ktorý môže uniknúť zachyteniu zariadeniami na kontrolu spalín a ktorý sa vyskytuje v niektorých frakciách odpadu spoluspaľovaných v spaľovniach, ale aj v uhlí, v závislosti od ich pôvodu. Hg sa vo veľkej miere emituje v plynnej forme (pozri obrázok 3.5).

Vhodnou metódou na získanie údajov o hodnotách emisií a správaní kovov počas spaľovania a čistenia spalín je stanovenie hmotnostnej bilancie v celom spaľovacom zariadení (obrázok 3.5). Vyšetrenia hmotnostnej bilancie kovov boli vykonané pre rôzne typy veľkých elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie [149, Clarke et al. 1992], [150, Maier et al. 1992], [151, Rentz et al. 1996], [152, Martel, C. 1998]. Na tomto obrázku nie je zohľadnený oxidačný účinok SCR na elementárnu ortuť.



Obrázok 3.5: Hmotnostná bilancia kovov, fluoridov a chloridov v zariadeniach na spaľovanie uhlia

Keďže prchavé kovové prvky sú viac koncentrované v jemnozrnnom prachu, ktorý je unášaný z spaľovacej komory, emisie týchto prvkov závisia viac od účinnosti systému čistenia plynov ako od spôsobu konverzie paliva.

Bolo vyvinutých niekoľko kontrolných techník, ktoré sú teoreticky schopné odstrániť veľkú časť určitých kovov z spalín. Tieto systémy možno vo všeobecnosti rozdeliť do dvoch kategórií:

- techniky, ktoré sa bežne používajú na odstraňovanie emisií prachu, SO_x a/alebo NO_x;
- techniky, ktoré boli vyvinuté výslovne na odstraňovanie stopových prvkov z dymových plynov.

3.1.7 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií CO a nespálených uhľovodíkov

Emisie nespálených plynov, ktoré možno rozdeliť do dvoch hlavných skupín: oxid uhoľnatý (CO) a uhľovodíky (C_xH_y), možno predchádzať/znižovať pomocou pokrokových techník spaľovania. Emisie CO a nespálených uhľovodíkov sú dôsledkom nedokonalého spaľovania a môžu byť spôsobené príliš nízkymi teplotami spaľovania, príliš krátkou dobou zotrvania v spaľovacej zóne alebo neefektívnym zmiešaním paliva a spaľovacieho vzduchu, čo vedie k lokálnemu nedostatku kyslíka a relatívne nerovnomernému rozloženiu veľkosti častíc paliva.

Oxid uhoľnatý je najdôležitejší nespálený plyn. Je to stabilná zlúčenina aj pri vysokých teplotách, ak nie je prítomný kyslík. Uhľovodíky sa naopak môžu rozkladať a pri vysokých teplotách v atmosfére s nízkym obsahom kyslíka tvoriť sadze. Vo všeobecnosti je možné, že emisie nespálených uhľovodíkov môžu vznikať, ak sa súčasne vyskytuje nízka teplota spaľovacej zóny a neefektívne zmiešavanie paliva a vzduchu.

3.1.8 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií halogenidov

Prírodné zdroje, najmä more, sú hlavným zdrojom chlóru, brómu a jódu v atmosfére. Ľudské činnosti, najmä priemyselné zdroje, ako je výroba hliníka, sú hlavným globálnym zdrojom emisií fluóru. V mnohých krajinách je spaľovanie fosílnych palív najväčším zdrojom chlóru (ako HCl) z ľudských činností a môže byť aj hlavným zdrojom fluóru (ako HF). Emisie halogenidov zo spaľovania majú formu vysoko rozpustných kyslých plynov, ktoré môžu prispievať k vzniku kyslých dažďov.

Emisie halogenidov závisia od viacerých faktorov: počiatočného obsahu halogénov v palive a formy, v akej sa nachádzajú, podmienok spaľovania (teplota, doba zotrvania atď.) a použitia rôznych techník na kontrolu znečistenia. Techniky, ktoré boli pôvodne navrhnuté napríklad na kontrolu emisií SO_x, ako je pridávanie vápenca do kotla a FGD, môžu byť obzvlášť účinné pri znižovaní emisií kyslých halogenidových plynov. Pri rotačných výmenníkoch tepla HF obchádza systémy FGD v pomere ~50 %.

3.1.9 Techniky na zníženie emisií skleníkových plynov (GHG) z veľkých spaľovacích zariadení

Rôzne metódy, procesy a technológie na znižovanie emisií skleníkových plynov zo spaľovacích zariadení na fosílna palivá, najmä na znižovanie emisií CO₂, sú predmetom mnohých projektov súvisiacich s implementáciou prísnych politík v oblasti zmeny klímy. Článok 36 smernice IED stanovuje pre všetky zariadenia s výkonom > 300 MW_e zákonnú povinnosť posúdiť určité podmienky súvisiace s budúcou realizovateľnosťou zachytávania a ukladania uhlíka a v prípade kladného posúdenia zabezpečiť dodatočnú montáž, aby boli splnené potrebné podmienky na zachytávanie CO₂.

Znižovanie emisií CO₂ vo veľkých spaľovacích zariadeniach je v Európe regulované prostredníctvom systému obchodovania s emisiami EÚ (EU ETS).

Niektoré skleníkové plyny, ktoré majú menej globálny význam, ale sú stále relevantné pre sektor spaľovania, ako napríklad N₂O, môžu vznikať v kotloch FBC. Spaľovanie starších palív vedie k vyšším emisiám (napr. emisie N₂O zo spaľovania antracitu sú vyššie ako emisie N₂O zo spaľovania hnedého uhlia, ktoré sú vyššie ako emisie N₂O zo spaľovania biomasy). Techniky na prevenciu alebo zníženie týchto emisií sú opísané v oddiele 5.1.3.6.

3.1.10 Spotreba vody a techniky na zníženie emisií do vody

Veľké spaľovacie zariadenie vyžaduje značné množstvo vody na výrobu procesnej a technickej vody, chladenie, výrobu energie, čistenie odpadových vôd a hygienické účely. Spotreba vody sa líši v závislosti od použitých procesov.

Použitá voda môže pochádzať z mora, riek, jazier atď. a pre mnohé procesy je možné použiť aj morské vody a vody zníženej kvality. Voda na napájanie parného cyklu musí prejsť úpravou, aby dosiahla kvalitu potrebnú pre deionizovanú vodu. Morská voda sa môže použiť na napájanie, chladenie alebo dokonca na odsírovanie. Iniciatívy na zníženie spotreby vody vo veľkej miere závisia od zdroja vody. Technická voda a odpadová voda z úpravy vody sa môžu opätovne použiť v odsírení.

V pobrežných oblastiach je možné použiť morské vody, ktoré boli odsolované reverznou osmózou. Proces sa zvyčajne zakladá na nasledujúcom postupe:

- prívod morskej vody;
- filtrovanie samočistiacim filtrom;
- filtrovanie pieskovými filtrami;
- filtrovanie pomocou kazetových filtrov;
- reverzná osmóza a spätné získavanie energie z koncentráta. [88, Dánsko 2013]

V oddiele 1.3.3 je uvedený prehľad rôznych zdrojov odpadových vôd, ktoré sa môžu vyskytovať vo veľkých spaľovacích zariadeniach. Odpadová voda, ktorá sa vyskytuje v spaľovniach, sa skladá zo znečistenej vody pochádzajúcej z rôznych procesov LCP a dažďovej vody z areálu. Táto voda môže byť spracovaná v zariadeniach na čistenie odpadových vôd, kde sa dosahuje zníženie koncentrácií znečisťujúcich látok. V tejto časti sú uvedené techniky, ktoré sa bežne používajú na čistenie kontaminovaných odpadových vôd pred ich vypúšťaním do vodného prostredia.

Množstvo a kvalita odpadových vôd a zodpovedajúca konfigurácia zariadenia na čistenie odpadových vôd, ktorá je vhodná pre potreby konkrétnych odpadových vôd z LCP, sú špecifické pre dané miesto a závisia od mnohých parametrov, vrátane:

- druhu a zloženia paliva;
- typu skladovacích zariadení pre palivo a chemikálie;
- typu prípravy paliva;
- typu spaľovacích procesov;
- typu chladiacich systémov;
- typ chemickej úpravy použitej pre kotlovú vodu a chladiacu vodu;
- kvalita dostupnej surovej vody;
- typ systémov úpravy vody;
- typ systémov na úpravu spalín;
- povaha vedľajších produktov spaľovania (popolček, mokrý popol, sadza z odsirovania spalín atď.); a
- postupy nakladania s odpadom (likvidácia, predaj).

Jednotlivé toky odpadových vôd vznikajúce pri rôznych činnostiach v LCP zahŕňajú:

- odpadové vody z procesov, najmä odpadové vody z jednotky FGD;
- zachytávanú dažďovú vodu a vodu použitú na hasenie požiarov;
- sanitárne odpadové vody.

Vzhľadom na ich odlišné zloženie a kvalitu (vlastnosti a koncentrácia znečisťujúcich látok) sa uvedené toky zvyčajne zbierajú prostredníctvom samostatných odvodňovacích systémov a smerujú do samostatných destinácií na ďalšie spracovanie v špecializovaných čistiarnach odpadových vôd (sanitárne odpadové vody v biologických čistiarnach odpadových vôd a procesné odpadové vody a kontaminovaná dažďová voda v priemyselných zariadeniach na čistenie odpadových vôd).

Čistá zachytená dažďová voda nemusí byť čistená a môže byť vypúšťaná priamo do prijímajúcich vôd alebo použitá ako čerstvá voda pre potreby závodu. [121, Eurelectric 2012].

Návrh odvodňovacích systémov v areáli LCP je veľmi dôležitý, pretože použitím dobre navrhnutých odvodňovacích systémov sa optimalizuje nakladanie s odpadovými vodami, čím sa dosiahnu úspory v spotrebe vody a v návrhu a prevádzke zariadenia na čistenie odpadových vôd.

Odpadová voda je navrhnutá tak, aby v čo najväčšej miere prúdila gravitačne cez odvodňovacie systémy do rôznych častí zariadenia na čistenie odpadových vôd, aby sa zabránilo medzičerpaniu a s tým spojennej spotrebe energie.

Prúdy odpadových vôd sa veľmi líšia v prietokovej rýchlosti. V závislosti od ich pôvodu obsahujú prúdy odpadových vôd rôzne látky:

- tuhé látky (napr. suspendované tuhé látky);
- tekuté látky (napr. oleje, emulzie oleja a vody);
- vodou rozpustné látky (organické, anorganické).

Nižšie sú uvedené najčastejšie sa vyskytujúce toky odpadových vôd v LCP:

- odpadová voda zo zariadení na úpravu surovej vody;
- odpadová voda z chladiacich okruhov;
- odpadová voda z iných zdrojov v procese výroby pary;
- odpadová voda zo systémov čistenia spalín;
- kyslá umývací voda;
- sanitárna odpadová voda.

Nástroje na riadenie inventára poskytujú podrobné informácie o umiestnení, výrobe, environmentálnych podmienkach, emisiách atď. zariadenia, a tým pomáhajú odhaľovať emisie, ktorým je možné predchádzať alebo ktoré je možné znížiť.

Príslušné základné údaje o zložení a množstve odpadových vôd sa zhromažďujú v inventári tokov. Emisné toky sú uvedené podľa ich zdroja, t. j. výrobného procesu, z ktorého pochádzajú. Ide o kľúčový prvok pri posudzovaní stupňa ich znečistenia a povahy znečisťujúcich látok, ako aj možností zníženia emisií pri zdroji. Inventáre tokov môžu slúžiť ako základ pre stratégie separácie odpadových vôd a čistenia vody. Medzi typické separované toky odpadových vôd patria povrchové vody, chladiaca voda a odpadové vody z čistenia spalín.

Relatívne nekontaminovaná voda (napr. z odkaľovania chladiacej vody) sa často môže opätovne použiť na iné účely, ktoré vyžadujú vodu nižšej kvality (napr. na čistenie alebo čistenie spalín). Recyklácia je obmedzená požiadavkami na kvalitu prijímajúceho toku a vodnou bilanciou zariadenia. Niektoré toky odpadových vôd sa zvyčajne nerecyklujú (napr. morská voda používaná v chladiacich systémoch). Optimálny výber chladiaceho systému závisí od miestnych podmienok. Odpadová voda z mokrého FGD sa niekedy recykluje po čistení (US EPA 2013). Recyklácia vody nie je použiteľná na odpadovú vodu z chladiacich systémov, ak sú prítomné chemikálie na úpravu vody a/alebo vysoké koncentrácie solí z morskej vody.

Technikou na zníženie spotreby vody a objemu vypúšťaných kontaminovaných odpadových vôd je spracovanie popolčeka z kotlov. Suchý horúci popolček padá z pece na mechanický dopravný systém a je ochladzovaný vzduchom alebo vodou v uzavretom cykle. Na chladenie alebo dopravu sa nepoužíva voda, ktorá prichádza do priameho kontaktu s popolom. Spracovanie suchého popola je technika opísaná aj v časti 3.2.5 (Optimalizácia kvality popolčeka) a navrhovaná ako nový štandard výkonu zdroja agentúrou US EPA.

3.1.10.1 Odpadová voda zo zariadení na úpravu surovej vody

Surová voda sa zvyčajne pred použitím v rôznych oblastiach LCP predbežne upravuje. Predbežná úprava spočíva v zmäkčení a demineralizácii. Tieto predbežné úpravy zvyčajne produkujú nasledujúce odpadové vody.

Odpadové vody zo zariadení na zmäkčovanie sú:

- rozprašovaná voda z pásových filtrov (čistenie povrchovej vody);
- filtrát z odvodňovania kalu (bez chemických prísad);
- filtrát z odvodňovania kalu (po flokulácii a zrážaní);
- voda z spätného preplachovania pieskových filtrov.

Odpadové vody vznikajúce v rôznych častiach zmäkčovacej stanice sa zvyčajne recyklujú späť do procesu.

Odpadové vody z demineralizačných zariadení sú:

- odpadové vody z regenerácie iónových výmenníkov (živice);
- koncentráty z reverznej osmózy;
- ultrafiltračné koncentráty.

3.1.10.2 Odpadová voda z chladiacich okruhov

Odpadová voda z chladiacich okruhov pochádza hlavne z odkaľovania mokrých chladiacich veží a príležitostného vypúšťania z evakuácie nádrže chladiacich veží. Pri preplachovaní vstupných filtrov jednorazových chladiacich systémov sa zohľadňujú teploty vypúšťanej chladiacej vody a koncentrácia biocídov alebo iných prísad.

Emisie zo všetkých typov chladiacich systémov, vrátane LCP, do životného prostredia sú podrobne rozpracované v dokumente BREF o priemyselných chladiacich systémoch a nie sú zahrnuté v rozsahu tohto dokumentu.

3.1.10.3 Odpadová voda z procesov výroby pary

Odpadová voda z procesov výroby pary zahŕňa hlavne:

- odkalovanie z bubnových parných generátorov;
- laboratórne odpadové vody a odbery vzoriek;
- vypúšťanie z vodno-parného cyklu;
- odpadové vody z systémov diaľkového vykurovania;
- odpadové vody z regenerácie zariadení na čistenie kondenzátu;
- odpadové vody zo systémov na manipuláciu a odstraňovanie popola a škvary;
- odpadové vody z chemického čistenia kotlov;
- odpadové vody z mokrej konzervácie kotlov;
- oplachovacia voda z parných generátorov, ohrievačov vzduchu, ohrievačov plynu, elektrických prachových filtrov, zariadení na odstraňovanie oxidov dusíka (DeNO_x) a zariadení na odstraňovanie síry z dymu (FGD) a rôznych iných zariadení;
- olejové odpadové vody (odvodňovanie skladovacích a denných nádrží na vykurovací olej, odtoky zo systémov na spracovanie ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja, turbínových alebo dieselových motorových domov, transformátorových priestorov atď.

3.1.10.4 Odpadová voda zo systémov na úpravu spalín

Všetky mokré systémy čistenia spalín produkujú odpadovú vodu, ktorá vzhľadom na použité palivá a materiály obsahuje okrem iných zložiek aj kovy. Jedným z hlavných zdrojov odpadovej vody v tomto kontexte je mokrá práčka s vápencom, ktorá sa používa vo veľkom počte spaľovacích zariadení na odsírovanie spalín, hoci tento objem vody je možné znížiť použitím palív s nižším obsahom chlóru a navrhnutím absorbéra tak, aby pracoval pri vyššej koncentrácii chloridov. Výsledkom je zníženie množstva odpadu do zariadenia na čistenie odpadových vôd, čo zase vedie k zníženiu emisií do vody. Príklad konvenčného systému čistenia odpadových vôd je uvedený na obrázku 3.6, ale je potrebné poznamenať, že existuje mnoho rôznych typov systémov v závislosti od rôznych národných predpisov, typu paliva a faktorov špecifických pre dané miesto.

Hodnota pH odpadovej vody z odsirovania sa zvyšuje s cieľom vyzrážať kovy. To sa zvyčajne dosahuje použitím vápenného mlieka alebo hydroxidu sodného, čo spôsobuje tvorbu hydroxidov kovov. Pridaním flokulantov (chlorid železitý) sa vytvárajú vločky. Pridaním koagulačných prostriedkov (polyelektrolytov) sa umožňuje aglomerácia jednotlivých vločiek, čím dochádza k väčšej tvorbe vločiek. Kal sa potom predbežne usadí, odvodní a zlikviduje alebo sa použije na spaľovanie v prípade spaľovania s tavnou komorou. Časť „tenkého“ kalu sa recykluje do fázy flokulácie, kde častice kalu slúžia ako počiatočné kryštalizačné jadrá, ktoré podporujú rýchlejšiu flokuláciu.

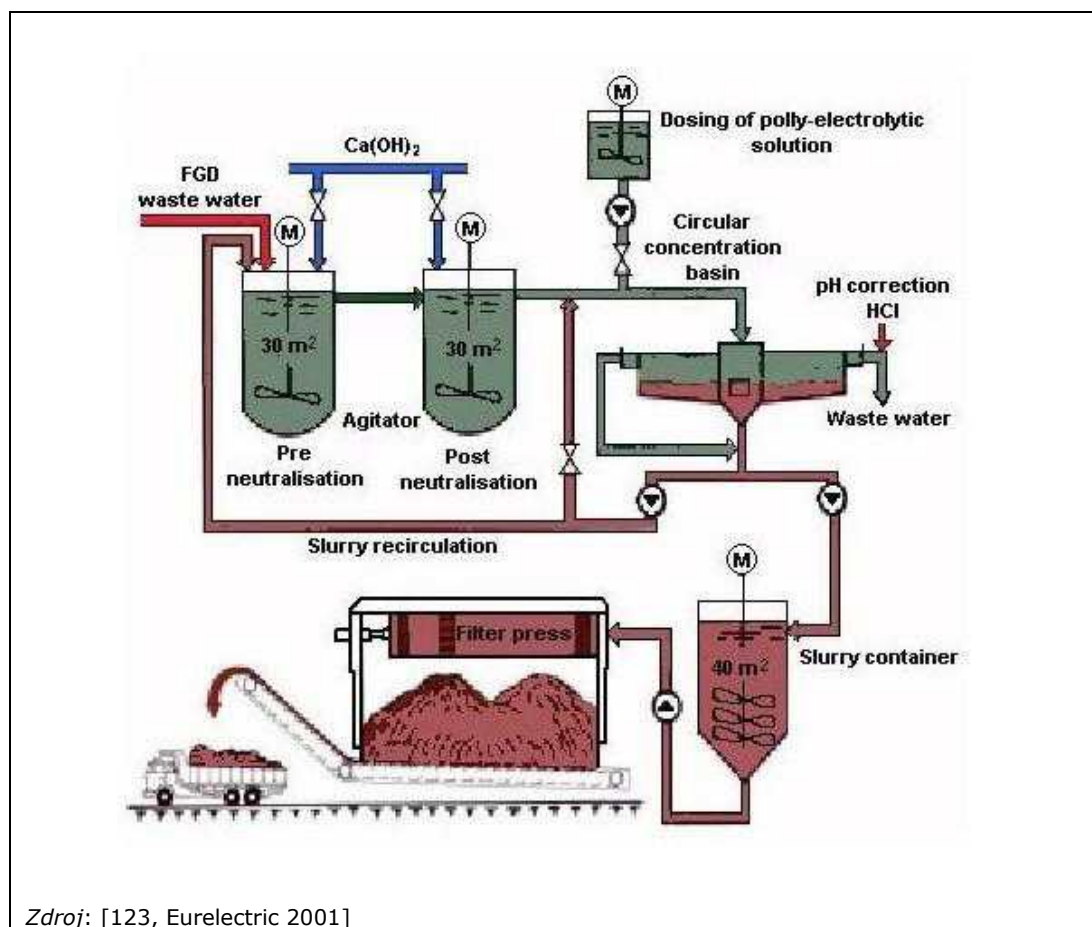
Vyčistená odpadová voda z fázy predbežného usadzovania môže byť dodaná do zahusťovača s oddeľovacími doskami na ďalšie usadzovanie. Suspendované mikročastice sa usadzujú na naklonených oddeľovacích doskách. Kal, ktorý padá z dosiek, sa zhromažďuje v spodnej časti zahusťovača s oddeľovacími doskami a môže sa takisto recyklovať. Vyčistená odpadová voda sa privádza do kanalizácie cez prepad zahusťovača s oddeľovacou doskou, ak sú splnené regulačné limitné hodnoty. Okrem toho, ak je požadovaná hodnota pH medzi 6 a 9,5, voda sa neutralizuje. Hoci to vo všeobecnosti nie je potrebné, obsah amoniaku v odpadovej vode môže viesť k tomu, že sa najskôr privádza do zariadenia na odstraňovanie amoniaku, než sa vypúšťa do kanalizácie. V niektorých procesoch, napr. s vyšším prísunom Hg zo spoluspaľovania odpadov, je zvykom po pridaní vápenného mlieka pridať aj (organický) sulfid, čím sa kovy vyzrážajú ako sulfidy, čo je účinnejšie ako použitie hydroxidu.

Nevýhodou je, že kovové sulfidy (väčšie množstvá) je potrebné likvidovať, pretože pri spalovaní týchto rezíduí by sa siera uvoľnila vo forme oxidu siričitého a Hg by sa opäť uvoľnila.

Rôzne zariadenia spracúvajú odpadové vody z odsírovania spalín rôznymi spôsobmi. Niektoré z nich používajú napríklad flokulačné činidlá a flokulačné pomocné látky, iné používajú iba flokulačné pomocné látky a organický sulfid. Existujú však aj prevádzkovatelia, ktorí používajú flokulačné činidlá, flokulačné pomocné látky a organický sulfid.

V príklade uvedenom na obrázku 3.6 sa odpadová voda z odsírovania predbežne neutralizuje v miešaci pomocou vápenného kalu. Hodnota pH sa ďalej zvyšuje dodatočným dávkovaním vápenného mlieka v druhom reaktore. Počiatočná flokulácia a usadzovanie hydroxidov ťažkých kovov prebieha v kruhovej koncentračnej reaktorovej nádrži. Do prírodného potrubia do koncentračnej reaktorovej nádrže sa vlieva polyelektrolytický roztok, aby sa zabránilo odpudzovaniu medzi časticami hydroxidu a aby sa urýchlilo usadzovanie.

Upravená voda s pH 6 až 9 môže byť prenesená z hornej zóny kruhovej koncentračnej reaktorovej nádrže do hlavného prívodu vody. Ak je pH vyššie ako 9, upraví sa pridaním kyseliny, napr. kyseliny chlorovodíkovej. Časť kalu odobratého z koncentračnej nádrže sa privádza ako kontaktný kal na podporu flokulácie v prvom miešadle. Tento kal pôsobí ako urýchlňovač zrážania hydroxidov. Väčšina kalu z miešadla sa dočasne skladuje v kontajneri na kal, odvodňuje sa vo filtračnom lise a nakoniec sa skladuje v zásobníku pred likvidáciou.



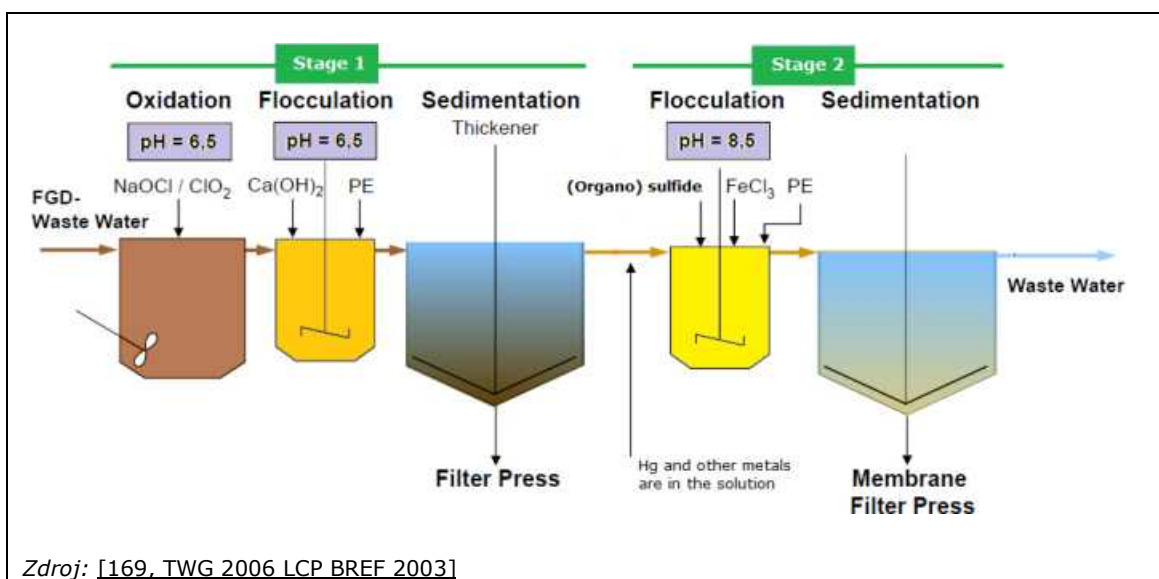
Obrázok 3.6: Zariadenie na čistenie odpadových vôd FGD spoločnosti

Dvojstupňové procesy zrážania (pozri obrázok 3.7) sú v čistení odpadových vôd z odsírovania spalín široko rozšírené. Odpadová voda z odsírovania spalín najskôr prechádza fázou oxidácie, v ktorej sa premena zvyčajne vykonáva pomocou chlórnanu sodného (NaOCl), najmä ortuti rozpustenej v Hg(II). Nasleduje fáza desaturácie sadry. Tu sa pridaním hydroxidu vápenatého ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) zvýši pH

odpadovej vody a na flokuláciu sa môže pridať chlorid železitý (FeCl_3). Pridaním flokulačného činidla sa vytvorí usadzujúci sa kal, ktorý sa potom usadí v prvej fáze sedimentácie. Časť tohto kalu zo sedimentácie sa recirkuluje, aby sa zlepšila sedimentačná schopnosť. Týmto krokom môže byť napríklad kruhový čistič, ktorého účinnosť sa v prípade potreby môže zvýšiť začlenením lamiel. Usadená kaša (asi 99 % celkového nahromadeného kalu) pozostáva hlavne zo síranu vápenatého, a preto sa môže ďalej používať ako zdroj.

Čistá odpadová voda z prvej sedimentačnej fázy potom vstupuje do fázy odstraňovania kovov. Tu sa pridaním organických sulfidov kovové látky vyzrážajú ako sulfidy a pH sa môže ďalej zvýšiť pridaním hydroxidu vápenatého.

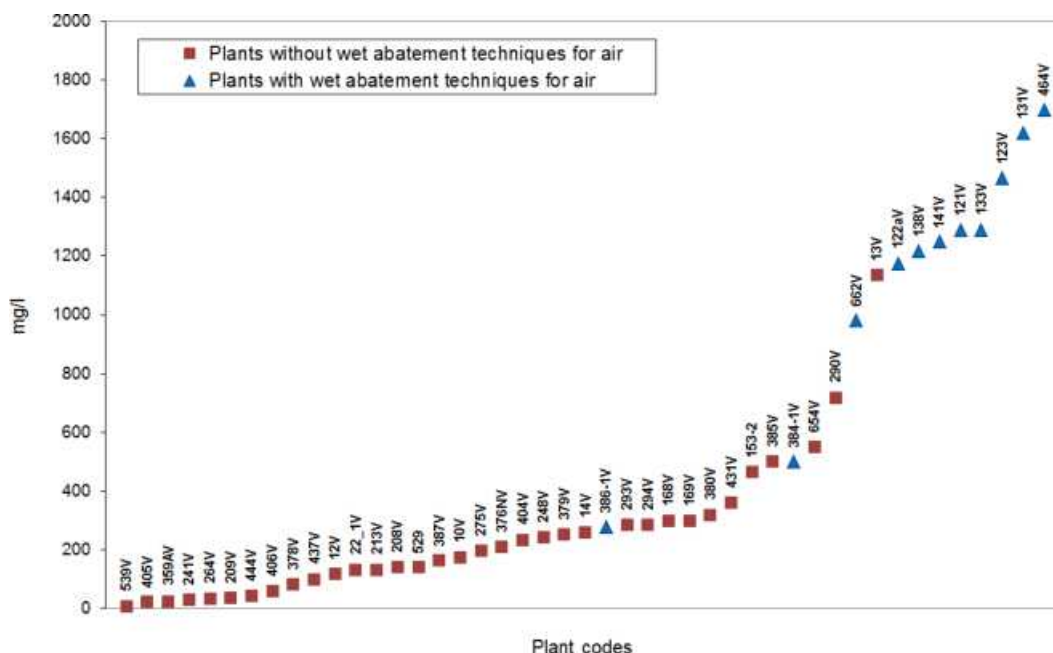
Sedimentačná schopnosť sulfidov kovov sa zlepšuje kontaktom medzi kalom a polymérmi. V druhej fáze dvojfázového postupu sa akumuluje len malé množstvo kalu (asi 1 %), ktoré sa musí likvidovať. Rovnaká konštrukcia oboch sedimentačných fáz ponúka výhodu, že systém môže byť prevádzkovaný aj ako jednofázový, napríklad počas revízie. Ďalšou výhodou dvojstupňového postupu je, že sadrový kal a ortuťový kal sa hromadia oddelene.



Obrázok 3.7: Dvojstupňové zariadenie na čistenie odpadových vôd

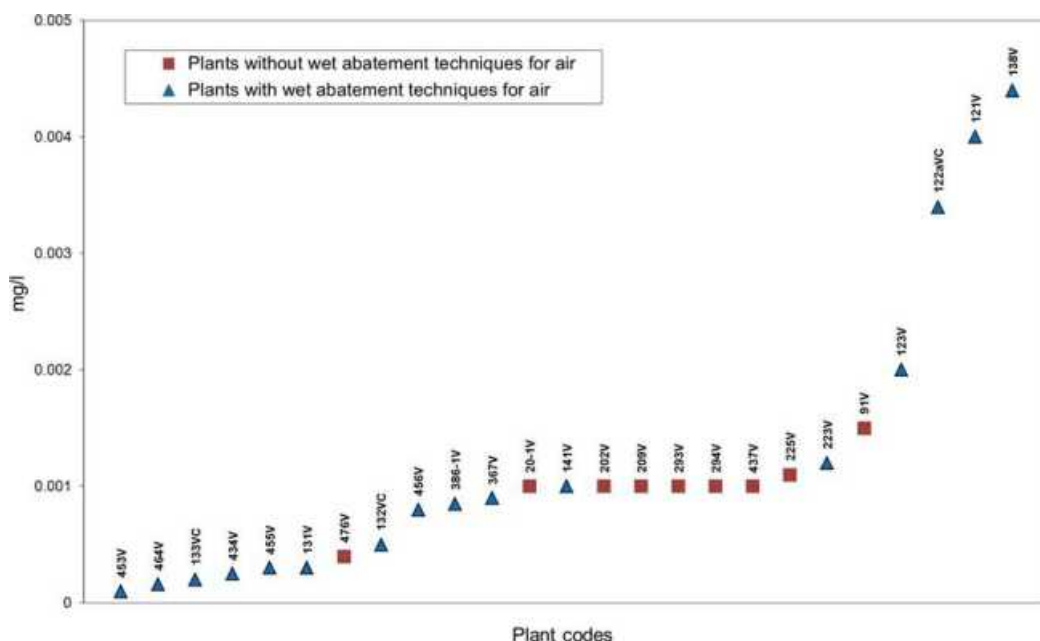
ZLD (zero liquid discharge – nulový výtok kvapalín) je kombinácia techník, ktorá vedie k nulovému výtoku odpadových vôd. V závislosti od podmienok konkrétneho zariadenia je možné dosiahnuť ZLD pre rôzne prúdy odpadových vôd a pomocou rôznych kombinácií techník. Po neutralizačnej a sedimentačnej jednotke (úprava pH, koprecipitácia železa, flokulácia, čistenie atď.) je možné nainštalovať systém zmäčkovania, odparovania a kryštalizácie (SEC). Výrobky tohto systému sú vysokokvalitná voda, ktorá sa recykluje, a soli, ktoré sa likvidujú. Odparovanie umožňuje zariadeniam získať čistú vodu na opätovné použitie, čím sa znižuje spotreba vody. Odparovanie využívajú niektoré zariadenia po celom svete vrátane väčších zariadení (napr. zariadenia 211/212 (418+433 MW_{th}) a zariadenie 253 (1420 MW_{th})). Odparovanie je však energeticky náročné, čo môže vyvažovať environmentálne výhody. V prípade nových aplikácií FGD je možné optimalizovať konštrukciu pre koncepciu ZLD, pričom sa zohľadnia možné dodatočné náklady a zníženie energetickej účinnosti znížením prietoku FGD.

Obrázok 3.8 a obrázok 3.9 ukazujú, že napríklad v prípade emisií síranov a ortuti do vody existuje rozdiel medzi zariadeniami, ktoré používajú mokrý systém na znižovanie emisií látok znečisťujúcich ovzdušie (mokrý FGD, FG kondenzátor), a tými, ktoré ho nepoužívajú.



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 3.8: Ročné koncentrácie síranov v priamych emisiách do vody – Porovnanie zariadení s mokrým systémom na znižovanie emisií znečisťujúcich látok do ovzdušia a bez neho



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 3.9: Ročné koncentrácie ortuti v priamych emisiách do vody – porovnanie zariadení s mokrým systémom znižovania emisií znečisťujúcich látok do ovzdušia a bez neho

Priemerné úrovne priamych emisií do vody pre každú kategóriu zariadení (t. j. zariadenia vybavené mokrým systémom na znižovanie emisií znečisťujúcich látok do ovzdušia a zariadenia bez tohto systému) zo súboru zariadení prevádzkovaných v Európe sú uvedené v tabuľke 3.3. V tejto tabuľke sa nerozlišuje podľa typu spaľovaného paliva ani typu spaľovacieho zariadenia. Rozpätia zahŕňajú emisie zo zariadení na spaľovanie uhlia

(ktoré predstavujú väčšinu zariadení vybavených mokrými systémami na znižovanie emisií), zariadení spaľujúcich biomasu a zariadení spaľujúcich plynne alebo kvapalné palivá, ktoré nie sú vybavené takýmito systémami na znižovanie emisií. Samotné zariadenia sú kotly, plynové turbíny alebo motory. Koncentrácie znečisťujúcich látok emitovaných zariadeniami vybavenými mokrými systémami na znižovanie emisií sú vo všeobecnosti vyššie, najmä v prípade kovov.

Tabuľka 3.3: Ročné emisie do vody

Parametre	Jednotka	Použitý systém čistenia spalín	
	mg/l	S mokrým znižovaním emisií	Bez mokrého znižovania emisií
As		< 0,048	< 0,028
Sb		< 0,0051	< 0,02
Pb		< 0,1	< 0,1
Cr		< 0,083	< 0,08
Co		< 0,005	< 0,008
Cu		< 0,06	< 0,13
Ni		< 0,05	< 0,06
Mn		< 0,237	< 0,35
V		< 0,015	< 0,037
Cd		< 0,01	< 0,4
Tl		< 0,034	0,001
Fe		< 3,85	< 2,4
Hg		< 0,004	< 0,0015
Zn		0,47	< 0,34
F		< 15,2	< 9,9
Cl		< 18 250	< 5525
TOC		< 34,8	< 37,4
Celkový obsah suspendovaných tuhých látok (TSS)		< 41	< 126
Celkový obsah fosforu (P)		< 2	< 1,89
Síran ako SO ₄		< 1704	< 1135
Sulfid ako S		< 0,3	< 0,89
Síran ako SO ₃		4,8	< 5
Celkový N		0,7–303	< 73,5
AOX		< 0,95	< 0,225
THC		< 1,5	< 7
Zdroj: [3, LCP TWG 2012]			

3.1.10.5 Kyslá oplachovacia voda

Povlaky spôsobené koróziou na strane kotla s vodou/parou a v kondenzátore sa pravidelne čistia, aby sa zabezpečil účinný prenos tepla. To sa môže vykonávať mechanicky, napríklad prechodom penových gumových gúľ kondenzátorom, a doplniť kyselinovým umývaním. Kyselinové umývanie sa často vykonáva pridaním čistých kyselín priamo do vody v nádržiach. Odpadová voda z nádrží je kyslá a vyžaduje neutralizáciu alebo likvidáciu ako nebezpečný odpad kvôli vysokej koncentrácii kovov. V prípade kondenzátora sa odstraňovanie povlakov vykonáva raz ročne alebo ešte menej často. Kyslé umývanie kotla sa vykonáva pri uvedení kotla do prevádzky a potom len niekoľkokrát počas jeho životnosti. [88, Dánsko 2013].

3.1.10.6 Sanitárna odpadová voda

Sanitárna odpadová voda zahŕňa odpadovú vodu pochádzajúcu z toaliet a jedální. Aktuálny prietok sa zvyčajne odhaduje na približne 75 l/osoba/deň. Emisie sa vyznačujú vysokým obsahom organických látok.

3.1.10.7 Ostatné odpadové vody

Povrchová odtoková voda vzniká kontamináciou dažďovej vody zachytávanej zo striech budov, spevnených plôch a skladovacích priestorov palív (napr. zásobníkov uhlia). K znečisteniu dažďovej vody dochádza, keď sa do odtokového systému dostanú materiály, ako je prach (časticové uhlíkové častice) zo skladov palív, povrchové usadeniny atď. alebo oleje. Znečisteniu povrchovej vody je možné zabrániť alebo ho minimalizovať použitím sedimentačných nádrží a správnymi postupmi pri skladovaní palív a iných surovín, ako aj dobrou údržbou a čistením celého závodu.

Povrchová odtoková voda sa môže zbierať oddelene. Po sedimentácii alebo chemickom ošetrovaní sa môže opätovne použiť na iné účely vo výrobnom procese, napríklad vo vodných rozprašovačoch na zabránenie tvorbe prachu zo skladovania tuhých palív.

V spaľovacích zariadeniach existuje mnoho ďalších zdrojov odpadových vôd. Príkladmi sú: kvapalné odpadové vody z čerpacích staníc pre nákladné vozidlá dodávajúce palivo (napr. nákladné vozidlá prepravujúce rašelinu) a iné suroviny; tesniaca voda z čerpadiel; a odpadové vody z bežnej prevádzky, vrátane čistenia zariadení, podláh atď. Tieto kvapalné odpadové vody sa zvyčajne zbierajú a čistia. Voda zo sanitárneho systému sa zvyčajne vypúšťa do verejnej kanalizácie.

Na zníženie koncentrácie znečisťujúcich látok vo vode sa môžu použiť techniky na konci potrubia, ako je neutralizácia, flokulácia, sedimentácia a filtrácia. Tieto techniky sa zvyčajne používajú spoločne v konečnom alebo centrálnom zariadení na čistenie odpadových vôd na mieste.

3.1.11 Techniky na kontrolu vypúšťania do pôdy a na nakladanie s rezíduami

Ak nie je možné využiť kaly a tuhé rezíduá z čistenia spalín a odpadových vôd v LCP alebo ak súčasná produkcia prevyšuje dopyt, prebytok sa musí likvidovať spôsobom, ktorý je šetrný k životnému prostrediu (napr. na základe výsledkov štúdií posudzovania vplyvov na životné prostredie (EIA)). Takýmto postupom sa vhodným výberom miesta, spôsobu likvidácie a monitorovania zabezpečí, že tento prebytok bude možné uložiť bez poškodenia životného prostredia. Podobne ako v prípade iných práškových materiálov, usmernenia pre manipuláciu (vrátane prepravy) s popolom zabezpečujú účinnú ochranu pred náhodným vystavením prachu. Cieľom je vždy získať z rezíduí vedľajšie produkty, ktoré možno využiť v iných priemyselných odvetviach, napríklad ako stavebný materiál.

Kal a iné rezíduá z LCP možno rozdeliť na kal z čistenia vody a odpadových vôd a rezíduá z odsírovania spalín a zrážania prachu zo spalín. Ďalším vzniknutým zvyškovým materiálom sú látky odfiltrované z povrchových vôd, ktoré sa nachádzajú na hrabliach a filtračných zariadeniach na odčerpávanie vody.

Organické látky zachytené pri prívode chladiacej vody môžu byť použité ako zdroj energie alebo kompostované a následne použité na zlepšenie kvality pôdy. Zvyšné látky musia byť uložené. Kaly z čistenia odpadových vôd z elektrární s odsírovaním spalín môžu byť vďaka obsahu vápnika opätovne použité ako reakčné činidlá v elektrárnach s odsírovaním spalín. Používajú sa tiež ako prísady v zariadeniach na spaľovanie uhlia na zlepšenie tavitelnosti popola.

Kal z čistenia surovej vody, ako je povrchová voda, je dekarbonizovaný a má preto vysoký obsah uhličitanu vápenatého (napr. 30 % alebo viac). Okrem vyššie uvedenej implementácie v odsírení spalín a ako prísada do uhoľných kotlov alebo iných oblastí, kde sa používajú prísady vápnika, môžu byť tieto kaly užitočné ako vápnikové hnojivo a na zlepšenie pôdy v poľnohospodárstve.

Rezíduá z odsírovania spalín, ako je sadra z odsírovania spalín a sírany amónne, obsahujú vápnik a síru, ktoré sa používajú okrem iného na hnojenie a na zlepšovanie pôdy v poľnohospodárstve (napr. v stavebníctve). Iba 0,1 % rezíduí z SDA sa v súčasnosti používa ako hnojivo (pozri údaje ECOBA), hlavne kvôli kovu (napr. Cd, Hg). Produkty SDA sa tiež používajú špecificky ako podzemná výplň, napr. na stabilizáciu podzemných baní. Iné produkty odsírovania, ako je síra alebo kyselina sírová, sa vyrábajú len v malých množstvách a používajú sa výlučne v chemickom priemysle.

Rezíduá z odstraňovania prachu zo spalín sú zvyčajne popol, ako napr. kotlová škvara z mokrých pecí, popol zo suchých pecí a popolček zo zariadení na spaľovanie čierneho a hnedého uhlia. V skutočnosti využitie uhoľného popola ako náhrady za nerasty alebo priemyselné výrobky šetrí ťažbu surovín, pričom zachováva a chráni prírodné zdroje a zároveň znižuje spotrebu energie a emisie oxidu uhličitého (v rozsahu, že jedna tona popolčeka nahradzujúca cement ušetrí približne 600 kg CO₂).

Vďaka svojim dobrým filtračným vlastnostiam sa približne 60 % popolčeka používa pri výstavbe ciest a iných povrchových úpravách a terénnych úpravách. Približne 70 % popolčeka sa používa pri výrobe cementu, betónu a betónových výrobkov, kde je cenený pre svoje stavebné vlastnosti. Používa sa aj pri výrobe malty, tehál, murárskych blokov, dlažby a banskej malty.

Popol z elektrární spaľujúcich hnedé uhlie sa väčšinou používa ako stabilizátor bez výluhov zmiešaný s odpadovou vodou z elektrární s odsírovaním na vyplňovanie vyčerpaných povrchových baní. Časť popola sa používa na rekultiváciu a pokrytie povrchu. Vďaka určitým vlastnostiam je popol z hnedého uhlia vhodný na použitie pri výrobe betónu. Existuje aj mnoho ďalších možností využitia popola a popola zo zariadení s fluidným spaľovaním.

Zhrnutie: techniky na kontrolu únikov do pôdy, techniky čistenia spalín a odpadových vôd, ako aj techniky na využitie rezíduí a vedľajších produktov, ktoré vedú k zníženiu množstva odpadu, ktorý by inak musel byť skládkovaný. S rastúcim stupňom využitia sa znižuje množstvo odpadu, ktorý musí byť skládkovaný, čo znamená, že spotreba skládkového priestoru je nižšia. Využívanie vedľajších produktov môže tak slúžiť na ochranu pôdy a zachovanie zdrojov. Je však potrebné venovať pozornosť kritickým parametrom, ktoré môžu vyžadovať monitorovanie, ako je dlhodobé správanie pri vyplavovaní, stabilita rezíduí a monitorovanie a podávanie správ o kvalite rezíduí. Preto sa nevyhnutný a nevyužitelný minerálny zvyškový odpad môže naďalej skládkovať.

3.1.12 Techniky na zníženie emisií hluku

Väčšina krajín EÚ má vlastné predpisy týkajúce sa hluku v životnom prostredí.

Kritériá hluku sa zvyčajne zakladajú na rôznych typoch oblastí alebo špecifických prostrediach (obytné, komerčné, priemyselné atď.). Tieto úrovne sa zvyčajne líšia v závislosti od dotknutej oblasti (obytná alebo obchodná) a dennej doby (denná doba, zvyčajne od 7.00 do 22.00 hod., alebo nočná doba, zvyčajne osemhodinové obdobie medzi 22.00 a 7.00 hod., napr. od 22.00 do 6.00 hod. alebo od 23.00 do 7.00 hod.). Prevádzkovateľ zariadenia zvyčajne musí poskytnúť informácie o šírení hluku a opatreniach prijatých na jeho zníženie. Keďže väčšina zariadení pracuje nepretržite celý deň a noc, cieľové hladiny hluku počas noci určujú techniky pre celé zariadenie. V prípade impulzného hluku je bežnou praxou pridať 5 dB(A).

Požiadavka na hluk v životnom prostredí je definovaná s prijímačom hluku mimo hranice pozemku projektu. Pri definovaní vplyvu hluku nového spaľovacieho zariadenia sa musí zohľadniť aj existujúci hluk v pozadí.

Hlavnými zdrojmi hluku v tepelných elektrárnach sú: ventilátory (vrátane prívodov, vývodov, komínov a krytov), čerpadlá, turbíny, motory, parné systémy, budovy (vrátane okien a ventilačných systémov), chladiace veže a transformátory.

Účinné zníženie emisií hluku sa dosahuje strategickým plánovaním zariadení a lokalít, dobrým návrhom zariadení a uplatňovaním primárnych techník, ktoré znižujú hluk pri zdroji, alebo sekundárnych techník, ktoré znižujú šírenie hluku tam, kde je to potrebné.

Najúčinnejšia kombinácia techník sa musí určiť individuálne pre každú prevádzku alebo výrobné miesto a nemusí nutne zahŕňať techniky znižovania hluku pri zdroji s najvyššou emisiou, ale s najvyššou hodnotou vplyvu. Preto môže byť kombinácia techník používaných pri zdrojoch hluku v blízkosti postihnutých oblastí najefektívnejším spôsobom znižovania hluku v životnom prostredí.

Emisie hluku v LCP sú zvyčajne technicky zvládnuteľné. Keďže väčšia vzdialenosť od zdroja znižuje hluk, plánovanie využívania pozemkov na úrovni komunity aj v rámci konkrétneho priemyselného areálu je pravdepodobne najlepším preventívnym opatrením na zabránenie problémom s hlukom. Vnútri budovy platí rovnaký princíp, t. j. dispozícia by mala oddelovať pracovné priestory od hlučných zariadení.

Niektoré bežné techniky kontroly hluku sú:

- starostlivá orientácia a umiestnenie strojov emitujúcich hluk, pričom sa zohľadňuje aj zmena frekvencie zvuku;
- uzavretie hlučných komponentov zariadení (napr. plynových turbín, parných turbín a generátorov) do zvukovo izolačných konštrukcií;
- použitie antivibračných podpier a prepojení pre zariadenia;
- vetranie skriň s nízko-hlučnými ventilátormi;
- pridanie opláštenia na nosnú konštrukciu hlučných zariadení;
- inštalácia vysokovýkonných tlmičov spalín;
- umiestnenie napájacích čerpadiel kotlov do krytov;
- výstavba čerpacej stanice okolo čerpadiel na cirkuláciu chladiacej vody;
- prevádzka nízkošumových ventilátorov v chladiacich vežiach (treba poznamenať, že emisie hluku z priechodných chladiacich vodných systémov sú nižšie ako z chladiacich veží);
- použitie násypov alebo iných protihlukových bariér na odclonenie zdroja hluku.

Požiadavky stanovené orgánmi môžu výrobcov motivovať k znižovaniu hluku generovaného zariadeniami, a tým k vytváraniu konkurenčnej výhody.

V posledných rokoch vzrástol záujem o hluk, čo viedlo k prijatiu série predpisov týkajúcich sa hluku. Cieľom týchto predpisov je zabezpečiť primeranú a dostatočnú ochranu životného prostredia pred hlukom zo zariadení a poskytnúť projektantom a budúcim prevádzkovateľom nových zariadení istotu pri plánovaní, pokiaľ ide o dodržiavanie predpisov. Na dosiahnutie týchto cieľov môže byť praktické špecifikovať hodnoty, t. j. v bodoch prijímača (receptory citlivé na hluk, NSR) v okolí a v týchto bodoch hladiny hluku emitovaného zariadením. Na základe týchto cieľových hodnôt a charakteristík zariadenia relevantných z hľadiska hluku môže byť štúdia hluku nevyhnutnou súčasťou fázy povoľovania.

V takejto štúdii by sa mal vypracovať akustický plánovací koncept a použiť výpočty šírenia zvuku, aby sa zabezpečilo a preukázalo, že cieľové hodnoty môžu byť dodržané. Prevádzkovateľ by mal pravidelne (napr. trikrát ročne) posudzovať, či existujú nové zdroje hluku.

3.1.13 Chladiace techniky

Prevádzka veľkých spaľovacích zariadení sa riadi „Carnotovým princípom“. Zdroj tepla, t. j. kotol, poskytuje energiu potrebnú na odparenie vody. Studený zdroj, t. j. kondenzátor, kondenzuje paru vychádzajúcu z nízkotlakovej turbíny. Kondenzátor a chladiaci systém sú preto kľúčovými časťami zariadenia. Bez ohľadu na zvolený spôsob chladenia je to v skutočnosti jedno z hlavných rozhraní medzi spaľovacím zariadením a okolitým prostredím. Účinnosť a dostupnosť zariadenia do veľkej miery závisí od integrity a čistoty kondenzátora a chladiaceho systému.

Existuje celý rad aplikácií, ktoré sú zamerané na splnenie procesných, miestnych, environmentálnych a ekonomických požiadaviek. Vplyv chladiacich techník používaných vo veľkých spaľovacích zariadeniach na životné prostredie je opísaný v dokumente BREF o priemyselných chladiacich systémoch.

Každý chladiaci systém je navrhnutý tak, aby poskytoval studenú vodu vhodnú na udržanie prevádzky turbíny v optimálnom konštrukčnom bode. Chladiace systémy však nie sú rovnaké, pokiaľ ide o ich schopnosť zohľadňovať denné a sezónne výkyvy v zdroji vody a meteorologických podmienkach. Treba poznamenať, že suché chladiace systémy sú citlivejšie na okolité podmienky, čo má väčší vplyv na prevádzkovú účinnosť zariadenia. [121, Eurelectric 2012]

Väčšina zariadení v údajoch za rok 2012 uvádza používanie priameho jednorazového systému chladenia, pri ktorom sa chladiaca kvapalina (t. j. voda) čerpá zo zdroja (napr. rieka, more, jazero), prechádza cez výmenník tepla (kde sa teplo prenáša z procesu do chladiacej kvapaliny cez deliacu stenu) a nakoniec sa vypúšťa späť do prijímajúcej vody. V mnohých z týchto prípadov chladiaca kvapalina prechádza cez chladiacu vežu, než je vypúšťaná späť do prijímajúcej vody. Niekoľko zariadení uvádza aj použitie nepriameho jednorazového systému. V tomto prípade je primárne chladivo (t. j. voda) čerpané zo zdroja, prechádza cez výmenník tepla (teplo sa vo výmenníku tepla prenáša zo sekundárneho chladiaceho okruhu do primárneho chladiva cez deliacu stenu) a nakoniec sa vypúšťa späť do prijímajúcej vody. V sekundárnom okruhu sa nachádza ďalší výmenník tepla, kde sa teplo prenáša z procesu do sekundárneho chladiva cez deliacu stenu. V niektorých prípadoch primárne chladivo prechádza cez chladiacu vežu, než je vypúšťané späť do prijímajúcej vody. V zbere údajov za rok 2012 sú uvedené aj otvorené recirkulačné mokré chladiace systémy, ako aj systémy s uzavretým okruhom. Je uvedených niekoľko príkladov hybridných (mokrých/suchých) chladiacich systémov. [3, LCP TWG 2012]

3.1.14 Monitorovanie a vykazovanie emisií

Táto časť má za cieľ poskytnúť všeobecné informácie o monitorovaní a vykazovaní emisií zo spaľovacích zariadení. Metódy a nástroje používané na monitorovanie emisií sú príslušné národné alebo medzinárodné metódy (napr. Európsky výbor pre normalizáciu (CEN); ISO; VDI Richtlinien; holandské emisné predpisy; britské usmernenia; britské normy atď. Podrobnejšie informácie o všeobecných otázkach monitorovania nájdete v referenčnej správe JRC o monitorovaní emisií do ovzdušia a vody zo zariadení IED.

3.1.14.1 Zložky emisií

Najbežnejšie zložky emisií do ovzdušia, ktoré sa merajú v LCP alebo sa počítajú pomocou emisných faktorov a iných metód, sú:

- difúzne emisie prachu, napr. z vykládky, skladovania (krátkodobého a dlhodobého) a manipulácie s palivom;
- prach ako emisie z komínov (vrátane PM₁₀ a PM_{2,5});
- oxidy síry (SO_x);
- oxidy dusíka (NO_x);
- oxid dusný (N₂O);
- kovy;
- oxid uhoľnatý (CO);
- oxid uhličitý (CO₂);
- fluorovodík (HF);
- chlorovodík (HCl);
- amoniak (NH₃);
- uhľovodíky (ako nespálené uhľovodíky, UHC);
- prchavé organické zlúčeniny (VOC);
- dioxíny a/alebo POP.

V prípade znečistenia vody je možné monitorovať nasledujúce parametre:

- suspendované tuhé látky;
- kovy;
- soli (chloridy a sírany);
- organické halogenidy;
- biocídy;
- fosfáty;
- zmenené hodnoty pH.

Hodnota pH a ostatné zložky sa uvádzajú ako celok alebo čiastočne v kapitolách venovaných konkrétnym palivám, v závislosti od použitého paliva a dostupnosti údajov. Metódy analýzy sú uvedené v príslušných národných a medzinárodných usmerneniach o monitorovaní a analýze.

3.1.14.2 Referenčné podmienky a parametre

V prípade emisií do ovzdušia sa na prepočet koncentrácií emisií získaných za štandardných podmienok, t. j. 273 K, 101,3 kPa, referenčná hladina kyslíka a suchý plyn, stanovujú tieto parametre spalín:

- objemový prietok spalín (na výpočet koncentrácie a hmotnostného prietoku emisií);
- teplota spalín;
- obsah vodnej pary v spalinách;
- statický tlak v potrubí spalín;
- atmosférický tlak;

- monitorovacie obdobie/obdobie priemerných hodnôt;
- obsah kyslíka.

Okrem uvedených parametrov môžu byť pre správnu prevádzku spaľovacieho zariadenia a systému čistenia spalín potrebné ďalšie merania určitých parametrov (napríklad napätia a elektrickej energie (elektrostatické odlučovače), poklesu tlaku (vrecové filtre), pH čistiacej kvapaliny (práčky)) a koncentrácií znečisťujúcich látok na rôznych miestach v potrubí spalín.

3.1.14.3 Odberové miesta

Odberové miesta spĺňajú požiadavky noriem EN (t. j. EN 15259).

Odberové miesta musia byť umiestnené v časti komínového potrubia, kde sa očakávajú reprezentatívne a homogénne podmienky prúdenia a koncentrácie znečisťujúcich látok.

Miesta merania umožňujú prístup k rovine odberu vzoriek pre typické odberové zariadenia pozostávajúce zo štruktúr a technického vybavenia, napríklad pracovných plošín, meracích otvorov a dodávky energie.

3.1.14.4 Monitorovanie emisií

Monitorovanie emisií sa vykonáva s cieľom určiť látky v spalínach alebo odpadových vodách, aby sa overilo dodržiavanie limitných hodnôt emisií stanovených v povolení, aby sa podali správy orgánom (napr. E-PRTR), aby sa kontroloval proces spaľovania alebo systém znižovania emisií a/alebo aby sa predpovedal vplyv zariadenia alebo procesu na životné prostredie.

Monitorovacia analýza za normálnych prevádzkových podmienok a OTNOC sa môže vykonávať priamymi meraniami (t. j. priamym testovaním zdroja) alebo použitím náhradných parametrov. Priame merania môžu byť nepretržité alebo periodické.

Minimálna frekvencia monitorovania závisí od typu znečisťujúcej látky, spaľovaného paliva, veľkosti zariadenia, postupov monitorovania a implementovaných techník znižovania emisií.

3.1.14.4.1 Neprerušované monitorovanie

Vo všeobecnosti sú nepretržité priame merania najpresnejšou a preferovanou metódou monitorovania emisií. Je možné nepretržite monitorovať emisie viacerých zložiek v plynch alebo odpadových vodách a v niektorých prípadoch je možné nepretržite alebo ako priemerné hodnoty za dohodnuté časové obdobia (polhodinové, denné atď.) uvádzať presné koncentrácie (mg/Nm^3 , ppm alebo mg/l). Podmienkou však je, aby existovala dobrá infraštruktúra a aby bol k dispozícii vyškolený personál na obsluhu zariadenia (na kalibračné postupy atď.). Pri výbere zariadenia je potrebné zohľadniť rozdiely v hnacom motore, ako sú nadmerný/nedostatočný tlak v spalínach, kolísanie tlaku, teplota spalín atď. V týchto prípadoch sa uprednostňujú diskontinuálne merania, napr. ročné/polročné merania, ak je to praktické.

Neprerušované monitorovanie a súvisiaci softvér umožňujú vykazovanie hodnôt koncentrácií hlavných vypúšťaných znečisťujúcich látok v požadovanej priemernej norme (od pol hodiny do mesiaca).

[10, METSO 2012]

V norme EN 14181:2014 je definovaný systém zabezpečenia kvality založený na rôznych úrovniach zabezpečenia kvality (QAL1, QAL2, QAL3) pre automatizované meracie systémy (AMS)

. Táto norma sa vzťahuje na AMS inštalované na zdrojoch emisií na určovanie zložiek spalín a iných parametrov spalín. V norme EN 15267 časti 1 až 3 je definovaná úroveň zabezpečenia kvality QAL1 a postupy na dosiahnutie požadovaných certifikácií, ktoré sa uplatňujú pred inštaláciou AMS na zdroji emisií.

Norma EN ISO 5667-1:2006 poskytuje usmernenia týkajúce sa merania a odberu vzoriek emisií do vody, pričom rozlišuje medzi nepretržitým a periodickým meraním, medzi nepretržitým a periodickým odberom vzoriek a medzi zloženými a bodovými vzorkami.

3.1.14.4.2 Periodické monitorovanie

Periodické merania sú stanovenie meranej veličiny v určitých časových intervaloch v prípade emisií do ovzdušia. Pri týchto meraniach sa vzorka spalín odoberá z kanálového výstupu emisií a znečisťujúca látka sa analyzuje okamžite pomocou prenosných meracích systémov alebo neskôr v laboratóriu.

Počet po sebe idúcich jednotlivých meraní v jednej sérii meraní by mal byť stanovený v súlade s cieľom merania a vo vzťahu k stabilite emisií. Pri meraní stabilných emisií je najlepšou praxou odobrať minimálne tri vzorky po sebe v jednej sérii meraní.

Načasovanie a trvanie merania emisií by malo byť špecifikované v meracom pláne v súlade s cieľom merania. Najbežnejšia dĺžka odberu vzoriek je 30 minút, ale v závislosti od znečisťujúcej látky a charakteru emisií procesu sa používa aj 60 minút.

V súvislosti s emisiami do vody sa pri periodických meraniach rozlišujú zložené vzorky a bodové vzorky. Zložené vzorky sú najčastejšie používané vzorky. Získavajú sa zmiešaním proporcionálneho množstva periodicky (alebo nepretržite) odobratých vzoriek. Zložené vzorky poskytujú priemerné údaje o zložení. Pred kombinovaním vzoriek sa preto overí, či sú takéto údaje požadované a či sa parametre, ktoré sú predmetom záujmu, počas obdobia odberu vzoriek výrazne nemenia. Bodové vzorky sú diskkrétne vzorky odobraté v náhodných časových intervaloch. Vo všeobecnosti nesúvisia s objemom vypúšťanej odpadovej vody.

3.1.14.4.3 Nepriame monitorovanie pomocou náhradných parametrov

Náhradné parametre sú merateľné alebo vypočítateľné parametre, ktoré možno použiť namiesto priamych meraní hodnôt konkrétnych znečisťujúcich látok. Použitie náhradných parametrov, buď samostatne, alebo v kombinácii, môže poskytnúť dostatočne spoľahlivý obraz o povahe a pomere emisií.

Prediktívne systémy monitorovania emisií (PEMS) sú systémy používané na určovanie koncentrácie emisií znečisťujúcej látky na základe jej vzťahu s viacerými charakteristickými nepretržite monitorovanými parametrami procesu (napr. spotreba palivového plynu, pomer vzduchu a paliva) a údajmi o kvalite paliva alebo suroviny (napr. obsah síry) zdroja emisií. Systémy PEMS sa používajú v niektorých plynových turbínach na určovanie emisií NO_x/CO/CO₂. Tieto systémy sú počítačové a spočívajú na zaznamenávaní viacerých premenných procesu, ako je prietok paliva, teplota spaľovania, tlak/teplota okolia atď. Parametre sa potom spracúvajú prostredníctvom algoritmu špecifického pre každú inštaláciu, aby sa odviedli relevantné koncentrácie znečisťujúcich látok v emisiách do ovzdušia a hmotnostných emisiách. Systémy sa zvyčajne kalibrujú prostredníctvom prerušovaného monitorovania raz ročne a preukázali sa ako veľmi presné. Existujú aj proprietárne balíky, z ktorých niektoré sú komerčne dostupné.

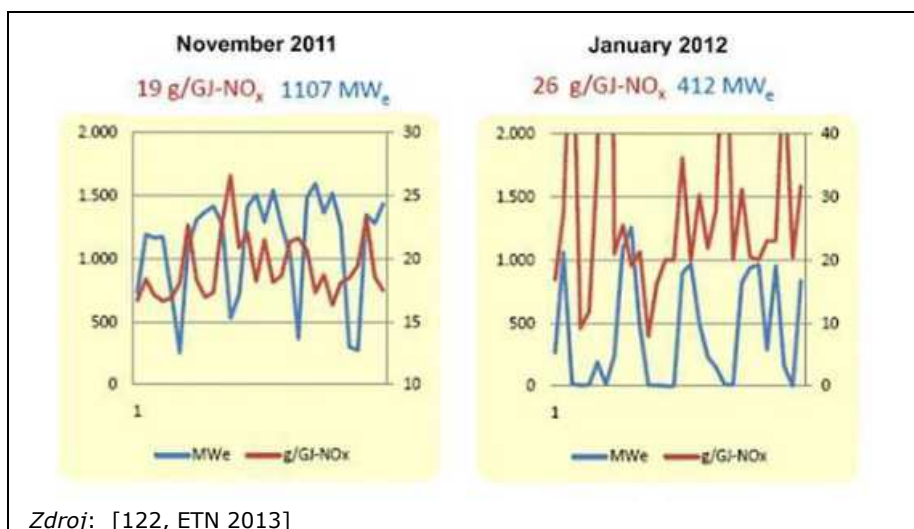
Analýza paliva sa môže použiť na predpovedanie emisií zlúčenín, ako sú SO₂ alebo CO₍₂₎, a prvkov, ako sú kovy a iné znečisťujúce látky, na základe uplatnenia zákonov zachovania, ak sa meria prietok paliva.

Prítomnosť určitých prvkov, ako je síra a kovy, v palive sa potom môže použiť na výpočet ich prítomnosti v prúdoch surových spalín [153, ESAA 1999]. Za predpokladu úplnej konverzie síry sa napríklad emisie SO_2 zo spaľovania ropy dajú vypočítať na základe obsahu síry prítomnej v rope.

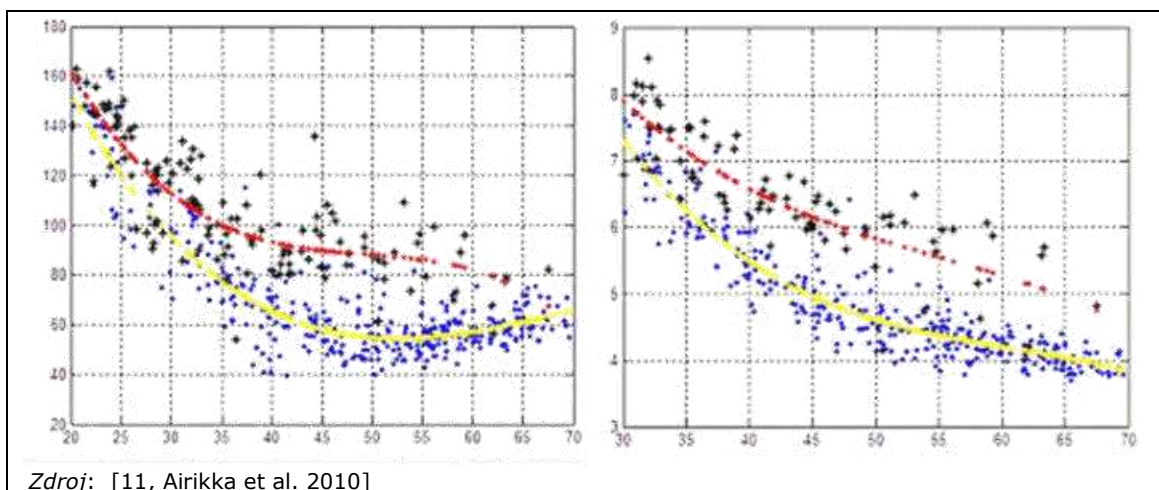
3.1.15 Vplyv faktorov zaťaženia a režimov na environmentálne vlastnosti

Flexibilná prevádzka elektrární môže ovplyvniť emisie NO_x a CO a energetickú účinnosť v porovnaní so stabilnou prevádzkou, ako je znázornené na obrázkoch 3.10 a 3.11.

Faktor zaťaženia je definovaný ako pomer medzi tepelným príkonom paliva v danom čase a menovitým tepelným príkonom.



Obrázok 3.10: Vplyv zmien faktora zaťaženia na emisie NO_x v zariadení na spaľovanie zemného plynu v kombinovanom cykle, GDF Suez, vrátane piatich jednotiek s výkonom 385 MW_e



Obrázok 3.11: Príklad NO_x (mg/Nm³, vľavo) a O_2 (% , vpravo) (os y) pre rôzne faktory zaťaženia (os x) v kotle BFB vo Švédsku

Zmena energetickej účinnosti s faktorom zaťaženia jednotky

Energetická účinnosť zariadenia je maximálna, ak pracuje nepretržite a stabilne pri maximálnom menovitom výkone. Tento stav definuje úroveň účinnosti „referenčného základného zaťaženia“. Vplyvom zníženia výkonu zariadenia dochádza k významnému zníženiu čistej energetickej účinnosti. Energetická účinnosť zariadenia

závisí od zaťaženia výkonu aj od okolitých podmienok. Zvyčajne je pokles energetickej účinnosti medzi základným zaťažením a minimálnym zaťažením približne 4 až 13 percentuálnych bodov. Energetická účinnosť zariadenia je preto do určitej miery závislá od režimu prevádzky.

Zmena energetickej účinnosti v závislosti od počtu prevádzkových hodín (režim zaťaženia)

Okrem čiastočného zaťaženia môže mať významný vplyv na energetickú účinnosť aj prevádzkový režim, najmä počet spustení a vypnutí. Nižšia úroveň prevádzky počas roka bude mať za následok väčší počet spustení, pretože zariadenie pracuje v dvojzmennom režime s dennými spúšťaním a vypínaním, a nie nepretržite cez noc. Spúšťania znižujú energetickú účinnosť, a to jednak z dôvodu potreby opätovného zahriatia jednotky na prevádzkovú teplotu, jednak z dôvodu nižšej energetickej účinnosti pri nižších zaťaženiach, keď sa výkon postupne zvyšuje. Vypínania majú podobný vplyv. Zmeny okolitých podmienok a všeobecnej prevádzky vedú k medziročným zmenám základnej účinnosti, ktoré sa zvyčajne pohybujú okolo dvoch percentuálnych bodov.

Vplyv režimov zaťaženia a faktorov zaťaženia na environmentálne vlastnosti spaľovacích zariadení

Na účely tohto dokumentu BREF boli zhromaždené a vyhodnotené údaje týkajúce sa počtu prevádzkových hodín za rok (režim zaťaženia) a spôsobu prevádzky zariadenia v porovnaní s jeho plnou kapacitou (faktor zaťaženia) spolu s environmentálnymi parametrami (emisie, spotreba, účinnosť) a boli zohľadnené pri stanovovaní BAT-AEL. [12, UK-TWG 2012], zariadenie 506 z [3, LCP TWG 2012].

3.1.16 Iné ako bežné prevádzkové podmienky (OTNOC)

Na zníženie emisií za iných ako bežných prevádzkových podmienok (OTNOC) možno v rámci systému environmentálneho manažérstva vypracovať a implementovať manažérsky plán spolu s implementáciou konkrétnych opatrení, ktoré sú primerané typu možných OTNOC. Tieto opatrenia zahŕňajú:

- vhodný návrh systémov, ktoré sa považujú za príčinu OTNOC a ktoré môžu mať vplyv na emisie (napr. koncepcie návrhu s nízkym zaťažením na zníženie minimálneho zaťaženia pri spúšťaní a vypínaní pre stabilnú výrobu v plynových turbínach);
- vypracovanie konkrétnych plánov preventívnej údržby týchto relevantných systémov, ak je to potrebné;
- preskúmanie a zaznamenávanie emisií spôsobených OTNOC;
- vykonávanie nápravných opatrení na návrat k normálnym prevádzkovým podmienkam (NOC);
- pravidelné hodnotenie celkových emisií počas OTNOC (napr. frekvencia udalostí, trvanie, kvantifikácia/odhad emisií) a vykonávanie nápravných opatrení, ak je to potrebné.

Monitorovanie emisií počas OTNOC je dôležité, pretože počas týchto období môže dochádzať k vysokým emisiám znečisťujúcich látok. Niektoré krajiny zahrnuli ustanovenia o monitorovaní emisií do environmentálnych povolení.

Môžu existovať prípady, v ktorých je alternatívne monitorovanie presnejšie ako priame meranie emisií, napr. monitorovanie na základe náhradných parametrov, ak monitorovacie zariadenie nie je dobre kalibrované v rozsahu emisií. Ako základ pre posúdenie emisií každého OTNOC je možné použiť aj emisie vznikajúce z typického OTNOC, pokiaľ je možné tieto OTNOC prepojiť kvantifikovateľnými parametrami.

Spúšťanie a odstavovanie

Vykonávacie rozhodnutie Komisie 2012/249/EÚ sa týka určovania období spúšťania a odstavovania spaľovacích zariadení na účely smernice IED.

Počas spúšťania a odstavovania sa môžu úrovne emisií zariadenia výrazne líšiť, a preto je dôležité tieto fázy čo najviac kontrolovať, napr. obmedzením ich trvania alebo použitím menej znečisťujúceho paliva, čím sa obmedzí množstvo emisií. Existujú nástroje na monitorovanie a analýzu spúšťania, či už je zariadenie spúšťané manuálne alebo automaticky pomocou sekvencie, a krivky spúšťania výrobcu sa zohľadňujú za každých okolností. Špeciálne automatizované riešenia umožňujú sledovanie spúšťania, porovnávanie s krivkami výrobcu a porovnávanie skutočných spúšťaní medzi sebou. To pomáha zamestnancom zariadenia nájsť najlepšie možné postupy spúšťania. [13, METSO 2012]

Iné OTNOC

Je dôležité identifikovať iné ako bežné prevádzkové podmienky, pretože môžu ovplyvniť úroveň emisií alebo spotrebu spaľovacieho zariadenia. Nasledujúce situácie sú príkladmi podmienok, ktoré možno považovať za OTNOC:

- obdobia súvisiace s poruchou alebo výpadkom technológií na znižovanie emisií;
- testovacie obdobia (napr. obdobia uvedenia do prevádzky, obdobia po úpravách spaľovacej komory alebo testovacie obdobia nových/opravených technológií na znižovanie emisií alebo spaľovania nového paliva);
- obdobia zodpovedajúce používaniu núdzových palív počas veľmi krátkeho obdobia z dôvodu nedostupnosti bežne používaných palív (vážny nedostatok alebo náhle prerušenie dodávok) alebo z dôvodu porúch v dodávkach paliva;
- obdobia mimoriadneho prevádzky s nízkym zaťažením v dôsledku neplánovanej poruchy systému(-ov) zariadenia;
- obdobia súvisiace s náhlymi závažnými poruchami spaľovania;
- obdobia súvisiace s poruchou pomocných alebo monitorovacích systémov (napr. porucha analyzačného prístroja alebo prenosu údajov súvisiacich s riadením procesu);
- obdobia kalibrácie monitorovacích systémov, ktoré vyžadujú meracie body mimo rozsahu zodpovedajúceho bežným prevádzkovým podmienkam;
- mimoriadne/nepredvídateľné zmeny v kvalite paliva, pri ktorých výrobca nemôže zaručiť výkonnosť zariadenia/vybavenia (mimo konštrukčných špecifikácií) a/alebo pri ktorých došlo k zlyhaniu pri uplatňovaní postupov kontroly kvality paliva;
- v prípade obídienia kontrolného zariadenia alebo procesu, ak je obídienie nevyhnutné, napr. na zabránenie strate života alebo zraneniu osôb.

3.2 Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní všeobecných BAT pre odvetvie LCP

V tejto časti sú opísané techniky (alebo ich kombinácie) a súvisiace monitorovanie, ktoré sa považujú za techniky s potenciálom dosiahnuť vysokú úroveň ochrany životného prostredia pri činnostiach, na ktoré sa vzťahuje tento dokument. Opísané techniky zahŕňajú ako použitú technológiu, tak aj spôsob, akým sú zariadenia navrhnuté, postavené, udržiavané, prevádzkované a vyradované z prevádzky.

Zahŕňa systémy environmentálneho manažérstva, všeobecné techniky integrované do procesov a všeobecné techniky na konci výrobného reťazca. Zohľadňuje sa aj prevencia a nakladanie s odpadom, vrátane postupov minimalizácie a recyklácie odpadu, ako aj techniky, ktoré znižujú spotrebu surovín, vody a energie optimalizáciou ich využívania a opätovného používania. Opísané techniky zahŕňajú aj opatrenia používané na prevenciu alebo obmedzenie environmentálnych dôsledkov nehôd a incidentov, ako aj opatrenia na sanáciu lokalít. Zahŕňajú tiež opatrenia prijaté na prevenciu alebo zníženie emisií za iných ako bežných prevádzkových podmienok (napríklad pri spúšťaní a vypínaní prevádzky, únikoch, poruchách, krátkodobých zastaveniach a definitívnom ukončení prevádzky).

V prílohe III k smernici je uvedený zoznam kritérií na určenie BAT a informácie v tejto kapitole sa zaoberajú týmito hľadiskami. Pokiaľ je to možné, na opis informácií o každej technike sa používa štandardná štruktúra v tabuľke 3.4, aby bolo možné porovnať techniky a posúdiť ich vzhľadom na definíciu BAT v smernici.

Táto kapitola nemusí obsahovať vyčerpávajúci zoznam techník, ktoré by sa mohli v danom sektore uplatňovať. Môžu existovať alebo môžu byť vyvinuté aj iné techniky, ktoré by sa mohli zohľadniť pri určovaní BAT pre jednotlivé zariadenia.

Tabuľka 3.4: Informácie o najlepších dostupných technikách pre každú techniku opísanú v tejto kapitole

Nadpisy v jednotlivých častiach
Opis
Technický opis
Dosiahnuté environmentálne prínosy
Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje
Medziodvetvové vplyvy
Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť
Hospodárska únosnosť
Hnacie sily implementácie
Príklady zariadení
Referenčná literatúra

3.2.1 Systémy environmentálneho manažérstva

Opis

Formálny systém na preukázanie súladu s environmentálnymi cieľmi.

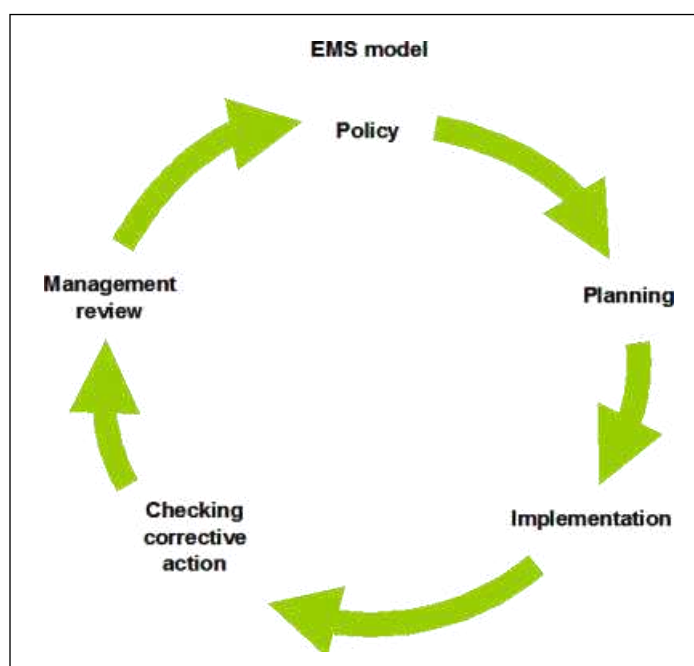
Technický opis

Smernica definuje „techniky“ (v rámci definície „najlepších dostupných techník“) ako „použitú technológiu aj spôsob, akým je zariadenie navrhnuté, postavené, udržiavané, prevádzkované a vyradené z prevádzky“.

V tomto ohľade je systém environmentálneho manažérstva (EMS) technikou, ktorá prevádzkovateľom zariadení umožňuje riešiť environmentálne otázky systematickým a preukázateľným spôsobom. Systémy EMS sú najúčinnnejšie a najefektívnejšie vtedy, ak tvoria neoddeliteľnú súčasť celkového riadenia a prevádzky zariadenia.

EMS zameriava pozornosť prevádzkovateľa na environmentálne vlastnosti zariadenia, a to najmä prostredníctvom uplatňovania jasných prevádzkových postupov pre bežné aj mimoriadne prevádzkové podmienky a stanovením príslušných oblastí zodpovednosti.

Všetky účinné EMS zahŕňajú koncepciu neustáleho zlepšovania, čo znamená, že environmentálne manažérstvo je nepretržitý proces, nie projekt, ktorý sa nakoniec skončí. Existujú rôzne návrhy procesov, ale väčšina EMS je založená na cykle plánovať-vykonávať-kontrolovať-konať (ktorý sa široko používa v iných kontextoch riadenia spoločností). Cyklus je iteratívny dynamický model, kde dokončenie jedného cyklu prechádza do začiatku ďalšieho (pozri obrázok 3.12).



Obrázok 3.12: Neustále zlepšovanie v modeli EMS

EMS môže mať formu štandardizovaného alebo neštandardizovaného („prispôbeného“) systému. Implementácia a dodržiavanie medzinárodne akceptovaného štandardizovaného systému, ako je EN ISO 14001:2015, môže zvýšiť dôveryhodnosť EMS, najmä ak je podrobený riadne vykonanému externému overovaniu. EMAS poskytuje dodatočnú dôveryhodnosť vďaka interakcii s verejnosťou prostredníctvom environmentálneho vyhlásenia a mechanizmu na zabezpečenie súladu s platnými environmentálnymi právnymi predpismi. Neštandardizované systémy však môžu byť v zásade rovnako účinné, ak sú správne navrhnuté a implementované.

Hoci sa štandardizované systémy (EN ISO 14001:2015 alebo EMAS) aj neštandardizované systémy v zásade vzťahujú na organizácie, tento dokument zaujíma užší prístup a nezahŕňa všetky činnosti organizácie, napríklad pokiaľ ide o jej výrobky a služby, vzhľadom na to, že smernica upravuje len zariadenia/závody.

EMS môže obsahovať tieto komponenty:

1. záväzok vedenia, vrátane vrcholového vedenia;
2. definícia environmentálnej politiky, ktorá zahŕňa neustále zlepšovanie zariadenia zo strany vedenia;
3. plánovanie a stanovenie potrebných postupov, cieľov a úloh v spojení s finančným plánovaním a investíciami;
4. implementácia postupov s osobitným dôrazom na:
 - (a) štruktúru a zodpovednosť,
 - (b) nábor, školenie, informovanosť a kompetencie,
 - (c) komunikáciu,
 - (d) zapojenie zamestnancov,
 - (e) dokumentáciu,
 - (f) efektívnu kontrolu procesov,
 - (g) plánované pravidelné programy údržby,
 - (h) pripravenosť a reakciu na núdzové situácie,
 - (i) zabezpečenie súladu s environmentálnymi predpismi;
5. kontrola výkonu a prijímanie nápravných opatrení s osobitným dôrazom na:
 - (a) monitorovanie a meranie (pozri aj referenčnú správu o monitorovaní emisií do ovzdušia a vody zo zariadení IED – ROM),
 - (b) nápravné a preventívne opatrenia,
 - (c) vedenie záznamov,
 - (d) nezávislý (ak je to možné) interný a externý audit s cieľom určiť, či EMS zodpovedá plánovaným opatreniam a či bol riadne implementovaný a udržiavaný;
6. preskúmanie EMS a jeho pokračujúcej vhodnosti, primeranosti a účinnosti zo strany vrcholového manažmentu;
7. príprava pravidelného environmentálneho vyhlásenia;
8. validácia certifikačným orgánom alebo externým overovateľom EMS;
9. sledovanie vývoja čistejších technológií;
10. zohľadnenie vplyvov na životné prostredie vyplývajúcich z prípadného vyradenia zariadenia z prevádzky vo fáze projektovania nového závodu a počas celej doby jeho prevádzky, vrátane:
 - (a) vyhýbania sa podzemným konštrukciám,
 - (b) začlenenia prvkov, ktoré uľahčujú demontáž,
 - (c) výberu povrchových úprav, ktoré sa ľahko dekontaminujú,
 - (d) použitia konfigurácie zariadení, ktorá minimalizuje zachytenie chemických látok a uľahčuje odvodňovanie alebo čistenie,
 - (e) navrhovania flexibilného, samostatného zariadenia, ktoré umožňuje postupné uzatváranie,
 - (f) používania biologicky rozložiteľných a recyklovateľných materiálov, kde je to možné;
11. pravidelné uplatňovanie porovnávania s referenčnými hodnotami v rámci odvetvia.

Konkrétne pre tento sektor je tiež dôležité zvážiť nasledujúce potenciálne charakteristiky EMS:

12. programy zabezpečenia kvality/kontroly kvality s cieľom zabezpečiť, aby boli vlastnosti všetkých palív úplne stanovené a kontrolované;
13. plán riadenia s cieľom znížiť emisie do ovzdušia a/alebo vody za iných ako bežných prevádzkových podmienok, vrátane období spúšťania a vypínania.
14. plán riadenia odpadu s cieľom zabezpečiť, aby sa odpad v poradí podľa priority nevyužíval, pripravoval na opätovné použitie, recykloval alebo inak zhodnocoval;

15. systém optimalizácie kvality procesov s cieľom identifikovať a implementovať zlepšenia na zvýšenie energetickej účinnosti a využitia paliva;
16. systém riadenia životného prostredia a bezpečnosti na identifikáciu a plánovanie prevencie a riešenia nekontrolovaných a/alebo neplánovaných emisií do životného prostredia, najmä:
 - (a) emisie do pôdy a podzemných vôd pri manipulácii a skladovaní palív, prísad, vedľajších produktov a odpadov,
 - (b) v dôsledku rizika samovznietenia a/alebo samovznietenia paliva pri skladovaní a manipulácii;
17. plán riadenia prachu na prevenciu alebo, ak to nie je možné, na zníženie difúzných emisií pri nakladaní, vykladaní, skladovaní a/alebo manipulácii s palivami, rezíduami a prísadami;
18. plán riadenia hluku, ak sa očakáva alebo pretrváva hlukové znečistenie citlivých receptorov vrátane:
 - (a) protokolu na vykonávanie monitorovania hluku na hranici závodu,
 - (b) programu znižovania hluku,
 - (c) protokolu pre reakciu na hlukové incidenty obsahujúceho vhodné opatrenia a časové harmonogramy,
 - (d) prehľadu historických incidentov súvisiacich s hlukom, nápravných opatrení a šírenia informácií o incidentoch súvisiacich s hlukom medzi dotknuté strany;
19. pre spaľovanie, splyňovanie alebo spoluspaľovanie zápachových látok, plán riadenia zápachu, ktorý obsahuje:
 - (a) protokol na vykonávanie monitorovania zápachu,
 - (b) v prípade potreby program eliminácie zápachu na identifikáciu a elimináciu alebo zníženie emisií zápachu,
 - (c) protokol na zaznamenávanie incidentov súvisiacich so zápachom a príslušné opatrenia a harmonogramy,
 - (d) prehľad historických prípadov zápachu, nápravných opatrení a ich šírenie medzi dotknuté strany.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

EMS podporuje a pomáha pri neustálom zlepšovaní environmentálnych vlastností zariadenia. Ak zariadenie už má dobré celkové environmentálne vlastnosti, EMS pomáha prevádzkovateľovi udržiavať vysokú úroveň výkonnosti.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

Neuvádzajú sa. Systematická analýza počiatočných vplyvov na životné prostredie a priestor pre zlepšenia v kontexte EMS vytvára základ pre posúdenie najlepších riešení pre všetky environmentálne médiá.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Vyššie opísané komponenty sa zvyčajne dajú uplatniť na všetky zariadenia v rámci rozsahu pôsobnosti tohto dokumentu. Rozsah (napr. úroveň podrobnosti) a povaha EMS (napr. štandardizovaný alebo neštandardizovaný) budú súvisieť s povahou, rozsahom a zložitou zariadenia a rozsahom environmentálnych vplyvov, ktoré môže mať.

Hospodárska únosnosť

Je ťažké presne určiť náklady a ekonomické prínosy implementácie a udržiavania dobrého EMS. Existujú aj ekonomické prínosy, ktoré sú výsledkom používania EMS, a tie sa v jednotlivých sektoroch veľmi líšia.

Externé náklady súvisiace s overovaním systému možno odhadnúť na základe usmernení vydaných Medzinárodným akreditačným fórom. [180, IAF 2010]

Hnacie sily implementácie

Hnacie sily implementácie EMS zahŕňajú:

- zlepšenie environmentálnej výkonnosti;
- lepší prehľad o environmentálnych aspektoch spoločnosti, ktorý možno využiť na splnenie environmentálnych požiadaviek zákazníkov, regulačných orgánov, bánk, poisťovní alebo iných zainteresovaných strán (napr. ľudí, ktorí žijú alebo pracujú v blízkosti zariadenia);
- lepší základ pre rozhodovanie;
- zlepšenie motivácie zamestnancov (napr. manažéri môžu mať istotu, že vplyvy na životné prostredie sú pod kontrolou, a zamestnanci môžu mať pocit, že pracujú pre spoločnosť, ktorá je zodpovedná voči životnému prostrediu);
- ďalšie príležitosti na zníženie prevádzkových nákladov a zlepšenie kvality výrobkov
- zlepšenie imidžu spoločnosti;
- znížené náklady na zodpovednosť, poistenie a nedodržiavanie predpisov.

Príklady zariadení

Systémy environmentálneho manažérstva sa uplatňujú v mnohých zariadeniach v celej EÚ.

Referenčná literatúra

Nariadenie EMAS (ES) č. 1221/2009. [[171, ES 2009](#)]

Webová stránka EMAS Generálneho riaditeľstva pre životné prostredie. [[172, Generálne riaditeľstvo pre životné prostredie 2010](#)]

EN ISO 14001: 2015

Webová stránka rodiny noriem ISO 14000. [[168, CEN 2015](#)]

3.2.2 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií do ovzdušia

3.2.2.1 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií prachu

3.2.2.1.1 Elektrostatické odlučovače (ESP)

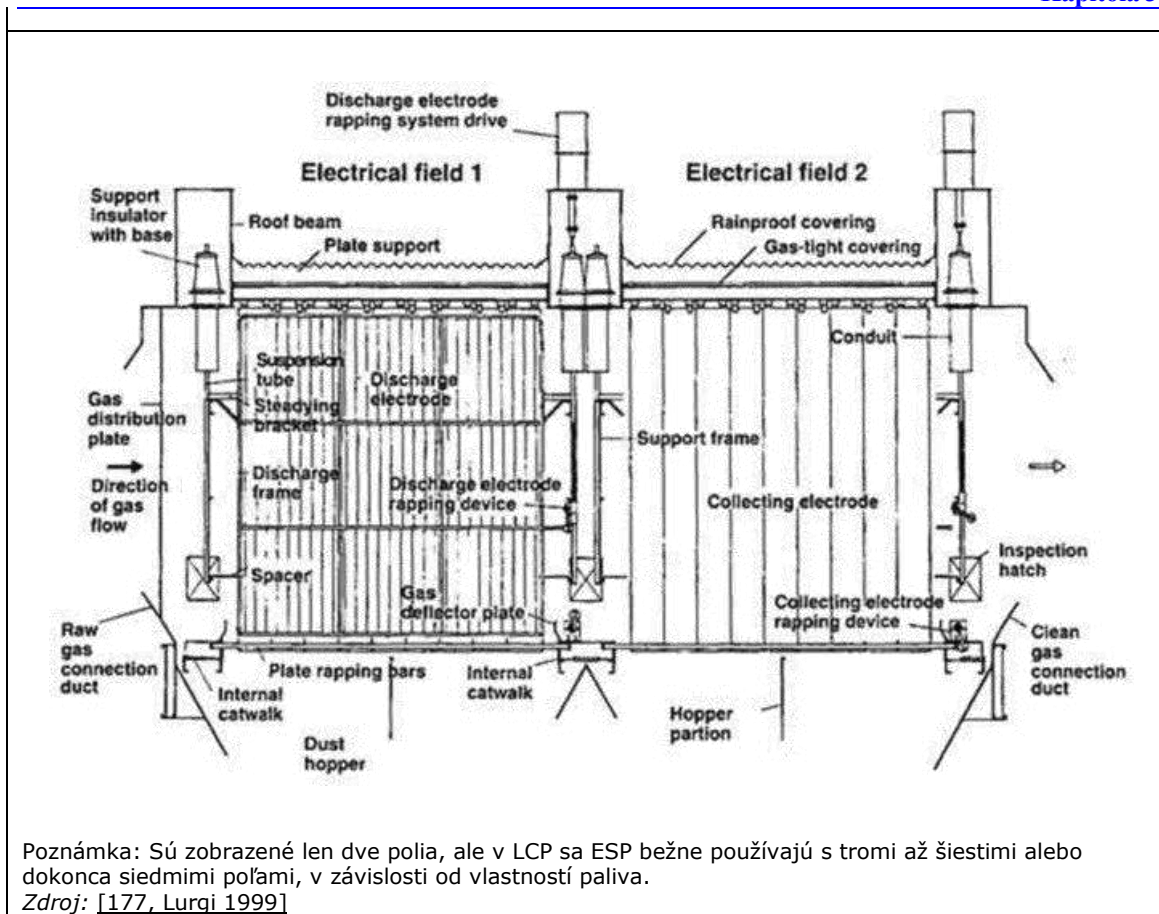
Opis

Elektrostatické odlučovače (ESP) fungujú tak, že častice sa nabijú a oddelia pod vplyvom elektrického poľa. Elektrostatické odlučovače sú schopné fungovať v širokom spektre podmienok.

Účinnosť odstraňovania môže závisieť od počtu polí, doby zdržania (veľkosti) a zariadení na odstraňovanie častíc na vstupe. Zvyčajne obsahujú dve až päť polí. Najmodernejšie (vysoko výkonné) ESP majú až sedem polí.

Technický opis

Existujú mokré aj suché typy ESP. Odolnosť proti korózii a oderu je zabudovaná do mokrých aj suchých konštrukcií [[173, Theodore a Buonicore 1992](#)], [[174, Soud 1993](#)], [[175, Soud 1995](#)], [[176, VDI 1998](#)], [[148, CIEMAT 2000](#)]. Typické usporiadanie ESP je znázornené na obrázku 3.13.



Obrázok 3.13: Typické schematické usporiadanie ESP

ESP sa skladá z boxu s násypkovým dnom, ktorý obsahuje rady dosiek tvoriacich priechody, ktorými pretekajú spaliny. V strede každého priechodu sa nachádzajú emitujúce elektródy napájané vysokonapäťovým jednosmerným prúdom, ktorý je dodávaný transformátorom/usmerňovačom (T/R). Elektrické pole je aplikované na elektródy malým jednosmerným prúdom pri vysokom napätí (60 – 120 kV). Aplikované napätie je dostatočne vysoké na to, aby ionizovalo molekuly plynu v blízkosti elektród, čo má za následok viditeľnú korónu. Prúd plynových iónov z emitujúcich elektród cez plynové priechody k uzemneným zberným platniám tvorí takzvaný korónový prúd.

Pri prechode cez spaliny sa nabité ióny zrážajú s časticami popolčeka suspendovanými v plyne a pripájajú sa k nim. Elektrické pole vytláča nabité častice z prúdu plynu smerom k uzemneným doskám, kde sa zhromažďujú vo vrstve. Dosky sa pravidelne čistia pomocou klepacieho systému, aby sa vrstva uvoľnila do zásobníkov na popol ako aglomerovaná hmota. V praxi je ESP rozdelený na niekoľko diskretných zón (bežne sa používa až šesť zón). Vo väčšine prípadov je ESP umiestnený za ohrievačom vzduchu alebo ekonomizérom a označuje sa ako inštalácia na strane studenej strany. V špeciálnych prípadoch je umiestnený pred ohrievačom vzduchu, aby sa využila vyššia teplota. V tomto prípade sa nazýva inštalácia na strane horúcej strany.

Častice sa odstraňujú z prúdu plynu v štyroch fázach:

- aplikáciou elektrického náboja na prach;
- umiestnením nabitého prachu do elektrického poľa;
- zachytávaním (aglomeráciou) prachu na zbernej elektróde;
- odstránením prachu z povrchu elektródy.

Používa sa dobrý dizajn usmerňovača, ktorý zahŕňa použitie samostatných sekcií usmerňovača pre každé pole alebo časť poľa ESP. To umožňuje meniť aplikované napätie vo vstupnej a výstupnej zóne, aby sa zohľadnilo znížené zaťaženie prachom smerom k výstupu a aby polia mohli pracovať pri postupne vyšších napätiach bez iskrenia. Dobrá konštrukcia zahŕňa aj použitie automatických riadiacich systémov. Udržujú optimálne vysoké napätie (HV) aplikované na elektródy v konkrétnej zóne bez iskrenia. Automatický monitor sa používa na aplikovanie maximálneho napätia bez iskrenia a neustále mení HV. Pevné napájacie zdroje HV pravdepodobne neposkytujú optimálnu účinnosť zberu.

Odpor (opačná hodnota vodivosti) prachu je obzvlášť dôležitý. Ak je príliš nízky, častice, ktoré dosiahnu zbernú elektródu, ľahko strácajú svoj náboj a môže dôjsť k opätovnému unášaniu prachu. Ak má prach príliš vysoký odpor, na elektróde sa vytvorí izolačná vrstva, ktorá bráni normálnemu korónovému výboju a vedie k zníženiu účinnosti zberu (efekt spätnej koróny). V súčasnosti je bežnou praxou pri vysoko odporových popoloch (napr. tých, ktoré pochádzajú z palív s nízkym obsahom síry) upravovať spaliny tak, aby sa znížil odpor popola, napr. vstrekaním SO_3 do spalín pred ESP, čím sa vytvorí kyselina sírová. Tá sa účinne absorbuje na častice a tým sa zníži povrchový odpor popola. Prítomnosť systému SCR pred ESP môže tiež zmeniť podmienky spalín oxidáciou časti SO_2 na SO_3 , čo vedie k rovnakému efektu úpravy spalín, ako je uvedené vyššie.

Rozloženie veľkosti častíc ovplyvňuje rýchlosť migrácie častíc. Pre častice $> 1 \mu\text{m}$ je rýchlosť migrácie nepriamo úmerná priemeru častíc, pričom pre častice $< 1 \mu\text{m}$ je nezávislá od veľkosti častíc. Okrem toho vysoké zaťaženie jemnými časticami môže spôsobiť podstatnú zmenu elektrických podmienok v ESP. V rámci ESP je prach v spalín nabitý v iontovom priestorovom náboji. Povaha priestorového náboja sa mení s rozložením veľkosti častíc a zaťažením spalín. Priestorový náboj častíc sa zvyšuje s počtom častíc na meter kubický spalín vstupujúcich do ESP. Zvýšenie množstva jemných častíc a relatívne vysoká rýchlosť migrácie častíc pri vyššom zaťažení spalín môže viesť k zvýšeniu priestorového náboja a následne spôsobiť elektrický skrat. Korónový prúd na vstupnom poli môže byť potlačený zvýšeným priestorovým nábojom. Omnoho vyšší priestorový náboj môže viesť k potlačeniu korónového prúdu v celom ESP.

Klepanie, ktoré sa používa na uvoľnenie vrstvy popolčeka (prachového koláča) zo zbernej elektródy do násypiek, môže tiež spôsobiť opätovné vtiahnutie. Častice sa oddelia od vrstvy popolčeka a opätovne sa vtiahnu do spalín. Opätovné vtiahnutie môže výrazne znížiť účinnosť. V skutočnosti účinnosť ESP silne závisí od veľkosti jednotky. Zvýšenie účinnosti spôsobuje vyššie náklady.

Stredný obsah síry v spalinách znižuje odpor častíc a umožňuje ich lepšie zníženie. Nerovnomerné rozloženie plynu v odlučovači však môže viesť k tomu, že vo vnútri zariadenia budú chladnejšie časti. Čím vyšší je obsah síry v palive, tým vyšší je možný rosný bod. Ak sa tieto dve podmienky vyskytujú súčasne, t. j. nerovnomerné rozloženie teploty a vyšší rosný bod kyseliny sírovej, existuje vyššie riziko poškodenia materiálu a tým aj vyššie riziko poruchy zariadenia.

Problémy môžu nastať aj pri spaľovaní palív, ktoré tvoria prchavé látky, pretože prchavé látky môžu pokryť častice a brániť ich účinnému zrážaniu. To je možné pri palivách s nízkou výhrevnosťou a pri nestabilnom procese v kotle.

Mokrú elektrostatickú odlučovaču (WESP) fungujú na rovnakom princípe ako ESP. V tomto prípade sa zachytený prach odstraňuje z kolektorových dosiek preplachovaním vhodnou kvapalinou, zvyčajne vodou, buď prerušovane, alebo nepretržitým postrekovaním. To ponúka výhody pre určité druhy prachu, ktoré sa zachytia na konvenčných doskách, alebo keď iné zložky v prúde plynu narúšajú prevádzku, napríklad v prípade chladného, vlhkého plynu.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií prachu, aerosólov a kovov do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

ESP sa vo veľkej miere používajú vo veľkých spaľovacích zariadeniach a sú schopné pracovať v širokom rozsahu teplôt, tlakov a podmienok zaťaženia prachom.

Výkon ESP sa riadi Deutschovou rovnicou, ktorá spája účinnosť s celkovou plochou zberných elektród, objemovým prietokom plynov a rýchlosťou migrácie častíc. Okrem toho k efektívnemu odstraňovaniu prachu prispievajú aj geometrické faktory (napríklad rýchlosť plynu, pomer výšky k dĺžke). Preto je pre daný prach veľmi dôležité maximalizovať povrchovú plochu zberných elektród, a preto sa v súčasnosti používa široké rozostupovanie elektród. Táto prax sa opiera o dobrý dizajn a ovládanie usmerňovača. Ďalším spôsobom zvýšenia účinnosti odstraňovania prachu je zvýšenie rozostupu elektród. Na to sú potrebné súpravy T/R s vyššími napätiami.

Rozloženie toku spalín ovplyvňuje celkový výkon elektrostatických odlučovačov. V celom priereze je žiaduce rovnomerné rozloženie rýchlosti spalín, pretože to zabezpečuje maximálnu účinnosť zberu jednotky. Aby sa dosiahol najlepší výkon odlučovača, tok plynu cez jednotky je optimalizovaný tak, aby poskytoval rovnomerný tok a zabránil obchádzaniu elektrického poľa spalín. Správny návrh prírodného potrubia a použitie zariadení na distribúciu toku vo vstupe môže pomôcť dosiahnuť rovnomerný tok na vstupe do odlučovača.

Treba tiež poznamenať, že obsah voľného CaO v popole má nepriaznivý vplyv na výkonnosť zachytávania častíc ESP z dôvodu odporu.

Tabuľka 3.5: Všeobecný výkon ESP

Technika	Účinnosť odstraňovania (%)				Prevádzková teplota	Konfigurácia
	< 1 μm	2 μm	5 μm	> 10 μm		
Elektrostatický odlučovač (ESP)	> 96,5	> 98,3	> 99,95	> 99,95	80–220 °C	Studený ESP
					300–450 °C	Horúci ESP
Poznámka: ESP má veľmi vysokú účinnosť aj pri menších časticiach. Dokáže spracovať veľmi veľké objemy spalín s nízkymi tlakovými stratami. Nízke prevádzkové náklady, okrem prípadov veľmi vysokých rýchlostí odstraňovania. Môže pracovať pri akomkoľvek kladnom tlaku. Po inštalácii nie je veľmi flexibilný, pokiaľ ide o meniace sa prevádzkové podmienky. Môže nefungovať na častiach s veľmi vysokou elektrickou rezistenciou. Tlaková strata je < 5 mbar. Zdroj: [178, ERM 1996]						

Medzizložkové vplyvy

Vznikajú rezíduá (popolček) alebo kvapalné odpadové vody (len v prípade mokrých ESP), ktoré môžu vyžadovať ďalšie spracovanie.

Spotrebuje sa dodatočná elektrická energia. V prípade kotla spaľujúceho ťažký vykurovací olej s výkonom 415 MW_{th} bola spotreba približne 0,32 % hrubej výroby elektrickej energie (závod 260). Iné uvádzané údaje ukazujú inštalovaný súvisiaci elektrický výkon približne 0,1 – 0,15 % celkového menovitého tepelného príkonu (závody 42, 127-2, 128-4).

Vysoké napätie ESP môže predstavovať nové nebezpečenstvo.

V niektorých elektrárňach sa môže na zlepšenie výkonu ESP vstrekovávať amoniak. V týchto prípadoch emisie amoniaku vznikajú v dôsledku úniku amoniaku cez ESP.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

ESP nemusia byť použiteľné pre niektoré častice s vysokou elektrickou rezistenciou. Použiteľnosť suchých ESP na čistenie spalín z jednotiek, ktoré spaľujú kvapalné palivo, môže byť obmedzená v dôsledku viacerých faktorov, medzi ktoré patria:

- veľmi nízka rezistencia častíc;
- typu častíc (napr. vysoký obsah cenoféry);
- nepriaznivé zloženie spalín.

Niekoľko príkladov zariadení (175, 225, 258 až 263, 454, 472) spaľujúcich kvapalné palivá a vybavených ESP však dosahuje úroveň emisií prachu do ovzdušia nižšie ako 10 mg/Nm^3 ako ročný priemer.

Hospodárska únosnosť

Náklady na elektrostatické odlučovače zahŕňajú náklady na spotrebu elektrickej energie, náklady na údržbu (veľmi závislé od procesu kotla a vlastností paliva) a náklady na prepravu odlučovaného popola, ale vo všeobecnosti sú to nákladovo efektívne zariadenia na znižovanie emisií prachu.

Počiatočné investičné náklady môžu byť v závislosti od použitého paliva vyššie alebo nižšie ako v prípade iných dostupných technológií, napríklad vrecových filtrov. Prevádzkové náklady sú však nižšie ako zodpovedajúce náklady iných technológií a použitie moderných riadiacich systémov tieto náklady ešte viac znižuje. Prevádzkové náklady sa môžu výrazne líšiť v závislosti od rôznych vlastností popolčeka. Náklady na údržbu sú pri spracovaní bežného popolčeka zvyčajne veľmi primerané. Tieto zariadenia sú konkurencieschopné v elektrárnach, ktoré disponujú širokou škálou energetických zariadení a rôznymi procesmi kotlov.

Spojené kráľovstvo stanovilo orientačné kapitálové náklady na ESP vo výške 25 GBP/kW_e (ceny z roku 1999) a orientačné prevádzkové náklady vo výške 0,0003 GBP/kW_e (ceny z roku 1999) pre všetky rozsahy kapacity. [120, EEB 2013]

ESP je vo všeobecnosti preferovaným ekonomickým riešením, najmä pre väčšie elektrárne. V súčasnosti sa však inštaluje čoraz viac vrecových filtrov, ktoré sa považujú za lepšie ekonomické riešenie z hľadiska flexibility palív a výkonnostných požiadaviek.

Hnacou silou implementácie

Legislatívne požiadavky na zníženie emisií jemných častíc viedli k rôznym výskumným projektom zameraným na zlepšenie účinnosti tejto technológie.

Príklady elektrární

Približne 145 elektrární, ktoré v roku 2012 vyplnili dotazník na účely preskúmania tohto dokumentu BREF, je vybavených suchým ESP.

Ďalšie podrobnosti nájdete v jednotlivých častiach venovaných palivám.

Závod 139 používa ESP s úpravou SO₃.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.1.2 Vrecové filtre

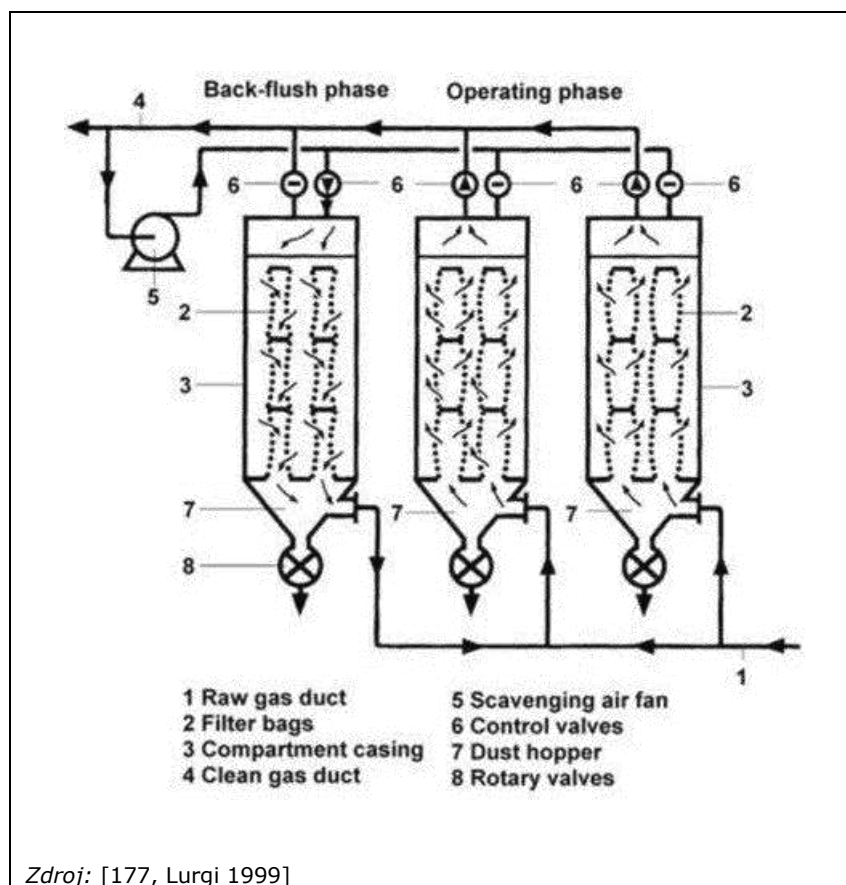
Opis

Vrecové alebo tkaninové filtre sú vyrobené z poréznej tkaniny alebo plsti, cez ktorú pretekajú plyny, aby sa odstránil prach. Použitie vrecového filtra vyžaduje výber tkaniny, ktorá je vhodná pre vlastnosti spalín a maximálnu prevádzkovú teplotu.

Technický opis

Textilná filtrácia je metóda na odstraňovanie častíc (najmä popolčeka) z spalín priemyselných spaľovacích zariadení. Okrem zachytávania popolčeka existuje celý rad aplikácií, kde sa vrecové filtre používajú spolu s vstrekom kalového alebo práškoveho absorbentu oxidu siričitého (napr. vápna alebo hydrogenuhličitanu sodného) na súčasnú kontrolu emisií oxidu siričitého a popolčeka.

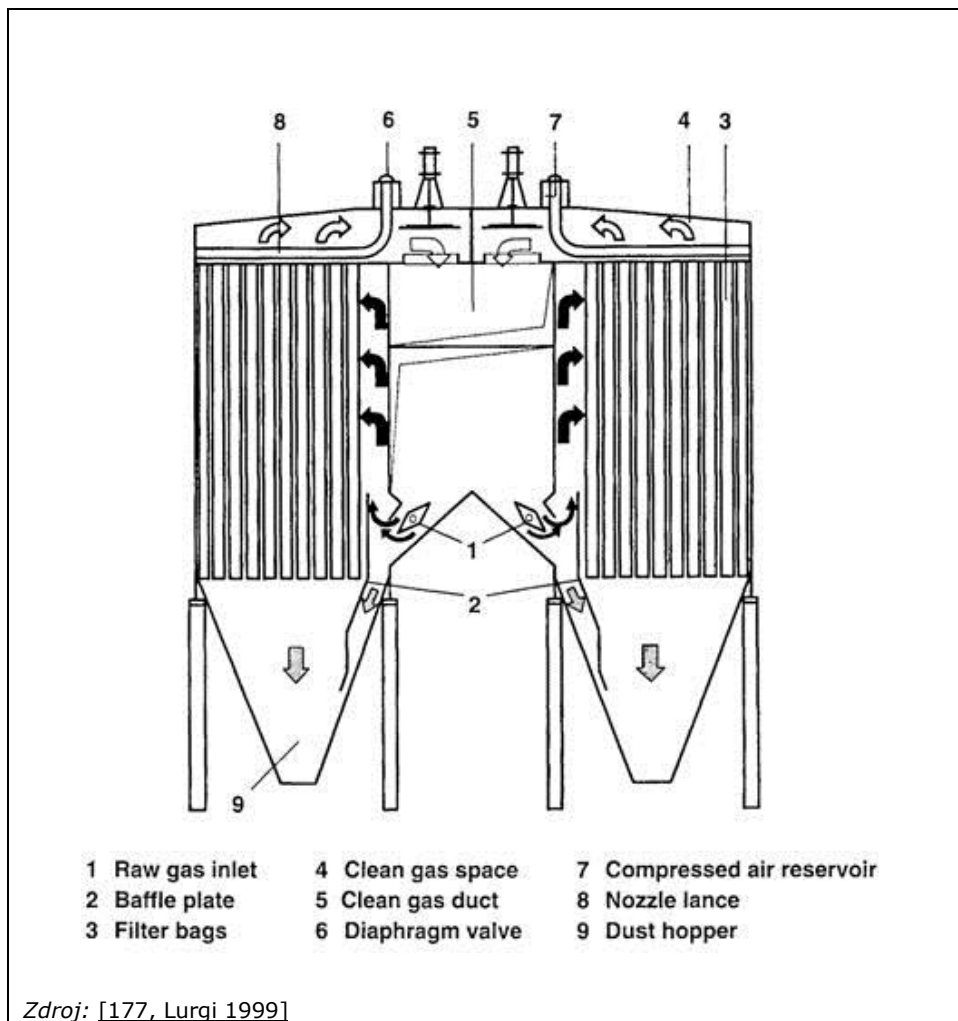
Vrecový filter sa skladá z jedného alebo viacerých izolovaných priestorov obsahujúcich rady vrecových filtračných vreciek alebo rúrok. Plyn obsahujúci prach prechádza (zvyčajne) pozdĺž povrchu vreciek a potom radiálne cez tkaninu. Častice sa zachytávajú na prednej strane vreciek, zatiaľ čo vyčistený prúd plynu sa vypúšťa do atmosféry. Filter pracuje cyklicky, striedajúc relatívne dlhé obdobia filtrovania a krátke obdobia čistenia. Počas čistenia sa prach, ktorý sa nahromadil na vreciach, odstraňuje z povrchu tkaniny a ukladá sa do zásobníka na následnú likvidáciu. Hlavnou prevádzkovou vlastnosťou vrecových filtrov, ktorá ich odlišuje od iných plynových filtrov, je možnosť pravidelne kontrolovať filtračný povrch pri čistení.



Obrázok 3.14: Všeobecné usporiadanie vrecového filtra (s jedným oddelením v čistiacom cykle)

Pravidelné odstraňovanie prachu z tkaniny je dôležité pre zachovanie účinnej extrakčnej účinnosti, ale ovplyvňuje aj životnosť tkaniny. Vrecové filtre sa zvyčajne klasifikujú podľa spôsobu čistenia filtračného média. Najbežnejší spôsob čistenia spočíva v pulzovaní stlačeným vzduchom. Iné spôsoby zahŕňajú spätný prietok vzduchu,

mechanické pretriasanie/vyfukovanie a vibrácie. Na čistenie vriec sa používajú aj akustické rohy. Bežné čistiace mechanizmy nespôsobujú, že tkanina sa vráti do pôvodného stavu, ale častice usadené v hĺbke tkaniny pomáhajú znížiť veľkosť pórov medzi vláknami, čo vedie k vysokej účinnosti filtrácie submikrónových častíc.



Obrázok 3.15: Nízkotlakový pulzný vrecový filter

Pri výbere tkaniny sa zohľadňuje zloženie plynov, povaha a veľkosť častíc prachu, použitá metóda čistenia, požadovaná účinnosť a ekonomika. Je potrebné zohľadniť aj teplotu plynu spolu s metódou chladenia plynu, ak sa používa, a výsledný bod rosného bodu vodnej pary a kyseliny.

Opotrebenie filtračných vriec má za následok postupné, ale merateľné zníženie výkonu. Môže tiež existovať riziko poškodenia alebo katastrofického zlyhania viacerých vrecúšok, ak dôjde ku korózii, pri filtrovaní abrazívneho materiálu alebo ak existuje riziko požiaru. Jednoduché online monitorovacie systémy, ako sú indikátory poklesu tlaku alebo zariadenia na meranie prachu, poskytujú len hrubý odhad výkonu.

Triboelektrické alebo optické zariadenia sa používajú na meranie trendov emisií prachu z vrecového filtra s cieľom identifikovať možné poruchy. Môžu sa tiež použiť na detekciu špičiek prachu počas čistenia. Keď sú tieto merania integrované so systémom čistenia zón, je možné identifikovať akúkoľvek zónu, ktorá obsahuje poškodené vrecia, a potom vykonať lokálne opravy. [179, Robson 1998]

Syntetické filtračné tkaniny, ako sú Gore-Tex® a Tefaire® (teflón/sklenená vlákna), umožnili použitie vrecových filtrov v širokej škále aplikácií a viedli k predĺženiu životnosti filtrov. Výkon moderných filtračných materiálov sa zlepšil aj pri vysokých teplotách alebo v abrazívnych podmienkach. Výrobcovia tkanín môžu odporučiť materiály, ktoré sú najvhodnejšie pre konkrétne aplikácie.

Neustále sa skúmajú nové metódy na zvýšenie pomeru vzduchu ku tkanine a zníženie tlakovej straty. Úpravy vstupu a výstupu spalín majú za cieľ zlepšiť zachytávanie popolčeka, čo je nevyhnutné pre optimálny dizajn a vysokú účinnosť odstraňovania PM zariadenia.

Technológia pulzného prúdu sa stala preferovaným systémom vrecových filtrov ako primárne zariadenie na kontrolu častíc pre utilitné a priemyselné kotly. Výskum pokračuje s cieľom zlepšiť pochopenie a tým aj výkonnosť systému.

Keďže na trhu je k dispozícii mnoho rôznych filtračných materiálov, prevádzkovateľ si vyberá ten, ktorý najlepšie vyhovuje jeho potrebám. Filtračný materiál sa musí vyberať s osobitnou starostlivosťou, aby sa predišlo možným problémom spôsobeným zmenou parametrov procesu.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií prachu, kovov a aerosólov do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Niektoré palivá môžu spôsobiť problémy s upchávaním, čo komplikuje prevádzku procesu. Problémy s upchávaním sa môžu vyskytnúť napríklad pri spúšťaní, keď sa spaľuje olej. Filtračný materiál je zvyčajne dosť citlivý na teplotu popola a spalín, takže nespálený uhlík a aglomeráty horúceho popolčeka môžu poškodiť filtračný materiál. Predbežné naniesenie vrstvy dostupného popolčeka, vápna alebo iných materiálov na filtračnú tkaninu môže znížiť riziko poškodenia vrecov pri spúšťaní filtra. V aplikáciách, kde popol obsahuje veľké množstvo nespálenej hmoty a existuje riziko, že iskry alebo žeravé častice dosiahnu vrecový filter, sa odporúča predfilter pred vrecovým filtrom, aby sa znížilo riziko požiaru násypky a poškodenia vreca. Typickým príkladom sú zariadenia spaľujúce biomasu. [120, EEB 2013]

V tkanine sa môžu tiež vytvoriť trhliny. Tie je počas prevádzky ťažké zistiť. Tieto trhliny zvyšujú emisie častíc. Ak je vrecový filter modulárnej konštrukcie a moduly sú izolované, údržbárske práce je možné vykonávať bez zastavenia procesu.

Prevádzková teplota vrecového filtra by sa mala udržiavať nad bodom rosného bodu vody a kyseliny v spalín, aby sa zabránilo chemickému pôsobeniu na filtračné vrecia, problémom s manipuláciou s prachom a koróziou. [120, EEB 2013]

Tabuľka 3.6: Všeobecný výkon vrecových filtrov

Technika	Účinnosť odstraňovania (%)				Ďalšie parametre výkonu	
	< 1 µm	2 µm	5 µm	> 10 µm	Parameter	Hodnota
V	> 99,6	> 99,6	> 99,9	> 99,95	Prevádzková teplota	150 °C (polyester) 260 °C (sklolaminát)
					Spotreba energie ako % elektrickej kapacity	0,2–3
					Pokles tlaku	5–20 (10 ² Pa)
					Zvyšok	Popolček
					Prúdenie odpadového plynu	< 1 100 000 m ³ /h
					Použitelnosť	Pevné a kvapalné palivá
					Podiel na trhu	10

Poznámka

Podiel na trhu vo výške 10 % je založený hlavne na použití v spaľovaní CFB a SDA.

Rýchlosti filtrácie sa vo všeobecnosti pohybujú v rozmedzí 0,01 m/s až 0,04 m/s v závislosti od použitia, typu filtra a tkaniny.

Typické hodnoty používané v zariadeniach sú 0,45–0,6 m/min pre reverzný vzduch, 0,75–0,9 m/min pre triedič a 0,9–1,2 m/min pre pulzné tryskové aplikácie.

Životnosť vriec sa znižuje s rastúcim obsahom síry v uhlí a s rastúcou rýchlosťou filtrácie. Priemerná ročná poruchovosť jednotlivých vrecúšok je približne 1 % z inštalovaných vrecúšok.

Tlaková strata sa zvyšuje s klesajúcou veľkosťou častíc pri danom prietoku spalín.

Zdroj: [178, ERM 1996]

Účinnosť vrecového filtra je menej ovplyvnená odporom častíc ako účinnosť elektrostatického filtra.

Medzizložkové vplyvy

Vznikajú rezíduá, ktoré môžu vyžadovať ďalšie spracovanie. Rovnako ako pri všetkých ostatných technikách suchého odlučovania sa najlepší účinok na životné prostredie dosiahne, ak sa nájde vhodné využitie pre zachytený tuhý prachový materiál. Zachytávanie prachu je v podstate prechodom od problému emisií do ovzdušia k problému odpadu. V závislosti od zdroja môže byť oddelený prach kontaminovaný, napr. prach pochádzajúci zo spaľovania môže obsahovať dioxíny a/alebo kovy a ich oxidy.

Tento typ prachu môže byť klasifikovaný ako nebezpečný odpad, ktorý by sa mal likvidovať zodpovedajúcim spôsobom. Životnosť materiálu vrecového filtra je obmedzená a vytvára ďalší odpad, ktorý je potrebné likvidovať.

Spotreba elektrickej energie je vyššia (ventilátory), až dvojnásobne v porovnaní s použitím ESP.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Vrecové filtre sú použiteľné v zariadeniach spaľujúcich tuhé palivá (uhlie, hnedé uhlie, petrokoks, biomasa, rašelina) všetkých veľkostí a spaľovacích techník, so vstrekom sorbentu pred filtrom aj bez neho. Sú tiež použiteľné pre kotly spaľujúce ropu, naftu, ropné rezíduá a Orimulsion, za predpokladu, že sa pred filtrom vstrekuje sorbent (napr. Ca(OH)_2 , NaHCO_3). Sorbent riedi potenciálne lepkavý popol/sadze z spaľovania ropy, ktoré by inak mohli spôsobiť vysoký tlakový pokles vo vreciach.

Vrecové filtre môžu byť menej účinné v aplikáciách s teplotou spalín nad 240 °C. V závislosti od konštrukčných parametrov prietoku môžu dosahovať značné objemy a vyžadovať značný priestor.

Vrecové filtre sú dobre prispôsobené pre procesy, pri ktorých je pravdepodobné, že budú dodávať premenlivé prietoky spalín a koncentrácie prachu. Filter s vysokým pomerom (kde sa prach zachytáva na vonkajšej strane vrecu) je zvlášť vhodný pre kotly FBC, pretože jeho schopnosť dobre fungovať pri rôznych zloženiach popola je vhodná pre inherentnú flexibilitu paliva tohto typu kotla. Konštrukcia s vysokým pomerom je tiež obzvlášť vhodná na použitie s ESP, ktoré nespĺňa nové normy a kde je rozšírenie ESP ťažké alebo neefektívne z hľadiska nákladov. V týchto prípadoch sa filtračné vrecia a súvisiace zariadenia na čistenie vriec často dajú inštalovať do skrine odlučovača, čím sa investície udržia na minimálnej úrovni.

Vrecové filtre sú užitočné na zachytávanie častíc s elektrickým odporom, ktorý je pre ESP buď príliš nízky, alebo príliš vysoký. [181, CEFIC 2013] [120, EEB 2013].

Hospodárska únosnosť

Indikatívne kapitálové náklady vo Veľkej Británii (ceny z roku 1999) sú 10 GBP/kWe pre vrecové filtre. Prevádzkové náklady (ceny z roku 1999) sú 0,0011 GBP/kWe. [120, EEB 2013]

Hoci kapitálové náklady na vrecové filtre sú pomerne nízke, náklady na údržbu sú vysoké, pretože filtračný materiál sa musí vymieňať každé dva až päť rokov. Minimálne náklady na výmenu filtra predstavujú približne 10 % investičných nákladov. Zrazený materiál sa ľahko recykluje a napríklad nezreagovaný sorbent sa môže vrátiť späť do procesu a má určitú ekonomickú hodnotu.

Hnacou silou implementácie

Hlavnou hnacou silou je legislatíva. Pre zariadenia, kde je možné predávať oddelený popol, je však hnacou silou aj hospodárska únosnosť. Ďalšou hnacou silou je možnosť spaľovať širokú škálu palív/odpadov.

Príklady zariadení

Viac ako 40 zariadení, ktoré v roku 2012 vyplnili dotazník na účely preskúmania tohto dokumentu BREF, je vybavených vrecovým filtrom.

Ďalšie podrobnosti nájdete v jednotlivých častiach venovaných palivám.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.1.3 Odstred'ovanie (cyklóny)

Opis

Systém na kontrolu prachu založený na odstredivej sile, pri ktorom sa častice oddeľujú od nosného plynu.

Technický opis

Tento typ systému na kontrolu prachu využíva odstredivé sily a dokáže spracovať všetky typy spalín v suchých podmienkach.

Mechanický odlučovač sa skladá zo súboru cyklónov (napr. sústava 31 x 24 cyklónov, každý s priemerom približne 240 mm, na spracovanie 700 000 m³/h spalín pri teplote 130 °C) zostavených v jednom alebo viacerých krytoch. Plyny, ktoré sa majú čistiť, sa rozdeľujú medzi cyklóny prostredníctvom vhodne navrhutej komory. Odstredený prach sa aglomeruje na okraji cyklónov a je unášaný smerom k dnu zariadenia, kde padá do násypky. V každom cyklóne uniká vyčistený plyn smerom nahor cez centrálnu rúrku, zachytáva sa vo výstupnej komore a potom vyteká cez dopravné potrubia.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií prachu.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Mechanické odlučovače nezachytávajú jemný prach. Ich účinnosť je preto prirodzene obmedzená na 30 % až 90 %.

V kotloch, ktoré spaľujú kusové uhlie na mechanických roštoch, sa cyklónová technológia stále používa, pretože množstvo popolčeka je relatívne malé (20 % uhoľného popola v porovnaní s 80 % pri spaľovaní práškoveho paliva). Zachytávanie v rozmedzí veľkostí 5 – 10 mikróv je na úrovni alebo blízko 100 %. Zachytávanie sa vyskytuje aj pri menších veľkostiach, až do 1 mikróv, ale s nižšou účinnosťou zachytávania. Technológia cyklónového vyfukovania pomáha cyklónom dosahovať vyššiu účinnosť, najmä cyklónom slúžiacim LCP, kde pracuje paralelne mnoho malých cyklónových buniek.

Cyklóny pracujú efektívnejšie pri vyššom zaťažení znečisťujúcimi látkami, pokiaľ nedôjde k upchaniu zariadenia. Vyššie zaťaženie znečisťujúcimi látkami je spravidla spojené s konštrukciami s vyšším prietokom.

Účinnosť zachytávania cyklónov sa mení v závislosti od veľkosti častíc a

konštrukcie cyklónu. Účinnosť zachytávania klesá s/so:

- zvýšením viskozity plynu;
- zvýšením hustoty plynu;
- zväčšením plochy potrubia na prívod plynu;
- únikom vzduchu do výstupu prachu.

Tabuľka 3.7: Všeobecný výkon zariadení na čistenie prachu

Technika	Účinnosť odstraňovania (%)				Poznámky
	< 1 μm	2 μm	5 μm	> 10 μm	
Cyklón	30–90 %. Najmenší priemer zachyteného prachu je 5–10 μm				Obmedzený výkon, preto sa môže používať iba v kombinácii s inými technikami na kontrolu prachu.

Medzizložkové vplyvy

Prach sa uvoľňuje ako rezíduum a musí sa likvidovať, ak sa nedá znovu použiť alebo recyklovať. Množstvo závisí od množstva prachu v spalínach. V závislosti od zdroja môže byť oddelený prach kontaminovaný toxickými a/alebo nebezpečnými látkami.

Prevádzka cyklónov je zdrojom značného hluku.

Ďalším vplyvom na iné médiá je potreba nakladania s odpadovou vodou v prípade použitia hydraulických systémov na manipuláciu s popolom.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Výkonové charakteristiky obmedzujú jeho použitie na malé alebo stredné zariadenia a len ako techniku predbežného zberu v kombinácii s inými prostriedkami na kontrolu prachu.

Hospodárska únosnosť

Mechanické odlučovače majú najnižšie investičné náklady zo všetkých zariadení na odsávanie prachu. Keďže táto technika nie je schopná fungovať samostatne ako opatrenie na reguláciu popolčeka, pri výpočte investičných nákladov bude potrebné zohľadniť aj kombinovanú techniku regulácie. Prevádzkové náklady zahŕňajú energiu potrebnú na pneumatické alebo hydraulické odstraňovanie zachyteného popola a elektrickú energiu na kompenzáciu tlakovej straty zariadenia spôsobenú spalínami. Náklady na údržbu sú údajne nízke vzhľadom na odolnosť všetkých komponentov. Životnosť môže byť obmedzená v dôsledku vysokého rizika erózie. [123, Eurelectric 2001]

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

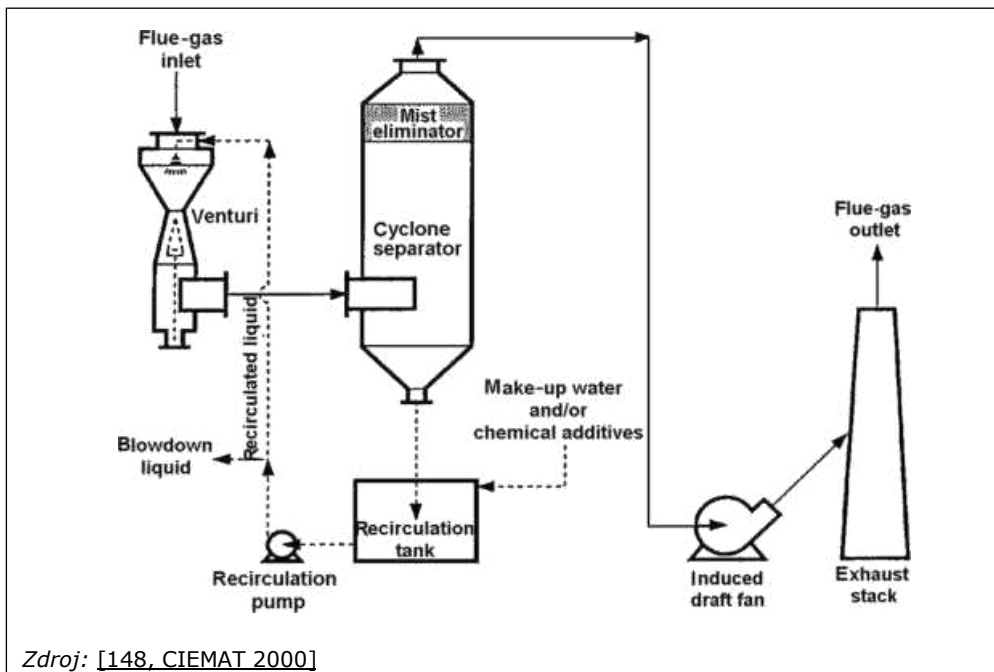
Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.1.4 Mokré práčky**Opis**

Mokré práčky tvoria skupinu zariadení na kontrolu častíc, ktoré využívajú kvapalinu na zachytávanie častíc v spalínach. Najbežnejšie sú Venturiho práčky a práčky s pohyblivým lôžkom.

Technický opis

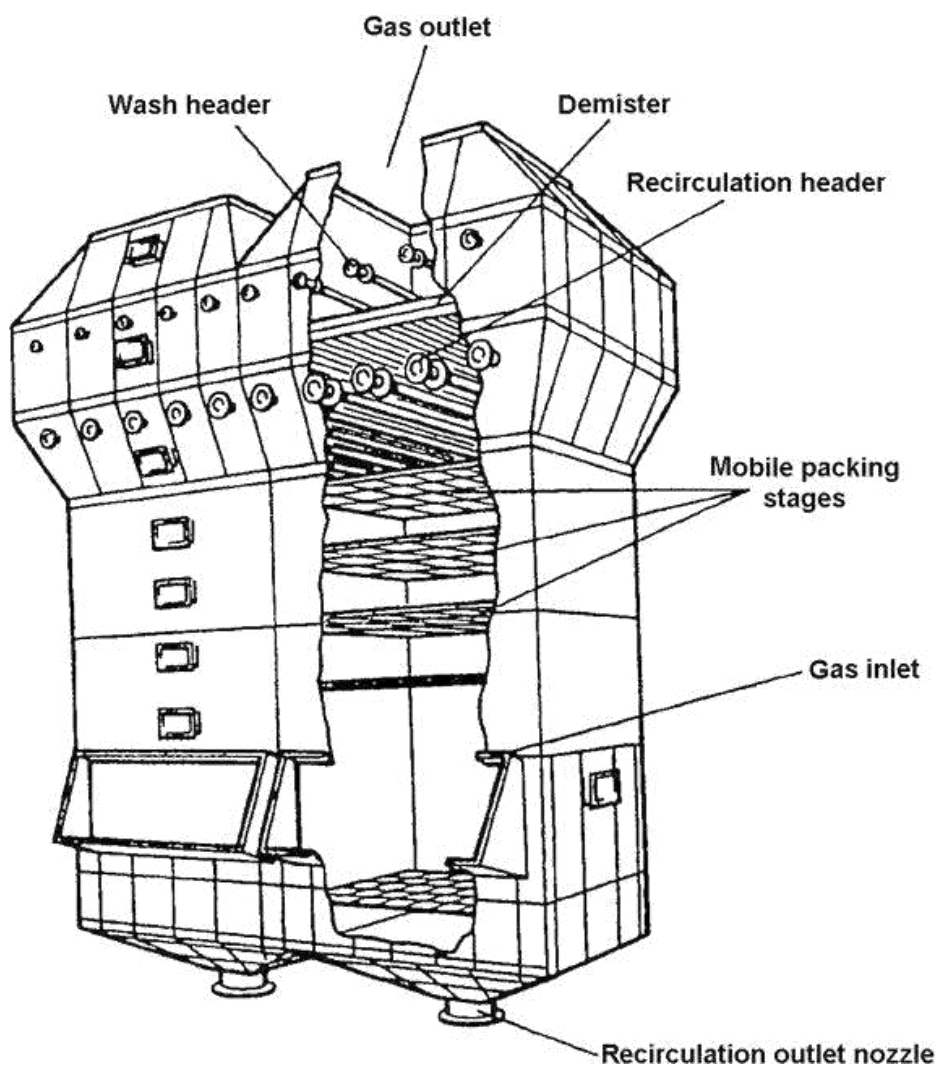
Venturiho práčka je pravdepodobne najbežnejšia mokrá práčka. Vo Venturiho práčkach sa čistiaca kvapalina vnáša rovnomerne do hornej časti konvergentnej časti Venturiho trubice, ako je znázornené na obrázku 3.16. Spaliny obsahujúce prach a čistiaca kvapalina vstupujú do hrdla Venturiho trubice, kde dochádza k atomizácii čistiacej kvapaliny v dôsledku rýchlosti dymových plynov.



Obrázok 3.16: Typická bloková schéma Venturiho systému

Zvlhčenie spalín týmto spôsobom vedie k zhlukovaniu malých častíc do väčších ťažších kvapôčok, ktoré sa ľahšie zachytávajú v odlučovači. Tým sa prekonávajú ťažkosti pri odstraňovaní jemných častíc inerčnými metódami. Na to, aby zachytené častice zostali na kvapôčkach, keď kvapôčky zrýchlia na svoju konečnú rýchlosť, je potrebná vysoká počiatočná relatívna rýchlosť medzi kvapôčkami a časticami. Prečistený plyn a unášané kvapôčky obsahujúce zachytené častice vstupujú do rozbiehajúcej sa časti, kde dochádza k ďalším zrážkam a aglomerácii.

Práčky s pohyblivým lôžkom na zachytávanie častíc sú naplnené plastovými guľčkami s nízkou hustotou, ktoré sa voľne pohybujú v držiakoch výplne, ako je znázornené na obrázku 3.17. Zachytávanie častíc možno zlepšiť použitím viacerých po sebe zapojených stupňov pohyblivého lôžka. Práčky s pohyblivým lôžkom zvyčajne využívajú protiprúdové toky. Výplň je udržiavaná v neustálom pohybe spalínami a vypieracou kvapalinou. Neustály pohyb výplne tak výrazne znižuje tendenciu lôžka upchávať sa.



Zdroj: [148, CIEMAT 2000]

Obrázok 3.17: Práčka s pohyblivým lôžkom

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií prachu.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Mnohé z týchto práčok sú navrhnuté na kombinované odstraňovanie častíc a kontrolu emisií oxidu siričitého s využitím alkalického popolčeka ako sorbentu. Na zvýšenie účinnosti odstraňovania SO₂ sa často pridáva vápno.

Tlaková strata a výkon Venturiho trubice vo veľkej miere závisia od rýchlosti plynu pretekajúceho Venturiho trubicou. Aby bolo možné zabezpečiť efektívnu prevádzku pri zníženom zaťažení kotla, niektoré Venturiho trubice sú navrhnuté s variabilnými hrdlami, ktoré môžu pracovať pri takmer konštantnej tlakovej strate, nezávisle od prietoku spalín (zaťaženia kotla). Za Venturiho trubicou nasleduje oddeľovacia sekcia na odstraňovanie unášaných kvapôčok.

Účinnosť separácie v prúdových práčkach je dobrá pri spracovaní stredného množstva prachu. Táto technika však nie je veľmi vhodná pre palivá s vysokým obsahom popola.

Tabuľka 3.8: Všeobecný výkon mokrých práčok

Technika	Účinnosť odstraňovania (%)				Ďalšie parametre výkonu	
	< 1 µm	2 µm	5 µm	> 10 µm	Parameter	Hodnota
Mokrú práčku (vysoko-energetická Venturiho práčka)	98,5	99,5	99	> 99,9	Spotreba energie ako % elektrickej kapacity	Až 3 % (5–15 (kWh/1000 m ³))
					Pomer kvapaliny a plynu	0,8–2,0 l/m ³
					Tlaková strata	30–200 (10 ² Pa)
					Rezíduum	Popolček/kal
					Rezíduum	Popolček/kal

Medzizložkové vplyvy

Vznikajú odpadové vody, ktoré môžu vyžadovať ďalšie čistenie a vypúšťanie.

Ak odlučovače hmly nefungujú správne, existuje možnosť, že aj po čistení môžu v spalínach zostať malé častice vody vrátane popolčeka. Veľké množstvo prachu môže spôsobiť upchatie a ovplyvniť prevádzkovú dostupnosť a účinnosť čistiaceho zariadenia.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použitie mokrých práčok sa bežne neuplatňuje na reguláciu emisií častíc. Mokré práčky sa však používajú v niektorých aplikáciách spaľovania pri vysokých teplotách a tlakoch, ako je integrovaný cyklus kombinovaného spaľovania a splyňovania (IGCC) a spaľovanie v tlakovom fluidnom lôžku (PFBC). V tomto prípade je pokles tlaku menej významný v porovnaní s prevádzkovým tlakom a v IGCC je problém opätovného ohrevu prekonaný, pretože plyn je následne ohrievaný spaľovaním.

Hospodárska únosnosť

Investičné náklady zahŕňajú reaktor, prípadný systém vstrekovania sorbentu a zariadenie na čistenie odpadových vôd. Prevádzkové náklady súvisia hlavne so spotrebou vody a nákladmi na energiu. Kondenzačné práčky chladia spaliny a absorbované teplo sa môže využiť napríklad na diaľkové vykurovanie. To zlepšuje hospodársku únosnosť tejto techniky.

Kapitálové náklady na mokré práčky sú vo všeobecnosti nižšie ako v prípade elektrostatických práčok a vrecových filtrov, čo ich robí potenciálne atraktívnymi pre použitie v priemyselnom meradle. To však môže byť kompenzované relatívne vysokým poklesom tlaku a prevádzkovými nákladmi, ako aj ďalšími dodatočnými nákladmi, ktoré môžu súvisieť s možnou potrebou zariadenia na čistenie odpadových vôd, väčším ventilátorom a obtokom spalín, ak nie je možné zariadenie zastaviť v prípade problému s chladiacim systémom. Spaliny sa počas mokrého čistenia ochladzujú a pred vypustením do atmosféry je potrebné ich opätovne zahriať, čo spôsobuje vyššie náklady na energiu.

Väčšina mokrých práčok na zachytávanie popolčeka z uhoľných kotlov (priemyselných alebo utilitárnych) je inštalovaná v USA. Najväčšia koncentrácia týchto zariadení je v západnej časti USA, kde je popolček z dostupného uhlia s nízkym obsahom síry tak vysoko odolný, že elektrické práčky sú menej ekonomicky atraktívne.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.2 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií SO_x

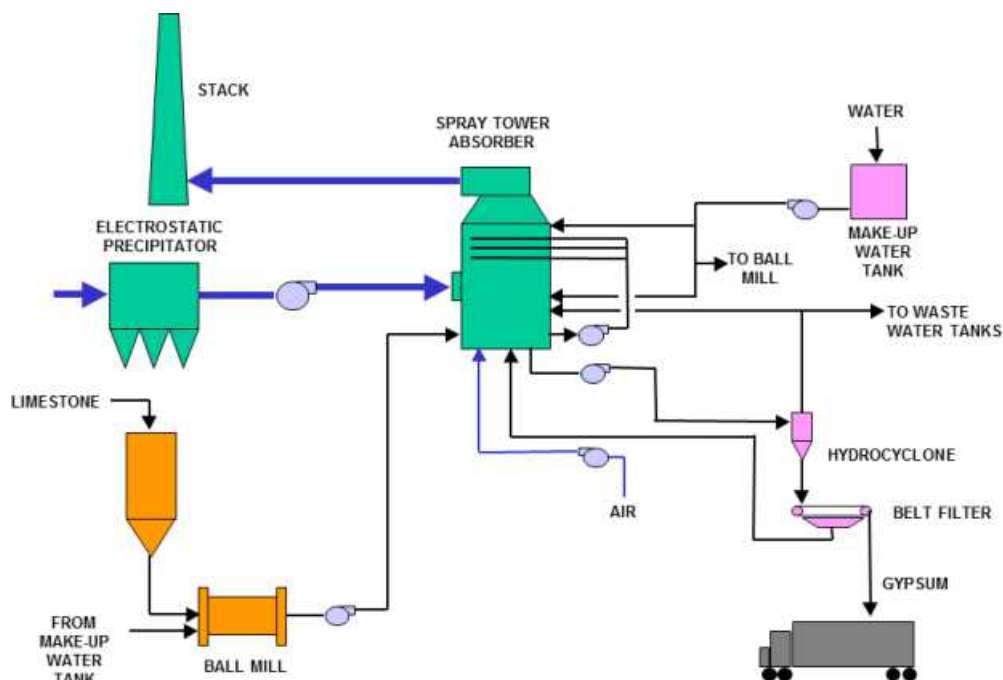
3.2.2.2.1 Mokré vápenné/vápencové práčky

Opis

Technika čistenia, pri ktorej sa síra odstraňuje zo spalín vstrekaním kaše z vápna/vápenca (tekutý roztok) do čistiacej suspenzie, aby sa zachytil SO₂ a premenil sa na sadru. Pri mokrom vypieraní sa plynné zlúčeniny rozpúšťajú vo vhodnej tekutine (voda alebo alkalický roztok). Je možné dosiahnuť súčasné odstránenie pevných a plyných zlúčenín. Za mokrou práčkou sú spaliny nasýtené vodou a pred ich vypustením je potrebné odseparovať kvapôčky. Výsledná kvapalina sa musí spracovať procesom odpadových vôd a nerozpustné látky sa zachytávajú sedimentáciou alebo filtráciou.

Technický opis

Obrázok 3.18 znázorňuje typický diagram toku systému mokrého odsírovania vápnom/vápencom. Vápenec sa bežne používa ako činidlo, pretože je v mnohých krajinách prítomný vo veľkom množstve a je zvyčajne oveľa lacnejší ako iné činidlá. V skorších zariadeniach sa ako činidlo bežne používalo vápno, pretože má lepšiu reaktivitu s SO₂. Vápno však bolo nahradené vápencom, aby sa znížilo riziko kalcinácie vápna, ktorá je energeticky náročná, nákladná a jej oprava je časovo náročná. V niektorých prípadoch sa však namiesto vápenca musí použiť vápno, pretože používatelia sadry z FGD kladú požiadavky na bielosť. V každom prípade môže FGD používajúci vápenec dosiahnuť takmer rovnaké odstránenie SO₂ ako vápno. Reaktivita vápenca má dôležitý vplyv na účinnosť systému FGD; v súčasnosti však neexistuje žiadna štandardná alebo normalizovaná metóda na testovanie reaktivity. Používajú sa aj iné činidlá, ako napríklad vápno obohatené horčíkom.

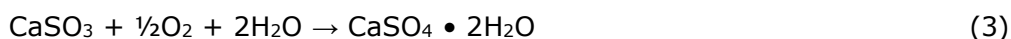
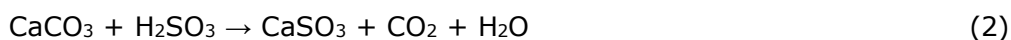


Zdroj: [169, TWG 2006 LCP BREF 2003]

Obrázok 3.18: Schematický diagram procesu mokrého vypierania FGD vápnom/vápencom

Spaliny opúšťajúce systém kontroly častíc zvyčajne prechádzajú cez výmenník tepla a vstupujú do absorbéra FGD, v ktorom sa SO₂ odstraňuje priamym kontaktom s vodnou suspenziou jemne mletého vápna, pričom obsah CaCO₃ vo vápenci by mal byť vyšší ako 95 % CaCO₃. Do absorbéra sa nepretržite dodáva čerstvá vápencová kaša. Prečistené spaliny prechádza odlučovačom hmly a je vypúšťaný do atmosféry z komína alebo chladiacej veže. Reakčné produkty sa odoberajú z absorbéra a posielajú sa na odvodnenie a ďalšie spracovanie.

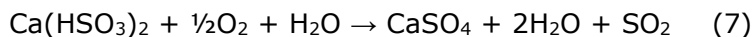
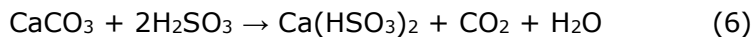
Mokré vápencové práčky sa vo všeobecnosti delia do dvoch kategórií podľa typu oxidácie: nútená oxidácia a prirodzená oxidácia. Spôsob oxidácie je určený chemickými reakciami, pH suspenzie činidla a výsledným vedľajším produktom. V režime nútenej oxidácie s rozsahom pH 5 až 6, ktorý je bežný v mokrých vápencových práčkach, prebiehajú nasledujúce chemické reakcie:



Reakcie (1) a (2) sú spoločné pre všetky mokré systémy FGD. Reakcia (3) ukazuje nútenú oxidáciu síranu vápenatého vzduchom a tvorbu (kryštalizáciu) dihydrátu síranu vápenatého alebo sadry v oxidačnom režime. V režime nútenej oxidácie sa vzduch vháňa do spodnej časti absorbéra, aby oxidoval siričitan vápenatý na síran vápenatý, čím sa dosiahne oxidácia viac ako 99 %.

V režime prirodzenej oxidácie sa síran vápenatý čiastočne oxiduje kyslíkom obsiahnutým v spaliniach. Hlavným produktom je síran vápenatý hemihydrát (5). Vytvorená zmes síranu vápenatého hemihydrátu a sadry má formu kalu.

V nižšom rozmedzí pH od 4,5 do 5,5 je chemická reakcia odlišná. Po absorpcii SO_2 (1) nie je primárnym produktom neutralizácie vápencovým kameňom síran vápenatý, ale bisulfid vápenatý $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$:



Bisulfid vápenatý je oveľa rozpustnejší ako sulfid vápenatý. Preto pri prevádzke v nižšom rozsahu pH existuje menšie riziko usadzovania a upchávania. Bisulfid vápenatý sa oxiduje a kryštalizuje za vzniku sadry alebo dihydrátu síranu vápenatého (7).

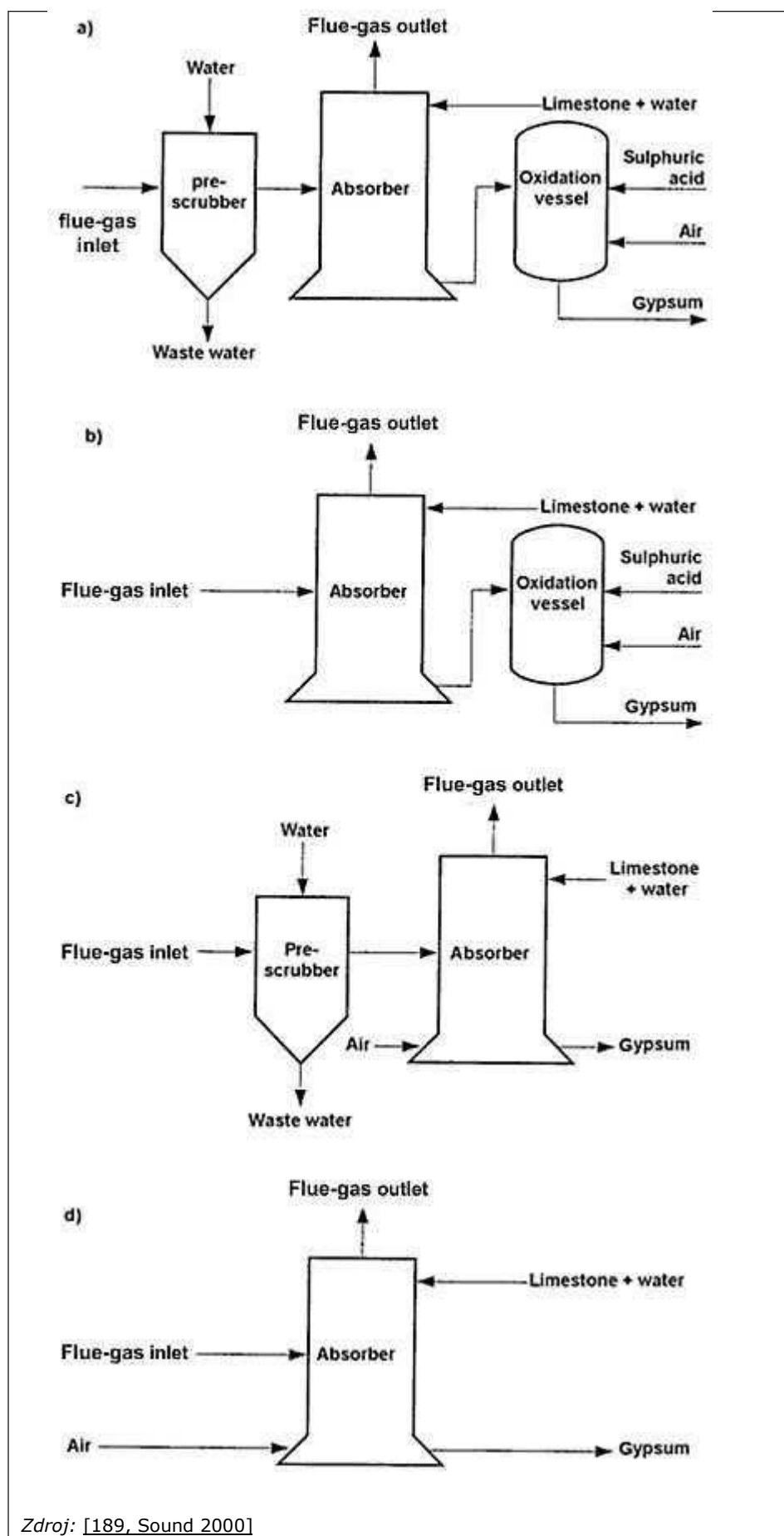
Tabuľka 3.9 uvádza porovnanie medzi režimom nútenej oxidácie a prirodzenej oxidácie v mokrej vápencovej práčke. Pri nútenej oxidácii je odvodňovanie jednoduché, pretože kryštály sadry sú relatívne veľké. Primárne odvodňovanie sa zvyčajne vykonáva pomocou hydrocyklónov, po ktorom nasleduje sekundárne odvodňovanie vo filtroch alebo odstredivkách. Konečný produkt, obsahujúci asi 90 % tuhých látok, sa ľahko spracováva a predáva sa buď hlavne ako sadra na omietky, cement a sadrokartónové dosky, čím nahrádza prírodnú sadru, alebo sa využíva na vyplňovanie baní, alebo sa skládkuje. Predaj sadry môže prispieť k celkovému zníženiu prevádzkových nákladov. Predajná sadra však vyžaduje umývanie počas sekundárneho odvodňovania, aby sa odstránili rozpustné soli, ako sú chloridy.

Tabuľka 3.9: Porovnanie medzi nútenou a prirodzenou oxidáciou

Režim	Vedľajší produkt	Veľkosť kryštálov vedľajšieho produktu	Využitie vedľajšieho produktu	Odvodňovanie	Spôľahlivosť	Použitá oblasť
Nútená oxidácia	Sadry 90 %; voda 10 %	0–100 μm	Sádkartón, cement atď.	Jednoduché: hydrocyklón plus filter	> 99 %	Európa a Japonsko
Prirodzená oxidácia	Síran vápenatý/ síran 50–60 %; voda 40–50 %	1–5 μm	Nepoužiteľné (skládky)	Nie je jednoduché: zahusťovadlo plus filter	95–99 kvôli problémom s usadzovaním	USA

Vedľajším produktom prirodzeného oxidačného procesu je zmes, ktorú je ťažké odvodniť. Táto zmes pozostáva z hemihydrátu síranu vápenatého a dihydrátu síranu vápenatého. Primárne odvodnenie si preto vyžaduje zahusťovač. Sekundárne odvodňovanie sa vykonáva pomocou filtrov alebo odlučovačov. Konečný vedľajší produkt obsahuje 40–50 % vody. V mnohých prípadoch sa ukladá do jazier alebo skládok, ale kvôli svojej tixotropnej povahe sa najskôr musí zmiešať s popolčekom a vápnom. Prírodný oxidačný proces sa používal hlavne v USA, ale v nových závodoch už nie je bežný. Jeho spoľahlivosť sa zlepšila, ale kvôli problémom s usadzovaním sadry stále dosahuje len asi 95–99 %. Existuje tendencia prechádzať z prirodzenej oxidácie na nútenú oxidáciu, pretože výsledný sadrovec je vhodnejší ako kal získaný prirodzenou oxidáciou, a to aj na účely skládkovania.

Konfiguráciu mokrých vápencových práčok možno vo všeobecnosti klasifikovať do štyroch typov (a, b, c a d), ako je znázornené na obrázku 3.19. Typy (c) a (d) sú tu znázornené v režime nútenej oxidácie, ale mohli by sa zmeniť na prirodzenú oxidáciu eliminovaním prívodu vzduchu do oxidačnej nádoby; v tomto prípade by rezíduom nebola sadra, ale kal.



Obrázok 3.19: Rôzne typy mokrých práčok s vápnom/vápencom

Typ (a) a typ (b) používajú dodatočnú oxidačnú nádobu a nie sú tu uvedené a rozoberané, pretože oxidačné nádoby sa používali len vo výskume.

Typ (c) nemá samostatnú oxidačnú nádobu. V tomto prípade sa oxidačný vzduch vháňa do spodnej časti absorbéra, kde sa vytvára sadra. Táto oxidačná metóda sa zvyčajne nazýva *in situ* oxidácia a v súčasnosti je najbežnejšou metódou. Keď oxidácia prebieha v oxidačnej nádobe, ako je to v prípade typov (a) a (b), proces sa nazýva *ex situ* oxidácia. Hoci predčistič sa používa primárne na odstraňovanie HCl a HF, predčistič s nízkym pH odstraňuje aj viac ortuti, ako aj jemné častice, ktoré môžu obsahovať iné stopové prvky. V Japonsku mnoho nových veľkých elektrární s odsiňovaním spalín používa typ (c) kvôli vysokej kvalite sadry, ktorú produkuje, a jeho vysokej prevádzkovej spoľahlivosti, čím sa vyhýbajú možným problémom, ktoré môžu nastať bez predčističa.

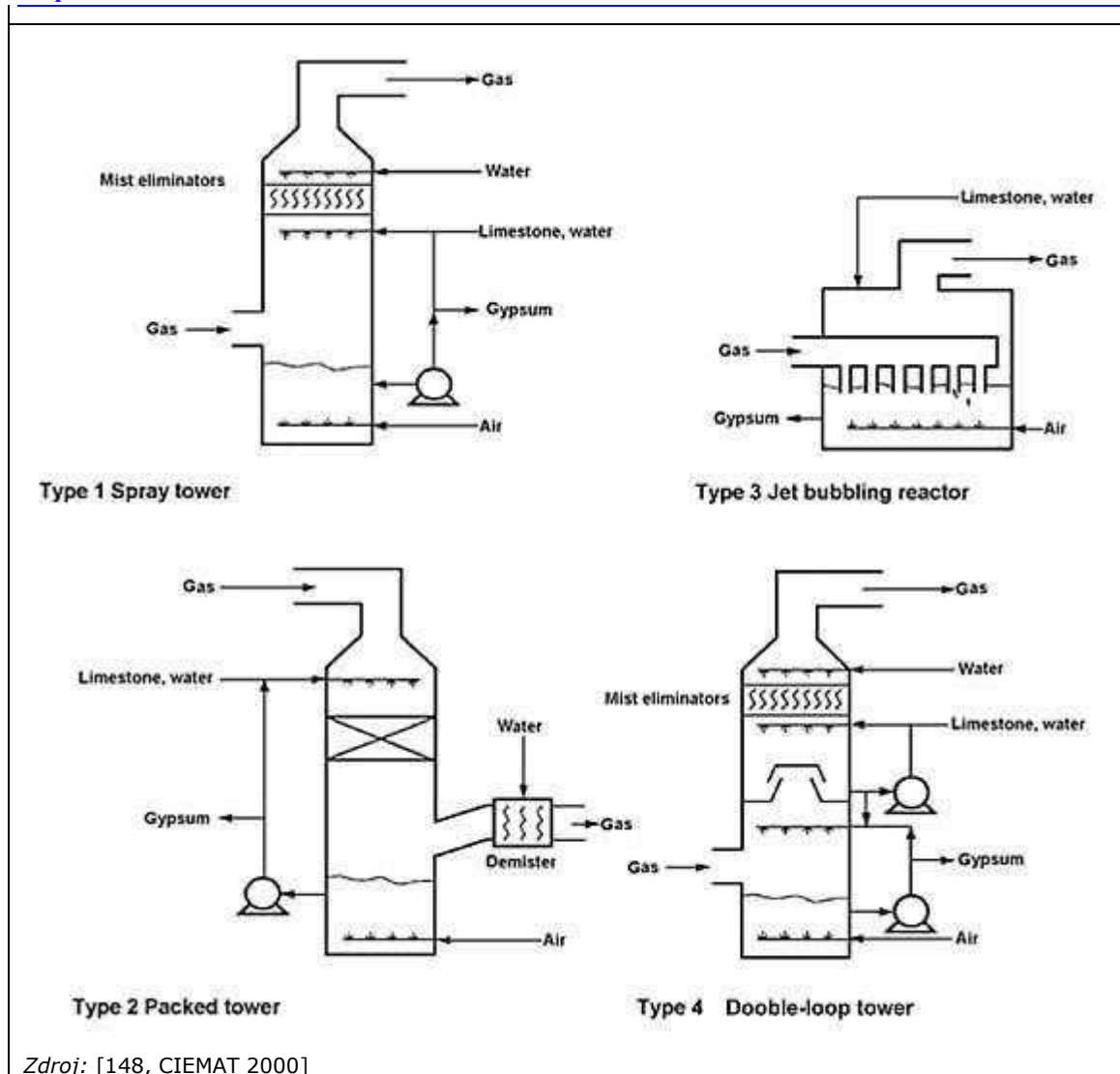
Odstránenie oxidačnej nádoby alebo prechod z *ex situ* oxidácie na *in situ* oxidáciu je významným pokrokom v technológii FGD. *In situ* oxidácia má oproti *ex situ* oxidácii mnoho výhod:

- V prvom rade oxidácia *in situ* zabraňuje problémom s usadzovaním a upchávaním prostredníctvom úplnej oxidácie produktu v absorbéri, čo vedie k vyššej prevádzkovej spoľahlivosti. Čiastočná oxidácia produktu v dôsledku kyslíka v spalinách spôsobuje usadzovanie sadry v absorbéri.
- Po druhé, oxidácia *in situ* dosahuje vyššiu účinnosť odstraňovania SO_2 ako oxidácia *ex situ*.
- Po tretie je dôležité poznamenať, že oxidácia *in situ* podporuje účinnosť odstraňovania SO_2 aj pri nízkych hodnotách pH, pretože H_2SO_4 , ktorý vzniká oxidáciou H_2SO_3 vstrekaním vzduchu, rýchlo reaguje s vápencom. Okrem toho je využitie vápenca vyššie ako pri oxidácii *ex situ* vďaka vyššej rozpustnosti vápenca pri nízkych hodnotách pH. Molárny pomer Ca/S sa pohybuje v rozmedzí od 1,02 do 1,1.

Ďalšou výhodou oxidácie *in situ* je, že je možné znížiť tvorbu S_2O_3 . Ide o vedľajší produkt vedľajšej reakcie oxidácie SO_2 a je to jedna z látok chemickej spotreby kyslíka (BSK). Znížením BSK v odpadovej vode na jednu päťtinu až jednu desatinu je možné znížiť požiadavky na čistenie odpadových vôd. Na rozdiel od typov (a) a (b) nie je potrebné pridávať H_2SO_4 na oxidáciu. Vznik *in situ* nútenej oxidácie zvýšil atraktivnosť mokrého vápenného pračiek.

Typ (d) je najjednoduchšia konfigurácia mokrých vápencových pračiek a v súčasnosti sa stal vedúcim systémom FGD. Všetky chemické reakcie prebiehajú v integrovanom jedinom absorbéri. To môže znížiť kapitálové náklady a spotrebu energie. Typ (d) dosiahol vysokú prevádzkovú spoľahlivosť a od konca 80. rokov produkuje sadru primeranej kvality. Integrovaná jediná veža tiež vyžaduje menej priestoru, čo uľahčuje dodatočnú inštaláciu do existujúcich kotlov. V Nemecku sú najnovšie inštalácie FGD typu (d). V USA je typ (d) tiež populárny vďaka nižším nákladom a vysokej účinnosti.

Konštrukcia absorbéra je v mokrých systémoch FGD kľúčová. Obrázok 3.20 ukazuje príklady rôznych typov absorbérov, v ktorých prebiehajú všetky chemické reakcie FGD spoločne.



Obrázok 3.20: Rôzne typy absorbérov

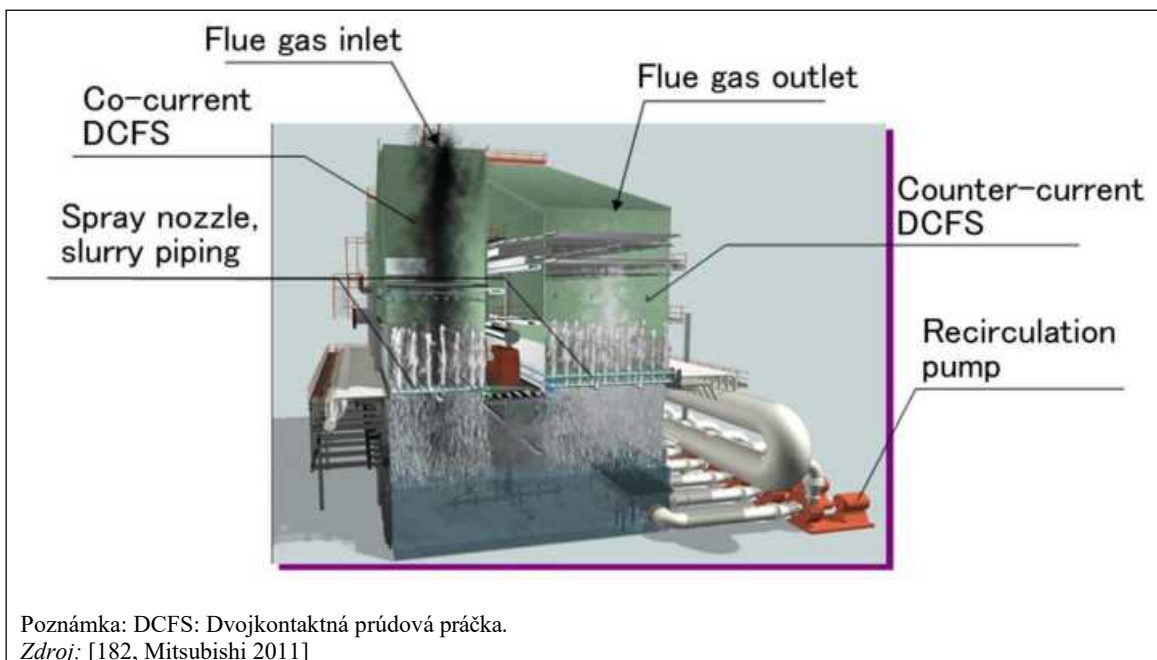
Typ 1 je **absorbér s rozprašovacou vežou** a je najčastejšie používaný vo vlhkých systémoch FGD po celom svete. Rozprašovacie veže majú zvyčajne tri až štyri rozprašovacie hlavy s viacerými rozprašovacími dýzami, cez ktoré sa rozprašuje a rovnomerne rozptyľuje vodná suspenzia sadrového kalu obsahujúca jemne mletý vápenec. Spaliny zavádzané do absorbéra sú v tesnom kontakte s voľne sa pohybujúcimi kvapôčkami, zvyčajne v protiprúdovej konfigurácii bez zariadení obmedzujúcich tok plynu. Prepravené kvapalné hmlý sú zachytávané odlučovačmi hmlý. Táto konštrukcia bola vyvinutá s cieľom vyriešiť problémy s usadzovaním usadenín v systémoch FGD prvej generácie vybavených vnútorne štruktúrovanými absorbérmi.

Typ 2 je **plnená vežová absorpčná komora** s plastovou mriežkovou výplňou, pôvodne vyvinutá v Japonsku. Plnená veža predlžuje dobu zotrvania plynu a kvapaliny v kontakte, čo vedie k vyššej účinnosti odstraňovania SO_2 . Plnená veža je teraz prevádzkovaná bez problémov s usadzovaním vďaka lepšiemu pochopeniu procesov FGD. Okrem toho dôležitou vlastnosťou konfigurácie s vysokorýchlostným súbežným prúdom plynu je kompaktná konštrukcia veľkoplošnej absorpčnej komory.

Typ 3 je známy ako **turbulentný bublinový reaktor alebo reaktor s prúdom bublín**. Spaliny sa vstrekujú do suspenzie cez početné ponorené rúrky, zatiaľ čo vápencová suspenzia sa vháňa do turbulentného bublinového reaktora a vzduch na oxidáciu sa vháňa do suspenzie. Tento typ absorbéra je dobrým príkladom zjednodušeného procesu FGD. Eliminuje potrebu recyklačných čerpadiel, rozprašovacích dýz a rozdeľovačov, samostatných oxidačných nádrží a zahusťovačov, čím minimalizuje ťažkosti aj spotrebu energie.

Typ 4 využíva **koncepciu dvojitého okruhu**, ktorú ako prvú zaviedli v USA. Tento absorbér má dva okruhy, ktoré sa označujú ako chladiaci a absorbér, pričom každý z nich má inú hodnotu pH a inú funkciu. Niekoľko zariadení využívajúcich tento typ absorbéra bolo inštalovaných v Kanade, Nemecku a USA.

Od polovice 2000. rokov boli implementované aj iné systémy kombinujúce tieto typy absorbérov, ako napríklad mokrý systém FGD znázornený na obrázku 3.21, ktorý kombinuje typy absorbérov 1 a 2 v systéme s rovnakým a protismerným prúdom.



Obrázok 3.21: Príklad systému mokrej FGD s rovnakým a protismerným prúdom

Systémy mokrého odsírovania vápencovým kameňom sú prirodzene vystavené agresívnemu prevádzkovému prostrediu, čo vedie ku korózii, erózii a abrázii. Cesta spalín od vstupu do absorbéra po výstup z komína musí byť chránená, napríklad pomocou gumových alebo vložkových výsteliek, pred pôsobením kyselín spôsobeným adiabatickým chladením a nasýtením plynu. Zvláštnu pozornosť si vyžadujú vstupné potrubie, absorbér, systémy ohrevu výstupného potrubia a výstelky komína. Všetky časti, ktoré prichádzajú do styku s kalom, sú vystavené korozívnym a abrazívnym vplyvom. Patria sem rozprašovacie zóny, nádrže, miešače, čerpadlá, potrubia, ventily a všetky odvodňovacie zariadenia.

Teplota spalín sa zníži na približne 45 – 80 °C prechodom cez mokré jednotky FGD. Na zlepšenie rozptylu čistých spalín z komína a zníženie frekvencie výskytu viditeľného dymu vyžadujú predpisy minimálnu teplotu spalín na výstupe z komína. Na splnenie tejto požiadavky je potrebné spaliny opätovne zahriať. Na opätovné zahriatie spalín sa najčastejšie používa regeneratívny výmenník tepla plyn-plyn (ohrev). Niektoré nové predpisy už nevyžadujú minimálnu teplotu na komíne. Okrem toho vypúšťanie čistých spalín cez mokrý komín vyžaduje menej elektrickej energie, hoci dochádza k viditeľnému efektu dymu.

Dispersné modely ukázali, že výška komína je pre disperziu spalín oveľa dôležitejšia ako vztlak vypúšťaných plynov, aby sa zabezpečil nízky vplyv na kvalitu ovzdušia v blízkosti zariadenia bez ohrevu spalín. Vztlak vypúšťaných plynov (a tým aj disperzia) sa v prípade potreby môže zvýšiť ohrevom spalín, ale disperziu možno zlepšiť aj vyššou výstupnou rýchlosťou komína.

Aplikácia mokrého systému FGD vyžaduje značný priestor. V existujúcich zariadeniach, kde FGD pôvodne nebolo súčasťou procesu, môže chýbať dostatočný priestor a môže byť potrebné dodatočné potrubie, čo vedie k oveľa vyšším investičným nákladom.

Pri implementácii tohto procesu v existujúcej inštalácii môže byť potrebné vybudovať aj nový komín, pretože výfukové plyny z FGD sú oveľa korozívnejšie (rosný bod sa dosahuje v práčke) ako výfukové plyny z inštalácií bez FGD úpravy a existujúci komín nemusí byť navrhnutý alebo vhodný na tento účel. Tieto nové komíny môžu využívať moderné výstelky komínov, ktoré znižujú kondenzáciu kyselín a zlepšujú rozptyl rýchlym zahrievaním počas spúšťania. Toto sa stáva čoraz dôležitejším, pretože vývoj na trhu s elektrickou energiou vedie k tomu, že viac zariadení pracuje prerušovane, aby sa prispôbili dopytu.

Procesy mokrých práčok prešli v posledných desaťročiach značným vývojom, čo viedlo k zlepšeniu spoľahlivosti a účinnosti odstraňovania, ako aj k zníženiu nákladov. Spoľahlivosť je zvyčajne viac ako 99 % pri nútenej oxidácii a 95 – 99 % pri prirodzenej oxidácii. Použitelnosť môže byť ovplyvnená komponentmi práčky aj pomocnými procesmi spojenými s procesom absorpcie.

Proces zahŕňajúci zrážanie hydroxidov a sulfidov, čistenie a odvodňovanie kalov sa ukázal ako dobré opatrenie na čistenie odpadových vôd po odsírovacej prevádzke na odstránenie kovov a suspendovaných tuhých látok.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížené emisie SO_x, HCl, HF, prachu a kovov viazaných na častice do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Tabuľka 3.10: Výkon techniky mokrej vápennej/vápenčovej práčky na znižovanie emisií oxidov síry

Technika	Všeobecná miera zníženia SO ₂	Ďalšie parametre výkonu	
		Parameter	Hodnota
Mokrú vápennú/ vápencová práčka	92 % až > 99 % (v závislosti od typu absorbéra)	Prevádzková teplota	45–60 °C
		Sorbent	Vápenec, vápno, krieda
		Spotreba energie ako % elektrickej kapacity	1–3
		Tlaková strata	20–30 (10 ² Pa) (bez plynového ohrievača)
		Molárny pomer Ca/S	1,02–1,1
		Spoľahlivosť	95–99 % (prevádzkovej doby)
		Zvyšok/vedľajší produkt	Sadra
		Čistota sadry	90–95
		Doba zotrvania	< 5–10 s
		Životnosť gumového obloženia	> 10 rokov (uhlie)
		Miera odstraňovania aerosólu SO ₃	50
		Miera odstraňovania HCl	90–99
		Miera odstraňovania HF	90–99 % v absorbéri
		Častice	> 50 % (napr. v prípade spaľovania uhlia; v prípade iných palív závisí od veľkosti častíc)
Spotreba surovej vody	220–250 l/MWh _e V dieselovej elektrárni bez rekuperácie tepla približne 1,1 m ³ /MWh _e		

Poznámka:

Miera redukcie SO₂ v niektorých existujúcich jednotkách FGD začína na úrovni 85 %.

Z celkovej inštalovanej kapacity FGD je 80 % mokrých práčok, z ktorých 72 % používa ako činidlo vápenec, 16 % používa vápno a 12 % používa iné činidlá.

Výber vápenca (s vysokým obsahom uhličitánu vápenatého a nízkym obsahom Al, F a Cl) je dôležitý pre zabezpečenie dobrého stupňa odstraňovania SO₂.

Vzdialenosť, ktorú musí vápenec prekonať, aby sa dostal do závodu, a reaktivita vápenca sú tiež dva dôležité faktory, ktoré je potrebné zohľadniť.

Niekedy sa na udržanie hodnoty pH čistiacieho roztoku používajú organické pufre, čím sa zvyšuje odstraňovanie SO₂ alebo obmedzuje množstvo vápna/vápenca potrebného na reakciu.

Pri použití hnedého uhlia s nízkou výhrevnosťou a vysokým obsahom vlhkosti môže prevádzková teplota dosahovať až 75 °C.

Sadra môže byť predajným vedľajším produktom.

Účinnosť odstraňovania je funkciou prietoku kvapaliny smerom nadol v porovnaní s prietokom spalín smerom nahor (tzv. pomer kvapaliny k plynu a výsledná doba kontaktu a objem v absorpčnom zariadení). Do určitej miery závisí aj od typu použitého výplňového materiálu, teploty vody a prídania chemikálií. Medzi faktory obmedzujúce účinnosť odstraňovania patria veľkosť a cesty nádrže, kapacita čerpadiel, veľkosť a konfigurácia potrubia a veľkosť zbernej nádrže.

V rámci týchto obmedzení existuje v zásade niekoľko možností na zlepšenie výkonu systému FGD. Vo všeobecnosti sa delia do dvoch kategórií: tie, ktoré zlepšujú kontakt spalín s kvapalinou v absorpčnej veži, a tie, ktoré zlepšujú chemické vlastnosti samotného procesu. Príklady prvých zahŕňajú: stenové krúžky, medzipriestorovú úroveň rozprašovania, vylepšený zberač a trysku a podnos.

Príkladom druhej kategórie je dávkovanie chemikálií, napríklad použitie organických kyselín, na úpravu alebo optimalizáciu pH. Prídaním organickej kyseliny (alebo organického pufru), napríklad kyseliny adipovej, do vápenčového systému FGD sa zvyšuje schopnosť kalovej kvapaliny absorbovať SO₂ prostredníctvom pufrovania pH

v absorbéri. Prevádzková hodnota pH, optimálne 5,0–5,1, povolená pre systém s pridaním kyseliny adipovej, je nižšia v porovnaní s hodnotou pH 5,1–5,5, ktorá sa zvyčajne vyžaduje pre systém bez pridaného vápenca. Týmto spôsobom je možné zlepšiť účinnosť odstraňovania SO₂ a/alebo znížiť náklady na odsírovanie, hlavne úsporou vápenca a znížením energetickej náročnosti prevádzky recirkulačných čerpadí. [14, MOBLEY et al. 1986] [15, WANG a BURBANK 1982]

V niektorých zariadeniach sa preukázalo, že použitie organických kyselín, ako je kyselina adipová, v existujúcich zariadeniach vybavených mokrou FGD navrhnutou pre výstupnú koncentráciu SO₂ ~400 mg/Nm³ zlepšuje výkon FGD, ale sú s tým spojené vedľajšie účinky, ako je zvýšená BOD (biochemická spotreba kyslíka) v odpadových vodách, čo si vyžaduje dodatočné zariadenia na čistenie. [121, Eurelectric 2012]

Jednou z možností, ktorá sa nachádza medzi týmito skupinami, je vynechanie plynového ohrievača. To môže zlepšiť výkonnosť tým, že sa zníži riziko, že malé percento spalín prejde zo strany surových spalín ohrievača na stranu čistých spalín bez toho, aby bolo upravené.

Výkon, ktorý je možné dosiahnuť týmito opatreniami, je vysoko špecifický pre dané miesto a jeho rozsah je uvedený v tabuľke 3.11.

Tabuľka 3.11: Možnosti zlepšenia výkonu

Opatrenie	Zlepšenie výkonu
Stenové krúžky	3–5
Úroveň rozprašovania medzi priestormi	3–5
Vylepšená hlavica a tryska	3–5
Chemické prísady	1–6
Podnos	2–7,5
Zdroj: [183, UK-TWG 2011]	

Účinnosť týchto opatrení bude do určitej miery podliehať klesajúcej návratnosti, alebo inými slovami, čím lepšia je výkonnosť základnej jednotky, tým menej priestoru je na zlepšenie jej výkonnosti, a tak zlepšenia môžu byť ešte nižšie ako spodná hranica uvedeného rozsahu. Okrem toho, ak je kontakt medzi plynom a kvapalinou už dobrý, pridanie ďalšieho opatrenia na zlepšenie kontaktu medzi plynom a kvapalinou by malo len minimálny vplyv na výkon, ak vôbec nejaký. To platí aj pre chemické zlepšenia, ak je chemické zloženie už dobré.

Pokiaľ ide o odsírovanie spalín z motorov spaľujúcich kvapalné palivá, väčší dieselový motor má napríklad obsah kyslíka v spalínach približne 13 – 15 obj. Kotoľňa má zvyčajne 3–6 obj. % O₂ (vzduchový faktor 1,2–1,4) v závislosti od použitého paliva. Vyšší obsah kyslíka znamená väčší prietok spalín a potrebu väčšieho reaktorového systému FGD, čo vedie k vyšším investičným nákladom na kW_e, ako je uvedené vyššie.

Medzizložkové vplyvy

- Vytváranie odpadových vôd s potenciálnym zvýšením BSK v odpadových vodách pri použití organických kyselín.
- Vysoká spotreba vody.
- Zníženie energetickej účinnosti spaľovne.
- Ak je pred mokrým systémom FGD potrebné opätovné ohriatie spalín, strata energie je veľká v porovnaní so suchými systémami FGD a kombinovanými systémami odstraňovania SO₂/NO_x, ktoré vo všeobecnosti nevyžadujú opätovné ohriatie spalín.

- Problémom spojeným s používaním rotačných plynových výmenníkov tepla pracujúcich pri teplote približne 150 °C je prirodzený vnútorný únik spalín, pričom 1 – 3 % surových spalín ide priamo do komína bez zníženia obsahu SO₂. Aby sa dosiahla predpísaná úroveň emisií SO_x z komína, zariadenie musí byť navrhnuté tak, aby účinnejšie odstraňovalo SO_x, čo môže ovplyvniť spotrebu činidla a požadovanú kvalitu. Riešením je použitie systému na zníženie úniku, ktorý umožňuje znížiť únik až na 0,5 %, alebo nahradenie plynového ohrievača za mokrým systémom FGD viacpásmovým odvodom tepla, napr. keď je potrebné vymeniť alebo nahradiť výmenník tepla, alebo odstránenie a vypúšťanie spalín cez chladiacu vežu alebo mokrý komín.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Dodatočná inštalácia do existujúcich zariadení môže byť náročná z dôvodu priestorových požiadaviek na práčky a pomocné zariadenia vzhľadom na ich veľkosť a/alebo zložité úpravy existujúcich potrubných systémov spalín.

Existujúce zariadenia, ktoré už používajú mokrý systém FGD, môžu znížiť emisie SO₂ optimalizáciou prietoku v absorpčnej nádobe.

Hospodárska únosnosť

Kapitálové náklady na mokré vápencové práčky sú relatívne vysoké, ale prevádzkové náklady sú vďaka pokročilej automatizácii, spoľahlivosti a predajnému vedľajšiemu produktu primerané. Kapitálové náklady sa môžu výrazne líšiť. Závisia od špecifikácií lokality a technických a ekonomických podmienok, ako sú veľkosť elektrárne, koncentrácie SO₂ na vstupe a výstupe, stratégia redundancie, ročné prevádzkové hodiny, roky prevádzky, správa sadry alebo rezíduí, náklady a kvalita surovej vody, úrokové sadzby, počet jednotiek na mieste, situácia na trhu FGD atď.

Kapitálové náklady na proces mokrého vypierania vápnom/vápencom sú ovplyvnené hlavne prietokom spalín a ďalšími faktormi špecifickými pre dané miesto, ako je dispozícia zariadenia, dostupný priestor a potrebné úpravy existujúcich zariadení. V niektorých prípadoch sa dá očakávať, že tieto faktory zvýšia náklady o približne 50 %. Dodatočná inštalácia zariadení na odsírovanie spalín je oveľa drahšia ako inštalácia na zelenej lúke. Kapitálové náklady na mokré vypieranie vápencovým kameňom namontované na kotle sa pohybujú od 35 do 50 EUR na kW_e v prípade nových zariadení a od 60 do 300 EUR na kW_e v prípade modernizácií. Prevádzkové a údržbové náklady sa pohybujú medzi 0,4 a 0,7 EUR na MWh (príkon energie). Typické náklady na odstraňovanie SO₂ sa pohybujú medzi 750 a 1150 EUR na tonu odstráneného SO₂, čo zodpovedá vplyvu 3 – 6 EUR na MWh na náklady na výrobu elektrickej energie.

[3, LCP TWG 2012]

Pokiaľ ide o modernizáciu existujúcich mokrých systémov odstraňovania SO₂, štúdia vykonaná pre britskú agentúru EPA identifikovala prípad, keď dodatočné náklady na zníženie SO₂ z 800 mg/Nm³ na 400 mg/Nm³ v jednotke s výkonom 500 MW predstavovali približne 7,5 milióna GBP. To si vyžiadalo dodatočné kalové čerpadlo, dodatočnú úroveň rozprašovania a zvýšenie výšky absorbéra. Bolo potrebné dodatočné množstvo vápenca, čo si vyžiadalo väčšie zariadenia na mletie vápenca a zväčšenie celého systému na manipuláciu s vápencami. Podobne došlo k zväčšeniu zariadení na manipuláciu so sadrou. Štúdia dospela k záveru, že primeraný odhad zvýšenia kapitálových nákladov na prechod z 200 mg/Nm³ na 100 mg/Nm³ by bol 5 miliónov GBP. [183, UK-TWG 2011]

Hnacia sila implementácie

Zníženie emisií SO_x, HCl, HF, prachu a kovov viazaných na častice.

Príklady zariadení

Pozri časti o spaľovaní uhlia, hnedého uhlia, biomasy, rašeliny a ropy.

Referenčná literatúra

Informácie nie sú k dispozícii.

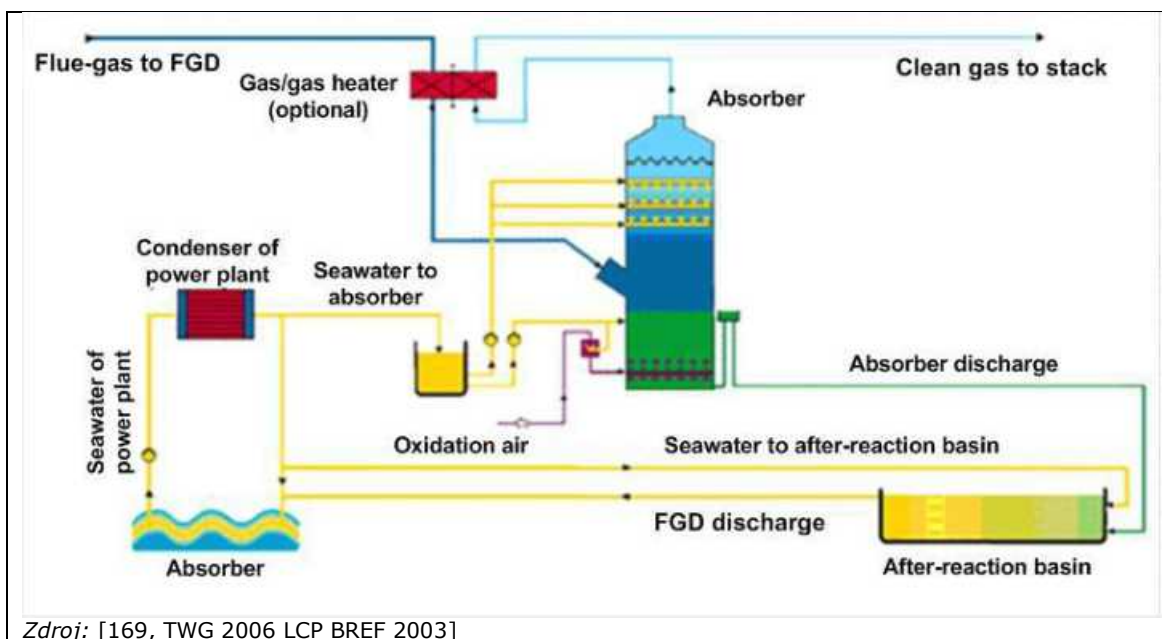
3.2.2.2.2 Práčka s morskou vodou

Opis

Špecifický neregeneratívny typ vypierania, pri ktorom sa vďaka svojej zásaditosti ako rozpúšťadla používa morská voda v lokalitách, kde je k dispozícii veľké množstvo morskej vody.

Technický opis

Vypieranie morskou vodou využíva prirodzené vlastnosti morskej vody absorbovať a neutralizovať oxid siričitý v spalínach. Ak je v blízkosti spaľovacieho zariadenia k dispozícii veľké množstvo morskej vody, je pravdepodobné, že sa bude používať ako chladiaci prostriedok v kondenzátoroch. Za kondenzátormi sa morská voda môže opätovne použiť na odsírovanie spalín. Základné princípy procesu čistenia morskou vodou sú znázornené na obrázku 3.22.

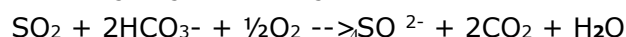


Zdroj: [169, TWG 2006 LCP BREF 2003]

Obrázok 3.22: Proces vypierania morskou vodou

Spaliny zo spaľovacieho zariadenia opúšťajú odľučovač prachu, zvyčajne vrecový filter alebo elektrostatický odľučovač, a potom sú vedené do absorbéra SO₂, kde prichádzajú do kontaktu s kontrolovaným množstvom morskej vody, ktorá je odoberaná z výtoku chladiacej vody kondenzátora parnej turbíny. Vďaka prítomnosti hydrogenuhlíkatu a uhličitanov v morskej vode dochádza k absorpcii oxidu siričitého zo spalín. Okyslený odpad z absorpčného zariadenia sa zmieša s ďalšou morskou vodou, aby sa zabezpečilo, že pH je na optimálnej úrovni pre oxidačný proces. Vstrekovaný vzduch urýchľuje oxidáciu absorbovaného oxidu siričitého z bisulfitu na bisulfát a odstraňuje rozpustený CO₂. Voda bude takmer nasýtená kyslíkom a hodnota pH sa vráti do neutrálnej hodnoty, než sa morská voda vypúšťa späť do mora. Proces s morskou vodou nezahŕňa žiadny dovoz ani vývoz činidiel alebo pevných vedľajších produktov. Používa iba morské vody, ktoré už boli použité v procese výroby elektriny alebo tepla ako chladiaca voda pre kondenzátor parnej turbíny.

Proces je založený na nasledujúcej chemickej reakcii:



Systémy obsahujú tlmice (bežne označované ako modulátory), ktoré umožňujú, aby rôzne množstvá spalín obchádzali jednotky FGD. Toto je užitočné ako bezpečnostné opatrenie a v niektorých konštrukciách ponúka spôsob zvýšenia teploty emisií spalín s cieľom zlepšiť rozptyl (pozri nižšie). Ich použitie môže tiež zabrániť vypúšťaniu vody s nízkym pH, ak sa iné potenciálne opatrenia, ako napríklad použitie dodatočných energeticky náročných prevzdušňovacích dýchadiel, považujú za nedostatočné alebo nedostatočne rýchle.

Do všetkých systémov je začlenené opätovné ohrievanie spalín, aby sa zlepšilo rozptýlenie spalín, ktoré by inak mali teplotu blízku teplote morskej vody. To sa vykonáva buď pomocou ohrievača plynu a plynu, alebo pomocou zmiešavača neupraveného plynu a horúceho obtokového plynu. Proces morskej vody odstraňuje vlhkosť zo spalín na rosný bod blízky teplote morskej vody, ktorý je zvyčajne nižší ako miestne atmosférické teploty, takže dym z komína nie je zvyčajne viditeľný. V niektorých zariadeniach nachádzajúcich sa v ústiach riek môže prílev sladkej alebo brakickej vody, napríklad po dlhých obdobiach zrážok, ovplyvniť alkalitu morskej vody a tým aj jej schopnosť odstraňovať SO₂. Pri odlive v ústiach riek môže dochádzať k recirkulácii medzi výtokom a prívodom chladiacej vody. To môže zase ovplyvniť účinnosť odstraňovania SO₂ a kyslosť vypúšťanej chladiacej vody, čo si vyžaduje čiastočné obídenie jedného alebo viacerých absorbérov FGD pomocou vyššie uvedených modulátorov. [184, Spojené kráľovstvo 2013]

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zníženie emisií SO_x.
- Jednoduchý proces, ktorý nevyžaduje manipuláciu s kalmi a nevytvára vedľajšie produkty.
- Zníženie emisií kovov do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Tabuľka 3.12: Výkonnosť techniky čistenia morskej vody na znižovanie emisií oxidov síry

Technika	Všeobecná miera zníženia SO ₂	Ďalšie parametre výkonnosti	
		Parameter	Hodnota
Čistenie morskou vodou	85–98	Prevádzková teplota (príklad)	145 °C (príklad prívodu spalín) 30–40 °C (= teplota výstupu morskej vody)
		Sorbent	Morská voda, vzduch
		Doba zdržania morskej vody v prevzdušňovači	15 min (napríklad, doba zotrvania závisí od typu procesu)
		Max. prietok spalín na jeden absorbér	Žiadne obmedzenie prietoku plynu
		Spoľahlivosť	98–99
		Rezíduá/vedľajšie produkty	Žiadne
		Spotreba energie ako % elektrickej kapacity	0,8–1,6
		Miera odstraňovania HCl	95–99
		Miera odstraňovania HF	95–99 % (v absorbéri)
		Odpadová voda	Vypúšťaná priamo späť do mora (sulfátové ióny rozpustené v morskej vode)
		Tlaková strata	10–20 (10 ² Pa)

Poznámka: Na rozdiel od systému vápenca a sadry, ktorý zapína a vypína úroveň rozprašovania, aby prispôbil výkon obsahu síry v uhlí, absorbér morskej vody používa iba kontrolovaný obtok, ktorý zlepšuje ohrev a znižuje vplyv krížových médií na morské vody pri spaľovaní uhlia s nižším obsahom síry.

Medzizložkové vplyvy

Miestne podmienky, ako sú podmienky morskej vody, prílivové prúdy,orské (vodné) prostredie v blízkosti výstupu vody z práčky atď., je potrebné starostlivo preskúmať, aby sa predišlo akýmkoľvek negatívnym environmentálnym alebo ekologickým vplyvom.

Vplyvy môžu vzniknúť v dôsledku zníženia úrovne pH v širokom okolí spaľovne, ako aj v dôsledku vstupu zvyškových kovov, najmä Hg, a popolčeka. To platí najmä pre zariadenia umiestnené v ústí rieky. Vstrekovanie aktívneho uhlíka do prúdu spalín spolu s použitím vrecového filtra pred odsírovacou jednotkou morskej vody umožňuje znížiť emisie ortuti do vody. Vypúšťanie do vody bude obsahovať síranové a chlórne ióny, ktoré sú prirodzenými zložkami morskej vody. [184, UK 2013] [120, EEB 2013]

Ďalším medziodvetvovým vplyvom je zníženie energetickej účinnosti spaľovacieho zariadenia.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

- Musí byť k dispozícii morská voda, ktorá sa už používa ako chladiaca voda.
- Použiteľnosť vypierania morskou vodou je veľmi vysoká, pretože proces je jednoduchý a nevyžaduje manipuláciu s kalom. Je však použiteľný len pre palivá s nízkym obsahom síry.
- Keďže častice (možno vrátane ich obsahu kovov) sa prenášajú do morskej vody, pred vypieraním morskou vodou je potrebná účinná technika odstraňovania častíc.
- Dodatočná inštalácia do existujúcich zariadení môže byť náročná z dôvodu priestorových požiadaviek na práčky a pomocné zariadenia vzhľadom na ich veľkosť a/alebo zložité úpravy existujúcich systémov potrubí spalín.

Hospodárska únosnosť

Kapitálové a prevádzkové náklady sú nízke (nie sú potrebné žiadne chemikálie vo veľkom množstve, hoci sa niekedy používa hydroxid horečnatý na zvýšenie alkalinity).

Pre zariadenie s výkonom 300 – 500 MW_e, ktoré je vybavené systémom FGD na báze morskej vody na dosiahnutie 90 % zníženia SO₂, sú uvedené orientačné kapitálové náklady 110 GBP/kW_{el} a prevádzkové náklady 0,0011 GBP/kW_{el} (ceny z roku 1999). [120, EEB 2013]

Hnacia sila implementácie

Zníženie emisií SO_x, HCl, HF, prachu a kovov viazaných na častice.

Príklady zariadení

Zariadenie Aberthaw vo Walese v Spojenom kráľovstve (závod 493). Zariadenie Kilroot v Severnom Írsku v Spojenom kráľovstve.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.2.3 Mokrá práčka s horčíkom

Opis

Technika čistenia pomocou morskej vody ako rozpúšťadla a hydroxidu horečnatého na zvýšenie alkalinity.

Technický opis

Činidlom pri čistení horčíkom je hydroxid horčíka, ktorý sa vyrába pridaním haseného vápna do morskej vody s cieľom zvýšiť alkalitu. Vytvára odpadovú síranovú kvapalinu. Síran horčíka sa môže vypúšťať do mora, pretože síran horčíka je zložkou morskej vody.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií SO_x do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

Miestne podmienky, ako napríklad stav morskej vody, prílivové prúdy,orské (vodné) prostredie v blízkosti výstupu vody z práčky atď., je potrebné starostlivo preskúmať, aby sa predišlo akýmkoľvek negatívnym environmentálnym alebo ekologickým vplyvom.

Vplyvy môžu vzniknúť v dôsledku zníženia hodnoty pH v širšom okolí zariadenia, ako aj v dôsledku vstupu zvyškových kovov, najmä Hg, a popolčeka. To platí najmä pre elektrárne umiestnené v ústí riek.

Ďalším medzizložkovým vplyvom je zníženie energetickej účinnosti spaľovacieho zariadenia.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Tento proces je vhodný len pre zariadenia umiestnené v blízkosti pobrežia.

Systém mokrého vypierania na báze horčíka sa používa hlavne v menších zariadeniach, t. j. s výkonom menším ako 50 MW, a preto nie je v tomto dokumente ďalej popisovaný.

Hospodárska únosnosť

Kapitálové náklady sú nízke, ale prevádzkové náklady sú vysoké.

Hnacie sily implementácie

Zníženie emisií SO_x, HCl, HF, prachu a kovov viazaných na častice.

Príklady zariadení

Bolo vybudovaných viacero jednotiek s týmto procesom, hlavne pre priemyselné kotly spaľujúce uhlie.

Referenčná literatúra

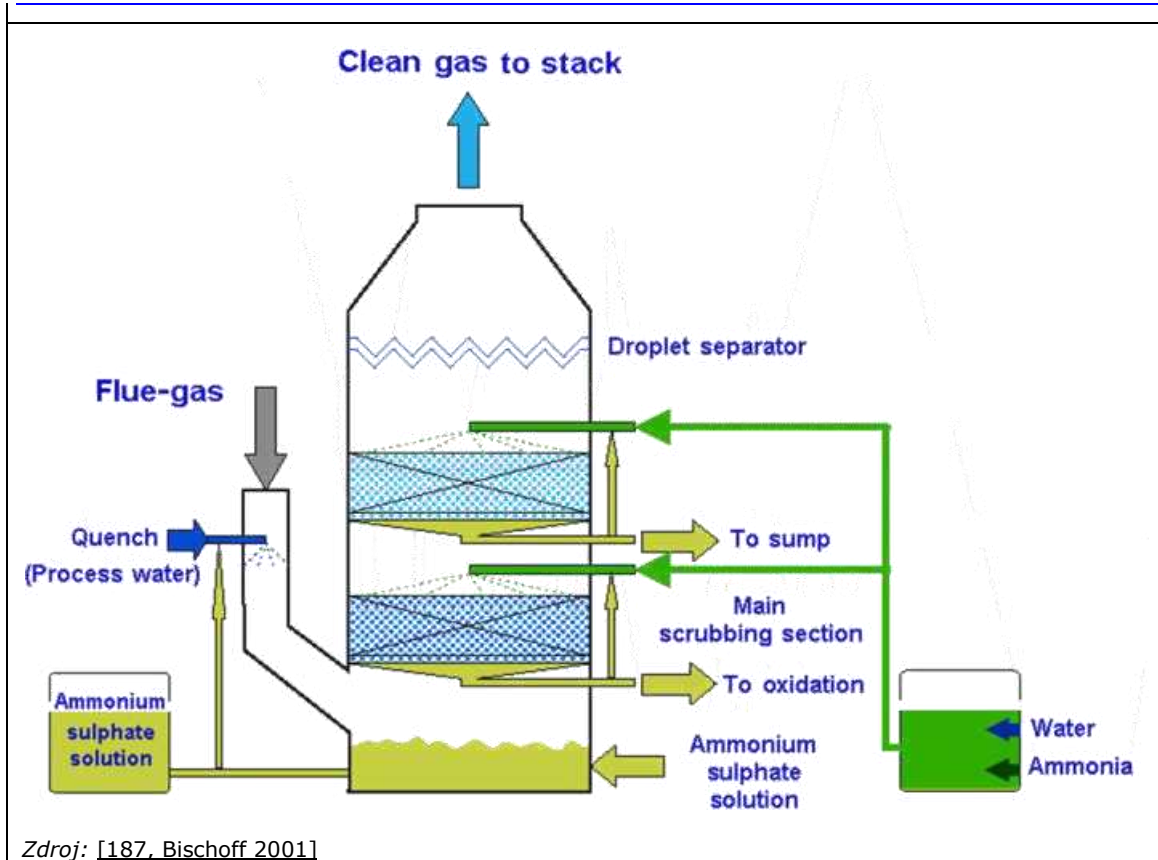
Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.2.4 Mokrá práčka s amoniakom**Opis**

Technika vypierania, pri ktorej sa síra odstraňuje zo spalín vstrekaním amoniakového sorbentu na zachytávanie SO₂ a jeho premenu na síran amónny.

Technický opis

V mokrej práčke s amoniakom, ako je znázornené na obrázku 3.23, sa SO₂ absorbuje vodným roztokom amoniaku, čo vedie k vzniku vedľajšieho produktu síranu amónneho, ktorý sa používa ako hnojivo.



Zdroj: [187, Bischoff 2001]

Obrázok 3.23: Mokrú práčku s amoniakom

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií SO_x do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Táto technika funguje spoľahlivo po vylepšení a vyriešení niektorých počiatočných problémov s tvorbou aerosólov, t. j. častíc amoniakovej soli s priemerom do $1\mu\text{m}$. Procesom je možné dosiahnuť emisné úrovne nižšie ako 200 mg/Nm^3 .

Medzizložkové vplyvy

Proces negeneruje žiadne pevné vedľajšie produkty ani kvapalný odpad. Ak sú v spalínach prítomné častice s možným obsahom kovov, objavujú sa spolu s produktom.

Ďalším vplyvom na iné médiá je zníženie energetickej účinnosti spaľovacieho zariadenia.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Okrem zníženia emisií sú hnacou silou pre použitie mokrej práčky s amoniakom: požiadavka na predajný vedľajší produkt; požiadavka, aby nevznikali odpadové vody (ak miestne podmienky neumožňujú vypúšťanie odpadových vôd do verejných vodných tokov) ani iné materiály, ktoré by si vyžadovali likvidáciu odpadu; veľmi obmedzená dostupnosť priestoru; a ekonomické obmedzenia.

Príklady zariadení

Tento proces sa používa v zariadení na spaľovanie uhlia s mokrým lôžkom s výkonom 191 MW_e v Nemecku.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.2.5 Alkalická mokrá práčka**Opis**

Technika čistenia, pri ktorej sa síra odstraňuje z spalín vstrekaním sorbentu NaOH na zachytávanie SO_x.

Technický opis

Niektoré mokré práčky používajú ako činidlo vodný roztok NaOH (asi 50 % hmotnosti) (lúh). Spaliny sa premyjú vodným roztokom činidla a SO_x sa odstráni. Hlavnými komponentmi systému sú zásobník činidla a dopravný systém, práčka s recirkulačnými čerpadlami a oxidačná nádrž.

Niektoré technické nevýhody mokrých práčok, ktoré používajú vodný roztok NaOH ako činidlo, sú:

- mierne zníženie častíc spalín;
- nízka teplota výfukových plynov (nepriaznivá pre rozptyl spalín);
- vysoká spotreba vody;
- vysoký prietok vypúšťanej vody („vedľajší produkt“).

Všetky metódy DeSO_x vyžadujú veľké množstvo dopĺňanej vody a produkujú veľké množstvo konečného (vedľajšieho) produktu, ktorý sa musí likvidovať spôsobom šetrným k životnému prostrediu. Možnosti likvidácie vedľajšieho produktu závisia od miestnych a národných noriem a od existujúcej infraštruktúry. Preto sa o nich rozhoduje individuálne v každom jednotlivom prípade.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížené emisie SO_x do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

- Vysoká spotreba vody.
- Vysoký prietok odpadovej vody („vedľajší produkt“).
- Zníženie energetickej účinnosti spaľovacieho zariadenia.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Hospodárska únosnosť

- Nižšie investičné náklady v porovnaní s inými metódami DeSO_x (náklady na spracovanie rezíduí sa nezohľadňujú, rovnako ako opätovné zahrievanie (v závislosti od platných právnych predpisov)).
- Drahé činidlo.

- Vo väčších elektrárňach sú iné metódy DeSO_x často konkurencieschopnejšie ako NaOH DeSO_x vďaka nižším prevádzkovým nákladom (lacnejšie činidlo atď.).

Hnacie sily implementácie

Hnacou silou je jednoduchosť, spoľahlivosť (bez rizika upchania) a dobrá účinnosť odstraňovania SO_x alkalickou mokrou práčkou.

Príklady zariadení

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

Informácie nie sú k dispozícii.

3.2.2.2.6 Polosuché odsírenie

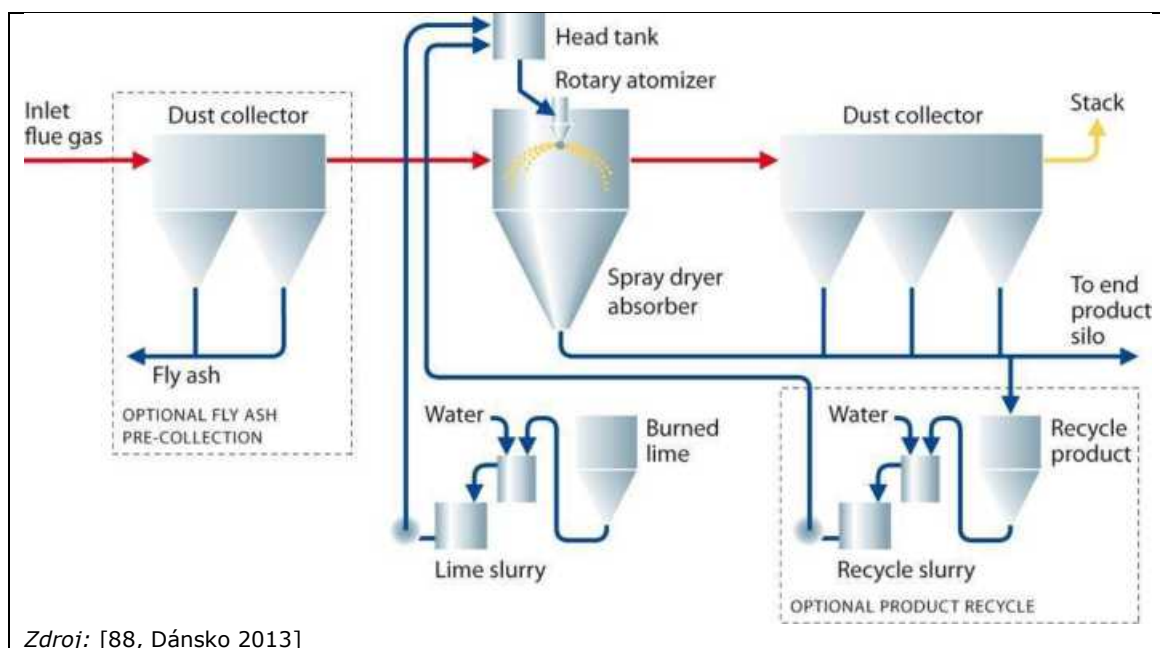
Opis

Suspenzia/roztok alkalického činidla sa vstrekuje a rozptyľuje v prúde spalín. Látka reaguje s plynými formami síry a vytvára pevný prášok, ktorý sa musí odstrániť filtráciou (vrecový filter alebo ESP).

Technický opis

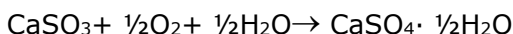
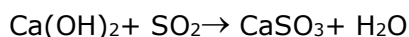
Proces polosuchého odsiřovania patrí do skupiny polosuchých procesov, pretože používa vápennú kašu (zmes vápna a vody), podobne ako mokré práčky, a rezíduom je suchý prášok, podobne ako pri suchých procesoch. Vápenná kaša sa zvyčajne používa na odstraňovanie SO_x zo spalín v tomto type techniky čistenia FGD. Proces pozostáva hlavne zo sprejového sušiaceho absorbéra, zariadenia na kontrolu prachu, ako je ESP alebo vrecový filter, a zariadení na recykláciu a likvidáciu reakčných produktov. V súčasnosti sa komerčne prevádzkuje niekoľko procesov polosuchého odsiřenia. Tieto procesy sú si podobné z hľadiska konfigurácie procesu, zložiek a použitého sorbentu, ale jeden rozdiel je v systéme disperzie vápenného mlieka používanom pri polosuchom odsiření (SDA).

Niektoré zariadenia používajú pred polosuchým odsírením zariadenie na kontrolu prachu na samostatný zber popolčeka.



Obrázok 3.24: Schéma procesu polosuchého odsírenia

Sorbentom pre absorpciu SO_x je zvyčajne hydroxid vápenatý ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Hydroxid vápenatý sa môže vyrábať z páleného vápna (CaO) priamo na mieste v procese hasenia alebo sa môže zakúpiť vo forme prášku, ktorý sa zmieša s vodou na výrobu vápenného mlieka, ktoré sa tiež nazýva vápenná kaša. Vápenná kaša sa rozprašuje vo forme oblaku jemných kvapôčok v absorbéri polosuchého odsírenia, kde sa SO_x tiež odstraňuje z spalín. Voda sa odparuje teplotou spalín, zvyčajne s dostatočnou dobou zdržania (asi 10 sekúnd), aby SO_2 a iné kyslé plyny, ako SO_3 a HCl , mohli reagovať súčasne s hydratovaným vápnom a vytvoriť síran/síran vápenatý a chlorid vápenatý. V týchto procesoch nie je potrebné čistenie odpadových vôd, pretože všetka voda sa úplne odparí v absorbéri polosuchého odsírenia. Polosuché odsírenie sa môže použiť aj na elimináciu odpadovej vody z mokrých práčok, a preto ho možno považovať za vynikajúcu techniku s nulovým vypúšťaním kvapalín (ZLD). Chemický proces spojený s odstraňovaním SO_2 zo spalín je jednoduchá absorpčná reakcia kyseliny a zásady medzi SO_2 a hydratovaným vápnom, ktorá prebieha takto:



Na absorpčnú chémiu majú silný vplyv faktory ako teplota spalín, vlhkosť plynu, koncentrácia SO_2 v spalínach a veľkosť kvapôčok atomizovanej suspenzie. Vedľajším produktom je suchá zmes síranu vápenatého, síranu vápenatého, popolčeka a nezreagovaného vápna, ktorá sa zachytáva buď elektrickým prachovým filtrom, alebo vrecovým filtrom. Keďže tento zvyšok obsahuje časť nezreagovaného vápna, časť sa zvyčajne recykluje a zmieša s čerstvou vápennou kašou, aby sa zvýšilo využitie vápna. Ak sa na odstránenie tuhých látok po čistení používajú vrecové filtre, spaliny sa zvyčajne musia ochladiť buď pomocou výmenníka tepla, alebo chladiacim vzduchom, aby sa teplota udržala pod 250 °C (okrem tkanín vhodných pre vyššie teploty, ako sú keramika alebo kovové pletivo/sieťovina).

Použitie technológie zachytávania prachu, ktorý odstraňuje väčšinu popolčeka predtým, ako vstúpi do absorbéra, je bežnou konštrukčnou vlastnosťou väčšiny európskych zariadení na suché čistenie rozprašovaním. Inštaluje sa medzi ohrievač vzduchu a absorbér. Inštalácia technológie zachytávania prachu má niektoré výhody, ktoré môžu pomôcť vyvážiť jeho počiatočné kapitálové a prevádzkové náklady, napr.:

- Pri danom stupni odsírovania môže znížiť spotrebu vápna (pri danom pomere Ca/S T). Hoci to vyžaduje zvýšenie prevádzkovej teploty SD práčky (pri danom pomere Ca/S), znižuje to aj riziko usadzovania prachu.
- Pomáha dosiahnuť vyššiu účinnosť ESP a tým aj nižšie konečné emisie.
- Zastavuje eróziu zariadení za odlučovačom popolčekom.
- Znižuje objem odpadu určeného na likvidáciu.
- Získava sa predajný produkt (popolček), ktorý je užitočný, pretože trh s popolčekom je dobre etablovaný.

Technológia zachytávania prachu je zvyčajne jednoduchý jednopolový ESP. Pri modernizáciách sa však ako technológia zachytávania prachu často používa existujúce zariadenie na kontrolu častíc.

V Európe a USA sa zvyčajne používajú kalové alebo zadržiavacie hasiace zariadenia, nasledované pastovými hasiacimi zariadeniami (používanými častejšie v USA). Jednoduché tankové hasiace zariadenie sa môže použiť na práškové vápno.

Hlavnou súčasťou absorbéra je systém rozprašovania vápenného mlieka. Rozprašovací systém môže byť rotačného typu alebo typu s dvojitou tryskou. Prvý z nich je inštalovaný v strede strechy a rozprašuje jemné kvapôčky hydratovaného vápna. Pri veľkých prietokoch spalín (nad 850 000 $\text{Nm}^3/\text{hod.}$) sa prúd spalín pred vstupom do absorbéra rozdelí tak, že približne 60 % plynu vstupuje do absorbéra cez rozprašovač plynu na streche a zvyšných 40 % cez centrálny rozprašovač plynu.

Úprava oboch prietokov a správne umiestnenie lopatiek rozptyľovača plynu pomáhajú kontrolovať tvar oblaku rozprašovaných kvapôčok a zabezpečujú efektívne zmiešavanie spalín a sorbentu v úzkej zóne okolo rozprašovača. Vhodná veľkosť absorbéra na spracovanie spalín z kotlov s výkonom 150 – 200 MW_e je zvyčajne 14 – 15 m (priemer) x 11 – 12 m (výška valca).

Rozprašovacie trysky rozprašovača suspenzie v rozprašovacom suchom absorbéri musia spĺňať vysoké špecifikácie, aby sa zachovala konštantná kvalita rozprašovania. Trysky musia byť napríklad odolné voči korózii spalín a erózii vápna. Okrem toho musia mať nízky tlakový pokles a minimálne riziko upchania. V rozprašovači suspenzie sa používa mnoho typov rozprašovacích trysiek, napríklad rotačný rozprašovač a stacionárna dvojtekutinová tryska.

Využitie sorbentu v rozprašovacích sušiacich pračkách je vyššie ako v procesoch vstrekovania sorbentu, ale nezreagované vápno tvorí asi 10 – 40 % doplnkového vápna a je vypúšťané zo systému spolu s síranom/síranom vápenatým. Využitie sorbentu sa zlepšuje prísnou kontrolou pomeru sorbentu a vody pri výrobe kaše, znížením teploty približujúcej sa k nasýteniu v absorbéri a recirkuláciou častí rezíduí späť do absorbéra.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zníženie emisií SO_x do ovzdušia.
- Nevznikajú žiadne odpadové vody.
- Vyšetrovanie ukázalo, že približne 35 – 85 % ortuti prítomnej v plynnej fáze pred pračkou je odstránených.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Absorbéry na polosuché odsírenie zvyčajne pracujú pri teplote o 20 – 30 K vyššej ako je teplota nasýtenia, pričom teplota nasýtenia spalín je medzi 45 °C a 55 °C. Väčšina zariadení preto nevyžaduje opätovné zahrievanie čistých spalín, pokiaľ nie je možné dosiahnuť rosný bod, hoci požadovaná teplota komína musí byť aj tak nejakým spôsobom dosiahnutá. Všeobecné výkonové a prevádzkové parametre rozprašovacích suchých pračiek sú uvedené v tabuľke 3.13.

Malé množstvá SO₃, ktoré sú vždy prítomné v spalinách kotla, sa absorbujú pri polosuchom odsírení. Alkalický absorbent na báze vápnika reaguje s kyslou SO₃/H₂SO₄ a vytvára sírové soli. Odstraňovanie SO₃/H₂SO₄ sa zvyčajne účinne dokončí alkalickou vrstvou koláča, ktorá sa vytvorí na povrchu vrecových filtrov, okrem bežných neutralizačných reakcií plynu a tuhých látok.

Tabuľka 3.13: Výkonnosť techniky polosuchého odsírenia na znižovanie emisií oxidov síry

Technika	Všeobecná miera redukcie SO ₂	Ďalšie parametre výkonu	
		Parameter	Hodnota
Polosuché odsírenie	85–92	Prevádzková teplota	120–200 °C (vstup spalín) 65–80 °C (výstup spalín)
		Sorbent	Vápenec, hydroxid vápenatý
		Doba zdržania	Približne 10 s
		Mólový pomer Ca/S	1,1–1,4
		Max. prietok spalín na jeden absorbér	3 300 000 m³/h
		Rozsah odstraňovania SO ₃ a HCl	95 % až > 99
		Miera recirkulácie použitého sorbentu	0–75
		Obsah tuhých látok v injekčnej kvapaline	10–45
		Spoľahlivosť	95–99
		Zvyšok/vedľajší produkt	Zmes popolčeka, nezreagovaného prísadu a CaSO ₃
		Spotreba energie ako % elektrickej kapacity	0,5–1
		Spotreba vody	20–40 l/1000 m³ spaliny (v závislosti od teploty plynu)
		Odpadová voda	Žiadna
		Tlaková strata pri polosuchom odsírení bez odprašovacieho zariadenia	10 mbar (10³ Pa)
		Poznámka: Použitie vežových mlynov na hasenie môže zvýšiť reaktivitu haseného vápna. Keďže pri polosuchom odsírení sa môže odstrániť viac SO₃ ako v mokrých práčkach, je pravdepodobné, že v prostredí v blízkosti závodu bude menej problémov s H₂SO₄ ako pri mokrých práčkach. Celková spotreba energie na kontrolu znečistenia (vrátane zariadení na kontrolu NO_x a prachu) je zvyčajne nižšia ako 1,0 % v zariadení, ktoré používa polosuché odsírenie. Pri obsahu síry presahujúcom 3 % sa účinnosť odstraňovania mierne znižuje. Účinnosť polosuchého odsírenia veľmi závisí od použitého odprašovacieho zariadenia (napr. vrecový filter alebo ESP), pretože k určitému rozsahu odsírovania dochádza napríklad vo filtračnom koláči vrecového filtra.	

Medzizložkové vplyvy

Zvyškový materiál je zvyčajne zmesou pôvodného sorbentu, siričitanu vápenatého, síranu vápenatého a popolčeka, čo je z komerčného hľadiska menej atraktívne. Väčšina rezíduí SDA, ktoré sa produkujú po celom svete, sa používa v stavebníctve, v podzemnej ťažbe, na rekultiváciu pôdy, ako hnojivo alebo ako činidlo v synergickom procese s mokrým systémom FGD.

Bežným spôsobom likvidácie a využitia rezíduí z rozprašovacieho suchého odlučovania plynov sú stabilizované skládky. Keďže reziduá obsahujú nezreagované vápno, nemožno ich likvidovať bez úpravy, pretože produkujú prach a môže existovať riziko nekontrolovaného výluhu nebezpečných zložiek. Preto sa špeciálne upravujú zmiešaním s vodou a popolčekom, aby sa vytvoril stabilizovaný pevný produkt, ktorý možno likvidovať. Reziduá sú pre systém výhodou aj nevýhodou. Kľúčovým aspektom použitia polosuchého odsírenia je stanovenie spôsobu využitia rezíduí. Keďže obsahujú veľké množstvo nezreagovaného vápna, produkt sa používa ako rozpúšťadlo pre mokré systémy FGD umiestnené v blízkosti, za predpokladu, že obsah popola je dostatočne nízky. Výskum naznačuje, že novou oblasťou použitia rezíduí je prísada do hnojív, kde je potrebná síra.

Ďalším vedľajším účinkom je zníženie energetickej účinnosti spaľovacieho zariadenia.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Polosuché odsírenie je vhodné pre palivá s nízkym až stredným obsahom síry a pre použitie v menších zariadeniach. Zariadenie zahŕňa zariadenia na prípravu, manipuláciu a atomizáciu kalov, ktoré musia byť odolné voči erózii kalmi. Suchý pevný vedľajší produkt sa môže použiť na rôzne stavebné účely.

Hospodárska únosnosť

Polosuché odsírenie sa vo všeobecnosti vyznačuje nižšími kapitálovými nákladmi, ale majú vyššie prevádzkové náklady ako mokré práčky, hlavne kvôli použitiu drahšieho vápenného sorbentu. Polosuché odsírenie sa väčšinou používa pre kotly s relatívne malou až strednou kapacitou, ktoré používajú uhlie s nízkym až stredným obsahom síry (1,5 %). Z toho istého dôvodu sú vhodnejšie pre modernizácie a prevádzku pri špičkovom zaťažení.

Kapitálové náklady na systém suchého rozprašovania závisia hlavne od kapacity zariadenia a typu a usporiadania suchého rozprašovacieho absorbéra a vstrekovacieho systému. Uvádzané kapitálové náklady sa výrazne líšia v závislosti od typu elektrárne. Kapitálové náklady na systém suchého rozprašovania sú približne o 30 – 50 % nižšie ako kapitálové náklady na mokrý proces s vápencovým sorbentom pre LCP rovnakej veľkosti, ale prevádzkové náklady sú vyššie kvôli vyšším nákladom na sorbent. Štyrikrát až päťkrát vyššia cena vápenného sorbentu používaného pri polosuchom odsírení v porovnaní s vápencovým sorbentom používaným v prevažne mokrých práčkach je pravdepodobne najväčšou nevýhodou rozprašovacích sušiacich práčok. Použitie jedného modulu polosuchého odsírenia je obmedzené na jednotky s výkonom nižším ako 1 500 MW_{th}, s maximálnym prietokom 3,3 milióna m³/h a na palivá s nízkym až stredným obsahom síry, aby sa prevádzkové náklady udržali v rozumných medziach. Systémy rozprašovacieho sušenia sú lacnejšie len pre menšie jednotky a nízke prevádzkové zaťaženie.

Náklady na polosuché odsírenie pre kotol sa odhadujú na 7 – 45 EUR na kW_{th} (príkon paliva) v investičných nákladoch a 0,5 – 0,7 EUR na MWh v prevádzkových a údržbových nákladoch. Náklady na zníženie znečistenia boli 600 – 800 EUR na tonu odstráneného oxidu siričitého. Vplyv na cenu elektrickej energie bol približne 6 EUR na MWh (vyrobená elektrická energia). Vyššie špičkové ceny zodpovedajú menším LCP v porovnaní s aplikáciami mokrého FGD. Väčší dieselový motor má obsah kyslíka približne 13 – 15 obj. % O₂ v spalínach (vzduchový faktor 2,7 – 3,5) a kotolňa zvyčajne 3 – 6 obj. % O₂ (vzduchový faktor 1,2 – 1,4) v závislosti od použitého paliva. Vyšší obsah kyslíka znamená väčší prietok spalín a potrebu väčšieho reaktora FGD, čo vedie k vyšším investičným nákladom atď.

V závislosti od rôznych možností využitia vedľajších produktov je pri porovnávaní nákladov na rôzne metódy odsírovania potrebné zohľadniť náklady na spracovanie a likvidáciu vedľajších produktov pri procesoch sušenia rozprašovaním.

Hnacia sila implementácie

Polosuché odsírenie/absorbér je jednoduchý, spoľahlivý a účinný systém odsírovania s malým počtom regulačných slučiek, ktorý sa ľahko ovláda a nevytvára odpadovú vodu (nulový výtok kvapaliny).

Príklady zariadení

Zariadenia 213, 376, 443-1/2, 462 a 489.

Referenčná literatúra

[16, GEA Niro 2012]

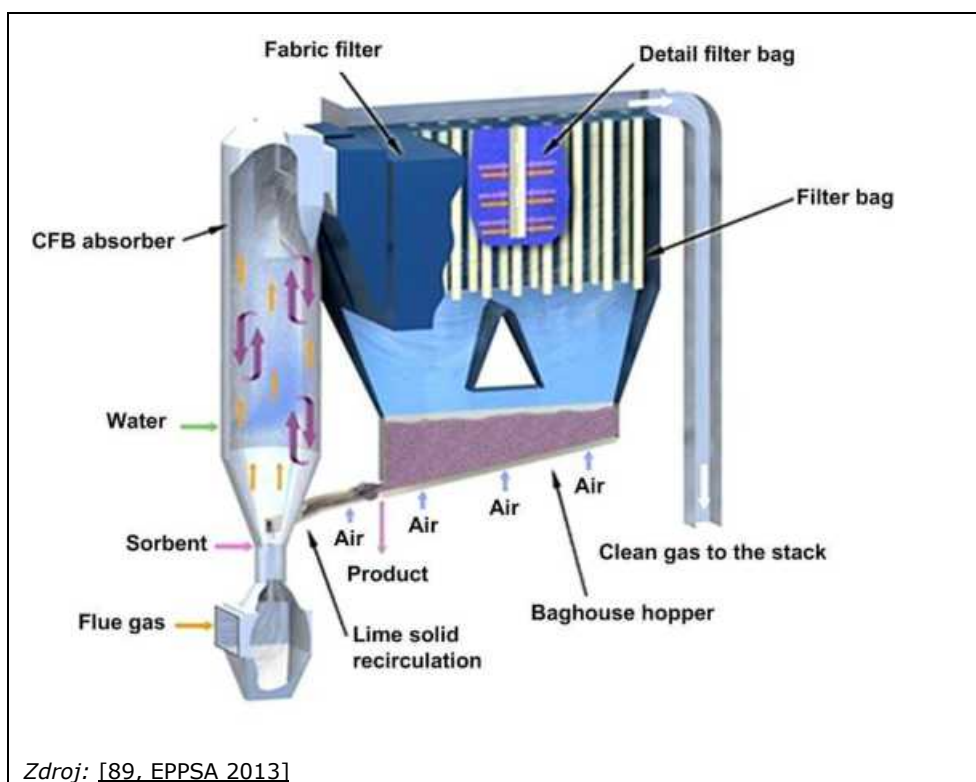
3.2.2.2.7 Suchá práčka s cirkulujúcim fluidným lôžkom (CFB)

Opis

Proces cirkulujúceho fluidného lôžka (CFB) je samostatný proces od techniky polosuchého odsírenia a techniky vstrekovania sorbentu do potrubia. Spaliny z predohrievača vzduchu kotla vstupujú do absorbéra CFB v spodnej časti a tečú vertikálne nahor cez Venturiho sekciu, kde sa do prúdu spalín vstreknú samostatne pevný sorbent a voda.

Technický opis

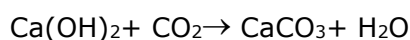
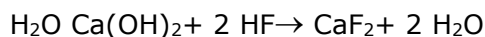
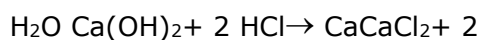
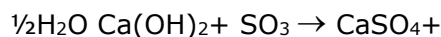
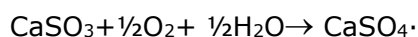
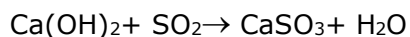
Venturiho trubica je navrhnutá tak, aby dosahovala správne rozloženie toku v celom prevádzkovom rozsahu nádoby. Vo vnútri Venturiho trubice sa plyn najskôr zrýchli a potom spomalí, než vstúpi do valcovitej hornej nádoby. Výška nádoby je navrhnutá tak, aby vyhovovala hmotnosti a dobe zdržania materiálu lôžka potrebnej na dosiahnutie požadovanej doby kontaktu Ca a SO_2 . Veľkosť zariadenia sa väčšinou určuje v závislosti od prietoku spalín. Všetky externé vstupy, ako napríklad recirkulovaný materiál, čerstvé činidlo a voda na úpravu plynu, sa vnášajú do plynu na rozbiehajúcej sa stene Venturiho trubice. Nádoba nemá žiadne vnútorné mechanické ani konštrukčné komponenty. Regulácia distribúcie plynu, prietoku sorbentu a distribúcie a množstva zvlhčovacej vody zabezpečuje vhodné podmienky pre optimálnu účinnosť odstraňovania SO_2 .



Obrázok 3.25: Schematický náčrt procesu v CFB práčke

Upravený výfukový plyn prúdi do zberača prachu (vrecového filtra alebo elektrostatického odlučovača), kde sa z spalín odstraňuje prach. Výstupné plyny zo zberača častíc sa dopravujú do komína pomocou indukčného ventilátora. Väčšina zachytených tuhých látok sa recykluje späť do absorbéra. Hladina násypky riadi odber prášku do sila na vedľajšie produkty na likvidáciu. [188, Alstom 2002]

Chemický proces spojený s odstraňovaním kyslých plynov zo spalín je jednoduchá absorpčná reakcia kyseliny a zásady medzi SO₂, HCl, HF a hydratovaným vápnom, ako je uvedené nižšie:



Na absorpčnú chémiu majú výrazný vplyv faktory ako teplota spalín, vlhkosť plynu a koncentrácia SO₂ v spalínach. Vedľajším produktom je suchá zmes síranu vápenatého, síranu vápenatého, popolčeka a nezreagovaného vápna.

Bežnou konštrukčnou vlastnosťou je použitie predzberača, ktorý odstraňuje väčšinu popolčeka predtým, ako vstúpi do absorbéra. Je inštalovaný medzi ohrievačom vzduchu a absorbérom. Inštalácia predzberača má niektoré výhody, ktoré môžu pomôcť vyvážiť počiatočné kapitálové a prevádzkové náklady, napr.

- Pri danom výťažku odsírovania môže znížiť spotrebu vápna (pri danom pomere Ca/S T). Hoci to vyžaduje zvýšenie prevádzkovej teploty CFB pračky (pri danom pomere Ca/S), znižuje to aj riziko usadzovania prachu.
- Pomáha dosiahnuť vyššiu účinnosť ESP a tým aj nižšie konečné emisie.
- Znižuje objem odpadu určeného na likvidáciu.
- Získava sa tak predajný produkt (popolček), ktorý je užitočný, pretože trh s popolčekom je dobre etablovaný.

Predzberač je zvyčajne jednoduchý ESP s jednou sekciou. Pri modernizáciách sa však ako predzberač často používa existujúce zariadenie na kontrolu častíc.

Proces nie je zložitý na prevádzku a je ľahko udržiavateľný, pretože nevyžaduje mechanické zariadenia s vysokými nárokmi na údržbu, ako sú mlyny, odolné kalové čerpadlá, miešače, rotačné rozprašovače a zariadenia na odvodňovanie kalu. Okrem toho zvýšená efektívna plocha cirkulačného lôžka umožňuje úspešné zachytávanie prakticky všetkých SO₃ a halogenidov v plyne, čím sa eliminuje možnosť korózie plynového potrubia kondenzovaným aerosólovým oparom SO₃.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Znížené emisie SO_x a halogenidov do ovzdušia.
- Zvýšená účinnosť odstraňovania prachu.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Tabuľka 3.14: Výkonnosť techniky suchého čistenia CFB na znižovanie emisií oxidov síry

Technika	Všeobecná miera zníženia SO ₂	Ďalšie parametre výkonu		Poznámky
		Parameter	Hodnota	
Suchá práčka CFB	90–99	Účinnosť redukcie halogenidov	95 % až > 99 %	Nádoba CFB je navrhnutá s recirkuláciou čistého plynu a rozsahom vnútornej rýchlosti plynu 1,8–6 m/s pre zaťaženie kotla od 30 % do 100 %. Vysoká schopnosť odlučovania kovov.
		Prevádzková teplota	90 °C (+/-15 °C)	
		Doba zdržania	3 s	
		Ca/S	1,1/1,5	
		Rýchlosť recirkulácie použitého sorbentu	10–100	
		Spotreba energie	0,3–1	
		Sorbent	Ca(OH) ₂	
		Spoľahlivosť	98–99,5	
		Tlaková strata bez odprašovania	7–15 hPa	
		Zvyšok	CaSO ₃ /CaSO ₄ /popolček	

Medzizložkové vplyvy

- Predaj vedľajšieho produktu je výzvou.
- Zníženie energetickej účinnosti spaľovacieho zariadenia.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

- Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hospodárska únosnosť

- Nižšie investičné náklady v porovnaní s inými metódami DeSO_x.
- Reaktivácia popolčeka môže ovplyvniť jeho predajnosť.
- Recirkulácia produktu v rámci systému CFB: vyššie využitie použitého sorbentu umožňuje úspory v spotrebe čerstvého sorbentu.
- Ďalším spôsobom, ako znížiť prevádzkové náklady, je použitie systému Lime Dry Hydration System (LDH): pomocou hydrátora na mieste reaguje lacnejšie vápno s vodou a vytvára vysoko kvalitné hydratované vápno.
- Väčšie spaľovacie zariadenia môžu vyžadovať viacero práčok.

Hnacie sily implementácie

- Zníženie emisií SO_x.
- Jednoduchá, spoľahlivá a vysoká účinnosť odstraňovania.
- Nízka spotreba vody.
- Žiadna voda/kal, ktoré by bolo potrebné čistiť.
- Zahrnutie kroku odprašovania.
- Vysoká účinnosť zachytávania halogenidov a SO₃.

Príklady zariadení

Zariadenie 189.

Referenčná literatúra

[190, EPPSA 2015] [191, EPPSA 2015]

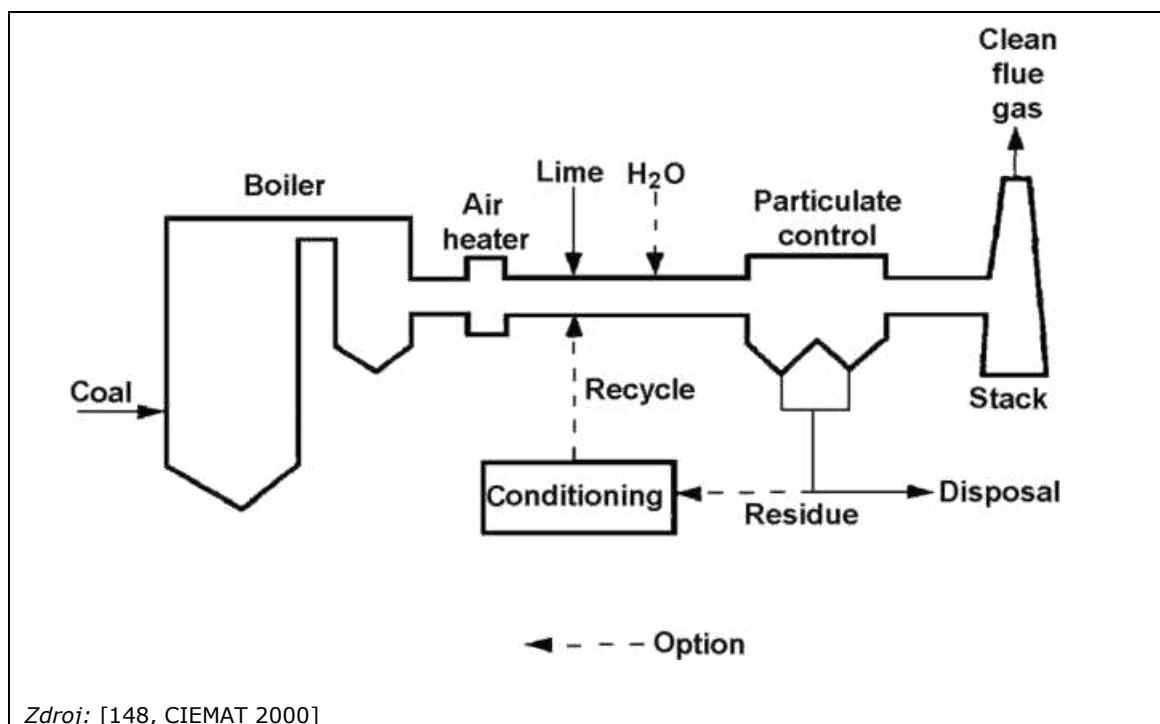
3.2.2.2.8 Vstrekovanie sorbentu do potrubia

Opis

Suchý prášok sa vstrekuje a rozptyľuje v prúde spalín. Materiál reaguje s plynnými formami síry a vytvára tuhú látku, ktorú je potrebné odstrániť filtráciou (vrecový filter alebo elektrostatický odlučovač).

Technický opis

Vstrekovanie sorbentu do potrubia (DSI) znamená vstrekovanie sorbentu na báze vápnika alebo sodíka do spalín medzi ohrievač vzduchu a ESP alebo vrecový filter, ako je znázornené na obrázku 3.26.



Zdroj: [148, CIEMAT 2000]

Obrázok 3.26: Vstrekovanie sorbentu do potrubia

Najbežnejšie typy vstrekovania sorbentu do potrubia sú:

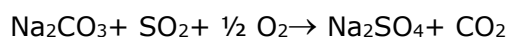
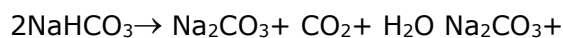
- suché hydratované vápno, pri ktorom je možné v niektorých prípadoch (v závislosti od zloženia spalín) zlepšiť zachytávanie síry zvlhčovaním;
- vstrekovanie suchého hydrogenuhličitanu sodného, ktoré nevyžaduje zvlhčovanie, ale vyžaduje mletie na mieste pre zlepšenie zachytávania;
- vstrekovanie vápenného mlieka alebo čistenie v potrubí, ktoré nevyžaduje samostatný krok zvlhčovania (tiež známe ako „modifikované suché FGD“ – pozri obrázok 3.27).

Zvlhčovacia voda slúži na dva účely. Po prvé, aktivuje sorbent, aby zlepšila odstraňovanie SO₂, a po druhé, upravuje prach, aby sa zachovala účinnosť ESP. Ak sa však používa vrecový filter, zvlhčovanie je potrebné starostlivo kontrolovať, aby sa zabránilo mokrým usadeninám na filtračnom médiu.

Hoci vstrekovanie sorbentu do potrubia je navonok jednoduchý proces, dva kľúčové javy, ktoré zvyšujú jeho kontrolu, sú a) odsírovanie spalín sorbentom na báze vápnika alebo sodíka pri recyklácii produktu s vysokým obsahom nezreagovaného absorbentu a b) spojenie s existujúcim ESP na zvýšenie účinnosti znížením teploty a vyššou vlhkosťou. Ďalším parametrom je zvlhčovanie recyklovaných produktov takým spôsobom, aby steny a ESP neboli v priamom kontakte s vodou, aby sa predišlo riziku korózie. V poslednej dobe boli vylepšené vápenné kaše s cieľom zvýšiť absorpciu SO_3 a SO_2 (napr. pridaním prísad (Mg a Na)).

Reakcia medzi SO_2 a hydratovaným vápnom je opísaná v oddiele 3.2.2.2.6. Na zvýšenie reakčnej účinnosti je možné použiť špeciálne vysokošpecifické povrchovo hydratované vápno.

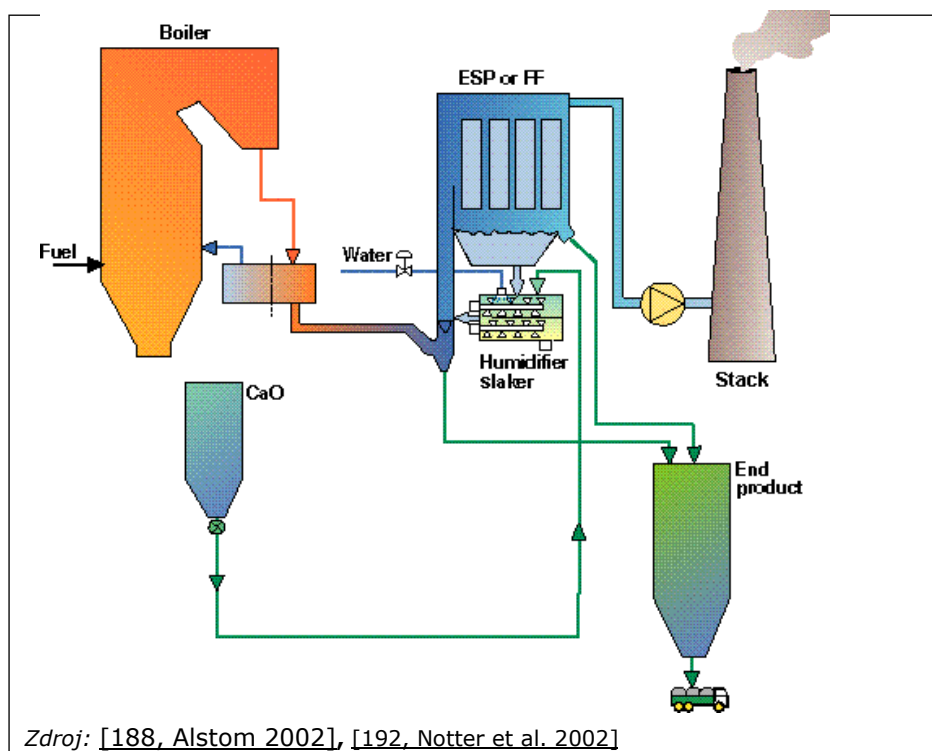
Po vstreknutí sa hydrogenuhlíčan sodný tepelne rozkladá a vytvára uhličitán sodný. Akonáhle počiatkový povrch sorbentu uhličitanu sodného zareaguje s SO_2 a vytvorí síran sodný alebo síran, reakcia sa spomalí v dôsledku upchania pórov (ktoré bráni difúzii SO_2 v plynnej fáze). Aby reakcia pokračovala, častice sorbentu sa musia ďalej rozkladať. Tento rozklad prenáša plyny H_2O a CO_2 do okolitej atmosféry, čím vytvára sieť prázdnych priestorov v celých časticiach. Tento proces odhaľuje nový reaktívny sorbent a umožňuje SO_2 opäť difundovať do vnútra častíc. Toto zvýšenie povrchovej plochy je v závislosti od konkrétneho sorbentu 5- až 20-násobné v porovnaní s pôvodnou povrchovou plochou. Predpokladá sa, že na výrobu uhličitanu sodného na odstraňovanie SO_2 prebieha nasledujúca séria reakcií:



Rýchlosť rozkladu a následnej sulfatácie častíc sodnej zlúčeniny je komplexnou funkciou teploty spalín, rýchlosti prenosu tepla na častice, obsahu H_2O a CO_2 v spalínach, parciálnych tlakov a vplyvu ostatných zložiek prítomných v spalínach.

Proces vstrekovania sorbentu do potrubia je veľmi jednoduchý a ľahko ovládateľný, takže neexistujú žiadne väčšie riziká poruchy procesu.

Proces je vhodný pre rôzne palivá a techniky spaľovania, najmä ak sa vstrekovanie vykonáva do chladnejšej časti potrubia. Je možné zabrániť spekaniu a/alebo topeniu sorbentu, ak sa sorbent dodáva do chladnejšej časti potrubia spalín.



Obrázok 3.27: Proces „modifikovaného suchého FGD“

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií SO_x a halogenidov do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje**Tabuľka 3.15: Výkonnosť techniky vstrekovania sorbentu do potrubia na zníženie emisií oxidov síry**

Technika	Všeobecná miera zníženia SO ₂	Ďalšie parametre výkonu		Poznámky
		Parameter	Hodnota	
Vstrekovanie sorbentu do potrubia (suché FGD)	50–80	Prevádzková teplota	NA	Nízke kapitálové náklady a mimoriadne jednoduchá inštalácia.
		Sorbent	Vápenec, hydratované vápno, dolomit	Ľahká dodatočná montáž (malý priestor a krátka doba výstavby).
		Spoľahlivosť	99,9	Žiadne odpadové vody.
		Spotreba energie ako % elektrickej kapacity	0,2	Manipulácia s popolom je náročnejšia, pretože popol je obohatený o nezreagované vápno, ktoré spôsobuje jeho stvrdnutie po navlhnutí.
		Zvyšok	Zmes Ca alebo Na soli	Zvýšená tendencia k usadzovaniu sa nánosov na stenách potrubia.
Poznámka: NA: Nedostupné.				

Cieľom účinnosti odstraňovania SO_2 pri vstrekaní sorbentu do potrubia bolo zvyčajne minimálne 50 %. Novšie procesy sa zameriavajú na dosiahnutie účinnosti odstraňovania SO_2 na úrovni 70 – 95 % bez významných dodatočných kapitálových nákladov alebo prevádzkových ťažkostí, pričom zlepšenia vychádzajú z lepšieho pochopenia procesu vstrekovania sorbentu do potrubia. Keďže proces je veľmi ľahko kontrolovateľný, zmeny zaťaženia kotla alebo iných parametrov nemajú vplyv na účinnosť odstraňovania SO_2 .

Účinnosť odstraňovania SO_2 pomocou hydrogenuhličitanu sodného je vo všeobecnosti vyššia ako pri použití hydratovaného vápna. Hydrogenuhličitan sodný sa však vo všeobecnosti musí pred vstrekaním zomlieť na veľmi jemný prášok, aby sa dosiahlo dobré využitie sorbentu. Mletie sa zvyčajne vykonáva bezprostredne pred vstrekaním, ale v niektorých prípadoch je možné použiť aj vopred zomletý hydrogenuhličitan.

Recyklácia použitého sorbentu je obzvlášť dôležitá z hľadiska ekonomiky vstrekovania sorbentu do potrubia, pretože kratšia doba zotrvania sorbentu (0,5 – 3,0 sekundy) vedie k nižšiemu využitiu sorbentu v porovnaní s konvenčnými rozprašovacími suchými pračkami. Len 15 – 30 hmotnostných % $\text{Ca}(\text{OH})_2$ zvyčajne reaguje s SO_2 , s výnimkou recyklácie použitého sorbentu. To znamená, že 70–85 % nezreagovaného $\text{Ca}(\text{OH})_2$ zachyteného v ESP sa likviduje spolu so suchým popolčekom alebo sa opätovne používa (zlúčeniny CaSO_4). Nízka využiteľnosť sorbentu je nevýhodou procesov vstrekovania sorbentu do potrubia. Recyklácia použitého sorbentu sa zaviedla v mnohých procesoch s cieľom zlepšiť využiteľnosť sorbentu a zvýšiť účinnosť odstraňovania SO_2 .

Medzizložkové vplyvy

Vedľajší produkt nie je vždy možné opätovne použiť (napr. výluhy Na_2SO_4 vo vode), čo znamená potrebu špeciálnej infraštruktúry na medziposkytovanie/konečné zneškodňovanie/spracovanie. Použitie vysoko kvalitného povrchovo hydratovaného vápna zvyšuje využitie sorbentu a môže znížiť alebo eliminovať potrebu recyklácie sorbentu. Pri použití hydrogenuhličitanu sodného je bežné využitie sorbentu viac ako 80 – 90 %.

Zníženie energetickej účinnosti spaľovacieho zariadenia je ďalším medzizložkovým vplyvom.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Vstrekovanie sorbentu do potrubia má veľký potenciál pre relatívne staré a malé kotly.

Hospodárska únosnosť

Technológie vstrekovania sorbentu do potrubia sa vyznačujú nízkymi kapitálovými nákladmi, jednoduchosťou procesu a prispôsobivosťou náročným situáciám pri modernizácii. Majú však relatívne nízku účinnosť odstraňovania SO_2 . Sú ekonomicky konkurencieschopné v malých elektrárňach.

V systéme recyklácie sorbentu sa časť zachytených tuhých látok môže recyklovať späť do potrubia, aby sa poskytla ďalšia príležitosť na reakciu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ s SO_2 . Recykláciou týchto tuhých látok sa zvyšuje celkový obsah $\text{Ca}(\text{OH})_2$ v systéme bez zvýšenia rýchlosti pridávania čerstvého hydratovaného vápna. Preto sa akékoľvek zvýšenie odstraňovania SO_2 dosahuje bez zvýšenia nákladov na čerstvý sorbent.

Potrebné reaktanty sú drahšie ako v procesoch s vápencami, napríklad pri vstrekaní do pece. Náklady na hydrogenuhličitan sodný a vysoko kvalitné povrchovo hydratované vápno sú zvyčajne vyššie ako náklady na bežné hydratované vápno. To znamená, že prevádzkové náklady sú zvyčajne vyššie, aj keď je možné dosiahnuť nižší molárny pomer Ca/S .

Miera redukcie procesu sa dá zlepšiť zvýšením pomeru Ca/S , čo znamená zvýšené náklady na sorbenty a doplnkovú spotrebu energie. Pri použití hydrogenuhličitanu sodného a vysokošpecifického povrchovo hydratovaného vápenného sorbentu je však účinnosť redukcie výrazne vyššia a množstvo výsledných rezíduí je nižšie. Nižšia spotreba sorbentu a nižšie náklady na likvidáciu môžu kompenzovať vyššie náklady na sorbent.

Vedľajší produkt nie je vždy možné znovu použiť, čo spôsobuje prevádzkovateľovi ďalšie náklady.

Hnacie sily implementácie

- Zníženie emisií SO_x.
- Nízke investičné a prevádzkové náklady, nízka spotreba energie a stabilný proces.
- Žiadne emisie do vody z čistenia odpadových vôd.
- Vyššia účinnosť odstraňovania SO_x ako pri vstrekaní sorbentu do lôžka v kotloch s bublinkovým fluidným lôžkom.

Príklady zariadení

Zariadenie 125 (modifikované suché FGD).

Zariadenia 69 a 168 (pilotný DSI) kombinujú DSI s ESP.

Ďalšie príklady zariadení kombinujúcich DSI a vrecový filter nájdete v grafoch znázorňujúcich zariadenia s dobrými výkonmi v častiach venovaných konkrétnym palivám.

Referenčná literatúra

[61, Komisia 2006] [18, CaO Hellas – GRÉCKO 2011]

3.2.2.2.9 Použitie sorbentov v systémoch spaľovania vo fluidnom lôžku

Opis

Sorbenty v systémoch spaľovania vo fluidnom lôžku (FBC) sú integrované systémy odsírovania, v ktorých síra reaguje s alkalickými zlúčeninami vápnika alebo horčíka vstrekanými do lôžka.

Technický opis

Teplota spaľovania v systéme FBC je priaznivá pre reakciu síry so zlúčeninami vápnika alebo horčíka pridanými do lôžka. To obmedzuje teplotu spaľovania na približne 850 – 870 °C. Používaným sorbentom je zvyčajne vápenec na báze CaCO₃. Reakcia vyžaduje prebytok sorbentu so stechiometrickým pomerom (palivo/adsorbent) 1,5 až 7, v závislosti od paliva. Sorbent sa dodáva do spaľovacej komory nepretržite. Jeho množstvo závisí od mnohých faktorov, ako je množstvo síry v palive, teplota ložiska kotla a fyzikálne a chemické vlastnosti vápenatého piesku. Ideálny teplotný rozsah pre reakciu je medzi 840 °C a 900 °C. Produkty reakcie, síran vápenatý a nezreagovaný vápenec, sa odstraňujú čiastočne z lôžka spolu s popolčekom a čiastočne z elektrostatického odlučovača alebo vrecového filtra spolu s popolčekom. Na dosiahnutie vysokého zníženia obsahu síry je pri spaľovaní vo fluidnom lôžku potrebný vyšší pomer Ca/S ako pri mokrom čistení alebo v rozprašovacích vežiach. Vyšší stupeň odsírovania sa dosahuje v kotloch s cirkulujúcim fluidným lôžkom (CFBC) ako v kotloch s bublinkovým fluidným lôžkom (BFBC).

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížené emisie SO_x do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Dokonca aj pri veľmi vysokých pomeroch Ca/S nedokáže FBC dosiahnuť tak vysoké miery redukcie ako mokré čistenie.

V prípade uhlia a hnedého uhlia je možné v kotloch CFBC s miernymi pomermi Ca/S (t. j. medzi 1,5 a 3) dosiahnuť účinnosť odstraňovania až 80 – 95 %. Keď sa zvyšuje obsah síry v palive, pomer Ca/S sa mierne znižuje pre určité odstránenie síry (napr. 90 % odstránenie). Zvýši sa však skutočný hmotnostný prietok potrebného vápenca, ako aj množstvo vzniknutých rezíduí. Preto je súčasným trendom pre kotly CFBC spaľujúce palivá s vysokým obsahom síry (4–6 % S) kombinovať a) zachytávanie síry *in situ* vápencami v peci a b) zachytávanie síry na studenej strane.

V kotloch BFBC je zodpovedajúca účinnosť odstraňovania medzi 55 % a 65 % pri podobnej kvalite uhlia alebo hnedého uhlia a pri podobnej kvalite a spotrebe vápenca. V kotloch BFBC spaľujúcich iba uhlie sú potrebné dodatočné techniky na konci potrubia.

Pri spaľovaní palív s vysokým obsahom chlóru sa rýchlosť odsírovania v peci dobrovoľne obmedzuje, aby sa zachoval priaznivý účinok zostávajúceho SO_2 v spalinách na zmiernenie korózie v zadnej časti kotla.

Medzizložkové vplyvy

- Zvýšenie spotreby vápenca a piesku.
- Nárast množstva vyprodukovaného odpadu (produkty odsírovania sú obsiahnuté v popolčekom a popolčeku).
- Nárast spotreby elektrickej energie a zníženie energetickej účinnosti spaľovne.

Technické aspekty relevantné pre použiteľnosť

Prítomnosť vápna/vápenca v lôžku mení zloženie lôžka a teplotu zmäkčovania. Je preto veľmi dôležité stanoviť úroveň vstrekovania podľa prevádzkových parametrov lôžka, aby sa predišlo problémom s jeho správaním.

V prípade palív s vysokým obsahom síry, keď táto technika nestačí na dosiahnutie cieľovej úrovne emisií SO_x , je možné nainštalovať dodatočné čistenie FGD, typicky vstrekovanie sorbentu do potrubia alebo proces cirkulujúceho fluidného lôžka.

Hospodárska únosnosť

Použitie tejto techniky je obmedzené na kotly s fluidným lôžkom, ale predstavuje proces FGD *in situ* bez významných investícií.

Vápenec ako sorbent je lacný, ale táto technika vyžaduje vyššie dávkovanie ako mokrý systém vypierania. V prípade 1 GW_{th} CFB kotla na uhlie boli náklady na sorbent s účinnosťou odstraňovania 93 % v roku 2011 približne 0,25 EUR na MW_{th} (príkon energie paliva).

Hnacie sily implementácie

- Zníženie emisií SO_x .
- Nízke náklady na výstavbu.
- Žiadne odpadové vody zo systému.

Príklady zariadení

Táto technika sa bežne používa v celej Európe na zníženie emisií SO_x .

Pozri Závody: závody spaľujúce koks/uhlie/hnedé uhlie: 489-1/2, 387, 19, 81, 390-1/5, 224, 156, 377 (všetky

CFB kotly) a 69 (BFB kotol); a elektrárne spaľujúce rašelinu/biomasu/odpad: 42, 190, 539 (CFB kotly) a 188 (BFB kotol).

Referenčná literatúra

[193, Wilhelm et al. 2011]

3.2.2.2.10 Vstrekovanie sorbentu do pecí v kotloch na spaľovanie práškoveho paliva

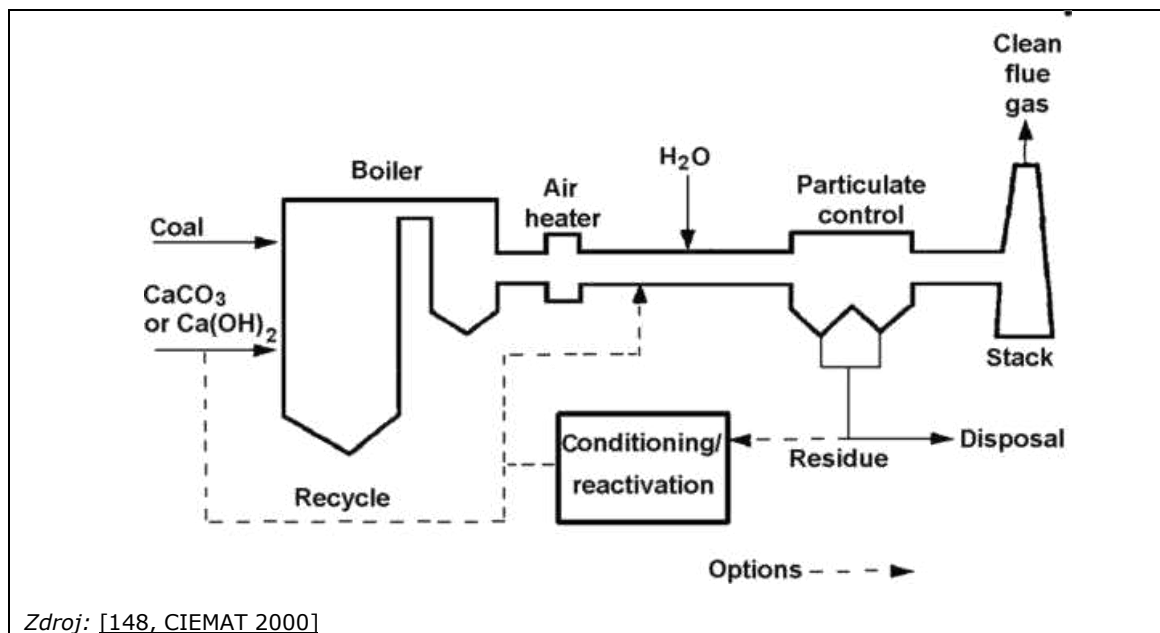
Opis

Vstrekovanie sorbentu do pece spočíva v priamom vstrekaní suchého sorbentu do prúdu plynu v peci kotla. Povrch týchto častíc reaguje s SO_2 v spalinách.

Technický opis

Typické sorbenty zahŕňajú práškový vápenec (CaCO_3) a dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). Ak sa činidlo vstrekuje do oblasti ekonomizéra, zvyčajne sa používa hydratované vápno. V peci teplo vedie k kalcinácii sorbentu, čím vznikajú reaktívne častice CaO . Povrch týchto častíc reaguje s SO_2 v spalinách a vytvára siričitan vápenatý (CaSO_3) a síran vápenatý.

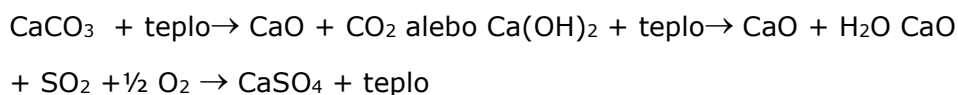
(CaSO_4) (pozri obrázok 3.28). Tieto reakčné produkty sa potom zachytávajú spolu s popolčekom pomocou zariadenia na kontrolu prachu, zvyčajne ESP alebo vrecového filtra. Proces zachytávania SO_2 pokračuje v odlučovači a vo filtračnom koláči vrecového filtra. Použitie vrecového filtra je výhodnejšie, pretože reakcia môže pokračovať s nezreagovaným sorbentom usadeným na filtračnom médiu. Pri použití ESP môže byť výhodnejšie vstreknúť sorbent do reaktora, aby sa zabezpečil dostatočný kontaktný čas niekoľkých sekúnd medzi sorbentom a odpadovým plynom pred ESP. Vďaka svojej schopnosti pracovať pri relatívne vysokých teplotách a veľmi vysokej účinnosti pri znižovaní SO_2 sa môže suchý proces s použitím hydrogenuhličitanu sodného použiť pred systémom SCR bez opätovného ohrevu spalín pred ich vstupom do systému SCR. To prináša významné úspory energie a nákladov.

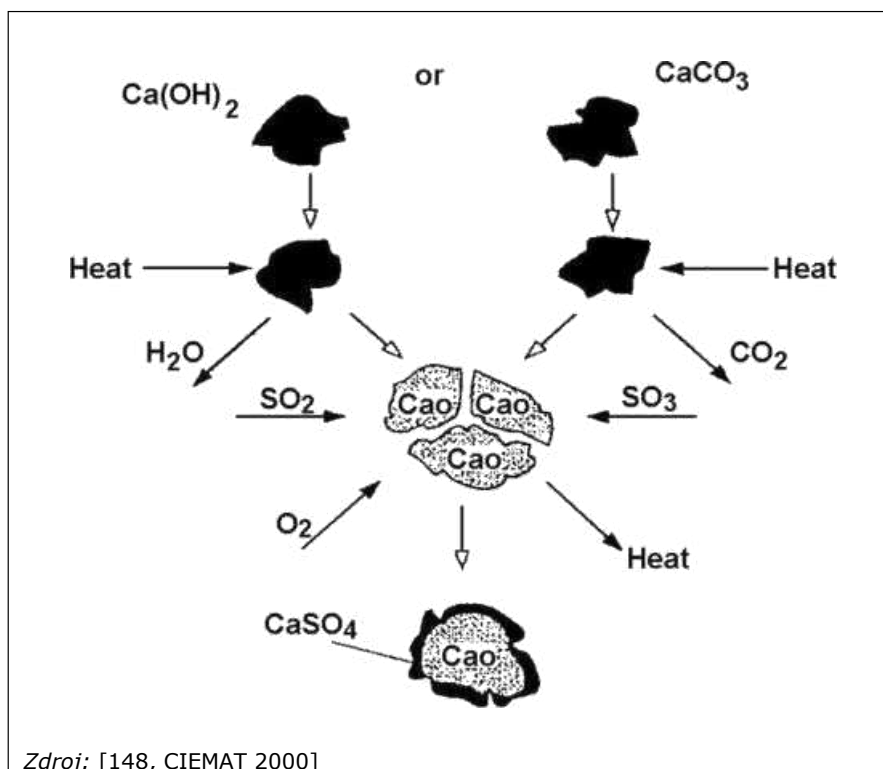


Zdroj: [148, CIEMAT 2000]

Obrázok 3.28: Vstrekovanie sorbentu do pece

Odstraňovanie SO_2 prebieha v nasledujúcich dvoch krokoch, ako je znázornené na obrázku 3.29:





Obrázok 3.29: Reakcie odstraňovania SO_2 pri vstrekaní sorbentu do pece

Vstrekovanie sorbentu do pece poskytuje dodatočnú výhodu odstraňovania SO_3 .

Kritický teplotný rozsah pre reakciu vápenca pri vstrekaní sorbentu do pece je $980 - 1\,230\text{ }^\circ\text{C}$. Po vytvorení reaktívneho vápna (CaO) musí mať dostatočný čas (minimálne pol sekundy) v kritickom teplotnom rozsahu. Hydratované vápno má dve reakčné okná: $980 - 1\,230\text{ }^\circ\text{C}$ a okolo $540\text{ }^\circ\text{C}$. V dôsledku toho je možné použiť hydratované vápno ako činidlo vstrekané do oblasti ekonomizéra.

Z termochemického hľadiska nie je CaSO_4 stabilný pri teplotách nad $1\,260\text{ }^\circ\text{C}$ v prostredí typickom pre produkty spaľovania fosílnych palív s vysokým obsahom síry, napr. $2\,000 - 4\,000\text{ ppm SO}_2$ pri spaľovaní uhlia. Dolná teplotná hranica pre tvorbu CaSO_4 závisí od zložitých interakcií medzi kinetikou sulfátovania, rastom kryštálov a spekaním a tvorbou bariérovej vrstvy CaSO_4 na povrchu reaktívneho CaO .

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií SO_x do ovzdušia.

Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje

Tabuľka 3.16: Výkonnosť techniky vstrekovania sorbentu do pece na zníženie emisií oxidov síry

Technika	Všeobecná miera	Ďalšie parametre výkonu	
		Parameter	Hodnota
Vstrekovanie	30–50 70–80 % recyklácia produktu odsférenia	Prevádzková teplota	98–1 230 °C (horná pec) 540 °C (ekonomizér)
		Sorbent	Vápenec, hydratované vápno, dolomit
		Spoľahlivosť	99,9
		Pokles účinnosti kotla	2
		Spotreba energie ako % elektrického výkonu	0,01–0,2
		Zvyšok	Zmes Ca solí

Účinnosť kontroly SO₂ je primárne funkciou molárneho pomeru Ca/S, typu sorbentu, stupňa zvlhčenia, dostupných prísad, miesta vstrekovania a zaťaženia kotla.

Účinnosť odstraňovania SO_x a účinnosť využitia vápenca sú nižšie ako pri iných systémoch FGD. Existuje niekoľko opatrení na zlepšenie účinnosti odstraňovania SO_x pri nízkych kapitálových nákladoch, napríklad pridaním niektorých zariadení do jednotky vstrekovania sorbentu do pece. Najjednoduchším opatrením je vstrekovanie vody do potrubia pred odlučovačom. Výsledkom je zlepšenie účinnosti odstraňovania SO_x o približne 10 %. Okrem toho, aby sa lepšie využil vápno vznikajúce v oblasti pece, je možné navrhnúť dodatočný absorbér (napr. CFB práčka), kde bude mať prebytočné činidlo dostatočne dlhú dobu zotrvania, aby ďalej reagovalo s prúdom spalín. V tomto prípade môže celková účinnosť odstraňovania SO₂ dosiahnuť 98 % (pozri oddiel 3.2.2.2.7).

Recyklácia reakčného produktu je účinnou alternatívou a bola skúmaná s cieľom zlepšiť účinnosť redukcie SO₂ aj využitia vápenca. Reakčný produkt zachytený zariadením na kontrolu častíc (ESP alebo vrecový filter) sa opätovne vstrekuje do pece alebo potrubia a niekoľkokrát cirkuluje. V niektorých procesoch sa po kondicionovaní recykluje. Očakáva sa, že tieto opatrenia dosiahnu 70 – 80 % účinnosť odstraňovania SO₂.

Medzizložkové vplyvy

Rezíduá sa likvidujú napríklad na skládkach, hoci je potrebná starostlivá kontrola, pretože obsahujú aktívne vápno a síran vápenatý. Možné využitie týchto rezíduí sa skúma.

Manipulácia s popolom a jeho likvidácia sú komplikáciami pri vstrekaní sorbentu do pece, najmä kvôli veľkému množstvu reakčných produktov, ktoré sa majú spracovať. Prevádzka pri molárnom pomere Ca/S 2,0 s uhlím s obsahom popola 10 % takmer stonásobí rýchlosť, akou musí byť popol zachytávaný zariadením na kontrolu častíc a následne odvázaný na skládku popola. Niektoré modernizované zariadenia vyžadujú vylepšenia ESP, aby zvládli takéto množstvá.

Hoci prebieha mnoho výskumných projektov zameraných na využitie reakčného produktu, väčšina zariadení vybavených vstrekaním sorbentu do pece musí mať špeciálne pripravené skládky, na rozdiel od mokrých práčok, ktoré produkujú predajný vedľajší produkt, t. j. sadru.

Samotný proces je relatívne jednoduchý, a preto vyžaduje menej prevádzky a údržby. Proces produkuje suché pevné rezíduum, ktorý nevyžaduje ďalšie spracovanie pred vyvezením na skládku alebo použitím ako stavebný materiál.

Vstrekovanie sorbentu do pece môže spôsobiť tvorbu škvary a znečistenie výmenníkov tepla, takže môže byť potrebné zvýšiť fúkanie sadzí.

Vstrekovanie sorbentu do pece môže zvýšiť množstvo nespáleného uhlíka v popole a znížiť energetickú účinnosť spaľovacieho zariadenia.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Tento proces je vhodný pre palivá s nízkym obsahom síry a pre použitie v malých zariadeniach.

Hospodárska únosnosť

Kapitálové náklady na procesy vstrekovania sorbentu do pece pri výrobe elektrickej energie sú nižšie ako v prípade systému rozprašovacieho sušenia a mokrého vypierania. Jednou z výhod tohto jednoduchého procesu je, že na jeho prevádzku alebo údržbu nie je potrebný žiadny dodatočný personál. Opätovné použitie vedľajšieho produktu je možné, ale nemá žiadnu ekonomickú hodnotu.

Hnacie sily implementácie

- Zníženie emisií SO_x.
- Táto technika je vhodná pre staršie a malé elektrárne, kde sú dostupné investície/priestor obmedzené.

Príklady elektrární

V Číne sa tento proces ukázal ako vhodný vzhľadom na mierne požiadavky na emisie SO₂, obsah síry v miestnom uhlí a jednoduchosť procesu.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.2.11 Hybridné vstrekovanie sorbentu

Opis

Hybridné vstrekovanie sorbentu je kombináciou vstrekovania sorbentu do pece a vstrekovania sorbentu do potrubia s cieľom zlepšiť účinnosť odstraňovania SO₂.

Technický opis

Charakteristickou črtou hybridného vstrekovania sorbentu je použitie vápenca ako sorbentu v peci a hydratovaného vápna ako sorbentu pre vstrekovanie sorbentu do potrubia, ako je opísané v oddieloch 3.2.2.2.10 a 3.2.2.2.8. Niektoré procesy hybridného vstrekovania sorbentu dosiahli komerčný status vďaka nasledujúcim hlavným prevádzkovým charakteristikám:

- relatívne vysoká rýchlosť odstraňovania SO₂ (nedosiahnuteľná iba vstrekaním do pece alebo potrubia);
- ľahká modernizácia;
- jednoduchá prevádzka a údržba bez manipulácie s kalom;
- zmenšená inštalačná plocha vďaka kompaktnej veľkosti zariadenia;
- nie je potrebné čistenie odpadových vôd.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížené emisie SO_x a halogenidov do ovzdušia.

Tabuľka 3.17: Výkonnosť hybridnej techniky vstrekovania sorbentu na zníženie emisií oxidov síry

Technika	Všeobecná miera zníženia SO ₂	Ďalšie parametre výkonu		Poznámky
		Parameter	Hodnota	
Hybridné vstrekovanie sorbentu	70–95	Doba zotrvania	3 s	Používa sa v niektorých závodoch v USA

Medzizložkové vplyvy

- Vplyv voľného vápna na produkt spaľovania (ako je opísané v oddiele 3.2.2.2.9 v prípade bez recirkulácie).
- Zníženie energetickej účinnosti spaľovacieho zariadenia.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Táto technika má veľký potenciál pre staršie a menšie kotly, pokiaľ ide o zlepšenie spoľahlivosti a účinnosti odstraňovania SO_x bez významných dodatočných kapitálových nákladov alebo prevádzkových ťažkostí, pričom zlepšenia vychádzajú z lepšieho pochopenia procesu vstrekovania sorbentu do potrubia a recyklovania použitého sorbentu.

Hospodárska únosnosť

Vápenec je lacnejší ako vápno, ktoré sa zvyčajne používa v rozprašovacích suchých pračkách. Táto technika je spojená s nízkymi kapitálovými a prevádzkovými nákladmi.

Hnacie sily implementácie

- Zníženie emisií SO_x.
- Nevznikajú žiadne odpadové vody.

Príklady zariadení

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

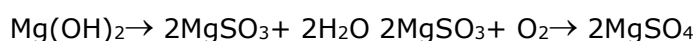
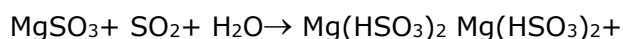
Informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.2.12 Proces vypierania s hydroxidom horečnatým**Opis**

Proces s oxidom horečnatým je regenerovateľný mokrý proces vypierania, ktorý používa roztok hydroxidu horečnatého ako sorbent.

Technický opis

Táto technika je v podstate rovnaká ako v prípade mokrých práčok s vápencom, s výnimkou kroku regenerácie použitého sorbentu. HCl a HF v spalinách sa odstraňujú v predradenej práčke, aby sa zabránilo kontaminácii soli horčíka po absorpcii SO₂. Spaliny potom vstupujú do práčky, kde sa SO₂ absorbuje vodnou suspenziou síranu horečnatého, vytvorenou zo sorbentu hydroxidu horečnatého:



Produkt reakcie, siričitan/síran horečnatý, sa nepretržite odvádza z absorbéra a suší sa v sušičke. Síran/síran horečnatý sa kalcinuje pri teplote približne 900 °C v prítomnosti uhlíka, aby sa regeneroval na oxid horečnatý, ktorý sa vracia do absorpčného systému:



Ako vedľajší produkt sa v procese získava elementárna siera, kyselina sírová alebo koncentrovaný oxid siričitý. Ide o predajné vedľajšie produkty, ktoré je možné predať s cieľom znížiť celkové prevádzkové náklady. Inak by regenerácia oxidu horečnatého vyžadovala veľké množstvo tepelnej energie.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížené emisie SO_x do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Technické aspekty relevantné pre použiteľnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Zníženie emisií SO_x.

Príklady zariadení

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

Informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.3 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií NO_x

3.2.2.3.1 Spaľovanie s nízkym prebytkom vzduchu

Opis

Zníženie množstva kyslíka dostupného v spaľovacej zóne na minimálne množstvo potrebné na úplné spaľovanie a minimalizáciu tvorby NO_x. Technika je založená hlavne na minimalizácii únikov vzduchu v peci, starostlivom riadení vzduchu používaného na spaľovanie a upravenej konštrukcii spaľovacej komory pece.

Technický opis

Nízky prebytok vzduchu je pomerne jednoduché a ľahko realizovateľné prevádzkové opatrenie na zníženie emisií oxidov dusíka. Znížením množstva kyslíka dostupného v spaľovacej zóne na minimálne množstvo potrebné na úplné spaľovanie sa znižuje premena dusíka viazaného v palive a v menšej miere aj tvorba tepelného NO_x. Týmto postupom je možné dosiahnuť značné zníženie emisií, preto sa uplatňuje v mnohých existujúcich veľkých spaľovacích zariadeniach. Nové zariadenia sú vo všeobecnosti vybavené rozsiahlymi meracími a regulačnými zariadeniami, ktoré umožňujú optimálne nastavenie prívodu spaľovacieho vzduchu.

Na spaľovanie s nízkym prebytkom vzduchu nie je potrebná žiadna dodatočná energia (v skutočnosti môže byť potrebná menšia energia, pretože sa znižuje prietok vzduchu a spalín, čo znižuje spotrebu energie ventilátora a tepelné straty spalín). Pri správnej prevádzke by toto primárne opatrenie na zníženie emisií nemalo mať za následok zníženie dostupnosti elektrárne.

Ďalším účinkom tejto techniky je nielen zníženie NO_x , ale aj SO_3 , ktoré môže spôsobiť koróziu a znečistenie predohrievača vzduchu a zariadenia na kontrolu častíc.

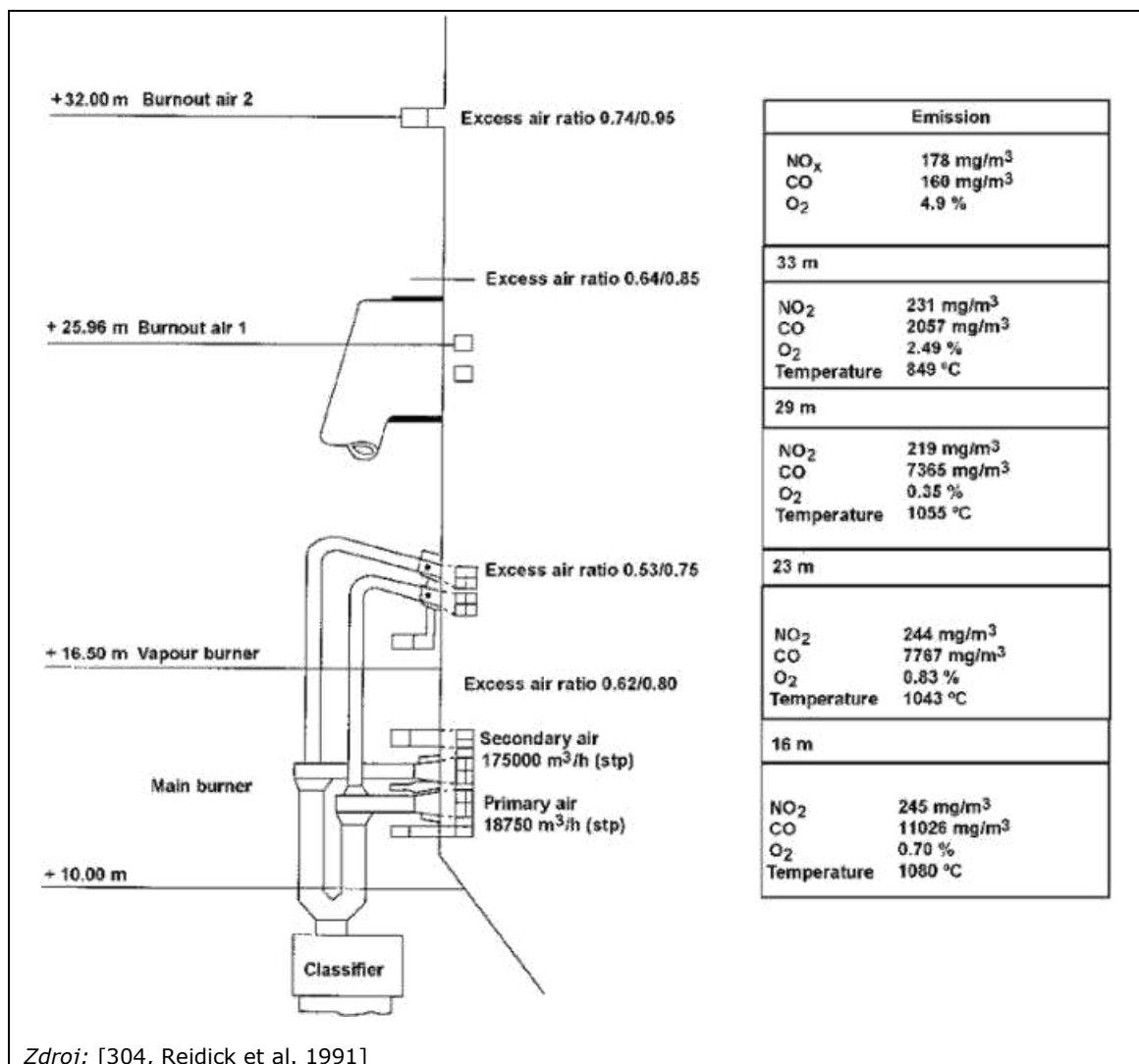
Dosiahnutý environmentálny prínos

Znížené emisie NO_x , N_2O a SO_3 do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Všeobecná miera zníženia emisií NO_x je 10 – 44 %. Zníženie emisií NO_x výrazne závisí od úrovne emisií nekontrolovaného zariadenia.

V prípade existujúcich starých kotlov na spaľovanie uhlia, ktoré ako primárne opatrenie používajú „nízky prebytok vzduchu“, sa bežný prebytok vzduchu pohybuje v rozmedzí 5 – 7 % O_2 (v spalínach). Nové systémy spaľovania s nízkym prebytkom vzduchu sa vyznačujú 3 – 4 % O_2 (v spalínach). Ako kľúčový faktor pri súčasnej kontrole NO_x , CO a nespáleného uhlíka bola identifikovaná aj doba zdržania. Vzťah medzi NO_x , CO a prebytkom vzduchu v rôznych častiach kotla s výkonom 150 MW_e je znázornený na obrázku 3.30.



Obrázok 3.30: Vzťah medzi NO_x , CO a prebytkom vzduchu v rôznych častiach kotla na hnedé uhlie s výkonom 150 MW_e

Medzizložkové vplyvy

Pri znížení hladiny kyslíka môže dôjsť k neúplnému spaľovaniu a zvýšeniu množstva nespáleného uhlíka v popole.

Zníženie obsahu kyslíka v primárnych zónach na veľmi nízke hodnoty môže tiež viesť k vysokým hladinám oxidu uhoľnatého. Výsledkom týchto zmien môže byť zníženie účinnosti spaľovacieho zariadenia, ako aj tvorba škvary, korózia a celkový nepriaznivý vplyv na výkon spaľovacieho zariadenia.

Tieto medziodvetvové vplyvy sa zvyčajne prekonávajú zavedením nejakej formy systému dohorievajúceho vzduchu, ako je znázornené na obrázku 3.30.

Ďalším medzizložkovým vplyvom je pokles teploty pary.

Medzi potenciálne bezpečnostné problémy, ktoré môžu vyplynúť z použitia tejto techniky bez prísneho kontrolného systému, patria požiare v predohrieváčoch vzduchu a zásobníkoch popola, ako aj zvýšenie opacity a rýchlosti opotrebovania vodnej steny.

Úvahy o použiteľnosti

Všeobecne použiteľné pre nové a existujúce kotly, pre všetky palivá.

Hospodárska únosnosť

Ide o veľmi lacný spôsob zníženia emisií oxidov dusíka.

Hnacie sily implementácie

Zníženie emisií NO_x.

Príkladné zariadenia

Zariadenia 102 a 444.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.3.2 Postupný prívod spaľovacieho vzduchu**Opis**

Vytvorenie viacerých spaľovacích zón v spaľovacej komore s rôznym obsahom kyslíka na zníženie emisií NO_x a na zabezpečenie optimálneho úplného spaľovania.

Technický opis

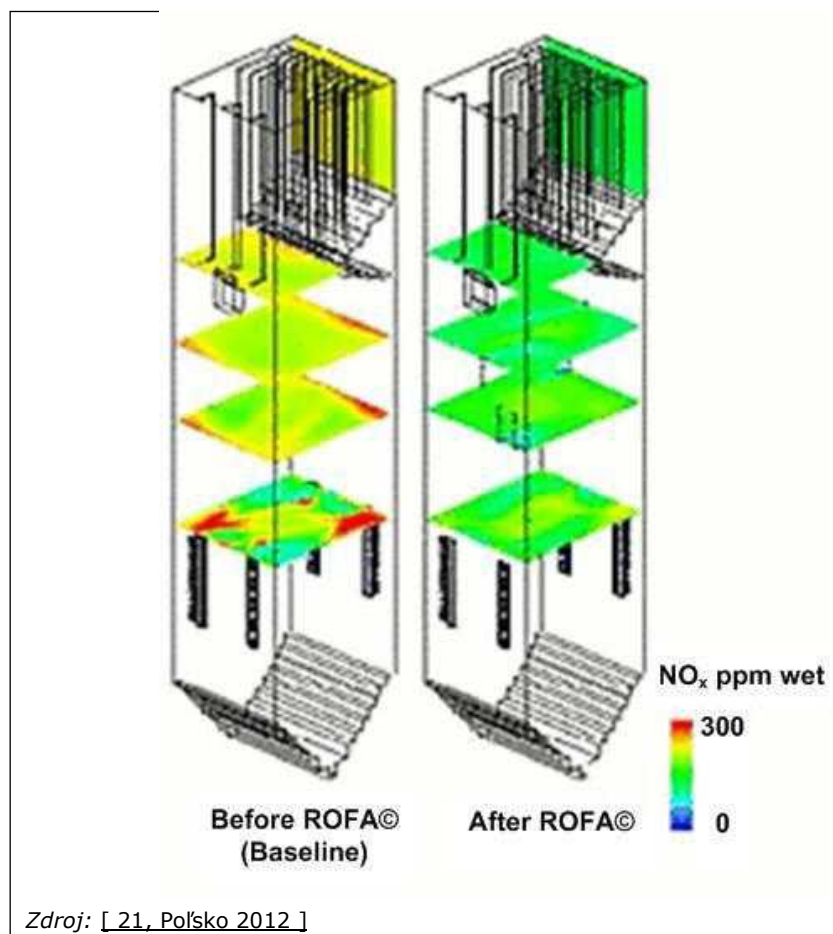
Redukcia NO_x prostredníctvom stupňovania vzduchu je založená na vytvorení minimálne dvoch oddelených zón spaľovania, primárnej zóny spaľovania s nedostatkom kyslíka a sekundárnej zóny spaľovania s nadbytkom kyslíka, aby sa zabezpečilo úplné vyhorenie. Vzduchové stupňovanie znižuje množstvo dostupného kyslíka v primárnej spaľovacej zóne, pretože do tejto zóny je dodávaná len časť spaľovacieho vzduchu (primárny vzduch). Primárny vzduch zvyčajne tvorí 70 – 90 % celkového prietoku vzduchu v kotloch na uhlie a 40 – 60 % v kotloch na biomasu. Podstechiometrické podmienky v primárnej zóne potláčajú premenu dusíka viazaného v palive na NO_x. Tvorba tepelného NO_x je tiež do určitej miery znížená v dôsledku nižšej maximálnej teploty. V sekundárnej zóne sa 10– 30 % (40–60 % v prípade kotlov na biomasu) spaľovacieho vzduchu vstrekuje nad spaľovaciu zónu. Spaľovanie je dokončené pri tomto zvýšenom objeme plameňa. Relatívne nízka teplota sekundárnej fázy teda obmedzuje tvorbu tepelného NO_x.

V kotloch a peciach existujú nasledujúce možnosti na dosiahnutie postupného prívodu spaľovacieho vzduchu:

- **Redistribúcia spaľovacieho vzduchu medzi úrovňami horákov (BBF):**
Redistribúcia spaľovacieho vzduchu medzi úrovňami horákov sa často používa ako dodatočné opatrenie v existujúcich inštaláciách (len pre vertikálne kotly), pretože nevyžaduje zásadné zmeny

spaľovacieho zariadenia. Spodné horáky pracujú s nadbytkom paliva, zatiaľ čo horné horáky sú zásobované nadbytkom vzduchu.

- **Horáky mimo prevádzky (BOOS):** Keďže vyradenie niektorých horákov z prevádzky nevyžaduje zásadné zmeny spaľovacieho zariadenia, toto opatrenie sa často používa ako modernizačné opatrenie v existujúcich vertikálnych kotloch. V tomto prípade spodné horáky pracujú v podmienkach s nadbytkom paliva, zatiaľ čo horné horáky nie sú v prevádzke a vstrekujú iba vzduch. Účinok tohto opatrenia je podobný ako v prípade nadmerného prívodu vzduchu, ale zníženie emisií NO_x pomocou BOOS nie je tak efektívne. Môžu nastať problémy s udrжанím prívodu paliva, pretože do pece sa musí dodávať rovnaké množstvo tepelnej energie s menším počtom prevádzkovaných horákov. Preto je toto opatrenie všeobecne obmedzené na spaľovacie procesy na plyn alebo olej.
- **Dohorievajúci vzduch (OFA):** Pre prevádzku s dohorievajúcim vzduchom sa okrem existujúcich horákov inštalujú vzduchové otvory (vetracie komory). Časť spaľovacieho vzduchu sa vstrekuje cez tieto samostatné otvory, ktoré sa nachádzajú nad horným radom horákov. Horáky potom môžu pracovať s nízkym prebytkom vzduchu, čo zabraňuje tvorbe NO_x , pričom prebytkový vzduch zabezpečuje úplné vyhorenie. Zvyčajne sa 15 – 30 % celkového spaľovacieho vzduchu, ktorý by normálne prechádzal horákmi, odkláňa do prívodov dohorievajúceho vzduchu. Dodatočná inštalácia dohorievajúceho vzduchu do existujúceho kotla zahŕňa úpravy rúrok vodnej steny s cieľom vytvoriť prívody pre sekundárne vzduchové trysky a pridanie potrubí, klapiek a vetracích skriň.
- **Posilnené OFA,** ako sú vysokotlakové alebo viacsmerové vstrekovacie systémy, zvyšujú účinok OFA tým, že zabraňujú tvorbe vrstevnatého laminárneho prúdenia a umožňujú efektívnejšie využitie celého objemu pece na spaľovací proces. Príklad tvorby NO_x pri použití zosilneného systému OFA je znázornený na obrázku 3.31. Turbulentné vstrekovanie a miešanie vzduchu, ktoré zabezpečujú takéto systémy, umožňuje efektívne miešanie chemických činidiel (napr. na odstraňovanie SO_x alebo dodatočné odstraňovanie NO_x) s produktmi spaľovania v peci. Znížením maximálnej teploty spaľovacej zóny a zvýšením prenosu tepla sa môže tiež zvýšiť účinnosť kotla o jeden až dva percentuálne body. Zvýši sa tiež doba zotrvania častíc, čím sa zníži obsah uhlíka v popolčeku a v lôžkovom popole. [19, EEB 2012] [20, COOMBS et al. 2004] -



Obrázok 3.31: Tvorba NO_x v kotle s tangenciálnym spaľovaním uhlia (so systémom rotačného protismerného prívodu vzduchu (ROFA) a bez neho)

Stupňovanie vzduchu v peci nezvyšuje spotrebu energie spaľovacej jednotky, okrem prípadov použitia posilnených OFA (napr. v dôsledku dodatočných ventilátorov BOFA). Treba tiež poznamenať, že zvýšením miešania vzduchu môže stupňovanie vzduchu tiež zlepšiť energetickú účinnosť zariadenia.

Pri spaľovaní vo fluidnom lôžku sa spaľovanie začína v substechiometrických podmienkach pyrolýzou v bublinkovom lôžku alebo v spodnej časti cirkulačného bublinkového lôžka. Zvyšok spaľovacieho vzduchu sa pridáva neskôr, postupne, aby sa nakoniec dosiahli nadstechiometrické podmienky a dokončilo sa spaľovanie. V cirkulujúcich fluidných lôžkach cirkulujúci materiál lôžka zabezpečuje rovnomerné rozloženie teploty, ktoré zvyčajne udržiava teplotu pece pod $900\text{ }^{\circ}\text{C}$, čo do veľkej miery zabraňuje tvorbe termického NO_x . Na druhej strane, nízke teploty podporujú tvorbu N_2O a zvyšujú množstvo nespáleného uhlíka.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Znížené emisie NO_x (pozri výkon v tabuľke 3.18).
- Zvýšená účinnosť systémov posilnených OFA.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje**Tabuľka 3.18: Výkon techniky postupného prívodu spaľovacieho vzduchu na zníženie emisií oxidov dusíka**

Primárna technika		Všeob. miera zníženia emisií NO _x	Všeobecná použiteľnosť	Poznámky	
Postupný prívod spaľovacieho vzduchu	Horák mimo prevádzky (BOOS)	10–70	Všeobecne obmedzené na plynové a olejové zariadenia, iba na dodatočnú montáž	Pri modernizácii existujúcich zariadení technikami BOOS, BBS alebo OFA môže dôjsť k neúplnému vyhoreniu (a tým k vyšším hladinám CO a nespáleného uhlíka).	Môžu nastať problémy s udrжанím prívodu paliva, pretože do pece musí byť dodávané rovnaké množstvo tepelnej energie s menším počtom horákov v prevádzke.
	Redistribúcia spaľovacieho vzduchu medzi úrovňami horákov (BBF)		Všetky palivá, iba pre modernizáciu		
	Dohorievajúci vzduch (OFA) a posilnený OFA (BOFA)		Všetky palivá		Modernizácia OFA v existujúcom kotle zahŕňa úpravy rúrok vodnej steny s cieľom vytvoriť otvory pre sekundárny vzduch. Pri peciach s ohrevom steny je možné pomocou OFA dosiahnuť zníženie NO _x o 10 – 40 %. Pri BOFA je možné dosiahnuť zníženie NO _x o > 60 % pri plnom zaťažení a o 50 % pri nízkom zaťažení.
Poznámka: Potenciál zníženia emisií NO_x veľmi závisí od úrovne tvorby NO_x a od viacerých faktorov špecifických pre dané miesto. Ak sa kombinujú rôzne primárne opatrenia na zníženie emisií NO_x, miera zníženia sa vo všeobecnosti nedá sčítať ani násobiť. Kombinovaná miera zníženia závisí od viacerých faktorov špecifických pre dané miesto a overuje sa pre každý závod individuálne. Zdroj: [19, EEB 2012] [20, COOMBS et al. 2004]					

Medzizložkové vplyvy

Existujú dve hlavné potenciálne nevýhody dodatočnej inštalácie postupného prívodu spaľovacieho vzduchu v existujúcich elektrárnach. Prvou je zvyčajne značné množstvo CO, ktoré sa môže vytvoriť, ak nie sú vzduchové trysky správne umiestnené, s tým súvisiacim rizikom korózie v oblastiach spaľovacej komory/zóny horáka v dôsledku nízkeho obsahu vzduchu/vysokého obsahu CO. Druhým je, že množstvo nespáleného uhlíka sa môže zvýšiť v dôsledku zníženia objemu medzi koncom spaľovacej zóny a prvým výmenníkom tepla. Tieto nevýhody sú obmedzené v prípade systémov posilnených OFA, ktoré umožňujú intenzívnu vnútornú recirkuláciu spalín medzi rôznymi spaľovacími zónami.

Správne navrhnutý systém OFA v nových kotloch nebude mať za následok vysokú koncentráciu CO ani vysoký obsah nespáleného uhlíka. [21, Poľsko 2012]

Postupný prívod spaľovacieho vzduchu v peci môže tiež zvýšiť spotrebu energie spaľovacieho zariadenia v prípade posilneného OFA, ktorý zvyčajne vyžaduje špeciálne posilňovacie ventilátory s následnou spotrebou energie.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Výška pece v starých kotloch je zvyčajne nízka a môže brániť inštalácii otvorov pre prívod vzduchu nad ohniskom (OFA). Aj keby bol priestor pre otvor OFA, doba zotrvania spalín v hornej časti pece nemusí byť dostatočne dlhá na úplné spálenie. Uplatnenie stupňovania prívodu vzduchu môže preto vyžadovať zníženie kapacity jednotky, aby sa vytvoril priestor pre stupňovanie prívodu vzduchu. V kotloch vyrobených neskôr, keď bolo viac známe o tvorbe NO_x, je pec zvyčajne väčšia a je možné dosiahnuť nižšie hladiny NO_x. Najlepšie výsledky sa dosahujú, keď je spaľovanie s nízkymi emisiami NO_x integrované do konštrukcie kotla.

Vzduchové stupňovanie nie je použiteľné v plynových turbínach, ak nie je dostatok priestoru na jeho implementáciu.

Hospodárska únosnosť

Ide o veľmi lacný spôsob znižovania emisií oxidov dusíka. Veľmi často sa používa spolu s inými primárnymi opatreniami, ako sú horáky s nízkymi emisiami NO_x , takže je pomerne ťažké odhadnúť vplyv samotného vzduchového stupňovania na náklady. Hrubý odhad je, že náklady na OFA sú takmer 1 milión EUR pre kotol s výkonom 250 MW_{th} a náklady na zníženie emisií NO_x na tonu sú zvyčajne 300 – 1 000 EUR. [132, Rentz et al. 1999]

Hnacia sila implementácie

Zníženie emisií NO_x .

Príkladné zariadenia

Približne 160 elektrární, ktoré v roku 2012 vyplnili dotazník na účely revízie tohto dokumentu, je vybavených systémom postupného prívodu spaľovacieho vzduchu.

Ďalšie príklady nájdete v oddieloch o spaľovaní uhlia, hnedého uhlia a plyných palív.

Referenčná literatúra

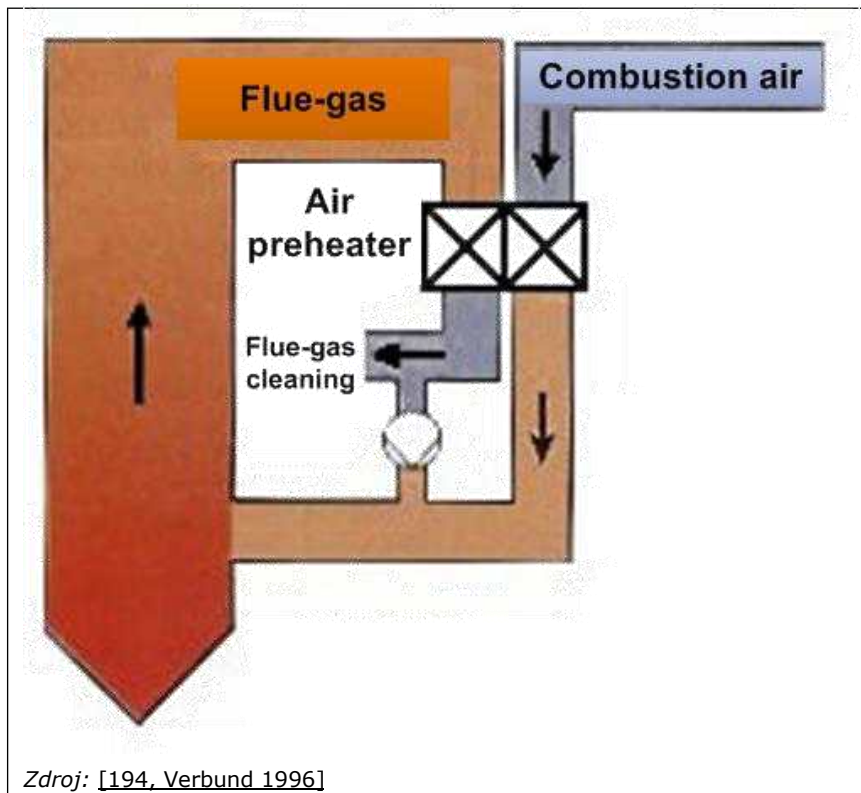
Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.3.3 Recirkulácia spalín (FGR) alebo recirkulácia výfukových plynov (EGR)**Opis**

Recirkulácia časti spalín do spaľovacej komory s cieľom nahradiť časť čerstvého spaľovacieho vzduchu, čo má dvojitý účinok: ochladenie teploty plameňa a obmedzenie obsahu O_2 pre oxidáciu dusíka, čím sa obmedzuje tvorba NO_x . Znamená to prívod spalín z pece do plameňa s cieľom znížiť obsah kyslíka a tým aj teplotu plameňa. Použitie špeciálnych horákov alebo iných opatrení je založené na vnútornej recirkulácii spalín, ktoré ochladzujú korene plameňov a znižujú obsah kyslíka v najteplejšej časti plameňov.

Technický opis

Recirkulácia spalín vedie k zníženiu množstva dostupného kyslíka v spaľovacej zóne a, keďže priamo ochladzuje plameň, k zníženiu teploty plameňa: tým sa znižuje konverzia dusíka viazaného v palive aj tvorba tepelného NO_x . Recirkulácia spalín do spaľovacieho vzduchu sa osvedčila ako úspešná metóda na znižovanie NO_x vo vysokoteplotných spaľovacích systémoch, ako sú kotly s mokrým dnom a zariadenia spaľujúce ropu alebo plyn. Obrázok 3.32 je schematickým znázornením tejto techniky.



Obrázok 3.32: Recirkulácia spalín v kotle

Ako je vidieť na obrázku vyššie, časť spalín (20 – 30 % pri teplotách približne 350 – 400 °C) sa odoberá z hlavného toku spalín za predohrevom vzduchu, zvyčajne pred odstránením častíc, a potom sa recykluje do kotla. Recirkulované spaliny sa môžu zmiešať so spaľovacím vzduchom pred horákom alebo s fázovým vzduchom. Na recirkuláciu veľkých prietokov sú potrebné špeciálne horáky navrhnuté na prevádzku s recirkulovanými spalinami. V kotloch s roštovým ohrevom sa používajú aj samostatné otvory FGR.

Podobná technika sa používa aj v niektorých motoroch: recirkulácia výfukových plynov (EGR) môže byť metódou na zníženie emisií NO_x z dvojtaktných motorov s veľkým zdvihovým objemom, ale vyžaduje vyriešenie určitých problémov spojených s chladením a čistením výfukových plynov pred ich recirkuláciou v motore. Recirkulované plyny pozostávajú hlavne z oxidu uhličitého, dusíka a vodnej pary, ktoré pomáhajú znižovať teplotu spaľovacieho plameňa. Čistenie výfukových plynov vedie k vzniku kyslej, špinavej a mastnej kalovej hmoty, ktorú je potrebné spracovať a likvidovať. Akékoľvek stopy kyseliny sírovej, ktoré zostanú v čistených plynach, môžu poškodiť kompresory turbodúchadla a vzduchové chladiče. Pri EGR do 15 % bolo zaznamenané zníženie emisií NO_x až o 50 %. Pri uplatňovaní EGR je však potrebné zohľadniť vyššie uvedené problémy. EGR vo veľkých štvortaktných motoroch bol doteraz testovaný len v laboratórnych podmienkach. Vzhľadom na zvýšenú tvorbu dymu, častíc a oveľa vyššiu spotrebu paliva nie je EGR zatiaľ použiteľný v takýchto motoroch a vyžaduje vývoj nových techník, ktoré umožnia oveľa vyššie tlaky vstrekovania paliva.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížené emisie NO_x do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Tabuľka 3.19: Výkon techniky recirkulácie spalín na zníženie emisií oxidov dusíka

Všeobecná miera zníženia emisií NO _x	Všeobecná použiteľnosť	Obmedzenia použiteľnosti	Poznámky
20–60 < 20 % pre kotly spaľujúce uhlie a 30–50 % pre plynové elektrárne v kombinácii s dohorievajúcim vzduchom	Všetky palivá	Nestabilita plameňa	Dodatočná montáž recirkulácie spalín do existujúceho kotla predstavuje určité ťažkosti s prispôbením, najmä kvôli stratám účinnosti kotla aj horákov, s výnimkou recirkulácie veľmi malého množstva spalín. Toto opatrenie na zníženie emisií NO _x sa môže použiť samostatne alebo v kombinácii s reguláciou prívodu vzduchu pri modernizácii. Recirkulácia spalín vedie k dodatočnej spotrebe energie v dôsledku prevádzky recirkulačného ventilátora.
Poznámka: Potenciál zníženia NO_x veľmi závisí od úrovne tvorby NO_x a od viacerých faktorov špecifických pre dané miesto. Ak sa kombinujú rôzne primárne opatrenia na zníženie emisií NO_x, miera zníženia sa vo všeobecnosti nedá sčítať ani násobiť. Kombinovaná miera zníženia závisí od viacerých faktorov špecifických pre dané miesto a overuje sa pre každú prevádzku individuálne. FGR sa môže použiť na udržanie teplotného okna potrebného pre SCR s vysokým obsahom prachu pri čiastočnom a nízkym zaťažení. FGR sa môže použiť na udržanie teploty opätovného ohrevu pri čiastočnom zaťažení, čo vedie k zvýšeniu účinnosti.			

Medzizložkové vplyvy

- Prídavok FGR môže mierne zmeniť výmenu tepla, s miernym zvýšením teploty spalín kotla (napr. z 222 °C na 228 °C v prípade zariadenia spaľujúceho zemný plyn), čo vedie k miernemu zníženiu energetickej účinnosti (napr. o 0,3 percentuálneho bodu v prípade uvedeného zariadenia).
- Tendencia k vyššiemu obsahu nespáleného uhlíka v popole.
- FGR môže spôsobiť koróziu prírodného potrubia a ventilátorov, pretože spaliny sa ochladzujú pri zmiešaní s prúdom prírodného vzduchu.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

- Dodatočná inštalácia FGR vyžaduje inštaláciu potrubia a ovládacích prvkov a môže byť obmedzená konfiguráciou elektrárne.
- Na prispôbenie väčšieho objemu a vyššej teploty prúdiacej zmesi vzduchu a FGR môže byť potrebné modernizovať komponenty (napr. ventilátory).
- Dodatočná inštalácia FGR môže spôsobiť zníženie kapacity spaľovacej jednotky.
- Nestabilita plameňa môže obmedziť množstvo FGR (a zníženie NO_x), pokiaľ sa nevykonajú aj zmeny horáka.
- Je potrebné riadiť dodatočné prevádzkové riziká spôsobené poruchami FGR a ich vplyvom na spaľovanie horáka.
- Ak je množstvo recirkulovaných spalín nadmerné, môže to viesť k určitým prevádzkovým obmedzeniam, napr. k problémom s koróziou pri spaľovaní paliva obsahujúceho síru, k stratám účinnosti v dôsledku zvýšenia teploty v komíne alebo k zvýšenej spotrebe energie ventilátorov. Preto sa prevádzkovatelia zvyčajne snažia obmedziť množstvo recirkulovaných spalín (na približne 30 %) a kompenzovať vyššie emisie NO_x použitím pokrokových horákov s nízkymi emisiami NO_x.

Hospodárska únosnosť

Dodatočná inštalácia systému FGR stojí približne 50 000 EUR pre kotol s výkonom 20 MW_{th} a jeho zahrnutie do nového kotla stojí približne 20 000 EUR.

Hnacia sila implementácie

Zníženie emisií NO_x.

Príklady zariadení

Približne 100 zariadení, ktoré v roku 2012 vyplnili dotazník na účely preskúmania tohto dokumentu, je vybavených FGR.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.3.4 Zníženie teploty spaľovacieho vzduchu

Opis

Zníženie predohrevu spaľovacieho vzduchu s cieľom znížiť teplotu spaľovacieho plameňa a obmedziť tvorbu termického NO_x.

Technický opis

Teplota predohrevu spaľovacieho vzduchu má významný vplyv na tvorbu NO_x, hlavne v prípade plynových a olejových systémov. Pri týchto palivách je hlavná časť NO_x spôsobená mechanizmom termického NO, ktorý závisí od teploty spaľovania. Zníženie teploty predohrevu vzduchu vedie k nižším teplotám plameňa (vrcholovým teplotám) v spaľovacej zóne. V dôsledku toho dochádza k nižšej tvorbe termického NO_x. V prípade malých jednotiek môže byť najvhodnejším riešením odstránenie predohrievača vzduchu.

Dosiahnutý environmentálny prínos

Znížené emisie NO_x.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Všeobecná miera zníženia je 20 – 30 %. Úroveň dosiahnuteľného zníženia emisií závisí hlavne od počiatočnej teploty predohrevu vzduchu a od teploty, ktorá sa dosiahne po zavedení tohto opatrenia.

Medzizložkové vplyvy

Táto technológia má dve hlavné nevýhody. Po prvé, v niektorých kotloch, napr. v kotloch spaľujúcich uhlie alebo vlhkú biomasu, sú potrebné vysoké teploty spaľovania, a preto sú pre správne fungovanie spaľovacieho zariadenia nevyhnutné vysoké teploty predohrevu vzduchu. Po druhé, zníženie teploty predohrevu vzduchu vedie k vyššej spotrebe paliva, pretože väčšia časť tepelnej energie obsiahnutej v spalínach nemôže byť využitá a nakoniec opúšťa zariadenie komínom. To je možné kompenzovať využitím určitých metód úspory energie, napríklad zväčšením ekonomizéra.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Táto technika nie je vhodná pre kotly na uhlie s mokrým dnom a kotly na mokrú biomasu.

Hospodárska únosnosť

Náklady na odstránenie predohrievača spaľovacieho vzduchu sú špecifické pre každú prevádzku.

Spoločnosť Osiris, energetická služba poskytujúca služby v chemickej platforme Les Roches–Roussillon, vypočítala v roku 2012, že náklady na modernizáciu jej kotla na zemný plyn s výkonom 60 MW_{th} by dosiahli 3 300 000 EUR. Táto suma zahŕňala:

- odstránenie rotačného výmenníka tepla;

- inštalácia nového výmenníka tepla s rekuperáciou energie, so systémom pre núdzovú prevádzku na vykurovací olej;
- výmena ventilátora spaľovacieho vzduchu, keďže objem vzduchu bude veľmi odlišný;
- úprava horákov pre prevádzku pri nízkej teplote;
- kontrola nastavení horákov;
- inštalácia potrubia na prívod vody na napájanie nového ekonomizéra;
- inštalácia parného potrubia na preplachovanie ekonomizéra;
- aktualizácia celého regulačného systému.

Hnacia sila implementácie

Zníženie emisií NO_x.

Príklady zariadení

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

[195, OSIRIS 2012]

3.2.2.3.5 Horáky s nízkymi emisiami NO_x

Opis

Táto technika (vrátane ultra- alebo pokročilých horákov s nízkymi emisiami NO_x) je založená na princípoch znižovania maximálnych teplôt plameňa; horáky kotlov sú navrhnuté tak, aby spomaľovali, ale zlepšovali spaľovanie a zvyšovali dĺžku plameňov, čím umožňujú, aby teplo vyžarované počas spaľovania znižovalo maximálne teploty. Zmiešavanie vzduchu a paliva znižuje dostupnosť kyslíka a znižuje maximálnu teplotu plameňa, čím spomaľuje premenu dusíka viazaného v palive na NO_x a tvorbu termického NO_x, pričom zachováva vysokú účinnosť spaľovania. To môže súvisieť s upravenou konštrukciou spaľovacej komory pece. Konštrukcia horákov s mimoriadne nízkymi emisiami NO_x (ULNB) zahŕňa postupný prívod spaľovacieho vzduchu (vzduch/palivo) a recirkuláciu plynov z ohniska (interná recirkulácia spalín).

Technický opis

Horáky s nízkymi emisiami NO_x dosiahli zrelú fázu vývoja, ale pokračujú ďalšie vylepšenia a značná časť výskumnej práce sa stále venuje zdokonaľovaniu existujúcich systémov horákov s nízkymi emisiami NO_x. Keďže konštrukčné detaily horákov s nízkymi emisiami NO_x sa výrazne líšia od výrobcu k výrobcovi, uvádzame tu len všeobecný princíp.

V klasickej spaľovacej inštalácii sa kombinovaná zmes paliva a vzduchu/kyslíka vstrekuje celá na rovnakom mieste. Výsledný plameň sa potom skladá z horúcej a oxidujúcej primárnej zóny umiestnenej v koreni plameňa a chladnejšej sekundárnej zóny umiestnenej na konci plameňa. Primárna zóna generuje väčšinu NO, ktoré sa exponenciálne zvyšuje s teplotou, zatiaľ čo príspevok sekundárnej zóny je skôr skromný.

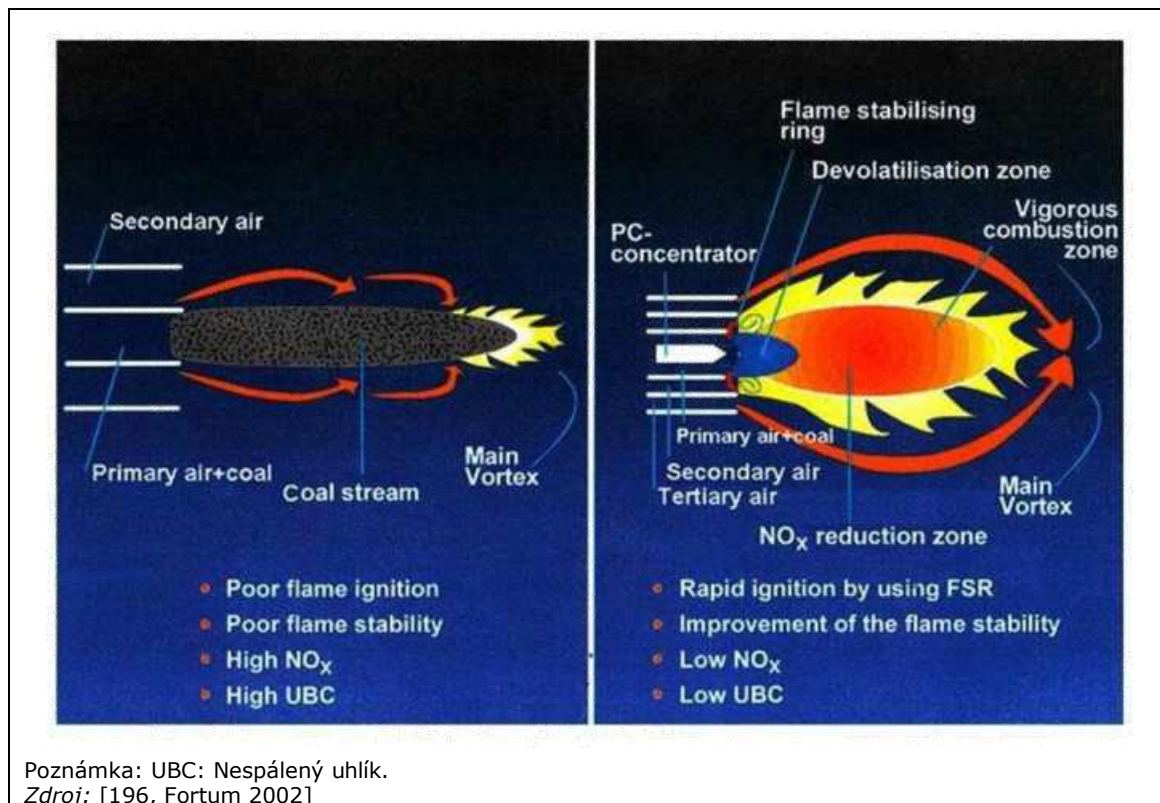
Horáky s nízkymi emisiami NO_x (LNB) menia spôsob vstrekovania vzduchu a paliva, aby sa oneskorilo zmiešavanie, znížila dostupnosť kyslíka a znížila maximálna teplota plameňa.

Podľa rôznych princípov znižovania tvorby NO_x boli vyvinuté horáky s nízkymi emisiami NO_x ako horáky s postupným prívodom vzduchu, horáky s recirkuláciou spalín a horáky s postupným prívodom paliva.

Horáky s nízkymi emisiami NO_x s postupným prívodom vzduchu

V procese postupného prívodu vzduchu sa primárny vzduch zmieša s celkovým množstvom paliva, čím vzniká plameň bohatý na palivo, ktorý je relatívne chladný a má nedostatok kyslíka; za týchto podmienok

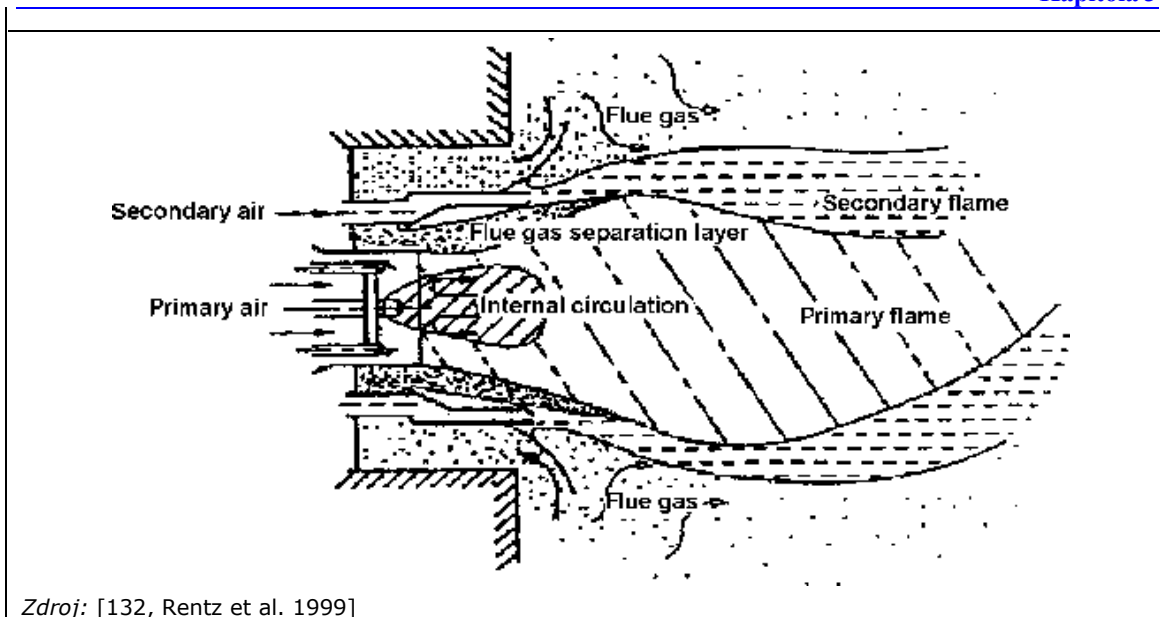
sa zabraňuje tvorbe oxidov dusíka. Zmes paliva a vzduchu a sekundárny vzduch, ako je znázornené na obrázku 3.33, vytvárajú substoichiometrickú zónu spaľovania (primárny plameň). Vnútrorná recirkulačná zóna vzniká v dôsledku vírenia sekundárneho vzduchu a kužeľovitého otvoru horáka, ktorý rýchlo zahrieva palivo. Vírenie sekundárneho plameňa je nevyhnutné pre stabilitu plameňa. Vo primárnom plameni sa uvoľňujú prchavé zlúčeniny spolu s väčšinou dusíkatých zlúčenín. Prevádzkou zmesi bohatej na palivo a chudobnej na vzduch s vysokou koncentráciou CO je obmedzená oxidácia dusíkatých zlúčenín na NO. Sekundárnym vzduchom sa vytvára zóna vyhorenia, v ktorej prebieha pomalé spaľovanie nespáleného paliva pri relatívne nízkych teplotách. Nízka koncentrácia O₂ zabezpečuje v tejto fáze kontrolu NO_x.



Obrázok 3.33: Porovnanie konvenčných horákov s postupným prívodom vzduchu a moderných horákov s postupným prívodom vzduchu s nízkymi emisiami NO_x

Horáky s nízkymi emisiami NO_x s recirkuláciou spalín

Pri tuhých palivách a kvapalných palivách s obsahom dusíka medzi 0,3 hmotnostným percentom a 0,6 hmotnostným percentom prevláda palivový NO nad tepelným NO (typicky 75 % palivového NO). Preto je okrem zníženia teploty plameňa pôsobiaceho na termický NO potrebné znížiť aj obsah kyslíka bez toho, aby sa vytvorilo viac nespáleného uhlíka. Riešením je technika zahrňajúca oddelené plamene s vnútornou recirkuláciou spalín. Vstreknutím časti spalín do spaľovacej zóny alebo prívodu spaľovacieho vzduchu sa znížia teploty plameňa aj koncentrácie kyslíka, čo umožňuje zníženie tvorby NO_x.



Zdroj: [132, Rentz et al. 1999]

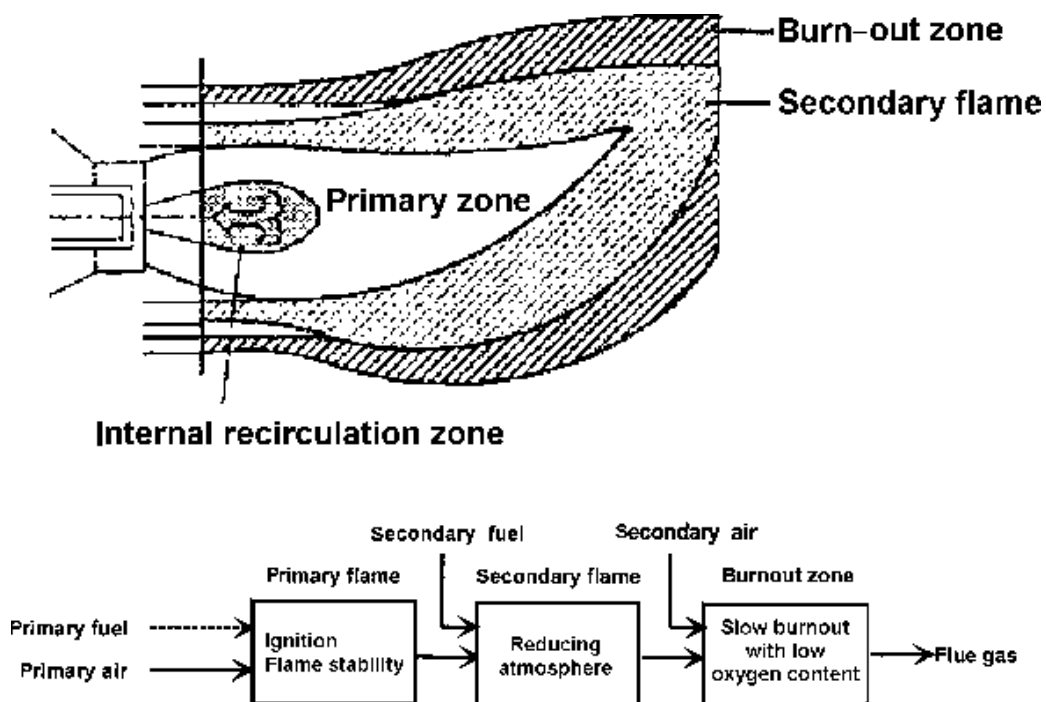
Obrázok 3.34: Horáky s nízkymi emisiami NO_x s recirkuláciou spalín

Základná funkcia je podobná ako u horáka s nízkymi emisiami NO_x postupným prívodom vzduchu, ale vzdialenosti medzi primárnymi a sekundárnymi dýzami sú väčšie, čím vzniká vrstva spalín. V týchto horákoch sa 15 – 25 % horúcich spalín recirkuluje spolu so spaľovacím vzduchom do vzduchu na vyhorenie. Spaliny pôsobia ako riedidlo, znižujú teplotu plameňa a parciálny tlak kyslíka, čím znižujú tvorbu NO_x . Vnútoraná recirkulácia sa zvyčajne používa pri spaľovaní kvapalného paliva a v najnovšej generácii kombinovaných plynových a olejových LNB.

Horáky s nízkymi emisiami NO_x s postupným dávkovaním paliva

Horák s postupným dávkovaním paliva má za cieľ znížiť emisie NO_x , ktoré sa už vytvorili, pridaním časti paliva v druhom stupni. LNB s postupným dávkovaním paliva sa väčšinou používajú pre plynové aplikácie.

Táto technika začína spaľovaním časti paliva s vysokým prebytkom vzduchu, čo umožňuje relatívne nízke teploty plameňa, ktoré zabraňujú tvorbe oxidov dusíka. Vnútoraná recirkulačná zóna a takmer stechiometrické spaľovanie zabezpečujú stabilitu plameňa. Keď sa spaľovanie v primárnej zóne blíži k ukončeniu, dodatočné palivo (optimálny pomer medzi 20 % a 30 %) sa vstrekuje za primárny plameň, aby sa vytvoril sekundárny plameň, ktorý je extrémne substechiometrický. Vytvára sa atmosféra, v ktorej sa už vytvorené NO_x môže redukovať na N_2 pomocou radikálov NH_3 , HCN a CO . V tretej fáze sa vytvára zóna vyhorenia. Plameň tohto typu horáka je asi o 50 % dlhší ako plameň štandardného plynového horáka.



Zdroj: [132, Rentz et al. 1999]

Obrázok 3.35: Stupňovanie paliva v horáku

Nová generácia horákov s nízkymi emisiami NO_x

Najnovšie konštrukcie LNB (nazývané „hybridné horáky s nízkymi emisiami NO_x “ alebo „horáky s ultra nízkymi emisiami NO_x “) využívajú kombináciu stupňovania prívodu vzduchu, stupňovania prívodu paliva a vnútornej recirkulácie spalín spolu s novými technikami, aby umožnili ultra nízke emisie NO_x . Používa sa aj variabilné rozdelenie paliva alebo, v prípade plynových horákov, spaľovanie chudobnej predupravenej zmesi. Nevýhodou horákov s nízkymi emisiami NO_x prvej generácie je potreba dostatočného priestoru na oddelenie plameňa: priemer plameňov s nízkymi emisiami NO_x je asi o 30 – 50 % väčší ako pri klasických plameňoch. V porovnaní s klasickými a kompaktnými plameňmi LNB môžu ULNB dosiahnuť podobné zníženie emisií NO_x s menším vplyvom na tvar plameňa alebo väčšie zníženie, ak je k dispozícii dostatočný objem ohniska.

Ďalšia nová generácia horákov určených na spaľovanie plyného paliva s nízkymi emisiami NO_x využíva expanznú energiu plyného paliva pod tlakom, ktoré sa vstrekuje hlavne do hlavného prúdu spaľovacieho vzduchu, aby sa z spaľovacej komory odobrala časť spalín a zmiešala sa s plyným palivom predtým, ako vstúpi do stredu plameňa. Táto technika umožňuje kumuláciu účinkov: zníženie teploty plameňa a parciálneho tlaku kyslíka, podobne ako u horákov s nízkymi emisiami NO_x predchádzajúcej generácie, ale aj zníženie parciálneho tlaku paliva, čo drasticky znižuje maximálnu teplotu v plameni a prispieva k ďalšiemu zníženiu termického NO_x .

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížené emisie NO_x do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje**Tabuľka 3.20: Výkon techniky horáka s nízkymi emisiami NO_x pri znižovaní emisií oxidov dusíka**

Primárne opatrenie		Všeobecná miera zníženia emisií NO _x	Všeobecná použiteľnosť	Obmedzenia použiteľnosti
Horák s nízkymi emisiami NO _x (LNB)	LNB s fázovým riadením vzduchu	25–35	Všetky palivá	Nestabilita plameňa Neúplné vyhorenie
	Recirkulácia spalín LNB	Až 20	Všetky palivá	Nestabilita plameňa
	Fázové spaľovanie paliva LNB	50–60	Všetky palivá	Nestabilita plameňa Neúplné vyhorenie
	LNB novej generácie	50–70	Všetky palivá	NA
Poznámka Pri kombinovaní rôznych primárnych opatrení na zníženie emisií oxidov dusíka sa miera zníženia vo všeobecnosti nedá sčítať ani násobiť. Kombinovaná miera zníženia závisí od viacerých faktorov špecifických pre dané miesto a overuje sa pre každý závod individuálne. Nie všetky primárne opatrenia je možné uplatniť na všetky existujúce kotly; ich uplatnenie závisí od konfigurácie spaľovania a paliva. Horáky s nízkymi emisiami NO_x sa môžu používať v kombinácii s inými primárnymi opatreniami, ako je prívod vzduchu nad ohniskom a opätovné spaľovanie alebo recirkulácia spalín. Horáky s nízkymi emisiami NO_x s prívodom vzduchu nad ohniskom môžu dosiahnuť mieru zníženia emisií o 35 – 70 %. [148, CIEMAT 2000] NA: Nie je k dispozícii.				

Tvrdí sa, že moderné konštrukcie LNB s postupným prívodom vzduchu pre kotly na uhlie s bočným ohrevom (s optimalizovanou tryskou alebo vírivým prúdom pre sekundárny prívod vzduchu a deflektorom pre sekundárny/terciárny prívod vzduchu) môžu dosiahnuť zníženie emisií NO_x až o 50 % bez OFA a až o 70 % s OFA.

V zariadeniach spaľujúcich hnedé uhlie môžu byť zníženia emisií NO_x až 75 % s LNB, OFA a/alebo recirkuláciou spalín.

V prípade kotlov je v súčasnosti len málo implementovaných horákov na spaľovanie chudobnej predupravenej zmesi v priemyselných kotloch spaľujúcich zemný plyn. Táto technika bola úspešne implementovaná v priemyselnom kotle vo Francúzsku v roku 2014 a v parných generátoroch používaných v ropnom a plynárenskom sektore v USA. Emisie NO_x horáka na spaľovanie chudobnej predupravenej zmesi (pred vstrekaním paliva) v plynovom kotle závisia od úrovne prebytku vzduchu a od kvality zmesi vzduchu a plynného paliva. Emisie NO_x sú veľmi citlivé na úroveň prebytku vzduchu. Na dosiahnutie veľmi nízkych emisií NO_x (menej ako 20 mg/Nm³) je potrebná úroveň prebytku vzduchu 40 – 80 %. Pod touto hranicou 40 % emisie NO_x rýchlo stúpajú a dosahujú bežné hodnoty NO_x. Nad 80 % je teplota plameňa veľmi nízka a môže to ovplyvniť stabilitu spaľovania chudobnej zmesi. Pomocou tejto techniky sa zvyčajne dosahujú hladiny NO_x nižšie ako 50 mg/Nm₃. Testy vykonané v demonštračnej aplikácii ukázali, že úrovne emisií NO_x okolo 20–30 mg/Nm³ (pri 3 % O₂) sú dosiahnuteľné, ak sa zariadenie na spaľovanie chudobnej zmesi používa v kombinácii s externou recirkuláciou spalín, avšak za cenu vyšších investičných a prevádzkových nákladov.

Medzizložkové vplyvy

Keďže tlaková strata v vzduchových potrubíach je v porovnaní so štandardnými horákmi vyššia, môže to viesť k zvýšeným prevádzkovým nákladom. Napríklad mletie uhlia sa zvyčajne musí zlepšiť, čo môže viesť k vyšším prevádzkovým a údržbovým nákladom. Môžu sa tiež vyskytnúť problémy s koróziou alebo vplyvy na bezpečnosť a spoľahlivosť zariadení v dôsledku nestability spaľovania, najmä ak proces nie je riadne kontrolovaný.

V prípade elektrární spaľujúcich zemný plyn nie je merateľný vplyv LNB na energetickú účinnosť, teplotu odpadových plynov a výrobu pary.

Implementácia horákov s nízkymi emisiami NO_x môže zvýšiť obsah uhlíka v popole, ktorý by mal byť udržiavaný v rámci stanoveného limitu, aby neohrozoval nakladanie s týmito rezíduami spaľovania. Pridanie triedičov do mlynov na uhlie, ktoré zlepšujú

jemnosť práškoveho uhlia, je účinným spôsobom, ako tento problém vyriešiť. Moderné LNB na uhlie sú navrhnuté tak, aby neovplyvňovali úroveň uhlíka v popole. Horáky s nízkymi emisiami NO_x môžu tiež zvýšiť tvorbu CO v dôsledku chladnejších a väčších plameňov. Táto tvorba sa zvýši pri nízkych zaťaženiach.

Technické aspekty relevantné pre použiteľnosť

Pri použití moderných horákov s nízkymi emisiami NO_x v existujúcich kotloch je potrebné vziať do úvahy, že v starších zariadeniach sú pece zvyčajne konštruované tak, aby boli čo najmenšie (navrhnuté pre vysokú intenzitu spaľovania). Preto je možné teplotu pece, a tým aj tvorbu NO_x znížiť len v obmedzenej miere. Okrem toho je hĺbka pece dostatočná len na o niečo dlhšie plamene, ako bolo pôvodne navrhnuté.

Použiteľnosť horákov na spaľovanie chudobných predupravených zmesí pre plynové kotly s predohriatym vzduchom (> 150 °C) alebo procesnými plynmi s vysokým obsahom vodíka alebo premenlivým zložením ešte nebola preukázaná.

Hospodárska únosnosť

Technika spaľovania s nízkymi emisiami NO_x vyžaduje minimálne výmenu horákov a často aj inštaláciu systému dohorievajúceho vzduchu (OFA). Ak sú existujúce horáky klasické, ich výmena je takmer vždy veľmi nákladovo efektívna. Ak sú horáky s oneskoreným spaľovaním s nízkymi emisiami NO_x (starý typ), výhody ich modernizácie na horáky s rýchlym vstrekovaním s nízkymi emisiami NO_x možno posúdiť len individuálne v každom jednotlivom prípade.

Horáky s nízkymi emisiami NO_x s OFA pre kotol na tuhé palivo s výkonom 250 MW_{th} stoja približne 1,7 milióna EUR. V kotloch na uhlie sú náklady na zníženie emisií NO_x približne 500 EUR na tonu znížených emisií NO_x.

V prípade nových zariadení možno dodatočné investície do horáka s nízkymi emisiami NO_x v porovnaní s klasickým horákom považovať za zanedbateľné. V prípade modernizácií je potrebné zohľadniť možné úpravy zariadenia, ktoré sú veľmi často špecifické pre danú prevádzku, a preto nie je možné ich všeobecne kvantifikovať. Dodatočné prevádzkové náklady potrebné na prevádzku horákov s nízkymi emisiami NO_x sú do veľkej miery spôsobené dodatočnou spotrebou energie, ktorá je nevyhnutná z dôvodu:

- potreby väčších ventilátorov, keďže v horákoch dochádza k väčším tlakovým stratám;
- potreby zabezpečiť lepšie rozprašovanie uhlia, aby sa dosiahlo efektívne spaľovanie za podmienok zníženého prívodu vzduchu v horákoch.

Hnacie sily implementácie

Zníženie emisií NO_x.

Príkladné zariadenia

Približne 200 zariadení, ktoré v roku 2012 vyplnili dotazník na účely preskúmania tohto dokumentu BREF, je vybavených LNB.

Ďalšie príklady nájdete v častiach venovaných konkrétnym palivám.

Referenčná literatúra

[197, ADEME 2015]

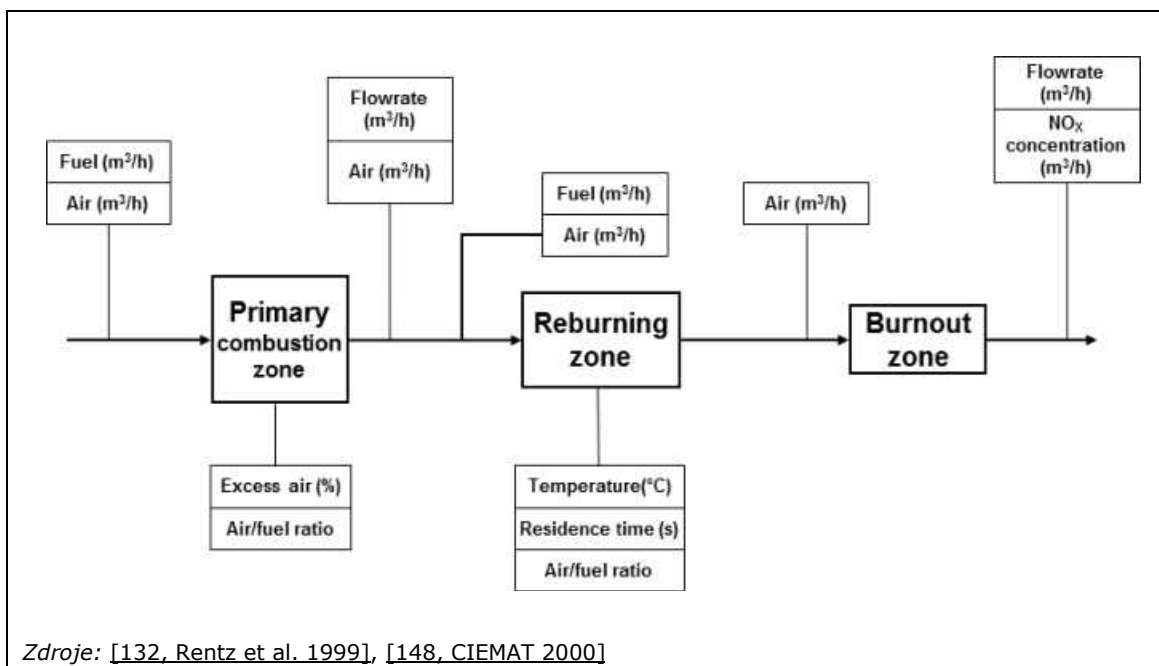
3.2.2.3.6 Fuel staging (opakované spaľovanie)

Opis

Táto technika je založená na znížení teploty plameňa alebo lokalizovaných horúcich bodov vytvorením viacerých spaľovacích zón v spaľovacej komore s rôznymi úrovňami vstrekovania paliva a vzduchu, čo umožňuje premenu vzniknutého NO_x späť na dusík.

Technický opis

Stupňovité fuel stagingu, nazývaná aj opakované spaľovanie, je založená na vytvorení rôznych zón v peci prostredníctvom stupňovitého vstrekovania paliva a vzduchu. Cieľom je znížiť obsah oxidov dusíka, ktoré sa už vytvorili, späť na dusík. Ako je vidieť na obrázku 3.36, spaľovanie možno rozdeliť do troch zón.

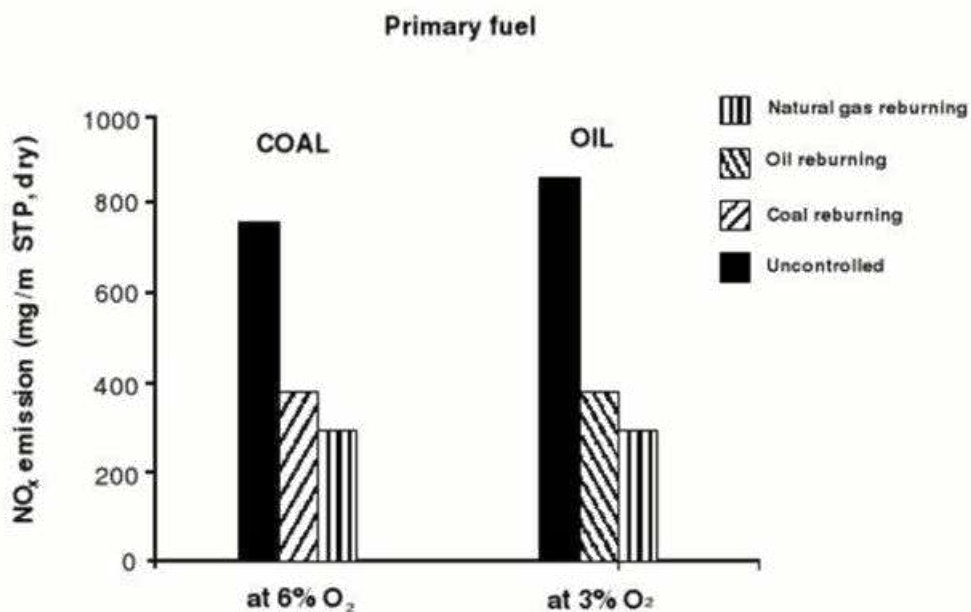


Obrázok 3.36: Tri zóny spaľovania a relevantné parametre v procese opakovaného spaľovania

Opakované spaľovanie zahŕňa spaľovanie prebiehajúce v troch zónach:

- Primárna spaľovacia zóna (ktorá môže byť vybavená primárnymi opatreniami): 80 – 85 % paliva sa spaľuje v oxidačnej alebo mierne redukčnej atmosfére. Táto primárna spaľovacia zóna je potrebná, aby sa zabránilo prenosu nadbytku kyslíka do zóny opätovného spaľovania, čo by inak podporilo možnú tvorbu NO_x.
- Druhá spaľovacia zóna (často nazývaná zóna opakovaného spaľovania): sekundárne alebo opakovane spaľované palivo sa vstrekuje do redukčnej atmosféry. Vznikajú uhlíkovodíkové radikály, ktoré reagujú s oxidmi dusíka, ktoré sa už vytvorili v primárnej zóne; vznikajú aj iné nežiaduce prchavé zlúčeniny dusíka, ako je amoniak.
- Tretia spaľovacia zóna: spaľovanie sa nakoniec dokončí pridaním konečného vzduchu do dohorievajúcej zóny.

Ako palivo na dohorievanie môžu slúžiť rôzne palivá (práškové uhlie, vykurovací olej, zemný plyn atď.), ale vzhľadom na svoje vlastnosti sa zvyčajne používa zemný plyn. Obrázok 3.37 ukazuje výhodu zemného plynu oproti uhliu alebo rope.



Zdroj: [132, Rentz et al. 1999]

Obrázok 3.37: Porovnanie uhlia, ropy a zemného plynu ako paliva na opakované spaľovanie

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií NO_x a CO do ovzdušia.

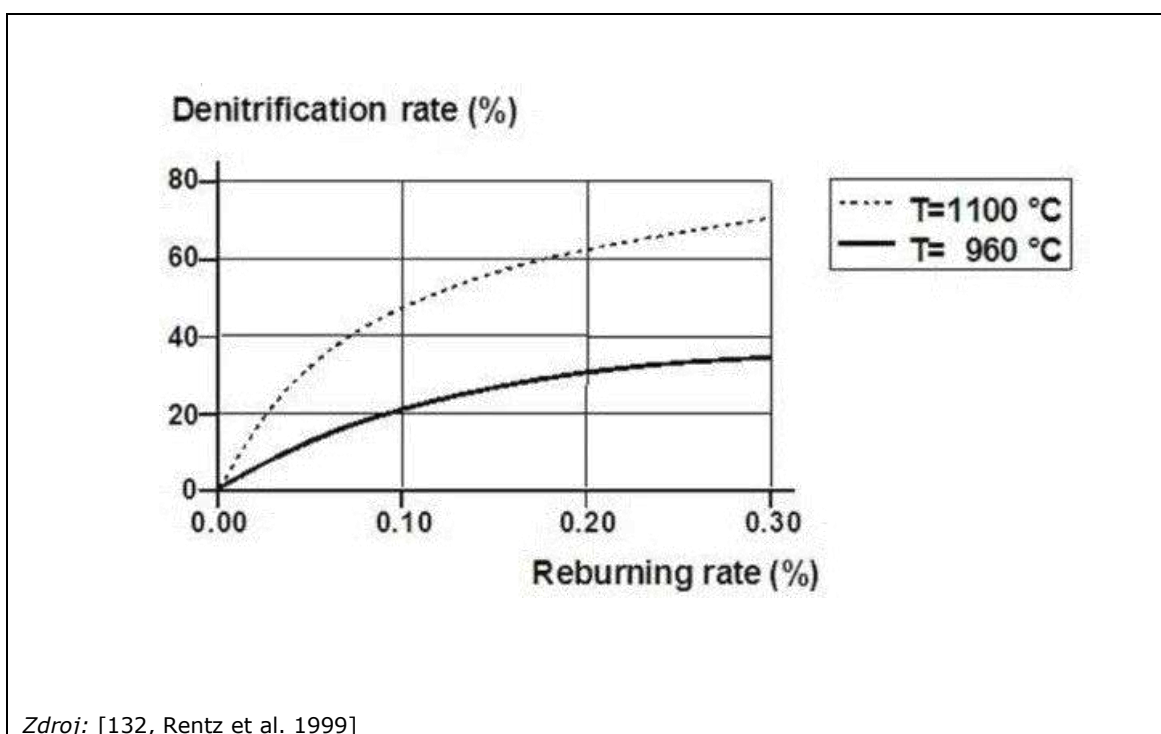
Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Tabuľka 3.21: Účinnosť fuel stagingu (opakovaného spaľovania) na zníženie emisií oxidov dusíka

Všeobecná miera zníženia NO _x *	Všeobecná použiteľnosť	Poznámky
50–60 (70–80 % NO _x vytvoreného v primárnej spaľovacej zóne je možné znížiť)	Všetky palivá	Opakované spaľovanie ponúka niektoré výhody, ako napríklad kompatibilitu s inými primárnymi opatreniami na zníženie emisií NO_x, jednoduchú inštaláciu techniky, použitie štandardného paliva ako redukčného činidla a veľmi malé množstvo dodatočnej energie. Dodatočná spotreba energie pri opakovanom spaľovaní „uhlia uhlím“ môže byť vyššia ako pri použití zemného plynu ako paliva na opakované spaľovanie. Spaľovanie za primárnou zónou tiež produkuje oxidy dusíka. Pri použití zemného plynu ako paliva na opakované spaľovanie sa tiež znižuje množstvo prachu a SO₂ priamo úmerne k množstvu nahradeného uhlia. CO₂ sa znižuje úmerne k množstvu uhlíka nahradeného vodíkom (v metáne).
Poznámka: Potenciál zníženia NO_x je veľmi závislý od úrovne tvorby NO_x a od viacerých faktorov špecifických pre dané miesto. Ak sa kombinujú rôzne primárne opatrenia na zníženie emisií NO_x, miera zníženia sa vo všeobecnosti nedá sčítať ani násobiť. Kombinovaná miera zníženia závisí od viacerých faktorov špecifických pre dané miesto a overuje sa pre každú elektrárňu individuálne.		

Účinnosť opätovného spaľovania závisí od viacerých parametrov, medzi ktoré patria:

- Teplota: na dosiahnutie nízkych hodnôt NO_x by teplota v zóne opakovaného spaľovania mala byť čo najvyššia (1 200 °C). Obrázok 3.38 znázorňuje mieru denitrifikácie ako funkciu miery opätovného spaľovania pri rôznych teplotách.
- Doba zdržania: predĺženie doby zdržania v zóne opakovaného spaľovania podporuje redukciu NO_x . Vhodná doba je medzi 0,4 sekundy a 1,5 sekundy.
- Rýchlosť prevzdušňovania v zóne opakovaného spaľovania: stechiometria by mala byť v rozmedzí $\lambda = 0,7\text{--}0,9$.
- Typ paliva.
- Kvalita zmiešavania dodatočného paliva a spalín vznikajúcich v zóne primárneho spaľovania. Zemný plyn zvyčajne umožňuje homogénne spaľovanie, čo má za následok veľmi krátku dobu zotrvania pri vyhorení.
- Prebytok vzduchu v primárnej spaľovacej zóne: stechiometria je približne $\lambda = 1,1$.



Obrázok 3.38: Rýchlosť denitrifikácie ako funkcia rýchlosti opakovaného spaľovania

Medzizložkové vplyvy

Pri použití uhlia alebo ropy ako paliva na opakované spaľovanie je prítomné určité množstvo dusíka, čo nevyhnutne vedie k tvorbe NO_x v dohorievajúcej zóne. Táto nevýhoda sa dá znížiť alebo eliminovať použitím zemného plynu.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

V zásade je možné techniku opakovaného spaľovania implementovať vo všetkých typoch kotlov spaľujúcich fosílna palivá a v kombinácii s technikami spaľovania s nízkymi emisiami NO_x (pre primárne palivo). V praxi sa opakované spaľovanie bežne nepoužíva v existujúcich kotloch na výrobu energie, ktoré spaľujú kvapalné alebo plyné palivá ako primárne palivá. Táto technika znižovania emisií je síce veľmi atraktívna pre nové kotly, ale vyžaduje veľké objemy komôr, ak sa má zabrániť vysokým množstvám nespáleného uhlíka. Opakované spaľovanie preto môže byť menej vhodné pre modernizácie kvôli možným priestorovým obmedzeniam v existujúcich zariadeniach. Modernizácia môže byť v prípade menších zariadení menej efektívna ako v prípade väčších zariadení.

Ako už bolo spomenuté, hlavné problémy spôsobuje neúplné spaľovanie. Toto opatrenie je najvhodnejšie pre kotly, ktoré majú dostatočne dlhú dobu zotrvania a kde je k dispozícii riadne opakované spaľovanie paliva za rozumnú cenu. Zemný plyn sa ukázal ako najlepšie palivo na opakované spaľovanie, hlavne preto, že je ľahko horľavý a neobsahuje častice ani síru.

Prepálenie uhlia vyžaduje ultrajemný systém drvenia a súvisiace mlynské zariadenia, cyklóny a triediče, aby sa dosiahla táto jemnosť.

Hospodárska únosnosť

Náklady na opakované spaľovanie závisia od konštrukcie kotla a použitého paliva. Použitie pomocného paliva, ako je zemný plyn, tiež spôsobuje náklady, ale na druhej strane uvoľňuje teplo do procesu, a preto ho možno považovať za využiteľné palivo. Výpočty by sa preto mali robiť pre celú ekonomiku elektrárne, vrátane možných zmien, napr. v účinnosti kotla.

Skúsenosti ukazujú, že opakované spaľovanie nie je tak nákladovo efektívne ako nízkoemisné horáky s OFA, ale stále je to vhodné opatrenie na zníženie emisií NO_x. Podľa jedného odhadu sa náklady na opätovné spaľovanie pohybujú okolo 2,5 milióna EUR pre kotol s výkonom 250 MW_{th}. Prevádzkové náklady na opakované spaľovanie boli tiež vypočítané ako dvojnásobne vyššie ako náklady na nízkoemisné horáky s OFA.

Hnacia sila implementácie

Zníženie emisií NO_x.

Príklady zariadení

Opakované spaľovanie bolo inštalované vo veľkých zariadeniach v USA, Japonsku, Holandsku, Nemecku, Taliansku a Veľkej Británii. V Taliansku bolo opakované spaľovanie (s ropou ako redukčným činidlom) úspešne implementované v mnohých veľkých jednotkách spaľujúcich ropu.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.3.7 Suché horáky s nízkymi emisiami NO_x (DLN)

Opis

Horáky plynových turbín, ktoré zahŕňajú predbežnú úpravu vzduchu a paliva pred vstupom do spaľovacej zóny. Zmiešaním vzduchu a paliva pred spaľovaním sa dosiahne homogénne rozloženie teploty a nižšia teplota plameňa, čo vedie k nižším emisiám NO_x. DLN je všeobecný názov bežne používaný v celom odvetví na označenie širokej škály podobných technológií (DLN, DLE, SoLoNO_x atď.).

Technický opis

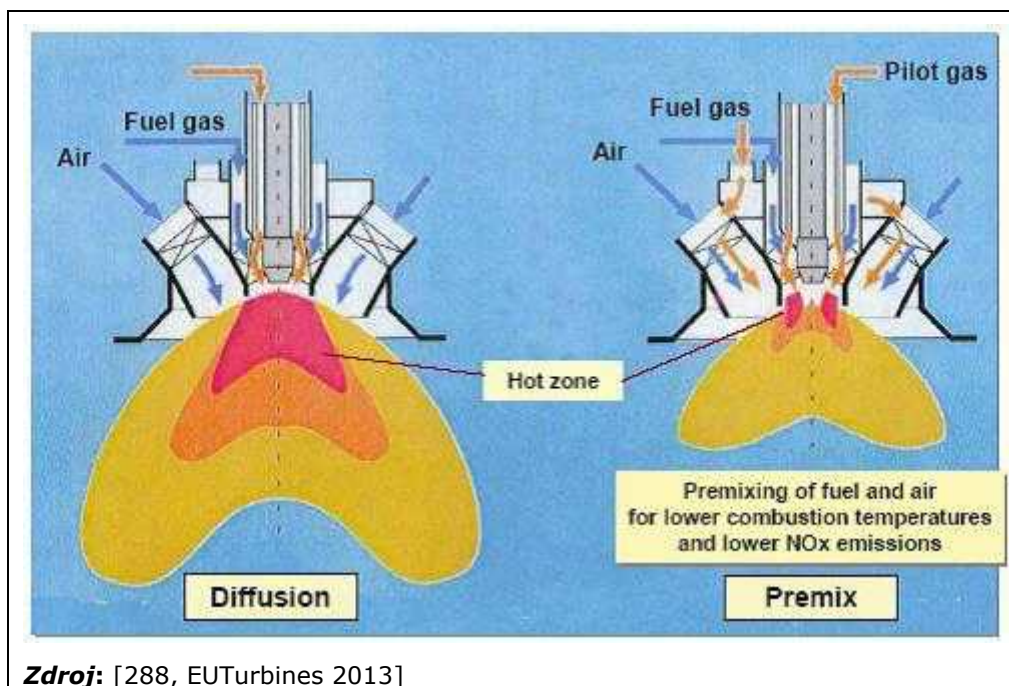
Základnou charakteristikou suchých horákov s nízkymi emisiami NO_x (pozri obrázok 3.39) je to, že zmiešavanie vzduchu a paliva a spaľovanie prebiehajú v dvoch po sebe nasledujúcich krokoch. Systémy s chudobnou predupravenou zmesou sú viac závislé od presného inžinierstva ako konvenčné difúzne plameňové systémy, pretože vyžadujú starostlivé vyváženie, aby sa minimalizovali emisie NO_x a CO. Zmiešaním spaľovacieho vzduchu a paliva pred spaľovaním sa dosiahne homogénne rozloženie teploty a nižšia teplota plameňa, čo vedie k nižším emisiám NO_x. Turbína obsahuje 30 až 75 zariadení na predbežnú úpravu zmesi.

Systém primárneho horáka DLN má tieto základné komponenty: systém vstrekovania paliva/vzduchu, zónu predbežnej úpravy a zónu stabilizácie plameňa. Systém vstrekovania paliva/vzduchu je navrhnutý tak, aby podporoval rýchle a rovnomerné rozloženie paliva do vzduchu pomocou viacerých (malých) bodov vstrekovania paliva. Zóna zmiešavania je navrhnutá tak, aby poskytovala dostatok času na rovnomerné zmiešavanie a aerodynamiku plameňa. Zóna stabilizácie je navrhnutá tak, aby zabránila šíreniu plameňa do zóny zmiešavania, známej ako spätný zášľah, ktorý môže spôsobiť vážne poškodenie spaľovacej komory.

Stabilizácia plameňa pri nízkom zaťažení v primárnych horákoch sa dosahuje použitím difúzneho pilotného systému, ktorý vstrekuje palivo priamo do zóny stabilizácie plameňa. Tým sa vytvárajú vysoké lokálne teploty, takže plameň nezhasína, ale vedie k zvýšeniu NO_x v porovnaní s prevádzkou predbežnej úpravy. Prevádzka pri nízkom zaťažení má preto tendenciu generovať zvýšené hladiny NO_x. Zároveň sa zvyšujú emisie CO v prechodnom čase potrebnom na dosiahnutie minimálnej stabilnej úrovne generovania, pretože dodatočný vzduch spôsobuje uhasenie plameňa, čo vedie k nižšej účinnosti spaľovania.

V priebehu času môže dôjsť k zhoršeniu výkonu napríklad v dôsledku zmien v cestách úniku vzduchu v turbíne. Systém tak pracuje v rôznych režimoch spaľovania, aby umožnil prevádzku od spustenia po základné zaťaženie pri minimálnych emisiách NO_x v celom prevádzkovom rozsahu plynových turbín.

Poskytovatelia DLN naďalej zvyšujú účinnosť tejto techniky prostredníctvom drobných vylepšení, ako je špeciálny axiálny vírivý ventilátor, ktorý zabezpečuje lepšie rozdelenie pilotného plynu a vzduchu s cieľom zlepšiť zmiešavanie paliva a vzduchu a tým znížiť teplotné špičky plameňa, aby sa znížili emisie NO_x, alebo nová technológia, ktorá rozširuje predbežnú úpravu plynu a vzduchu, zvyčajne len v hlavnom horáku, ale inovatívne aj v pilotnom horáku.



Zdroj: [288, EUTurbines 2013]

Obrázok 3.39: Schéma spaľovacej komory DLN (predbežná úprava)

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Znížené emisie NO_x a CO.
- Na zníženie emisií NO_x nie je potrebné dodatočné použitie vody/pary alebo amoniaku.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Suché systémy s nízkymi emisiami NO_x sú veľmi účinné a spoľahlivé pri spaľovaní zemného plynu.

Emisie NO_x je možné znížiť až o 90 % a dochádza aj k zlepšeniu energetickej účinnosti (zlepšenie elektrickej výťažnosti o 4–5 %) (pozri zariadenie 74). Staršie suché verzie s nízkymi emisiami NO_x môžu mať vyššie hladiny NO_x ako nedávno vyvinuté verzie.

Pri prevádzke s čiastočným zaťažením sa zvyčajne zaznamená nárast emisií CO a NO_x v porovnaní so stabilnou prevádzkou pri základnom zaťažení. Niektorí dodávatelia nedávno vyvinuli systémy, ktoré tento nárast obmedzujú (pozri oddiel 7.1.3.2.4).

Hybridné DLN sa už niekoľko rokov prevádzkujú na plynovom oleji v režime predbežnej úpravy: dosiahlo sa značné zníženie NO_x, ale dosiahnuté hodnoty nie sú tak nízke ako pri spaľovaní zemného plynu.

Podobne boli vyvinuté a sú teraz k dispozícii suché systémy spaľovania s nízkymi emisiami NO_x pre plynové turbíny s dvojitým palivom (plyn – plynový olej), avšak s vyššími emisiami NO_x ako v prípade systémov spaľujúcich zemný plyn.

Medzizložkové vplyvy

Pri prevádzke plynových turbín pri maximálnom zaťažení pri nízkej teplote okolia a v prípade náhlej zmeny kvality zemného plynu môžu nastať problémy s hučaním (vysoká akustika v spaľovacej komore).

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Suché spaľovanie s nízkymi emisiami NO_x je veľmi špecifické pre každý model, t. j. všetci výrobcovia vyvíjajú vlastnú technológiu pre každý model, pri ktorom je dostatočný dopyt na to, aby sa oprávnil výskum potrebný na jej vývoj.

Technológia DLN je teda použiteľná pre všetky nové turbíny spaľujúce zemný plyn (s jedným alebo dvoma palivami) a pre väčšinu existujúcich turbín ako retrofitový balík. Pre staršie modely alebo modely s nízkym dopytom po tejto technológii nemusí byť k dispozícii.

Modernizácia techniky DLN v existujúcich plynových turbínach s vstrekaním pary/vody nemusí byť vždy technicky realizovateľná.

Ďalší vývoj je potrebný v oblasti plynových turbín využívajúcich palivové oleje, pretože pri prevádzke týchto turbín je potrebné nielen vopred zmiešať vzduch a palivo pred spaľovaním, ale aj odparovať kvapalné palivo. Keďže veľkosť častíc má vplyv na rýchlosť odparovania, súčasný výskum sa zameriava na vývoj efektívnejších rozprašovacích systémov.

Hospodárska únosnosť

Náklady na dodatočnú inštaláciu DLN sa môžu výrazne líšiť v prípade turbín rovnakej veľkosti od rôznych výrobcov. Napríklad dodatočné náklady na spaľovaciu komoru DLN pre novú plynovú turbínu od výrobcu A (5,2 MW) boli približne 180 000 EUR, zatiaľ čo dodatočné náklady na podobnú spaľovaciu komoru DLN od výrobcu B (5,1 MW) boli 20 000 EUR. Rozdiel v nákladoch súvisí s výkonovými schopnosťami, zložitou konštrukciou a faktormi spoľahlivosti/údržby. Investičné náklady na dodatočnú inštaláciu možno odhadnúť na 20 – 40 EUR/kW_e. Modernizácia stojí približne 2 až 4 milióny EUR pre 140 MW_{th} plynovú turbínu pre moderný suchý horák s nízkymi emisiami NO_x, v závislosti od pôvodnej/konečnej situácie a typu zariadenia/modernizácie, a prevádzkové a údržbové náklady sú približne 500 000 EUR ročne. Vďaka svojej vysokej účinnosti sú nové horáky veľmi úsporné na prevádzku, najmä preto, že nedochádza k veľkým stratám energie v dôsledku strát paliva alebo vo forme uhľovodíkov atď. Investičné náklady sú približne o 15 % vyššie a náklady na údržbu o približne 40 % vyššie ako v prípade plynových turbín bez DLE. V prípade nových zariadení možno predpokladať, že suché spaľovacie komory s nízkymi emisiami NO_x nie sú v súčasnosti drahšie ako bývalé konvenčné spaľovacie komory. Preto možno v prípade nových zariadení dodatočné náklady na používanie suchých spaľovacích komôr s nízkymi emisiami NO_x považovať za zanedbateľné. V prípade novo vybudovanej CCGT s výkonom 700 MW_{th} boli hlásené investičné náklady vo výške 2,5 milióna EUR.

Vďaka zníženému tepelnému zaťaženiu majú komponenty horúceho plynu dlhšiu životnosť ako pri použití mokrých systémov kontroly emisií (napr. šesťročná životnosť v porovnaní s približne päťročnou životnosťou mokrého systému v uvádzanom príklade zariadenia), čo vedie k zníženiu nákladov na údržbu.

Hnacia sila implementácie

Nízke emisie NO_x a CO.

Príklady zariadení

V súčasnosti sú takmer všetky plynové turbíny používané v priemysle vybavené suchými systémami s nízkymi emisiami NO_x.

Referenčná literatúra

[132, Rentz et al. 1999] [167, Rakúske ministerstvo životného prostredia 2000] [198, OSEC 1999]

3.2.2.3.8 Konceptia spaľovania s nízkymi emisiami NO_x v motoroch**Opis**

Táto technika pozostáva z kombinácie vnútorných úprav motora, napr. optimalizácie spaľovania a vstrekovania paliva (veľmi neskoré načasovanie vstrekovania paliva v kombinácii s predčasným uzavretím sacieho ventilu), turbodúchadla alebo Millerovho cyklu.

Technický opis

Oneskorenie začiatku vstrekovania s cieľom znížiť tlak spaľovania je jednoduchý spôsob zníženia emisií NO_x. Znižuje maximálnu teplotu spaľovania a v dôsledku toho sa proces spaľovania postupne prechádza do procesu expanzie. Pri metóde oneskorenia vstrekovania sa znižuje vrcholová teplota spaľovania. Spočiatku bola nevýhodou tejto metódy zvýšená špecifická spotreba paliva, takže s cieľom obnoviť nízku spotrebu paliva sa ako protiopatrenie zvýšil kompresný pomer motora, čo viedlo k nižším emisiám NO_x a žiadnemu negatívnemu vplyvu na spotrebu paliva.

Veľmi neskoré načasovanie vstrekovania paliva v kombinácii s vysokým kompresným pomerom vyžaduje sofistikovanú úpravu rýchlosti vstrekovania, ako aj nákladný vývoj nového tvaru spaľovacej komory. Sofistikované zariadenie na vstrekovanie paliva je preto kľúčovým prvkom tejto techniky. Neustály technologický vývoj komponentov dieselových motorov umožnil ďalšiu optimalizáciu dieselového cyklu pomocou „Millerovho konceptu“, ktorý zodpovedá skorému uzavretiu sacieho ventilu. V rámci tohto konceptu boli ďalej vyvinuté niektoré komponenty, ako napríklad turbodúchadlo, vstrekovacie čerpadlá paliva, vstrekovacie trysky paliva a vačkový hriadeľ. Dnes je „Millerov koncept“ štandardnou aplikáciou pre veľké štvorvalcové dieselové motory. Od prvej generácie systémov s nízkymi emisiami NO_x na konci 90. rokov bolo zavedených niekoľko Millerových krokov. Prekážkou pri zavádzaní ďalšej generácie boli turbodúchadlá; bolo potrebné vynaložiť značné úsilie na ich vývoj a následné riadne testovanie pred komerčným zavedením v rôznych konfiguráciách motorov. Konceptia Millera je zabudovaná koncepcia pre veľké motory a umožnila dosiahnuť súlad s aktuálnymi minimálnymi globálnymi emisnými normami pre medzinárodné projekty. [199, IFC 2007]

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií NO_x do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Implementáciou koncepcie spaľovania s nízkymi emisiami NO_x v kombinácii s koncepciou Millera sa emisie NO_x v súčasných motoroch znížili až o 40 % v porovnaní s rovnakým typom motorov na začiatku 90. rokov, pričom sa zachovala vysoká účinnosť. Spätná väzba od priemyslu týkajúca sa implementácie Millerovej koncepcie naznačuje typické zníženie emisií NO_x bližšie k 30 %, čo silne závisí od typu motora a výkonu turbokompresora.

V prípade moderného motora môže byť zníženie emisií NO_x dosiahnuté oneskorením začiatku vstrekovania približne 10 % (uplatniteľnosť závisí od typu motora), ale vzhľadom na zvýšenú spotrebu paliva sa táto technika zriedka používa ako jediné opatrenie.

Medzizložkové vplyvy

Pri neskorom načasovaní vstrekovania paliva sa stále zaznamenávajú niektoré negatívne vedľajšie účinky: zvýšenie emisií nespálených uhlíkovodíkov a tuhých častíc, zvýšenie spotreby paliva (1 % na každých 4 – 5 % zníženia emisií NO_x) a emisií CO₂.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Hospodárska únosnosť

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Hnacie sily implementácie

Zníženie emisií NO_x.

Príklady zariadení

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

Informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.3.9 Koncepcia chudobnej zmesi

Opis

Kontrola maximálnej teploty plameňa prostredníctvom spaľovania chudobnej zmesi je primárnym prístupom k spaľovaniu s cieľom obmedziť tvorbu NO_x v plynových motoroch. Spaľovanie chudobnej zmesi znižuje pomer paliva a vzduchu v zónach, kde vzniká NO_x, takže maximálna teplota plameňa je nižšia ako stechiometrická adiabatická teplota plameňa, čím sa znižuje tvorba termického NO_x.

Technický opis

Zo všetkých typov motorov na zemný plyn majú motory na zemný plyn s chudobnou zmesou najnižšie emisie NO_x priamo z motora. Systém sa nazýva „pokročilý“, ak je nastavený tak, aby dosahoval hladiny NO_x nižšie ako 100 mg/Nm³ (15 % O₂). To je možné dosiahnuť u motorov so zapáľovaním zapáľovacou sviečkou (alebo u motorov typu SG so zapáľovaním alternatívnymi systémami, ktoré sa v súčasnosti nachádzajú vo fáze výskumu a vývoja), ale nie u nízkotlakových motorov s dvojitém palivom.

Dieselové motory produkujú vyššie teploty spaľovania a viac NO_x ako motory s chudobnou zmesou, aj keď celkový pomer vzduchu a paliva v dieselovom motore môže byť veľmi chudobný. Existujú tri dôvody: (1) heterogénne spaľovanie blízke stechiometrickému, (2) vyššia adiabatická teplota plameňa destilovaného paliva a (3) dusík viazaný v palive. Dieselové palivo sa pri vstrekaní atomizuje a rozptýľuje v spaľovacej komore. Spaľovanie prebieha prevažne za podmienok blížiacich sa stechiometrickým podmienkam na rozhraní kvapôčok vzduchu a pary paliva a vzduchu, čo vedie k maximálnym teplotám a vyšším emisiám NO_x. Naopak, spaľovanie homogénnej predupravenej chudobnej zmesi používané v plynových motoroch s chudobnou zmesou vedie k nižším teplotám spaľovania a nižšej produkcii NO_x.

Pri každom motore existuje všeobecne kompromis medzi nízkymi emisiami NO_x a vysokou účinnosťou. Existuje tiež kompromis medzi nízkymi emisiami NO_x a emisiami produktov nedokonalého spaľovania (CO a nespálené uhľovodíky). Existujú tri hlavné prístupy k týmto kompromisom, ktoré sa uplatňujú v závislosti od predpisov a ekonomických faktorov. Jedným z prístupov je snaha o dosiahnutie najnižších emisií NO_x, pričom sa akceptuje zníženie palivovej účinnosti a prípadne vyššie emisie CO a uhľovodíkov. Druhou možnosťou je nájsť optimálnu rovnováhu medzi emisiami a účinnosťou. Treťou možnosťou je navrhnuť najvyššiu účinnosť a použiť dodatočné spracovanie výfukových plynov po spaľovaní.

Kontrola teploty spaľovania bola hlavným zameraním riadenia spaľovacieho procesu v plynových motoroch. Riadenie spaľovania si vyžaduje kompromisy: vysoké teploty podporujú úplné vyhorenie paliva a nízky obsah zvyškových uhľovodíkov a CO, ale podporujú tvorbu NO_x. Chudobné spaľovanie riedi proces spaľovania a znižuje teploty spaľovania a tvorbu NO_x a umožňuje vyšší kompresný pomer alebo špičkové spaľovacie tlaky, čo vedie k vyššej účinnosti. Ak je však zmes príliš chudobná, dochádza k zlyhaniu zapáľovania a neúplnému spaľovaniu, čo zvyšuje emisie CO a VOC.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížené emisie NO_x do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Väčšina motorov s chudobnou zmesou používa turbodúchadlo na dodávanie nadbytku vzduchu do motora a výrobu homogénnych chudobných zmesí paliva a vzduchu. Motory s chudobnou zmesou zvyčajne používajú asi 100 % nadbytok vzduchu (nadstechiometrický). Typické koncentrácie emisií NO_x pre motory na zemný plyn s chudobnou zmesou sa pohybujú medzi 90 mg/Nm^3 a 380 mg/Nm^3 .

Motory SG na zemný plyn s chudobnou zmesou používané v „optimalizovanom“ režime plynu (najnižšia spotreba paliva, najnižšie emisie nespáleného paliva, vysoká teplota spalín) dosahujú hodnoty NO_x 190 mg/Nm^3 pri 15 % O_2 a motory DF s chudobnou zmesou dosahujú hodnoty 380 mg/Nm^3 pri 15 % O_2 . Motory SG a motory DF (v režime plynu) možno naladiť tak, aby dosahovali úrovne NO_x 95 mg/Nm^3 , resp. 190 mg/Nm^3 , čo má za následok vyššiu spotrebu paliva a nižšiu teplotu spalín. Motory SG s chudobnou zmesou (30–40 MW_{th}) nedávno uvedené do prevádzky v Taliansku, ktoré sú tiež vybavené systémom SCR, dosahujú ročné priemerné koncentrácie NO_x 28 mg/Nm^3 . Okrem toho plynové motory, ktoré poskytli údaje na účely preskúmania tohto dokumentu, nepretržite monitorujú svoje emisie NO_x a CO.

Ďalšou výhodou chudobnej zmesi je vyšší výkon a vyššia účinnosť, ak zmes nie je príliš chudobná. Optimalizovaná prevádzka s chudobnou zmesou vyžaduje sofistikované riadenie motora, aby sa zabezpečilo stabilné spaľovanie a maximalizovalo zníženie emisií NO_x pri súčasnom minimalizovaní emisií CO a VOC.

Medzizložkové vplyvy

Tabuľka 3.22 uvádza údaje pre veľký motor na chudobnú zmes na zemný plyn, ktoré ilustrujú kompromisy medzi kontrolou emisií NO_x a účinnosťou. Pri najnižších dosiahnuteľných úrovniach NO_x (45 – 50 ppmv) dochádza k strate takmer 1,5 percentuálneho bodu v porovnaní s plnou menovitou účinnosťou.

Tabuľka 3.22: Kompromisy medzi kontrolou emisií NO_x a účinnosťou

Charakteristika motora *		Nízke emisie NO_x	Vysoká účinnosť
Výkon (MW)		5,2	5,2
Rýchlosť (ot./min)		720	720
Účinnosť, LHV (súčasná)		40,7	42
Emisie:			
NO_x	(gm/KWh)	0,7	1,4
	(ppmv pri 15 % O_2)	46	92
CO	(gm/KWh)	3,2	2
	(ppmv pri 15 % O_2)	361	227
NMHC	(gm/KWh)	0	0
	(ppmv pri 15 % O_2)	61	39
* Na základe údajov výrobcu motora – predkomorový plynový motor typu SG s chudobnou zmesou Wärtsilä 18V34SG. Poznámka: NMHC: uhľovodíky okrem metánu. Zdroj: [144, Eurovent 1998]			

Motor typu SG možno naladiť tak, aby dosahoval emisie NO_x 100 mg/Nm^3 (15 % O_2), ale to bude mať za následok vyššiu spotrebu paliva a zodpovedajúce vyššie emisie CO_2 , ako aj vyššie emisie CO, NMVOC a formaldehydu.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použiteľné pre nové zariadenia.

Ďalší vývoj zameraný na ďalšie zníženie emisií NO_x na základe tohto princípu (nazývaného „pokročilá chudobná zmes“) priniesol zlepšenie v oblasti znižovania emisií NO_x, avšak zatiaľ nie v prípade motorov s dvojitým palivom (DF). Predná časť plameňa je menej rozvinutá v motoroch SG (bez vstrekovania pilotného paliva) v porovnaní s motormi DF (vstrekovanie pilotného paliva), takže motor SG môže byť v dôsledku toho viac vyladený na nízke emisie NO_x ako motor DF. Ak je motor SG nastavený na príliš chudobnú zmes, môže dôjsť k zlyhaniu zapalovania a zvýšeniu emisií CO a HC, zvýšeniu spotreby paliva a poklesu teploty spalín (čo je nevýhodné pre KVVET).

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie.

Hnacia sila implementácie

Zníženie emisií NO_x.

Príklady zariadení

Zariadenia 353 a 354.

Referenčná literatúra

[22, US-EPA 2008] [23, Fínsko 2012]

3.2.2.3.10 Pridávanie vody/pary

Opis

Voda alebo para sa používa ako riedidlo na zníženie teploty spaľovania v spaľovacích zariadeniach a tvorby tepelného NO_x buď tak, že sa zmieša s palivom pred jeho spaľovaním (palivová emulzia, zvlhčovanie alebo saturácia), alebo sa priamo vstrekuje do spaľovacej komory (vstrekovanie vody/pary).

Technický opis

Pridávanie vody/pary sa môže vykonávať buď vstrekaním zmesi paliva a vody alebo pary, alebo vstrekaním vody alebo pary cez trysky priamo do spaľovacej komory plynových turbín, motorov alebo kotlov. Odparovanie alebo prehriatie pary vyžaduje tepelnú energiu, ktorá potom nie je k dispozícii na ohrev plameňa. Tým sa znižuje teplota plameňa a znižuje sa aj tvorba NO_x.

Použitie v plynových turbínach

Ako je vidieť na obrázku 3.40, miera zníženia emisií silne závisí od množstva použitej vody alebo pary. Na dosiahnutie vysokej miery zníženia emisií je potrebné veľké množstvo vody alebo pary; niekedy je množstvo vstrekovanej vody alebo pary vyššie ako množstvo spáleného paliva. Vyššie zníženie emisií je možné dosiahnuť pomocou vody ako pary (pri danom pomere vody/pary k palivu), čo možno vysvetliť tým, že na odparenie vody je potrebné viac energie (v praxi je na dosiahnutie rovnakého zníženia emisií NO_x potrebné približne dvakrát viac pary). Para alebo voda sa musí vstrekovovať pri vysokom tlaku, zvyčajne 20 barov alebo viac.

Špeciálnym variantom vstrekovania pary pre plynové turbíny je „Chengov cyklus“, opísaný v oddiele 3.2.3.3, ktorý má dvojitý prínos pre životné prostredie v podobe zníženia emisií NO_x a vyššej účinnosti.

Použitie v motoroch

V spaľovacích motoroch sa môže priame vstrekovanie vody použiť ako alternatíva k emulgovaným palivám. V závislosti od typu motora je možné dosiahnuť zníženie emisií NO_x až o 40 – 50 %. Priame vstrekovanie vody sa môže použiť len v niektorých typoch motorov spaľujúcich kvapalné palivá; táto technika sa používa len v niektorých lodných zariadeniach.

Spotreba paliva sa zvyšuje a množstvo potrebnej vody závisí od miery zníženia emisií NO_x . Táto metóda si vyžaduje väčšie úpravy konštrukcie motora, pretože je potrebný dodatočný systém vstrekovania vody a jeho kontrola. Množstvo vody, ktoré je možné vstreknúť, je nezávislé od vstrekovacích čerpadel paliva, čo umožňuje vstreknúť väčšie množstvo vody. Na hlavách valcov a piestoch môže dochádzať ku korózii, čím sa zvyšujú nároky na údržbu.

Vstrekovanie emulzie paliva a vody do motorov: Zníženie emisií NO_x je možné dosiahnuť pridaním čerstvej vody do paliva a emulgovaním zmesi pred jej dodaním do motora. Emulzia paliva a vody sa vstrekuje prostredníctvom existujúceho vstrekovacieho čerpadla. Množstvo vstrekovanej vody závisí od prevádzkových podmienok. Postup miešania riadi programovateľná riadiaca jednotka. Táto metóda dodáva vodu presne tam, kde je potrebná, a optimalizuje množstvo vstrekovanej vody. Toto množstvo je obmedzené kapacitou vstrekovacieho zariadenia motora. Inertný plynný účinok vody v spaľovacej komore znižuje teplotu spaľovania, čo následne znižuje tvorbu NO_x a tepelné zaťaženie komponentov v prúde výfukových plynov. Súvisiaca zvýšená spotreba paliva dosahuje až 1 % nárast na každých 10 % vstrekovanej vody (vzťahované na spotrebu paliva). Rôzne zdroje ([92, Freimark et al. 1990], [61, Komisia 2006]) uvádzajú dosiahnuteľné zníženie emisií NO_x o 20 % až 60 %, čo závisí aj od pomeru vody a oleja. Toto riešenie môže ovplyvniť aj ostatné škodlivé zložky vo výfukových plynch dieselových motorov; pri prevádzke na plynovom oleji s použitím tejto metódy bolo zaznamenané zníženie emisií nespálených látok, ako sú CO a HC. Kvalita emulzie je dôležitá, pretože parné bubliny v ťažkom palive, ktoré sa opätovne zahrieva, môžu poškodiť vstrekovací systém.

Vstrekovanie vlhkého vzduchu do motorov: Vstrekovanie vlhkého vzduchu pozostáva hlavne z výmenníka tepla a zvlhčovacej bunky, ktoré môžu nahradiť medzichladič v motoroch. Relatívne horúci a suchý vzduch sa privádza do jednotky, kde sa voda čiastočne odparuje, čím sa znižuje teplota čisteného vzduchu. Vzduch privádzaný do valca je takmer nasýtený vodnou parou: množstvo vody absorbované motorom je riadené teplotou čisteného vzduchu, ktorá závisí hlavne od teploty vody. Pri tejto metóde môže motor absorbovať množstvo vody, ktoré je približne dvojnásobkom zodpovedajúcej spotreby paliva. Použitie morskej vody namiesto upravenej vody pre takéto zariadenia bolo hlásené bez negatívneho vplyvu na spoľahlivosť zariadenia. Tento bod je obzvlášť zaujímavý pre zariadenia umiestnené v pobrežných oblastiach, pretože prevádzkové náklady takehoto systému sú nižšie. Podľa skúseností s použitím vstrekovania vlhkého vzduchu do motorov vo Francúzsku sa znižujú náklady na údržbu, spaľovacie komory sú čistejšie a znižuje sa aj spotreba mazacieho oleja. U stredne rýchlych motorov bolo zaznamenané zníženie emisií NO_x o 70 %, ale podľa spätnej väzby z priemyslu je bežnejšie zníženie v rozmedzí od 60 % do 65 %.

Vysoké zníženie emisií NO_x vedie k vyšším emisiám nespálených zlúčenín (CO, HC, dym atď.). Testy ukázali, že v praktických aplikáciách je zníženie emisií NO_x až o 50 % primerané, aby boli emisie nespálených zlúčenín prijateľné. Zníženie emisií NO_x je tiež spojené s priaznivým poklesom teploty, ktorého veľkosť závisí od tlaku turbodúchadla a množstva vodnej pary pridaného do spaľovacieho vzduchu. Množstvo vzduchu prechádzajúceho motorom sa vďaka vodnej pare mierne zvyšuje, ale bez potreby dodatočnej kompresie. Na ventiloch, piestoch a vzduchových zásobníkoch môže dochádzať ku korózii, čo zvyšuje potrebu údržby a náklady. Preto sú potrebné dlhodobé testy, aby bolo možné odhadnúť účinky korózie a možné možnosti nápravy.

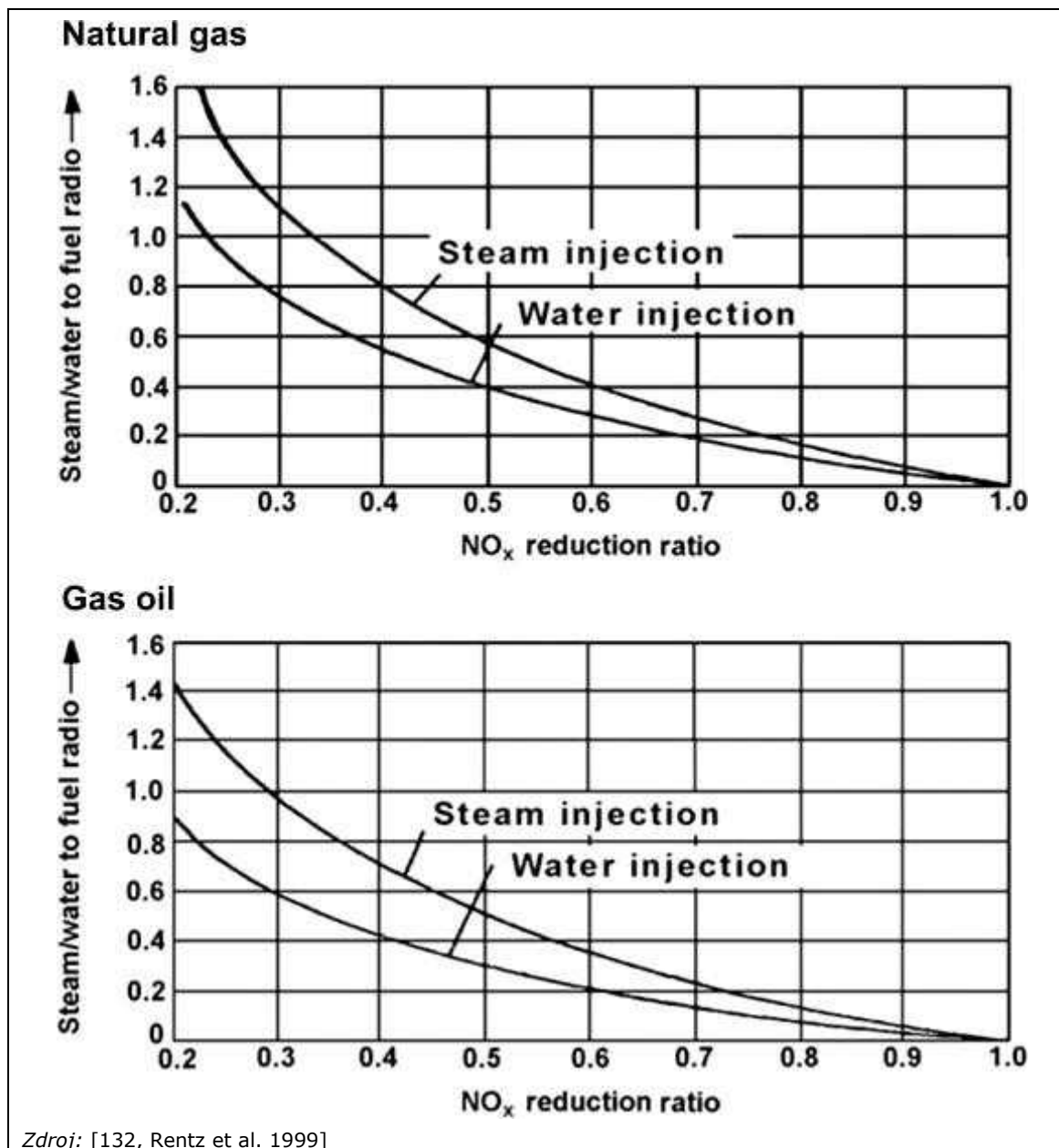
Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Znížené emisie NO_x do ovzdušia.
- Znížené emisie nespálených zložiek (vstrekovanie emulzie vody a paliva).
- Zvýšená energetická účinnosť v prípade plynových turbín (Chengov cyklus).

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Je možné dosiahnuť zníženie emisií NO_x o 60 % až 85 %, ale bez obmedzenia emisií CO. Ak sú emisie CO pod kontrolou, je možné dosiahnuť zníženie emisií NO_x o 40 % až 60 %.

Emisie NO_x je možné znížiť na približne 45 – 125 mg/Nm^3 (pri 15 % O_2) v prípade plynových turbín a na 100 – 400 mg/Nm^3 v prípade kotlov v závislosti od parametrov, ako je veľkosť zariadenia, typy spaľovaného paliva a/alebo kombinácia techník používaných na zníženie emisií NO_x . Miera zníženia pomocou vstrekovania pary alebo vody v prípade plynových turbín je uvedená na obrázku 3.40.



Obrázok 3.40: Zníženie NO_x vstrekovaním pary alebo vody

V prípade plynových turbín závisí pomer pary/vody k palivu od typu plynových turbín a pohybuje sa v rozmedzí 1 až 2. Úrovně emisií sa môžu veľmi líšiť v závislosti od zaťaženia turbíny. V mnohých zariadeniach je možné paru vyrábať len pri vyššom zaťažení, čo znamená, že emisie sa znížia až po dosiahnutí tejto základnej úrovne zaťaženia. V dôsledku toho je vstrekovanie pary málo účinné v prípade plynových turbín s veľkými zmenami zaťaženia.

Vstrekovanie vody alebo pary na zníženie NO_x je možné vykonávať len do určitej miery. Ak je prietok pary vstrekovanej do horáka paliva príliš vysoký (dodávateľ plynových turbín zvyčajne stanovuje limit prietoku pary / prietoku palivového plynu na 1,2), má to vplyv na kompresor. Množstvo pary (alebo vody) môže mať tiež negatívny vplyv na spaľovaciu komoru (horáky, prietokové rukávy, vložky, prechodové kusy), s osobitným vplyvom na životnosť a riziko poruchy a poškodenia sekcie turbíny za spaľovacou komorou. Okrem toho má zvýšenie koncentrácie vody v prúde výfukových plynov zo spaľovacej komory do sekcie turbíny vplyv na integritu lopatiek a dýz. Koeficient výmeny tepla z výfukového toku na povrch dýz alebo lopatiek je v skutočnosti úmerný koncentrácii vody, takže ak plynová turbína pracuje s veľkým množstvom pary alebo vody s cieľom regulovať NO_x , môže dôjsť k mechanickému poškodeniu a zníženiu účinnosti, čo zvyšuje náklady na údržbu a riziko poruchy.

Tabuľka 3.23 uvádza úrovne emisií NO_x a CO zaznamenané napríklad v európskych plynových turbínach v roku 2011.

Tabuľka 3.23: Emisie NO_x a CO pri použití vstrekovania vody alebo pary do príkladov plynových turbín

	Namerané hodnoty emisií (ročný priemer)
CO (mg/Nm^3)	2–80
NO_x (mg/Nm^3)	45
Zdroj: LCP TWG – 2012	

Medzizložkové vplyvy

Niektoré hlavné nevýhody tejto techniky znižovania emisií NO_x sú zvýšené emisie CO a uhlíkovodíkov, potenciálne zníženie tepelnej účinnosti zariadenia a zvýšenie spotreby paliva. Katalyzátor CO môže byť nainštalovaný na oxidáciu CO na CO_2 . Para alebo voda vstrekaná do plynových turbín musí mať veľmi vysokú čistotu, a preto použitie tejto techniky vyžaduje použitie vysokokvalitnej úpravne vody, čo zase môže viesť k vzniku kvapalného odpadu, ktorý je potrebné likvidovať. Vstrekovanie pary spôsobuje väčšiu stratu účinnosti ako vstrekovanie vody (3 – 4 % pri vstrekaní vody). Okrem toho pri vysokom pomere vody k palivu môžu nastať problémy so stabilitou plameňa a priame vstrekovanie vody alebo pary má za následok vyššie namáhanie materiálu (na povrchu materiálu môžu vzniknúť malé trhlinky v dôsledku teplotného šoku) ako vstrekovanie zmesi paliva a vody alebo pary. V dôsledku toho sa často uprednostňuje druhá alternatíva. [132, Rentz et al. 1999]

Použitie vstrekovania pary alebo vody môže tiež skrátiť životnosť plynových turbín.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Táto technika sa môže použiť na nové a existujúce plynové turbíny alebo na kotly, ktoré spravidla spaľujú kvapalné palivá, samostatne alebo v kombinácii s inými technikami znižujúcimi emisie NO_x .

Vstrekovanie vody sa často používalo v prípadoch, keď nebola k dispozícii para, napr. v aplikáciách s jednoduchým cyklom, zatiaľ čo vstrekovanie pary sa zvyčajne uprednostňuje v kombinovaných cykloch spaľujúcich zemný plyn, kde je para ľahko dostupná zo systému rekuperácie odpadového tepla.

V súčasnosti sa nové plynové turbíny vyrábajú so suchými spaľovacími komorami s nízkymi emisiami NO_x a väčšina existujúcich elektrární môže byť dodatočne vybavená takýmito spaľovacími komorami, ktoré poskytujú lepší výkon ako vstrekovanie vody/pary. Pre niektoré malé alebo existujúce turbíny však môže byť vstrekovanie vody/pary nákladovo efektívnym riešením.

Pri dodatočnej inštalácii prídavku vody/pary do existujúcich starých motorov môžu existovať technické obmedzenia. V prípade techniky emulzie paliva a vody je potrebné vykonať zásadné úpravy systému vstrekovania paliva (FIE) existujúceho motora, pretože sa zníži tepelný príkon do motora, a preto bude potrebný vyšší hmotnostný prietok emulzií.

Použitelnosť môže byť obmedzená v prípade motorov, pre ktoré nie je k dispozícii modernizačný balík.

Táto technika sa nedá použiť v oblastiach s nedostatkom alebo chýbajúcou vodou, pretože spotreba vody je vysoká.

Hospodárska únosnosť

Investičné náklady na modernizáciu plynových turbín vstrekováním vody alebo pary sa môžu výrazne líšiť. Tieto náklady súvisia hlavne s použitými zariadeniami na úpravu a vstrekovanie vody. Dodatočné prevádzkové náklady vznikajúce vstrekováním vody/pary sú spôsobené zvýšenou spotrebou paliva.

Modernizácia vstrekovania pary pre plynovú turbínu s výkonom 140 MW_{th} stojí približne 1,7 milióna EUR.

Vstrekovanie vody alebo pary si vyžaduje prípravu vody použitej v procese. V zariadeniach, kde sa para alebo voda nepoužívajú na iné účely, sú investičné a prevádzkové náklady vysoké. V prípadoch, keď sú plynové kompresorové stanice – s kapacitou od 20 MW_{th} do 250 MW_{th}, s meniacimi sa prevádzkovými podmienkami a nízkym počtom prevádzkových hodín za rok – umiestnené na odľahlých miestach, sú celkové náklady vysoké. Okrem toho v prípade existujúcich plynových turbín si premena spaľovacej komory plynového turbína na systém vstrekovania pary alebo vody vyžaduje zmeny konštrukcie a usporiadania plynovej turbíny.

Hnacie sily implementácie

Zníženie emisií NO_x.

Príklady zariadení

Zariadenia 70, 71, 102, 153-1/3, 174, 295, 296, 360, 375 a 488.

Referenčná literatúra

[167, Rakúske ministerstvo životného prostredia 2000] [132, Rentz et al. 1999] [198, OSEC 1999]

3.2.2.3.11 Selektívna katalytická redukcia (SCR)

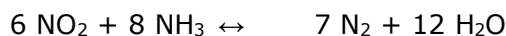
Opis

Selektívna redukcia oxidov dusíka pomocou amoniaku alebo močoviny za prítomnosti katalyzátora. Technika je založená na redukcii NO_x na dusík v katalytickom lôžku reakciou s amoniakom (zvyčajne vo vodnom roztoku) pri optimálnej prevádzkovej teplote okolo 300– 450 °C. Môže sa použiť niekoľko vrstiev katalyzátora. Vyššia redukcia NO_x sa dosahuje použitím niekoľkých vrstiev katalyzátora. Konštrukcia techniky môže byť modulárna; na zvládnutie nízkych zaťažení alebo širokého teplotného rozsahu spalín sa môže použiť špeciálny katalyzátor a/alebo predohrev.

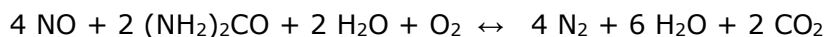
Technický opis

Redukčné činidlo sa vstrekuje do spalín pred katalyzátorom. Premena NO_x prebieha na povrchu katalyzátora pri teplote zvyčajne medzi 300 °C a 450 °C, a niekedy v širšom rozsahu medzi 170 °C a 510 °C v závislosti od typu použitého katalyzátora/konfigurácie, prostredníctvom jednej z hlavných reakcií uvedených nižšie. Katalyzátory SCR na báze oxidov kovov, ktoré pracujú v uvedenom teplotnom rozsahu, sú dostupné na trhu a používajú sa v mnohých aplikáciách.

1. S amoniakom ako redukčným činidlom:



2. S močovinou ako redukčným činidlom:



Keď sa ako redukčné činidlo používa amoniak, zvyčajne sa skladuje v nádobách vo forme vodného roztoku alebo v skvapalnenom stave (bezvodý amoniak) pri tlaku vyššom ako je jeho parný tlak (asi 17 barov) pri maximálnej teplote. V niektorých menších aplikáciách, t. j.

< 50 MW_{th}, sa močovina používa vo forme bielych kryštálových granúl, ktoré sa pred vstreknutím rozpúšťajú vo vode.

Počet zariadení používajúcich skvapalnený amoniak prevyšuje počet zariadení používajúcich iné činidlá, pretože cena za kg amoniaku je nižšia, čo umožňuje nízke prevádzkové náklady. Investičné náklady na skladovanie amoniaku, vrátane bezpečnostných opatrení, sú tiež nižšie. Napriek tomu sú jeho vlastnosti v porovnaní s relatívne inertným vodným roztokom amoniaku zložitejšie na manipuláciu.

Na použitie sa skvapalnený amoniak musí odparovať na plynný amoniak. To sa dosahuje v odparovači vyhrievanom elektricky, parou alebo horúcou vodou. Amoniak sa následne riedi vzduchom pred vstreknutím zmesi do výfukových plynov. Vstrekovanie prebieha prostredníctvom systému dýz, aby sa dosiahlo homogénne zmiešanie amoniaku s dymovými plynmi. Na ďalšie zlepšenie zmiešavania sa do kanála výfukových plynov môže umiestniť statický zmiešavač. S cieľom dosiahnuť vysokú účinnosť odstraňovania NO_x a minimalizovať únik NH₃ je obzvlášť dôležité dosiahnuť homogénny pomer NH₃ k NO_x v spalínach. Aj pri absencii špecifických limitných hodnôt emisií pre amoniak je silnou motiváciou na zabránenie úniku amoniaku (nad 2 ppm) v spaľovniach na uhlie skutočnosť, že v opačnom prípade nie je možné predávať popolček stavebníctvu.

Miera odstraňovania NO_x závisí od použitého katalyzátora: pri vysokých pomeroch NH₃ k NO_x je možné dosiahnuť vysokú účinnosť odstraňovania NO_x, ale súčasne sa výrazne zvyšuje množstvo nevyužitého amoniaku (únik NH₃) v čistých spalínach. Únik amoniaku by mal byť čo najnižší, aby sa predišlo riziku reakcie NH₃ s SO₃ v spalínach počas ich ochladzovania, čo môže viesť k znečisteniu a korózii vykurovacích plôch vytvorenými bisulfátmi amónnymi ((NH₄)HSO₄ alebo „ABS“).

Použitie katalyzátory môžu mať rôzne geometrické tvary, ako napríklad voštinový, doskový alebo vlnitý typ, ako je znázornené na obrázku 3.41. V niektorých aplikáciách sa používajú aj pelety (najmä pre aktívne uhlie).

Type of Catalyst

- **Honeycomb catalyst** – Homogeneous ceramic TiO_2 mass typically containing catalytically active $\text{V}_2\text{O}_5/\text{WO}_3$ extruded into the monolithic honeycomb catalyst log form.
- **Plate catalyst** – Homogeneous ceramic TiO_2 mass typically containing catalytically active $\text{V}_2\text{O}_5/\text{MoO}_3$ or $\text{V}_2\text{O}_5/\text{WO}_3$ rolled onto supporting stainless steel wire mesh.
- **Corrugated catalyst** – Ceramic TiO_2 mass formed on fiber glass substructure similar to corrugated box. V_2O_5 and WO_3 typically impregnated onto the catalyst surface.



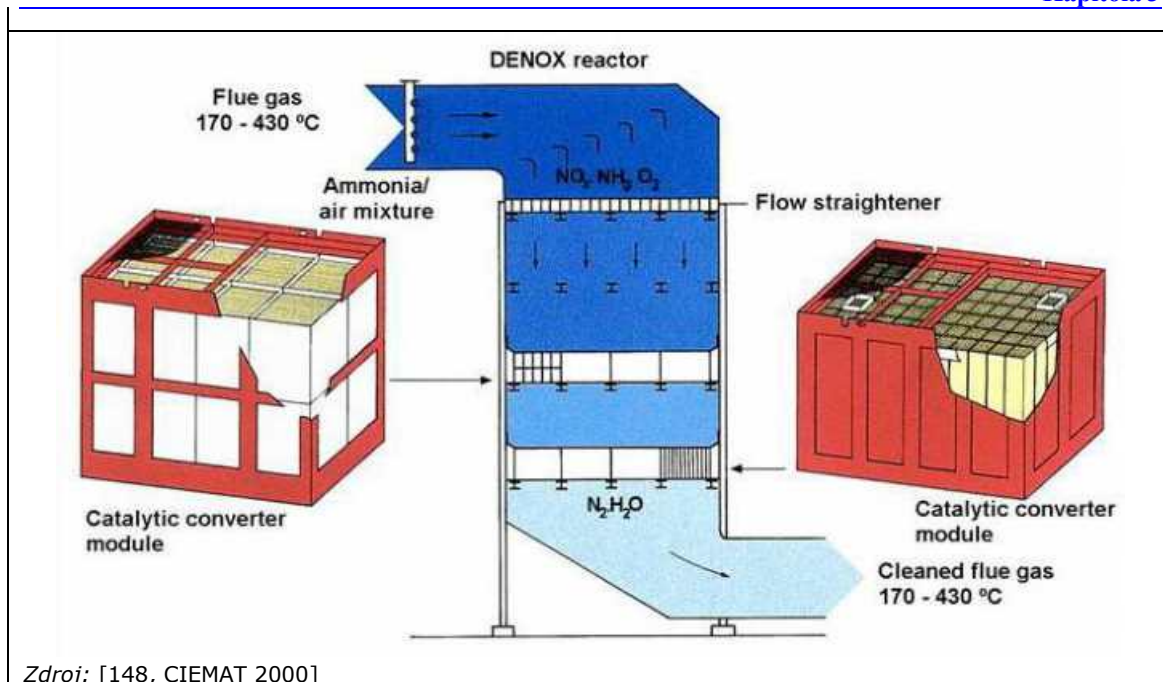
Zdroj: [24, Evonik a Southern Company 2008]

Obrázok 3.41: Rôzne typy katalyzátorov

Hlavné materiály používané ako katalyzátory v SCR sú nasledovné:

- **Oxidy základných kovov**, ktoré pozostávajú zo základného materiálu TiO_2 spolu s aktívnymi zložkami vanád, volfrám a molybdén. Vo väčšine prípadov sa používa V_2O_5 s malým množstvom pridaného WO_3 s cieľom rozšíriť úzke teplotné okno, malým množstvom SiO_2 s cieľom stabilizovať štruktúru a malým množstvom MoO_3 s cieľom zvýšiť odolnosť katalyzátora voči otravám zložkami výfukových plynov. Tento typ katalyzátora vyžaduje teplotný rozsah 300–450 °C.
- **Zeolity**, ktoré sú kryštalické, vysoko porézne prírodné alebo syntetické hlinitokremičitany a používajú sa pri teplotách medzi 350 °C a 600 °C.
- **Oxidy železa**, ktoré pozostávajú z častíc oxidu železa s tenkou kryštalickou vrstvou fosforečnanu železa.
- **Aktívne uhlie**, ktoré pozostáva buď z práškoveho uhlia, alebo hnedého uhlia, sa zmieša s inertnými prvkami a spracuje na spekané pelety. Vzhľadom na tepelnú nestabilitu aktívneho uhlia pri vyšších teplotách sú potrebné nízke prevádzkové teploty 100 – 220 °C. V dôsledku toho sa aktívne uhlie v elektrárnach môže používať iba v koncovej konfigurácii.

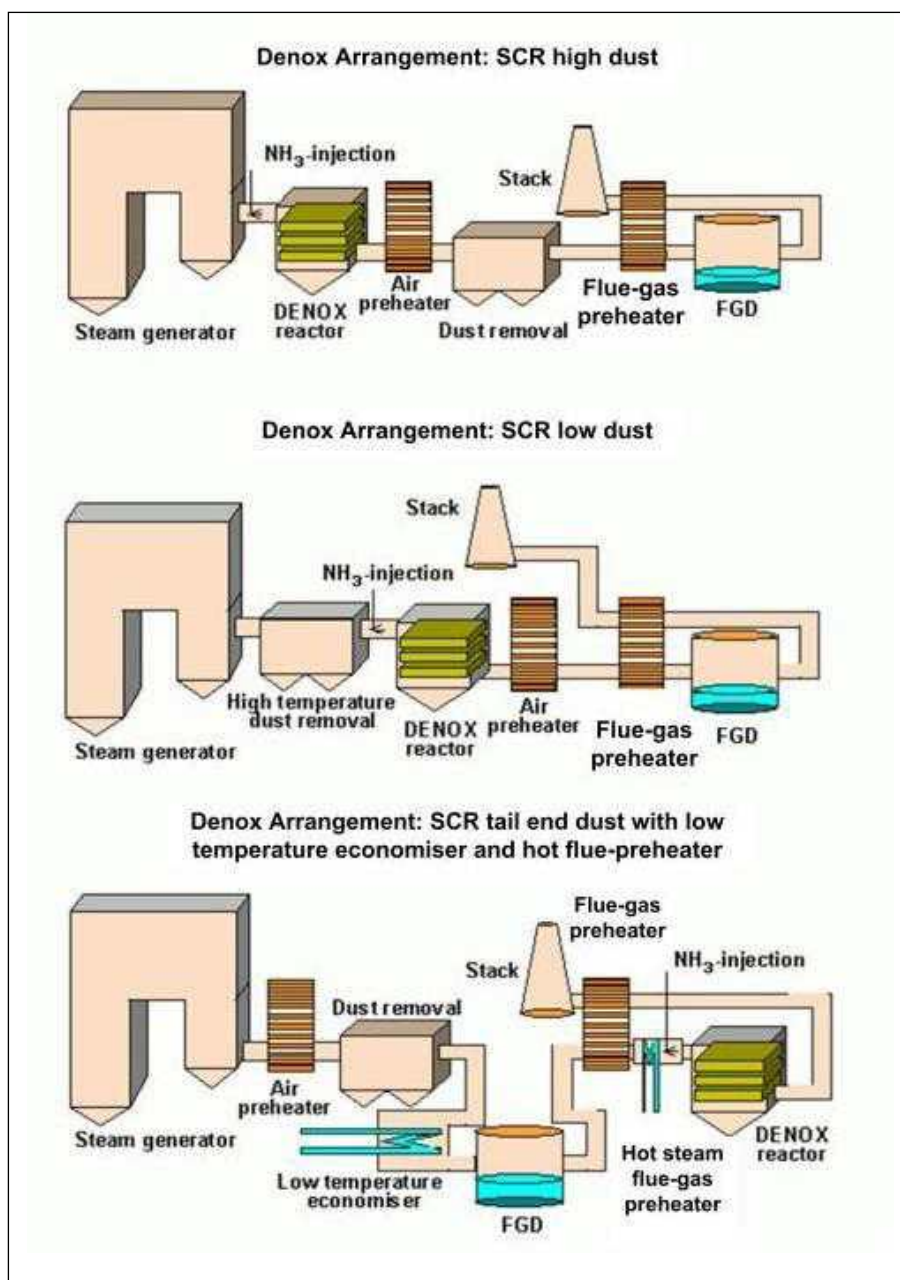
Katalyzátory sa vyrábajú v rôznych priemeroch kanálov. Voľba priemeru kanála sa optimalizuje po preskúmaní obsahu prachu vo výfukových plynach, vlastností prachu a prípustného poklesu tlaku v reaktore SCR. Usadzovanie prachu by sa malo minimalizovať a pokles tlaku v katalyzátore by mal byť nízky. Objem potrebného katalyzátora závisí od charakteristík katalyzátora, ako sú jeho aktívne vlastnosti, a od prevádzkových podmienok, ako sú objem spalín, požadovaná redukcia NO_x , zloženie plynu, teplota spalín a prítomnosť katalyzátorových jedov. Jednotlivé katalytické prvky sú zabalené dohromady v katalytickom module, ktorý potom tvorí katalytické vrstvy v reaktore SCR, ako je vidieť na obrázku 3.42.



Obrázok 3.42: Konfigurácia katalytického reaktora

Životnosť katalyzátora sa zvyčajne pohybuje od 3 do 7 rokov v uhoľných jednotkách a od 8 do 12 rokov v ropných a plynových jednotkách, v závislosti od režimu zaťaženia (50 000 – 60 000 prevádzkových hodín). Tieto všeobecné údaje sa môžu líšiť v závislosti od viacerých faktorov špecifických pre dané miesto, ako je typ zariadenia, vlastnosti paliva, kapacita, prevádzka zariadenia, koncentrácia NO_x na vstupe, miera redukcie NO_x , pomer amoniaku/močoviny k NO_x a prípustný únik amoniaku. V ostatných rokoch sa na trh dostali katalyzátory, ktoré sú odolnejšie voči tepelnému a mechanickému poškodeniu a voči otravám kontaminantmi. Najnovší vývoj v oblasti regeneračných techník a riadenia katalyzátorov teraz alternatívne umožňuje regeneráciu každej vrstvy katalyzátora, pričom sa nahrádzajú novými vrstvami katalyzátora až po štyroch regeneráciách, čo zodpovedá 20-ročnému životnému cyklu, čím sa znižujú prevádzkové náklady na implementáciu SCR takmer o 40 % [24, Evonik a Southern Company 2008]. V súčasnosti je bežnou praxou ponechať v puzdre priestor pre náhradnú vrstvu katalyzátora, ktorú je možné použiť na doplnenie výkonu katalyzátorov, keď ich účinnosť začne časom klesať. Týmto spôsobom sa dosiahne maximálne využitie existujúcich katalyzátorov, než sa dostatočne vyčerpajú a bude potrebná ich regenerácia alebo likvidácia.

Existujú tri základné konfigurácie integrácie reaktora SCR do reťazca čistenia spalín, pričom hlavným faktorom je, aby podmienky, ako napríklad teplota spalín, boli vhodné pre použitý katalyzátor. Polohy, ktoré sa využívajú pre katalyzátor, sú znázornené na obrázku 3.43.

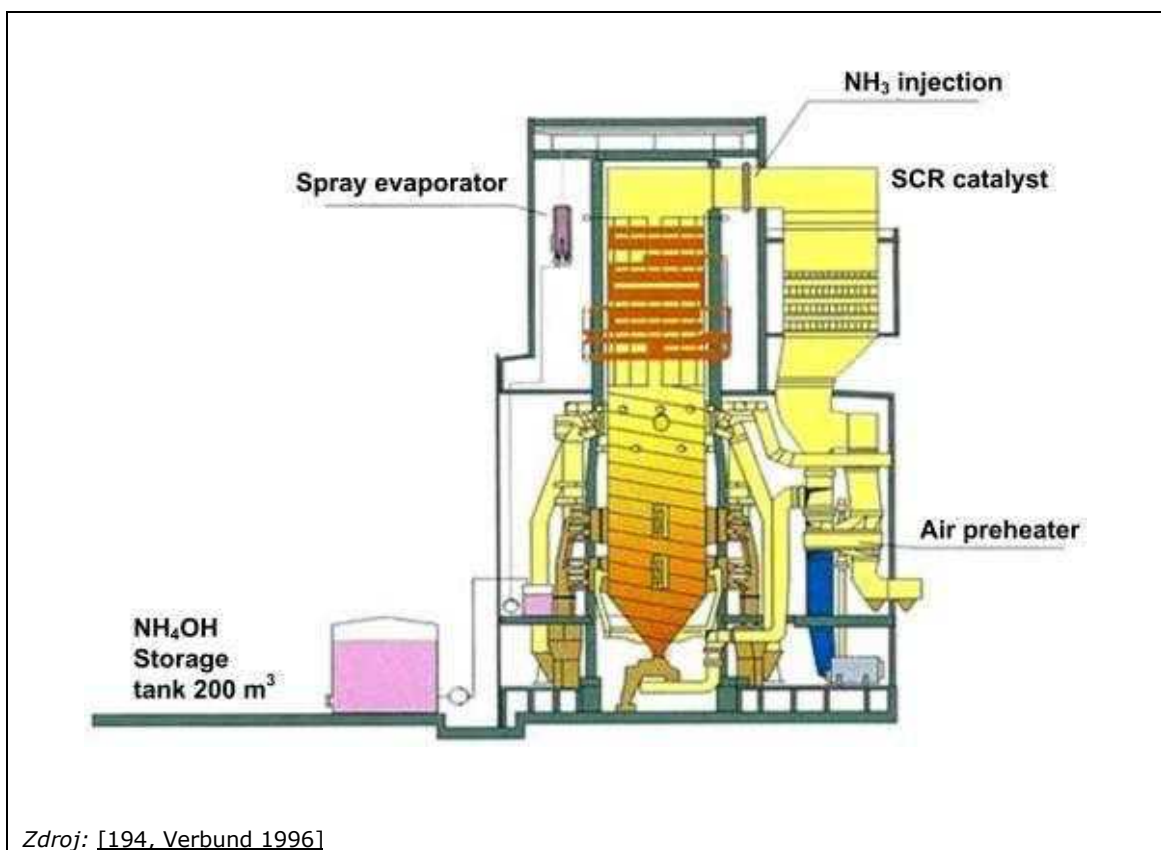


Obrázok 3.43: Existujúce konfigurácie technológií na znižovanie emisií NO_x pomocou SCR

Tri konfigurácie sú vysoký obsah prachu, nízky obsah prachu a koniec reťazca:

- Usporiadanie **s vysokým obsahom prachu** je najčastejšie používané a zabraňuje opätovnému zahrievaniu spalín v dôsledku vysokej prevádzkovej teploty katalyzátora (obrázok 3.44). Životnosť katalyzátora sa zlepšila, rovnako ako jeho odolnosť voči oderu. Jeho použitie má však dve nevýhody: po prvé, spaliny môžu obsahovať popolček a látky, ktoré katalyzátor otravujú, čo vedie k jeho deaktivácii a následnému zníženiu účinnosti redukcie NO_x. K tomu môže dôjsť napríklad v peciach s tavnou komorou, pri určitých palivách alebo v procesoch spoluspaľovania. Po druhé, pri dodatočnej inštalácii SCR v konfigurácii s vysokým obsahom prachu je potrebný dodatočný priestor v blízkosti kotla. Usporiadanie s vysokým obsahom prachu je pre mnohé inštalácie nákladovo efektívne.
- SNCR/SCR v potrubí, nazývaný aj „slip“, katalyzátor alebo hybridný SNCR/SCR, je verziou usporiadania s vysokým obsahom prachu. Tieto katalytické systémy sú kombinované so SNCR s cieľom spotrebovať zostávajúci vstrieknutý sorbent, ktorý je stále prítomný v spalínach na výstupe z kotla, aby sa pridala fáza redukcie NO_x. Takýto SCR vyžaduje oveľa menej katalyzátora ako konvenčný SCR, čím poskytuje celkovo vysokú účinnosť odstraňovania a nízky únik amoniaku pri nižších kapitálových nákladoch.

- **Nízko prachové** usporiadanie obchádza nevýhody vysokoprachovej konfigurácie. Jeho hlavnou výhodou je znížené mechanické namáhanie katalyzátora, čo môže predĺžiť jeho životnosť. Keďže však proces prebieha bez dodatočného ohrevu, je potrebná inštalácia vysokoteplotných odlučovačov prachu. Preto sa táto konfigurácia často ukazuje ako neekonomická pri modernizácii starých elektrární. Okrem toho je ohrievač vzduchu vystavený usadzovaniu bisulfátu amónneho.
- Usporiadanie **na konci** je výhodným variantom pre existujúce elektrárne, pretože katalyzátor je menej vystavený abrázii, korózii a deaktivácii. Objem katalyzátora je tiež menší ako v prípade konfigurácie s vysokým obsahom prachu, pretože je možné použiť katalyzátor s menším rozstupom. Prichádzajúci spalín však musí byť opätovne zahriaty pomocou dodatočných horákov, ktoré používajú hlavne zemný plyn, aby dosiahli prevádzkovú teplotu katalyzátora. V prípade aktivovaného koksového katalyzátora zvyčajne postačuje výmena tepla zo surového plynu na čistý plyn.



Obrázok 3.44: Príklad katalyzátora SCR s vysokým obsahom prachu

V kotloch na výrobu energie sa katalyzátor SCR zvyčajne umiestňuje medzi ekonomizér a predohrev vzduchu (konfigurácia s vysokým obsahom prachu), aby sa dosiahlo požadované teplotné okno a zároveň sa minimalizovali náklady v porovnaní s konfiguráciou na konci. Katalyzátor je však možné chrániť použitím obtoku pri spúšťaní a vypínaní. Nové systémy SCR už obtok nemajú.

Konfigurácie na konci, v ktorých je katalyzátor umiestnený za predohrevom vzduchu, vyžadujú opätovné zahriatie spalín na prevádzkovú teplotu katalyzátora, a preto sú drahšie na výstavbu a prevádzku. Požadované komponenty na dodatočnú montáž SCR zahŕňajú reaktor SCR, súvisiace potrubia a konštrukčné práce, systém skladovania a distribúcie amoniaku a ovládacie prvky. Ďalšie komponenty, ktoré môžu byť potrebné, zahŕňajú obchádzku ekonomizéra a fúkače sadzí. Hoci systémy SCR s vysokým obsahom prachu sú vo všeobecnosti ekonomickejšie, môžu nastať situácie, keď obmedzenia daného miesta uprednostňujú konfiguráciu na konci.

Voľba typu a vlastností katalyzátora závisí od hmotnostného toku popola a jeho erozívneho potenciálu (doskový typ, voštinový typ). Vysoké zaťaženie prachom si preto vyžaduje katalyzátory s vysokou odolnosťou proti upchávaniu a oderu. SCR katalyzátory so stredným rozstupom vo forme plástu sú preferované pre aplikácie s nízkym obsahom prachu, kde je takmer celý popol odstránený z spalín. Zväčšená povrchová plocha vyplývajúca z použitia SCR katalyzátorov so stredným rozstupom vo forme plástu v aplikáciách s nízkym obsahom prachu vedie k nižším požiadavkám na objem katalyzátora v porovnaní s aplikáciami s vysokým obsahom prachu.

Otázky týkajúce sa typu spaľovacieho procesu a zloženia paliva majú významný vplyv na konštrukciu katalyzátora a musia sa osobitne zohľadniť pre každú jednotlivú prevádzku. Pece s tavnou komorou (WBB) s recirkuláciou popolčeka vykazujú vo všeobecnosti vyššiu mieru deaktivácie katalyzátora ako kotly so suchým lôžkom. Uhlie s vysokým obsahom arzénu, alkalických alebo alkalických zemín, fosforu, vápnika a viacerých ďalších zlúčenín alebo palivá z biomasy s vysokým obsahom alkalických kovov vykazujú vyššiu mieru deaktivácie katalyzátora, čo je potrebné zohľadniť pri výpočte životnosti katalyzátora a objemu zaťaženia. Obsah síry v palive sa tiež skúma s cieľom určiť vhodnú rýchlosť konverzie SO_2 na SO_3 pre katalyzátor SCR a stanoviť minimálnu prevádzkovú teplotu, pri ktorej sa dá zabrániť tvorbe bisulfátu amónneho. Minimálna prevádzková teplota katalyzátora závisí od koncentrácie SO_3 . Prebytok NH_3 reaguje s SO_3 a vytvára amónne soli $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a NH_4HSO_4 , ktoré kondenzujú a blokujú otvory katalyzátora. Katalyzátory SCR existujú pre nižší teplotný rozsah (pod 290°C), ale môžu sa používať len vtedy, ak je obsah SO_x v spalínach nižší ako 50 mg/Nm^3 . (Všeobecne sa odhaduje, že SO_3 tvorí približne 3 – 5 % celkového SO_x) (pozri tiež nižšie uvedené odseky o premene SO_2 na SO_3 a o ABS).

Životnosť katalyzátora možno optimalizovať správnou údržbou, vrátane použitia vhodného odstraňovania sadzí a zabránenia kontaktu s vlhkosťou v prípade katalyzátorov vystavených popolčeku. Obchádzky systému možno použiť pri spúšťaní alebo vypínaní jednotky alebo ak teplota ekonomizéra klesne pod minimálnu prevádzkovú teplotu katalyzátora pri nízkom zaťažení spaľovacej jednotky. Pri použití konvenčného systému SCR s dieselovým motorom je napríklad rozsah zaťaženia v prevádzke obmedzený približne na hornú tretinu.

Hlavné výhody technológie SCR sú:

- proces SCR možno použiť pre mnohé palivá používané v spaľovacích procesoch, napr. zemný plyn a ľahké oleje, ako aj procesné plyny a uhlie;
- pri premene NO_x nevznikajú žiadne sekundárne znečisťujúce zložky;
- emisie NO_x je možné znížiť o 90 % alebo viac;
- celkové zníženie NO_x závisí od SCR a primárnych opatrení;
- na splnenie požiadaviek na kvalitu ovzdušia možno technológiu SCR použiť s prispôbenou spotrebou NH_3 s cieľom znížiť účinky úniku NH_3 a zvýšiť životnosť katalyzátora.

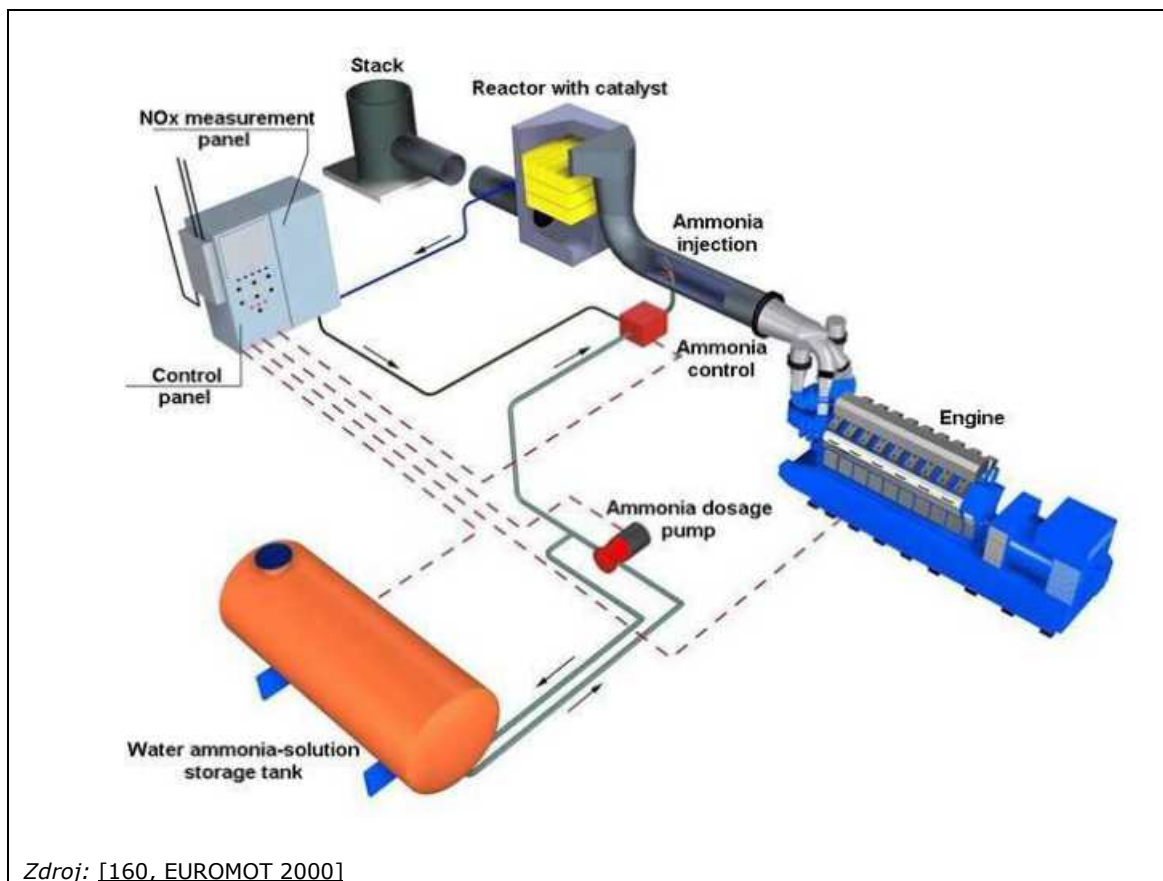
Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Znížené emisie NO_x do ovzdušia.
- Znížené emisie ortuti do ovzdušia vďaka väčšej oxidácii elementárnej ortuti.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pri navrhovaní SCR pre kotly a motory (pozri príklad na obrázku 3.45) s 90 % alebo vyššou redukciou NO_x nie sú žiadne väčšie problémy. Pre vyššie miery redukcie je potrebný sofistikovanejší kontrolný systém, aby sa SCR udržal v optimálnej pracovnej oblasti. Nečistoty v palive majú priamy vplyv na dosiahnuteľné miery redukcie; s čistými palivami je možné dosiahnuť vyššie miery redukcie NO_x . Osobitná pozornosť sa venuje návrhu systému vstrekovania NH_3 , aby sa zabezpečil rovnomerný pomer NH_3 k NO_x v spalínach. Zvýšené zníženie NO_x vyžaduje 5 – 10 % dodatočného inštalovaného katalyzátora a zodpovedajúci vyšší tlakový pokles. Okrem toho sa očakáva mierne vyššia miera úniku NH_3 v dôsledku zvýšeného vstrekovania činidla potrebného pri vyšších mierach zníženia NO_x .

V plynových turbínach je ťažšie dosiahnuť veľmi rovnomerný pomer NH_3 k NO_x v spalinách. Pri úniku 5 – 10 ppm NH_3 je však možné dosiahnuť mieru redukcie 95 % [25, Haldor Topsoe 2012], [98, EUROMOT 2013], [89, EPPSA 2013]. Dodatočná montáž CCGT vyžaduje objem katalyzátora 0,2 m³/MW_e (napr. približne 80 m³ pre zariadenie s výkonom 400 MW_e). [116, EUTurbines 2013]



Obrázok 3.45: Systém SCR použitý v stacionárnom spaľovacom motore

Schopnosť systému SCR reagovať na zmeny zaťaženia závisí nielen od riadiaceho systému, ale aj od konštrukcie katalyzátora implementovaného v systéme. Staršie systémy majú tendenciu emitovať nadmerné množstvo NH_3 a NO_x počas zmien zaťaženia, ale moderné typy katalyzátorov s nižšou hmotnosťou reagujú rýchlejšie na zmeny prevádzkových podmienok a umožňujú rýchle spustenie systému a dosiahnutie stabilného výkonu. [25, Haldor Topsoe 2012]

Tlakový pokles v katalyzátore sa monitoruje, aby sa zistili akékoľvek známky znečistenia, pretože znečistenie katalyzátora zvyšuje protitlak a znižuje aktivitu. K znečisteniu môže dôjsť v dôsledku:

- spaľovania znečisteného paliva;
- usadzovania síranov;
- prebytku paliva v prevádzke.

Prevádzkovatelia uvádzajú, že upchávanie katalyzátora tuhými látkami je najčastejším prevádzkovým problémom. Tuhé látky v potrubí spalín pochádzajúce z korózie, degradácie izolácie potrubia atď. upchávajú otvory katalyzátora SCR, čo spôsobuje nadmerný pokles tlaku a odstavenie jednotky na účely čistenia.

Príklady typických emisií pri 100 % zaťažení zariadenia sú uvedené v tabuľke 3.24.

Tabuľka 3.24: Typické účinnosti SCR pre rôzne spaľovacie procesy (v závislosti od konštrukcie SCR a množstva vstrekaného činidla)

Aplikácia	NO _x vstup (ppm)	NO _x výstup (ppm)
Zariadenie – spaľovanie uhlia	50	40
Plynová turbína	25	2
Diesellový motor	1 200	120
Zdroje: [25, Haldor Topsoe 2012] [181, CEFIC 2013]		

Pri nižších zaťaženiach je miera redukcie NO_x rovnaká alebo lepšia ako pri 100 % zaťažení, a to vďaka nižšiemu prietoku spalín (vyššiemu relatívnemu množstvu katalyzátora).

Tabuľka 3.25 uvádza účinnosť a prevádzkové parametre pri použití SCR.

Tabuľka 3.25: Výkonnosť techniky SCR pri znižovaní emisií oxidov dusíka

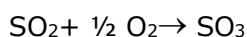
Všeobecná miera zníženia NO _x	Prevádzková teplota	Konfigurácia/zariadenie
80–95	350–450 °C	Vysoký obsah prachu
	170–300 °C	Koniec
	280–510 °C	Plynové turbíny
	200–510 °C	Diesellové motory
Poznámka: Životnosť katalyzátora je 3–7 rokov pri spaľovaní uhlia, 8–12 rokov pri spaľovaní ropy a viac ako 10 rokov pri spaľovaní plynu. Regenerácia katalyzátora umožňuje dosiahnuť životnosť katalyzátora približne 20 rokov. Životnosť katalyzátora 40 000–80 000 prevádzkových hodín je možné dosiahnuť pravidelným umývaním. V agresívnych podmienkach však môže byť oveľa kratšia (napr. pri náročných biomasách môže chemická životnosť dosiahnuť len 8 000 prevádzkových hodín). Prevádzkové teploty závisia od obsahu síry v palive. Výkon katalyzátora sa časom zhoršuje.		

Medzizložkové vplyvy

- Únik amoniaku sa zvyšuje s rastúcim pomerom NH₃ k NO_x, čo môže spôsobiť problémy, napr. s nadmerne vysokým obsahom amoniaku v popolčeku. Tento problém je možné vyriešiť použitím väčšieho objemu katalyzátora a/alebo zlepšením zmiešavania NH₃ a NO_x v spalínach.
- Neúplná reakcia NH₃ s NO_x môže viesť k tvorbe síranov amónnych, ktoré sa usadzujú na systémoch za katalyzátorom, ako je katalyzátor a predohrev vzduchu; k zvýšenému množstvu NH₃ v odpadových vodách z odsírovania spalín a vo vode z čistenia ohrievača vzduchu; a k zvýšenej koncentrácii NH₃ v popolčeku. Táto neúplná reakcia sa vyskytuje len vo veľmi nepravdepodobnom prípade katastrofického zlyhania celého systému SCR.

Premena SO₂ na SO₃

V dôsledku procesu spaľovania fosílnych palív vznikajú SO₂ a SO₃ v dôsledku prítomnosti síry v palive. Použitie systémov SCR na kontrolu emisií NO_x môže mať negatívny vplyv na koncentráciu v spalínach v predohreve vzduchu a komíne. Je to spôsobené nežiaducou vedľajšou oxidáciou:



Vyššie úrovne SO_3 môžu spôsobiť prevádzkové problémy súvisiace so znečistením a/alebo koróziou predohrevača vzduchu a môžu viesť k viditeľnejším emisiám v dôsledku hmly kyseliny sírovej. Emisie SO_3 komína pod 5 vppm zabráňujú vizuálnym emisiám.

Výrobcovia katalyzátorov zvyčajne formulujú svoje katalyzátory tak, aby dosiahli nízku úroveň oxidácie SO_2 na SO_3 . Preto je táto reakcia v porovnaní s redukčnou reakciou NO_x relatívne pomalá.

[27, ICAC 2009]

Tvorba ABS

Prevádzka pri nízkom zaťažení môže spôsobiť problémy s udrжанím minimálnej teploty a bisulfáty amónne $((\text{NH}_4)\text{HSO}_4)$ (ABS) sa môžu kondenzovať a vytvárať lepkavý povlak na katalyzátore a dymovom stĺpe. ABS je vysoko kyslá a lepkavá látka, ktorá sa môže usadzovať na zariadeniach v smere toku, ako sú konvekčné cievky a ohrievače vzduchu, čo spôsobuje upchávajúce a zhoršenie výkonu zariadenia. Popolček sa zachytí a kanály v katalyzátore sa môžu upchať. ABS sa v dôsledku kapilárneho efektu môže kondenzovať v póroch katalyzátora približne 28 °C nad teplotou kondenzácie na povrchu katalyzátora. Keď teplota opäť stúpne, ABS sa odparí, ale ak je systém SCR v prevádzke pod rosným bodom ABS po dlhšiu dobu, katalyzátor sa postupne deaktivuje, čo má za následok zníženie účinnosti alebo únik amoniaku. Usadeniny je možné minimalizovať udrжанím nízkeho úniku amoniaku a monitorovaním teploty spalín na výstupe. Usadeniny je možné čistiť online premývaním vodou alebo zvýšením teploty kovu nad teplotu kondenzácie, aby sa usadeniny sublimovali pomocou vhodne navrhnutých materiálov. V Dánsku majú uholné elektrárne s vybavením SCR veľmi odlišné úrovne vstrekovania amoniaku pri minimálnom zaťažení (približne 20 % až 50 % maximálneho zaťaženia), kde sa dávkovanie amoniaku buď zníži, alebo zastaví.

Ďalšie účinky

Pokles tlaku spalín cez katalyzátor sa môže všeobecne pohybovať od 5 mbar do 15 mbar. Na kompenzáciu tohto poklesu tlaku môže byť potrebná dodatočná energia. Okrem toho v koncovom usporiadaní môže byť potrebné opätovné zahriatie, aby katalyzátor dosiahol minimálnu prevádzkovú teplotu.

Táto technika produkuje odpad (vyčerpaný katalyzátor).

Pri umývaní katalyzátora môžu vznikať odpadové vody, ktoré nie sú typické pre danú inštaláciu, a preto môže byť potrebné prispôsobiť čistenie odpadových vôd alebo umývanie v priestoroch špecializovaných spoločností.

Ďalšie medzizložkové vplyvy súvisia s používaním amoniaku prostredníctvom:

- uvoľňovania NH_3 do ovzdušia v prípade nehomogénnych reakcií medzi NO_x a NH_3 ;
- bezpečnostné otázky súvisiace so skladovaním amoniaku. (Ďalšie podrobnosti

nájdete v oddiele 3.2.2.3.13.)

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

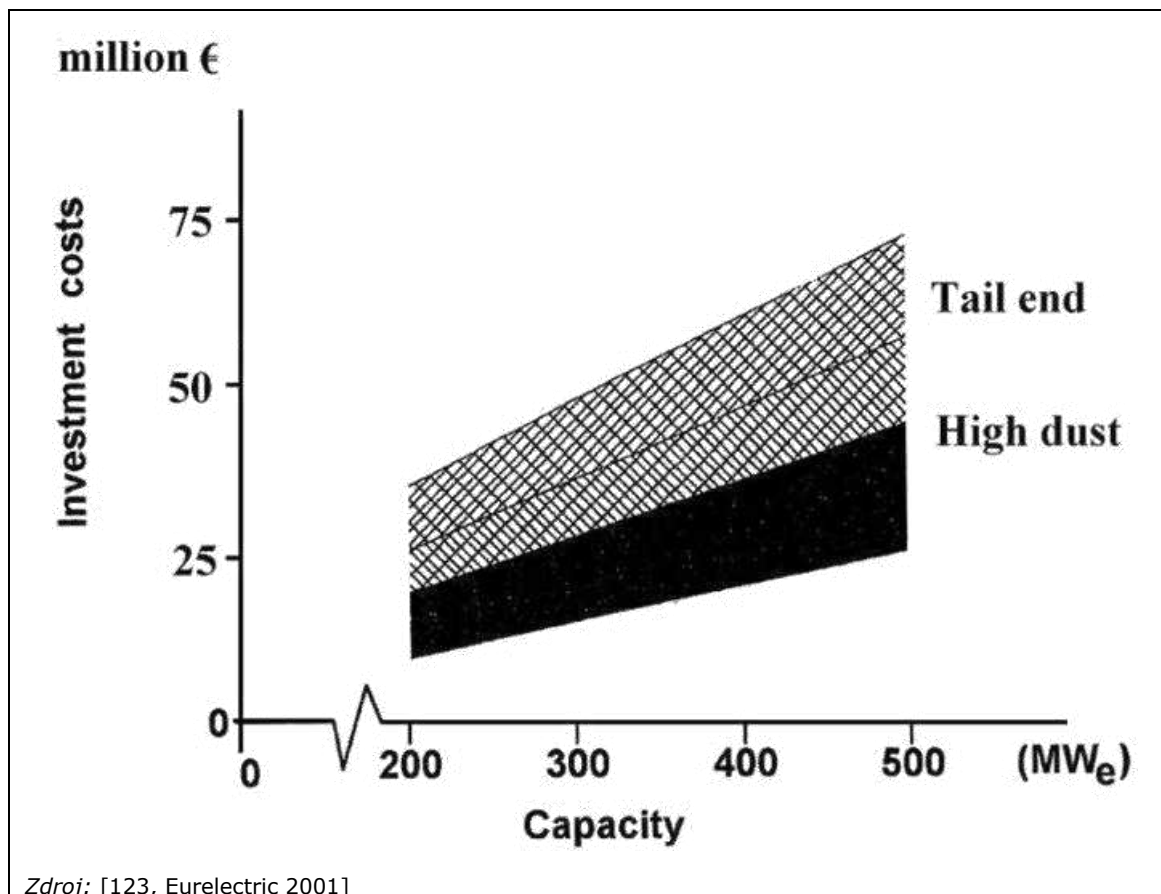
Táto technika je použiteľná v nových zariadeniach.

Pri dodatočnej inštalácii SCR do existujúcich zariadení je potrebné zohľadniť obmedzenia týkajúce sa priestoru, tlaku a teploty. Vyššie prevádzkové teploty znižujú veľkosť katalyzátora a náklady, ale zvyšujú zložitosť dodatočnej inštalácie. Nižšie prevádzkové teploty zvyšujú požadovaný objem katalyzátora a náklady, ale často umožňujú jednoduchšiu dodatočnú inštaláciu.

Kolísanie zaťaženia a časté spúšťanie/vypínanie môžu obmedziť použitie konvenčného SCR, pretože veľké kolísanie zaťaženia môže spôsobiť, že teplota spalín bude veľmi nestabilná a nie vždy kompatibilná s teplotným rozsahom dostupných katalyzátorov. To môže vyžadovať špeciálne navrhnuté katalyzátory a/alebo systém predohreву.

Hospodárska únosnosť

Investičné náklady na zariadenie SCR sú značné (obrázok 3.46). Cena za tonu zníženého NO_x sa líši v závislosti od typu zariadenia. Kotly s tangenciálnym ohrevom majú vyššie náklady na tonu zníženého NO_x ako kotly s bočným ohrevom, pretože majú nižšie pôvodné emisné úrovne. Náklady na činidlá sú relatívne nižšie ako v zariadeniach SNCR.



Zdroj: [123, Eurelectric 2001]

Obrázok 3.46: Investičné náklady na proces SCR v spaľovacom zariadení

Investičné náklady na jednotku SCR závisia od objemu katalyzátora, ktorý je určený objemom spalín, únikom amoniaku a mierou konverzie NO_x, ktorá by sa mala dosiahnuť. V odhadoch nákladov vykonaných pre elektrárne boli náklady na katalyzátor odhadnuté v rozmedzí 5 000 – 10 000 EUR na m³ [25, Haldor Topsoe 2012], [116, EUTurbines 2013]. Pri danom objeme spalín 1 milión m³/h boli investičné náklady na jednotku SCR odhadnuté na 15 miliónov EUR (usporiadanie surového prachu; vrátane plánovania, montáže a všetkého príslušenstva, ako sú potrubia, čerpadlá a ventilátory, ale bez katalyzátora). Hlavnými faktormi prevádzkových nákladov sú životnosť katalyzátora, ktorú ovplyvňujú vlastnosti paliva a konfigurácia SCR (nízky obsah prachu, vysoký obsah prachu, koniec), objem potrebného redukčného činidla, spotreba energie v dôsledku tlakovej straty a nakoniec energia na opätovné ohriatie spalín.

Na základe informácií od prevádzkovateľov a trhových cien v rokoch 2000 – 2005 (rakúske a nemecké závody) boli investičné náklady na jednotku SCR odhadnuté pomocou nasledujúceho vzorca:

Investičné náklady (I.C.) na jednotku SCR spracúvajúcu objem spalín x miliónov m³/h:

$$I.C. = (x \text{ miliónov m}^3 \text{ objem spalín} / 1 \text{ milión m}^3)^{0,7} * 15 \text{ miliónov EUR}$$

Náklady na montáž a elektronické monitorovacie a kontrolné zariadenia sú zahrnuté. Náklady na katalyzátory nie sú zahrnuté, ale odhadujú sa na 15 000 EUR/m³. Náklady boli odhadnuté len pre úpravu surového plynu. Hlavnými nákladovými faktormi medzi investičnými a prevádzkovými nákladmi sú náklady na výmenu katalyzátora, redukčné činidlo (vodný roztok amoniaku) a elektrickú energiu.

V investičných nákladoch sú zahrnuté náklady na celý kanál spalín (potrubia, katalyzátorová skriňa, obtok a jednotka NH_4OH pozostávajúca z nádrže, skladovacieho systému, dávkovacieho zariadenia, odparovacieho a miešacieho systému).

V tabuľke 3.26 boli odhadnuté náklady na jednotku SCR spracúvajúcu objemy spalín 200 000 m^3/h , 500 000 m^3/h a 1 000 000 m^3/h s koncentráciou surového plynu 500 mg/Nm^3 (dosiahnutou primárnymi opatreniami) a 350 mg/Nm^3 (dosiahnutou primárnymi opatreniami a SNCR). Koncentrácia čistého plynu sa v oboch prípadoch predpokladá na úrovni 100 mg/Nm^3 .

Tabuľka 3.26: Odhady nákladov na jednotku SCR ako funkcia objemu spalín pre kotol na uhlie

Parameter	Jednotka	Objem spalín (Nm^3/h)		
		200 000	500 000	1 000 000
Koncentrácia NO_x , ktorá sa má znížiť	g/Nm^3	NA	0,25	0,25–0,4
Prevádzkové hodiny	h/rok	5 000	5 000	5 000
Znížené zaťaženie	t/rok	250	625–1 000	1 250–2 000
Investičné náklady	milión EUR	4,86	9,23	15,0
Ročná splátka ⁽¹⁾	milión EUR/rok	0,50	0,95	1,54
Prevádzkové náklady (vrátane nákladov na elektrickú energiu, katalyzátory, redukčné činidlá, údržbu a opotrebenie)	miliónov EUR/rok	0,25–0,29	0,60–0,69	1,17–1,34
Ročné náklady	milióno v EUR/ro k	0,75–0,79	1,56–1,64	2,72–2,88
Špecifické náklady na odstraňovanie NO_x	EUR/t NO_x	1 968–3 016	1 638–2 488	1 442–2 175

⁽¹⁾ Základ: 15 rokov s úrokovou sadzbou 6 %.
Poznámka:
NA: Nie je k dispozícii.

Pri zariadeniach s koncovým výstupom môže byť potrebné pred komínom spaliny opätovne zahrievať. To môže spotrebovať až 2 % elektrickej kapacity zariadenia. V aplikáciách, ktoré nevyžadujú opätovné zahrievanie, sú prevádzkové náklady spojené hlavne s nákladmi na činidlo.

Systémové kapitálové náklady na modernizačné aplikácie, ktoré odstraňujú 60 % až 90 % NO_x , sa pohybujú v rozmedzí od 50 EUR/kW do 100 EUR/kW, pričom náklady na väčšie zariadenia sa pohybujú na spodnej hranici tohto rozmedzia a náklady na menšie zariadenia na hornej hranici. Hlavnými faktormi, ktoré prispievajú k celkovým nákladom na modernizáciu systémov SCR v uhoľných elektrárnach s cieľovou úrovňou emisií NO_x 185 mg/Nm^3 , sú veľkosť jednotky, koncentrácia NO_x na vstupe a rôzne konštrukčné požiadavky súvisiace s úrovňou náročnosti modernizácie. Napríklad zvýšenie základnej koncentrácie NO_x na vstupe zo 615 mg/Nm^3 na 1 230 mg/Nm^3 zvýši kapitálové náklady na SCR približne o 50 %. Keď sa veľkosť jednotky zníži z 1 000 MW_e na 200 MW_e , počiatočné kapitálové náklady na SCR sa môžu znížiť až o 30 %. Rozsah modernizácie ventilátorov, potrubí, konštrukčnej ocele a zmien základov môže ovplyvniť náklady približne o 20 – 35 %. Prevádzkové náklady na redukčné činidlo sú približne 75 EUR na tonu NO_x v prípade bezvodého amoniaku alebo 125 EUR na tonu NO_x v prípade 40 % roztoku močoviny. Celkové náklady, t. j. investičné a prevádzkové náklady, na redukciiu NO_x v elektrárni s výkonom 800 MW používajúcej SCR sa pohybujú v rozmedzí 1 500 až 2 500 EUR na tonu znížených emisií NO_x . [164, Rigby et al. 2001]

Kapitálové náklady na systém SCR pre plynové turbíny alebo spaľovacie motory sa pohybujú v rozmedzí 10 – 50 EUR/kW (na základe elektrického výkonu). Tieto náklady sú podstatne nižšie ako v prípade použitia systému SCR v uhoľnej elektrárni. To platí aj pri porovnaní ročných špecifických nákladov vrátane prevádzkových nákladov (napr. približne 700 EUR na tonu NO_x , odhadnuté na príklade pevninského

motora s výkonom 20 – 50 MW_{th} a prevádzkovaného 4 000 hodín ročne so systémom SCR s 75 % účinnosťou odstraňovania). Pri zohľadnení nákladov v EUR/MWh_{el} sú však náklady na odstraňovanie NO_x pomocou systému SCR v prípade stacionárnych dieselových motorov približne trojnásobne až deväťnásobne vyššie ako v prípade uhoľných elektrární, a to z dôvodu počiatočnej vyššej úrovne NO_x, ktoré je potrebné odstrániť. [98, EUROMOT 2013]

Príklady kapitálových nákladov na dvojvrstvový katalyzátor SCR, ktorý dosahuje účinnosť odstraňovania medzi 85 % a 95 % pre plynové/kvapalinové kotly používané v chemickom priemysle, sa pohybujú v rozmedzí 30 – 50 EUR/kW_{th}, pričom ročné prevádzkové náklady sú približne 50 000 EUR/rok a náklady spojené s výmenou katalyzátora sa pohybujú v rozmedzí 75 000 EUR/rok až 250 000 EUR/rok. [3, LCP TWG 2012]

V súčasnosti existujú rôzne procesy regenerácie použitých katalyzátorov, ktoré môžu výrazne predĺžiť životnosť katalyzátora a tým znížiť prevádzkové náklady. Cena regenerovaných katalyzátorov SCR je až o polovicu nižšia ako cena nových katalyzátorov. Bez závažných erozívnych účinkov je možné obmedzenú životnosť deaktivovaných katalyzátorov SCR s vysokým obsahom prachu predĺžiť regeneráciou, čo má vplyv na prevádzkové náklady v porovnaní s novými katalyzátormi.

Hybridné riešenie SNCR/SCR môže byť nákladovo efektívnym riešením, ktoré stojí menej ako dve tretiny ceny kompletného systému SCR.

Hnacie sily implementácie

- Zníženie emisií NO_x.
- Možné dane z NO_x. S technológiou SCR je možné dosiahnuť oveľa vyššiu konverziu NO_x s veľmi nízkym únikom NH₃ v porovnaní s technológiou SNCR a primárnymi opatreniami. Daň z NO_x vo výške 25 DKK/kg v Dánsku a 40 SEK/kg vo Švédsku sú hnacou silou pre maximalizáciu konverzie NO_x inštalovaných jednotiek SCR, a tým aj pre zníženie dane.

Príklady zariadení

Približne 80 zariadení, ktoré v roku 2012 vyplnili dotazník na účely preskúmania tohto dokumentu BREF, je vybavených systémom SCR.

Ďalšie príklady nájdete v častiach venovaných konkrétnym palivám.

Referenčná literatúra

[132, Rentz et al. 1999], [200, AT 2000], [202, Calepa 1999], [203, Reimer a Jensen-Holn 2013], [27, ICAC 2009]

3.2.2.3.12 Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)

Opis

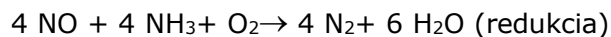
Selektívna redukcia oxidov dusíka pomocou amoniaku alebo močoviny bez katalyzátora. Technika je založená na redukcii NO_x na dusík reakciou s amoniakom alebo močovinou pri vysokej teplote. Pre optimálnu reakciu sa prevádzková teplota udržiava v rozmedzí 800 °C až 1 100 °C.

Technický opis

Teplotné okno silne závisí od použitého činidla (amoniak, močovina alebo hydroxid amónny).

Pri použití amoniaku ako činidla prebiehajú viac-menej súčasne nasledujúce chemické reakcie. Pri nižšej teplote sú obe reakcie príliš pomalé, pri vyššej teplote prevláda nežiaduca vedľajšia reakcia so zvýšením emisií NO_x. Navyše pri zmenách zaťaženia je požadované teplotné okno vystavené kolísaniam v kotle. Na nastavenie požadovaného teplotného okna pomocou vstrekovania amoniaku je potrebných niekoľko úrovní vstrekovania.

Hlavná reakcia:



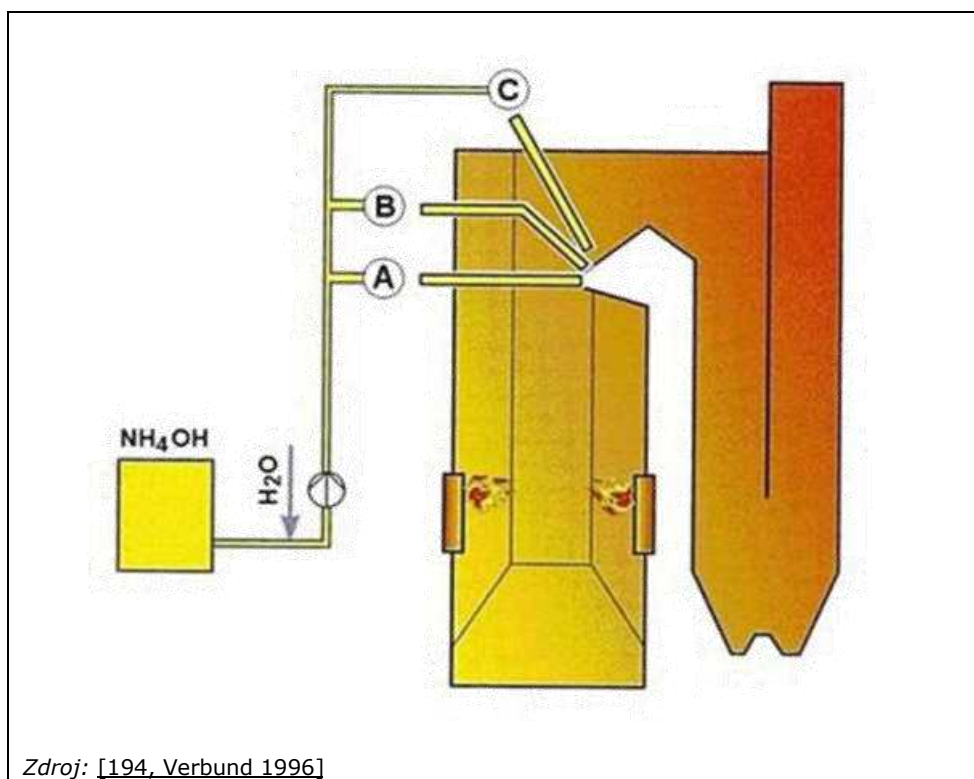
Nežiaduca vedľajšia reakcia:



Zariadenie SNCR sa skladá z nasledujúcich prevádzkových jednotiek:

- jednotka na skladovanie činidla, určená na skladovanie, chladenie a odparovanie činidla;
- samotná jednotka SNCR, kde prebieha vstrekovanie činidla a reakcia oxidov dusíka na dusík a vodu;
- automatizačný systém na riadenie vstrekovania činidla.

Teplotné okno má značný význam, pretože nad touto hodnotou dochádza k oxidácii amoniaku, čím sa produkuje ešte viac NO_x , a pod touto hodnotou je konverzná rýchlosť príliš nízka a môže dochádzať k tvorbe amoniaku. Proces SNCR s rôznymi úrovňami vstrekovania amoniaku je znázornený na obrázku 3.47.



Obrázok 3.47: Proces SNCR

Aby sa dosiahla vysoká miera redukcie a nízky únik NH_3 , musia sa činidlo a NO_x v spalínach dostatočne premiešať. Okrem distribúcie a miešania je ďalším relevantným parametrom veľkosť kvapiek činidla. Malé kvapky by sa príliš rýchlo odparili a reagovali by pri príliš vysokých teplotách, čo by viedlo k zníženiu miery redukcie NO_x , zatiaľ čo extrémne veľké kvapky by sa odparovali príliš pomaly a reagovali by pri príliš nízkych teplotách, čo by viedlo k zvýšenému úniku NH_3 .

Možnými nosičmi redukčného činidla sú stlačený vzduch, para alebo voda. Primárne opatrenia, ako napríklad nadmerný prívod vzduchu alebo recirkulácia spalín, môžu byť použité ako nosič činidla pre proces SNCR.

Väčšina problémov s aplikáciami SNCR súvisí s nerovnomerným rozložením čínidla v spaľovacej komore a vstrekaním amoniaku na nesprávnych miestach (kde môže dôjsť skôr k oxidácii ako k redukcii alebo k nízkej reakcii, čo spôsobuje vyšší únik NO_x a vyšší únik NH_3). Preto je potrebná optimalizácia distribučného systému. Na dosiahnutie optimálnej distribúcie amoniaku a spalín sa používajú špeciálne distribučné systémy. Na návrh sa používa CFD modelovanie a potom systémy regulácie teploty na presné nastavenie parametrov vstrekovania.

Reakcia oxidov dusíka a amoniaku/močoviny na vodu a dusík silne závisí od teploty a doby zdržania v požadovanom teplotnom rozsahu, ako aj od pomeru amoniaku k oxidom dusíka. Teplotné okno pre amoniak a žieravý amoniak je 850 °C až 1 000 °C, pričom optimálna teplota je 870 °C. V porovnaní s tým je teplotné okno pri použití močoviny širšie (800 °C až 1 100 °C), pričom optimálna teplota je 1 000 °C.

Doba zdržania v požadovanom teplotnom okne sa pohybuje od 0,2 do 0,5 sekundy. Tento rozsah doby kontaktu je pomerne nestabilný, a preto pomer amoniaku k oxidom dusíka musí byť skôr bohatý na amoniak ako stechiometrický. Opäť je potrebná optimalizácia molárneho pomeru NH_3 k NO_x . Vyšší pomer zvyšuje rýchlosť odstraňovania NO_x , ale zároveň sa zvyšuje aj únik amoniaku, čo vedie k zvýšenému znečisteniu nasledujúcich jednotiek (napr. výmenníkov tepla, potrubí spalín). Pomer NH_3 k NO_x v rozmedzí 1 až 2,5 je typický pre väčšinu zariadení, v závislosti od povahy hostiteľského procesu a množstva NO_x , ktoré sa má odstrániť.

Zariadenie pre proces SNCR sa inštaluje pomerne ľahko a nezaberá príliš veľa miesta, aj keď takmer vo všetkých prípadoch je potrebná viac ako jedna úroveň vstrekovania. SNCR sa môže používať samostatne v kotloch, ktoré už majú pomerne nízke emisné úrovne. Môže byť užitočný aj v kotloch vybavených primárnou redukčnou technikou (technikami).

Aby sa zaistilo, že sa čínidlo vždy vstrekuje v hornej časti teplotného okna za akýchkoľvek prevádzkových podmienok, t. j. v rozsahu, kde je redukcia NO_x najvyššia a únik NH_3 najnižší, sú v zariadeniach, kde sa vyžaduje vysoký výkon, k dispozícii akustické systémy merania teploty plynu (AGAM). AGAM meria skutočnú teplotu plynu a určuje teplotné profily v celom priereze spaľovacej komory. Teplotný profil je rozdelený na sekcie a môže byť priradený k jednotlivým dýzám alebo skupinám dýz, aby sa mohli prepnúť na inú úroveň v závislosti od nameranej teploty spalín. Tým sa zabezpečuje, že čínidlo sa dostane na miesta, ktoré sú najúčinnnejšie pre reakciu, aj pri rýchlo sa meniacich teplotách spalín. V nedávnom prípade 200 MW_e uhoľného kotla vybaveného SNCR sa rozhodlo, že vzhľadom na výrazné teplotné rozdiely medzi nízkym zaťažením (20 %) a plným zaťažením, ako aj extrémne teplotné nerovnováhy, bude nainštalovaných päť úrovní vstrekovania medzi 26 m a 51,8 m. Injektory boli usporiadané tak, aby pravú a ľavú stranu kotla bolo možné ovládať nezávisle od seba. Každá vstrekovacia tyč mohla byť individuálne aktivovaná alebo deaktivovaná. [208, Von der Heide 2011]

Technika SNCR pre väčšie kotly

Technika SNCR sa v posledných rokoch čoraz viac vyvíja pre väčšie kotly, keďže technológia vstrekovania a merania a regulácie teploty prierezu kotla sa zlepšili, čo umožňuje dosiahnuť mieru redukcie nad 40 %, v porovnaní s 20 %, ktoré bolo zaznamenané v prípade starších zariadení. Pre tieto kotly boli vyvinuté špeciálne čínidlá na báze močoviny, pretože vodný amoniak by sa príliš rýchlo odparoval, zatiaľ čo roztoky močoviny vyžadujú prvý krok odparovania, aby sa molekuly močoviny stali aktívnymi a umožnili hlbšie preniknutie. [204, CZ 2014]

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií NO_x do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Tabuľka 3.27: Výkonnosť techniky SNCR pri znižovaní emisií oxidov dusíka

Všeobecná miera zníženia NO _x	Ďalšie parametre výkonnosti	
	Parameter	Hodnota
30–50	Prevádzková teplota	800–1050 °C
	Redukčné činidlo	Amoniak, močovina
	Pomer NH ₃ k NO _x	1,5–2,5
	Dostupnosť	> 97 %
	Únik NH ₃	< 10 mg/Nm ³
	Spotreba energie ako % elektrickej kapacity	0,1–0,3 %
	Doba zotrvania v teplotnom rozsahu	0,2–0,5 s
Poznámka: Hoci niektorí výrobcovia uvádzajú úroveň zníženia NO _x o viac ako 80 %, všeobecne sa uznáva, že procesy SNCR sú vo všeobecnosti schopné dosiahnuť zníženie o 30–50 % v priemere pri rôznych prevádzkových podmienkach a rôznych počiatočných úrovniach koncentrácií NO _x . Ďalšie zníženie NO _x je možné dosiahnuť v konkrétnych kotloch, kde sú dobré podmienky, ako aj nižšie hodnoty, kde sú zlé podmienky, niekedy aj v existujúcich zariadeniach. Zdroj: [148, CIEMAT 2000]		

Medzizložkové vplyvy

Voľba činidla ovplyvňuje tvorbu oxidu dusného (N₂O). Použitie amoniaku alebo žieravého amoniaku indukuje zanedbateľné množstvá N₂O, zatiaľ čo pri vstrekaní močoviny priamo do kotlov možno namerať relatívne vysoké množstvá. Na prekonanie tohto problému a takmer úplné eliminovanie tvorby N₂O možno močovinu vstreknúť do vzduchu na vypaľovanie. Okrem toho použitie močoviny ako činidla pre SNCR vedie k väčším problémom s koróziou ako pri použití amoniaku alebo hydroxidu amónneho. Preto je potrebné starostlivo vyberať materiály.

Ďalšie medzizložkové vplyvy súvisia s používaním amoniaku prostredníctvom:

- uvoľňovania NH₃ do ovzdušia v prípade nehomogénnych reakcií medzi NO_x a NH₃ v zariadení, ktoré nie je vybavené mokrým systémom FGD;
- tvorby síranov amónnych pri spaľovaní palív obsahujúcich síru, ako je kvapalné rafinérské palivo;
- bezpečnostných otázok súvisiacich so skladovaním amoniaku. (Ďalšie

podrobnosti nájdete v oddiele 3.2.2.3.13.)

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použiteľnosť pri modernizácii existujúcej jednotky môže byť obmedzená teplotným rozsahom a dobou zotrvania potrebnou na vstrekovanie reakčnej látky. Obmedzujúcim faktorom je aj únik amoniaku. V niektorých prípadoch môžu prevádzkové a fyzikálne obmedzenia sťažiť modernizáciu, napr. požadovaný teplotný rozsah môže nastať uprostred zväzku potrubí kotla a môže viesť k nárazu vstrekovanej chemikálie na potrubia.

Použiteľnosť alebo environmentálne vlastnosti môže byť obmedzená v prípade kotlov s kolísaním zaťaženia alebo s premenlivou kvalitou paliva. Použitie viacerých úrovní vstrekovania činidla a/alebo použitie katalyzátora úniku (SCR) môže byť možnosťou riešenia tohto problému.

Použiteľnosť môže byť obmedzená v prípade veľkých kotlov s veľkou prierezovou plochou.

SNCR nemožno použiť na plynových turbínach alebo motoroch z dôvodu požadovanej doby zotrvania a teplotného okna. [205, Schüttenhelm et al. 2013]

Hospodárska únosnosť

Skutočné náklady na výstavbu závisia od kotla a jeho prevádzkového profilu. Podľa odhadu európskeho dodávateľa SNCR sú vyrovnané náklady približne 430 EUR na tonu NO_x zníženého v uholňom kotle s výkonom 250 MW_{th} prevádzkovanom 4 000 hodín ročne, za predpokladu, že základná úroveň NO_x je 400 mg/Nm³ a zníženie NO_x je 50 %. Pri zohľadnení nákladov na činidlo, straty účinnosti hostiteľskej elektrárne a nákladov na údržbu odhadol ten istý európsky dodávateľ SNCR a činidla vyrovnané náklady na 50 % zníženie NO_x na približne 1 400 EUR na tonu zníženého NO_x pri použití 24,5 % vodného roztoku amoniaku ako činidla. Pri použití 40 % roztoku močoviny sa odhadované náklady na odstránenie NO_x pohybujú približne na úrovni 1 500 EUR na tonu zníženého NO_x . Pri výpočtoch sa predpokladala životnosť projektu 10 rokov a pomer NH_3 k NO_x 1,2 (o 20 % vyšší pre roztok močoviny). [120, EEB 2013] [206, Yara 2012]

Hnacie sily implementácie

- Zníženie emisií NO_x .
- Nižšie kapitálové náklady ako v prípade SCR.
- Nie je potrebný dodatočný priestor, napr. pre konštrukcie, reaktor a potrubia.
- Žiadny pokles tlaku katalyzátora a žiadna potreba úpravy existujúceho zariadenia (potrubie, ESP, ventilátory).

Príklady zariadení

Electrownia „Rybnik“ SA – 225 MW_e kotol na uhlie.

Približne 30 elektrární, ktoré v roku 2012 vyplnili dotazník na účely preskúmania tohto dokumentu BREF, je vybavených systémom SNCR.

Ďalšie príklady nájdete v častiach venovaných konkrétnym palivám.

Referenčná literatúra

[205, Schüttenhelm et al. 2013] [207, FuelTech 2008] [208, Von der Heide 2011]

3.2.2.3.13 Problémy súvisiace s amoniakom pri používaní techník SCR/SNCR

Jednou z možných nevýhod techník SCR/SNCR je únik amoniaku, čo je emisie nezreagovaného amoniaku do životného prostredia.

K tomu dochádza v prípade neúplnej reakcie NH_3 s NO_x , keď malé množstvá NH_3 opúšťajú reaktor/spaľovacu komoru spolu so spalínami, a môže to byť spôsobené katastrofickou poruchou celého systému SCR alebo zvýšením pomeru NH_3 k NO_x pri snahe zvýšiť účinnosť systému SCR/SNCR. Tento efekt je známy ako únik amoniaku (únik NH_3). Vysoký únik amoniaku (únik NH_3) môže viesť k nasledujúcim javom:

- Tvorba síranov amónnych, ktoré vytvárajú usadeniny na systémoch za katalyzátorom, ako je katalyzátor a predohrev vzduchu, a na povrchoch s teplotou nižšou ako 235 °C, alebo môžu viesť k zvýšeným emisiám prachu. Usadeniny je možné minimalizovať udržiavaním nízkych únikov amoniaku a monitorovaním teploty spalín za katalyzátorom. Usadeniny je možné čistiť online premývaním vodou alebo zvýšením teploty kovov nad teplotu kondenzácie, aby sa usadeniny sublimovali pomocou vhodne navrhnutých materiálov.
- NH_3 v odpadových vodách z odsiřovania spalín a vo vode z čistenia ohrievača vzduchu.
- A zvýšená koncentrácia NH_3 v popolčeku, čo môže ovplyvniť jeho likvidáciu alebo predaj.

Pri implementácii SCR sa únik amoniaku zvyšuje s rastúcim pomerom NH_3 k NO_x a s klesajúcou aktivitou katalyzátora.

Pri implementácii SNCR sa únik amoniaku zvyšuje pri zlých podmienkach zmiešavania NH_3 a spalín v dôsledku nedostatočnej doby zotrvania v teplotnom okne reakcie a so zvyšujúcim sa pomerom NH_3 k NO_x .

Pri použití systému mokrého odsírovania spalín (WFGD) sa uniknutý NH_3 ďalej rozpúšťa vo vode.

Aby sa predišlo problémom s využívaním popolčeka a prípadnému zápachu spalín v okolitých oblastiach, koncentrácia amoniaku spojená s použitím SCR alebo SNCR sa zvyčajne udržiava pod 10 mg/Nm^3 . Pri použití palív s veľmi nízkym obsahom popola môže únik amoniaku viesť aj k tomu, že popol obsahuje príliš veľa amoniaku na to, aby sa s ním dalo bezpečne manipulovať.

Obmedzenie úniku amoniaku v systémoch SCR je možné vyriešiť použitím väčšieho objemu katalyzátora a/alebo zlepšením zmiešavania NH_3 a NO_x v spalinách.

Únik amoniaku je často limitujúcim faktorom pri využívaní techniky SNCR. Aby sa zabránilo úniku amoniaku pri technike SNCR, je možné nainštalovať tenkú vrstvu katalyzátora SCR v oblasti ekonomizéra kotla. Keďže tento katalyzátor znižuje únik amoniaku, znižuje aj zodpovedajúce množstvo NO_x .

Techniky SCR aj SNCR používajú ako redukčné činidlo amoniak alebo močovinu. Močovina sa častejšie používa v spaľovacích zariadeniach s výkonom nižším ako $50 \text{ MW}_{\text{th}}$ ako vo veľkých aplikáciách SCR alebo SNCR.

Existujú zdravotné a bezpečnostné riziká súvisiace s používaním čistého skvapalneného amoniaku, napr. pri manipulácii a skladovaní čistého skvapalneného amoniaku môžu byť potrebné dvojité steny tlakových nádrží a ich umiestnenie pod zemou. Skladovanie tuhej močoviny nemá žiadny vplyv na zdravie. Z hľadiska bezpečnosti je používanie roztoku amoniaku a vody menej rizikové ako skladovanie a manipulácia s čistým skvapalneným amoniakom.

Najbežnejšou formou amoniaku používanou pre SCR a SNCR je vodný roztok amoniaku, ktorý je zvyčajne dostupný v koncentrácii 24,5 % alebo nižšej. Vodný roztok amoniaku je nehorľavá kvapalina a je klasifikovaný ako dráždivá látka. Vodný roztok amoniaku sa môže skladovať za atmosférických podmienok. Čistý bezvodý amoniak je klasifikovaný ako horľavý, toxický a korozívny plyn, je horľavý v koncentráciách vo vzduchu medzi 15 % a 28 % a musí sa skladovať pod tlakom (tlak pary 7,6 bar pri 20°C).

Vzhľadom na vysoké riziko amoniaku pre ľudské zdravie je potrebné pri preprave, manipulácii a skladovaní amoniaku postupovať veľmi opatrne, aby sa zabránilo akémukoľvek úniku. V okolí skladovacích a manipulačných priestorov amoniaku sú inštalované monitorovacie systémy na detekciu nízkych koncentrácií amoniaku. Tlakový a vodný amoniak sú regulované smernicou Seveso III (2012/18/EÚ) a príslušnými vnútroštátnymi predpismi.

Riziko korózie v dôsledku namáhania u ocelových nádrží si vyžaduje pravidelné monitorovanie integrity nádrží a kontrolu kvality na prítomnosť stôp vodíka alebo kyslíka v dodávanom kvapalnom amoniaku.

3.2.2.4 Kombinované techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií SO_x , NO_x a iných znečisťujúcich látok

3.2.2.4.1 Proces s aktívnym uhlím

Opis

Tento proces je založený na adsorpcii molekúl znečisťujúcich látok aktívnym uhlím. Keď povrch adsorbuje toľko, koľko môže, adsorbovaný obsah sa desorbuje ako súčasť regenerácie adsorbentu.

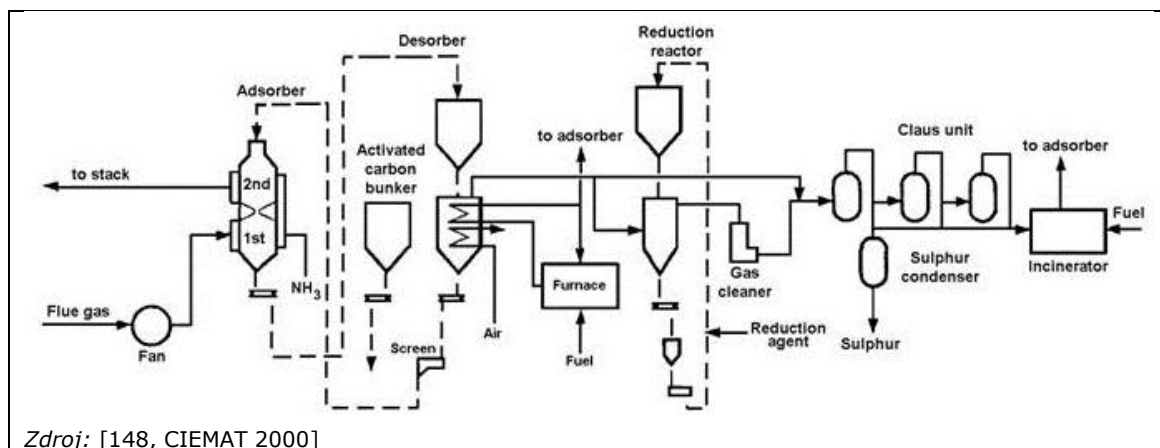
Technický opis

Keďže aktívne uhlie má veľmi veľký špecifický povrch, od devätnásteho storočia sa široko používa ako prostriedok na čistenie vzduchu a odpadových vôd. Je tiež už dlho známe, že aktívne uhlie adsorbuje SO_2 , kyslík a vodu, čím vzniká kyselina sírová. Súčasné odstraňovanie SO_2 a NO_x je možné pridaním amoniaku.

Spaliny zo spaľovne sa najskôr zbavia prachu, prejdú cez výmenník tepla, kde sa odoberá teplo na regeneráciu aktívneho uhlíka, a potom sa ochladia v predradenej práčke. Plyn vstupuje do prvého stupňa lôžka aktívneho uhlíka (suchého porézneho uhlia) pri teplote 90 – 150 °C. Oxid siričitý reaguje s kyslíkom a vodnou parou v spalínach (prostredníctvom katalytickej oxidácie) a vytvára kyselinu sírovú, ktorá sa adsorbuje na aktívnom uhlíku.

Pred vstupom do adsorbéra druhého stupňa sa do spalín v miešacej komore vstrekuje amoniak. Oxidy dusíka reagujú katalyticky s amoniakom v druhom stupni a vytvárajú dusík (N_2) a vodu. Vyčistené spaliny a uvoľnený dusík a vlhkosť prechádzajú do komína, kde sa vypúšťajú. Redukčný proces prebieha v adsorbéri, kde sa pelety aktívneho uhlíka transportujú zhora nadol pohyblivým lôžkom. Plyn prúdi cez vrstvy a najskôr vstupuje do najnižšej časti lôžka.

Aktívne uhlie nasýtené sírou prechádza do regenerátora, kde sa vykonáva desorpcia tepelným spôsobom, nepriamym ohrevom, s využitím tepla získaného skôr zo spalín pri teplote približne 400 – 450 °C. Uhlíkový prach sa odstraňuje a pred recykláciou späť do adsorbéra sa pridávajú doplnkové pelety. V dôsledku regenerácie sa z desorbéra vytvára obohatený plyn SO_2 . Obohatený plyn sa pomocou Clausovho alebo iného procesu premieňa na elementárnu síru alebo kyselinu sírovú, ktoré sa môžu predávať ako vedľajší produkt. Obrázok 3.48 znázorňuje schematický diagram procesu s aktívnym uhlím.



Zdroj: [148, CIEMAT 2000]

Obrázok 3.48: Proces s aktívnym uhlím

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Tento proces je schopný čistiť spaliny z rôznych druhov palív, ako je uhlie a ropa.

Proces s použitím aktívneho uhlia má tiež značný potenciál na odstraňovanie SO_3 a látok toxických pre ovzdušie, ako je ortuť a dioxíny.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Tabuľka 3.28: Výkonnosť techniky s aktívnym uhlím pri znižovaní emisií oxidu síry/oxidov dusíka/ortuti

Technika	Všeobecná miera zníženia SO_2/NO_x	Všeobecná miera redukcie Hg	Ďalšie parametre výkonu	
			Parameter	Hodnota
Proces s aktívnym uhlím	98 % / 60–80	> 90 %	Prevádzková teplota	90–150 °C
			Činidlo	Aktívne uhlie/amoniak
			Spoľahlivosť	98
			Iné látky odstránené	HCl, HF, dioxíny
			Spotreba energie ako % elektrickej kapacity	1,2–3,3
			Vedľajšie produkty	Prvková síra alebo kyselina sírová

Techniky s použitím aktívneho uhlíka spotrebujú len zlomok vody, ktorú spotrebujú konvenčné systémy na znižovanie emisií, napr. v japonskej továrni je spotreba vody len 1 % vody spotrebovanej v mokrom FGD.

Medzizložkové vplyvy

Odpadová voda vzniká len v malom množstve pri prevádzke predradenej práčky.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Hospodárska únosnosť

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Bolo nainštalovaných niekoľko komerčných systémov, hlavne v Japonsku, napr. J-Power Isogo jednotky 1 a 2 (2009) s: úrovňami emisií prachu < 10 mg/Nm³ pre jednotku 1 a < 5 mg/Nm³ pre jednotku 2; úrovňami emisií NO_x < 40 mg/Nm³ pre jednotku 1 a < 26 mg/Nm³ pre jednotku 2; a úrovňami emisií SO_x < 56 mg/Nm³ pre jednotku 1 a < 28 mg/Nm³ pre jednotku 2.

Referenčná literatúra

[290, Higa et al. 2012] [291, Peters 2010] [292, Gilbert et al. 2008]

3.2.2.4.2 Proces WSA-SNO_x

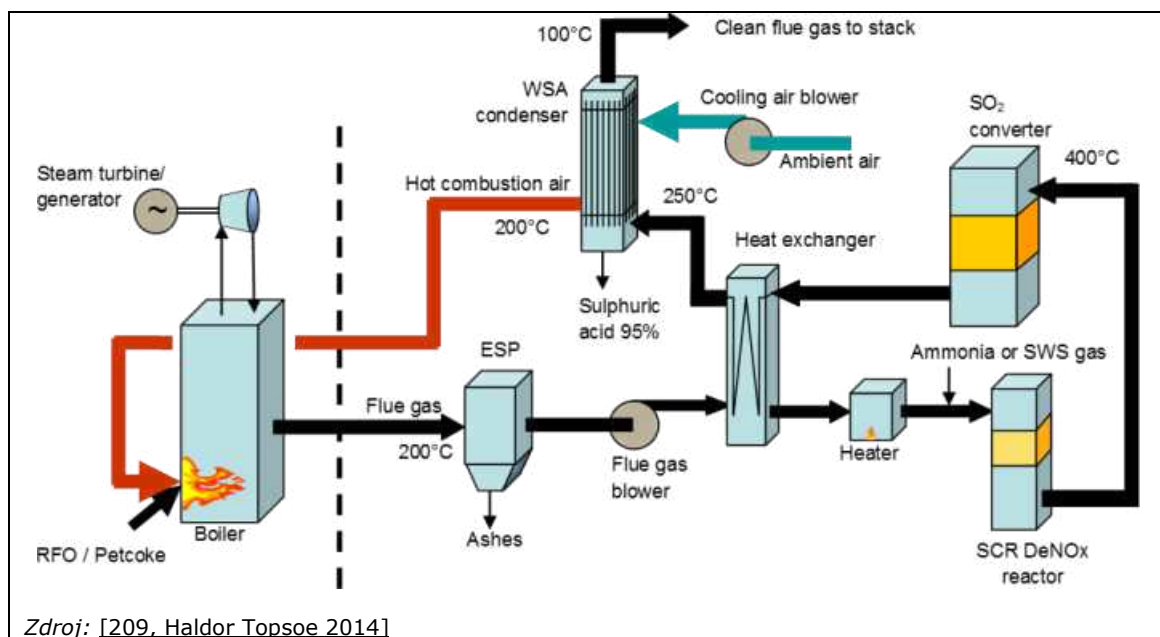
Opis

Proces WSA-SNO_x (mokrú kyselinu sírovú s integrovanou selektívnou katalytickou redukciou DeNO_x) využíva dva katalyzátory postupne na odstránenie NO_x pomocou SCR a na oxidáciu SO₂ na SO₃, pričom sa tento kondenzuje ako kyselina sírová na predaj.

Technický opis

Zo spalín je možné odstrániť približne 98 % oxidov síry a 95 % oxidov dusíka. Proces nevytvára žiadne odpadové vody ani odpadové produkty a nespotrebuje žiadne chemikálie okrem amoniaku na kontrolu NO_x.

Obrázok 3.49 znázorňuje schému procesu WSA-SNO_x inštalovaného v zariadení na spaľovanie uhlia s výkonom 300 MW_e v Dánsku.



Zdroj: [209, Haldor Topsoe 2014]

Obrázok 3.49: Proces WSA-SNO_x

Tu sa spaliny opúšťajúce predohrev vzduchu spracúvajú v zariadení na kontrolu častíc a prechádzajú studenou stranou výmenníka tepla plyn-plyn, ktorý zvyšuje teplotu spalín nad 370 °C. Zmes amoniaku a vzduchu sa potom pridáva do spalín pred SCR, kde sa oxidy dusíka redukujú na N₂ a vodu.

Keď spaliny opúšťajú SCR, ich teplota sa mierne upraví a potom vstupujú do konvertora SO₂, ktorý oxiduje SO₂ na oxid sírový (SO₃). Plyn obsahujúci SO₃ prechádza horúcou stranou výmenníka tepla plyn-plyn, kde sa ochladzuje, zatiaľ čo prichádzajúce spaliny sa ohrievajú. Spracovaný spalín potom vstupuje do kondenzátora s padajúcou vrstvou (kondenzátor WSA), kde kondenzuje z plynnej fázy na borosilikátové sklenené trubice a následne sa zbiera, ochladzuje a skladuje. Koncentrácia kyseliny je zvyčajne 93–95 % a má komerčnú kvalitu, vhodnú napríklad na použitie pri výrobe hnojív. Spaliny, teraz bez obsahu SO₃, sa odvádzajú do komína pri teplote okolo 100 °C, zatiaľ čo horúci použitý chladiaci vzduch sa môže použiť v kotli ako predohriaty spaľovací vzduch.

V tomto procese je možné získať tepelnú energiu z konverzie SO₂, hydrolýzy SO₃, kondenzácie kyseliny sírovej a reakcie DeNO_x. Získaná energia sa využíva na zvýšenie výroby pary. Absolútny pokles čistej účinnosti je preto len 0,2 % v elektrárni s výkonom 300 MW_e (s 1,6 % obsahu síry v uhlí). Zvyčajne každé percento síry v uhlí vedie k 1 % dodatočnej výrobe pary. Ak uhlie obsahuje 2 – 3 % síry, produkcia pary kompenzuje spotrebu energie procesu WSA-SNO_x a kotol, ktorý používa palivo s 5 % obsahom síry a je vybavený procesom WSA-SNO_x, je schopný vyprodukovať o 5 % viac pary ako kotol s odsírovacou technológiou na báze vápenca, alebo alternatívne spotrebovať o 5 % menej paliva na rovnakú produkciu pary.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zníženie emisií prachu, SO_x a NO_x.
- Veľmi nízke emisie častíc (menej ako 5 mg/Nm³).
- Zvýšenie energetickej účinnosti.
- Organické zlúčeniny, napr. PAH, dioxíny a furány, sa rozkladajú katalytickou oxidáciou v katalyzátore oxidácie SO₂.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje**Tabuľka 3.29: Výkonnosť techniky WSA-SNO_x pri znižovaní emisií oxidov síry/oxidov dusíka**

Technika	Všeobecná miera zníženia SO ₂ /NO _x	Ďalšie parametre výkonu	
		Parameter	Hodnota
Proces WSA-SNO _x	98 % / 95	Činidlo	Amoniak
		Spotreba energie ako % elektrickej kapacity	0,2

Medzizložkové vplyvy

Informácie neboli poskytnuté.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Táto technika sa môže použiť v akomkoľvek type kotla na zníženie emisií síry, NO_x a prachu, ale je nevyhnutné používať palivo s vysokým obsahom síry. Ak palivo používané v kotle obsahuje menej ako určité minimálne množstvo síry (napr. 0,5 %), vyprodukovaná kyselina sírová bude obsahovať viac vody a jej preprava môže byť kvôli jej korozívnosti sťažená.

Táto technika vyžaduje približne rovnaký priestor ako ostatné systémy FGD.

Hospodárska únosnosť

Tabuľka 3.30 a tabuľka 3.31 poskytujú informácie o hlavných charakteristikách a súvisiacich prevádzkových nákladoch techniky WSA-SNO_x implementovanej v príkladovom zariadení.

Tabuľka 3.30: Hlavné charakteristiky zariadenia použitého ako príklad pre prevádzkové náklady techniky WSA-SNO_x v tabuľke 3.31

Parameter	Jednotka	Hodnota
Čistý elektrický výkon	MW _e	300
Čistá elektrická účinnosť (LHV)	%	39
Spotreba paliva (petrokoks)	t/h	8
Účinnosť odstraňovania SO _x	%	9
Emisie NO _x do ovzdušia	mg/Nm ³	< 40
Tvorba H ₂ SO ₄	t/h	15,6
Spotreba NH ₃	t/h	0,25
Spotreba ostatných činidiel	t/h	0
Produkcia odpadu	t/h	0
Spotreba vody	m ³ /h	0
Zdroj: [209, Haldor&Topsoe 2014]		

Tabuľka 3.31: Prevádzkové náklady technológie WSA-SNO_x v príkladovom zariadení opísanom v tabuľke**3.30 pri prevádzke 8 000 h/rok**

Parameter	Jednotka	Hodnota
H ₂ SO ₄ predávané za 15 USD/t	USD/rok	-1 800 000
NH ₃ dodávané za 300 USD/t	USD/rok	600 000
Iné dodávané činidlá	USD/rok	0
Spotreba vody USD 1/m ³	USD/rok	0
Náklady na likvidáciu odpadových vôd 1 USD/m ³	USD/rok	0
Náklady na likvidáciu odpadu 20 USD/t	USD/rok	0
Celkom	USD/rok	-1 200 000
Vplyv na náklady na MWh	USD	-0,50
Zdroj: [209, Haldor&Topsoe 2014]		

Hnacie sily implementácie

- Žiadny vápenec ani sadra ani súvisiaca infraštruktúra.
- Energetická účinnosť (recyklácia horúceho, predhriateho vzduchu do kotla) a znížené emisie CO₂.
- Žiadna spotreba vody.

Príklady zariadení

Pozri obrázok 3.49, príklad 300 MW_e zariadenia na spaľovanie uhlia nachádzajúceho sa v Dánsku (Nordjyllandsværket – od roku 1991). Agip v Gela (IT) (kotly na práškový petrokoks s obsahom 6 % síry – od roku 1999). Rafinéria OMV, Schwechat (AT) (zariadenie na spaľovanie ťažkého vykurovacieho oleja – od roku 2007).

Referenčná literatúra

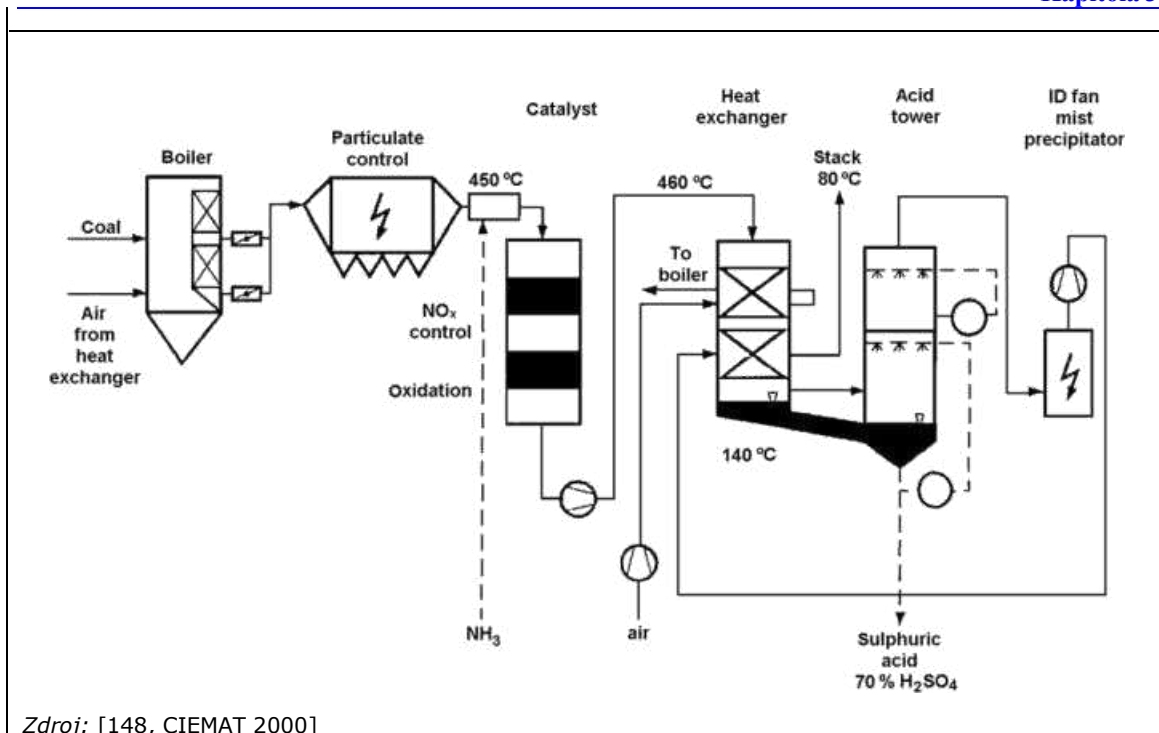
[209, Haldor&Topsoe 2014]

3.2.2.4.3 Proces DeSONO_x**Opis**

V procese DeSONO_x spaliny najskôr prechádzajú cez elektrický prachový filter (ESP) na odstránenie prachu, potom nasleduje vstrekovanie amoniaku a SCR. Plyny sa potom ochladzujú predohrevom spaľovacieho vzduchu a úplne upravené spaliny sa pred vypustením do atmosféry opäť zahrievajú.

Technický opis

Teplota spalín sa zníži na približne 140 °C, čo umožňuje katalytickú oxidáciu SO₂ na SO₃ a jeho následnú kondenzáciu ako kyselina sírová (70 %). Posledný krok sa vykonáva v recirkulačnej kyselinovej veži. Spaliny sú nakoniec vedené cez mokrý elektrostatický odlučovač hmly a pred vypustením sa opäť zahrievajú (pozri obrázok 3.49).

Obrázok 3.50 Proces DeSONO_x

Teoreticky je možné vyrábať kvapalný SO₂, kyselinu sírovú a elementárnu síru, ale doteraz uvedené do prevádzky zariadenia vyrábajú iba kyselinu sírovú.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií prachu, NO_x a SO_x.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Tabuľka 3.32: Výkon techniky DeSONO_x pri znižovaní emisií oxidov síry/oxidov dusíka

Technika	Všeobecná miera zníženia emisií SO ₂ /NO _x	Ďalšie výkonové parametre	
		Parameter	Hodnota
Proces DeSONO _x	95 % / 95	Činidlo	Amoniak
		Spoľahlivosť	96–98
		Spotreba energie ako % elektrickej kapacity	2,0

Medzizložkové vplyvy

Odpadová voda vzniká pri použití mokrého elektrostatického filtra na odstraňovanie aerosólov kyseliny sírovej.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Hospodárska únosnosť

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.5 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií kovov

Väčšina kovov má pri bežných prevádzkových teplotách zariadení na kontrolu znečistenia ovzdušia dostatočne nízky tlak pary, aby bola možná kondenzácia na tuhé častice. Ortuť má však pri bežných prevádzkových teplotách kontrolných zariadení vysoký tlak pary a jej zachytávanie zariadeniami na kontrolu tuhých častíc je veľmi premenlivé. Medzi najdôležitejšie faktory ovplyvňujúce kontrolu ortuti v kotloch na výrobu energie patria objem spalín, teplota spalín a obsah chloridov, koncentrácia ortuti a chemická forma emitovanej ortuti. Rozdelenie ortuti do troch foriem (Hg^0 , Hg^{2+} a Hg_p) sa označuje ako špecifikácia ortuti a stupeň, v akom k špecifikácii dochádza, môže podstatne ovplyvniť prístupy k kontrole ortuti. Zlúčeniny chloridu ortuťnatého (HgCl_2 alebo Hg^{2+}) sú rozpustné a môžu byť zachytené v systémoch FGD používaných na odstraňovanie SO_2 . Zlúčeniny Hg_p alebo zlúčeniny Hg adsorbované na povrchu iných častíc je možné zachytiť v rôznej miere pomocou zariadení na kontrolu tuhých častíc, ako sú vrecové filtre alebo elektrické práčky. Tento proces je možné uľahčiť použitím prísad, ako je aktívne uhlie. Primárne opatrenia (čistenie paliva, miešanie a pridávanie prísad) môžu umožniť zníženie emisií ortuti do ovzdušia až o 80 %, v závislosti od vlastností paliva a použitých techník. Ďalšie informácie nájdete v oddiele 5.1.3.4.3.1 o predbežnej úprave uhlia a hnedého uhlia.

Všeobecne platí, že vysoký obsah uhlíka v popolčeku zvyšuje sorpciu ortuti na tuhé častice, ktoré sa následne odstraňujú pomocou zariadenia na kontrolu tuhých častíc. Okrem toho prítomnosť chlorovodíka (HCl) v prúde spalín môže viesť k tvorbe chloridu ortuťnatého, ktorý sa odstraňuje v systéme FGD. Naopak, oxid siričitý (SO_2) v spalínach môže pôsobiť ako redukčné činidlo, ktoré premieňa oxidovanú ortuť na elementárnu ortuť, ktorú je ťažšie zachytiť.

Technológie určené na kontrolu iných znečisťujúcich látok ako ortuť (napr. kyslé plyny a tuhé častice) sa líšia vo svojej schopnosti odstraňovať ortuť v závislosti od vlastností paliva a konfigurácie kontrolnej technológie (pozri príklad pre zariadenia spaľujúce uhlie v oddiele 5.1.3.4.2). [27, ICAC 2009]

3.2.2.5.1 Zníženie emisií kovov v systémoch na odstraňovanie prachu

Opis

Súbežný prínos zachytávania kovov, ktoré reagovali s časticami alebo vytvorili častice, v systémoch na odstraňovanie prachu.

Technický opis

Koncentrácia častíc v spalínach je ovplyvnená hlavne obsahom popola v spaľovanom uhlí. Častice majú tendenciu byť adsorbentmi v spalínach.

Elektrostatické odlučovače a vrecové filtre sa bežne používajú na odstraňovanie prachu z spalín vznikajúcich v spaľovniach tuhých alebo kvapalných palív. Tieto systémy môžu pracovať s celkovou účinnosťou odstraňovania častíc > 99,9 %. Účinnosť odstraňovania je však vo všeobecnosti nižšia v prípade menších častíc, t. j. v rozmedzí veľkostí, v ktorom sa môžu nachádzať častice obohatené o kovové prvky.

Elektrostatické odlučovače sú najčastejšie používanou technikou odprašovania v zariadeniach na spaľovanie uhlia. Častice viazané ortuť a iné kovy sa odstraňujú, keď sú zachytené elektrostatickým odlučovačom.

ESP môžu zachytiť takmer všetok Hg_p . Keď spaliny pretekajú cez nabíjacie elektródy, všetky častice sa nabijú záporným nábojom. Keď častice so záporným nábojom prechádzajú cez zberné dosky, ktoré majú kladný náboj, zachytávajú sa na elektróde zachytávajúcej prach. Hoci ESP takmer neodstraňujú ortuť v plynnej fáze, tá sa neustále transformuje v potrubíach a zariadeniach. Oxidovaná ortuť sa naopak bude pohybovať spolu s dymovými plynmi. Preto je nepravdepodobné, že Hg^{2+} bude adsorbovaný na častice a transformovaný na Hg_p . Časť Hg^0 sa však pri ochladení na 400 °C adsorbuje alebo oxiduje na Hg_p alebo Hg^{2+} , čo vysvetľuje skutočnosť, že celkové množstvo plynnej ortuti sa môže pri prechode cez ESP znížiť. [28, S.Wang et al. 2009]

Vrecové filtre (BF) majú podobnú celkovú účinnosť odstraňovania častíc ako ESP (t. j. viac ako 99,9 %), ale sú lepšie pri znižovaní jemných častíc a menej citlivé na zaťaženie časticami a vlastnosti popolčeka. Účinnosť zberu sa môže ešte zvýšiť použitím úpravy spalín s malým množstvom prísad pridaných do toku plynu pred filterami.

Pokiaľ ide o ortuť, niektoré prvky môžu zostať v plynnej fáze, kým sa spaliny dostatočne ochladia, aby došlo ku kondenzácii. Keď spaliny dosiahnu BF, sú dostatočne vychladnuté, aby došlo aj k určitej kondenzácii Hg , podobne ako v prípade ESP na studenej strane. BF môže byť účinnejší ako ESP, najmä v prípade bitúmenových uhlí, a to vďaka zvýšenému kontaktu so spaľovacími plynmi obsahujúcimi popolček a nespálený uhlík, ktoré sa hromadia ako filtračný koláč na BF. Tento filtračný koláč prispieva k väčšej heterogénnej oxidácii a adsorpcii ortuti. V prípade ESP na horúcej strane je tento rozdiel ešte výraznejší, pretože zachytávanie ortuti na popolčeku je pri vyšších teplotách menej účinné [2, EEB 2012].

Účinnosť odstraňovania Hg v ESP závisí od nasledujúcich faktorov:

- teplota ESP;
- obsah halogenidov v palive;
- nezhorený uhlík v popole;
- zlúčeniny vápnika v popole.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížené emisie kovov a prachu.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

V spaľovacích zariadeniach vybavených BF je možné dosiahnuť priemernú účinnosť odstraňovania Hg približne 40 %, až do viac ako 90 %.

Podľa testov emisií ortuti vykonaných v šiestich závodoch v Číne bola priemerná účinnosť odstraňovania systémov ESP 11 % a pohybovala sa od 6 % do 52 %; účinnosť systémov BF bola 52 %, čo je oveľa menej ako priemerná účinnosť zariadení na znižovanie znečistenia v závodoch v USA. Účinnosť odstraňovania ESP v kombinácii s WFGD bola približne 70 % v elektrárnach spaľujúcich bitúmenové uhlie. Táto účinnosť odstraňovania môže závisieť aj od prítomnosti systému SCR v predchádzajúcej časti. [28, S.Wang et al. 2009]

Štatistický prieskum založený na viac ako 25 rokoch meraní ortuti v holandských zariadeniach na spaľovanie uhlia ukazuje, že celková účinnosť odstraňovania Hg zariadeniami na čistenie spalín sa pohybuje od 50 % do viac ako 90 %. V priemere sa približne 50 – 70 % ortuti odstraňuje v ESP a polovica zostávajúcich 30 – 50 % sa odstraňuje v mokrom FGD. [73, KEMA - VGB Powertech 2012]

Príklady účinnosti redukcie iných kovov v prípade zariadení na práškové uhlie vybavených technikami na kontrolu prachu sú uvedené v tabuľke 3.33.

Tabuľka 3.33: Účinnosť redukcie kovov dosiahnutá v konvenčnom zariadení spaľujúcom práškové uhlie

Stopový prvok	Klasické znižovanie znečistenia	
	ESP	Vrecový filter
Sb	96	97
As	98,5	98,5
Ba	99,5	98
Be	98,5	98,5
B	68	97
Cd	83	94
Cr	97,5	99,5
Co	98	99
Cu	89	99,5
Pb	98	98
Mn	97	99
Hg	30	60
Mo	96	100
Ni	96	99
Se	21	65
V	98	100
Zdroj: [67, Nalbandian 2012]		

Medzizložkové vplyvy

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Technické aspekty relevantné pre použiteľnosť

Informácie neboli poskytnuté.

Hospodárska únosnosť

Pozri oddiely 3.2.2.1.1 a 3.2.2.1.2.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Pozri oddiely 3.2.2.1.1 a 3.2.2.1.2.

Referenčná literatúra

Informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.5.2 Zníženie emisií kovov v systémoch FGD**Opis**

Zachytávanie kovov v rozpustnej alebo oxidovanej forme pomocou systému odsírovania ako vedľajší prínos FGD.

Technický opis

Systémy mokrého vypierania FGD sú účinnou metódou na zníženie emisií určitých kovov. Je to hlavne preto, že teplota spalín sa pri prechode cez absorbér zníži na približne 50 – 60 °C, čo umožňuje kondenzáciu mnohých prchavejších kovov z parnej fázy a ich odstránenie zo spalín. Kondenzované kovy sa potom prenášajú hlavne do odpadovej vody z mokrého systému FGD.

Suché odsírenia, ktoré sú konfigurované so systémom odstraňovania častíc pred absorbérom odsírenia, majú vysokú účinnosť zachytávania kovov, takže veľká časť týchto prvkov (vrátane prchavých druhov) sa odstraňuje pred jednotkou FGD. Najvyššia účinnosť odstraňovania častíc, najmä

jemných častíc, sa dosahuje pomocou systémov sušenia rozprašovaním vybavených následnými vrečovými filtrami. Od týchto systémov sa tiež dá očakávať, že dosiahnu najvyššiu účinnosť odstraňovania kovov.

Vstrekovanie sorbentu do potrubia (DSI) s predbežným zvlhčovaním a CFB práčkou má podobnú schopnosť redukovať ťažké kovy, vrátane ortuti, ako absorbéry suchého odsírenia. Odparovanie vody znižuje teplotu spalín, čo v kombinácii s vysoko účinným zariadením na odstraňovanie častíc, ako je vrečový filter, účinne odstraňuje ortuť a iné kovy. Odstraňovanie ortuti je ďalej vylepšené, ak sa pred modifikovanou suchou práčkou vstrekuje aktívne uhlie.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížené emisie kovov a SO_x.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Rôzne štúdie uvádzajú účinnosť odstraňovania Hg z spalín na úrovni 30 – 50 % a Se na úrovni 60 – 75 %. Vápno používané v niektorých systémoch však môže byť významným zdrojom As, Cd, Pb a Zn, a preto sa koncentrácie týchto prvkov môžu po FGD dokonca zvýšiť. Emisie z práčky závisia od konkrétneho procesu, prevádzkových podmienok a konkrétnej konfigurácie riadiacej technológie.

Priemerná účinnosť odstraňovania Hg vo výške 96,6 % bola dosiahnutá napríklad pridaním chlórnanu sodného do spalín zo spaľovne odpadu v Japonsku. Chlórnan sodný stabilizuje Hg v spalínach, čím umožňuje jeho zachytávanie vo vypieracej vode. Hg sa potom môže odstrániť z toku odpadovej vody pomocou procesov redukcie, odparovania, kondenzácie a separácie Hg. V inom prípade týkajúcom sa šiestich čínskych uhoľných elektrární bolo 67 – 98 % Hg²⁺ absorbovaných v roztoku práčky a zachytených v sadre FGD. Vyššia koncentrácia Hg²⁺ v spalínach viedla k vyššej účinnosti odstraňovania v mokrom FGD. Redukcia Hg⁰ v spalínach vo vlhkom FGD bola menej ako 30 %. Účinnosť odstraňovania ESP v kombinácii s WFGD je približne 70 % pre elektrárne spaľujúce bitúmenové uhlie. [28, S.Wang et al. 2009]

Celkové odstraňovanie Hg v rôznych systémoch rozprašovacieho sušenia sa pohybuje od približne 35 % do 85 %. Elektrárne vybavené systémami odstraňovania prachu pred suchým odsírením majú účinnosť odstraňovania Hg až 70 %, a to ešte pred vstupom do jednotky FGD.

Príklady účinnosti redukcie iných kovov v prípade elektrárne spaľujúcej práškové uhlie vybavené FGD sú uvedené v tabuľke 3.34.

Tabuľka 3.34: Účinnosť redukcie kovov (%) dosiahnutá v konvenčnom zariadení spaľujúcom práškové uhlie

Stopové prvky	Odsírovanie spalín (Venturiho práčka)
Sb	99
As	98
Ba	99,5
Be	98,5
B	63
Cd	96
Cr	99,5
Co	99
Cu	99
Pb	99
Mn	99
Hg	20
Mo	99
Ni	99
Se	60
V	99,5
Zdroj: [67, Nalbandian 2012]	

Medzizložkové vplyvy

V sadre z odsírovania spalín môže dochádzať k akumulácii koncentrácií kovov, čomu je potrebné zabrániť, aby nebolo ohrozené používanie sadry z odsírovania spalín.

Za určitých podmienok sa oxidovaná ortuť môže v mokrých jednotkách FGD redukovať na elementárnu ortuť, ktorá sa môže opäť uvoľňovať. Keď sa plynné zlúčeniny oxidovanej ortuti (Hg^{2+}) absorbujú v kvapalnej kaši mokrého systému FGD, rozpustené látky pravdepodobne reagujú s rozpustenými sulfidmi z spalín a vytvárajú sulfid ortuťnatý (HgS), ktorý sa z kvapalného roztoku vyzráža ako kal.

Pri nedostatočnej koncentrácii sulfidov v kvapalnom roztoku sa predpokladá, že dochádza ku konkurenčnej reakcii so sulfidmi, ktorá redukuje rozpustené Hg^{2+} na elementárnu ortuť (Hg^0). Po tejto redukcii sa novo vytvorený Hg^0 prenáša do spalín a zvyšuje koncentráciu Hg^0 v spalinách prechádzajúcich mokrým FGD. Redukcia Hg^{2+} a následná reemisii Hg^0 môžu byť významnejšie vo vápenných práčkach s pridaným horčíkom, ktoré pracujú s oveľa vyššou koncentráciou sulfitu ako vápenné systémy.

Redoxný potenciál mokrého FGD tiež zohráva dôležitú úlohu v možnej redukcii Hg^{2+} na Hg^0 a následnej reemisii Hg .

V niektorých prípadoch sa redukcia Hg^{2+} na Hg^0 a následná reemisii zmierňujú pomocou kvapalného činidla dodávajúceho sulfid. Okrem toho sa predpokladá, že prechodné kovy v kaši (pochádzajúce z popolčeka v spalinách) hrajú aktívnu úlohu v konverzných reakciách, pretože môžu pôsobiť ako katalyzátory a/alebo činidlá na redukcii oxidovaných látok. Zdá sa, že existuje aj zvýšený potenciál opätovnej emisii ortuti v mokrých systémoch FGD s významnými koncentraciami v kvapalnej fáze.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Hospodárska únosnosť

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.5.3 Zníženie emisií kovov v systémoch kontroly NO_x**Opis**

Premena ortuti z elementárnej formy na ľahšie zachytiteľnú oxidovanú formu prostredníctvom selektívnej katalytickej redukcie.

Technický opis

Systémy SCR možno vylepšiť pridaním katalyzátorov, ktoré špecificky premieňajú elementárnu ortuť na oxidovanú ortuť, ktorú možno následne zachytiť mokrou práčkou FGD. V prípade palív s nízkym obsahom halogenidov môžu katalyzátory s vysokým obsahom prachu vyžadovať zvýšenie obsahu chlóru alebo brómu v spalínach, aby boli účinné, zatiaľ čo katalyzátory na konci sú účinné bez zvýšenia obsahu chlóru. Okrem ortuti neexistujú žiadne dôkazy o tom, že systémy na kontrolu NO_x majú významný vplyv na správanie alebo odstraňovanie stopových prvkov.

Medzi parametre ovplyvňujúce stupeň oxidácie elementárnej ortuti patria obsah halogenidov (napr. HF, HCl), teplota spalín, chemické zloženie katalyzátora, vek katalyzátora a zložky spalín pochádzajúce zo spaľovania a koncentrácia/distribúcia NH₃ v spalínach (zvýšenie koncentrácie NH₃ znižuje oxidáciu Hg). [29, Pritchard et al. 2010], [2, EEB 2012]

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zníženie emisií Hg v kombinácii so systémom FGD.
- Znížené emisie NO_x.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pokročilé katalyzátory používané pri selektívnej katalytickej redukcii (SCR) môžu oxidovať až 95 % ortuti v parnej fáze z elementárnej formy na rozpustnú iontovú formu, ktorú možno ľahko zachytiť v následnom mokrom systéme FGD. V prípade kotlov na spaľovanie bitúmenového uhlia bolo v testoch v reálnych podmienkach, kde sa použila SCR nasledovaná mokrou FGD, zaznamenané celkové zachytenie ortuti v rozmedzí od 80 % do viac ako 95 %. Závod 123 vykonáva dlhodobé testy s takýmto katalyzátorom a vstrekaním prísady na zrážanie do pračky na zníženie emisií ortuti. Údaje o emisiách do ovzdušia ukazujú, že 100 % denných hodnôt v rokoch 2011 a 2012 bolo < 5 µg/Nm³ a viac ako 90 % (2011) a 98 % (2012) denných hodnôt bolo < 3 µg/Nm³. V čínskej štúdii týkajúcej sa emisií ortuti a špecifikácie v uhoľných elektrárnach v Číne sa dospelo k záveru, že konvenčný systém SCR oxidoval 13 % elementárnej ortuti a že vstrekovanie amoniaku pred SCR môže mať pozitívny vplyv na adsorpciu ortuti na tuhé častice. [28, S.Wang et al. 2009]

Medzizložkové vplyvy

Pozri oddiel 3.2.2.3.11.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Pozri oddiel 3.2.2.3.11.

Hospodárska únosnosť

Pozri oddiel 3.2.2.3.11.

Hnacie sily implementácie

Pozri oddiel 3.2.2.3.11.

Príklady zariadení

Pozri oddiel 3.2.2.3.11.

Referenčná literatúra

Pozri oddiel 3.2.2.3.11.

3.2.2.5.4 Zníženie emisií kovov pomocou špeciálne navrhnutých systémov

Opis

Použitie špeciálnych aditív/sorbentov, spravidla ako doplnok k existujúcim zariadeniam na znižovanie emisií.

Technický opis

Niektoré systémy boli vyvinuté výslovne na účely zníženia obsahu určitých kovov v prúdoch spalín, najmä na zníženie emisií Hg a iných toxických kovov (ako As, Cd a Pb) zo zariadení na spaľovanie odpadu. Tieto systémy zahŕňajú selénové filtre, filtre s aktívnym uhlím a rôzne sorbenty. V tejto časti sú len stručne opísané.

Boli skúmané rôzne sorbenty, ako napríklad kremík, bauxit (oxid hlinitý), kaolinit, ematlit a vápno, z hľadiska ich schopnosti odstraňovať kovy z spalín. Podrobný zoznam týchto a iných možných sorbentov možno nájsť v [148, CIEMAT 2000], ale niektoré z týchto procesov majú obmedzené praktické využitie vo veľkých elektrárnach kvôli nízkym prevádzkovým teplotám, škodlivým vedľajším účinkom a vysokým nákladom na niektoré sorbenty.

Americké ministerstvo energetiky realizovalo dlhodobý výskumný a vývojový program zameraný na kontrolu ortuti, ktorý v roku 2008 dospel k záveru, že systémy vstrekovania sorbentov do spalín zo zariadení na spaľovanie uhlia sú pripravené na komerčné využitie (ďalšie podrobnosti nájdete v oddiele 5.1.3.4.3). [2, EEB 2012]

Boli vyvinuté systémy s aktívnym uhlím alebo koksovými filtrami, ktoré možno použiť na odstraňovanie kovov, ako sú Cd, Hg a Pb, zo spalín. Informácie o hnedouholnom koksovom filtri a katalytickom systéme, ktorý okrem odstraňovania kyslých plynov adsorbuje aj kovové prvky, možno nájsť v [148, CIEMAT 2000]. Testy vykonané v pilotnom systéme, namontovanom na spaľovni komunálneho odpadu, ukazujú, že hnedouholný koks odstraňuje zo spalín prakticky všetku Hg. Technológia aktívneho uhlia sa používa aj v USA na zvýšenie odstraňovania Hg v systémoch so suchým odsírením/ESP. Ďalšie podrobnosti o vstrekaní uhlíkového sorbentu na redukciu ortuti nájdete v oddiele 5.1.3.4.3.2.

Odstraňovanie výparov Hg zo spalín pomocou adsorbentov impregnovaných sírou bolo skúmané s použitím náplňových vrstiev. Experimentálne výsledky ukázali, že impregnácia aktívneho oxidu hlinitého a zeolitu sírou zvyšuje adsorpčnú kapacitu o niekoľko rádov. Hoci sorbenty majú vysokú adsorpčnú kapacitu Hg, nie sú schopné odstrániť všetok Hg (pretože už majú výstupnú koncentráciu väčšiu ako nula pre plyny prechádzajúce cez filtre, a to aj na začiatku prieniku plynu).

Na odstraňovanie Hg je k dispozícii systém, ktorý používa selénom impregnovaný filter, ktorý možno dodatočne namontovať na existujúce výfukové potrubie za práčkami. Filter využíva silnú afinitu Hg k Se, s ktorým sa spája a vytvára seleničitan ortuťnatý (HgSe), vysoko stabilnú zlúčeninu. Použité filtre sa vracajú výrobcovi na opätovné naplnenie.

Emisie Hg je možné znížiť aj pomocou prísad v iných systémoch FGD, napríklad v systémoch suchého vstrekovania. Pokiaľ ide o prísady, je možné pridať napríklad Sorbalit. Ide o sorbent, ktorý sa skladá z hydroxidu vápenatého a rôznych iných organických a anorganických zložiek.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížené emisie špecifických kovov.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Environmentálne výkony dosiahnuté pri použití vstrekovania aktívneho uhlíka alebo pridávania halogénovaných prísad sú uvedené v oddiele 5.1.3.4.3.

Veľmi nízke koncentrácie Hg v spalinách možno dosiahnuť použitím vrstvy adsorbentov z aktívneho oxidu hlinitého a zeolitu impregnovaných sírou, po ktorej nasleduje druhá vrstva adsorbentov z aktívneho uhlia impregnovaných sírou.

Medzizložkové vplyvy

Pozri oddiel 5.1.3.4.3.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Pozri oddiel 5.1.3.4.3.

Hospodárska únosnosť

Pozri oddiel 5.1.3.4.3.

Hnacie sily implementácie

Pozri oddiel 5.1.3.4.3.

Príklady zariadení

Pozri oddiel 5.1.3.4.3.

Referenčná literatúra

Pozri oddiel 5.1.3.4.3.

3.2.2.5.5 **Zníženie emisií kovov použitím odlučovača kovov v potrubí na dodávku paliva**

Opis

Odstránenie feromagnetických látok obsiahnutých v palive/odpade pred spaľovaním.

Technický opis

Pred vstupom do kotla sa feromagnetické cudzie látky oddelia z palivovej zmesi pomocou magnetického odlučovača železa. V odlučovači kovov sa pomocou magnetovej technológie odstraňujú magnetické kovy, potom sa v separátore odstraňujú nečistoty (veľké/ťažké časti) a následne sa odovzdávajú do mlyna na recykláciu.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížené emisie špecifických kovov.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Zníženie množstva kovov znižuje nebezpečenstvo porúch v nadväzujúcich častiach zariadenia a obmedzuje súvisiace vplyvy na životné prostredie.

Medzizložkové vplyvy

Obmedzená spotreba elektrickej energie.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Špecifické pre zariadenie.

Hospodárska únosnosť

- Obmedzené kapitálové a prevádzkové náklady.
- Získaný kovový odpad je možné prediť na opätovné použitie.
- Zníženie prevádzkových a údržbových nákladov vďaka zníženiu počtu porúch v nadväzujúcich procesoch.

Odlučovač kovov je zvyčajne súčasťou špecializovanej linky na podávanie odpadu. V prípade závodu 142 predstavovala investícia do takejto linky približne 14,5 milióna EUR (cenová úroveň z roku 2003) a ročné náklady na prevádzku a údržbu dosahujú približne 2,5 milióna EUR (fixné náklady, cenová úroveň z roku 2010).

Hnacie sily implementácie

Neekologické spúšťače (údržba/ekonomické stimuly).

Príklady zariadení.

Zariadenia 121 a 142.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.2.6 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií HCl a HF

3.2.2.6.1 Súvisiaci prínos techník určených na iné znečisťujúce látky

V tomto oddiele sa rozoberá účinnosť odstraňovania halogenidov rôznymi technológiami na kontrolu znečistenia, ktoré sa najčastejšie inštalujú v LCP (t. j. zariadenia na kontrolu častíc a síry).

Opis

Zníženie emisií halogenidov ako vedľajší prínos techník na znižovanie emisií určených na odstraňovanie iných znečisťujúcich látok.

Technický opis

O zachytávaní halogenidov pomocou elektrostatických odlučovačov (ESP) a vrecových filtrov je k dispozícii veľmi málo informácií. Vzhľadom na povahu plynov je však pravdepodobné, že bez sorbentu majú malý alebo žiadny účinok. Pridaním sorbentu, napríklad vápna, do spaľovacej zóny je možné zachytiť halogenidy na alebo v časticiach, ktoré potom môžu byť zachytené filtračnými systémami. Pri vstrekaní suchého sorbentu do spaľovacej komory je redukcia HCl a HF obmedzená, pretože redukcia SO₂ uvoľňuje HCl a HF zo sorbentu pri vysokých teplotách.

Bežným suchým systémom FGD pre utilitné aj priemyselné kotly je suché odsírenie (polosuchý systém). Spaliny prichádzajú do kontaktu s rozprašovanou vápennou kašou alebo roztokom uhličitanu sodného. Horúce spaliny vysušia kvapôčky a zrážajú rozpustené chemikálie, ktoré sa potom môžu zachytiť spolu so zvyšným popolčekom z kotla vo vrecovom filtri alebo ESP. Na zníženie emisií halogenidov sa môžu použiť aj iné suché systémy, ako napríklad vstrekovanie suchého sorbentu alebo CFB práčka, napríklad ako druhý krok na zníženie emisií HCl a HF, vrátane systému CFBC s výkonom > 300 MW_{th}.

V mokrých systémoch FGD môžu byť spaliny najskôr prepláchnuté v zariadení na predbežné čistenie, ktorý zabraňuje potenciálnemu hromadeniu chloridov v cirkulačnom okruhu absorbéra FGD. V zariadení na predbežné čistenie sa zachytí väčšina popolčeka a rozpustných plynov, ako sú HCl a HF, a odpadová voda sa odvádza do zariadenia na predbežné odpadových vôd.

SCR a SNCR sú technológie určené na odstraňovanie NO_x zo spalín. V SNCR môže amoniak používaný na redukcii NO_x reagovať s HCl a HF v popolčeku a vytvárať chlorid amónny a fluorid. Možno predpokladať, že ak je nainštalovaný ESP alebo iné zariadenie na kontrolu častíc, amoniak môže stále reagovať s HCl/HF v spalínach, hoci to účinne neutralizuje kyslosť HCl/HF.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížené emisie HCl a HF.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Skutočná účinnosť odstraňovania halogenidov v spaľovacích zariadeniach používajúcich mokrý systém FGD sa veľmi líši. Účinnosť odstraňovania chlóru (HCl) sa pohybuje od 87 % do 97 %, fluóru (HF) od 43 % do 97 %, brómu od 85 % do 96 % a jódu od 41 % do 97 %. Pri použití rotačného výmenníka tepla nie je možné dosiahnuť najvyššiu účinnosť odstraňovania kvôli adsorpcii/desorpcii halogenidov na/z povrchu (materiálu) výmenníka tepla.

Účinnosť odstraňovania chlóru a fluóru v suchých systémoch FGD je rovnaká ako v mokrých systémoch FGD. [148, CIEMAT 2000]

Medzizložkové vplyvy

Pri použití technológií SCR/SNCR môže vznikajúci chlorid amónny viesť k viditeľným oblakom na úrovni komína.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Pozri oddiel 3.2.2.2.

Hospodárska únosnosť

Pozri oddiely o príslušných technikách.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Pozri oddiely o príslušných technikách.

Referenčná literatúra

[148, CIEMAT 2000]

3.2.2.6.2 Mokré vypieranie**Opis**

Použitie kvapaliny, zvyčajne vody alebo roztoku na vodnej báze, na zachytávanie kyslého plynu absorpciou z spalín.

Technický opis

HCl/HF sa čistí buď pomocou Venturiho práčky, kde zmiešaním prúdov kvapaliny a plynu dochádza k prenosu HCl/HF z plynnej fázy do kvapalnej fázy práčky, alebo pomocou protiprúdového vežového absorbéra, kde sa dosahuje vyššia účinnosť. Praskajúca kvapalina zvyčajne obsahuje reaktívne činidlo, ktoré neutralizuje absorbovanú kyselinu, čím sa malé množstvo kvapalného odpadu z práčky dá relatívne ľahko likvidovať alebo spracovať v existujúcich zariadeniach na čistenie odpadových vôd.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížené emisie HCl a HF.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Jednostupňová ejektorová Venturiho práčka plynu môže zvyčajne dosiahnuť účinnosť odstraňovania HCl na úrovni 95 %. Protiprúdový vežový absorbér sa používa na dosiahnutie účinnosti odstraňovania HCl až do 99,9 % a viac a zvyčajne sa používa v spaľovniach odpadu.

Tabuľka 3.35 obsahuje technické informácie týkajúce sa mokrých práčok, ktoré sa používajú hlavne v sektore spaľovania odpadu na znižovanie emisií halogenidov.

Tabuľka 3.35: Údaje o zariadeniach na čistenie HCl implementovaných v zariadeniach na spaľovanie odpadu

Prúdenie spalín	Jednotka	Systém 1	Systém 2	Systém 3	Systém 4
	Nm ³ /h	92 000	70 000	85 640	131 000
Teplota na vstupe do práčky	°C	17	170	169	220
Typ práčky		Dvojstupňový vežový práčkový systém	Venturiho chladiaca/rozprašovací veža, bez vnútorných častí	Dvojstupňový vežový práčkový systém, bez vnútorných častí	Venturiho práčka, bez vnútorných častí
Vedenie plynu a kvapaliny		Súbežný	Súbežný	Súbežný	Súbežný
Priemer	m	3,8 / 4	3,40	3,80	5,00
Výška čističa	m	10,4 / 11,8	17,6 (vrátane chladenia)	29,60	8,25
Počet úrovní postreku		1	1 / 1	1 / 1	1
Rýchlosť cirkulácie čistiacej kvapaliny	m ³ /h	1 000	225 / 450	1 064 / 880	350
pH v zbernej nádrži čističky		0,5	0,8	0,4	0,5–0,7
Tlaková strata na strane spalín	hPa	10	6	2,1	12
Typ činidla		Voda	Ca(OH) ₂	Voda	Ca(OH) ₂
Surový plyn pred práčkou (nominálny denný priemer – HCl)	mg/Nm ³	1 200	1 100	1 040	1 140
Čistý plyn po práčke (nominálny denný priemer – HCl)	mg/Nm ³	NA	4	60	20
Surový plyn pred práčkou (nominálny denný priemer – HF)	mg/Nm ³	13	20	53	17
Čistý plyn po práčke (nominálny denný priemer – HF)	mg/Nm ³	NA	1,5	4	2

Zdroj: [30, VDI 2013]

Medzizložkové vplyvy

Vznik odpadových vôd.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenie 470V.

Referenčná literatúra

[30, VDI 2013] [31, CHIRONNA 2011]

3.2.2.7 Techniky na zníženie množstva nespáleného uhlíka

3.2.2.7.1 Optimalizácia spaľovania

Pozri aj oddiel 3.1.7.

Opis

Opatrenia prijaté na maximalizáciu účinnosti premeny energie, napr. v peci/kotle, pri súčasnom minimalizovaní emisií (najmä CO). To sa dosahuje kombináciou techník, medzi ktoré patrí dobrý návrh spaľovacieho zariadenia, optimalizácia teploty (napr. efektívne zmiešavanie paliva a spaľovacieho vzduchu) a doby zdržania v spaľovacej zóne a/alebo použitie pokročilého riadiaceho systému.

Technický opis

Táto technika zahŕňa dobrý návrh pece, spaľovacích komôr, horákov a súvisiacich zariadení a pravidelnú plánovanú údržbu spaľovacieho systému podľa odporúčaní dodávateľov.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Vyvážené zníženie emisií NO_x, N₂O, NH₃ (pri použití SCR a/alebo SNCR), CO a iných nespálených emisií do ovzdušia.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Existujú technicko-ekonomické obmedzenia možností zlepšenia konštrukcie kotla.

3.2.2.7.2 Katalyzátor oxidácie

Opis

Použitie katalyzátorov (ktoré zvyčajne obsahujú drahé kovy, ako je paládium alebo platina) na oxidáciu oxidu uhoľnatého (CO) a nespálených uhľovodíkov (UHC) za vzniku CO₂ a vodnej pary.

Technický opis

Katalytický oxidačný systém môže byť inštalovaný vo výfukovom systéme plynových turbín/motorov.

Oxidácia medzi kyslíkom a oxidom uhoľnatým a nespálenými uhľovodíkmi, ktorú urýchljuje katalyzátor, prebieha pri teplote 500 °C a viac, pričom vzniká oxid uhličitý. Oxidačné katalyzátory vhodné pre krátke reťazce alkánov (CH₄, C₂H₆, C₃H₈) sú stále vo fáze vývoja pre plynové motory, viac informácií nájdete v oddiele 11.6.1.2.1.

Princíp činnosti katalyzátora spočíva v chemickej reakcii, ktorá závisí iba od teploty a nevyžaduje žiadne regulačné prístroje (maximálna teplota výfukových plynov, ktorú je potrebné zohľadniť, je približne 560 °C).

Oxidácia katalyzátora je zostavená v moduloch. Každý modul je tvorený špeciálnou fóliou z nehrdzavejúcej ocele, zvlhnenou a preloženou dopredu a dozadu, aby vytvorila voštinové jadro. Jadro je uzavreté v nehrdzavejúcom oceľovom puzdre s rozmermi približne 0,4 m². Moduly sú osadené do vnútorného nosného rámu z uhlíkovej ocele. Expanzné tesnenia na vonkajšej strane vnútorného nosného rámu zabezpečujú, že výfukové plyny prechádzajú katalyzátorom. Expanzné tesnenia tiež kompenzujú tepelnú rozťažnosť. Vyššie uvedené komponenty sú inštalované vo vonkajšej nosnej konštrukcii, ktorá slúži ako spojka potrubia.

Táto katalyzátorová konštrukcia je vyrobená z uhlíkovej ocele s nerezovou vložkou nad izoláciou a má prístupový bod na jednej bočnej stene. Prístupový bod slúži na inštaláciu a demontáž katalyzátorových modulov.

Potrúbie konvertora je tiež vybavené radom plynových otvorov pre prístup k meraniu celkového a statického tlaku na vytvorenie profilu rýchlosti. Tieto otvory sa môžu použiť aj na odber vzoriek z prednej a zadnej časti konvertora alebo na montáž akýchkoľvek prístrojov dodaných zákazníkom.

Testovacie katalyzátorové jadrá alebo „gombíky“ (valce s priemerom približne 8 cm) sa nachádzajú v rôznych katalyzátorových moduloch. Testovacie katalyzátorové gombíky sú namontované tak, aby sa dali ľahko vymeniť na laboratórne testovanie.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií CO a nespálených uhľovodíkov do ovzdušia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pri maximálnom zaťažení je v prípade plynových turbín/motorov spaľujúcich zemný plyn typická účinnosť redukcie približne 90 %, pričom pri poklese zaťaženia je vyššia.

Typická životnosť je približne 40 000 prevádzkových hodín.

Medzizložkové vplyvy

- Vytváranie odpadu pri výmene katalyzátora;
- Zvýšenie emisií CO₂.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Oxidácia katalyzátora vyžaduje maximálnu variáciu prietoku pred katalyzátorom približne +/-15 %. Z tohto dôvodu sú potrebné perforované dosky, usmerňovacie lopatky alebo vyrovnávacie mriežky na vyrovnanie rýchlosti spalín. V dôsledku toho by mal komínový kanál mať dostatočný priestor nielen pre katalytický modul, ale aj pre ostatné zariadenia.

Maximálna teplota spalín je obmedzená na približne 560 °C.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Regulácia.

Príklady zariadení

Zariadenia 162, 164, 195, 196, 295 a 296.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.3 Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti

3.2.3.1 Techniky na spätné získavanie tepla

Opis

Spätné získavanie tepla strateného pri všetkých procesoch spaľovania a výroby energie, aby sa zabránilo plytvaniu týmto teplom a aby sa efektívne využil energetický obsah paliva.

Technický opis

V závislosti od procesu spaľovania, spaľovaného paliva a/alebo konfigurácie zariadenia možno na rekuperáciu a využitie tepla použiť rôzne techniky:

- spaľovanie v kombinovanom cykle (pozri oddiel 3.2.3.11);
- kombinovaná výroba elektriny a tepla (pozri oddiel 3.2.3.2);
- predohrev napájacej vody (pozri oddiel 3.2.3.7);
- sušenie/predohrev paliva (pozri oddiel 3.2.3.18);
- predohrev spaľovacieho vzduchu (pozri oddiel 3.2.3.4);
- zníženie teploty spalín;
- kondenzátor spalín (pozri oddiel 3.2.3.15);
- chladiaci rošt (pozri oddiely 2.2.4 a 5.2.3.3);
- rekuperácia tepla z recirkulovaných materiálov ložiska.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zvýšená energetická účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pozri súvisiace informácie v jednotlivých oddieloch tohto dokumentu BREF.

Medzizložkové vplyvy

Pozrite si súvisiace informácie v jednotlivých oddieloch tohto dokumentu BREF.

Technické aspekty relevantné pre použiteľnosť

Pozri súvisiace informácie v jednotlivých oddieloch tohto dokumentu BREF.

Hospodárska únosnosť

Pozri súvisiace informácie v jednotlivých oddieloch tohto dokumentu BREF.

Hnacie sily implementácie

Pozrite si súvisiace informácie v jednotlivých oddieloch tohto dokumentu BREF.

Príklady zariadení

Pozri súvisiace informácie v jednotlivých oddieloch tohto dokumentu BREF.

Referenčná literatúra

Pozri súvisiace informácie v jednotlivých oddieloch tohto dokumentu BREF.

3.2.3.2 Kogenerácia alebo kombinovaná výroba elektriny a tepla (KVET)**Opis**

Kogenerácia je spätné získavanie tepla (hlavne z parného systému) na výrobu horúcej vody/pary, ktoré sa používajú v priemyselných procesoch/činnostiach alebo v diaľkovom vykurovaní. Dodatočné spätné získavanie tepla je možné z/zo:

- spalín;
- chladienia roštu;
- cirkulujúceho fluidného lôžka.

Technický opis

Kogenerácia je spôsob zlepšenia energetickej účinnosti ovplyvnením štruktúry systému dodávky energie.

Teplo zo spaľovacích zariadení (napr. turbíny, motora) môže byť použité na výrobu pary v rekuperačnom kotle (tiež nazývanom rekuperačný parný generátor) alebo môže byť čiastočne (alebo niekedy úplne) odobraté a použité na dodávku pary spotrebiteľom, ktorí ju môžu využiť vo svojich vlastných procesoch alebo na iné účely, ako je diaľkové vykurovanie alebo odsolovanie morskej vody.

Existuje mnoho možných konfigurácií, ktoré spĺňajú špecifické požiadavky zariadenia. Napríklad v prípade plynových turbín sú v závislosti od dopytu po teple a energii najbežnejšie nasledujúce:

- Plynová turbína so spalínovým kotlom a dodávkou všetkej vyrobenej pary spotrebiteľom pary.
- Plynová turbína so spalínovým kotlom s protitlakovou parnou turbínou a dodávkou všetkého vyrobeného tepla spotrebiteľom pary.
- Plynová turbína so spalínovým kotlom s odberom pary pre spotrebiče a/alebo využitím odobratej pary na iné účely vykurovania a vákuovým kondenzátorom pary. Táto konštrukcia zvyčajne poskytuje väčšiu flexibilitu v pomere výkonu k teplu.
- Cyklické procesy so vstrekaním pary do plynu (STIG), pri ktorých sa para tiež vyrába z odpadového tepla, ale čiastočne sa vstrekuje do plynových turbín. Používajú sa predovšetkým v plynových turbínach odvodených od leteckých motorov bez použitia parnej turbíny. Tieto cyklické procesy sa používajú hlavne v kogeneračných aplikáciách s prerušovanou spotrebou procesnej pary.

Dôležitým meradlom kogeneračnej elektrárne je pomer výkonu k výstupnému teplu. Keďže elektrická energia môže mať väčšiu ekonomickú hodnotu ako teplo, je výhodnejšie mať čo najvyšší pomer výkonu k teplu v kombinácii s nízkou celkovou tepelnou účinnosťou.

Zariadenie pripravené na kogeneráciu zahŕňa opatrenia, ktoré umožňujú neskorší export užitočného množstva tepla do externého tepelného zaťaženia spôsobom, ktorý dosiahne aspoň 10 % zníženie spotreby primárnej energie v porovnaní s oddelenou výrobou tepla a elektriny. To zahŕňa identifikáciu a zachovanie prístupu k špecifickým bodom v parnom systéme, z ktorých je možné odoberať paru, ako aj vytvorenie dostatočného priestoru na neskoršiu inštaláciu prvkov, ako sú potrubia, výmenníky tepla, dodatočná kapacita na demineralizáciu vody, záložný kotol a protitlakové turbíny. Systémy Balance of Plant (BoP) a systémy riadenia/inštrumentácie sú vhodné na modernizáciu. Neskôr je možné pripojiť aj protitlakovú turbínu (turbíny). Viac informácií o pripravenosti na KVET sa nachádza v oddiele 7.1.3.1.3.1

Ďalšie informácie o kogenerácii sú uvedené v oddieloch 3.1.1.1 a 2.5.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Jedným z prínosov je zlepšenie energetickej účinnosti.

V prípade základného zaťaženia môže kogenerácia ušetriť palivo v porovnaní s oddelenou výrobou tepla a elektriny z fosílnych palív.

Medzi výhody kogeneračného systému patria [213, COGEN 1999]:

- vysoká celková energetická účinnosť;
- možnosť zníženia emisií CO₂ v porovnaní s oddelenou výrobou tepla a elektriny.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

V prípadoch, keď je v procesoch výroby energie na báze parných turbín chladenie kondenzátora parnej turbíny zabezpečované sieťou diaľkového vykurovania, je možné dosiahnuť ročnú mieru využitia paliva na úrovni 75 % až 95 % a v porovnaní s oddelenou výrobou energie a tepla dosiahnuť výrazné zníženie emisií skleníkových plynov, NO_x, SO_x a tuhých častíc.

Miera premeny paliva na elektrickú energiu je však v týchto elektrárnach o niečo nižšia ako v elektrárnach, ktoré vyrábajú len elektrickú energiu, a to z dôvodu vyššej kondenzačnej teploty v kondenzátore turbíny, ktorým je v tomto prípade diaľkový výmenník tepla. Vysoká celková účinnosť však zďaleka prevyšuje tento nižší elektrický výkon.

V kondenzačnej CCGT dve tretiny výkonu pochádzajú z plynových turbín a straty výkonu súvisiace s kogeneráciou vznikajú iba v parných turbínach, ktoré produkujú zvyšnú tretinu výkonu. Pomer výkonu k tepelnému výkonu CCGT pri menovitom zaťažení môže byť 1,1 v aplikáciách diaľkového vykurovania a 0,9 v celulózovom a papierenskom priemysle, zatiaľ čo v prípade kogenerácie iba s parou sú tieto hodnoty 0,6, resp. 0,3. Ročné priemerné hodnoty sú zvyčajne výrazne nižšie, okrem iného kvôli prevádzke pri čiastočnom zaťažení a cyklom spúšťania/vypínania.

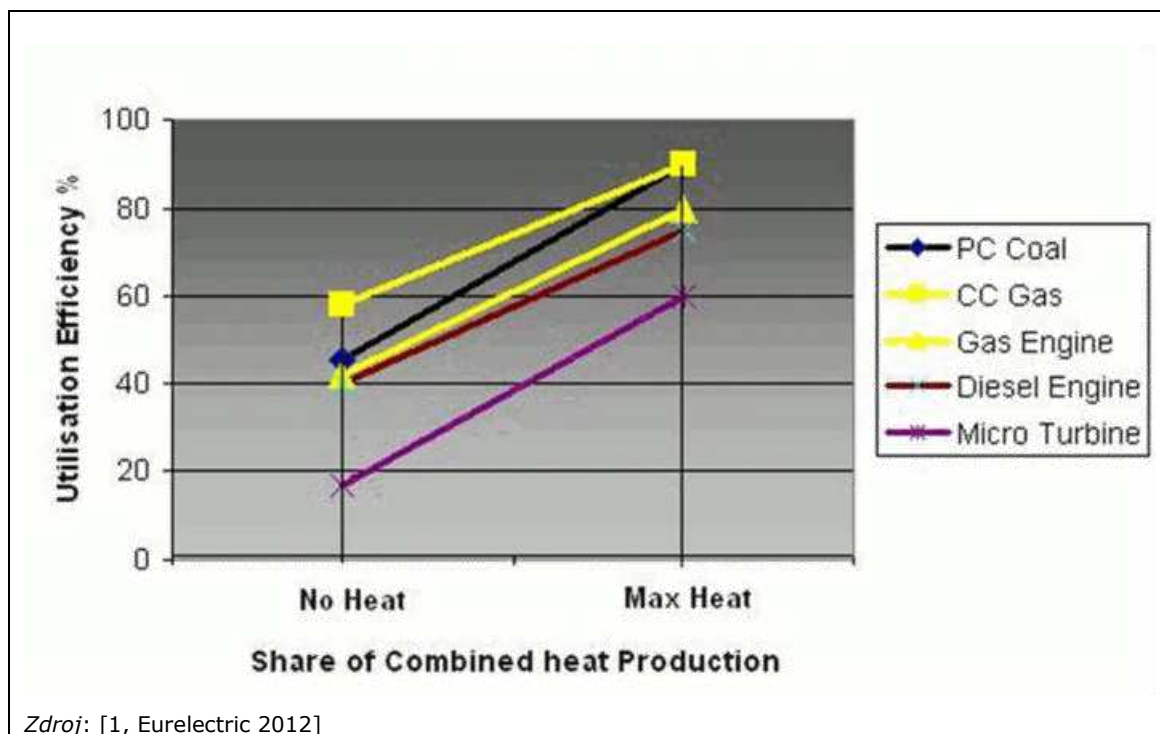
Kogeneračné zariadenia je možné optimalizovať tak, aby mohli flexibilne reagovať na meniace sa požiadavky na teplo a elektrickú energiu.

Tabuľka 3.36: Orientačné porovnanie kogenerácie s oddelenou výrobou elektriny a tepla

	Výhrevnosť elektrickej energie ⁽¹⁾	Pomer elektr. energie k teplu ⁽²⁾	Celková tepelná účinnosť kogeneračného systému ⁽³⁾	Tepelná účinnosť oddeleného systému; uhlie ⁽⁴⁾	Tepelná účinnosť oddeleného systému; CCGT ⁽⁵⁾
Kondenzácia konvenčného uhlia	2,3	NA	NA	NA	NA
CCGT kondenzačné	1,8	NA	NA	NA	NA
Priemyselná konvenčná kogenerácia ⁽⁶⁾	5,0	0,28	1,1	1,36	1,25
Priemyselná kogenerácia CCGT	2,4	0,9	1,15	1,67	1,43
DH konvenčná kogenerácia	2,9	0,6	1,1	1,55	1,36
DH CCGT kogenerácia	2,1	1,1	1,1	1,73	1,47
Kotly len na vykurovanie/uhlie	NA	NA	1	NA	NA
Kotly len na vykurovanie/HFO	NA	NA	1,1	NA	NA
Kotly len na vykurovanie/plyn	NA	NA	1,07	NA	NA
(1) Príkon paliva (LHV)/Čistý výkon. (2) Čistý tepelný výkon/čistý výkon. (3) Príkon paliva (LHV)/(čistý výkon + tepelný výkon). (4) Kombinovaná tepelná účinnosť pri samostatnej výrobe v konvenčných uhoľných kondenzačných elektrárnach a kotloch určených výlučne na výrobu tepla (HR = 1,1) rovnakého množstva energie a tepla ako v kogeneračnom systéme. Porovnajte s HR uvedenou v riadku 3. (5) Kombinovaná tepelná účinnosť pri samostatnej výrobe v kondenzačných elektrárnach CCGT a kotloch určených výlučne na výrobu tepla (HR = 1,1) pri rovnakom množstve energie a tepla ako v kogeneračnom systéme. Porovnajte s HR uvedeným v riadku 3. (6) Živá para 80 barov 480 °C; protitlak 4 bary. Všetky údaje sa vzťahujú na nominálny prevádzkový režim pri plnom zaťažení. Poznámka: NA: Nie je k dispozícii. Zdroj: [130, Fínsko 2000]					

Na obrázku 3.51 sú celkové tepelné výkony systému (posledné tri stĺpce vpravo) porovnateľné v každom riadku. Uvádzajú, koľko paliva je potrebné v kogeneračnom systéme a v systéme s rovnakým výkonom a tepelným výkonom, ale s oddelenou výrobou tepla a elektriny. Je zrejmé, že v každom prípade oddelený systém – či už konvenčný alebo založený na CCGT – spotrebuje jasne viac paliva ako kogeneračný systém poskytujúci rovnaké energetické služby. Ak je základom porovnania konvenčná kondenzačná energia, zníženie spotreby paliva vďaka kogenerácii sa pohybuje od 20 % v prípade konvenčnej priemyselnej kogenerácie až po 57 % v prípade kogenerácie CCGT pre diaľkové vykurovanie. Ak sa pre samostatnú výrobu elektriny predpokladá kondenzácia CCGT, úspory sú menšie, a to 12 % resp. 34 %. Tieto čísla sú uvedené len na ilustráciu úspor paliva prostredníctvom kogenerácie; skutočné čísla vždy závisia od špecifik každého projektu a systému dodávky energie, ktorého je súčasťou.

Všeobecne platí, že kombinovaná výroba elektriny a tepla šetrí približne 3 až 20 percentuálnych bodov primárnej energie v porovnaní s oddelenou výrobou elektriny a tepla. Pri kombinovanej výrobe elektriny a tepla je však dôležité, aby bolo možné prevádzkovať odvod tepla a spotrebovať elektrinu po celý rok. Ak nie je k dispozícii odber tepla alebo spotreba energie s kombinovanými produktmi (počas letných mesiacov sa spotreba tepla väčšinou využíva len na výrobu relatívne malého množstva teplej vody), je možné, že ročná tepelná účinnosť „kombinovanej tepelnej a elektrickej elektrárne“ (ročný faktor účinnosti) bude v porovnaní s dočasnou (šesťmesačnou) výrobou tepla v samostatnom kotle v kombinácii so samostatnou výrobou energie v elektrárni vyrábajúcej len elektrinu nepriaznivá. V tomto prípade môže KVET zariadenie produkovať viac CO₂ na výrobu rovnakého množstva tepla a elektriny ako výroba v samostatných zariadeniach, napr. teplo v plynovom kotle a elektrina vo vysokoefektívnej elektrárni.



Obrázok 3.51: Vplyv výroby tepla na účinnosť využitia v zariadení KVET

Systém diaľkového vykurovania je systém, v ktorom sú emisie minimalizované na úrovni systému. Základné kogeneračné zariadenia sú dimenzované tak, aby bola ročná spotreba kogenerácie vysoká a aby bolo možné dosiahnuť celkovú ročnú účinnosť 80 – 90 % (teplo + elektrina). Zariadenia na pokrytie špičkovej spotreby pracujú len niekoľko desiatok alebo stoviek hodín ročne. V prípade veľkých miest nachádzajúcich sa v regiónoch s chladným podnebím tento systém nahrádza tisíce samostatných veľmi malých domácich spaľovacích zariadení.

Nominálna účinnosť CCGT v spaľovacej jednotke Termica Cologno (IT) (závod 292) je 50,7 % (plne kondenzačné zariadenie bez dodatočného spaľovania) a 81,3 % (kogeneračné zariadenie bez dodatočného spaľovania). Vplyv na projektované hodnoty majú faktor zaťaženia (priemerné zaťaženie CCGT 90 %), vekové opotrebovanie a premenlivá potreba tepelnej energie zo strany dodávateľov energií: Vyhlásená ročná čistá účinnosť za rok 2010 je 43,8 % pre čistú elektrickú účinnosť a 53,8 % pre celkové využitie paliva.

Medzizložkové vplyvy

Nevýhody kogeneračného systému sú [213, COGEN 1999]:

- vysoký pomer tepla k energii;
- vysoké náklady.

Prevádzka zariadenia závisí od dopytu po elektrickej energii a teplej vode. Výroba teplej vody je potrebná na zásobovanie sietí diaľkového vykurovania. Preto môže byť potrebné v krátkodobom horizonte zmeniť prevádzkové režimy (plné/čiastočné zaťaženie). Krátkodobé zmeny môžu spôsobiť zvýšenie emisií.

Pri teple získavanom z spalín je potrebné venovať pozornosť otázkam korózie (teplota spalín by mala byť minimálne o 20 °C vyššia ako bod rosného bodu kyselín).

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Táto technika je všeobecne použiteľná pre nové zariadenia, pričom uprednostňujú sa lokality v blízkosti miesta spotreby tepla. Je tiež použiteľná pre existujúce zariadenia, kde existuje spotreba tepla v blízkosti spaľovacieho zariadenia.

Kúrenie je vhodné najmä pre oblasti, kde existuje dopyt po kúrení. Z

technického hľadiska je možné všetky spaľovacie zariadenia upraviť na kogeneráciu.

Použiteľnosť môže byť obmedzená v prípade plynových kompresorov s nepredvídateľným prevádzkovým teplotným profilom.

Hospodárska únosnosť

Aby kogenerácia mohla úspešne konkurovať na trhu, je potrebná vysoká cena elektrickej energie a dostatočná miestna spotreba tepla. Pri malej spotrebe tepla môže byť veľkosť zariadenia pod hranicou ekonomickej konkurencieschopnosti. Veľké miestne priemyselné tepelné zaťaženie sa zvyčajne vyskytuje v celulózovom a papierenskom priemysle, v rafinériách a v chemickom priemysle a v niektorých prípadoch v potravinárskom a textilnom priemysle.

Relatívne stabilná tepelná záťaž je predpokladom efektívnej a ekonomickej prevádzky kombinovanej elektrárne a tepelného závodu. V chladnom podnebí môže diaľkové vykurovanie poskytovať pomerne stabilnú tepelnú záťaž počas veľkej časti roka.

Hnacie sily implementácie

Nahradenie starých spaľovacích zariadení / parných turbín elektrárnami s vyššou výťažnosťou, ak existuje možnosť kombinovanej výroby elektriny a pary/horúcej vody na procesné/vykurovacie účely.

Príklady zariadení

Zariadenia 49, 111 (distančné vykurovanie).

Zariadenie 149-1 (KVET pre chemickú výrobu a elektrickú energiu). Zariadenie 292 (KVET na výrobu a diaľkové vykurovanie).

Zariadenie 24 (modernizácia s cieľom zaradenia do siete diaľkového vykurovania).

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.3.3 Chengov cyklus

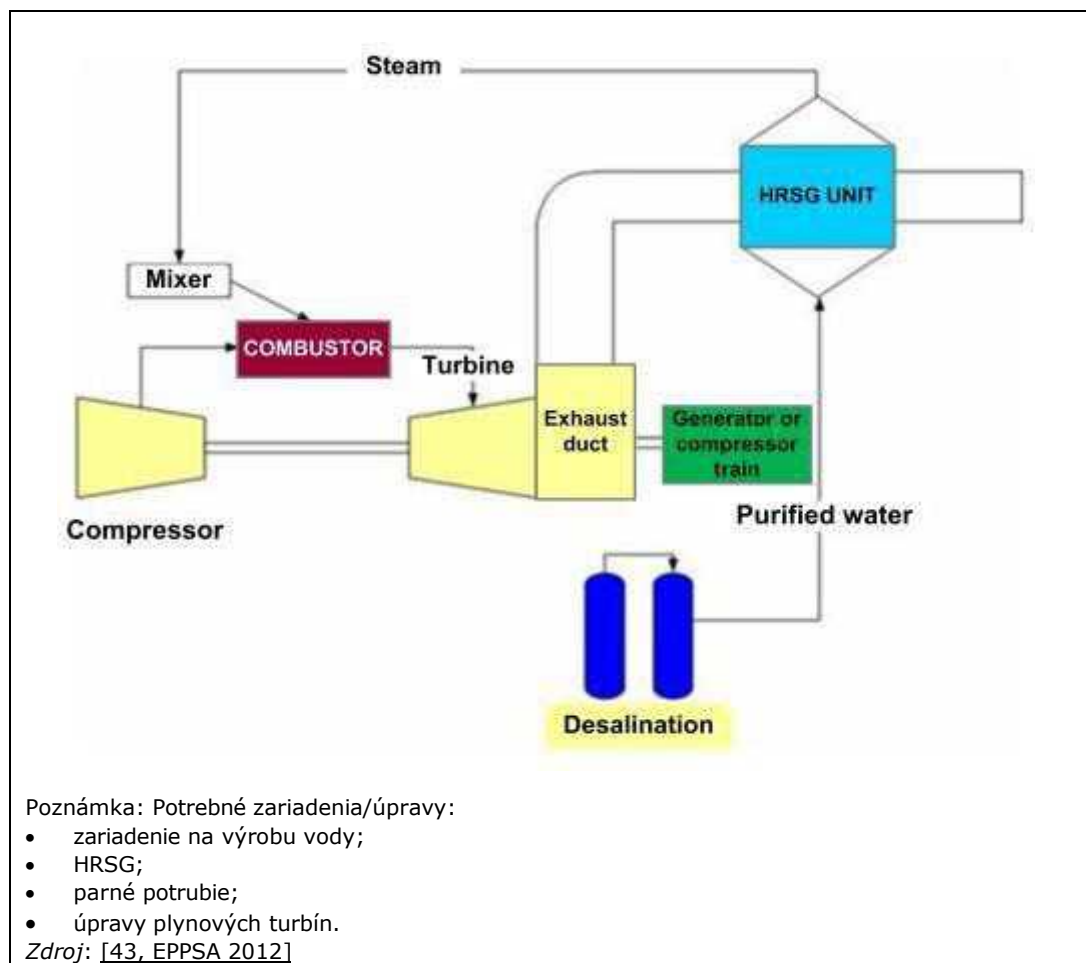
Opis

Para sa vyrába v plynových turbínach spaľujúcich plyné palivá prostredníctvom parného okruhu s otvoreným cyklom, a to využitím tepelnej energie zo spalín. Vyrobená para sa potom vstrekuje do spaľovacej komory, čím sa zvyšuje výkon turbíny a energetická účinnosť a znižujú sa emisie NO_x ochladením plameňa.

Technický opis

V „Chengovom cykle“ sa teplo výfukových plynov z plynových turbín využíva na výrobu pary na jednej tlakovej úrovni, ktorá sa v plnej miere vstrekuje do plynových turbín, čím sa zvyšuje výkon. Keďže para dosiahne rovnaký tlak a teplotu ako spaliny v spaľovacej komore, zvýšenie výkonu bude väčšie ako v kombinovanom cykle.

V praxi sa Chengov cyklus používa v jednotkách kombinovanej výroby elektriny a tepla (KVET), ktoré poskytujú normálny prísun pary používateľom s premenlivou spotrebou tepla. V situáciách, keď nie je potrebné žiadne alebo je potrebné menej tepla, sa vyrobená para môže použiť na výrobu elektrickej energie vstreknutím priamo do plynových turbín, čím sa v tomto režime zvýši výkon o 50 – 70 % bez doplnkovej parnej turbíny. [123, Eurelectric 2001]



Obrázok 3.52: Schéma princípu Chengovho cyklu so vstrekováním pary

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zníženie emisií NO_x (až o 95 %).
- Žiadne negatívne vplyvy v podobe zvýšených emisií CO v súvislosti s vstrekováním pary.
- Vyšší pomer pary k palivu v porovnaní s inými technológiami vstrekovania pary.
- Zvýšenie tepelnej účinnosti až o 45 %, čo znižuje emisie CO₂ na vyrobenú kWh.
- Na rozdiel od iných koncepcií vstrekovania pary, Chengov cyklus disponuje aj jedinečným riadiacim systémom, ktorý umožňuje, aby maximálna tepelná účinnosť elektrárne sledovala zmeny zaťaženia. Vďaka tomu je veľmi vhodný pre pobrežné zariadenia, kde zaťaženie turbíny nie je konštantné.

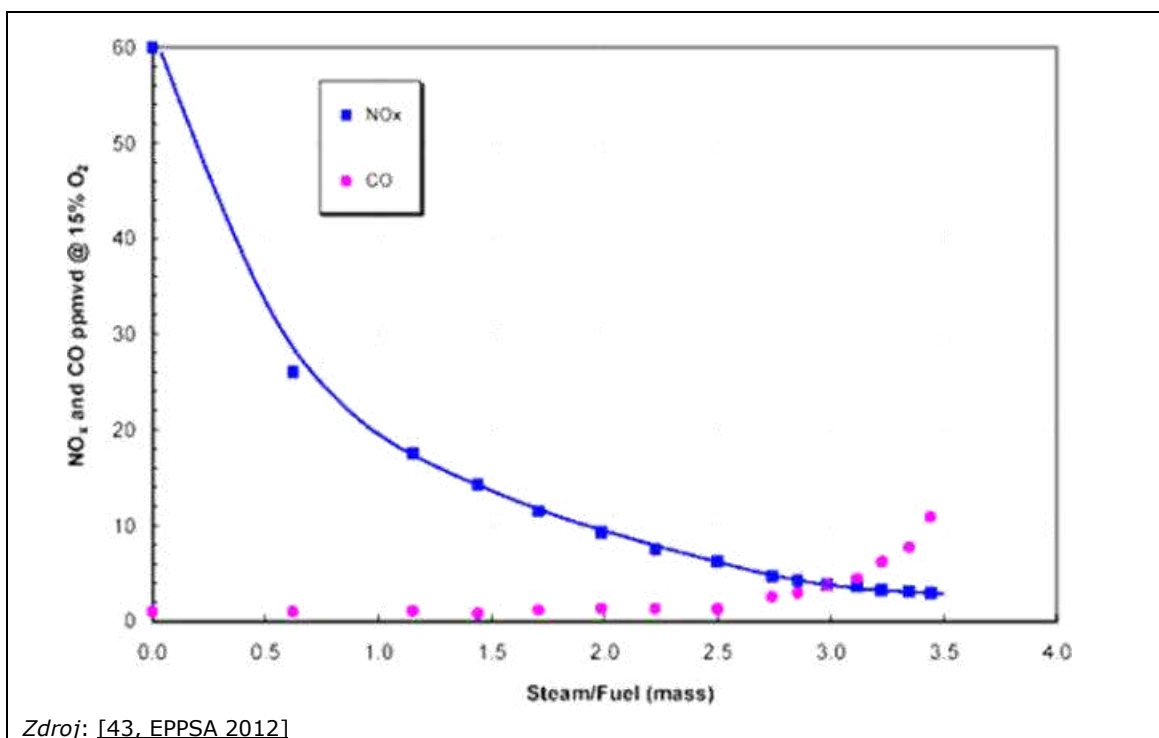
Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Vypočítaná účinnosť turbíny je viac ako 50 % pri teplote na vstupe do turbíny 1 200 °C. Účinnosť sa zvyšuje s klesajúcim kompresným pomerom. Technika Chengovho cyklu vstrekovania pary poskytuje jedinečné zmiešavanie plynného paliva a pary, takže NO_x sa môže znížiť až o 95 % bez výrazného zvýšenia emisií CO.

Tabuľka 3.37: Dosiahnuté emisie NO_x a tepelná účinnosť konvenčných turbín s modifikovanými tryskami paliva

Pomer para/palivo	Dosiahnutá úroveň NO_x (ppm)	Tepelná účinnosť
0	Štandardná konfigurácia	34,5
1,5	25	39
3	7	44

Chengov cyklus so vstrekováním sa môže používať pri všetkých prevádzkových zaťaženiach. V prípade potreby sa vstrekovanie pary môže počas prevádzky jednoducho vypnúť. Jediným účinkom bude vyššia miera emisií NO_x a zvýšená spotreba paliva, aby sa udržala rovnaká úroveň výkonu.



Obrázok 3.53: Emisie NO_x a CO ako funkcia pomeru pary

Chengov cyklus so vstrekováním pary sa využíva v približne 100 zariadeniach v Japonsku, USA a Európe. Táto technológia sa vo všeobecnosti dá použiť na všetkých plynových turbínach s konvenčným spaľovaním (technológia difúzneho plameňa).

Medzizložkové vplyvy

Na výrobu pary je potrebná dopĺňaná voda, ktorú treba považovať za celkovú stratu, pretože sa vypúšťa do ovzdušia spolu s výfukovými plynmi.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Všeobecne použiteľné.

Hospodárska únosnosť

Lacnejšie ako modernizácia suchého nízkoemisného

(DLN)/kombinovaného cyklu. Príklad výpočtu:

- inštalovaný výkon: 3 x 22 MW, celkom 66 MW;
- jedna HRSG inštalovaná vo výfukovom potrubí jednej plynové turbíny produkuje paru pre tri turbíny;
- pomer pary k palivu 2,5;
- zníženie NO_x na < 10 ppm;
- treba zohľadniť dodatočné náklady na nosnú konštrukciu pre inštaláciu na pobrežnej plošine.

Tabuľka 3.38: Náklady a hmotnosť Chengovho cyklu so vstrekováním pary na balíku GE LM 2500

	Náklady (v mil. NOK)	Hmotnosť (t)
Rekonštrukcia plynových turbín	30	~
HRSG	10	30
Odsoľovacie zariadenie na výrobu vody	6	16

Hnacie sily implementácie

- Modernizácia na Chengov cyklus je možná pre všetky plynové turbíny s konvenčnou technológiou spaľovania (difúzna plameňová komora).
- Na úpravu plynového turbínového agregátu je potrebný len malý priestor. Preto je možné dosiahnuť nižšie emisné hodnoty ako v prípade systémov s nízkymi emisiami NO_x (DLE)/DLN v pobrežných zariadeniach, ktoré nie sú pripravené na turbíny DLE/DLN.
- Náklady na modernizáciu a údržbu sú nižšie ako v prípade dostupných systémov DLE/DLN.
- Klasický Chengov spaľovací systém so vstrekováním pary má vyššiu dostupnosť ako DLE/DLN, a preto je vhodnejší pre kompresné jednotky plynu.
- Emisie sú nižšie ako v prípade DLE/DLN bez kompromisu medzi CO a nespálenými uhlíkovodíkmi.
- Mnohé pobrežné zariadenia už disponujú HRSG, čo znižuje potrebu úprav a investícií a vedie k nižším nákladom na inštaláciu.
- Zvýšený výkon alebo znížená spotreba paliva.

Príklady zariadení

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

[272, Wang et al. 2002] [273, Sahai et al. 2003] [274, Cheng et al. 2002] [275, Cheng 1997]

3.2.3.4 Predohrev spaľovacieho vzduchu

Opis

Predohrev spaľovacieho vzduchu pomocou tepla získaného z procesu/spalín.

Technický opis

Predohrev spaľovacieho vzduchu pomocou tepla získaného z procesu/spalín. To umožňuje prenos entalpie do spaľovacej komory, čím sa znižuje spotreba paliva a zvyšuje energetická účinnosť.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zvýšená energetická účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Vysoká prevádzková skúsenosť.

Medzizložkové vplyvy

Môže dôjsť k zvýšeniu tvorby termického NO_x.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použiteľné v rámci obmedzení spojených s kontrolou emisií NO_x.

Hospodárska únosnosť

Táto technika je ekonomická len v prípade, ak je k dispozícii dobrý zdroj tepla s nízkou hodnotou (napr. odpadové teplo z procesov, odvádzaná nízko tlaková para).

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenie 539.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.3.5 Pokročilé využitie materiálu**Opis**

Použitie pokrokových materiálov schopných pracovať pri vysokých teplotách pre zvýšenie účinnosti turbín (plynových/parných).

Technický opis

V zariadeniach na zemný plyn (NG) a v zariadeniach s integrovaným splyňovaním a kombinovaným cyklom (IGCC) prebieha spaľovanie s nadbytkom vzduchu, čím sa teplota plameňa zníži z približne 2 000 °C na ~1 400–1 500 °C, aby sa dalo použiť v plynových turbínach s Braytonovým cyklom. V konvenčných zariadeniach na spaľovanie uhlia sa teplota znižuje na ~600 °C, aby sa dalo použiť v parných turbínach. Toto zníženie kvality tepla je v rozpore s hlavným cieľom energetického priemyslu, ktorým je čo najväčšie zvýšenie teploty na horúcej strane, aby bola dosiahnutá vyššia účinnosť. Dôvodom odmietnutia najvyššej kvality tepla je nedostatok materiálov s dostatočne vysokou mechanickou pevnosťou a odolnosťou pri takýchto extrémnych teplotách, ktoré by mohli byť použité na komponenty turbínových strojov.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zvýšená energetická účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Údaje sú k dispozícii pre novo postavené elektrárne; sú špecifické pre proces spaľovania/palivo.

V zariadeniach spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie umožňuje použitie pokrokových materiálov dosiahnuť tlak pary až 300 barov a teplotu pary až 600 °C.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Platí pre nové zariadenia.

Hospodárska únosnosť

Hlavným obmedzením pokrokových materiálov sú vysoké náklady na takéto nové materiály.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.3.6 Dvojitý ohrev pary

Opis

Zlepšenie výkonu zariadenia je možné dosiahnuť dvojitým, namiesto jednoduchým cyklom ohrevu pary.

Technický opis

Výhoda použitia dvojitého ohrevu je ešte väčšia vďaka možnosti použitia ultra-superkritických tlakov a teplôt.

Dosiahnutý environmentálny prínos

Zvýšená tepelná účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

Informácie neboli poskytnuté.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Platí len pre nové zariadenia.

Hospodárska únosnosť

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenie 191.

Zariadenie 34 (Nordjyllandsværket 3).

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

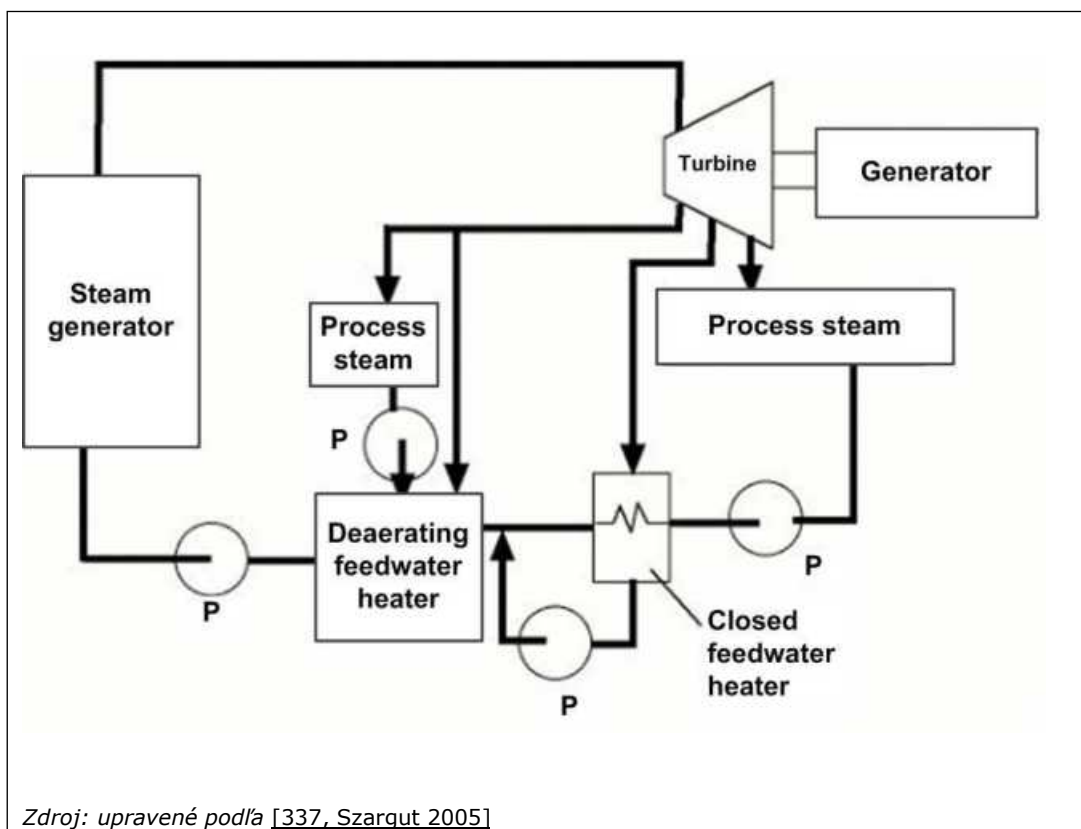
3.2.3.7 Predohrev napájacej vody pomocou spätne získaného tepla

Opis

Predohrev vody z parného kondenzátora pomocou spätne získaného tepla pred jej opätovným použitím v kotle.

Technický opis

V parných elektrárnach a zariadeniach s kombinovanou výrobou elektriny a tepla sa parný kondenzát, ktorý bol ochladený kondenzátorom, opätovne zahrieva buď parným prúdom odoberaným medzi stupňami parných turbín, alebo teplom odoberaným z spalín za predohrevom vzduchu kotla. Dodané teplo však zostáva vnútri systému.



Obrázok 3.54: Predohrev napájacej vody

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zvýšená tepelná účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

- Zvýšenie elektrickej účinnosti turbín o 0,8 – 0,9 percentuálneho bodu.
- Predohrev napájacej vody v zariadeniach spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie môže pozostávať až z 10 stupňov, čo vedie k teplote napájacej vody približne 300–320 °C.
- Zariadenie 191 (GT) má spalínový kotol s trojitým tlakovým ohrevom a okruhom predohrevu napájacej vody. Výsledkom je nízka teplota spalín (približne 75 °C) v komíne a zodpovedajúco nižšie straty komína.

Medzizložkové vplyvy

Ak sa teplo získava z spalín, existuje riziko korózie v dôsledku možnej kondenzácie, ak je teplota spalín príliš nízka. Táto teplota by sa mala udržiavať minimálne 20 °C nad bodom rosného bodu kyselín.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použiteľné len pre parné okruhy, nie pre horúce kotly.

Použiteľnosť na existujúcich jednotkách môže byť obmedzená v dôsledku obmedzení spojených s konfiguráciou zariadenia a množstvom využiteľného tepla.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenie 191.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.3.8 Pokročilý kontrolný systém

Opis

Účinnosť spaľovania je možné zvýšiť pomocou počítačových automatických systémov, ktoré zahŕňajú použitie vysoko výkonného monitorovania. Týmto zlepšením sa minimalizujú tepelné straty spôsobené nespálenými plynmi a prvkami v tuhých odpadoch a rezíduách zo spaľovania, napr. prostredníctvom škvary. Účinnosť kotla je optimalizovaná a množstvo nespálených látok a tvorba NO_x sa znižujú.

Technický opis

Meniace sa podmienky spaľovania a kvalita paliva spolu s meniacim sa zaťažením narúšajú spaľovanie. V dôsledku toho môže klesnúť účinnosť kotla a zvýšiť sa emisie spalín a hladina kyslíka. Pokročilé počítačové riadiace systémy zlepšujú účinnosť spaľovania pôsobením na/zohľadňovaním nasledujúcich premenných:

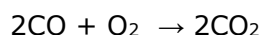
- teplota spaľovania;
- prebytok prívodného vzduchu;
- teplotný profil;
- teplota na výstupe zo spaľovacej komory;
- obsah kyslíka v spalínach;
- rovnováha NO_x/CO;
- prívod paliva;
- tlak pary v celej parnej sieti;
- pomer vzduchu a paliva v každom horáku alebo rade horákov.

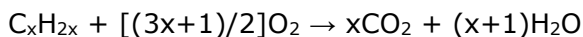
Ovplyvňovaním a monitorovaním týchto parametrov je možné zlepšiť spaľovanie, čím sa zvýši tepelná účinnosť, zníži množstvo nespáleného uhlíka v popole a znížia koncentrácie CO a NO_x v spalínach.

Emisie nespálených plynov, ktoré možno rozdeliť do dvoch hlavných skupín: oxid uhoľnatý (CO) a uhľovodíky (C_xH_y), možno znížiť pomocou pokrokových techník spaľovania. Emisie CO a nespálených uhľovodíkov sú dôsledkom neúplného spaľovania a môžu byť spôsobené príliš nízkymi teplotami spaľovania, príliš krátkou dobou zotrvania v spaľovacej zóne alebo neefektívnym zmiešaním paliva a spaľovacieho vzduchu, čo vedie k lokálnemu nedostatku kyslíka.

Oxid uhoľnatý je najdôležitejší nespálený plyn. Je to stabilná zlúčenina aj pri vysokých teplotách, ak nie je prítomný kyslík. Uhľovodíky sa naopak môžu pri vysokých teplotách v atmosfére s nízkym obsahom kyslíka rozkladať a tvoriť sadze. Vo všeobecnosti môžu emisie nespálených uhľovodíkov vzniknúť, ak sa súčasne vyskytuje zóna s nízkou teplotou spaľovania a neefektívne zmiešavanie paliva a vzduchu. Takéto podmienky sú však vo veľkých moderných spaľovacích zariadeniach zriedkavé.

Motory a turbíny môžu byť vybavené katalyzátormi (zvyčajne z drahých kovov, ako je paládium alebo platina), kde oxidácia premieňa oxid uhoľnatý (CO) a nespálené uhľovodíky (UHC) na CO₂ a vodnú paru pomocou O₂ obsiahnutého v spalínach:





Katalyzátor na báze paládia je veľmi citlivý na nečistoty v spalínach (preto je nevyhnutné používať zemný plyn alebo čistý destilovaný olej) a môže sa rýchlo deaktivovať. Miera redukcie NMVOC závisí od obsahu uhľovodíkových zlúčenín v spalínach. Alkány s kratším reťazcom, metán, etán a propán, sú stabilné molekuly a ťažko sa oxidujú (najťažšie sa oxiduje metán, potom etán a nakoniec propán).

Emisie nespálených plynov ovplyvňuje viacero parametrov. Emisie nespálených plynov sú zvyčajne najvyššie, ak existujú problémy s reguláciou pomeru paliva a vzduchu v spaľovacej komore alebo ak kvalita paliva nie je homogénna (ako je to v prípade odpadu alebo biomasy). Uhlie s nízkou reaktivitou a obsahom prchavých látok (antracity) má tendenciu zvyšovať emisie nespálených plynov. Vyššie emisie môžu byť tiež dôsledkom nízkej teploty spaľovania, spôsobenou použitím paliva nízkej kvality, čiastočným zaťažením alebo poruchou horáka.

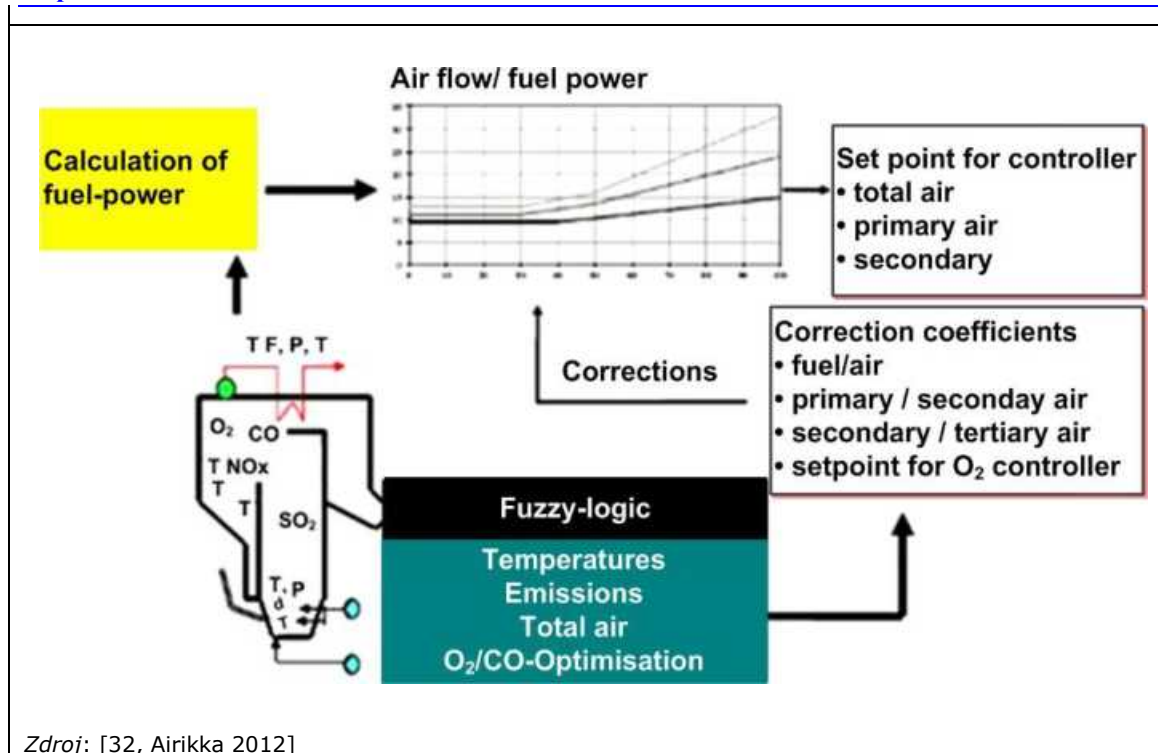
Niektoré opatrenia na zníženie emisií NO_x, ako napríklad spaľovanie s nižším prebytkom vzduchu alebo silným stupňovaním vzduchu, môžu zvýšiť emisie nespálených plynov. V týchto prípadoch je potrebné zdôrazniť dôležitosť zabezpečenia efektívneho zmiešavania vzduchu a paliva v spaľovacom systéme. Zníženie NO_x metódou SNCR môže tiež spôsobiť vyššie emisie CO. Emisie CO možno znížiť zvýšením prívodu vápenca v kotloch s fluidným spaľovaním.

Podobne ako v prípade nákladov na zníženie emisií NO_x nie je možné odlíšiť náklady na tieto opatrenia od celkových investícií. Ak existujú problémy s nespálenými plynmi v existujúcej elektrárni, prípad sa musí posúdiť samostatne a možné výdavky sa musia jasne uviesť v hodnotení uskutočniteľnosti.

Použitie primárnych opatrení, či už pre čierne uhlie alebo hnedé uhlie, má tendenciu spôsobiť neúplné spaľovanie, čo vedie k vyššej úrovni nespáleného uhlíka v popolčeku a k určitým emisiám oxidu uhoľnatého. S dobrým návrhom a kontrolou spaľovania sa týmto negatívnym vplyvom dá väčšinou predísť. Množstvo nespáleného uhlíka v popole sa líši v závislosti od paliva a je zvyčajne o niečo vyššie ako bez primárnych opatrení. Pri väčšine možností využitia popolčeka je množstvo nespáleného uhlíka v popolčeku nižšie ako 5 – 10 %. Množstvo nespáleného uhlíka nižšie ako 5 % je možné zvyčajne dosiahnuť, ale pri niektorých druhoch uhlia len za cenu o niečo vyšších emisií NO_x. Primárne opatrenia na zníženie NO_x majú vplyv aj na celkovú energetickú účinnosť procesu. Ak spaľovanie zostáva neúplné, energetická účinnosť zostáva nižšia. Bežný nárast množstva nespáleného uhlíka v dôsledku spaľovania s nízkymi emisiami NO_x má negatívny vplyv na účinnosť jednotky v rozsahu približne 0,1 – 0,3 percentuálneho bodu.

Účinnosť kotla a tvorba NO_x závisia do veľkej miery od správneho rozloženia paliva a vzduchu v spaľovacej komore. Efektívny systém riadenia umožňuje meranie koncentrácie plynu vo vnútorných častiach spaľovacej komory, najmä v blízkosti horákov.

Obrázok 3.55 znázorňuje princípy pokročilého radiaceho systému aplikovaného na kotol na biomasu s výkonom 60 MW_{th}.



Obrázok 3.55: Pokročilý kontrolný systém používaný v závode Billerud AB Karlsborg, Švédsko

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zvýšená tepelná účinnosť.
- Zníženie emisií látok znečisťujúcich ovzdušie (NO_x , CO , TOC).
- Nízky obsah nespáleného uhlíka v popole.
- Nižšie riziko tvorby dioxínov (a ich prekursorov) vďaka stabilnejšiemu procesu v spaľovacej komore.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Vysoká prevádzková skúsenosť.

Všeobecne platí, že emisie CO z kotlov spaľujúcich medzinárodné uhlie je možné udržať pod hranicou 50 mg/Nm^3 ak je spaľovanie dobre kontrolované. Emisie uhlíkovodíkov v moderných kotloch elektrární sú zanedbateľné, zvyčajne pod hranicou 5 mg/Nm^3 .

Tabuľka 3.39 uvádza dosiahnuté environmentálne prínosy súvisiace s implementáciou pokrokových systémov riadenia procesov.

Tabuľka 3.39: Výsledky v oblasti životného prostredia dosiahnuté vďaka optimalizátoru spaľovania (pokročilé riešenie riadenia procesov od spoločnosti Metso)

Rok	Zákazník	Krajina	Palivo	Výsledky
1996	Rovaniemi energy	Fínsko	Rašelina	Znížené emisie NO _x a tepelné straty spalín
1998	SE Kaukopää	Fínsko	Biopalivá	Hladiny CO sa znížili o 67 %, emisie NO _x o 18 % a výstupný O ₂ o 5 %.
1999	SE Anjalankoski	Fínsko	Bio, RDF	Nadbytok NO CO obmedzený, NO _x znížený o 30 %
2003	MB Kemi	Fínsko	Biopalivá	Zvýšenie tepelnej účinnosti o 1 percentuálny bod; emisie NO _x znížené o 30 %
2004	SE Kemi	Fínsko	Biopalivá	Zníženie emisií NO _x , CO a tepelných strát spalín
2005	E.ON Kemsley	Spojené kráľovstvo	Odpadový kal	Spaľovanie odpadu sa zvýšilo o 10 %
2007	Toppila I	Fínsko	Rašelina	Zvýšená stabilita pri použití palív nízkej kvality
2008	Billerud Karlsborg	Švédsko	Biopalivá	Zníženie emisií NO _x , CO ₂ a O ₂ v spalínach
2009	Dalkia Facture	Francúzsko	Biopalivá	
Zdroj: [32, Airikka 2012]				

Medzizložkové vplyvy

Žiadne.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použiteľnosť v starých spaľovacích zariadeniach môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho a/alebo radiaceho systému (systémov).

Hospodárska únosnosť

Špecifické pre danú zariadenie.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Pozri tabuľku 3.39.

Zariadenie na spaľovanie uhlia Komati v Južnej Afrike a Irsching CCGT (zariadenie 136). Zariadenia spaľujúce uhlie a spoluspaľujúce odpad (zariadenia 121 a 142).

Referenčná literatúra

[3, LCP TWG 2012] [32, Airikka 2012] [23, Fínsko 2012]

3.2.3.9 Akumulácia tepla (skladovanie tepla) v režime KVET alebo v režime len na vykurovanie**Opis**

Akumulácia tepla v režime KVET. Je možné ju použiť aj len v kotloch.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Znížené emisie.
- V prípade kotlov len na vykurovanie je možné vyhnúť sa aj používaniu kotlov na plyné palivo alebo ťažký vykurovací olej s maximálnym zaťažením.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Úvahy o použiteľnosti

Použiteľné pre nové a existujúce zariadenia. Použiteľnosť môže byť obmedzená v prípade nízkej spotreby tepla.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Akumulátor umožňuje kotlom určeným výlučne na vykurovanie (napr. kotlom na plyn, olej, ťažký vykurovací olej, biomasu) a zariadeniam na kombinovanú výrobu elektriny a tepla (napr. kotlom na biomasu) udržiavať nízke emisie aj pri kolísavom zaťažení.

Príklady zariadení

Zariadenia vo Švédsku a Fínsku.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.3.10 Integrovaný cyklus kombinovaného spaľovania (IGCC)

Pozri kapitolu 4.

3.2.3.11 Spaľovanie v kombinovanom cykle

Opis

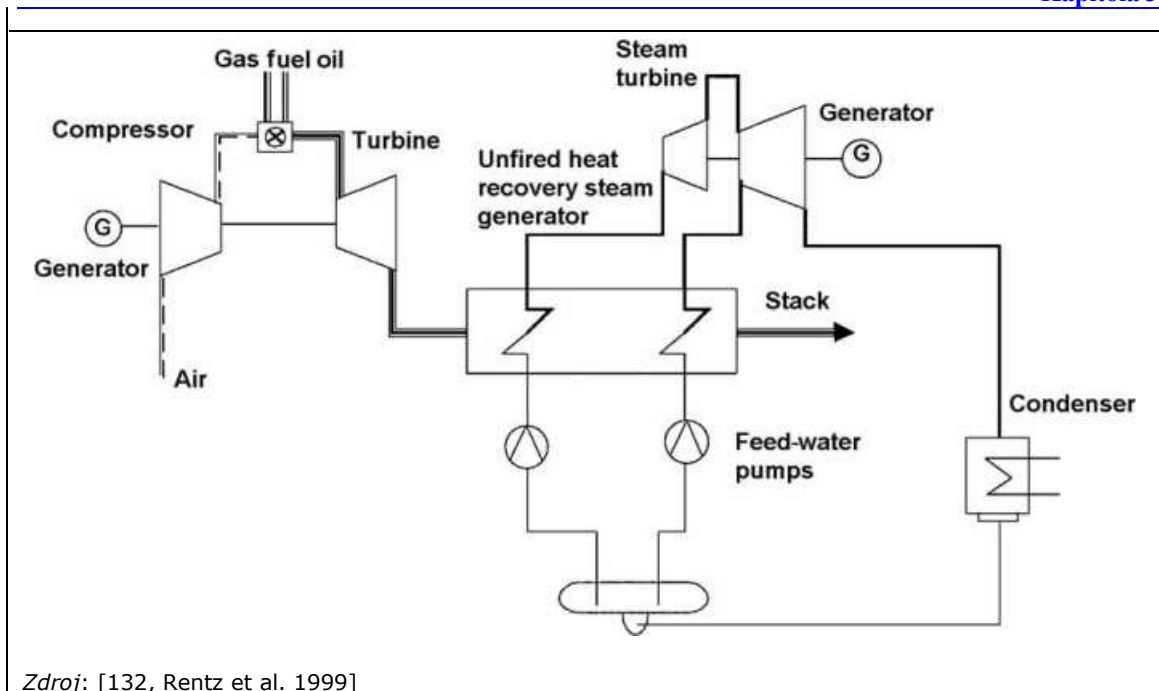
Kombinácia dvoch alebo viacerých termodynamických cyklov, napr. Braytonovho cyklu (plynová turbína/spaľovací motor) s Rankinovým cyklom (parná turbína/kotol), na premenu tepelnej straty z spalín prvého cyklu na užitočnú energiu v nasledujúcich cykloch.

Technický opis

Výfukové plyny z plynových turbín alebo motorov majú zvyčajne teplotu 430 – 630 °C, v závislosti od typu turbíny/motora a podmienok okolia. Tento horúci plyn je vedený do spalínového kotla (HRSG), kde sa používa na výrobu pary, ktorá sa potom rozširuje v parnej turbínovej elektrárni, v zásade podobne ako v kondenzačnej elektrárni.

V dnešných plynových turbínach s kombinovaným cyklom (CCGT) približne dve tretiny výkonu pochádzajú z plynových turbín a zvyšná tretina z parných turbín.

Ako palivo sa zvyčajne používa zemný plyn alebo plynový olej, ale je možné použiť aj uhlie v splyňovacej prevádzke, ktorú bude potrebné inštalovať pred plynovou turbínou (pozri kapitolu 4). Schematický náčrt kombinovaného cyklu bez technológie doplnkového spaľovania (HRSG) je uvedený na obrázku 3.56.



Obrázok 3.56: Schéma elektrárne s kombinovaným cyklom so spalínovým kotlom (HRSG)

Konfigurácia s viacerými hriadeľmi sa používa najmä vo fázovaných inštaláciách, v ktorých sú plynové turbíny inštalované a prevádzkované pred prevádzkou parného cyklu a kde je zámerom prevádzkovať plynové turbíny nezávisle od parného systému. Systémy s kombinovaným cyklom s viacerými hriadeľmi majú jeden alebo viac generátorov plynových turbín a HRSG, ktoré dodávajú paru cez spoločný rozdeľovač do samostatnej jednotky generátora parnej turbíny.

Systémy obtoku výfukových plynov, ktoré sa používajú v systémoch s kombinovaným cyklom s viacerými hriadeľmi na zabezpečenie rýchleho spustenia a vypnutia a flexibility prevádzky, nie sú potrebné v systémoch s jedným hriadeľom ani v systémoch s viacerými hriadeľmi s jednou plynovou turbínou a jednou parnou turbínou.

HRSG sú zvyčajne konvekčné výmenníky tepla vybavené rebrovými rúrkami, ktoré vymieňajú teplo z výfukových plynov do parného cyklu. Výfukové plyny sa ochladzujú čo najviac, aby sa dosiahla najvyššia účinnosť. Teplota je obmedzená kvôli riziku korózie spôsobenej možnou kondenzáciou kyslých (sírových) produktov z výfukových plynov. Pri spaľovaní zemného plynu sa teplota výfukových plynov 100 °C považuje za normálnu.

HRSG sú konštruované v horizontálnej a vertikálnej konfigurácii. Voľba závisí od priestorových požiadaviek a/alebo preferencií klienta. Oba typy sú široko používané.

Keďže zemný plyn aj plynový olej sú veľmi čisté palivá a umožňujú takmer úplné spaľovanie v spaľovacích komorách plynových turbín, v elektrárnach CCGT nevznikajú žiadne problémy s popolom, uhlíkom alebo SO_2 . Jediným problémom je NO_x , ktorý sa v moderných elektrárnach reguluje pomocou špeciálnych horákov s nízkymi emisiami NO_x a niekedy aj pomocou SCR pridaného do HRSG. V starších horákoch sa NO_x dá regulovať pomocou vody alebo pary vstrekovanej do horákov, ale to je na úkor tepelného výkonu elektrárne.

Keďže menej ako tretina kyslíka vo vzduchu vstupujúcom do plynových turbín sa spotrebuje na spaľovanie v spaľovacej komore plynových turbín, je možné doplnujúce spaľovanie paliva vo výfukových plynov plynových turbín. Dodatočné spaľovanie je možné použiť aj v stacionárnych motoroch. V moderných CCGT to spôsobuje mierny nárast tepelného výkonu pri výrobe elektriny. V priemyselnom kogeneračnom prevádzke sa však často používa ako prostriedok na reguláciu výroby pary v HRSG nezávisle od výkonu plynových turbín. V kogeneračných aplikáciách dodatočné spaľovanie tiež zlepšuje celkovú účinnosť výroby tepla a elektriny.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zvýšená tepelná účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

V elektrárnach s kombinovaným cyklom vyrábajú plynové turbíny energiu s účinnosťou približne 33 – 38 %. Za posledných 20 rokov sa tepelná účinnosť elektrární CCGT znížila z 2,2 na 1,7, t. j. účinnosť LHV vzrástla z 45 % na 60 %. Plynové turbíny v súčasnosti stále prechádzajú rýchlym vývojom a v blízkej budúcnosti by mala byť možná tepelná účinnosť CCGT pod 1,61 (účinnosť nad 62 %). Skúsenosti z uvedenia do prevádzky však naznačujú, že dosiahnutie veľmi vysokej predpokladanej účinnosti je náročné.

Medzizložkové vplyvy

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Úvahy o použiteľnosti

Všeobecne použiteľné.

Hospodárska únosnosť

Veľkou prednosťou elektrární CCGT je ich nízka tepelná účinnosť a nízke investičné náklady, vďaka čomu sú CCGT konkurencieschopné napriek vysokým nákladom na zemný plyn.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Pozri kapitolu 7.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.3.12 Dodatočné spaľovanie v nadradenom cykle

Opis

V nadradenom cykle sa horúce spaliny z plynových turbín používajú ako spaľovací vzduch v konvenčných elektrárnach s parnými kotlami na uhlie alebo plyn. Existuje niekoľko možností integrácie tohto cyklu do procesu konvenčnej elektrárne.

Technický opis

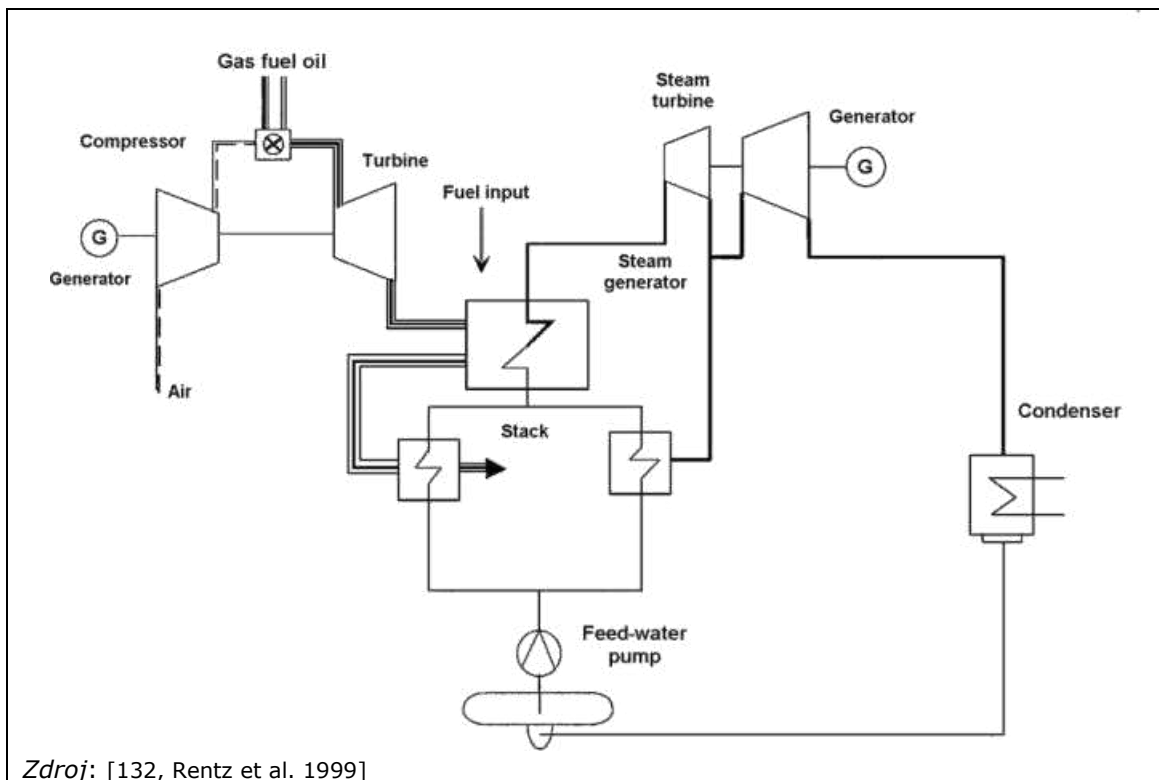
Hoci je táto integrácia realizovateľná v nových konštrukciách, nadradené cykly sa v minulosti zvyčajne používali ako možnosti repoweringu na zlepšenie účinnosti existujúcich elektrární a/alebo na zvýšenie kapacity dodávky tepla kogeneračných elektrární. Myšlienka kombinovaných cyklov na repowering uhoľných elektrární vznikla z potreby zlepšiť účinnosť jednoduchého „Braytonovho“ (Jouleovho) cyklu využitím odpadového tepla v výfukových plynach turbíny. Ide o prirodzené riešenie, pretože plynová turbína je stroj s relatívne vysokou teplotou a parná turbína kotla je stroj s relatívne nízkou teplotou. V kontexte existujúcich zariadení na spaľovanie uhlia sa spaľovanie v kombinovanom cykle bežne označuje ako repowering.

Hlavnými cieľmi modernizácie sú [82, Ciemat, 2000]:

- zvýšenie výkonu;
- zlepšiť výkon;
- zlepšiť využitie inštalovaných zariadení;
- dosiahnutie väčšej prevádzkovej flexibility;
- zvýšenie spoľahlivosti a dostupnosti;

- znížiť prevádzkové a údržbové náklady;
- predĺžiť životnosť zariadenia;
- znížiť emisie a objem rezíduí.

Schematický náčrt tejto technológie je znázornený na obrázku 3.57.



Obrázok 3.57: Schéma nadradeného cyklu v zariadení

V cykle s odparovaním nie sú potrebné predohrievače vzduchu, ktoré predtým ohrievali vstupný vzduch, a mali by sa odstrániť. Plynová turbína sa zvyčajne vyberá s približne rovnakým prietokom výfukových plynov ako je projektovaný prietok spaľovacieho vzduchu kotla. Vzhľadom na nižší obsah kyslíka vo výfukových plynov plynovej turbíny (v porovnaní s normálnym spaľovacím vzduchom) sa v existujúcom kotle môže spaľovať menej paliva. To má za následok nižšiu priemernú teplotu kotla a následne nižšiu produkciu pary v kotle. Teplota spalín na výstupe z radiačnej časti kotla bude približne rovnaká ako v existujúcej situácii. To má za následok prebytok tepla pri nižších teplotách. Na využitie tohto prebytku tepla je potrebné do kotla nainštalovať vysokotlakový a nízkotlakový ekonomizér. V týchto ekonomizéroch (paralelne s existujúcimi predohrevmi napájacej vody) sa časť napájacej vody predhreje, čím sa zníži množstvo odsávanej pary z parnej turbíny. Elektrický výkon plynových turbín je 20 – 25 % celkového výkonu elektrárne.

Nadradený cyklus s ohrevom napájacej vody

Táto konfigurácia procesu je kombináciou dvoch vyššie uvedených kombinovaných cyklov. Tu sa časť kondenzátu a napájacej vody predhrieva v spalinovom kotli. Plynová turbína alebo piestový motor HRSG je prepojený s parnou turbínou/parným generátorom, ale len na strane vody/pary; nenastáva teda nahradenie spaľovacieho vzduchu výfukovými plynmi plynovej turbíny alebo piestového motora. Piestové motory sú vhodné na predohrev napájacej vody s nízkym tlakom.

Pri použití ohrevu napájacej vody sa výfukové plyny hnacieho motora (plynovej turbíny alebo piestového motora) ochladzujú vo výmenníkoch tepla predohrevom napájacej vody. Vo všeobecnosti sa inštalujú dva výmenníky tepla (alebo reťazce), jeden pre ohrev napájacej vody s nízkym tlakom a druhý pre ohrev napájacej vody s vysokým tlakom. Výmenníky tepla sú vybavené paralelne s existujúcimi (parou napájanými) predohrevmi napájacej vody.

Odvod tepla z hnacieho motora je možné eliminovať alebo znížiť, čo vedie k zvýšeniu výkonu hnacieho motora. To znamená, že teplo vo výfukových plynách hnacieho motora prispieva v plnej miere k výkonu a účinnosti jednotky. Zdá sa, že najlepšie riešenie s ohrevom napájacej vody sa dosiahne s hnacím motorom s vysokou účinnosťou a dostatočnou tepelnou kapacitou na dosiahnutie úplného ohrevu napájacej vody v spodnom cykle.

Zvýšenie výroby energie je však obmedzené prietokovou kapacitou parnej turbíny a menovitým výkonom generátora.

Porovnanie kapacity systému predohrevu jednotky s teplotou dostupnou vo výfukových plynách plynových turbín určuje počet potrebných hnacích strojov a konečné zvýšenie tepelnej kapacity.

Zvýšená flexibilita (výroba elektrickej energie verzus výroba tepelnej energie) je dôležitou výhodou, ktorú prinášajú opísané úpravy. Parná elektrárňa môže pracovať nezávisle od hnacieho motora. Flexibilita je však obmedzená maximálnym povoleným prietokom cez nízkotlakovú parnú turbínu.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zvýšená tepelná účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

V rôznych aplikáciách sa používajú rôzne typy plynových turbín s dopĺňacím cyklom s výkonom až 765 MW_e (1 600 MW_{th}), ktoré môžu dosahovať účinnosť až 48 %. Dvojstupňový proces spaľovania je možné vytvoriť aj využitím výfukových plynov z plynových turbín v existujúcich kotloch, čo vedie k značnému zníženiu emisií NO_x. V jednom prípade sa v Holandsku podarilo dosiahnuť zníženie emisií NO_x o 50 %.

Zvýšenie účinnosti s možnosťou ohrevu napájacej vody je približne 2 – 5 %, v závislosti od hnacieho stroja a existujúcej kapacity parnej turbíny. Keďže doplnkový cyklus s ohrevom napájacej vody nemá vplyv na proces spaľovania kotla, emisie kotla tiež nie sú ovplyvnené. Celkové emisie sú ovplyvnené príspevkom výfukových plynov hnacieho stroja.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použiteľné pre kotly.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.3.13 Modernizácia parnej turbíny a ďalších komponentov

Opis

Modernizácia parnej turbíny (ST) a/alebo iných komponentov zariadenia s cieľom zvýšiť energetickú účinnosť.

Technický opis

Všeobecne možno energetickú účinnosť zvýšiť prostredníctvom týchto opatrení:

- prevádzka pri najvyššom možnom tlaku a teplote stredotlakovej pary, vrátane opakovaného prehrievania pary na zvýšenie čistej elektrickej účinnosti;
- prevádzka pri najvyššom možnom poklese tlaku na strane nízkotlakovej parnej turbíny prostredníctvom najnižšej novej teploty chladiacej vody (chladenie čerstvou vodou);
- pridanie ďalšej nízkotlakovej turbíny;
- zlepšenie geometrie lopatiek turbín, napr. zmenou lopatiek turbín na trojrozmerné lopatky počas pravidelných intervalov údržby.

Dodatočná nízkotlaková parná turbína (konštrukcia s dvoma hriadeľmi) zvyšuje výstupnú plochu turbíny existujúceho turbogenerátora. Týmto opatrením je možné znížiť neovplyvnené straty na výstupe parnej turbíny. Para pre dodatočnú nízkotlakovú turbínu je dodávaná hlavnou turbínou. Až do zaťaženia približne 50 % je existujúca výstupná plocha dostatočná a optimálna pre proces (prevádzka s dodatočnou nízkotlakovou turbínou by v tomto prípade znížila účinnosť). Pri prevádzke s zaťažením vyšším ako 50 % sa však používa dodatočná turbína. Pomocou tohto špeciálneho prevádzkového režimu je možné optimalizovať straty na výstupe turbíny.

Dosiahnutý environmentálny prínos

Zvýšená energetická účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Dodatočný nízkotlakový ST pri prevádzke s plným zaťažením zvyšuje výstupný výkon až o 5 percentuálnych bodov (pri konštantnom prietoku paliva) znížením strát na výstupe parnej turbíny. Výmena lopatiek parnej turbíny môže viesť k zvýšeniu elektrickej účinnosti o približne 1 percentuálny bod (pozri zariadenie 138V).

Vplyv ďalších modernizácií komponentov na energetickú účinnosť je uvedený v tabuľke 3.40.

Tabuľka 3.40: Vplyv renovácií a modernizácií komponentov na účinnosť elektrárne

Opatrenie	Zlepšenie účinnosti	Poznámky
Výmena/modernizácia horákov	Až o 4–5 percentuálnych bodov	Špecifické hľadiská daného miesta (možnosť dodatočnej montáže)
Zlepšenie ekonomizéra	Zvýšenie teploty spalín o 40 °F zodpovedá strate účinnosti približne 1 percentuálny bod.	
Zlepšenie predohrevu vzduchu	Pokles teploty plynu o 300 °F predstavuje zlepšenie o približne 6 percentuálnych bodov	
Optimalizácia spaľovania	0,5–3,0 percentuálneho bodu	Na báze neurónovej siete
Meracie a regulačné prístroje	0,5–3,0 percentuálnych bodov (okrem optimalizácie)	
Zníženie tvorby škvary a znečistenia povrchov na prenos tepla	1–3 percentuálne body	Špecifické pre dané miesto; veľký vplyv má kvalita paliva a prevádzkové podmienky
Zníženie úniku vzduchu	1,5–3,0 percentuálnych bodov	Vyžaduje rutinné postupy údržby
Zdroje: [53, UNEP 2010] [214, EEB 2013]		

Medzizložkové vplyvy

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Modernizácia lopatiek turbíny je všeobecne použiteľná v existujúcich elektrárnach.

Prídavok nízkotlakového ST je použiteľný pre parné turbíny s veľmi vysokými stratami výfukových plynov; je potrebný dostatočný priestor.

Kľúčovou podmienkou je dostupnosť chladenia a výsledné vákuum kondenzátora na výstupe parnej turbíny.

Použiteľnosť môže byť obmedzená podmienkami dopytu/parou a/alebo obmedzenou životnosťou elektrárne.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenie 138V (výmena lopatiek).

Zariadenie 131V (pridanie nízkotlakového ST). Zariadenie 168 (modernizácia ST).

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.3.14 Parametre (ultra-) superkritickej pary

Opis

Prevádzka s parametrami superkritickej (SC) a ultra-superkritickej (USC) pary poskytuje najvyššiu účinnosť (čo vedie k najnižšej možnej spotrebe paliva a nákladom na palivo a najnižším celkovým emisiám) minimalizovaním nákladov na energetické palivo. Parametre SC pary sú: tlak nad 220,6 bar a teplota nad 374 °C. Parametre USC pary nie sú jasne definované. Ako referenčné hodnoty sa často používajú nasledujúce úrovne: tlak nad 250–300 barov a teplota nad 580–600 °C.

Technický opis

Zvýšenie parametrov pary (para SC) je ďalším spôsobom, ako zvýšiť účinnosť, ak nie je možné použiť režim Kvet. Táto technológia zahŕňa systém na rozprašovanie tuhého paliva na prach a systém podávania paliva na spaľovanie v horákoch s nízkymi emisiami NO_x s tangenciálnym alebo stenovým usporiadaním vo vodou chladenej peci. Tradičným palivom je uhlie, ktoré možno kombinovať s NG, HFO/plynovým olejom alebo biomasou.

Tlak ~180 bar a prehriata/opätovne zahriata teplota 540/565 °C predstavujú konštrukčné limity v kotloch s prirodzenou cirkuláciou bubnového typu pre tlak a teplotu pary. Pri týchto limitoch môže elektrická účinnosť jednotky dosiahnuť približne 42 % (na základe LHV). Na zvýšenie účinnosti bolo zavedené dvojité opätovné zahrievanie pary. Na ďalšie zvýšenie účinnosti sú potrebné podmienky SC pary.

„Kritický bod“ látky je jasne definovaný termodynamický parameter. V prípade vody sa podmienky SC dosahujú v bode, kde sa voda mení na paru bez varu a bez pridania latentného tepla.

Kotly sa dodávajú s výkonom od 400 MW_e do 1 100 MW_e.

Ďalší rozvoj tejto technológie je zabezpečený vďaka neustálemu vývoju nových materiálov odolných voči vysokým teplotám.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zvýšená tepelná účinnosť.
- Odpad: v porovnaní s kotlom SC alebo subkritickým kotlom nevznikajú žiadne nové druhy odpadu, ale vyššia účinnosť vedie k nižšej spotrebe paliva a nižšej produkcii vedľajších produktov, ako sú CO₂ (spaliny), sadze z odsírovania, NO_x, škvara a popol.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Vďaka použitiu (ultra-) superkritických parametrov pary na zvýšenie účinnosti, ako je dvojitý opätovný ohrev, a najmodernejších vysokoteplotných materiálov, boli postavené kondenzačné elektrárne spaľujúce uhlie a/alebo hnedé uhlie s projektovanou energetickou účinnosťou 48 % s priamym vodným chladením.

Tepelná účinnosť a úroveň efektívnosti najnovších kondenzačných elektrární spaľujúcich uhlie alebo hnedé uhlie (spaľovanie práškového uhlia alebo hnedého uhlia v DBB alebo WBB) s priamym vodným chladením (s kapacitou nad 300 MW_{th}) sa pohybuje medzi 2,3 a 2,2 (43 % a 47 %) pri použití superkritických parametrov pary.

Najvyššia účinnosť sa dosahuje pri extrémne vysokých parametroch pary používaných v elektrárnach s základným zaťažením. Elektrárne s vrcholovým zaťažením s častými spúšťacími cyklami musia byť navrhnuté s nižšími parametrami pary, čo má za následok nižšiu účinnosť.

Použitie dvojitého cyklu opätovného ohrevu zvyšuje čistú elektrickú účinnosť o približne 0,8 percentuálneho bodu.

Dosiahnuteľné zlepšenie účinnosti je približne 1 % (relatívne) za každý 20 °C nárast teploty ohrevu a 0,2 % (relatívne) za 10 bar nárast tlaku.

Prechod z podkritických na superkritické parametre pary spôsobí zvýšenie čistej účinnosti cyklu z 38 % na 45 – 47 %, čo zodpovedá zníženiu spotreby uhlia o 16 % na výrobu jednej jednotky elektrickej energie. V prípade špecializovaného využitia biomasy sa dosiahne o niečo nižšia účinnosť v dôsledku obmedzenia údajov o pare a iných technických obmedzení.

Najúčinnejšia uhoľná jednotka na svete (Nordjyllandsværket) je v prevádzke od roku 1998 s dokumentovanou čistou účinnosťou 47 % a dostupnosťou presahujúcou 98 %.

Očakáva sa, že s technológiou a materiálmi, ktoré sú v súčasnosti k dispozícii, je za správnych okolností možné dosiahnuť účinnosť až 49 %.

Medzizložkové vplyvy

Kotol USC v porovnaní s kotlom SC alebo subkritickým kotlom nepredstavuje žiadne významné problémy. Technológia a konštrukcia sú dnes dobre overené, aspoň do 305 barov a 610 °C.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

- Použiteľné pre nové jednotky ≥ 600 MW_{th} prevádzkované $> 4\,000$ h/rok.
- Neplatí, ak je účelom jednotky výroba pary s nízkou teplotou a/alebo tlakom v spracovateľskom priemysle.
- Neplatí pre plynové turbíny a motory vyrábajúce paru v režime KVET.
- V prípade jednotiek spaľujúcich biomasu môže byť použiteľnosť obmedzená koróziou pri vysokých teplotách v prípade určitých druhov biomasy.

Hospodárska únosnosť

V prípade, že súpravy parných turbín nie sú prispôsobené, očakáva sa podstatný nárast investičných nákladov na parnú turbínu, a preto modernizácia s dvojitém ohrevným cyklom nemusí byť nutne rentabilná v každom zariadení.

Táto technológia je konkurencieschopná hlavne pre väčšie tepelné elektrárne, typicky kotly s produkciou pary väčšou ako 1 000 t/h, čo zodpovedá približne 350 MW_e.

Keďže kotly USC sú určené pre elektrárne s väčšími požiadavkami na výstupný výkon, uhlie je zvyčajne najúspornejšou možnosťou primárneho paliva.

Hnacie sily implementácie

Účinnosť a náklady sú vo všeobecnosti hlavnými hnacími silami investícií do (ultra-) superkritickej technológie.

Životné prostredie / Politika / Technológia čistej uhlia: očakáva sa, že podstatná časť svetového rastu výroby elektrickej energie bude aspoň v najbližších 20 – 30 rokoch založená na uhlí. Zároveň existuje požiadavka na zníženie škodlivých emisií z uhoľných elektrární a tiež rastúci dopyt po obmedzení emisií skleníkových plynov (CO₂). Súčasný prístup k riešeniu týchto požiadaviek sa nazýva „technológia čistej uhlia“. Ultra-superkritický (USC) energetický cyklus je jedným z najobľúbenejších riešení.

Príklady zariadení

Zariadenie 27 (Avedore 2, DK)).

Zariadenie 34

(Nordjyllandsværket, DK).

Zariadenie 253 (Torrevaldaliga, IT).

Zariadenie 116 (Niederaußem, DE).

Od roku 2011 bolo v Európe spustených niekoľko projektov s parametrami prehriatej pary 27,2 MPa, 600 °C / 5,5 MPa, 605 °C a účinnosťou > 43 %: Walsum 10, Boxberg R, Neurath BOA 2 a 3, Ledvice atď. Prvé dve zariadenia mali problémy s materiálom a museli zmeniť zliatinu T24 na bežnejšiu, čím sa znížila dosiahnuteľná energetická účinnosť. Aj posledné dve zariadenia mali problémy a meškania pri uvedení do prevádzky, ale boli postavené s použitím zliatiny T24. [215, CZ 2013] [216, E&P 2013]

Referenčná literatúra

[3, LCP TWG 2012] [217, Poulsen 2005] [218, Bendixen 2003] [219, IEA 2008] [220, IEA 2010] [221, Kaplan 2008] [222, Svetová banka 2008].

3.2.3.15 Kondenzátor spalín

Opis

Kondenzátor spalín je výmenník tepla, v ktorom sa spätný tok vody z diaľkového vykurovania predhrieva spalínami, než sa zahreje v parných kondenzátoroch. Obsah pary v spalínach sa tak kondenzuje, keď sa ochladzuje vodou z diaľkového vykurovania. Kondenzátor spalín sa používa na zvýšenie energetickej účinnosti spaľovacej jednotky aj na čistenie spalín.

Technický opis

Teplé (napr. 180 °C) mokré spaliny sa ochladzujú (napr. spätnou vodou z systému diaľkového vykurovania). Teplota spalín klesne na 55 °C a zároveň sa zo spalín kondenzuje voda. Na druhej strane (strane diaľkového vykurovania) kondenzátora spalín sa voda z diaľkového vykurovania ohrieva na približne 60 °C.

Z kondenzátora spalín je možné získať približne 20 % dodatočnej energie (v závislosti od vlhkosti paliva) bez zvýšenej spotreby paliva. Zároveň sa spaliny čistia od prachu a iných znečisťujúcich látok, ako sú kyslé plyny.

Účinnosť kondenzátora spalín závisí hlavne od obsahu vlhkosti v palive a od teploty vody v diaľkovom vykurovaní. Pri kotle s výkonom 90 MW môže kondenzátor pri plnom zaťažení poskytovať až 25 – 30 MW tepelnej energie. Tento efekt sa však môže znížiť obídením vody z diaľkového vykurovania okolo kondenzátora, čo sa zvyčajne robí v lete, keď zaťaženie diaľkového vykurovania klesne pod minimálne zaťaženie kotla. Toto opatrenie môže byť potrebné aj v obdobiach, keď kotol pracuje nad minimálnym zaťažením (ale pod maximálnym zaťažením), napr. keď sa uprednostňuje výroba elektriny, pretože výroba elektriny je inak obmedzená zaťažením diaľkového vykurovania (nie je k dispozícii žiadne iné chladenie).

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zvýšená celková energetická účinnosť.
- Znížená špecifická spotreba paliva.
- Znížené emisie prachu, kovov viazaných na častice a SO_x.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

Informácie neboli poskytnuté.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Táto technika je použiteľná v zariadeniach, kde existuje možnosť využitia veľkého množstva tepla s nízkou teplotou (< 60–65 °C).

Ak technika zahŕňa kondenzáciu spalín pod ich rosným bodom, vyžaduje použitie vhodných materiálov, ako je nehrdzavejúca oceľ.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenia 453, 454, 455, 456, 470, 472 a 473.

Referenčná literatúra

[223, Cortina 2006]

3.2.3.16 Emisie do ovzdušia z chladiacej veže

Opis

Emisie do ovzdušia cez chladiacu vežu a nie cez špeciálny komín.

Technický opis

Vyčistené spaliny sú vypúšťané za systémom odsírovania spalín cez chladiacu vežu. V tomto procese je čistý plyn dodávaný do chladiacej veže cez potrubie vystužené sklenenými vláknami nad distribučnou úrovňou a úplne zmiešaný s chladiacou vodou tak, aby sa zabránilo kontaktu so stenami chladiacej veže. V novších zariadeniach sú steny veže vyrobené z betónu odolného voči kyselinám. Vo vnútri chladiacej veže sa spaliny distribuujú buď prostredníctvom distribučného prvku, alebo systému uzáverov cez prierez chladiacej veže.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zvýšená tepelná účinnosť: opätovné zahrievanie spalín po zariadení FGD nie je potrebné.
- Nie je potrebný komín.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

Možnosť emisií kvapalných znečisťujúcich látok, najmä kyslých aerosólov.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Uplatniteľné iba na jednotky vybavené mokrým odsírovaním, kde je pred vypúšťaním potrebné opätovné zahriatie spalín a kde je chladiacim systémom jednotky chladiaca veža.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenia 116V, 23, 130 (modernizácia).

Referenčná literatúra

[276, Matthee 2014]

3.2.3.17 Mokrý komín

Opis

Konštrukcia komína umožňuje kondenzáciu vodnej pary z nasýtených spalín, čím sa vyhnute potrebe použitia plynového ohrievača po mokrom FGD.

Technický opis

Mnohé zariadenia s mokrými systémami FGD používajú opätovne zohrievané spaliny na sušenie nasýtených plynov, ktoré vystupujú z mokrého FGD, predtým, ako sú odoslané do komína.

Nové elektrárne už nepoužívajú ohrev spalín; tento systém sa odstraňuje aj z existujúcich elektrární s cieľom zlepšiť energetickú účinnosť a pri výmene systémov WFGD.

V mokrom komínovom systéme sa obsah vody v spalín kondenzuje na stenách výstupného potrubia absorbéra a výstelky komína. Táto vytvorená kvapalina sa zachytáva a odvádza. Kondenzáty sa spracovávajú spolu s odpadovou vodou z FGD a mokrý komín by mal byť správne navrhnutý, aby sa zabránilo uvoľňovaniu nekondenzovaných kvapôčok kvapaliny z komína.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zvýšená tepelná účinnosť.
- Prevencia potenciálnych emisií SO₂ a iných znečisťujúcich látok, ako je Hg, do ovzdušia v dôsledku úniku, ktorý môže nastať v rotačnom výmenníku tepla po mokrom FGD.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

- Viditeľný dym.
- Fenomén vypúšťania kvapaliny z komína (SLD), pri ktorom sa kvapôčky zachytené v spalínach usadzujú v blízkosti zariadenia pred odparením.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použiteľné pre kotly. Všeobecne použiteľné pre nové a existujúce zariadenia vybavené mokrým odsírovaním.

Hospodárska únosnosť

Kondenzáty odvedené z komína je potrebné neutralizovať.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenia 122aV a 122bV.

Referenčná literatúra

[224, EPRI 2012]

3.2.3.18 Predohrev/sušenie paliva**Opis**

Palivá sa pred vstupom do spaľovacej komory predohrejú alebo vysušia, často s využitím energie obsiahnutej v spalínach.

Technický opis

Pomocou pary alebo spalín je možné z energetických procesov získať teplo s nízkou hodnotou, čím sa zvýši energetická hodnota paliva (napr. využitím tepla zo spalín). Na trhu je k dispozícii mnoho alternatívnych technológií a nové technické alternatívy sú vo vývoji (napr. predsušenie hnedého uhlia nízkotlakovou predhriatou parou prostredníctvom výmenníka tepla, pozri oddiel 11.4.1.1).

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zvýšená tepelná účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

V závislosti od konfigurácie sú možné ďalšie emisie do vody a ovzdušia.

Sušenie/lisovanie paliva vyžaduje dodatočnú pomocnú energiu, ktorú je potrebné zvážiť vo vzťahu k očakávanému zlepšeniu tepelnej účinnosti.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Všeobecne použiteľné pre nové plynové elektrárne. Použiteľnosť môže byť obmedzená pre existujúce plynové elektrárne z dôvodu obmedzení prevádzky a údržby v špecifikácii plynu.

Sušenie je použiteľné pre biomasu, rašelinové uhlie a hnedé uhlie v rámci obmedzení spojených s rizikom samovznietenia (napr. obsah vlhkosti rašelinového uhlia sa počas celého dodávateľského reťazca udržiava nad 40 %). Lisované sušenie sa používa pre palivo z kôry.

Modernizácia existujúcich elektrární môže byť obmedzená dodatočnou výhrevnosťou, ktorú možno získať sušením (napr. niektoré pelety z biomasy), a obmedzenými možnosťami modernizácie, ktoré ponúkajú niektoré konštrukcie kotlov alebo konfigurácie elektrární.

Hospodárska únosnosť

Investičné náklady a spotreba energie zariadení na odvodňovanie paliva sú vo všeobecnosti neprimerane vysoké, s výnimkou veľmi vlhkých palív.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenie 191: predohrev palivového plynu na 150 °C prostredníctvom extrakcie napájacej vody z ekonomizéra IP.

Zariadenie 116: prototyp zariadenia na sušenie hnedého uhlia (technika WTA), ktorá ponúka potenciál zvýšenia účinnosti v rozmedzí 4 – 6 percentuálnych bodov pre rýnsky hnedé uhlie.

Kotol Rauma BFB (FI): spaľovacie zariadenie zahŕňa sušičku paliva, kde sa sušia kôra a kal zo susednej továrne, čím sa znižuje vlhkosť z 55–60 % na 40–45 %. Sušenie sa vykonáva pomocou tepla získaného z odpadových vôd papierne (55–65 °C). Sušenie trvá približne jednu hodinu na 120 m dlhom dopravnom páse pri teplote medzi 55 °C a 65 °C.

Referenčná literatúra

Informácie neboli poskytnuté.

3.2.3.19 Chladiaci systém

Informácie o rôznych technikách chladiacich systémov nájdete v dokumente BREF o priemyselných chladiacich systémoch (ICS).

3.2.4 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií do vody

S cieľom rozhodnúť, ktoré postupy nakladania s odpadovými vodami a ich čistenia sú pre konkrétny LCP najvhodnejšie, sa vykonáva dôkladné posúdenie očakávaných tokov odpadových vôd. Odpadová voda sa charakterizuje z hľadiska povahy a koncentrácií znečisťujúcich látok a vzorca očakávaných tokov z rôznych zdrojov. Prúdy odpadovej vody, ktoré sa zvyčajne oddeľujú, zahŕňajú povrchovú odtokovú vodu, chladiacu vodu a odpadovú vodu z čistenia spalín. Následne sa prijme rozhodnutie o konfigurácii najvhodnejšieho zariadenia na čistenie odpadových vôd pre každý konkrétny prípad. Obrázok 3.6 a obrázok 3.7 ukazujú príklady odpadovej vody zo systémov čistenia spalín.

Odstraňovanie znečisťujúcich látok z odpadových vôd pred ich vypúšťaním do životného prostredia sa vykonáva pomocou vhodnej kombinácie širokej škály fyzikálnych, chemických a biochemických procesov, medzi ktoré patria:

- filtrácia;
- korekcie/neutralizácie pH;
- koagulácia/flokulácia/precipitácia;
- sedimentácie/filtrácie/flotácie;
- úpravy rozpustených uhlíkovodíkov;
- systémy separácie oleja a vody;
- biologická úprava.

Výber vhodnej techniky čistenia a/alebo nakladania závisí od hlavných kvalitatívnych charakteristík a objemu odpadových vôd a od kvalitatívnych noriem požadovaných pre prijímajúce vody vyčistených odpadových vôd.

Preto sú odpadové vody s vysokým obsahom suspendovaných tuhých látok, ktoré sa vyskytujú v LCP spaľujúcich tuhé palivá, zvyčajne podrobené primárnej fáze usadzovania na odstránenie ťažších suspendovaných tuhých látok. Nasleduje flokulácia s dávkovaním koagulantu a organického polyméru za pomoci úpravy pH pred konečným usadením a odstránením kalu. Pred vypustením do prijímajúcich vôd môže byť potrebné konečné čistenie pH upravených odpadových vôd.

Kyslé alebo zásadité odpadové vody (napr. odpadové vody z regenerácie iónových výmenníkov, chemikálie na čistenie kotlov, odkalovanie kotlov) je potrebné pred vypustením neutralizovať.

Olejové odpadové vody pochádzajúce zo systémov na spracovanie vykurovacieho oleja, úniku alebo odvodňovania skladovacích zariadení vykurovacieho oleja, vykladacích staníc, oblasti transformátorov atď. môžu obsahovať veľké množstvo oleja. Preto je na zber týchto olejov potrebná primárna fáza oddeľovania oleja, ktorá sa zvyčajne vykonáva v gravitačných oddeľovacích nádržiach vybavených olejovými zadržiavacími prepážkami.

Zvyškové odpadové vody, ktoré môžu stále obsahovať malé množstvá oleja vo forme emulzie oleja a vody, sa čistia v separátoroch API alebo lamelových separátoroch vybavených odlučovačmi oleja alebo pomocou vzduchovej flotácie. Sanitárne odpadové vody sa môžu čistiť v komunálnej kanalizácii, ak je k dispozícii. V opačnom prípade sa môžu vypúšťať do septiku alebo čistiť v biologickej jednotke na mieste, zvyčajne typu s predĺženým prevzdušňovaním a aktivovaným kalom.

V niektorých prípadoch sa špeciálne odpadové vody (napr. voda obsahujúca uhľovodíky používané na analýzu v laboratóriu) namiesto toho, aby boli spracované v zariadení na čistenie odpadových vôd LCP spolu s ostatnými odpadovými vodami, zbierajú oddelene a likvidujú mimo areálu autorizovaným dodávateľom. Nakladanie s vodou používanou na hasenie požiarov, ku ktorému dochádza len v núdzových situáciách, závisí od miesta požiaru. Takáto voda sa zbiera odtokovými systémami zodpovedajúcimi miestu požiaru, zadržiava sa v retenčných nádržiach na hasiacu vodu a v prípade potreby sa pred vypustením čistí. Odpadové vody z LCP sa môžu čistiť buď oddelene podľa toku, alebo pomocou kombinovaných čistiacich techník. Príklady sú uvedené nižšie.

Otázka nakladania s vodou a odpadovou vodou je v rámci LCP dôležitá. Optimalizáciou recyklácie rôznych medziproduktov vypúšťaných v závode je možné dosiahnuť výrazné zníženie celkovej spotreby vody, ako aj minimalizovať konečné množstvo kvapalných odpadových vôd, ktoré vyžadujú ďalšie čistenie. Napríklad v niekoľkých prípadoch je možné zbierať všetky odpadové vody z rôznych vypúšťacích miest zariadenia na odstraňovanie síry z spalín a opätovne ich zavádzať do procesu (práčok).

Okrem toho sa rôzne prúdy odpadových vôd môžu použiť na zvlhčovanie popolčeka namiesto prevádzkovej alebo surovej vody. Čistá odpadová voda za zariadením na čistenie odpadových vôd sa zvyčajne zbiera v retenčných nádržiach, aby sa dodávala voda do miest spotreby, kde je kvalita vody primeraná požiadavkám, napr. na prípravu vápencovej kaše pre FGD alebo na stabilizáciu zmesi sadry FGD a popolčeka pred skládkovaním. Nie je však možné vytvoriť systém FGD bez odpadovej vody len priamou recirkuláciou a obvodmi v systéme FGD. Ak sa zvýši hodnota chloridov, je potrebné eluovať. Zníženie množstva odpadovej vody a rýchlosti odberu je možné recykláciou iných prúdov, ako je dažďová voda, chladiaca voda atď. Alternatíva, odparovanie tejto odpadovej vody, môže vyžadovať značné dodatočné množstvo energie a likvidácia odpadu môže vyvážiť environmentálne výhody.

[1, Eurelectric 2012]

Ďalšou technikou na zníženie spotreby vody a objemu vypúšťanej kontaminovanej odpadovej vody je spracovanie popolčeka z kotlov. Spracovanie suchého popolčeka je opísané v oddiele 3.2.5.2.

3.2.4.1 Filtrácia

Opis

Filtrácia je oddelenie tuhých látok z odpadových vôd pretekajúcich cez porézne médium. Zahŕňa rôzne typy techník, napr. pieskovú filtráciu, mikrofiltráciu a ultrafiltráciu. Všeobecne sa používa ako doplnok k koagulácii a sedimentácii alebo zmäkčeniu zrážaním na odstránenie tuhých látok z povrchovej vody alebo odpadových vôd. Filtrácia neodstraňuje rozpustené tuhé látky. Filtre zvyčajne vyžadujú čistenie – spätné preplachovanie – reverzným tokom čerstvej vody.

Technický opis

Medzi bežne používané filtračné systémy patria:

- granulárny filter alebo pieskový filter, ktorý sa široko používa ako zariadenie na čistenie odpadových vôd (médium pieskových filtrov nemusí byť doslovne piesok), používa sa hlavne pre vody s nízkym obsahom tuhých látok;
- gravitačný bubnový filter, používaný na čistenie odpadových vôd a odstraňovanie aktivovaných kalových vločiek; jeho účinnosť závisí od sieťoviny;
- rotačný vákuový filter, vhodný na predbežnú filtráciu, ktorý sa používa na odvodňovanie olejového kalu a deemulgáciu kalov;
- membránový filter;
- pásový filter, ktorý sa vo veľkej miere používa na odvodňovanie kalu, ale aj na separáciu kvapalín a tuhých látok;
- filtračný lis, ktorý sa zvyčajne používa na odvodňovanie kalu, ale aj na operácie oddeľovania kvapalín a tuhých látok, vhodný pre vysoký obsah tuhých látok.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie obsahu suspendovaných tuhých látok a kovov v odpadových vodách.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pozri dokument CWW BREF.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Všeobecne použiteľné.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenia 455 a 476.

Referenčná literatúra

CWW BREF.

Robinson, J. 2000. Voda, priemyselné úpravy vody. Kirk-Othmerova encyklopédia chemickej technológie.

3.2.4.2 Koagulácia, flokulácia, sedimentácia a zrážanie

Opis

Koagulácia a flokulácia sa používajú na oddelenie suspendovaných tuhých látok z odpadových vôd a často sa vykonávajú v po sebe nasledujúcich krokoch. Koagulácia sa vykonáva pridaním koagulantov s nábojmi opačnými ako náboje suspendovaných tuhých látok. Flokulácia sa vykonáva pridaním polymérov, takže zrážky mikroflokových častíc spôsobujú ich spájanie, čím vznikajú väčšie floky.

Sedimentácia je oddelenie suspendovaných tuhých látok gravitačným usadzovaním. Zrážanie je premena rozpustených znečisťujúcich látok na nerozpustné zlúčeniny pridaním chemických zrážadiel. Vytvorené tuhé zrazeniny sa následne oddelia sedimentáciou, flotáciou alebo filtráciou. V prípade potreby môže nasledovať mikrofiltrácia alebo ultrafiltrácia. Typické chemikálie používané na zrážanie kovov sú vápno, dolomit, hydroxid sodný, uhličitan sodný, sulfid sodný a organosulfidy. Na zrážanie síranov alebo fluoridov sa používajú vápenaté soli (okrem vápna).

Technický opis

Ak častice nemožno odseparovať jednoduchými gravitačnými prostriedkami, napr. ak sú príliš malé, ich hustota je príliš blízka hustote vody alebo ak tvoria koloidy, pridávajú sa špeciálne chemikálie, ktoré spôsobujú usadzovanie tuhých látok, napr.

- síran hlinitý (kamence);
- síran železitý;
- chlorid železitý;
- vápno;
- polyaluminiumchlorid;
- polyaluminium síran;
- kationové organické polyelektrolyty;
- neiónové polyelektrolyty;
- anionické polyelektrolyty;
- (organické) sulfidy.

Tieto chemikálie spôsobujú destabilizáciu koloidných a malých suspendovaných častíc (napr. íl, kremík, železo, ťažké kovy, farbivá, organické tuhé látky, olej v odpadových vodách) a emulzií zachytávajúcích tuhé látky (koagulácia) a/alebo aglomeráciu týchto častíc do vločiek, ktoré sú dostatočne veľké na to, aby sa usadili (flokulácia). V prípade flokulácie sa používajú aj aniónové a neiónové polyméry. Na dosiahnutie dobrého čistenia je nevyhnutné kontrolovať rozsah pH.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Odstránenie fluoridov, síranov, kovov, TOC a častíc.
- Zníženie vypúšťania odpadových vôd z neusadzovateľných materiálov a kovov.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pozrite si dokument CWW BREF.

Medzizložkové vplyvy

Produkcia kalu. Kal sa môže pridávať do uhlia interne a v niektorých prípadoch sa kal (napr. z dekarbonizácie) môže pridávať do FGD alebo ako výplňový materiál v baníctve.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Všeobecne platné.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenia 662 a 464.

Referenčná literatúra

CWW BREF.

Robinson, J. 2000. Voda, priemyselné úpravy vody. Kirk-Othmerova encyklopédia chemickej technológie.

3.2.4.3 Flotácia

Opis

Flotácia je proces, pri ktorom sa tuhé alebo kvapalné častice alebo častice oddeľujú od fázy odpadovej vody pripojením k vzduchovým bublinám. Vznášajúce sa častice sa hromadia na povrchu vody a zbierajú sa zberačmi.

Technický opis

Existujú tri metódy flotácie, ktoré sa odlišujú spôsobom pridávania vzduchu:

- vákuová flotácia, pri ktorej sa vzduch rozpúšťa pri atmosférickom tlaku, po čom nasleduje pokles tlaku, aby sa mohli vytvoriť bubliny;
- indukčná flotácia vzduchom (IAF), pri ktorej sa jemné bubliny vťahujú do odpadovej vody prostredníctvom indukčného zariadenia, ako je Venturiho trubica alebo clonová doska;
- flotácia rozpusteným vzduchom (DAF), pri ktorej sa tlakový vzduch (0,4 – 0,8 MPa alebo 1,0 – 1,2 MPa pre zlúčeniny hliníka) rozpúšťa v odpadovej vode alebo v časti celkovej odpadovej vody a následne sa uvoľňuje, aby vytvoril malé bubliny.

Na podporu procesu flotácie sa bežne používajú flokulačné prísady, ako sú hliníkové a železité soli, aktivovaný oxid kremičitý a rôzne organické polyméry. Ich funkciou je okrem koagulácie a flokulácie vytvorenie povrchu alebo štruktúry schopnej absorbovať alebo zachytiť vzduchové bubliny.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie množstva neusadzovateľného materiálu a voľného oleja vo vypúšťanej odpadovej vode.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pozri dokument CWW BREF.

Medzizložkové vplyvy

Vznik kalu.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenie 253.

Referenčná literatúra

CWW BREF.

Robinson, J. 2000. Voda, priemyselné úpravy vody. Kirk-Othmerova encyklopédia chemickej technológie.

3.2.4.4 Odlučovanie oleja a vody**Opis**

Odlučovanie oleja a vody a následné odstránenie oleja možno rozdeliť na:

- gravitačnú separáciu voľného oleja pomocou separačného zariadenia;
- rozbitie emulzie pomocou chemikálií na rozbitie emulzie, napr.:
 - polivalentné kovové soli, ako je kamence, chlorid hlinitý, chlorid železitý, síran železnatý;
 - anorganické kyseliny, ako je kyselina sírová, kyselina chlorovodíková, kyselina dusičná;
 - adsorbenty, ako napr. práškový íl, vápno;
 - organické polyméry, ako sú polyamíny, polyakryláty;

a následné oddelenie deemulgovaného oleja koaguláciou/flokuláciou a vzduchovou flotáciou.

Technický opis

Bežne používané odlučovače oleja a vody sú nasledujúce:

- **Odlučovač Amerického ropného inštitútu (API)** je najjednoduchší typ, pozostávajúci z otvorenej obdĺžnikovej nádrže a škrabky, ktorá presúva kal do zbernej jamy a ropu do odstredovacieho zariadenia; je schopný zachytiť veľké množstvo ropy.
- **Paralelný doskový odlučovač (PPI)** je vybavený doskami paralelnými s prúdom, ktoré výrazne zväčšujú aktívnu plochu, a zariadením na odstraňovanie oleja; nie je vhodný na zachytávanie veľkých kusov.
- **Zachytávač s vlnitými platňami (CPI)** je vybavený balíkmi vlnitých platní umiestnenými proti prúdu a zariadením na odstraňovanie oleja; nie je vhodný na zachytávanie veľkých hrudiek, ale má dobrú účinnosť separácie.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie množstva ropy a tuhých látok vo vypúšťaných odpadových vodách.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pozri dokument CWW BREF.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Všeobecne použiteľné.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

CWW BREF.

Robinson, J. 2000. Voda, priemyselné úpravy vody. Kirk-Othmer Encyklopédia chemickej technológie.

3.2.4.5 Kryštalizácia

Opis

Odstraňovanie iónových znečisťujúcich látok z odpadových vôd ich kryštalizáciou na nosnom materiáli, ako je piesok alebo minerály, v procese fluidného lôžka.

Niektoré spaľovacie zariadenia využívajú kryštalizáciu po odparení.

Technický opis

Kryštalizačné zariadenie sa skladá hlavne z:

- valcovitého reaktora s prítokom na dne a odtokom na vrchu;
- kryštalizačného materiálu, t. j. peliet z filtračného piesku alebo minerálov, udržiavaných vo fluidizovanom lôžku;
- cirkulačného systému s recirkulačným čerpadlom.

Princíp cirkulačného systému spočíva v zmiešaní prítokovej odpadovej vody s cirkulačným prúdom s nižšou koncentráciou aniónov alebo kovov. Vďaka cirkulačnému systému môže reaktor pracovať flexibilnejšie, napr.

- kolísania v prítoku a zložení prítoku sa ľahko eliminujú;
- všetky druhy odpadových vôd s koncentraciami v rozmedzí 10 – 100 000 ppm možno čistiť jednoduchým prispôbením cirkulačného pomeru (viac koncentrované odpadové vody vyžadujú väčší cirkulačný pomer);
- fluidizácia peliet sa zachováva aj v prípade, že do reaktora nie je privádzaná žiadna odpadová voda.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie obsahu kovov a polokovov, síranov (SO_4^{2-}) a fluoridov (F^-) vo vypúšťanej odpadovej vode.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Odpadová voda sa nevypúšťa.

Medzizložkové vplyvy

- Spracovanie a likvidácia rezíduí.
- Nakladanie s odpadmi a ich likvidácia.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Všeobecne použiteľné.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenie 211 a zariadenie 253.

Referenčná literatúra

CWW BREF.

Robinson, J. 2000. Voda, priemyselné úpravy vody. Kirk-Othmerova encyklopédia chemickej technológie.

3.2.4.6 Odparovanie**Opis**

Odparovanie odpadovej vody je destilačný proces, pri ktorom je voda prchavou látkou a koncentrát zostáva ako spodný zvyšok, ktorý sa likviduje. Cieľom tejto operácie je znížiť objem odpadovej vody alebo koncentrovať materské kvapaliny. Prchavá para sa zachytáva v kondenzátore a kondenzovaná voda sa po následnom spracovaní, ak je to potrebné, recykluje.

Technický opis

Existuje mnoho typov odparovačov. Ich vhodnosť závisí od individuálnych požiadaviek. Príklady odparovačov sú:

- odparovače s prirodzenou cirkuláciou, vhodné pre materiály, ktoré nie sú citlivé na teplo;
- vertikálne odparovače s krátkymi rúrkami, vhodné pre nekorozívne alebo nekryštalizujúce kvapaliny;
- odparovače košového typu, rovnaké použitie ako odparovače s krátkymi rúrkami;
- odparovače s padajúcou vrstvou, používané v priemysle hnojív na koncentráciu močoviny, kyseliny fosforečnej, dusičnanu amónneho atď.
- odparovače s tenkou vrstvou a miešaním, používané na koncentráciu, frakcionáciu, dezodorizáciu a stripovanie pri výrobe liekov, polymérov, organických a anorganických chemikálií.

Odparovače sa zvyčajne prevádzkujú sériovo, kde kondenzačné teplo jednej fázy ohrieva kondenzát (t. j. odpadovú vodu) predchádzajúcej fázy. Prevádzka vo vákuu minimalizuje spotrebu energie. Normálne prevádzkové podmienky sú 12–20 kPa a 50–60 °C.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie množstva znečisťujúcich látok vo vypúšťaných odpadových vodách.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Odpadová voda sa nevypúšťa.

Medzizložkové vplyvy

- Spotreba energie.
- Nakladanie s odpadmi a ich likvidácia.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Všeobecne použiteľné.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenie 211 a zariadenie 253.

Referenčná literatúra

CWW BREF.

Robinson, J. 2000. Voda, priemyselné úpravy vody. Kirk-Othmerova encyklopédia chemickej technológie.

3.2.4.7 Stripovanie vzduchom

Opis

Stripovanie odpadových vôd je proces, pri ktorom sa odpadová voda dostáva do kontaktu s vysokým prúdom plynu, aby sa prchavé znečisťujúce látky preniesli z vodnej fázy do plynnej fázy. Znečisťujúce látky sa odstraňujú z odparovacieho plynu, aby sa mohol recyklovať a znovu použiť v procese. Organické a anorganické prchavé látky (napr. amoniak) sa prenášajú z odpadovej vody do odpadového plynu, čím sa výrazne zvyšuje povrch kontaminovanej vody vystavenej pôsobeniu plynu. Odparovanie vody však znižuje teplotu odpadovej vody, čím sa znižuje prchavosť kontaminantov.

Technický opis

Najbežnejšie odlučovače sú:

- vežový absorbér s náplňou a:
 - rozprašovacími tryskami v hornej časti na rozptýlenie odpadovej vody po náplni a odlučovacím plynom vedeným protiprúdom cez náplň;
 - zbernou nádržou v spodnej časti na zachytávanie dekontaminovanej vody, dodatočne vybavenou ohrievačom vzduchu (na odlučovanie vzduchom);
 - automatizovaným riadiacim systémom a systémom kontroly emisií do ovzdušia (jednotka GAC, katalytický oxidátor alebo spaľovňa);
- odlučovacia nádrž, v ktorej sa prchavé zlúčeniny odlučujú bublaním plynu (vzduch, para) do nádrže na odpadovú vodu.

Zariadenie pozostáva z:

- vyrovnávacej nádrže na odpadovú vodu;
- predčistovacej nádrže na úpravu pH;
- stripovacej protiprúdovej kolóny (kolón),;
- predohrevného zariadenia, ktoré získava teplo z následného kondenzátora pary;
- kondenzátora chladeného vzduchom alebo vodou;
- zariadenia na spracovanie plynu.

Stripovacie zariadenia môžu pracovať nepretržite alebo v dávkach, pričom druhé riešenie zabezpečuje konzistentný výkon a vyššiu energetickú účinnosť ako nepretržite prevádzkované jednotky.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížený obsah amoniaku v odpadových vodách.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Obsah amoniaku je možné znížiť až o 90 % (závod 464).

Medzizložkové vplyvy

Ak sa plyny nevracajú do spaľovacej jednotky, dochádza k prenosu amoniaku z vody do ovzdušia.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použiteľné v prípade vysokého obsahu amoniaku v odpadových vodách, napr. v dôsledku použitia SCR/SNCR na kontrolu znečistenia ovzdušia.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenie 473 a zariadenie 464.

Referenčná literatúra

CWW BREF.

Robinson, J. 2000. Voda, priemyselné úpravy vody. Kirk-Othmerova encyklopédia chemickej technológie.

3.2.4.8 Iónová výmena**Opis**

Iónová výmena je odstraňovanie nežiaducich alebo nebezpečných iónových zložiek odpadovej vody a ich nahradenie prijateľnejšími iónmi z iónovej výmennej živice, kde sú dočasne zadržané a následne uvoľnené do regeneračnej alebo spätnej preplachovej kvapaliny.

Technický opis

Zariadenie na iónovú výmenu sa zvyčajne skladá z:

- vertikálnej valcovitej tlakovej nádoby s nehrdzavejúcim vnútorným povrchom, ktorá obsahuje živicu, zvyčajne vo forme plnenej kolóny s viacerými možnými konfiguráciami;
- ovládacieho ventilu a potrubného systému, ktorý smeruje toky odpadovej vody a regeneračného roztoku na správne miesta;
- systému na regeneráciu živice, pozostávajúceho z zariadenia na rozpúšťanie soli a reguláciu riedenia.

Systém rozvodu prívodu je umiestnený buď v hornej alebo spodnej časti nádoby a zabezpečuje rovnomerné rozdelenie pritekajúcej odpadovej vody, aby sa zabránilo vytvoreniu prúdových kanálov v ložisku živice. Slúži tiež ako zberač spätnej vody.

Bežne používané iónové výmenníky sú makroporézne granulované živice s kationovými alebo aniónovými funkčnými skupinami. Niektoré živice vyžadujú na regeneráciu kyselinu a lúh. Ak sú prítomné organické látky, živice môžu podliehať znečisteniu. Regenerované prúdy bude potrebné neutralizovať.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížený obsah kovových iónov v odpadových vodách.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pozri dokument CWW BREF.

Medzizložkové vplyvy

Produkcia kalu a soľanky, ktoré je potrebné spracovať alebo likvidovať.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Všeobecne použiteľné.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenie 464 a zariadenie 473.

Referenčná literatúra

Dokument CWW BREF.

3.2.4.9 Biologické čistenie

Opis

Biologické čistenie je rozklad rozpustených organických látok pomocou mikroorganizmov (t. j. baktérií) ako oxidačných činidiel.

Technický opis

Existujú v podstate tri typy metabolických procesov: aeróbne procesy (využívajúce rozpustený kyslík), anoxické procesy (využívajúce biologickú redukciu donorov kyslíka) a anaeróbne procesy (bez prísunu kyslíka).

Niektoré zariadenia v Spojených štátoch prevádzkujú biologické čistiace systémy na zníženie biochemickej spotreby kyslíka a niektoré iné zariadenia na spaľovanie uhlia používajú anoxické/anaeróbne biologické systémy na účinnejšie zníženie určitých znečisťujúcich látok (napr. selénu, ortuti, dusičnanov), ako bolo možné pomocou sedimentácie, chemickej precipitácie alebo aeróbnych biologických čistiacich procesov. Závody, ktoré využívajú anoxický/anaeróbny biologický systém čistenia, prevádzkujú bioreaktor s pevným filmom, ktorý pozostáva z vrstvy aktívneho uhlia, napríklad granulovaného aktívneho uhlia alebo iného porézneho substrátu, ktorý je inokulovaný prirodzene sa vyskytujúcimi prospešnými mikroorganizmami, ktoré znižujú obsah selénu a iných kovov. [210, USA EPA 2013]

Nevyčistená odpadová voda môže obsahovať dusík vo forme organického dusíka, amoniaku ($\text{NH}_3\text{-N}$), dusitanov ($\text{NO}_2\text{-N}$) a dusičnanov ($\text{NO}_3\text{-N}$). Biologické odstraňovanie dusíka zahŕňa počiatočnú konverziu dusíka obsiahnutého v odpadovej vode na dusičnany a následnú konverziu $\text{NO}_3\text{-N}$ na inertný dusík (N_2), ktorý sa uvoľňuje z odpadovej vody do atmosféry. Podrobnejšie, biologické čistenie odpadovej vody na odstraňovanie dusíka prebieha v troch krokoch:

- ammonifikácia (rozklad organického dusíka na $\text{NH}_3\text{-N}$);
- nitrifikácia (oxidácia $\text{NH}_3\text{-N}$ na $\text{NO}_3\text{-N}$);
- denitrifikácia (premena $\text{NO}_3\text{-N}$ na N_2).

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížený obsah organických látok, dusíka a kovov v odpadových vodách.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pozri referenčnú literatúru nižšie.

Medzizložkové vplyvy

Keď sú fázy nitrifikácie/denitrifikácie súčasťou centrálnej ČOV, môžu prispievať k uvoľňovaniu zápachov a prchavých látok.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Nitrifikácia nemusí byť použiteľná pri aeróbnom biologickom čistení amónia (NH_4^+) v prípade vysokých koncentrácií chloridov (t. j. okolo 10 g/l). Boli publikované štúdie o odstraňovaní dusíka z odpadových vôd s vysokou salinitou (30 g/l).

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Allen Steam Station spoločnosti Duke Energy Carolinas (USA). Belevs Creek Steam Station (USA).

Referenčná literatúra

[210, USA EPA 2013] [211, Wylie et al. 2008] [212, Ramos, A. F., et al. 2007] [289, COM 2014]

3.2.4.10 Techniky, ktoré je potrebné zvážiť v prípade zariadení vybavených systémom čistenia spalín s emisiami do vody (mokrý FGD, kondenzátor FG)

Tabuľka 3.41: Techniky na prevenciu a kontrolu znečistenia vody zo zariadení, ktoré prevádzkujú čistenie spalín s emisiami do vody

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environment. prínosy	Environment. vlastnosti a prevádzkové údaje	Medzi-zložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť	Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
1 Mechanické spracovanie							
Filtrácia	Oddelenie tuhých látok z odpadových vôd pretekajúcich cez porézne médium	Zníženie obsahu oleja a tuhých látok v odpadových vodách	NA	Produkcia kalu	Všeobecne použiteľné	Špecifické pre zariadenie	Závody 455, 476
Oddeľovanie oleja	Oddeľovanie oleja a vody pomocou gravitácie	Zníženie obsahu oleja v odpadových vodách		Produkcia kalu	Všeobecne použiteľné	Špecifické pre zariadenie	NA
2 Fyzikálno-chemické čistenie							
Flokulácia, sedimentácia, zrážanie, neutralizácia	Prídavok špeciálnych chemikálií, ktoré spôsobujú usadzovanie tuhých látok, ktoré nie je možné odseparovať jednoduchými gravitačnými technikami	Odstránenie fluóru, kovov, TOC, suspendovaných tuhých látok	NA	Produkcia kalu	Všeobecne použiteľné	Špecifické pre zariadenie	Zariadenia 662, 464
Zmäčkovanie, kryštalizácia, odparovanie	Kryštalizácia úzko súvisí so zrážaním. Na rozdiel od neho sa zrazenina vytvára na zárodkovom materiáli, ako je piesok alebo minerály.	Zníženie množstva znečisťujúcich látok v odpadových vodách. Predchádzanie vypúšťaniu vody		Koncentrovaná odpadová voda alebo produkcia kalu. Spotreba energie.	Použiteľné pre systém ZLD (nulové vypúšťanie kvapalín)	Špecifické pre zariadenie	Zariadenia 211, 253

Odparovanie	Odpadová voda prichádza do kontaktu s vysokým prietokom plynového prúdu, aby sa prchavé znečisťujúce látky preniesli z vodnej fázy do plynnej fázy	Zníženie obsahu amoniaku v odpadovej vode		Prenos amoniaku do vzduchu strippingom	Použiteľné v prípade vysokého obsahu amoniaku v odpadovej vode v dôsledku SCR/SNCR	Špecifické pre zariadenie	Zariadenia 470, 464
Iónová výmena	Odstránenie nežiaducich alebo nebezpečných iónových zložiek odpadovej vody a ich nahradenie prijateľnejšími iónmi z iónovej výmennej živice	Odstránenie iónov a ionizovateľných látok z odpadovej vody		Produkcia kalu a soľanky	Všeobecne použiteľné	Špecifické pre zariadenie	Zariadenie 464
3 Zníženie množstva odpadových vôd							
Opätovné použitie vody	Zmiešavanie odpadových vôd z WFGD na prepravu popola, vedľajších produktov atď.	Zabránenie vypúšťaniu vody	NA	Stabilizovaný materiál sa môže použiť ako výplňový materiál v povrchových baniach banských dielach	Použiteľné v zariadeniach v blízkosti povrchových baní	Špecifické pre závod	Zariadenie 170
Recyklácia vody	Vrátenie odpadovej vody do výrobného procesu	Zníženie vypúšťania vody		Vysoký obsah soli vo vypúšťanej vode	Všeobecne použiteľné. Povinné pre mäkkú vodu používanú ako dopĺňajúcu vodu pre WFGD	Špecifické pre zariadenia	Zariadenia 547, 137
4 Biologické čistenie							
Biologické čistenie	Rozklad rozpustených organických látok pomocou mikroorganizmov (t. j. baktérií) ako oxidačných činidiel	Zníženie obsahu organických látok, dusíka a kovov v odpadových vodách	EPA-821-R-13-002	Môže prispievať k uvoľňovaniu zápachov a prchavých látok	Nitrifikácia nemusí byť vhodná v prípade vysokej koncentrácie chloridov (t. j. okolo 10 g/l)	Špecifické pre zariadenie	Allen Steam Station spoločnosti Duke Energy Carolinas (USA), Belews Creek Steam Station (USA)
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.							

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Grafy týkajúce sa emisií odpadových vôd sú uvedené na obrázkoch 3.58 až 3.72. Emisie zodpovedajú priamemu vypúšťaniu do prijímajúcich vôd veľkých spaľovacích zariadení, ktoré na čistenie spalín používajú techniky mokrého čistenia. Tieto emisie sa týkajú iba situácií, v ktorých sa odpadové vody vznikajúce pri mokrom čistení spalín čistia pred vypúšťaním.

Emisie zariadení do vody môžu v určitých prípadoch zahŕňať nielen emisie uvedeného zariadenia, ale aj emisie iných zariadení, ktorých údaje boli predložené v rámci zberu údajov, alebo emisie iných zariadení, ktoré nie sú súčasťou zberu údajov.

V prvom prípade sa emisie odpadových vôd vykazujú s kódom zariadenia uvedeným v tabuľke 3.42 a emisie zodpovedajú aspoň emisiám uvedeného zariadenia a pridružených zariadení uvedených v tabuľke.

Tabuľka 3.42: Emisie zariadení zahrnuté v kódach zariadení uvedených na obrázkoch 3.58 až 3.72

Kód zariadenia uvedený v grafoch	Emisie zariadenia zahrnuté v kóde zariadenia
117	117-2
122a	122b
124-1	124-2; 134
127-1	127-2
128-1	128-2; 128-3; 128-4; 129-1; 129-2
211	212
26	27
384-1	384-2
386-1	386-2; 386-3; 386-4
415-1	415-2
435-2	435-1
441-2	441-1
478-1	478-2
487-2	487-1; 487-3; 487-4
138	139
456	457
197	198; 199; 200
77	78
130	137
219	221
223	224
470	472
258	259
262	263

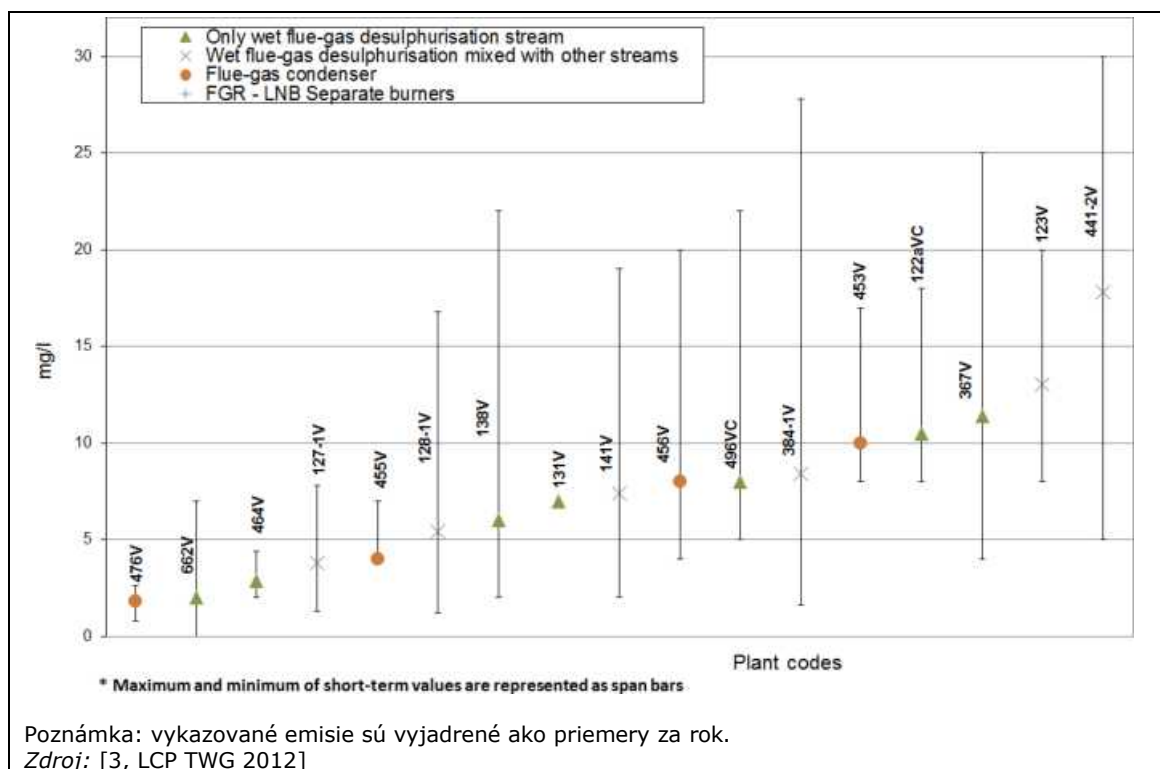
Zariadenia, ktoré vypúšťajú odpadovú vodu do zariadení mimo areálu, nie sú zahrnuté v grafoch (napr. zariadenia 26, 24, 77, 470). Vplyv zariadení na čistenie odpadových vôd v prípade nepriameho vypúšťania nie je známy.

Niekoľko zariadení bez vypúšťania odpadových vôd z technológií na znižovanie emisií do ovzdušia nie je v grafe zahrnutých. Ide o zariadenia, ktoré odpadové vody opätovne využívajú alebo recyklujú (napr. zariadenia 170, 116) alebo používajú technológiu ZLD (napr. zariadenia 253, 211).

Nasledujúce grafy znázorňujú priemerné emisie za jeden rok pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru, kde odpadová voda pochádza výlučne z čistenia spalín zo spaľovacích zariadení alebo je zmiešaná s inými tokmi odpadových vôd zo spaľovacieho zariadenia. Zariadenia sú označené podľa konkrétneho prúdu, t. j. iba z mokrého odsírovania spalín, iba z kondenzátora spalín alebo zo zmesi prúdu odsírovania spalín s inými prúdmi. V grafoch sú tiež znázornené maximálne a minimálne emisie. Kolísanie maximálnych hodnôt okolo priemeru závisí od znečisťujúcej látky, ale je vo všeobecnosti nižšie ako v iných priemyselných odvetviach, kde sa používa biologické čistenie odpadových vôd (napr. chemický priemysel). V EÚ sa limitné hodnoty emisií do vody zvyčajne vyjadrujú ako krátkodobé priemery, často na základe 24-hodinových zložených vzoriek.

Emisie TSS

Obrázok 3.58 ukazuje ročné celkové emisie suspendovaných tuhých látok (TSS) v priamych vypúšťaniach do prijímajúceho vodného útvaru, kde odpadová voda pochádza výlučne z čistenia spalín zo spaľovacích zariadení alebo je zmiešaná s inými tokmi odpadových vôd zo spaľovacieho zariadenia. Niekoľko zariadení, vrátane zariadení na čistenie odpadových vôd pochádzajúcich výlučne z čistenia spalín, dosahuje maximálne emisné hladiny TSS pod 30 mg/l, zatiaľ čo niekoľko zariadení dosahuje maximálne emisné hladiny pod 10 mg/l.



Poznámka: vykazované emisie sú vyjadrené ako priemery za rok.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 3.58: Emisie celkových suspendovaných tuhých látok (TSS) v priamych vypúšťaniach do prijímajúceho vodného útvaru

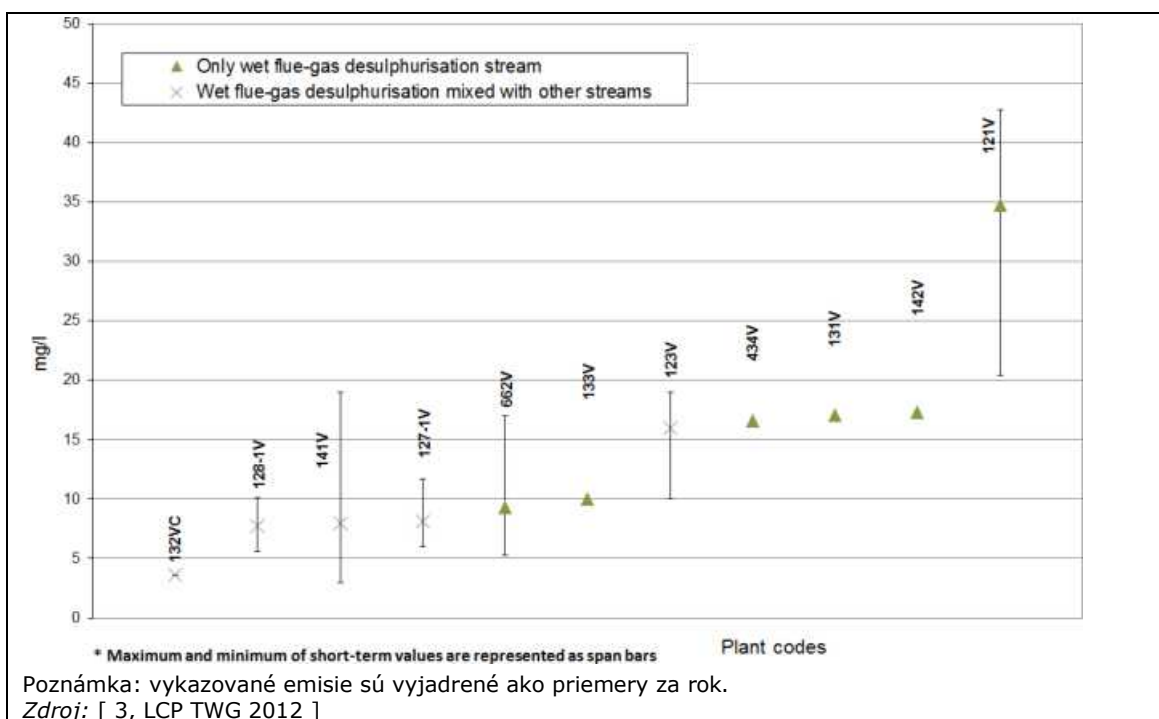
Emisie TOC/CHSK

Záťaž TOC/CHSK v odpadových vodách je možné znížiť optimalizovaným návrhom a prevádzkou technológií spaľovania a čistenia odpadových plynov, nezávisle od paliva. TOC/CHSK sa tiež čiastočne spoluzráža počas zrážania kovov.

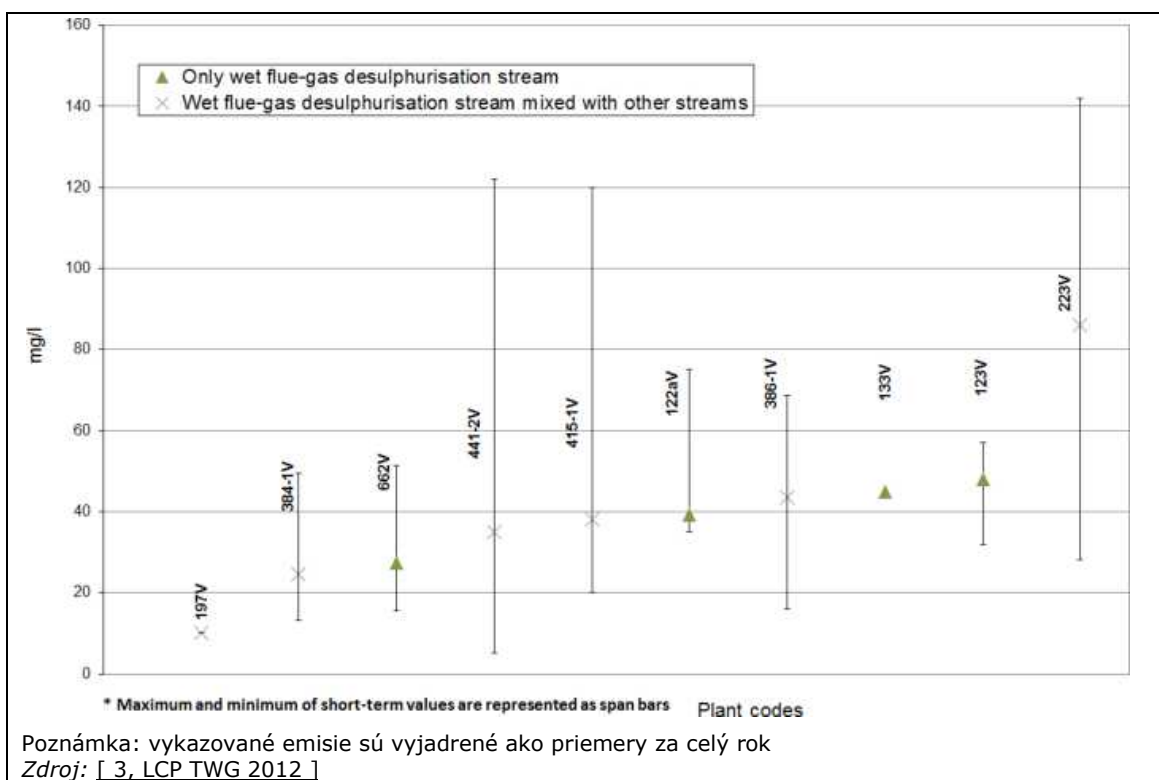
Parameter CHSK sa široko používa na monitorovanie emisií organických zlúčenín. Čoraz častejšie ho však nahrádza parameter TOC, ktorý na svoje meranie nevyžaduje použitie veľmi toxických zlúčenín (t. j. ortuti a Cr(VI)). Navyše, vysoké koncentrácie chloridov môžu brániť meraniu CHSK.

Pomer COD k TOC je špecifický pre dané miesto. Teoreticky sa pohybuje v rozmedzí od 0,67 do 5,3 pre organické zlúčeniny. Na konci 90. rokov bola v Nemecku vykonaná štúdia, ktorá skúmala pomer COD k TOC v niekoľkých priemyselných odvetviach. Pre odpadové vody z čistenia spalín z vykurovacích systémov bola mediánová hodnota 2,7.

Ako je znázornené na obrázku 3.59, v prípade TOC dosahuje viacero zariadení, vrátane zariadení na čistenie odpadových vôd pochádzajúcich výlučne z čistenia spalín, maximálne emisné hladiny pod 50 mg/l, pričom niekoľko zariadení dosahuje maximálne emisné hladiny pod 20 mg/l. Pokiaľ ide o CHSK, ako je uvedené na obrázku 3.60, viacero zariadení, vrátane zariadení na čistenie odpadových vôd pochádzajúcich výlučne z čistenia spalín, dosahuje maximálne emisné hladiny pod 150 mg/l, zatiaľ čo niekoľko zariadení dosahuje maximálne emisné hladiny pod 60 mg/l.



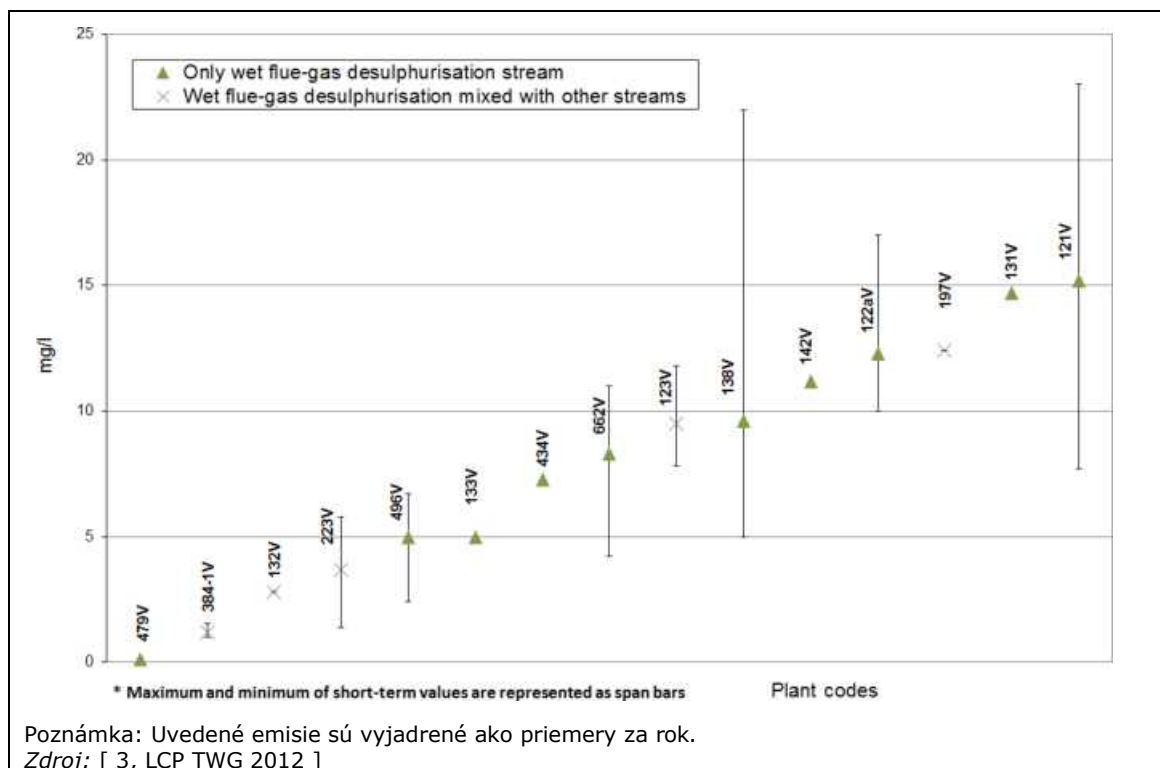
Obrázok 3.59: Emisie celkového organického uhlíka (TOC) v priamych vypúšťaniach do prijímajúceho vodného útvaru



Obrázok 3.60: Emisie chemickej spotreby kyslíka (COD) v priamych vypúšťaniach do prijímajúceho vodného útvaru

Emisie fluóru

Hladiny fluoridov sa zvyčajne znižujú zrážaním s vápnikom. V čistej vode má fluorid vápenatý rozpustnosť 16 mg/l pri 20 °C, čo zodpovedá koncentrácii fluoridov 7,8 mg/l. Použitím konštanty rozpustnosti a za predpokladu koncentrácie vápnika 300 mg/l (čo zodpovedá koncentrácii síranu vápenatého 1 000 mg/l) by sa dala vypočítať teoretická koncentrácia fluoridov 1,3 mg/l. V praxi však majú upravené odpadové vody často oveľa vyššiu koncentráciu fluoridov kvôli pomalému nukleácii a/alebo vysokej iónovej sile. Ako je znázornené na obrázku 3.61, viacero zariadení, vrátane zariadení na čistenie odpadových vôd pochádzajúcich výlučne z čistenia spalín, a vrátane zariadení 121, 122 a 138, ktoré využívajú zrážanie vápnikom, dosahuje maximálne emisné hladiny pod 25 mg/l, pričom niekoľko zariadení dosahuje maximálne emisné hladiny pod 10 mg/l.



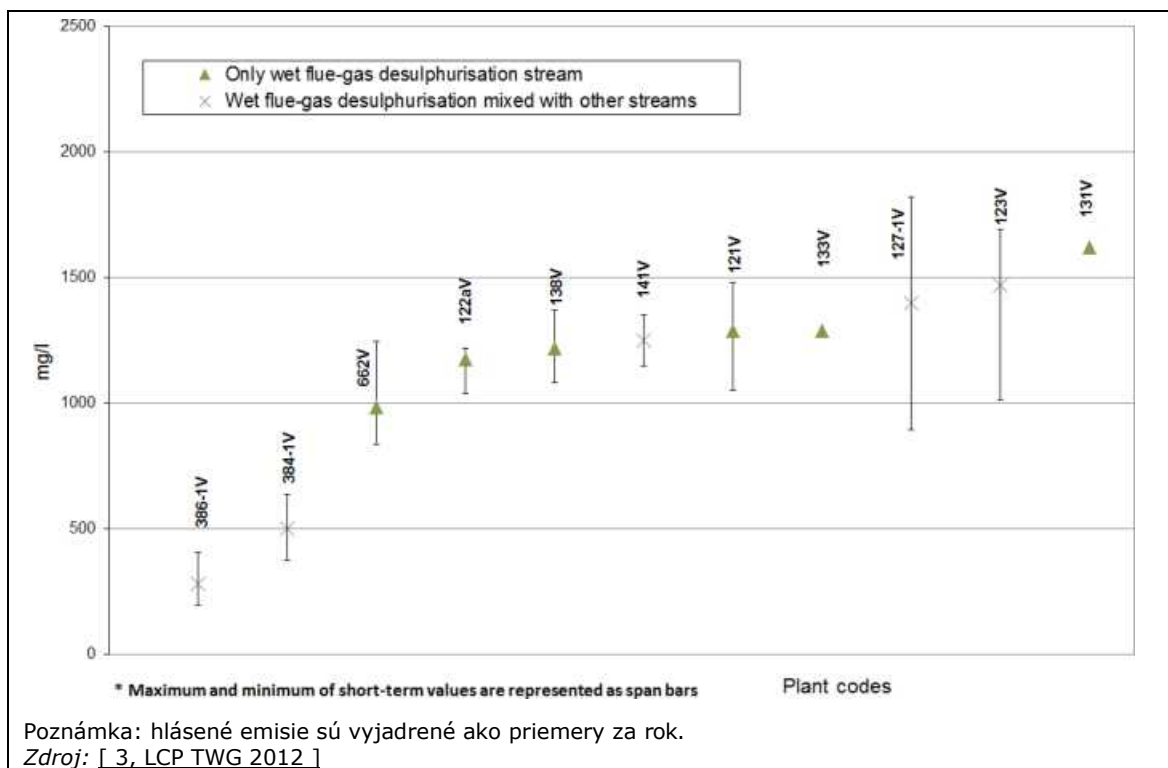
Obrázok 3.61: Emisie fluoridov (F^-) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru

Emisie síranov

Obrázok 3.62 predstavuje ročné emisie síranov v priamych vypúšťaniach do prijímajúceho vodného útvaru, kde odpadová voda pochádza výlučne z čistenia spalín spaľovni alebo je zmiešaná s inými tokmi odpadových vôd zo spaľovne. Hladiny síranov v neupravenej odpadovej vode z čistenia spalín závisia od kvality surovej vody, kvality paliva a miery recyklovania vody. Hladiny síranov sa zvyčajne znižujú zrážaním vápenatými soľami (vápenec/vápnok). Iné techniky, ako napríklad odparovanie-kryštalizácia a zrážanie báriom, sa používajú zriedka a majú vplyv na viaceré médiá. Zvyšná hladina síranov teda závisí od rozpustnosti síranu vápenatého, ktorá sa zvyšuje s rastúcou teplotou a salinitou (napr. koncentráciou chloridov). Koncentrácia chloridov je určená kvalitou surovej vody (napr. morskej vody), kvalitou paliva a mierou recyklácie vody v systéme čistenia spalín.

Niekoľko zariadení, vrátane zariadení na čistenie odpadových vôd pochádzajúcich výlučne z čistenia spalín, a vrátane zariadení 123 a 131, ktoré využívajú zrážanie vápnikom, dosahuje maximálne emisné hladiny síranov pod 2 g/l, zatiaľ čo niekoľko zariadení dosahuje maximálne emisné hladiny pod 1,3 g/l. Uvádzané koncentrácie chloridov sú vo všetkých prípadoch nižšie ako 5 g/l. Rozsah koncentrácií 1,3 – 2 g/l zodpovedá rozpustnosti síranu vápenatého vo vode s nízkou salinitou.

Hladiny síranov v odpadových vodách s hladinami chloridov nad 5 g/l neboli hlásené, ale literatúra uvádza, že rozpustnosť síranov by sa mohla zvýšiť až na 4 g/l a viac pri hladinách chloridov okolo 20 g/l, v závislosti od teploty.

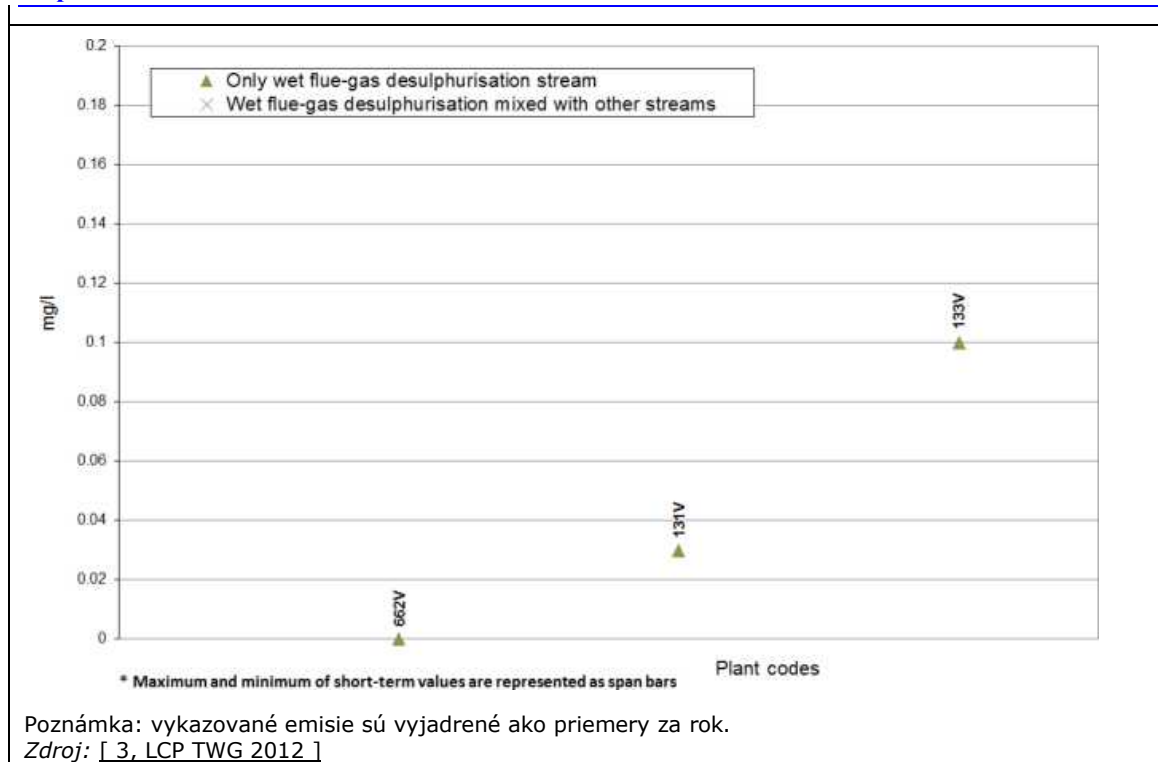


Obrázok 3.62: Emisie síranov (SO_4^{2-}) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru

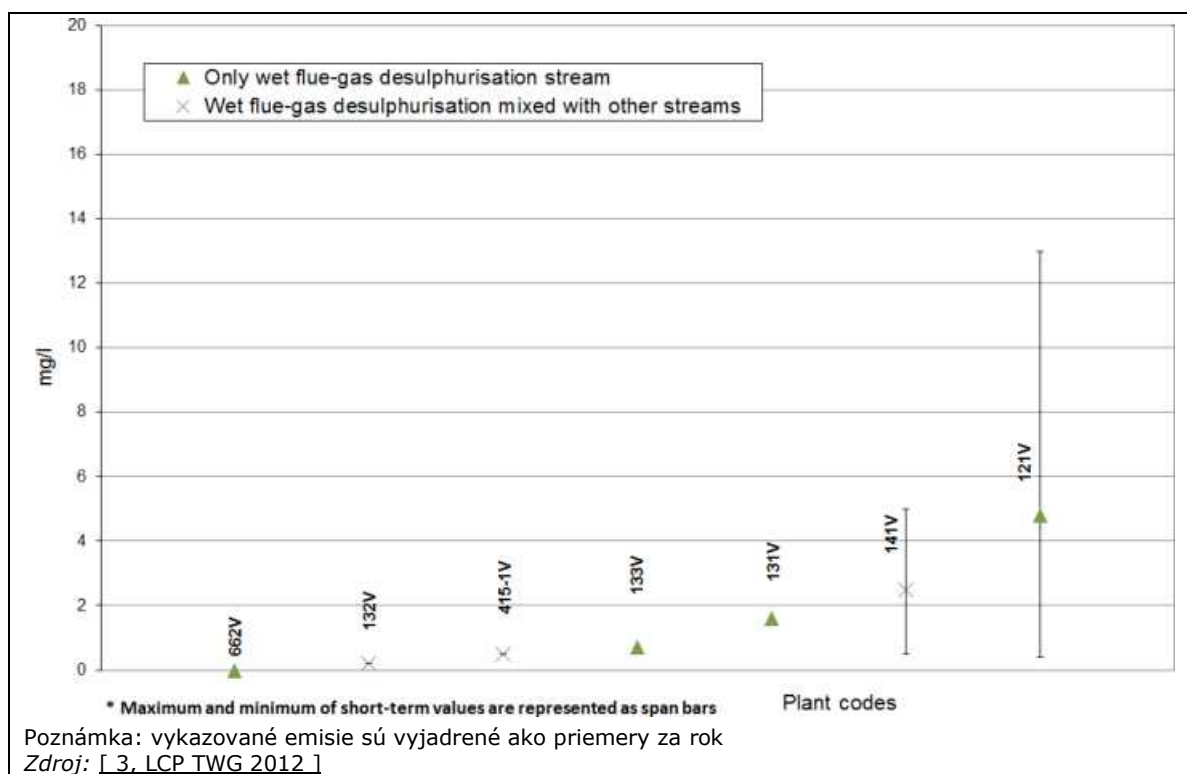
Emisie sulfidov/sulfidov

Ako je znázornené na obrázku 3.63 a obrázku 3.64, bolo hlásených len málo údajov o emisiách sulfidov a sulfidov. Maximálne úrovne emisií sulfidov pod 0,1 – 0,2 mg/l a emisií sulfidov pod 20 mg/l sú stanovené v dokumente LCP BREF z roku 2006.

Na meranie sulfidov neexistuje žiadna norma EN. Norma ISO 13358 umožňuje meranie ľahko uvoľniteľného sulfidu a norma ISO 10530 meranie rozpusteného sulfidu, obidve v koncentračnom rozsahu 0,04 – 1,5 mg/l. Hladiny emisií boli hlásené na základe ľahko uvoľniteľného sulfidu, ktorý zahŕňa súčet rozpustených sulfidov a nerozpuštěných sulfidov, ktoré sa ľahko uvoľňujú pri okyslení.



Obrázok 3.63: Emisie sulfidu (S^{2-}) v priamych vypúšťaniach do prijímajúceho vodného útvaru

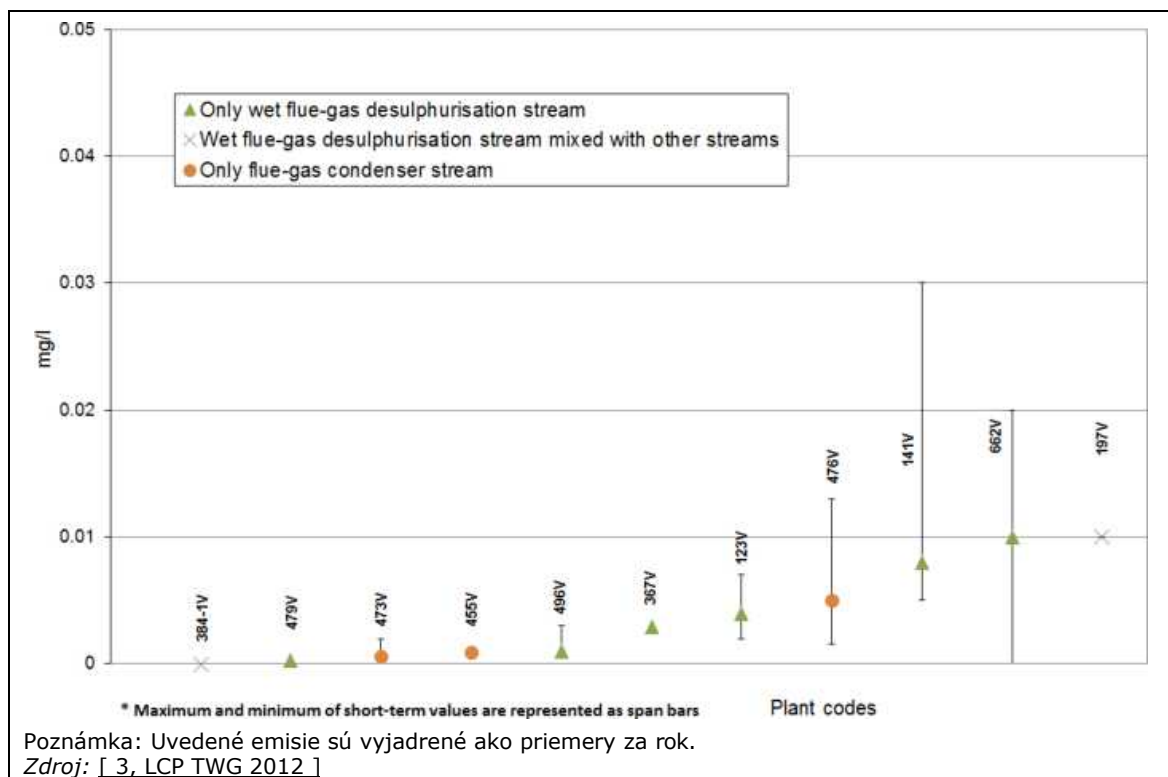


Obrázok 3.64: Emisie sírnika (SO_3^{2-}) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru

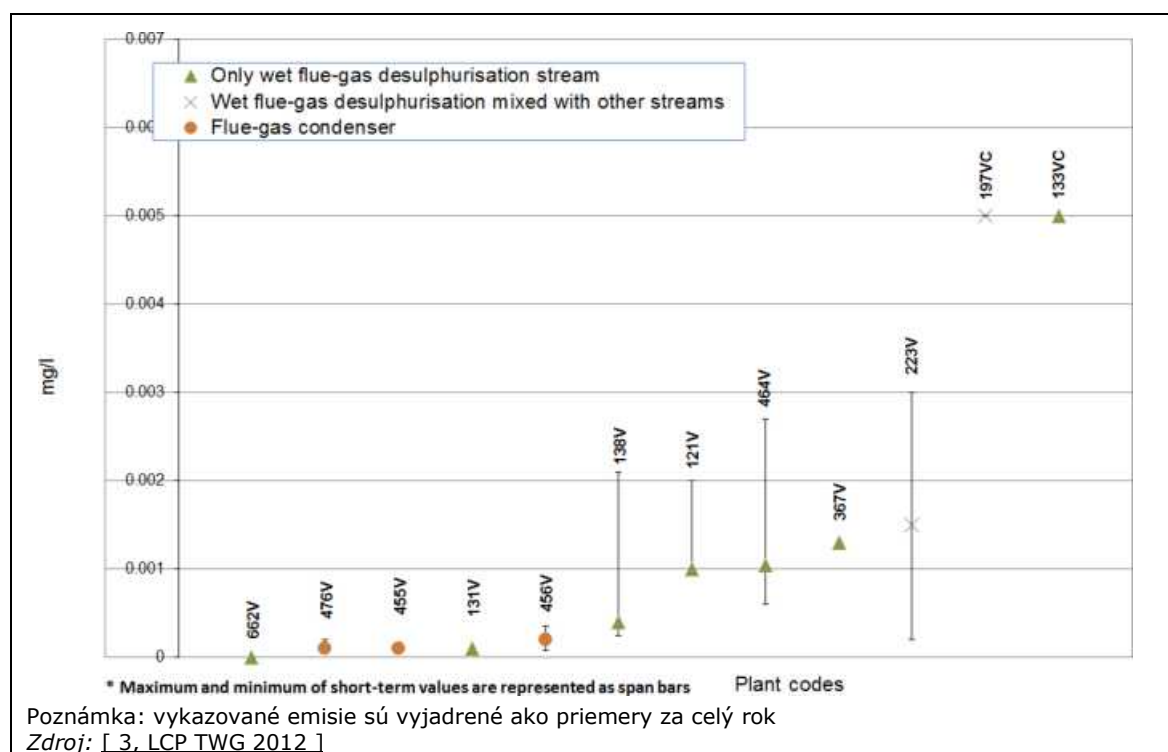
Emisie kovov

Kovy vykazujú rôzne vlastnosti a toxicitu. Emisie príslušných kovov a polokovov (t. j. As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) sú uvedené na obrázkoch 3.65 až 3.72. Rozpustené kovy sa zvyčajne odstraňujú zrážaním hydroxidom a (organickými) sulfidmi. As a Hg nemožno zrážať hydroxidom, ale (organickými) sulfidmi. Niekoľko zariadení, vrátane zariadení na čistenie odpadových vôd pochádzajúcich výlučne z čistenia spalín, dosahuje nasledujúce maximálne emisné úrovne:

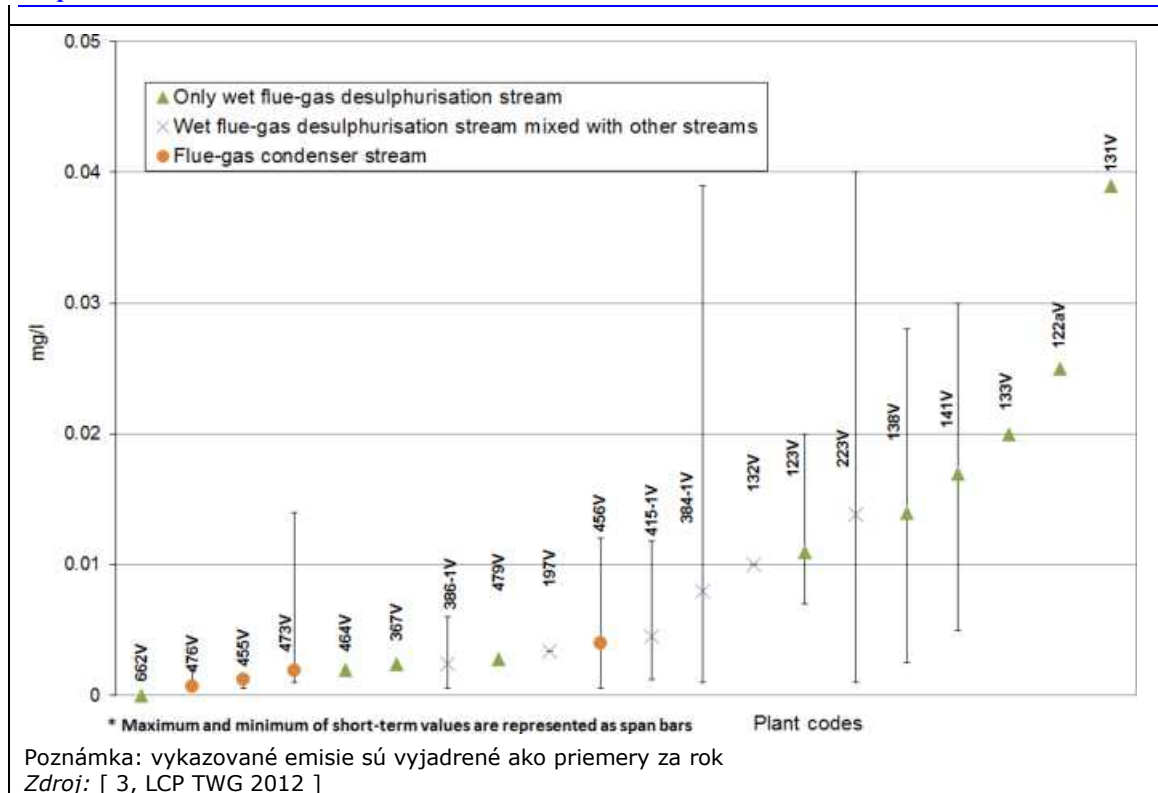
As 50 µg/l, Cd 5 µg/l, Cr 50 µg/l, Cu 50 µg/l, Hg 3 µg/l, Ni 50 µg/l, Pb 20 µg/l a Zn 200 µg/l. Niekoľko zariadení dosahuje tieto maximálne emisné hladiny: As 10 µg/l, Cd 2 µg/l, Cr 10 µg/l, Cu 10 µg/l, Hg 0,2 µg/l, Ni 10 µg/l, Pb 10 µg/l a Zn 50 µg/l.



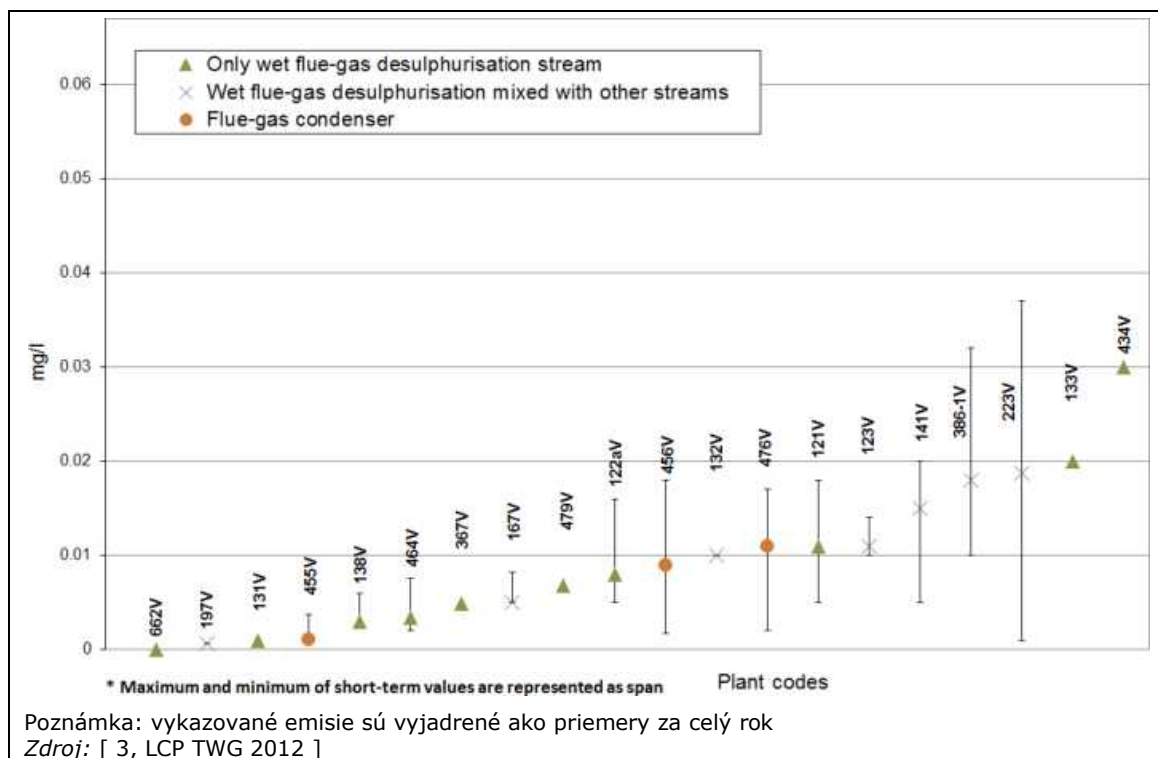
Obrázok 3.65: Emisie arzénu (As) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru



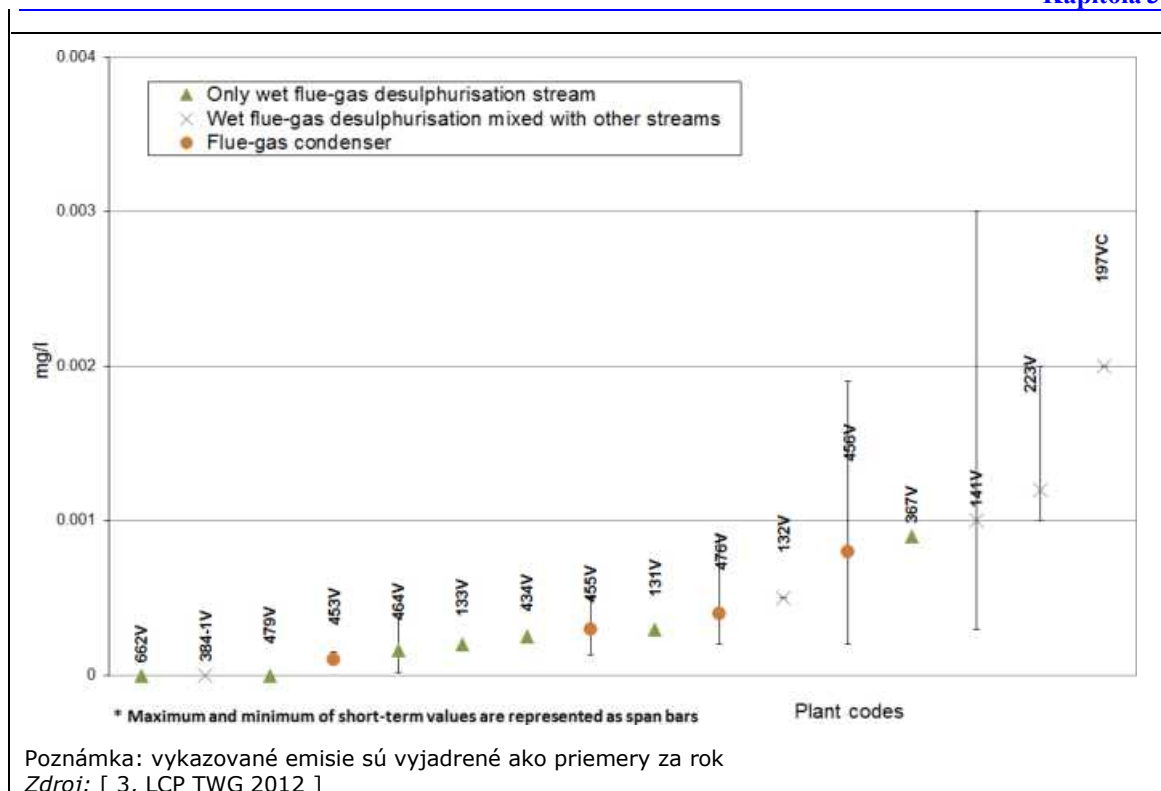
Obrázok 3.66: Emisie kadmia (Cd) v priamych vypúšťaniach do prijímajúceho vodného útvaru



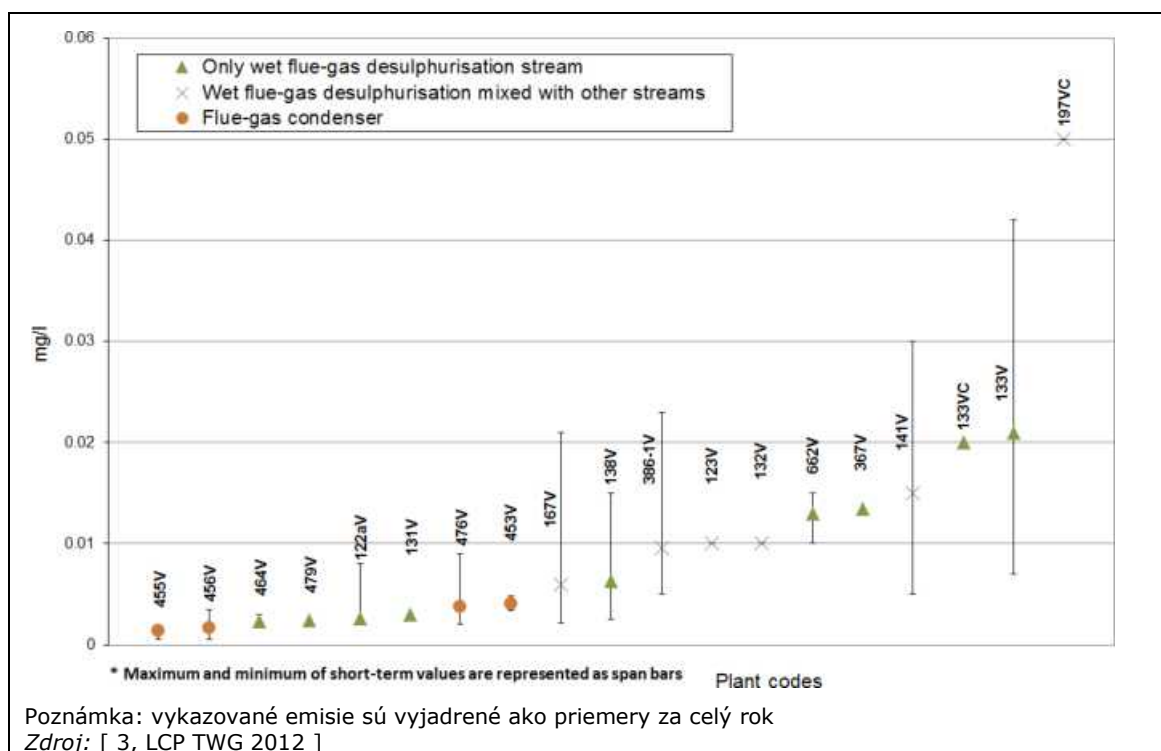
Obrázok 3.67: Emisie chrómu (Cr) v priamych vypúšťaniach do prijímajúceho vodného útvaru



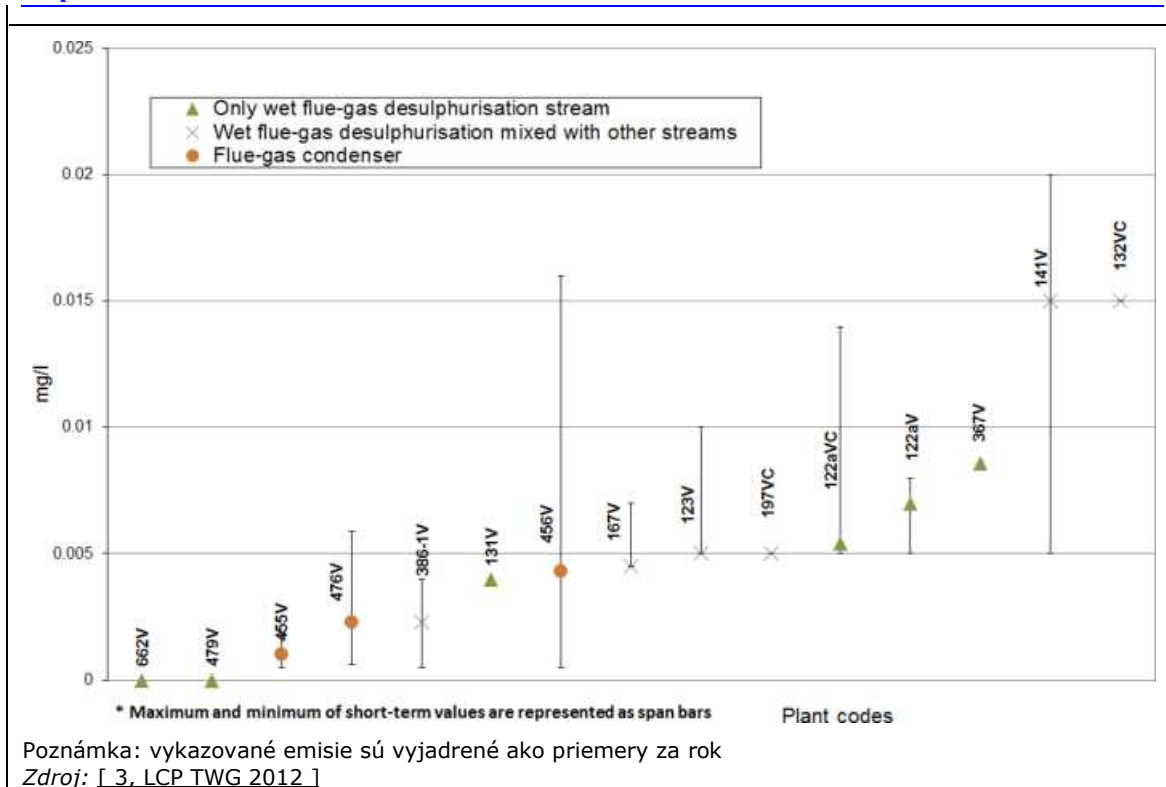
Obrázok 3.68: Emisie medi (Cu) v priamych vypúšťaniach do prijímajúceho vodného útvaru



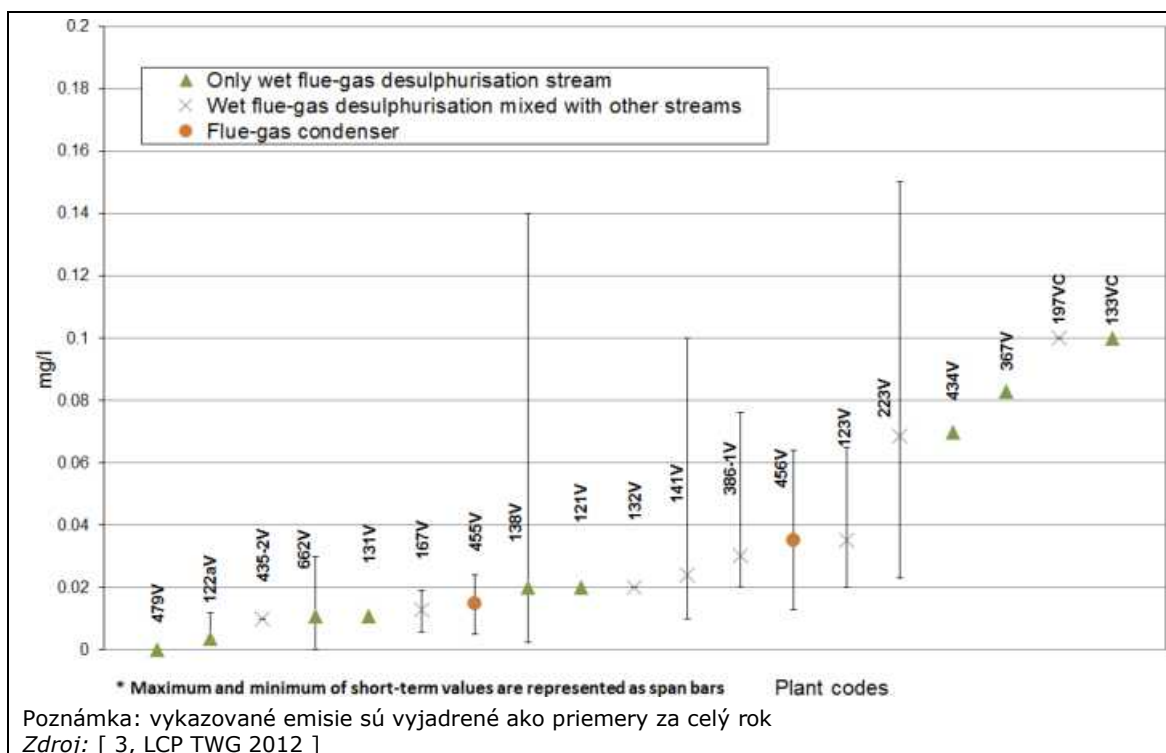
Obrázok 3.69: Emisie ortuti (Hg) pri priamom vypúšťaní do prijímajúceho vodného útvaru



Obrázok 3.70: Emisie niklu (Ni) v priamych vypúšťaniach do prijímajúceho vodného útvaru



Obrázok 3.71: Emisie olova (Pb) v priamych vypúšťaniach do prijímajúceho vodného útvaru



Obrázok 3.72: Emisie zinku (Zn) v priamych vypúšťaniach do prijímajúceho vodného útvaru

3.2.5 Techniky nakladania s odpadmi

Podrobnosti a informácie o nakladaní so rezíduami sú uvedené v dokumente EFS BREF.

Na zníženie množstva odpadu odosielaného na likvidáciu z technológií spaľovania a/alebo odstraňovania znečistenia je dôležité organizovať činnosti v nasledujúcom poradí priorit a zohľadňovať životný cyklus:

- a predchádzanie vzniku odpadu, napr. maximalizácia podielu rezíduí, ktoré vznikajú ako vedľajšie produkty;
- b príprava odpadu na opätovné použitie, napr. podľa konkrétnych požadovaných kritérií kvality;
- c recyklácia odpadu;
- d iné spôsoby zhodnocovania odpadu (napr. energetické zhodnocovanie).

Na tento účel sa môžu použiť niektoré techniky, t. j. príprava použitých katalyzátorov na opätovné použitie (napr. až štyrikrát v prípade katalyzátora SCR, v závislosti od mechanického stavu katalyzátora a požadovaného výkonu súvisiaceho s emisiami NO_x a NH₃), energetické zhodnocovanie využitím odpadu v palivovej zmesi (napr. popol a kaly bohaté na uhlík), výroba sadry z odsirovania ako vedľajšieho produktu a/alebo recyklácia alebo zhodnocovanie rezíduí v stavebnom sektore.

V súvislosti s výrobou sadry ako vedľajšieho produktu sa kvalita reakčných rezíduí na báze vápnika, ktoré vznikajú pri mokrom odsirovovaní, optimalizuje tak, aby sa mohli použiť ako náhrada za ťaženú sadru (napr. ako surovina v priemysle sadrokartónových dosiek). Kvalita vápenca použitého pri mokrom odsirovovaní ovplyvňuje čistotu vyrobenej sadry.

Optimalizácia kvality sadry vznikajúcej ako vedľajší produkt v mokrých systémoch odsirovania sa môže vykonávať pomocou predčističa FGD a dehydratačnej odstredivky.

Zhodnocovanie alebo recyklácia rezíduí (napr. z polosuchých procesov odsirovania, popolčeka, popolčeka) ako stavebného materiálu (napr. pri výstavbe ciest, pri výrobe betónu ako náhrada piesku alebo v cementárskom priemysle).

Optimalizácia kvality popolčeka vznikajúceho ako vedľajší produkt spaľovania sa môže vykonávať prostredníctvom suchého odprašovania a dohorievania.

3.2.5.1 Optimalizácia kvality sadry

Popis

Optimalizácia kvality sadry vznikajúcej ako vedľajší produkt v mokrých odsirovacích systémoch pomocou dvojstupňových odvodňovacích systémov vrátane hydrocyklónu a vákuového pásového filtra s odstredivkou, alebo výnimočne pomocou predčističa FGD a dehydratačnej odstredivky.

Technický popis

Dvojstupňové odvodňovacie systémy vrátane hydrocyklónu a vákuového pásového filtra s odstredivkou umožňujú separáciu kryštálov sadry podľa veľkosti, aby sa malé kryštály vrátili do pračky a veľké kryštály sa odstránili na odvodnenie.

Predčističe FGD sa môžu použiť na zníženie hladín kyselinotvorných zložiek (dymový prach, F, Cl), čím sa zlepši kvalita sadry. Okrem toho sa získaná sadra dehydratuje pomocou odstredivky.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zvýšená úroveň opätovného využitia sadry vďaka zníženiu obsahu chloridov/fluoridov v sadre (predajný vedľajší produkt).

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Informácie neboli poskytnuté.

Medziodvetvové vplyvy

Žiadne.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použiteľné pre kotly s odlučovačom škváry vybavené systémami mokrého odsírovania.

Ekonomika

Príjmy z predaja sadry.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Závod 121.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

3.2.5.2 Optimalizácia kvality popolčeka

Popis

Optimalizácia kvality popolčeka vznikajúceho ako vedľajší produkt spaľovania prostredníctvom suchého odprašovania a dohorievania.

Technický popis

Nespálené časti paliva vypadávajú z kotla na dopravný pás (suché odprašovanie) pod zásobníkom kotla a sú presmerované späť do kotla, kde sú opätovne spálené (dopálenie). Vďaka čiastočnému vákuu v kotle sú vzniknuté spaliny odvádzané do komína.

Suché odprašovanie eliminuje potrebu samostatnej čističky odpadových vôd (zníženie CHSK) a zvyšuje hodnotu popola znížením obsahu uhlíka. Zároveň dochádza pri dopálení k zníženiu obsahu vody v popole.

Vzduch použitý na chladenie popola sa vracia späť do kotla, čím sa získa značné množstvo energie a zvýši sa účinnosť kotla.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Znížené emisie do vody a znížená produkcia odpadu: nevznikajú odpadové vody z procesu odprašovania, ktoré by vyžadovali samostatné čistenie, čím sa zabraňuje emisiám CHSK z procesov spaľovania a spracovania popola.
- Zlepšená energetická účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Účinnosť kotla sa v porovnaní s použitím systému na spracovanie mokrého popola zo dna kotla zlepšila o 0,1 – 0,2 percentuálneho bodu v prípade bežného bitúmenového uhlia a o 0,5 percentuálneho bodu v prípade uhlia nízkej kvality.

Vplyvy na rôzne médiá

Minimálne dodatočné emisie v prúde spalín v dôsledku procesu dochádzaní.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

- Dopálenie je použiteľné pre kotly so suchým dnom.
- Spracovanie popola so suchým dnom je použiteľné len v zariadeniach spaľujúcich tuhé palivá. Môžu existovať technické obmedzenia, ktoré bránia dodatočnej inštalácii do existujúcich spaľovacích zariadení.

Ekonomika

Špecifické pre danú prevádzku.

V prípade zariadenia 142: kapitálové výdavky približne 4,5 milióna EUR a prevádzkové výdavky približne 170 000 EUR/rok (cenová úroveň z roku 2010).

Hnacie sily implementácie

- Zníženie emisií (odpadové vody/CHSK).
- Zníženie množstva dodatočných surovín (napr. aktívne uhlie, čistenie odpadových vôd).
- Zlepšenie kvality popola.

Príklady rastlín

Závod 142.

Referenčná literatúra

[225, Carrea et al. 2014]

3.2.6 Techniky na prevenciu emisií do pôdy a podzemnej vody

Kontaminácia pôdy a podzemnej vody súvisí vo väčšej miere s nekontrolovanými a/alebo neplánovanými (náhodnými) únikmi. Táto kontaminácia môže byť ťažko a nákladne zmierniteľná. Článok 14 ods. 1 písm. b) a c) smernice IED vyžaduje, aby podmienky povolenia zahŕňali opatrenia na ochranu pôdy a podzemnej vody. Opatrenia na prevenciu alebo kontrolu kontaminácie pôdy/podzemnej vody môžu byť zahrnuté do EMS.

3.2.7 Techniky na zníženie emisií hluku**3.2.7.1 Strategické plánovanie umiestnenia zariadení, jednotiek a budov****Popis**

Táto technika spočíva v strategickom plánovaní umiestnenia zariadení, jednotiek a budov s cieľom zvýšiť vzdialenosť medzi zdrojom emisií a príjemcom a využiť budovy alebo iné konštrukcie ako protihlukové clony.

Technický popis

Nízkošumová konštrukcia zariadení a lokalít má za cieľ minimalizovať výsledný environmentálny hluk v najbližších priestoroch receptora. Jednoduchou, ale vo všeobecnosti účinnou metódou je zvýšenie vzdialenosti medzi zdrojom a prijímačom. Okrem toho môžu budovy slúžiť ako protihluková clona pre iné zdroje. V prípade existujúcich zariadení je možné presunúť konkrétne jednotky.

Základnými možnosťami na zníženie hluku sú úprava zdroja hluku, zmena cesty prenosu hluku alebo vykonanie zmien ovplyvňujúcich prijímač. Prvým krokom, ktorý je potrebné podniknúť pri každom posudzovaní hluku, je identifikácia hlavných zdrojov a ciest hluku. Predikcia úrovni hluku v životnom prostredí v určitej vzdialenosti od zdroja (zdrojov) môže byť založená na norme ISO 9613-2. V prípadoch, keď sa očakáva alebo pretrváva rušenie citlivých receptorov hlukom, je možné zaviesť plán riadenia hluku. Jednou z metód na zníženie hladiny hluku je zvýšenie vzdialenosti medzi prijímačom a zdrojom.

Optimalizácia umiestnenia hlučných zariadení a celého závodu je preto pravdepodobne najefektívnejším spôsobom, ako sa vyhnúť problémom s hlukom. Jednoduchou metódou na odstránenie vplyvov hluku je úprava mechanizmu, ktorý hluk vytvára. Ďalšou alternatívou je umiestnenie zdroja hluku do uzavretého priestoru. Na úpravu dráhy šírenia zvuku sa bežne používajú akustické bariéry. Vnútri budov je použitie materiálov pohlcujúcich hluk, najmä na stenách a stropoch, účinnou metódou na zníženie odrazu alebo dozvuku vnútri budovy.

Ak sú vnútorné povrchy miestnosti úplne odrazové, hluk sa teoreticky blíži k nekonečnu. Preto sa v niektorých prípadoch hladiny vnútorného hluku regulujú pridaním absorpčného materiálu do budovy.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií hluku.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Informácie neboli poskytnuté.

Medziodvetvové vplyvy

- V prípade existujúcich závodov sa časť surovín a energie spotrebuje na presun zariadení alebo výrobných jednotiek.
- Znížená dostupnosť pre údržbu a kontroly.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Táto technika je použiteľná v nových zariadeniach. Presun zariadení a výrobných jednotiek v existujúcich zariadeniach závisí od dostupnosti priestoru.

Ekonomika

Optimalizácia rozmiestnenia hlučných zariadení a celého závodu/areálu je pravdepodobne najúspornejším spôsobom zníženia emisií hluku. V prípade existujúcich závodov môže premiestňovanie viesť k nadmerným nákladom.

Hnacie sily implementácie

Environmentálna legislatíva.

Príklady závodov

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

[301, UK Environment Agencies 2004]

3.2.7.2 Primárne techniky: zníženie hluku pri zdroji

Popis

Primárne techniky sú zamerané na redukciu hluku pri zdroji. Patria sem techniky riadenia, prevádzky a údržby, ako aj zariadenia a budovy s nízkou hlučnosťou.

Technický popis

Medzi primárne techniky na zníženie emisií hluku pri zdroji patria [301, UK Environment Agencies 2004]:

1. Program znižovania hluku, ktorý môže byť súčasťou EMS, zahŕňajúci nasledujúce kroky:
 - a) zoznam všetkých hlavných zdrojov hluku a stanovenie ich hladín akustického výkonu v oktávových segmentoch vrátane analýzy impulzov;
 - b) určenie postihnutých oblastí, ako sú obytné oblasti;
 - c) počítačový výpočet šírenia hluku (modelovanie lokality a jej okolia) vrátane kontroly skutočnej hladiny hluku v susedných oblastiach priamymi meraniami;
 - d) zaradenie zdrojov hluku podľa ich významu pre jednotlivé postihnuté oblasti (oddelené pre denné a nočné hodiny);

- e) hodnotenie techník na znižovanie hluku s ohľadom na ich význam pre hladinu hluku v postihnutých oblastiach a odhadované náklady;
 - f) identifikácia najúspornejšej kombinácie techník, ktorá zabezpečuje súlad s právnymi požiadavkami, ako je napríklad zónovanie hluku;
 - g) Overovanie účinnosti programu a monitorovanie emisií hluku v pravidelných intervaloch.
2. Prevádzkové a riadiace techniky v budovách obsahujúcich hlučné zariadenia:
 - a) zlepšená kontrola a údržba zariadení s cieľom zabrániť nadmernému opotrebeniu a poruchám vedúcim k vyššej hladine hluku (napr. vo ventilátoroch a ložiskách);
 - b) zatváranie dverí a okien krytých priestorov;
 - c) obsluha zariadení skúseným personálom;
 - d) vyhýbanie sa hlučným činnostiam v nočných hodinách;
 - e) opatrenia na kontrolu hluku počas údržbových činností.
 3. Používanie zariadení s nízkou hlučnosťou.
 4. Inštalácia tlmičov hluku (napr. tlmičov výfuku, tlmičov hluku) na zariadeniach a potrubiach. Na zníženie hluku v fúkačkách a poistných ventiloch sa používajú špeciálne tlmiče hluku založené na „princípe škrtiacej klapky“. Absorpčné tlmiče hluku sú vhodné na zníženie hluku, ktorý pokrýva široké frekvenčné pásmo. Typickými príkladmi sú potrubie s výstelkou, tlmič hluku pozostávajúci z paralelných dosiek s výstelkou alebo tlaková komora s výstelkou. Reaktívne tlmiče sú založené hlavne na geometrii tlmiča. Tieto tlmiče sú účinné len pri určitých frekvenciách alebo v úzkom frekvenčnom pásme. Typickými príkladmi reaktívnych tlmičov sú expanzné komory alebo dutinové rezonátory. Vzduch v dutine tvorí pružinu, ktorá ovplyvňuje prúdenie vzduchu smerujúce cez hrdlo do dutiny. Prúdenie vzduchu pôsobí ako hmota, čím vytvára nízkofrekvenčný ladiaci efekt vo veľmi obmedzenom frekvenčnom pásme. Komerčné tlmiče sú často kombináciou absorpčných a reaktívnych typov. Vo ventiloch sa širokopásmový hluk zvyčajne týka poklesu tlaku a hluk je možné znížiť tak, že sa pokles tlaku uskutoční v niekoľkých fázach. Použitie tlmičov alebo tlmičov hluku, zvýšená hrúbka steny potrubia a obloženie potrubia absorpčným alebo izolačným materiálom sú bežnými riešeniami problémov s hlukom v existujúcich elektrárnach.
 5. Vibračná izolácia strojov, dobrý dizajn a oddelené usporiadanie zdrojov hluku a potenciálne rezonančných komponentov, ako sú kompresory a potrubia. Rotačné stroje, ako sú turbíny, generátory, čerpadlá, kompresory a elektromotory, sú dôležitými zdrojmi vibrácií a hluku v elektrárnach. Hluk je často spôsobený vibráciami strojov, ktoré vytvárajú štrukturálny hluk. Účinnou metódou na obmedzenie šírenia hluku prenášaného konštrukciou je použitie základov strojov podporovaných izolátormi vibrácií, ako sú špeciálne nalaďené pružiny alebo gumové prvky. Princíp izolátorov spočíva v tom, že vlastná frekvencia systému spočívajúceho na izolátoroch je oveľa nižšia ako hlavná prevádzková frekvencia stroja. Izolovaný systém vyrovnáva excitačnú silu zotrvačnosťou. Čím väčšia je hmotnosť na izolátoroch, tým menšie sú vibrácie systému, ale v každom prípade izolátory výrazne znižujú vibrácie prenikajúce cez ne do okolitých konštrukcií. Ak je stroj na izolovaných základoch, spojenia zo stroja k iným konštrukciám, ako sú potrubia a kanály, musia byť flexibilné. To účinne zabraňuje šíreniu hluku prenášaného konštrukciou do kanálov a potrubí. Expanzné spoje a vlnovce sú príklady používané na takéto izolačné účely. Pokiaľ ide o hluk generovaný prúdením, potrubia a kanály by mali byť navrhnuté tak, aby zabezpečovali plynulé a rovnomerné prúdenie tekutiny. Náhle zmeny geometrie zvyšujú hluk, ktorý silne závisí od rýchlosti prúdenia. V niektorých prípadoch je hluk dokonca exponenciálne úmerný rýchlosti tekutiny, a preto je najefektívnejšou metódou na zníženie hluku zníženie miestnej rýchlosti tekutiny. Jednou z praktických metód, ako to dosiahnuť, je zabezpečiť potrubia s dostatočným priemerom a použitie veľkého polomeru ohybu. Hluk potrubia má dva charakteristické typy: hluk so širokým frekvenčným rozsahom a hluk sústredený na diskretných frekvenciách. Čerpadlá, ventilátory a dýchadlá produkujú hluk pri frekvenciách prechodu lopatiek. Tieto frekvencie závisia od počtu lopatiek okolo obežného kola. Tieto diskretné frekvencie môžu byť niekedy ovplyvnené špeciálnou konštrukciou stroja.
 6. Uzatvorenie hlučných zariadení (napr. kompresorov) do samostatných konštrukcií, ako sú budovy alebo zvukovo izolované skrine s vnútornou výstelkou z absorpčného materiálu.

7. Zvuková izolácia budov na ochranu pred hlučnými činnosťami, ktoré môžu zahŕňať:
- a) zvukovoizolačné materiály v stenách a stropoch;
 - b) zvukovo izolačné dvere;
 - c) okná s dvojitém zasklením.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií hluku.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Cieľové hladiny hluku v povoleniach sa zvyčajne stanovujú v meracích bodoch mimo hraníc areálu a individuálne pre každý prípad. Tieto hladiny sa zvyčajne líšia v závislosti od dotknutej oblasti (obytná alebo obchodná) a dennej doby (denná doba, zvyčajne 7.00–22.00, alebo nočná doba, zvyčajne 22.00–7.00). Prevádzkovateľ zariadenia musí zvyčajne poskytnúť informácie o šírení hluku a opatreniach prijatých na jeho zníženie. Keďže väčšina zariadení pracuje nepretržite celý deň a noc, cieľové hladiny hluku počas noci určujú techniky pre celý areál. V prípade impulzného hluku je bežnou praxou pri porovnávaní s limitnými hodnotami pridať k výsledkom merania 5 dB(A).

Vplyvy medzi médiami

Hluková izolácia môže obmedziť prístup na účely údržby a inšpekcií.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

- Technika 2.b) môže byť obmedzená akumuláciou tepla, čo si vyžaduje nútené odvádzanie tepla.
- Použiteľnosť zariadení na kontrolu hluku môže byť obmedzená nedostatkom priestoru.

Ekonomika

Techniky na znižovanie hluku vedú k dodatočným investičným a prevádzkovým nákladom, ktoré sú vo všeobecnosti vyššie pre existujúce zariadenia ako pre nové zariadenia.

Hnacie sily implementácie

- Environmentálna legislatíva.
- Legislatíva v oblasti zdravia a bezpečnosti na pracovisku.

Príklady závodov

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

[301, UK Environment Agencies 2004]

3.2.7.3 Sekundárne techniky: znižovanie hluku

Popis

Sekundárne techniky sú zamerané na zníženie šírenia hluku vkladáním vhodných prekážok, ako sú ochranné steny, násypy a budovy.

Technický popis

Ak primárne techniky znižovania hluku (pozri časť 3.2.7.2) nie sú dostatočné na dosiahnutie požadovaných cieľových úrovní hluku, môžu sa považovať za vhodné sekundárne techniky.

V mnohých prípadoch sa hluk môže šíriť celým plášťom a môže byť ťažké ho odstrániť zmenami na stroji alebo jeho pripojeniach. Riešením je v takom prípade buď obložiť stroj absorpčným alebo izolačným materiálom, alebo použiť samostatné kryty.

S cieľom odizolovať zdroj hluku sa medzi zdroj a prijímač vkladajú prekážky, ako sú ochranné steny, násypy a budovy. [301, UK Environment Agencies 2004]

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií hluku.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Informácie neboli poskytnuté.

Medziodvetvové vplyvy

Na výstavbu protihlukových bariér sa spotrebúvajú niektoré suroviny a energia.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použitie sekundárnych techník závisí od dostupnosti priestoru.

Ekonomika

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Hnacie sily implementácie

Environmentálna legislatíva.

Príklady rastlín

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

[301, UK Environment Agencies 2004]

4 SPLYŇOVANIE

Technológie splyňovania uvedené v tomto dokumente zahŕňajú techniky spojené so spaľovacími procesmi s minimálnym celkovým menovitým tepelným príkonom 20 MW_{th} (t. j. „technológia predbežnej úpravy paliva“ pre LCP). Hoci táto definícia zahŕňa viacero rôznych technológií splyňovania, v čase vypracovania tohto dokumentu (2013) neboli identifikované žiadne špecializované technológie pyrolýzy alebo skvapalňovania s rozmermi relevantnými pre účely tohto dokumentu. Technológie opísané v tomto dokumente sa preto zameriavajú hlavne na procesy splyňovania.

Splyňovanie je proces čiastočnej oxidácie, pri ktorom sa zdroj uhlíka, ako je uhlie, petrokoks, ťažký olej, biomasa, ťažké rezíduá z rafinácie ropy alebo RDF, pomocou tepla s obmedzeným/kontrolovaným prívodom kyslíka premieňa na oxid uhoľnatý (CO) a vodík (H₂), plus oxid uhličitý (CO₂) a prípadne molekuly uhľovodíkov, ako je metán (CH₄) a decht. Táto zmes plynov sa nazýva „producentný plyn“ alebo „syntézny plyn“ (syngas); presné vlastnosti plynu závisia od parametrov splyňovania, ako je teplota, typ suroviny použitej v procese splyňovania a použitý oxidant. Oxidantom môže byť vzduch, v takom prípade bude syntézny plyn obsahovať aj dusík (N₂), alebo para alebo kyslík. Syntézny plyn sa dá použiť na mnoho rôznych spôsobov, napr. na výrobu energie, pary, vodíka a základných chemikálií, ako je metanol a amoniak.

Splyňovanie je efektívny spôsob premeny palív a rezíduí s nízkou hodnotou na syntézny plyn, pretože sa dá použiť na rôzne suroviny: fosílna palivá, ako je uhlie alebo ropa, biomasa (ako drevo, poľnohospodárske odpady alebo rôzne plodiny), hnoj, asphalt, kaly z čistiarní odpadových vôd, plasty a komunálny tuhý odpad. Okrem toho sa môžu použiť techniky čistenia plynu na odstránenie korozívnych prvkov popola, ako sú chlorid a draslík, čo umožňuje výrobu čistého plynu z inak problematických palív.

K rastúcemu záujmu o splyňovanie prispieva viacero faktorov. Flexibilita produktov a surovín sú dva kľúčové dôvody popularity splyňovania na trhu, ktorý sa vyznačuje nestálosťou cien ropy a zemného plynu. Okrem toho je použitie syntézneho plynu potenciálne efektívnejšie ako priame spaľovanie pôvodného paliva, pretože sa dá spaľovať pri vyšších teplotách alebo dokonca v palivových článkoch. Okrem toho je syntézny plyn z plynovania oveľa hustejší ako spaliny vznikajúce pri spaľovaní toho istého paliva, a preto sú znečisťujúce látky v oveľa vyšších koncentráciách, čo uľahčuje ich účinnejšie odstraňovanie pred konečným použitím. Z tohto dôvodu ponúkajú systémy plynovania vo všeobecnosti environmentálne výhody oproti konkurenčným spaľovacím systémom, a to vďaka schopnosti dosahovať extrémne nízke emisie, napr. oxidov síry a prachu.

Proces splyňovania

Pri splyňovaní uhlia sú dôležité nasledujúce reakcie:

Devolatilizácia uhlia = CH₄ + CO + CO₂ + Oleje + Decht + C (Uhlie)

C + O₂ = CO₂ (exotermická – rýchla)

C + 1/2O₂ = CO (exotermický – rýchly)

C + H₂O = CO + H₂ (endotermický – pomalší ako oxidácia) C

+ CO₂ = 2CO (endotermický – pomalší ako oxidácia)

CO + H₂O = CO₂ + H₂ Posun reakcie (mierne exotermický – rýchly)

CO + 3H₂ = CH₄ + H₂O Metanizácia (exotermický)

C + 2H₂ = CH₄ Priama metanizácia (exotermická)

Vysoké tlaky a nízke teploty podporujú metanizačné reakcie. Vo väčšine prípadov je však obsah metánu vyšší, ako by sa dalo predpokladať na základe rovnováhy, pretože metán sa tvorí aj počas primárnej devolatilizácie (tepelný rozklad prchavých zložiek uhlia) uhlia (tento metán sa niekedy nazýva „okamžitý“ metán).

Za redukčných podmienok splyňovania sa síra v uhlí premieňa predovšetkým na sírovodík (H_2S), pričom ~3–10 % síry sa premieňa na karbonylsulfid (COS). To zvyčajne vyžaduje použitie reaktora na hydrolýzu COS na premenu COS na H_2S pred odstránením H_2S pomocou dobre známych procesov absorpcie rozpúšťadlom, ktoré sa široko používajú v spracovaní plynu a ropnom priemysle.

Podmienky splyňovania podporujú premenu dusíka viazaného v palive na plyný dusík a amoniak (NH_3). Vyššie teploty podporujú ďalšiu deštrukciu amoniaku na dusík a vodík, takže obsah amoniaku v surovom syntéznom plyne je primárne funkciou výstupnej teploty splyňovača. Prítomné sú aj malé množstvá HCN a iných kyslastých plynov, ako je amoniak, síra alebo halogenidové zlúčeniny, ktoré je možné spracovať v mokrom pračkovom systéme.

Decht, oleje a fenoly prežívajú vo výstupoch s nižšou teplotou splyňovačov s pevným a fluidným ložom a tieto látky obsahujú časť kyslíka, dusíka a síry z paliva vo forme zložitejších molekúl.

V nízko-teplotných splyňovačoch (s pevným a fluidným ložom) a najmä pri vysoko prchavých palivách, ako je biomasa, komunálny tuhý odpad a hnedé uhlie, má fáza devolatilizácie a sekundárne krakovacie a reformovacie reakcie primárnych produktov pyrolýzy významný vplyv na celkový výkon splyňovacieho procesu. Prítomnosť kondenzovateľných organických zlúčenín, dechtov, je osobitnou výzvou pre splyňovače biomasy a odpadu a má významný vplyv na celkový návrh procesu čistenia plynu.

Procesy splyňovania spojené s procesmi spaľovania

V zásade môže byť proces splyňovania prepojený so všetkými typmi spaľovacích zariadení, ako je opísané nižšie.

Ak sa splyňovanie uskutočňuje pri relatívne nízkej teplote, napríklad 700 – 1 000 °C, syntézny plyn má v porovnaní s vysokoteplotným splyňovaním relatívne vysoký obsah uhlíkovodíkov. V dôsledku toho sa môže použiť priamo na spaľovanie v kotli na výrobu tepla alebo elektriny prostredníctvom parnej turbíny s čistením spalín, aby sa dosiahli rovnaké úrovne emisií ako pri akomkoľvek spaľovacom procese, alebo s vhodným čistením syntézneho plynu pred spaľovaním na prevádzku plynových turbín alebo spaľovacích motorov na výrobu elektriny.

Spaľovacia komora pre jednoduchý kotol môže byť tesne spojená so splyňovačom, alebo môže byť syntézny plyn čistený od uhlíkovodíkov s dlhším reťazcom (dechtov), prepravovaný, skladovaný a spaľovaný na diaľku. Syntézny plyn môže byť tiež premenený na syntetický zemný plyn (SNG), ktorý môže byť dopravovaný spotrebiteľom prostredníctvom siete zemného plynu. Plynové turbíny môžu za určitých okolností pracovať aj s dechtmi a inými kvapalnými alebo plynými uhlíkovodíkmi.

Splyňovací systém môže byť úzko integrovaný s plynovou turbínou s kombinovaným cyklom na výrobu elektriny (IGCC – integrovaný splyňovací kombinovaný cyklus).

Splyňovanie pri vyšších teplotách (1 200 – 1 600 °C) vedie k veľmi nízkym koncentráciám uhlíkovodíkov v syntéznom plyne a k vyššiemu podielu CO a H_2 , čo uľahčuje proces čistenia pred konečným použitím syntézneho plynu. Ten sa môže použiť na výrobu základných chemikálií alebo na syntézu uhlíkovodíkov s dlhším reťazcom pomocou techník, ako je Fischer-Tropschova (FT) syntéza. Splyňovanie výlučne na účely syntézy nie je v tomto dokumente zahrnuté.

Emisie/vznik vedľajších produktov

Emisie/vedľajšie produkty vznikajúce pri splyňovaní súvisiacom so spaľovacími procesmi zahŕňajú škváru/spodný popol zo splyňovača a v závislosti od úrovne čistenia syntézneho plynu potenciálne aj suché a/alebo mokré rezíduá z čistenia plynu, ako je popolček/prach z filtrácie syntézneho plynu, rezíduá z mokrého pračiek, získaná síra, odpadová voda a použité katalyzátory.

Keďže vyrobený syntézny plyn sa používa priamo v spaľovacej prevádzke, procesy splyňovania spojené so spaľovacími procesmi nespôsobujú žiadne priame emisie do ovzdušia, s výnimkou možných emisií z prepravy plynu a spaľovania a spaľovania, napr. z čistenia syntézneho plynu počas spúšťania a vypínania. Môžu vznikať difúzne emisie z manipulácie s palivom a predbežnej úpravy, ako napr. prach a VOC.

Vlastnosti popola zo splyňovania sa môžu líšiť od popola vznikajúceho pri priamom spaľovaní. Niektoré procesy splyňovania spracúvajú popol obsahujúci ťažké kovy pri veľmi vysokých teplotách, takže sa uvoľňujú v sklovitej a chemicky stabilnej forme. V tomto prípade môže byť kvalita – a tým aj potenciál opätovného použitia – strusiek zo splyňovania lepšia ako v prípade zodpovedajúceho popola zo spaľovania.

V prípade popolčeka sa kvalita a potenciál opätovného použitia môžu výrazne líšiť v závislosti od použitej technológie čistenia syntézneho plynu, technológie splyňovania a kvality pôvodnej suroviny. Niektoré popolčeky (zo splyňovania uhlia) majú podobnú kvalitu ako popolček zo spaľovania uhlia a neobsahujú sorbenty, a tieto popolčeky môžu byť predajné. V iných prípadoch môže filtračný prach z filtrácie syntézneho plynu obsahovať zmes sorbentov, nezreagovaného uhlíka a všetkých nečistôt pôvodnej suroviny, a jedinou možnosťou je jeho likvidácia.

4.1 Použité procesy a techniky

Na komerčné použitie je k dispozícii mnoho konštrukčných variácií splyňovacích zariadení. V závislosti od typu prietokových podmienok v zariadení sa všetky zaraďujú do jednej z nasledujúcich všeobecných kategórií: s pevným lôžkom (niekedy označované aj ako pohyblivé lôžko), s fluidným lôžkom, s unášajúcim prúdom a plazmový reaktor.

Látky znečisťujúce ovzdušie obsiahnuté v emisiách z komína pochádzajúce zo splyňovania spojené so spaľovacími procesmi sú v podstate rovnaké ako v systémoch priameho spaľovania a sú ovplyvnené použitou konverznou technológiou, povahou spracovávaného paliva a najmä procesmi čistenia syntézneho plynu.

Ak je splyňovacie zariadenie tesne spojené s kotlom, čistenie životného prostredia (emisie do ovzdušia) závisí od hlavných techník čistenia spalín kotla. Na druhej strane, možnosť čistenia syntézneho plynu (čistenie na vstupe) namiesto čistenia spalín na výstupe má oproti špecializovanému spaľovaniu niektoré výhody, napr. v prípade IGCC na báze uhlia je možné dosiahnuť hodnoty emisií síry, NO_x a tuhých látok podobné hodnotám CCGT prevádzkovaných na zemný plyn.

Z elektrární IGCC môžu vznikať aj iné emisie do ovzdušia ako emisie z komína turbíny, napríklad odpadový plyn z jednotky Claus alebo emisie z odvetrávacích systémov pri mletí a sušení uhlia. Tieto menšie emisie sa spracúvajú s cieľom získať späť akékoľvek hodnotné materiály (napr. odpadový plyn z jednotky ELCOGAS Claus sa hydrogenuje pred recykláciou do hydrolizačnej jednotky COS, čo umožňuje vyšší celkový pomer spätného získavania síry z paliva a zabraňuje vzniku nového emisného bodu do atmosféry) alebo na zníženie znečistenia emitovaného do ovzdušia (napr. odpadový plyn z jednotky Nuon Claus sa hydrogenuje a spracúva pred vypúšťaním do atmosféry prostredníctvom spaľovne).

V rafinériách môže konfigurácia IGCC zahŕňať opätovné spaľovanie stlačeného kalu, ktorý vzniká pri kroku čistenia syntézneho plynu vodou. Súvisiace emisie do ovzdušia sú pokryté dokumentom BREF o rafinácii minerálnych olejov a plynu, najmä pokiaľ ide o spaľovanie viacerých palív.

Techniky filtrácie/čistenia syntézneho plynu

Čistenie syntézneho plynu sa vo všeobecnosti nevyžaduje v prípade okamžitej oxidácie alebo spoluspaľovania v kotloch, s výnimkou odstraňovania korozívnych zlúčenín, ak je ich koncentrácia vyššia, ako je prípustné v kotle. Čistenie je však nevyhnutné v prípade priameho spaľovania v spaľovacích motoroch alebo plynových turbínach/závodoch IGCC. Čistenie od kyslých a sírových zlúčenín sa odporúča, aby sa zabránilo korózii, znečisteniu alebo iným vplyvom v kotloch za spaľovacím procesom, a v prípade spaľovania v plynových turbínach musí byť množstvo prachu minimálne, aby sa predĺžila životnosť horúcich komponentov.

V zariadeniach IGCC na báze uhlia sa pred priamym spaľovaním v plynových turbínach vykonáva vysokoúčinné odstraňovanie prachu a odsírovanie syntézneho plynu. To sa dá dosiahnuť komerčnými technológiami odstraňovania prachu a mokrého čistenia. Dodatočné separačné procesy, ktoré sú potrebné v rafinériách, nie sú potrebné. Hlavnou nevýhodou procesov splyňovania na získanie syntézneho plynu ako paliva v spaľovacích procesoch je to, že syntézny plyn musí byť dostatočne ochladený, aby sa odstránili častice a hlavne kyslé a sírové zlúčeniny. Táto nevýhoda je však vždy menšia ako nevýhoda, ktorá vzniká pri čistení spalín po spaľovaní.

Chladenie a filtrácia syntézneho plynu sa môžu považovať za vyspelú technológiu, ktorá sa pravidelne používa vo veľkých zariadeniach IGCC. Filtrácia plynov z CFB splyňovania s prúdom vzduchu bola vyvinutá a dôkladne otestovaná v pilotnom meradle na začiatku roku 2000; prvé komerčné demonštračné zariadenie, zariadenie Kymijärvi, bolo na jar 2012 v Lahti vo Fínsku v fáze uvedenia do prevádzky.

Pri splyňovaní biomasy je výskyt dechtov v syntéznom plyne špecifickým problémom a existujú dve hlavné stratégie, ako s nimi naložiť, keď sa v syntéznom plyne vyskytnú: odstránenie alebo konverzia *na mieste*.

Na odstraňovanie dechtu, chloridov, amoniaku a alkalických zlúčenín sa používajú horúca filtrácia, cyklóny a mokré čistiace systémy. Čistenie ochladzuje plyn a produkuje prúd odpadovej vody. Novou technikou je odstraňovanie dechtov katalytickým krakovaním, ktoré by mohlo znížiť alebo eliminovať odpadovú vodu, zabrániť strate tepelnej energie pri čistení a zvýšiť kvalitu a množstvo plynu. Ďalším spôsobom efektívnej konverzie dechtov je udržanie teploty plynu nad teplotou kondenzácie dechtu, kým plyn nedosiahne horáky spaľujúce syntézny plyn. Táto technika sa používa napríklad v nasledujúcich splyňovacích zariadeniach: Kymijärvi 1, Ruien a Vaskiluoto. Pri tejto metóde sa vysoká výhrevnosť dechtov v praxi plne využíva v kotle, ale môže byť potrebné použiť techniky čistenia na konci potrubia a môže dôjsť k potenciálnej korózii a usadzovaniu na povrchoch výmenníka tepla kotla.

Pokiaľ ide o spaľovanie, väčšina splyňovacích zariadení na tuhé a kvapalné palivá produkuje tuhé vedľajšie produkty, predovšetkým lôžkový popol, v závislosti od teploty splyňovacieho procesu, a popolček/prach z filtrácie syntézneho plynu. Ako tuhý vedľajší produkt sa môže získať aj síra.

4.1.1 Zariadenia IGCC (integrovaný kombinovaný cyklus splyňovania)

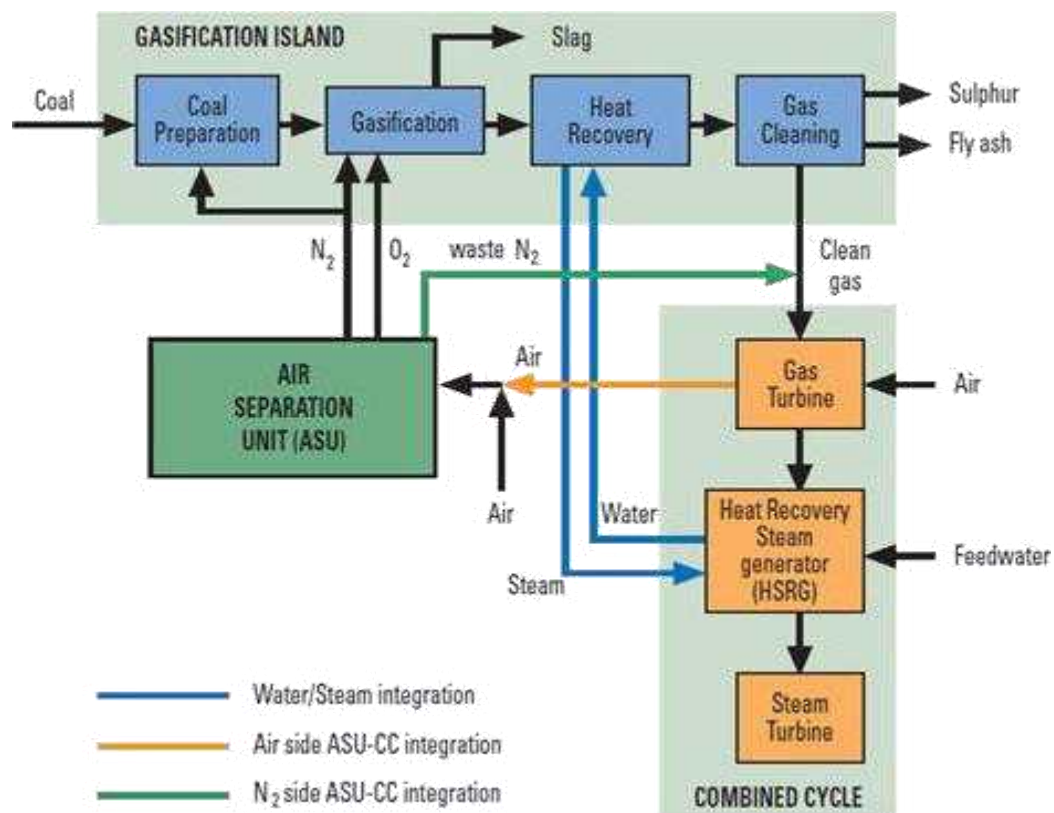
Integrovaný kombinovaný cyklus splyňovania (IGCC) je technika, ktorej účelom je výroba pary a elektrickej energie z rôznych druhov palív nízkej kvality s čo najvyššou možnou účinnosťou konverzie. Nečistoty sa odstraňujú zo syntézneho plynu pred jeho spálením.

Hlavnou surovinou vo veľkých zariadeniach IGCC je často uhlie, ropný koks a/alebo ťažký olej alebo iné ťažké rezíduá z procesov rafinácie ropy. Tieto zariadenia často používajú na splyňovanie čistý kyslík (z jednotky na separáciu vzduchu, ASU) s systémom čistenia plynu (napr. Nuon Buggenum, ELCOGAS Puertollano a väčšina veľkých elektrární IGCC). Existujú však aj jednoduchšie konfigurácie IGCC s biomasou, hoci v malom meradle a s rôznymi úrovňami emisií v spalínach v závislosti od použitého paliva (napr. Varnamo, Švédsko).

V zariadeniach IGCC sa uprednostňuje tlakové splyňovanie, aby sa zabránilo veľkým stratám pomocnej energie pri kompresii syntézneho plynu na vstupný tlak plynových turbín. Okrem toho, keďže syntetické reakcie sa vo všeobecnosti zlepšujú pri vyššom tlaku, tlakové splyňovanie sa uprednostňuje aj pre syntetické aplikácie. Väčšina, ale nie všetky, splyňovacie procesy, ktoré sa v súčasnosti používajú alebo sa plánujú pre aplikácie IGCC, sú kyslíkové.

Existuje mnoho variácií základného usporiadania elektrárne IGCC, pričom základným aspektom návrhu je úroveň integrácie medzi jednotkami. Obrázok 4.1 znázorňuje typickú konfiguráciu elektrárne IGCC a jej integračné možnosti.

Časť metánu vzniká vždy rozkladom prchavých látok uhlia a tepelnými reakciami primárnych produktov devolatilizácie s vyššou molekulovou hmotnosťou. Pri nižších teplotách na výstupe zo splyňovacieho zariadenia prežije viac metánu. Keďže splyňovacie zariadenia s pevným lôžkom aj splyňovacie zariadenia s fluidným lôžkom majú nižšie teploty na výstupe (pod teplotami spopolňenia) ako jednostupňové splyňovacie zariadenia s unášajúcim prúdom, syntézny plyn z týchto splyňovacích zariadení má oveľa vyšší obsah metánu, ktorý zvyčajne predstavuje 10 – 15 % obsahu uhlíka v uhlí pri 28 – 35 barg. Treba tiež poznamenať, že kvôli svojim prevádzkovým teplotám majú fluidné splyňovacie zariadenia aj nižšiu konverziu uhlíka a ich popol obsahuje viac uhlíka ako typický škvarový popol zo škvarových splyňovacích zariadení. Vo všeobecnosti sú fluidné splyňovacie zariadenia vhodnejšie pre vysoko prchavé a vysoko reaktívne palivá, ako sú hnedé uhlie a biomasa, ako pre bitúmenové uhlie, ktoré vyžaduje vysoké teploty splyňovania.



Zdroj: [297, Treviño Coca 2001]

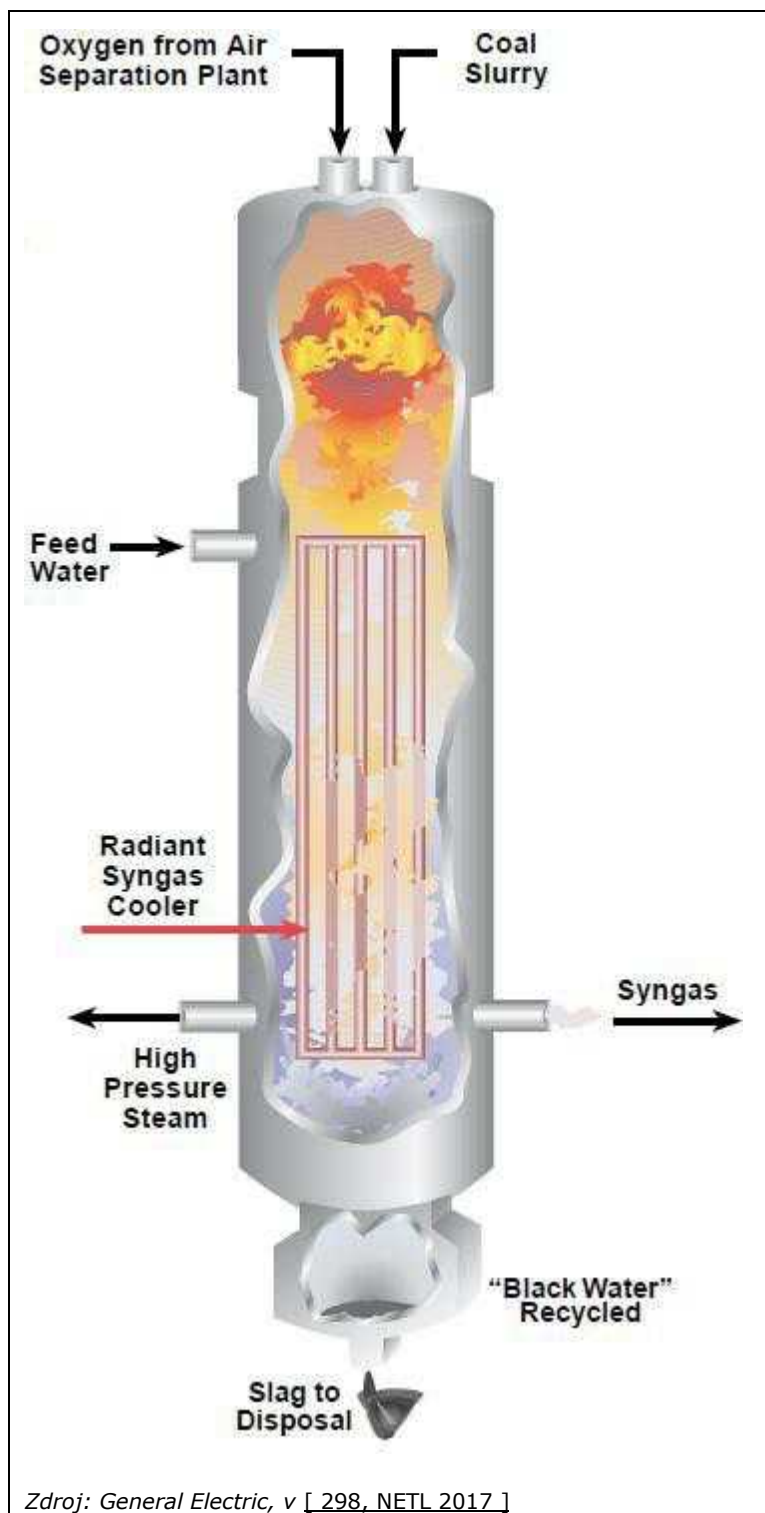
Obrázok 4.1: Schéma procesu a možnosti integrácie pre zariadenie IGCC

Výrobu metánu z metanizačných reakcií podporujú vyššie tlaky. Niektoré skutočné údaje o vplyve tlaku sú uvedené v tabuľke 4.1, ktorá zobrazuje zloženie syntézneho plynu z viacerých splyňovacích zariadení s pevným a fluidným lôžkom.

Tabuľka 4.1: Zloženie syntézneho plynu zo splyňovacích zariadení s fluidným a pevným lôžkom (typické bitúmenové uhlie)

Parameter	Jednotky	Typ splyňovača				
		Suchý popol – pevné lôžko	Tvorba škvary – pevné lôžko	Tvorba škvary – fluidné lôžko	KRW – fluidné lôžko	Synthan – fluidné lôžko
Tlak	barg	27,5	27,5	69	31	69
H ₂	(mol % čistý, suchá báza)	40	28	25	34	32
CO	(mol % čistý, suchá báza)	17	59	59	45	13
CH ₄	(mol % čistý, suchá báza)	9	7	10	7	15
CO ₂	(mol % čistý, suchá báza)	32	3	3	12	36
N ₂ + Ar	(mol % čistý, suchá báza)	2	3	3	2	4

V jednofázových splyňovacích zariadeniach s unášajúcim prúdom (pozri príklad na obrázku 4.2) jemné častice uhlia reagujú so súčasne prúdiacou parou a kyslíkom. Doba zdržania je veľmi krátka (niekoľko sekúnd) a prevádzková teplota je vyššia ako teplota tavenia popola, čo zabezpečuje likvidáciu dechtov a olejov a dosiahnutie vysokej miery konverzie uhlíka. Obsah metánu je veľmi nízky a surový plyn má vysoký obsah citlivého tepla. Rôzne konštrukcie splyňovacích zariadení s unášajúcim prúdom sa líšia v systémoch podávania (suché pneumatiké alebo uhoľné/vodné kaly), kontajneroch na horúce prúdy (žiaruvzdorná alebo membránová vodná stena) a konfiguráciách na získavanie citlivého tepla zo surového plynu.



Obrázok 4.2: Jednofázové splyňovacie zariadenie s unášajúcim prúdom od spoločnosti General Electric

Niektoré konštrukcie splyňovacích zariadení využívajú dve fázy na zlepšenie účinnosti splyňovacieho zariadenia pri studenej teplote, zníženie citlivého tepla v surovom plyne a zníženie požiadaviek na kyslík. V dvojfázovom splyňovacom zariadení s unášajúcim prúdom uhlie dodávané do druhej fázy znižuje výstupnú teplotu a produkuje určitý objem metánu, ktorý pretrváva v syntéznom plyne. Obsah metánu sa zvýši, ak sa do druhého stupňa dodá vyšší podiel uhlia. Typické zloženie syntézneho plynu z viacerých procesov splyňovania s unášajúcim prúdom je uvedené v tabuľke 4.2.

Tabuľka 4.2: Zloženie syntézneho plynu z procesov splyňovania uhlia s unášajúcim prúdom (typické bitúmenové uhlie)

Parameter	Jednotky	Fázy splyňovania / prívod				
		Jedna / kal	Jedna / suchý	Dve / kal	Dve / Kal s väčším podielom prívodu do 2.fázy	Dve / Suchý
Tlak	barg	69	34	31	31	69
H ₂	(mol % čistý, suchá báza)	37	28	33	30	32
CO	(mol % čistý, suchá báza)	47	64	54	49	29
CH ₄	(mol % čistý, suchá báza)	< 0,1	< 0,1	1	6	15
CO ₂	(mol % čistý, suchá báza)	14	2	10	12	22
N ₂ + Ar	(mol % čistý, suchá báza)	2	6	2	3	2

Splyňovacie zariadenia s unášajúcim prúdom sa používajú vo väčšine komerčných projektov IGCC. Hlavnou výhodou vysokoteplotných plynových generátorov s unášaným prúdom je, že zabráňujú tvorbe dehtu a s ním spojeným problémom. Ich syntézny plyn obsahuje málo metánu a je veľmi vhodný na výrobu vodíka a syntetických plyných produktov. Vysoká rýchlosť reakcie tiež umožňuje výstavbu jednostupňových plynových generátorov s veľkým výkonom, ktorý je dostatočný na napájanie veľkých komerčných plynových turbín.

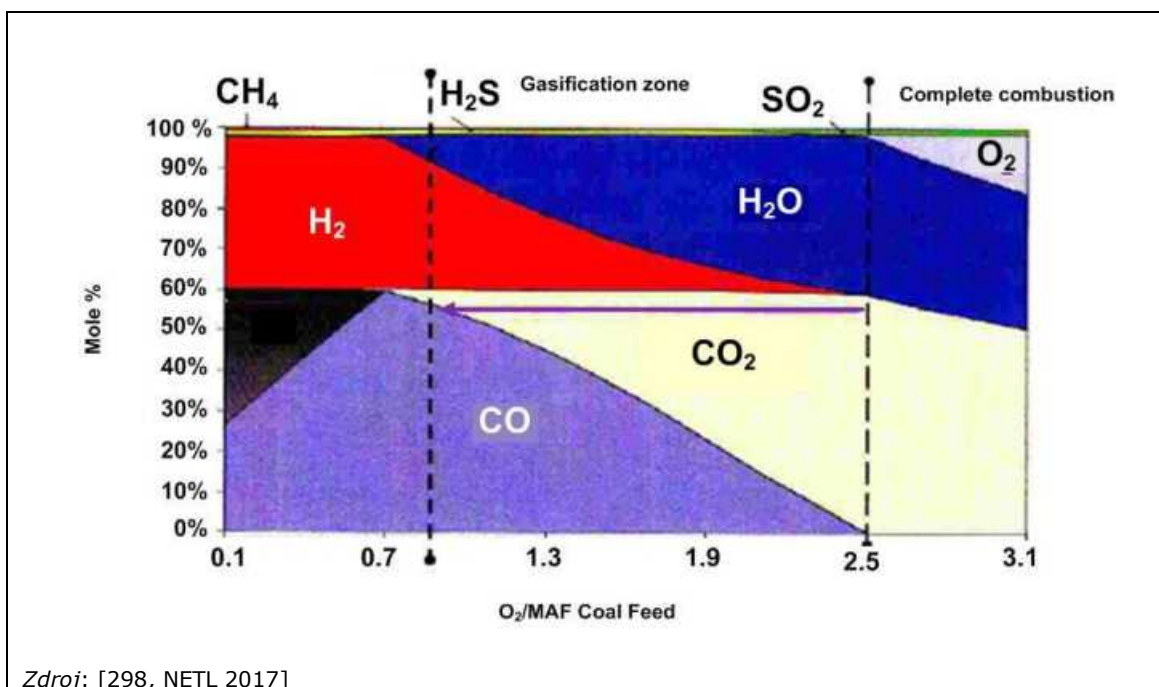
Zariadenia IGCC založené na ropných rezíduách používajú všetky plynové generátory s prúdom. Po celom svete je v prevádzke viac ako sto takýchto plynových generátorov na ťažký olej, ktoré slúžia na výrobu amoniaku, metanolu, vodíka, iných chemikálií a energie.

Dve technológie splyňovania s prúdom vzduchu sa budujú v rámci projektu Mississippi Power (dcérska spoločnosť Southern Company) s nominálnym výkonom 585 MW_e IGCC + CCS v okrese Kemper County v štáte Mississippi a dvojfázové splyňovacie zariadenie s prúdom vzduchu je v komerčnej prevádzke v zariadení Nakoso 250 MW_e Clean Coal Power R&D v Japonsku. Reprezentatívne zloženie plynu z týchto dvoch procesov s prúdom vzduchu je uvedené v tabuľke 4.3.

Tabuľka 4.3: Zloženie syntézneho plynu pre procesy splyňovania KBR a MHI s prívodom vzduchu

Parameter	Jednotka	Splyňovacie zariadenie	
		KBR Transport	MHI
Tlak	barg	34	51
Uhlie	(mol % čistý, suchá báza)	PRB subbituminózne	Shenhua Čína
H ₂	(mol % čistý, suchá báza)	12	10
CO	(mol % čistý, suchá báza)	24	31,9
CH ₄	(mol % čistý, suchá báza)	2	1,4
CO ₂	(mol % čistý, suchá báza)	7	2,7
N ₂ + Ar	(mol % čistý, suchá báza)	54	54

Obrázok 4.3 sumarizuje zloženie syntézneho plynu, t. j. obsah CO , CO_2 , H_2O , CH_4 , H_2S (bez dusíka a s použitím uhlia z Illinois) ako funkciu pomeru O_2 k prívodu uhlia.



Obrázok 4.3: Zloženie syntézneho plynu ako funkcia pomeru O_2 k prívodu uhlia

Spolu so splyňovaním zariadenie používa paroplynový cyklus, ktorý možno integrovať s vysokotlakovou jednotkou na separáciu vzduchu (ASU) na dodávku dusíka a vysoko čistého kyslíka. Vzduch používaný jednotkou ASU je dodávaný kompresorom plynových turbín alebo nie, v závislosti od úrovne integrácie IGCC; vyrobený dusík, ktorý sa nepoužíva v procese splyňovania alebo v pomocných systémoch, môže byť vstrekaný do spaľovacej komory na zníženie emisií NO_x .

Koncepcia integrácie

Existuje mnoho variácií základného usporiadania zariadenia IGCC, pričom základným aspektom návrhu je úroveň integrácie medzi jednotkami (pozri aj obrázok 4.1):

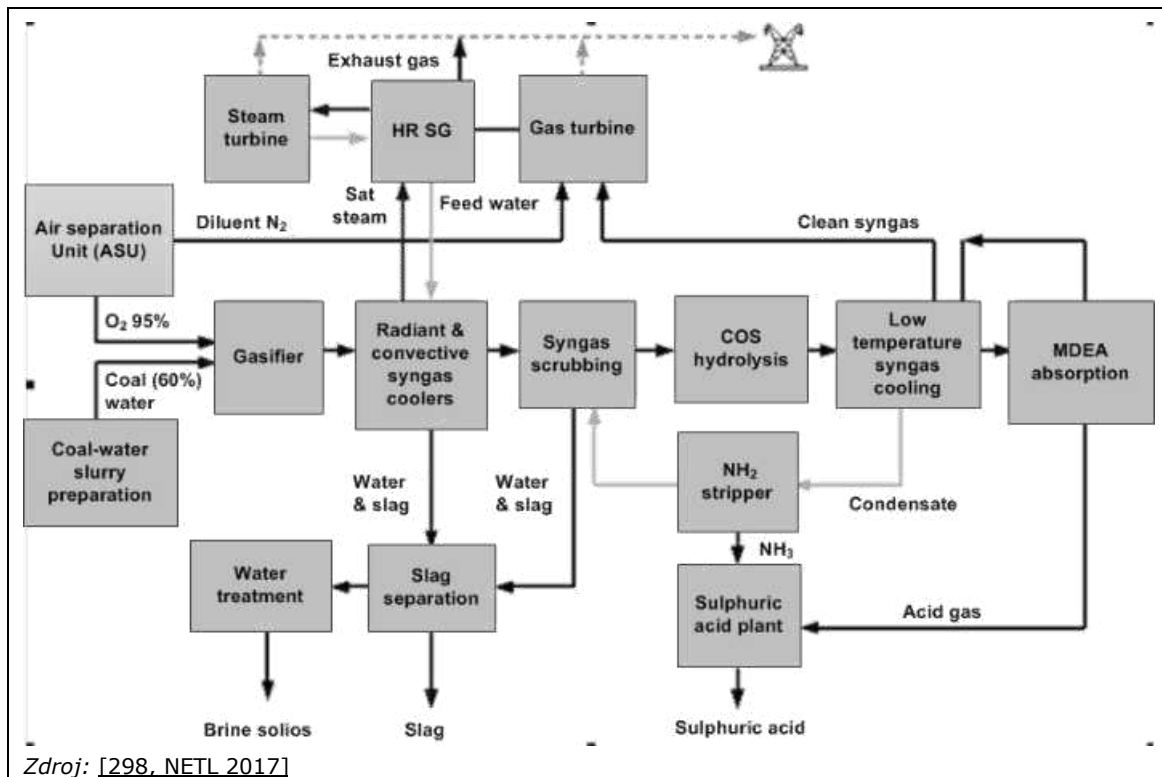
- Vo väčšine elektrární sú systémy kombinovaného cyklu a vodné/parné systémy pre splyňovaciu stanicu plne integrované. Napájacia voda splyňovacej stanice pochádza zo splyňovacieho zariadenia s kombinovaným cyklom (HRSG). Para vyrobená v kotli splyňovacieho zariadenia na odpadové teplo sa odvádza do HRSG na prehriatie a potom sa expanduje v parnej turbíne, čím sa vyrába dodatočná elektrická energia. Časť pary vyrobenej v splyňovacom zariadení a v HRSG sa používa na internú spotrebu, napr. na nasýtenie syntézneho plynu vodou, aby sa znížila tvorba NO_x v spaľovacej komore plynových turbín (čím sa tiež zvýši hmotnostný tok v plynových turbínach a tým aj výkon), ako alternatívna metóda riedenia dusíka.
- Integrácia ASU a kombinovaného cyklu na strane dusíka. Zvyškový dusík, vedľajší produkt ASU, sa stláča a mieša so syntéznym plynom, aby sa znížili emisie NO_x a zvýšila kapacita plynových turbín.
- Integrácia ASU a kombinovaného cyklu na strane vzduchu. Stlačený vzduch potrebný pre ASU sa čiastočne alebo úplne odoberá z kompresora plynových turbín. V tomto prípade je potrebné použiť všetok dusík, aby sa zachovala plná kapacita plynových turbín. Ak je riedenie dusíkom žiaduce napriek tomu, že ASU má vlastný kompresor privádzajúceho vzduchu, môžu byť potrebné niektoré úpravy plynových turbín (napr. dodatočné rady lopatiek kompresora).

- Integrácia splyňovacej stanice a výroby energie v kombinovanom cykle. Časť energie vyrobenej v kombinovanom cykle sa používa na pokrytie energetickej potreby ostrova splyňovania.

Rôzni dodávatelia ponúkajú komerčné riešenia IGCC a v roku 2012 bolo vo svete v prevádzke 10 až 15 zariadení IGCC.

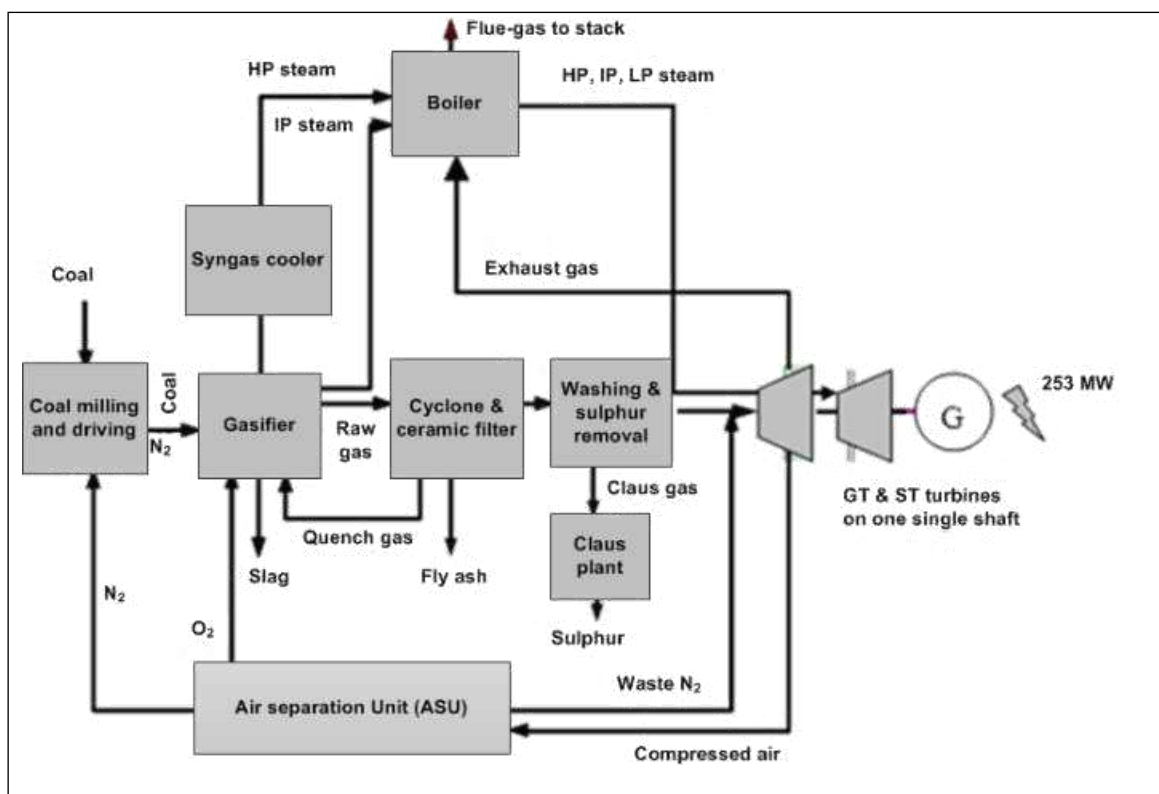
Niekoľko príkladov zariadení IGCC na uhlie je uvedených v blokových schémach nižšie.

Elektrárň Polk IGCC (Florida, USA), ktorá patrí spoločnosti Tampa Electric Company (TEC), je v prevádzke od roku 1996 a má čistú kapacitu 250 MW. Schéma procesu je znázornená na obrázku 4.4.



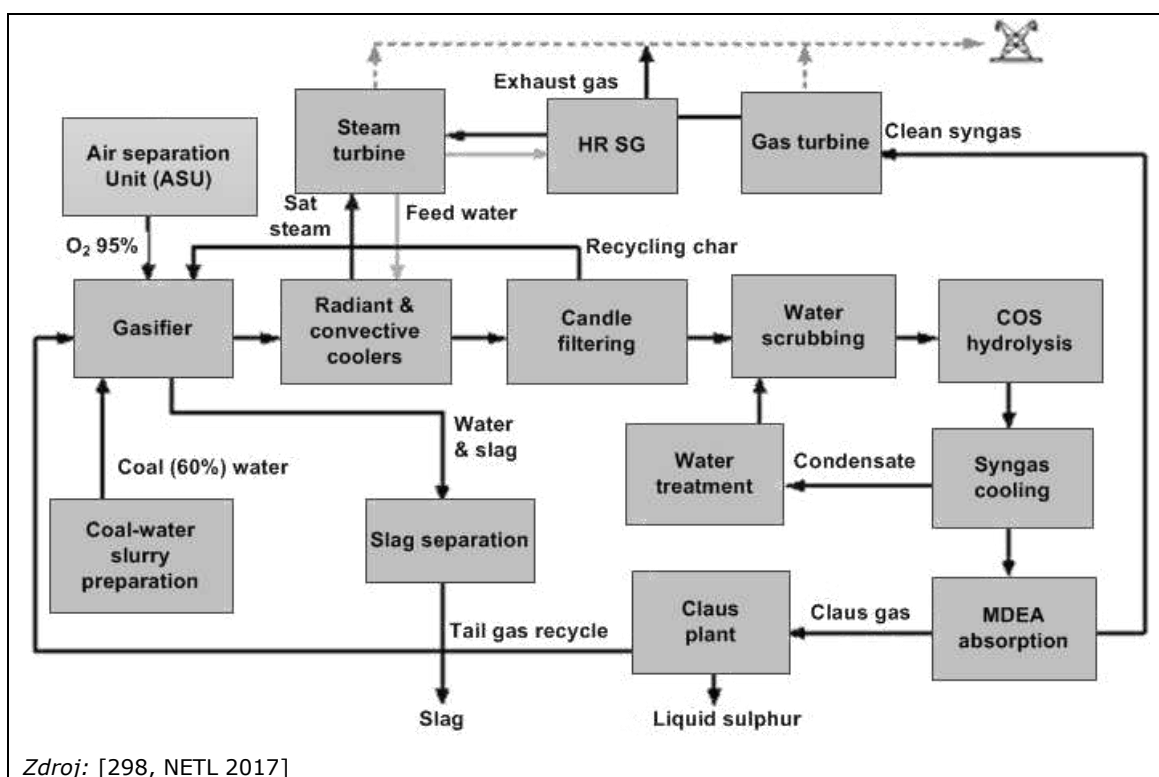
Obrázok 4.4: Schéma procesu elektrárne Tampa IGCC

Schéma procesu elektrárne Nuon (predtým SEP/Demkolec) IGCC v Holandsku je znázornená na obrázku 4.5.



Obrázok 4.5: Schéma procesu v elektrárni Nuon IGCC

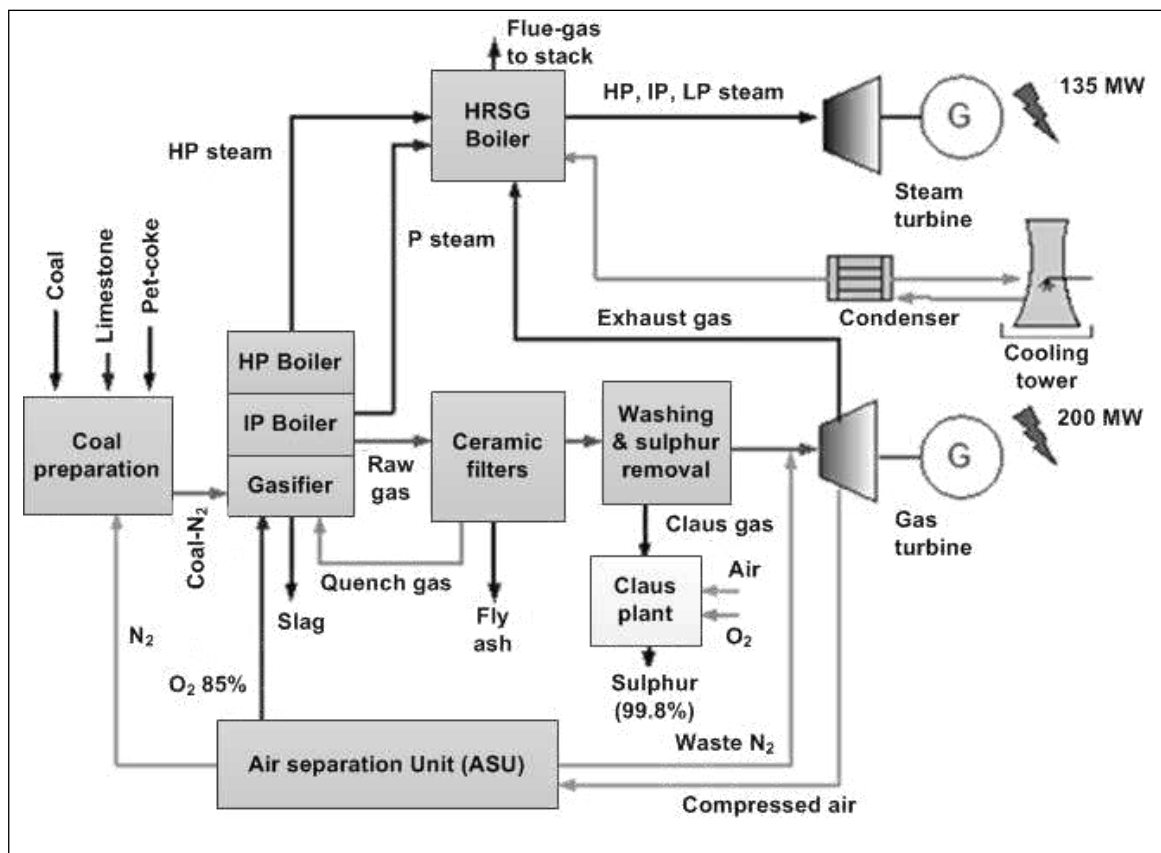
Schéma projektu repoweringu elektrárne Wabash River IGCC (USA) je znázornená na obrázku 4.6.



Zdroj: [298, NETL 2017]

Obrázok 4.6: Schéma projektu repoweringu Wabash River IGCC

Schéma tlakového splyňovacieho zariadenia s unášajúcim prúdom a suchým prívodom ELCOGAS IGCC v Puertollano, Španielsko, je znázornená na obrázku 4.7.



Obrázok 4.7: Schéma procesu elektrárne ELCOGAS IGCC

Zariadenia IGCC založené na iných fosílnych palivách ako uhlie

V Európe a Ázii je väčšina rafinérskych zariadení IGCC založená na rôznych rafinérskych ťažkých ropných prúdoch (napr. vákuová živica, propánová deasfaltácia, vedľajší produkt termického krakovania), zatiaľ čo v USA sa ako surovina pre zariadenia IGCC častejšie používa ropný koks.

Splyňovanie ťažkého oleja

Technológia splyňovania ťažkého oleja je komerčne dostupná od 50. rokov 20. storočia a vo svete je licencovaných viac ako 200 jednotiek. Väčšina aplikácií pred rokom 1990 slúžila na dodávku syntetického plynu pre chemickú výrobu alebo vodíka pre rafinérie. Aplikácia IGCC sa objavila až v 90. rokoch 20. storočia. Dostupné splyňovacie zariadenia sú založené na reaktoroch s jedným vstrekočom paliva, s klesajúcim prúdom, s prúdom kyslíka, s žiaruvzdornou výstelkou a s unášajúcim prúdom:

- V roku 2001 začali v Taliansku plne fungovať tri zariadenia. Ide o zariadenia Isab Energy S.r.l. s výkonom 510 MW na Sicílii, Api Energia s výkonom 260 MW vo Falconare a Sarlux s výkonom 550 MW na Sardínii. V roku 2000 boli uvedené do prevádzky tri ďalšie zariadenia na splyňovanie ťažkého oleja (jedno v USA a dve v Singapure). V roku 2003 bolo v rafinérii Negishi v Japonsku uvedené do komerčnej prevádzky jednopásové zariadenie IGCC s výkonom 342 MW. V uplynulom desaťročí bolo do Číny a Indie dodaných aj niekoľko ďalších splyňovacích zariadení na ťažký olej/decht, z ktorých väčšina slúži na výrobu amoniaku, chemikálií a palivového plynu, nie na IGCC.
- Pernis (Holandsko) a ENI, Sannazzaro-Ferrera E. (Taliansko) sú ďalšími príkladmi zariadení IGCC, ktoré splyňujú ťažký olej v rafinériách.

Splyňovanie ropného koksu

Hlavné technológie splyňovania sú schopné využívať ropný koks ako palivo:

- Spoločnosť Coffeyville Resources (USA) využíva ropný koks na výrobu vodíka pre výrobu amoniaku; časť zachyteného CO_2 sa používa na tvorbu močoviny reakciou s časťou vyrobeného amoniaku a poskytuje tiež CO_2 na zvýšenie výťažnosti ropy (EOR). Zariadenie Tampa IGCC v okrese Polk County na Floride zvyčajne pracuje na zmesi 55 % ropného koksu a 45 % uhlia, aby sa znížili ceny surovín.
- Zariadenie ELCOGAS IGCC používa zmesi ropného koksu a uhlia v pomere 50:50.
- Od ukončenia predvádzacieho programu DOE v januári 2000 zariadenie Wabash River používa 100 % ropný koks.

4.1.2 Splyňovacie zariadenia na biomasu

Stimulom pre splyňovanie biomasy je obvykle jej potenciál oveľa vyššej účinnosti výroby energie pomocou IGCC na biomasu alebo pomocou viacpalivového spaľovania plynu z biomasy v existujúcich kotloch, ako je možné dosiahnuť pomocou kotlov s priamym spaľovaním a parných turbín v menších zariadeniach vhodných pre špecializované projekty v oblasti biomasy. Vzhľadom na povahu biomasy a hospodársku únosnosť a logistiku jej zberu a dodávok sa takéto projekty zvyčajne zvažujú v oveľa menšom rozsahu 10 – 190 MW_{th} ako pri väčších zariadeniach IGCC na báze uhlia s výkonom 500 MW_{th} alebo iných uhoľných jednotkách, takže hlavnou výzvou pre potenciálne projekty je neekonomickosť veľkého rozsahu. V dôsledku zvýšeného záujmu o globálne otepľovanie rastie záujem o projekty v oblasti obnoviteľných zdrojov energie vrátane projektov súvisiacich s biomasou.

Dostupnosť biomasy je limitujúcim faktorom komercializácie splyňovania biomasy. Výskyt dechtov v syntéznom plyne je však tiež veľkým problémom, ktorý je potrebné prekonať pri snahe komercializovať procesy splyňovania biomasy na rôzne účely, a dodávatelia a výskumné organizácie sa neustále snažia tento problém zmierniť. Použitie splyňovacích zariadení s unášajúcim prúdom môže eliminovať problémy s dechtom, ale tieto generátory sú vhodné hlavne pre veľké priemyselné splyňovanie ($> 100 \text{ MW}_{\text{th}}$) a preto nie sú vo všeobecnosti relevantné pre väčšinu aplikácií splyňovania biomasy [293, Brandin et al. 2011]. V zariadeniach IGCC na báze uhlia (Nuon Buggenum, Holandsko a ELCOGAS Puertollano, Španielsko) sa však preukázala životaschopnosť spolusplyňovania biomasy v malých relatívnych percentách, čo stále predstavuje značný výkon z biomasy (5 – 30 % biomasy ako paliva predstavuje až 30 – 200 MW_{th}).

Existujú dve hlavné stratégie na riešenie dechtu, keď sa nachádza v syntéznom plyne: odstránenie alebo konverzia *in situ*. Odstránenie zahŕňa mokré/olejové čistiace systémy; čiastočná oxidácia a katalytické krakovanie dechtu sú príklady metód konverzie *in situ* [293, Brandin et al. 2011]. Ďalším riešením pre konverziu je udržať plyn nad rosným bodom dechtu a použiť decht ako súčasť plynu, ktorý sa spaľuje v kotle, čo zvyšuje energetickú účinnosť o 5–10 %. [328, Blomberg et al. 2012]

Splyňovacie zariadenia s pevným lôžkom (s horným a dolným ťahom) a fluidným lôžkom sú tri hlavné druhy technológií splyňovania biomasy; používajú sa hlavne v malom alebo strednom meradle.

Konštrukcie s pevným lôžkom s horným a dolným ťahom sú menej zložité ako konštrukcie s fluidným lôžkom, ale produkujú syntézny plyn s nižšou energetickou hodnotou a sú najvhodnejšie pre splyňovanie biomasy v malom meradle (v rozsahu niekoľkých stoviek kW_{th}). Trhová atraktivnosť splyňovacích zariadení na biomasu s pevným lôžkom v meradle relevantnom pre tento dokument (menovitý príkon $> 20 \text{ MW}_{\text{th}}$) je v súčasnosti veľmi obmedzená.

Väčšina väčších projektov splyňovania biomasy v USA aj v Európe je založená na splyňovaní vo fluidnom lôžku za atmosférických alebo tlakových podmienok.

Splyňovacie zariadenia s cirkulujúcim a bublinkovým fluidným lôžkom

Fluidné splyňovacie zariadenia môžu byť cirkulačné (CFB) alebo bublinkové (BFB) a sú najvhodnejšie pre širokú škálu palív, hlavne preto, že požiadavky na veľkosť vstupného materiálu nie sú tak prísne ako v prípade splyňovacích zariadení s unášajúcim prúdom. Fluidné splyňovacie zariadenia CFB/BFB produkujú syntézny plyn s vyššou výhrevnosťou a prijímajú širšiu škálu vstupných materiálov v porovnaní s pevnými splyňovacími zariadeniami s horným a dolným ťahom. Sú vhodné pre nepretržitú prevádzku a škálovateľné na širokú škálu veľkostí, čo umožňuje ich použitie vo veľkých priemyselných zariadeniach. Fluidné splyňovacie zariadenia CFB/BFB sú preto najmodernejšou technológiou na splyňovanie biomasy v rozsahu, ktorý je uvedený v tomto dokumente ($> 20 \text{ MW}_{\text{th}}$).

Fluidné splyňovacie zariadenia CFB/BFB môžu byť vzduchové, kyslíkové a/alebo parné a môžu byť tlakové alebo pracovať pri atmosférickom tlaku. Para a/alebo kyslík alebo vzduch sa vháňajú pod fluidné lôžko, ktoré je suspendované fluidizačnými plynmi. V splyňovacom zariadení BFB sa palivo vháňa do hustého lôžka, prúdi nahor cez reaktorovú vežu a zostáva suspendované v tomto prúde, kým prebieha splyňovanie. Syntézovaný plyn s miernou teplotou vystupuje z hornej časti reaktora, zatiaľ čo suchý (netavený) popol sa odstraňuje zo spodnej časti. Otázky, ktoré je potrebné riešiť pri návrhu, zahŕňajú kvalitu a dopĺňovanie média na prenos tepla a eróziu reaktorov (Pytlar, 2010).

Splyňovacie zariadenie s cirkulujúcim fluidným lôžkom (CFB) (pozri obrázok 4.8) pozostáva z reaktora, v ktorom prebieha splyňovanie s cirkuláciou vzduchu, cyklónu na oddelenie cirkulujúceho materiálu lôžka od plynu a spätného potrubia na vrátenie cirkulujúceho materiálu na dno splyňovacieho zariadenia.

Rozpätia zloženia syntézneho plynu z CFB a BFB splyňovacích zariadení na biomasu sú uvedené v tabuľke 4.4.

Tabuľka 4.4: Typické zloženie syntézneho plynu z BFB a CFB splyňovacích zariadení na biomasu (rozsah)

Parameter	Jednotka	Splyňovacie zariadenie BFB	Splyňovacie zariadenie CFB
Tlak	barg *	1–35	9–108
Vstupná surovina	(mol % čistý, suchá báza)	Rôzne	Rôzne
H ₂	(mol % čistý, suchá báza)	6	11–32
CO	(mol % čistý, suchá báza)	14	14–33
CH ₄	(mol % čistý, suchá báza)	< 1–5	3–8
CO ₂	(mol % čistý, suchá báza)	15–17	11–34
N ₂	(mol % čistý, suchá báza)	3–58	3–47
* V roku 2013 boli najvyššie prevádzkové tlaky približne 20 barg [89, EPPSA 2013]. Zdroje: [294, Ciferno a Marano 2002] [295, E4Tech 2009]			

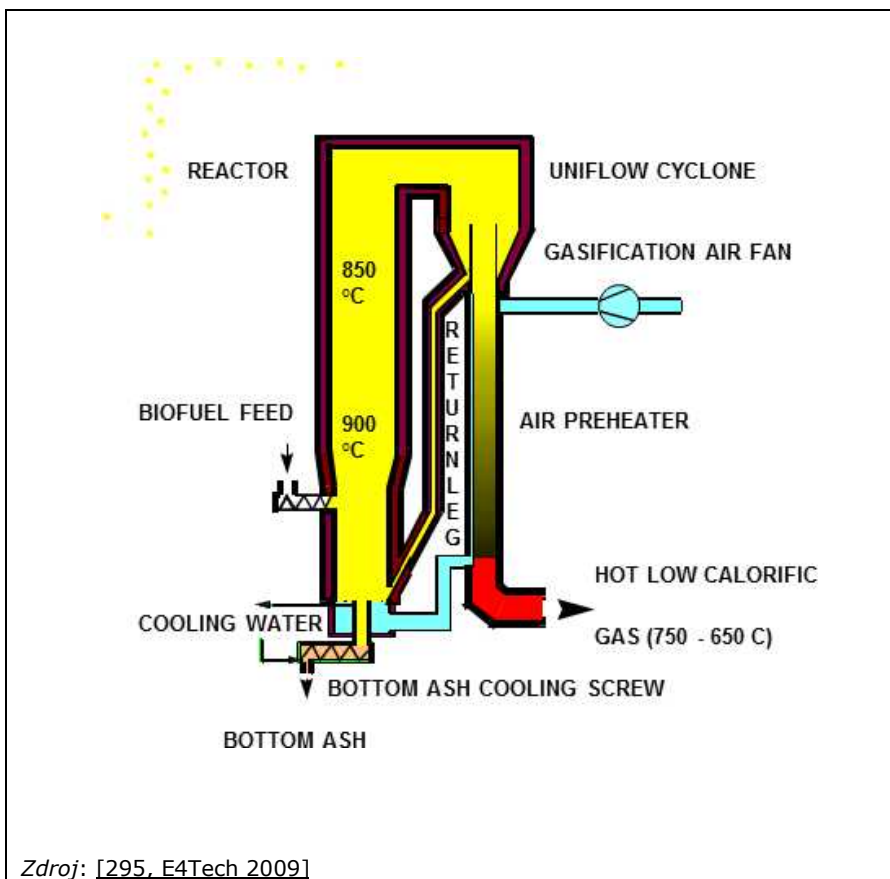
Oblasť prevádzkovej teploty (okno) splyňovacieho zariadenia s fluidným lôžkom je určená teplotou tavenia popola a teplotou potrebnou na splyňovacie reakcie. Možnosť znížiť teplotu splyňovania je obmedzená, pretože môže viesť k neúplnému splyňovaniu a zvýšeniu obsahu dechtových zlúčenín v syntéznom plyne. Plyn vyrobený pri prevádzke pri vysokej teplote zvyčajne obsahuje menej dechtu ako plyn vyrobený pri nižších teplotách. Je to preto, že vysoké teploty podporujú reakcie rozkladu dechtu. Decht je škodlivý pre pračky, keď sa v nich kondenzuje. Decht môže vytvárať koks vo filtroch, ak sa používa odstraňovanie prachu pri vysokej teplote. Výber správnej metódy na spracovanie plynu obsahujúceho decht je nevyhnutný.

Technické prevádzkové teplotné okno splyňovania biopalív v splyňovacích zariadeniach CFB/BFB je relatívne obmedzené a môže to byť veľká ekonomická nevýhoda pri investíciách do nových zariadení v porovnaní s konvenčnou technológiou zariadení, ktorá je flexibilnejšia z hľadiska rozmanitosti palív, ktoré je možné použiť.

Splyňovanie biomasy pri atmosférickom tlaku

Zariadenia na splyňovanie vo fluidnom lôžku s prúdom vzduchu, ktoré pracujú pri atmosférickom tlaku a nízkej teplote, boli pôvodne vyvinuté pre drevnú biomasu, ale môžu sa využívať aj pre iné druhy biomasy a širokú škálu palív získaných z odpadu.

Atmosférický systém splyňovania CFB (pozri obrázok 4.8) je relatívne jednoduchý. Všetky komponenty splyňovacieho zariadenia sú úplne vyložené žiaruvzdorným materiálom. Z cyklónu prúdi horúci produktový plyn do predohrievača vzduchu umiestneného pod cyklónom. Jednotky sú zvyčajne tesne spojené s kotlom bez ďalšieho čistenia plynu okrem primárneho cyklónu CFB, takže decht a akýkoľvek unášaný uhlík sa spaľujú spolu s palivovým plynom v kotle. Jednotky sa vo všeobecnosti spoliehajú na kotly, pokiaľ ide o čistenie spaľovacích plynov. Na dosiahnutie požadovaných vlastností plameňa je často potrebné sušenie paliva. Túto techniku možno používať pri jednotkách v rozsahu 10 – 190 MW_{th}.



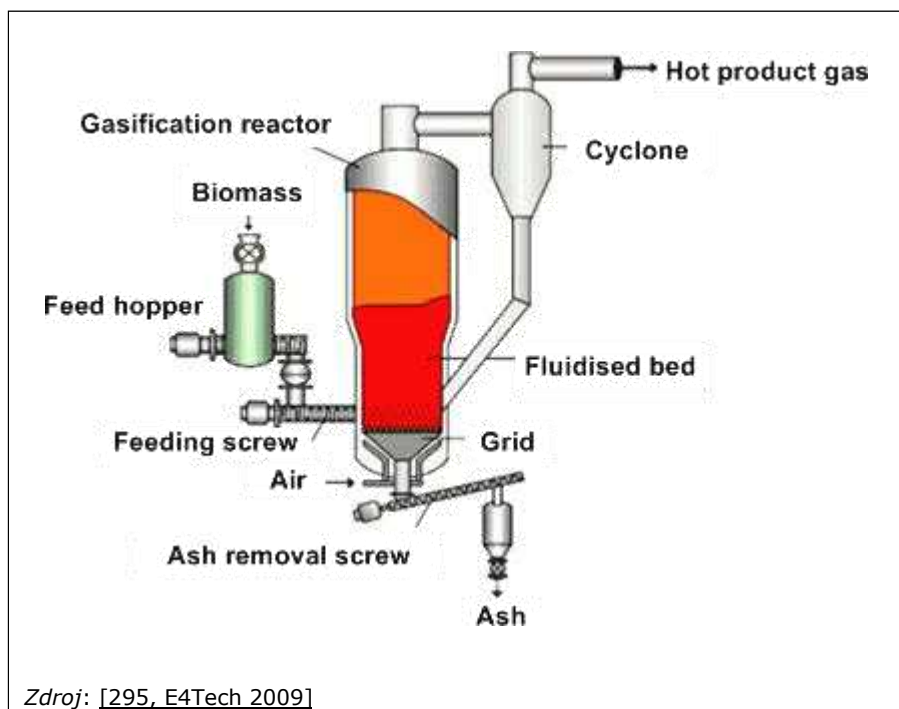
Obrázok 4.8: Atmosférické splyňovacie zariadenie CFB spoločnosti Foster and Wheeler

V Európe existuje niekoľko projektov splyňovania biomasy, v ktorých sa syntézny plyn z atmosférického splyňovania vo fluidnom lôžku spoluspaľuje v existujúcich kotloch. Tento prístup má tú výhodu, že nie je potrebné stavať úplne špecializované zariadenie na biomasu. Jedným zo zariadení s väčšími skúsenosťami s týmto systémom je zariadenie Kymijärvi v Lahti vo Fínsku.

Splyňovacie zariadenia CFB s atmosférickým tlakom našli uplatnenie aj v projektoch splyňovania odpadu v blízkosti kotlov na uhlie, kde sa plyn vháňa do ohniska kotla.

Splyňovanie biomasy pod tlakom

Tlakové splyňovanie vo fluidnom lôžku (pozri obrázok 4.9) sa často používa pre IGCC na biomasu. Ukážkové zariadenie vo Varnamo vo Švédsku (6 MW_e + 9 MW_{th} pre diaľkové vykurovanie) bolo prevádzkované spoločnosťou Sydkraft v rokoch 1993 až 1999. V roku 2007 začala prevádzku aj kombinovaná teplárenská a elektrárňská prevádzka na splyňovanie biomasy (I/S Skive Fjernvarme v Dánsku).



Obrázok 4.9: Splyňovacie zariadenie BFB spoločnosti ANDRITZ Carbona s prúdom vzduchu

Spolusplyňovanie biomasy v zariadeniach IGCC a uhoľných splyňovacích zariadeniach

Do uhoľných splyňovacích zariadení je možné pridávať značné množstvá biomasy a odpadov (5 – 25 t/h) bez toho, aby došlo k ohrozeniu prevádzky alebo kvality škvary, pokiaľ je podiel biomasy v palivovej zmesi obmedzený. Tieto obmedzenia sú určené hlavne systémami čistenia syntézneho plynu a konkrétnym zložením použitej biomasy. Niektoré popoly z biomasy majú vysoký obsah alkálií, ako je sodík a draslík, ktoré pri použití nad určitým percentom biomasy môžu zvýšiť znečistenie a negatívne ovplyvniť vlastnosti preplachovania škvary.

Príkladom zariadenia na spolusplyňovanie je splyňovacie zariadenie Nuon Buggenum, ktoré teraz dokáže spracovať až 15 % (na základe LHV) čistého bieleho dreva bez významných úprav; bolo povolené 30 % (na základe LHV) biomasy a bolo testované až 70 % (na základe LHV) rafinovanej biomasy. Zariadenie ELCOGAS IGCC tiež preukázalo schopnosť spracovať palivo obsahujúce 2 – 10 % biomasy (2 – 10 t/h) bez potreby úpravy predinštalovaného zariadenia.

Splyňovanie biomasy pripojené k uhoľným kotlom

Splyňovacie zariadenia na biomasu s fluidným lôžkom prepojené so spaľovacími procesmi možno rozdeliť do dvoch hlavných kategórií: splyňovacie zariadenia CFB/BFB priamo prepojené s kotlom a splyňovacie zariadenia CFB/BFB s filtrovaním/čistením plynu.

Filtrovaný syntézny plyn sa môže použiť na spoluspaľovanie v kotloch PC rovnakým spôsobom ako nefiltrovaný plyn pochádzajúci z biomasy. Okrem toho sa čistý plyn môže spaľovať samostatne vo veľkých kotloch určených na plynné palivá.

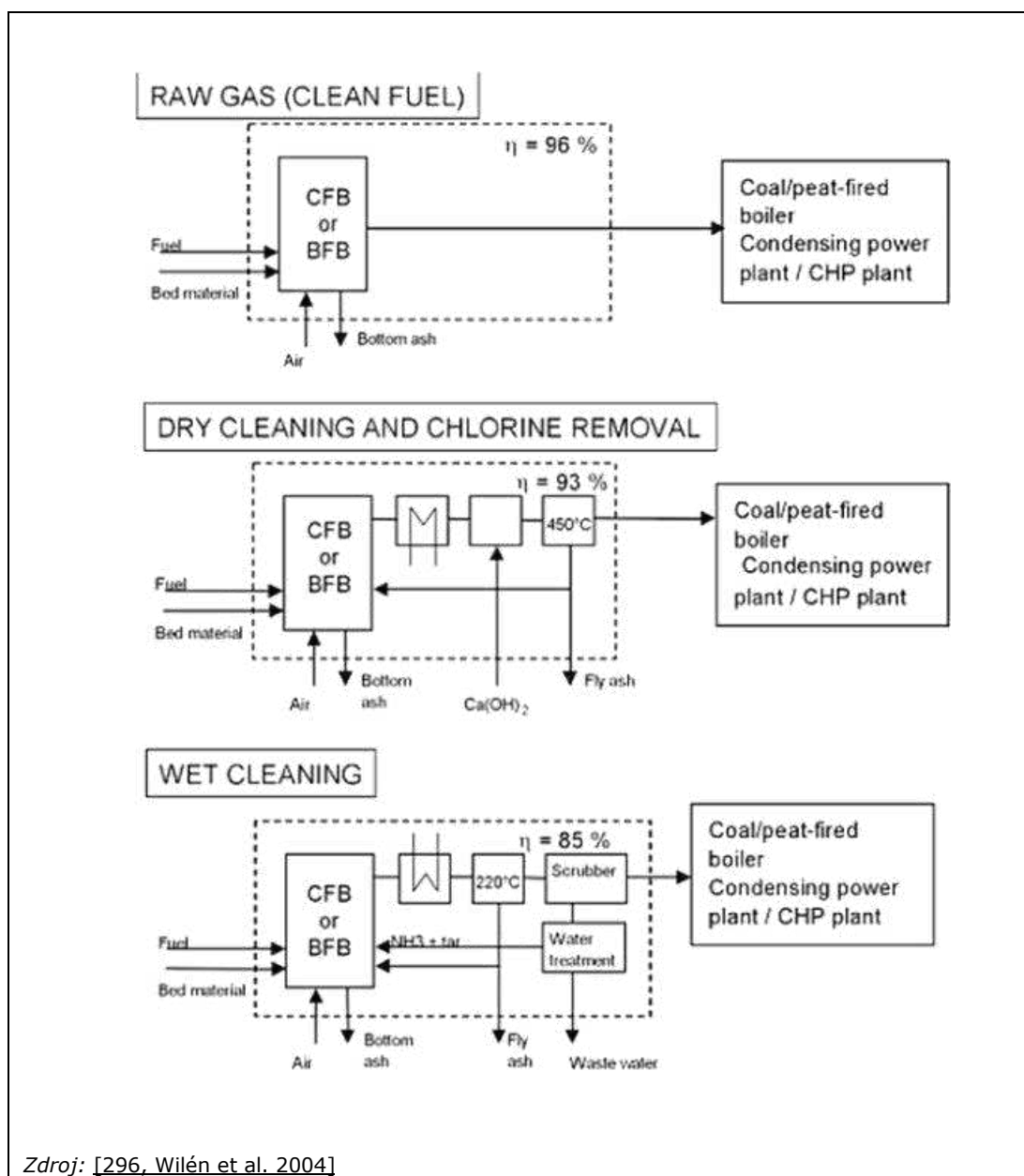
Čistý plyn sa môže použiť aj na iné účely, napríklad na výrobu SNG (syntetického zemného plynu), a preto sa CFB/BFB splyňovacie zariadenia s filtrovaním/čistením plynu môžu ďalej rozdeliť do dvoch podkategórií v závislosti od hlavného použitia produktu:

- tie, ktoré sú pripojené k kotlu/plynovému motoru (na výrobu energie);
- tie určené na výrobu SNG.

SNG sa môže použiť napríklad v plynárenskej sieti alebo na prepravné účely, ale tieto aplikácie nie sú zahrnuté v tomto dokumente. Zariadenia na výrobu SNG však môžu

tiež zahŕňať možnosť použitia časti SNG v plynovom motore alebo plynovom turbínovom motore; táto aplikácia je zahrnutá v tomto dokumente.

Obrázok 4.10 ilustruje rôzne možnosti splyňovania a čistenia plynu.



Obrázok 4.10: Rôzne hlavné možnosti pripojenia CFB/BFB splyňovacích zariadení ku kotlom

4.1.3 Plazmové splyňovanie odpadového materiálu

V plazmovom splyňovacom zariadení sa do horáka privádza vysokonapäťový prúd, čím vzniká vysokoteplotný oblúk. Anorganický zvyšok sa získava vo forme sklovitej látky. Táto metóda splyňovania pracuje pri veľmi vysokých teplotách a umožňuje spracovať akýkoľvek druh odpadu.

Niekoľko organizácií vyvinulo plazmové splyňovacie jednotky na likvidáciu viacerých druhov odpadu, vrátane nemocničného odpadu, priemyselných organických chloridov a dusíkatých odpadov a komunálneho tuhého odpadu (MSW).

4.2 Súčasné úrovne emisií a spotreby

Medzi hlavné environmentálne problémy patria:

- vypúšťanie odpadových vôd (organický obsah, kyanidy, sulfidy, amoniak, ťažké kovy);
- vznik odpadu a vedľajších produktov: škvara, popolček/lôžkový popol, síra/kyselina sírová z fázy odsírovania, použitý/nasýtený katalyzátor;
- spotreba vody, chemikálií (rozpúšťadiel) a energie;
- manipulácia s palivom a jeho predbežná úprava (difúzne emisie, ako napr. prach, VOC);
- ak je proces integrovaný so spaľovaním: celkový vplyv na energetickú účinnosť a emisie do ovzdušia/vody a synergie/nevýhody vyplývajúce z integrácie.

Účinnosť a emisie do ovzdušia

Tabuľka 4.5, tabuľka 4.6 a tabuľka 4.7 obsahujú informácie o účinnosti a emisiách znečisťujúcich látok do ovzdušia z európskych splyňovacích zariadení (súhrn z predložených dotazníkov a akýchkoľvek ďalších dostupných informácií).

Tabuľka 4.5: Všeobecné informácie o účinnosti a emisiách do ovzdušia pre európske zariadenia IGCC

Splyňovacie zariadenie / veľkosť	Surovina	Účinnosť na výstupe syntézneho plynu (%)	Emisie do ovzdušia (mg/Nm ³) – 15 % O ₂				
			NO _x	SO _x	Prach	CO	Hg
Buggenum (NL) / unášajúci prúd / 585 MW _{th}	Uhlie (90 %) – pelety z biomasy (10 %)	77,1	15	3		<	6E-06
ELCOGAS (ES) / unášajúci prúd / 726 MW _{th}	Uhlie (50 %) – ropný koks (50 %)	74,1	45	15,5	0	2	1,8E-4
IGCC v rafinériách (ENI – ISAB – SARAS (IT)) / unášajúci prúd / 2x272 – 2x663 – 3x530 MW _{th}	Ťažké reziduálne oleje (95–100 %) – Ťažká ropa (0–5 %)	74,1–88,2	12	3	0	< 1–18	5E-3–5E-4

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Tabuľka 4.6: Porovnanie výsledkov merania emisií plynov z kotla pri 100 % spaľovaní uhlia (1997) a pri spoluspaľovaní plynu z plynofikátora a uhlia (2001)

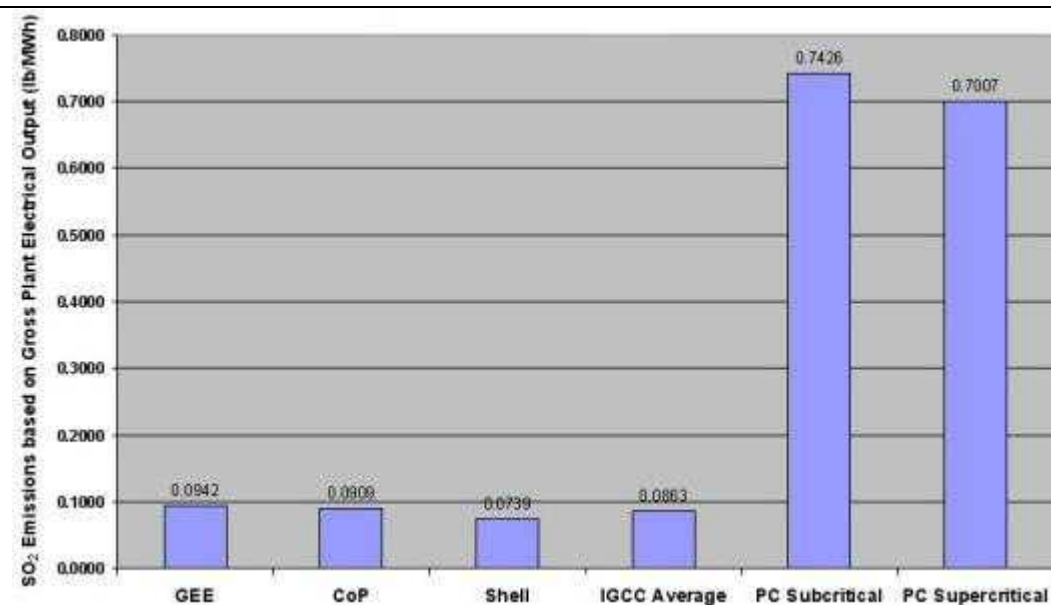
Zloženie paliva: Uhlie Zemný plyn Splyňovacie zariadenie, celkom (1)	MW _{th}	1997	2001
		350	349
		350	293
		0	0
		ND	56
Emisie spalín			
Obsah O ₂ (suchý plyn)	%	6	6,8
Emisie SO ₂	mg/MJ	237	208
Koncentrácia SO ₂	mg/Nm ³ (suchý plyn)	638	636
Emisie NO _x	mg/MJ	264	187
Koncentrácia NO _x	mg/Nm ³ (suchý plyn)	710	572
Emisie prachu	mg/MJ	11	7
Koncentrácia prachu	mg/Nm ³ (mokrý plyn)	29	19
Emisie CO	mg/MJ	11	10
Koncentrácia CO	mg/Nm ³ (suchý plyn)	30	30
Koncentrácia HCl	mg/Nm ³ (suchý plyn)	0,4	34
Koncentrácia HF	mg/Nm ³ (suchý plyn)	2	7
PAH zlúčeniny, celkom	mg/Nm ³ (suchý plyn)	0,03	1
Polychlórované benzény	ng/Nm ³ (suchý plyn)	4	15
Polychlórované bifenyly	ng/Nm ³ (suchý plyn)	2	16
Chlorfenoly	ng/Nm ³ (suchý plyn)	50	20
Celková koncentrácia PCDD	ng/Nm ³ (suchý plyn)	0,14	0
Celková koncentrácia PCDF	ng/Nm ³ (suchý plyn)	0,19	0,001
PCDD/PCDF, I-TEQ	ng/Nm ³ (suchý plyn)	0,005	0,001
Celkové koncentrácie ťažkých kovov v suchom spalinovom plyne			
Cr	mg/Nm ³	< 9	4
Ni	mg/Nm ³	< 9	3
Cd	mg/Nm ³	< 2	0 / 2
Ako	mg/Nm ³	< 4	2
Cu	mg/Nm ³	< 9	4
Zn	mg/Nm ³	< 35	1 6
Pb	mg/Nm ³	< 9	< 1 1
Hg	mg/Nm ³	< 0,6	1
Súčet ťažkých kovov	mg/Nm ³	ND	5 9
(1) Drevo: 29 MW; lepené drevo: 8 MW; SRF: 16 MW; kal zo zariadení na čistenie odpadových vôd: 3 MW. Poznámka: ND: Neurčené. Zdroje: Emisie do ovzdušia. Kvmiiäarvi I. Lahti. Fínsko: [296. Wilén et al. 2004]			

Tabuľka 4.7: Emisie skleníkových plynov na vyrobenú MWh (teplo a elektrina) v rokoch 2007 – 2012

Emisie do ovzdušia	Kogeneračná elektráreň Skive, Dánsko				
Emisie na vyrobenú MWh	2007	2008	2009	2010	2011
CO ₂ (tony)	0,098	0,090	0,083	0,105	0,083
NO _x (kg)	0,516	0,540	0,538	0,549	0,559
SO ₂ (kg)	0,123	0,144	0,152	0,146	0,193
Zdroj: [329, Skive Fjernvarme 2012]					

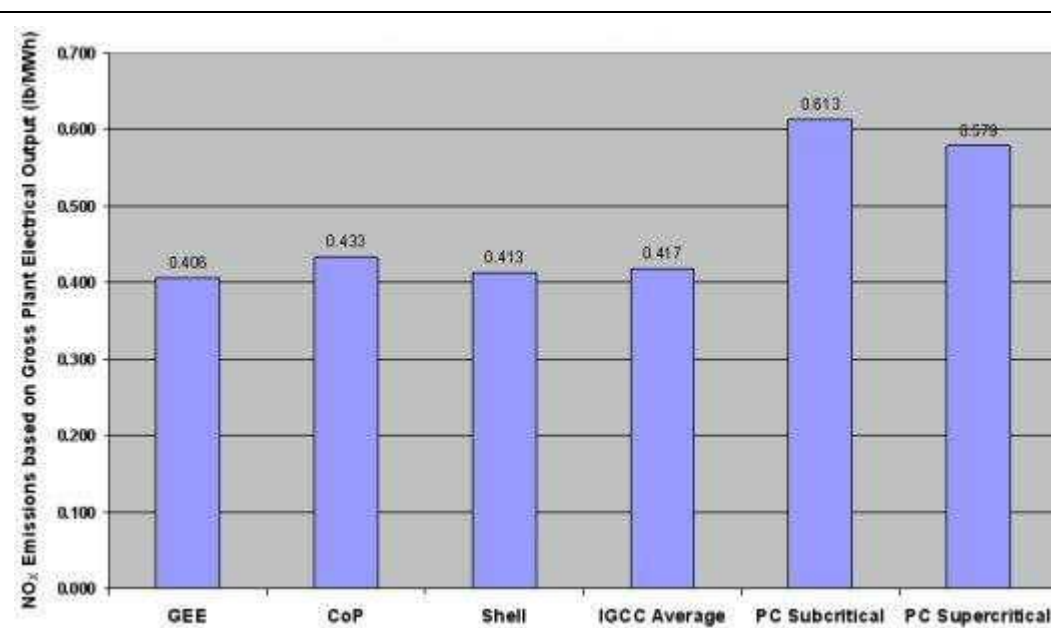
Systémy splyňovania vs. spaľovanie

Nasledujúce obrázky (obrázok 4.11 až obrázok 4.13) vychádzajú z údajov amerického NETL a porovnávajú úrovně emisií z uhoľných zariadení IGCC a konvenčných zariadení na práškové uhlie (PC) pre tri typy emisií s cieľom posúdiť environmentálne vlastnosti splyňovacích zariadení v porovnaní so spaľovaním. Výsledky sú podobné aj pre iné suroviny a produkty v porovnaní so spaľovaním.



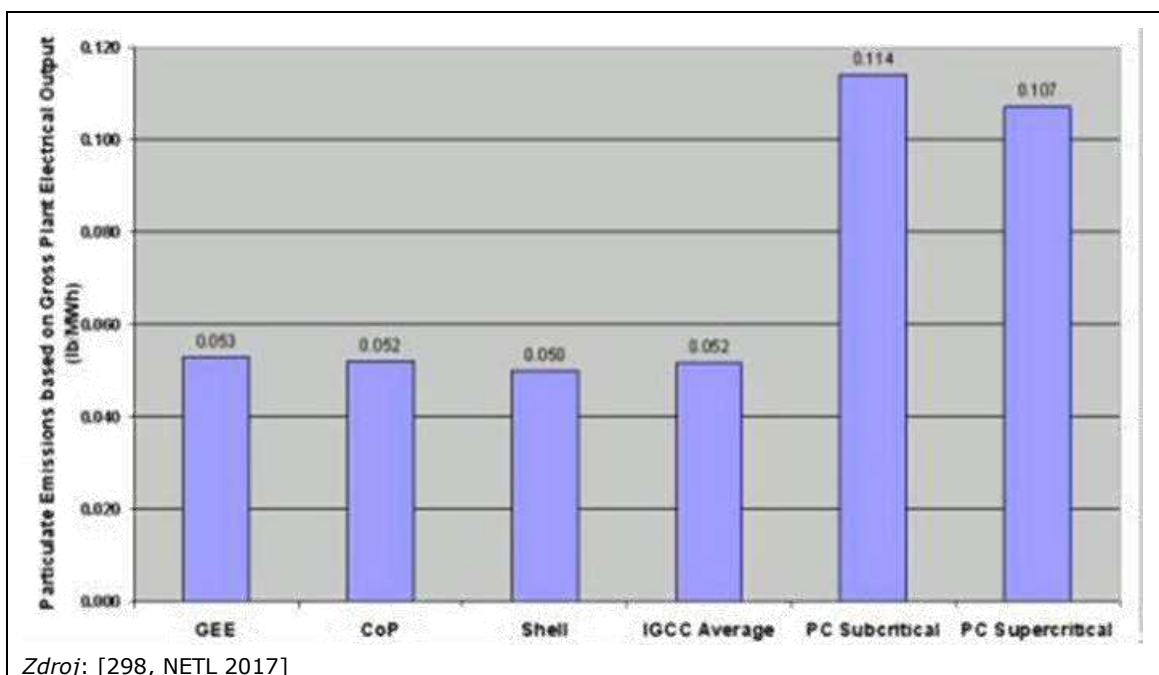
Zdroj: [298, NETL 2017]

Obrázok 4.11: Emisie SO₂ v súčasnosti realizovateľných technológií na výrobu elektriny z uhlia bez zachytávania CO₂



Zdroj: [298, NETL 2017]

Obrázok 4.12: Emisie NO_x v súčasnosti realizovateľných technológií na výrobu elektriny z uhlia bez zachytávania CO₂



Obrázok 4.13: Emisie tuhých častíc v súčasnosti realizovateľných technológií na výrobu elektriny z uhlia bez zachytávania CO₂

Obrázok 4.11 ukazuje, že za rovnakých podmienok súčasné technológie IGCC poskytujú zníženie emisií SO₂ takmer o jeden rád v porovnaní s ich ekvivalentmi PC.

Obrázok 4.12 ukazuje, že známe metódy na kontrolu tvorby NO_x udržujú tieto úrovne na minimálnej úrovni v procesoch IGCC a vedú k emisiám NO_x, ktoré sú oveľa nižšie ako emisie spojené so spaľovaním PC. Počas splyňovania sa väčšina dusíka v uhlí premieňa na dusíkový plyn (N₂). Vznikajú však malé množstvá amoniaku (NH₃) a kyanovodíka (HCN), ktoré je možné odstrániť počas procesu čistenia syntézneho plynu.

Obrázok 4.13 ukazuje, že splyňovanie ponúka dve hlavné výhody pre kontrolu prachu v porovnaní so spaľovacími procesmi. Po prvé, splyňovanie uhlia poskytuje možnosť odstrániť väčšinu popola ako škvaru alebo popolček na likvidáciu alebo predaj ako vedľajší produkt. Po druhé, keďže syntézny plyn opúšťajúci splyňovacie zariadenie je oveľa hustejší ako spaliny, prach sa dá ľahšie odstrániť pomocou vhodného systému čistenia plynu, aby sa dosiahla kvalita syntézneho plynu podobná alebo lepšia ako kvalita zemného plynu, ako to vyžaduje konečné použitie, a aby sa umožnila lepšia optimalizácia environmentálnej a energetickej účinnosti.

Emisie do vody

Emisie do vody zodpovedajú odpadovej vode vypúšťanej v konkrétnych bodoch vypúšťania a zariadeniam na čistenie odpadových vôd iba splyňovacej stanice a jej pomocných systémov. Príklady úrovni emisií z európskych elektrární IGCC splyňujúcich uhlie sú uvedené v tabuľke 4.8 a tabuľke 4.9.

Tabuľka 4.8: Emisie odpadových vôd zo zariadenia WAC Buggenum IGCC, Holandsko

Miesta vypúšťania odpadových vôd		Emisie vody do komunálneho zariadenia na čistenie odpadových vôd	Emisie vody do rieky	Emisie odpadových vôd do zariadenia na čistenie odpadových vôd na mieste na opätovné použitie
Špecifikácia		Vypúšťanie bez čistenia	Regeneračná voda z demineralizačnej stanice	Žiadne emisie (princíp nulového vypúšťania kvapalín)
Kontrola znečisťujúcich látok		NA	NA	Rozpustené plyny, ako napríklad H ₂ S, NH ₃ a CO ₂ , je potrebné odstrániť
Špeciálne hnacie sily		NA	NA	Voda sa opätovne používa na zvlhčenie syntetického plynu – je potrebné odstrániť soli.
Jednotky				
Prúdenie	m ³ /rok	NA	4E+04	Iba vnútorný prietok
CHSK	mg/l kg/rok	400 1 800	NA	NA
TOC	mg/l kg/rok	NA	NA	200 9 000
TKN	mg/l kg/rok	370 16 650	NA	NA
Cl ⁻	mg/l kg/ro k	NA	10 000 400 000	NA
F ⁻	mg/l kg/rok	NA	NA	50 2 250
SO ₄ ²⁻	mg/l kg/rok	NA	860 34 400	NA
N (celkom)	mg/l kg/rok	NA	NA	250 11 250
Poznámka: NA: Nedostupné Zdroj: [3, LCP TWG 2012]				

Tabuľka 4.9: Emisie odpadových vôd zo zariadenia ELCOGAS IGCC, Puertollano, Španielsko

Prúdenie	Emisie vody do rieky	
	3	
Tekuté odpadové vody	m/rok	1,10E+06
	Sulfid, S ²⁻	0,12 mg/l
	Fluorid, F ⁻	9,9 mg/l
	Cyanid, CN ⁻	0,15 mg/l
	Arzén, As	0,02 mg/l
	Selen, Se	0,04 mg/l
	Amoniak, NH ₄ ⁺	39 mg/l
	Celkové suspendované tuhé látky, TSS	44 mg/l
	Chemická spotreba kyslíka, COD	63 mg/l
	Síran, SO ₄ ²⁻	360 mg/l
	Kadmium, Cd	0,01 mg/l
	Ortuť, Hg	0,01 mg/l
	Olovo, Pb	0,05 mg/l
	Chróom, Cr	0,01 mg/l
	Meď, Cu	0,01 mg/l
	Nikel, Ni	0,17 mg/l
	Zinok, Zn	0,27 mg/l
Ďalšie parametre:	pH	7,981
Poznámka: Zariadenie dokončuje uvedenie do prevádzky nového zariadenia na čistenie odpadových vôd, ktoré funguje na princípe nulového vypúšťania odpadových vôd. Zdroj: [3, LCP TWG 2012]		

4.2.1 Rezíduá

Rezíduá vznikajúce v zariadeniach na splyňovanie zahŕňajú popolček, škvaru, elementárnu síru, odpad z čistenia plynu, použité katalyzátory, kaly z čistenia odpadových vôd a šrot.

Príklady úrovni emisí z európskych elektrární spaľujúcich uhlie alebo biomasu sú uvedené v ách

4.10 až

4.12.

Tabuľka 4.10: Pevné vedľajšie produkty, rezíduá a odpad zo zariadenia WAC Buggenum IGCC, Holandsko

Tuhé vedľajšie produkty, rezíduá a odpad	Zdroj	Výroba počas referenčného roka (t)	Strata pri spaľovaní (%)	Konečné miesto určenia
Soľ	Zariadenia na čistenie odpadových vôd	29	NA	Využitie – ostatné
Kal	Zariadenia na čistenie odpadových vôd	11 0	NA	Dočasné skladovanie
Spodný popol	Proces splyňovania	37 324	0	Využitie – stavebný priemysel
Popolček	Proces splyňovania	10 647	0,5	Využitie – stavebný priemysel
Síra	Systém čistenia syntézneho plynu	2 124	NA	Využitie – ostatné
Poznámka NA: Nie je k dispozícii Zdroj: [3, LCP TWG 2012]				

Tabuľka 4.11: Tuhé vedľajšie produkty, rezíduá a odpad zo zariadenia ELCOGAS IGCC, Puertollano, Španielsko

Tuhé vedľajšie produkty, rezíduá a odpad	Zdroj	Výroba počas referenčného roka (t)	Nespálený uhlík (hmotnostné %)	Konečné miesto určenia
Popolček	Zariadenia na predbežnú úpravu paliva	14 320	1,75	Využitie – stavebný priemysel
Vitrifikovaná škvara	Zariadenia na predbežnú úpravu paliva	58 207	3,6	Rekultivácia/obnova otvorených baní, kameňolomov a jám
Prvková síra	Zariadenia na predbežnú úpravu paliva	16 927	NC	Využívanie – výroba kyseliny sírovej a hnojív
Odpad MDEA (z čistenia uhoľného plynu)	Zariadenia na predbežnú úpravu paliva	21	NC	NA
Použité katalyzátory	Zariadenia na predbežnú úpravu paliva	47	NC	NA
Kontaminovaný keramický materiál	Zariadenia na predbežnú úpravu paliva	18	NC	NA
Kal	Zariadenie na čistenie odpadových vôd	15	NC	NA
Poznámka: NA: Nedostupné. NC: Neaplikovateľné. Zdroj: [3, LCP TWG 2012]				

Tabuľka 4.12: Tuhé vedľajšie produkty, rezíduá a odpad zo zariadenia Kymijärvi I, Lahti, Fínsko

Pevné vedľajšie produkty, rezíduá a odpad	Zdroj	Vytvorenie počas referenčného roka (t)	Nespálený uhlík (hmotnostné %)	Konečné miesto určenia
Spodný popol (splyňovacie zariadenie)	Jediným priamym pevným výstupom je lôžkový popol zo splyňovacieho zariadenia.	2 810	NA	Skládkovanie
Poznámka: NA: Nie je k dispozícii. Zdroj: [3, LCP TWG 2012]				

4.2.2 Spotreba vody, chemikálií a energie

Príklady úrovne spotreby v európskych zariadeniach na splyňovanie uhlia alebo biomasy sú uvedené v tabuľkách 4.13 až 4.16.

Tabuľka 4.13: Údaje o spotrebe zo zariadenia WAC Buggenum IGCC, Holandsko

Údaje o spotrebe a výkone			
Parameter		Jednotka	Množstvo
Energia	Príkon paliva (ako LHV)	MW _{th}	2 815 717
	Výkon syntézneho plynu (ako LHV)	MW _{th}	2 171 191
	Získané teplo z plynofikácie	MW _{th}	418 748
Voda:	Celkový prítok na vstupe	m ³ /rok	9,00E+04
	Spotreba procesnej vody	m ³ /rok	9,00E+04
	Voda pre chladiaci systém	m ³ /rok	2,79E+08
Poznámka: V povolení je stanovený nulový výtok kvapalín, väčšina vody (okrem chladiacej vody) sa recykluje. Zdroj: [3, LCP TWG 2012]			

Tabuľka 4.14: Údaje o spotrebe zo zariadenia ELCOGAS IGCC, Puertollano, Španielsko

Údaje o spotrebe a výkone			
Parameter		Jednotka	Množstvo
Energia	Príkon palivovej energie (ako LHV)	MW _{th}	3,28E+06
	Výkon syntézneho plynu (ako LHV)	MW _{th}	2,43E+06
	Získané teplo z plynofikácie	MW _{th}	560 000
Voda:	Celkový prítok na vstupe	m ³ /rok	5,74E+05
	Procesná voda	m ³ /rok	2,88E+05
	Voda pre parný systém	m ³ /rok	2,35E+05
	Voda pre chladiaci systém	m ³ /rok	1,82E+06
Poznámka: Spotreba vody je nižšia ako prítok, pretože na výrobu demineralizovanej vody je potrebné viac surovej vody. Zdroj: [3, LCP TWG 2012]			

Tabuľka 4.15: Údaje o spotrebe zo zariadenia Kymijärvi I, Lahti, Fínsko

Údaje o spotrebe a výkone			
Parameter		Jednotka	Množstvo
Energia	Príkon paliva (ako LHV)	MW _{th}	3,20E+05
	Výkon syntézneho plynu (ako LHV)	MW _{th}	3,13E+05
Voda:	Celkový prítok na vstupe	m ³ /rok	0
Zdroj: [3, LCP TWG 2012]			

Tabuľka 4.16: Úrovně spotřeby na vyrobenú MWh (teplo a elektrina) v rokoch 2007 – 2012 pre kogeneračnú elektrárňu Skive

Údaje o spotrebe					
Parametre	Množstvo				
Hodnota na vyrobenú MWh	2007/08	2008/09	2009	2010	2011
Spotreba vody (l)	236	279	146	176	201
Spotreba elektrickej energie (kWh)	24	31	32	30	42
Zdroj: [I/S Skive fjernvarme]					

4.2.3 Emisie do pôdy

Emisie do pôdy/zeminy zo zariadení na splyňovanie môžu zahŕňať neočakávané udalosti, ako napríklad úniky z potrubí odpadových vôd.

4.3 Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre splyňovanie

4.3.1 Splyňovanie integrované s procesom spaľovania

V tejto časti sú uvedené relevantné techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre procesy splyňovania spojené so spaľovacími procesmi a s minimálnym celkovým menovitým tepelným príkonom 20 MW. Splyňovanie rezíduí z rafinérií (napr. ťažkého vykurovacieho oleja) spojené so spaľovaním nie je zahrnuté v tomto dokumente, ale je uvedené v dokumente BREF o rafinériách minerálnych olejov a plynu. Keďže sa však používajú rovnaké techniky ako pri splyňovaní uhlia alebo iných surovín integrovaným spôsobom so spaľovacími procesmi, informácie poskytnuté takýmito zariadeniami na splyňovanie rezíduí z rafinérií sa používajú na ďalšie zlepšenie opisu techník, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT.

4.3.1.1 Prevencia emisií a efektívne využívanie energie v integrovaných zariadeniach na splyňovanie a kombinovaný cyklus (IGCC) na báze uhlia a viacerých palív

Opis

Splyňovanie uhlia/viacerých palív pred spaľovaním vyrobeného syntézneho plynu v plynovom turbínovom motore s kombinovaným cyklom je alternatívou k priamemu spaľovaniu uhlia/viacerých palív v kotli a umožňuje prostredníctvom implementácie súboru vhodných techník na čistenie vyrobeného syntézneho plynu znížiť emisie znečisťujúcich látok a zvýšiť energetickú účinnosť.

Technický opis

Všetky zariadenia IGCC preukázali emisie SO_2 a NO_x porovnateľné alebo nižšie ako emisie zo zariadení na spaľovanie práškoveho uhlia (PC) alebo zariadení s kombinovaným cyklom využívajúcich zemný plyn (NGCC). Niektoré znečisťujúce látky, ako napríklad síra, sa môžu premeniť na opätovne použiteľné vedľajšie produkty.

Zariadenie sa nazýva *integrované*, pretože (1) syntézny plyn vyrobený v sekcii splyňovania sa používa ako palivo pre plynovú turbínu v kombinovanom cykle a (2) para vyrobená chladiacimi zariadeniami syntézneho plynu v sekcii splyňovania je integrovaná do bežného parného cyklu procesu kombinovaného cyklu. V bežnom kombinovanom cykle sa takzvané odpadové teplo z dymových plynov plynových turbín používa v spalínovom kotli (HRSG) na výrobu pary pre parný turbínový cyklus.

Emisie SO_x do ovzdušia

Zložky síry zo suroviny procesu splyňovania sa zvyčajne odstraňujú zo syntézneho plynu prostredníctvom procesu odstraňovania kyslých plynov (AGR) (napr. vrátane reaktora na hydrolýzu (HCN/COS) a absorpcie H_2S pomocou rozpúšťadla, ako je MDEA alebo Sulfinol M Wash) vo forme koncentrovaného prúdu sírovodíka (H_2S). Síra sa potom získava buď ako kvapalná alebo tuhá elementárna síra (napr. prostredníctvom jednotky Claus), alebo ako kyselina sírová, v závislosti od požiadaviek trhu. V prípade závodu Nuon (Holandsko) sú zostávajúce hladiny H_2S nižšie ako 20 ppm objemových. V Nakoso (Japonsko) sa plyn bohatý na H_2S spaľuje a spaliny sa čistia vápencovou kašou, aby sa vyrobil sadrovec na predaj, pretože v Japonsku je veľmi malý trh s elementárnou sírou.

Emisie NO_x do ovzdušia

Vďaka redukčnej atmosfére, v ktorej prebieha proces splyňovania, syntézny plyn neobsahuje NO_x , ale amoniak (NH_3) v malých množstvách, ktorý sa odstraňuje počas procesu čistenia plynu premývaním vodou. Okrem suchých horákov s nízkym obsahom NO_x sa v plynových turbínach používajú aj iné techniky, ako napríklad:

- sytenie syntézneho plynu horúcou vodou/parou získanou z nízkoteplotného tepla alebo stredotlakovej pary dostupnej v závode (príklady zariadení: Nuon, ELCOGAS a Wabash River, ako aj Isab Energy S.r.l., Sarlux Sarroch, ENI, Sannazzaro-Ferrera E. (ide o talianske zariadenia IGCC splyňujúce rafinérské rezíduá));

- zmes syntézneho plynu s dusíkom z ASU (Nuon a ELCOGAS);
- priame vstrekovanie pary stredného tlaku do spaľovacích komôr plynových turbín (Wabash River);
- SCR (Nakoso, Japonsko).

Ako alternatíva k suchým horákom s nízkymi emisiami NO_x sa používajú difúzne plameňové horáky (ak je obsah $\text{H}_2 > 15\%$) alebo horáky s chudobnou predzmiešanou zmesou v existujúcich zariadeniach. Okrem toho je možné nainštalovať aj SCR na zníženie emisií NO_x do ovzdušia (príklady zariadení: Nakoso (Japonsko) a Isab Energy S.r.l. (Taliansko)).

Prach

Pred spaľovaním plynu sa z syntézneho plynu odstraňujú tuhé častice pomocou filtrov a/alebo premývania vodou (napr. v závode Polk v USA), v dôsledku čoho sú emisie prachu zanedbateľné. Používajú sa filtre typu cyklónové filtre na popolček a/alebo sviečkové filtre na odstraňovanie popolčeka a nepremeného uhlíka (príklady zariadení: Nuon a ELCOGAS). V prípade nízkej teploty syntézneho plynu ($1\ 100\text{ °C}$) sa decht a popol s vysokým obsahom uhlíka, ktoré vznikajú v surovom syntéznom plyne, oddeľujú v cyklónových filtroch a recirkulujú späť do splyňovacieho zariadenia.

Chladiče plynu, cyklóny a vysokoteplotné filtre sú štandardným vybavením pri spracovaní syntézneho plynu.

Cyklóny zvyčajne odstraňujú častice s veľkosťou od 1 mm do $5\text{ }\mu\text{m}$ a pracujú so suchými časticami. Cyklóny môžu pracovať pri skutočných teplotách plynu (až do približne $1\ 000\text{ °C}$), aby sa zabránilo ochladeniu plynu [293, Brandin et al. 2011]. Cyklóny sa môžu používať sériovo, v multicyklónovej inštalácii, na postupné odstraňovanie menších častíc, ale to stále nestačí na splnenie špecifikácií plynových turbín. [299, Pytlar 2010]

Vysokoteplotný keramický filter môže zabrániť stratám tepelnej energie spojeným s chladením plynu a odstraňovať častice. [299, Pytlar 2010]

Sviečkové filtre pozostávajú z porézneho kovového alebo keramického filtračného materiálu, ktorý prepúšťa plyny, ale nie tuhé častice. Sviečkové filtre môžu pracovať pri teplotách do 500 °C a účinne odstraňujú častice v rozmedzí $0,5 - 100\text{ }\mu\text{m}$. Filter sa regeneruje buď odstránením filtračného koláča, alebo spätným preplachovaním parou, bezprašným syntéznym plynom alebo dusíkom. [293, Brandin et al. 2011]

Na odstraňovanie prachu sa teoreticky môžu použiť aj konvenčné elektrostatické odlučovače. Tieto môžu pracovať pri teplotách do približne 400 °C a vyšších (ak sa používajú drahé špeciálne ocele).

Iné znečisťujúce látky: chloridy, amoniak, kovy, HCN

Syntézný plyn prechádza vodnou práčkou, konvertorom HCN/COS a chladičom, kde sa oddeľujú chloridy, amoniak, častice, kovy a halogenidy (príklady zariadení: Tampa, Nuon, ELCOGAS a ENI). Suché plynové generátory vykazujú nižšie emisie ortuti ako mokré plynové generátory.

Energetická účinnosť

Konštrukčné vylepšenia existujúcich splyňovacích zariadení s cieľom zvýšiť celkové využitie paliva v zariadeniach IGCC zahŕňajú:

- geometrickú úpravu sacieho potrubia;
- modifikáciu chladiaceho systému;
- geometrickú úpravu žiaruvzdorného materiálu hrdla a hrdla splyňovacieho zariadenia;
- inštaláciu expandéra na získavanie energie z poklesu tlaku syntézneho plynu pred spaľovaním;

- čistenie horúcich plynov, čím sa eliminuje potreba chladenia plynu pred čistením a opätovného ohrevu pred dodávkou do plynových turbín.

Prebytočné teplo z primárneho spaľovania a výroby tepla zo syntézneho plynu sa potom prenáša do parného cyklu, podobne ako v prípade kombinovanej plynovej turbíny. To môže viesť k zlepšeniu účinnosti v porovnaní s konvenčným spaľovaním práškoveho uhlia, ale je to porovnateľné s ultra-superkritickým spaľovaním PC. Zariadenie IGCC zlepšuje celkovú účinnosť procesu pridaním pary s vyššou teplotou, ktorá vzniká pri procese splyňovania, do cyklu parnej turbíny. Táto para sa potom používa v parných turbínach na výrobu dodatočnej elektrickej energie.

Aby sa dosiahla ešte vyššia energetická účinnosť, zariadenie môže byť navrhnuté s úplnou integráciou jednotky na dodávku vzduchu (ASU) a plynovou turbínou. Všetok vzduch dodávaný do ASU je potom dodávaný (odoberaný) z kompresora plynovou turbínou (príklad zariadenia: ELCOGAS).

Zachytávanie CO₂

Zachytávanie CO₂ v zariadeniach IGCC je podporované vysokým tlakom procesu splyňovania. Prostredníctvom reakcie vodného plynu $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ je možné zvýšiť produkciu vodíka a CO₂ zachytiť priamo pomocou komerčných procesov, ako sú absorpčné technológie MDEA alebo Selexol, pri tlaku, ktorý vyžaduje menej pomocnej energie na kompresiu plynu. Vysoký obsah vlhkosti v ochladenom syntéznom plyne umožňuje vykonávať konverznú reakciu s malým množstvom alebo bez dodatočnej pary z parného cyklu.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zníženie emisií SO₂, NO_x a častíc v porovnaní s uhoľnými elektrárnami.
- Vysoká účinnosť a energetická bezpečnosť.
- Schopnosť používať suroviny nižšej kvality pri zachovaní rovnako nízkych emisií. V konvenčných jednotkách palivá nižšej kvality zvyčajne vedú k vyšším emisiám.
- Výroba obchodovateľných vedľajších produktov.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Odsírovanie môže byť vysoko účinné, čo vedie k veľmi nízkym emisiám síry (napr. jednotka IGCC v Tianjine má účinnosť znižovania emisií > 99 % a ELCOGAS

má účinnosť redukcie 99,6 %).

Ak je nainštalované čistenie CO₂ na účely následného zachytávania alebo iného využitia, spaľuje sa iba H₂,

t. j. procesom IGCC sa emituje iba vodná para. V prevádzkovom režime IGCC CCS (zachytávanie a ukladanie uhlíka) je možné dosiahnuť veľmi nízke emisie NO_x (podľa spoločnosti General Electric 2 ppmv s palivom bohatým na vodík).

Emisie častíc sú takmer nulové, pretože plynové turbíny vyžadujú vysoko účinné techniky znižovania emisií častíc, ale úrovne emisií NO_x môžu byť vyššie ako v prípade turbín spaľujúcich zemný plyn.

Tabuľky 4.17 až 4.22 uvádzajú úrovne emisií a energetickú účinnosť dosiahnutú v elektrárnach IGCC vybavených technikami opísanými vyššie.

Tabuľka 4.17: Údaje zo zariadenia IGCC v Tampe (Florida, USA)

Čistý výkon	250 MW				
Projektovaná čistá účinnosť, LHV	41,2				
Vlastnosti čistého plynu	Vyššia výhrevnosť (HHV) 9 932 kJ/Nm ³				
	Zloženie (obj.-%)	42,8 % CO	38,4 % H ₂	14,5 % CO ₂	3,3 % N ₂
		0,9 % Ar	0,1 % CH ₄	200 ppmv S	
Kontrola NO _x	Odpadový N ₂ do spaľovacej komory				
Spätné získavanie síry	98 % zariadenie na výrobu kyseliny sírovej				
Emisie (konštrukčné hodnoty), 6 % O ₂	40 mg/Nm ³ SO ₂		100-- 125 mg/Nm ³ NO _x		
Zdroj: [302, Holt 2002]					

Tabuľka 4.18: Údaje zo zariadenia Nuon IGCC v Buggenum (Holandsko)

Čistý výkon	253 MW	
Projektovaná čistá elektrická účinnosť, LHV	43,1	
Čisté celkové využitie paliva pre blok splyňovania, LHV %, ročný priemer	92	
Kontrola NO _x	Sýtenie plynu a zmiešavanie s dusíkom	
Spätné získavanie síry	Clausov závod + SCOT závod na spracovanie odpadového plynu	
Emisie (konštrukčné hodnoty), 6 % O ₂	14 mg/Nm ³ SO ₂	10 mg/Nm ³ NO _x
Emisie (ročné priemery – 2011), 6 % O ₂	3 mg/Nm ³ SO ₂	15 mg/Nm ³ NO _x
Emisie (ročné priemery – 2011), 6 % O ₂	-	22 ng/Nm ³ Hg
Zdroj: [302, Holt 2002]		

Tabuľka 4.19: Údaje zo zariadenia IGCC Wabash River (Indiana, USA)

Čistý výkon	262 MW				
Projektovaná čistá elektrická účinnosť, LHV	39,2				
Vlastnosti čistého plynu	Vyššia výhrevnosť (HHV) 10 303 kJ/Nm ³				
	Zloženie (obj. %)	45,3 % CO	34,4 % H ₂	15,8 % CO ₂	1,9 % N ₂
		0,6 % Ar	1,9 % CH ₄	< 100 ppmv S	
Kontrola NO _x	Sýtenie plynom + vstrekovanie pary				
Spätné získavanie síry	Clausov závod s recykláciou odpadového plynu				
Emisie (konštrukčné hodnoty), 15 % O ₂	16 mg/Nm ³ SO ₂		40–50 mg/Nm ³ NO _x		
Zdroj: [302, Holt 2002]					

Tabuľka 4.20: Údaje o projekte elektrárne IGCC v Nakoso (Japonsko)

Čistý výkon	250 MW	
Projektovaná čistá elektrická účinnosť, LHV %	42,0	
Výhrevnosť plynu (LHV)	5 000 kJ/Nm ³ približne	
Kontrola NO _x	SCR	
Spätné získavanie síry	Preplachovanie plynu zriedením popolom	
Očakávané emisie, 15 % O ₂	16 mg/Nm ³ SO ₂	8 mg/Nm ³ NO _x

Tabuľka 4.21: Údaje o elektrárni Puertollano IGCC (Španielsko)

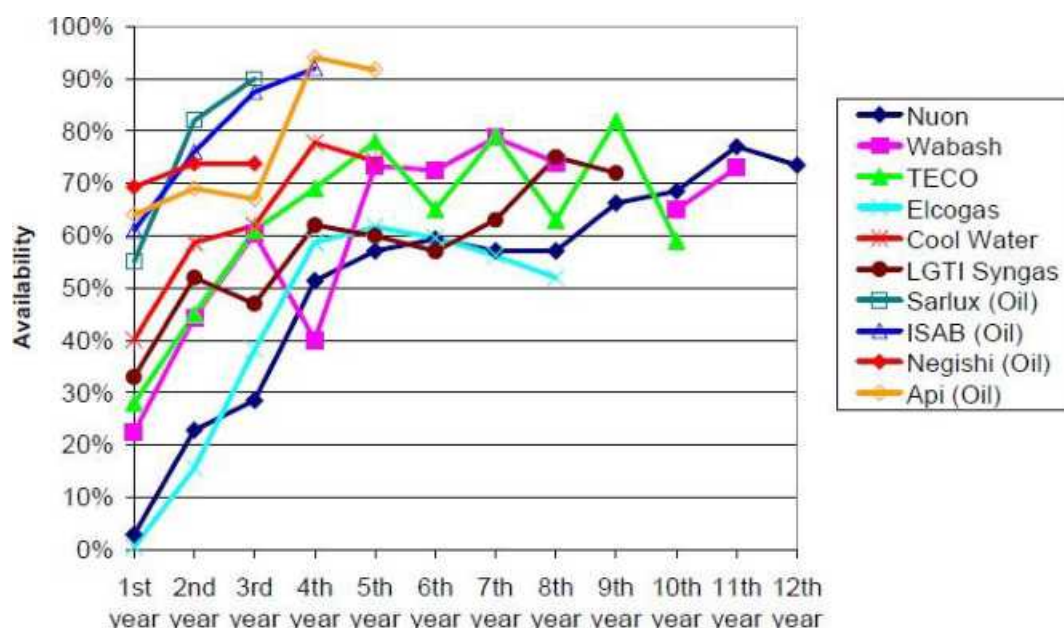
Čistý výkon	300 MW ISO (282,7 MW na mieste)				
Projektovaná čistá elektrická účinnosť, LHV	42,2 %				
Ročná čistá elektrická účinnosť (2011)	37,2				
Čisté celkové využitie paliva pre blok splyňovania, LHV, ročný priemer	91,2				
Vlastnosti čistého plynu	Vyššia výhrevnosť (HHV) 10 472 kJ/Nm ³				
	Zloženie (% obj.)	60,5 % CO	22,1 % H ₂	3,9 % CO ₂	12,5 % N ₂
		1,0 % Ar	0,01 % CH ₄	< 25 ppmv S	
Kontrola NO _x	Sýtenie plynu a zmiešavanie s dusíkom				
Účinnosť spätného získavania síry / SO _x (2011)	Clausov závod + recyklácia odpadového plynu / 99,6 % Účinnosť odstraňovania SO _x				
Emisie (konštrukčné hodnoty), 15 % O ₂	10 mg/Nm ³ SO ₂		60 mg/Nm ³ NO _x		
Emisie (ročné priemery – 2011), 15 % O ₂	15,5 mg/Nm ³ SO ₂		45 mg/Nm ³ NO _x		
Emisie, (ročné priemer – 2011), 15 % O ₂	0,4 mg/Nm ³ prachu		120 ng/Nm ³ Hg *		
(*) Pod hranicou detekcie použitej analytickej techniky.					

Tabuľka 4.22: Údaje z talianskeho zariadenia IGCC, ktoré splyňuje rafinérské rezíduá

Emisie (ročné priemery – 2011), 15 % O ₂	3–14,5 mg/Nm ³ SO ₂	12–42 mg/Nm ³ NO _x
Emisie (ročné priemery – 2011), 15 % O ₂	0,7–2,5 mg/Nm ³ prachu	
Ročná čistá elektrická účinnosť (2011)	36–46	
Zdroj: [3, LCP TWG 2012]		

Disponibilita

Disponibilita zariadení IGCC od ich spustenia je znázornená na obrázku 4.14. Väčšina zariadení na báze uhlia mala v prvých rokoch dostupnosť medzi 60 % a 80 %. Zariadenia na báze ropných rezíduí dosahovali lepšie výsledky s dostupnosťou nad 90 %. Skúsenosti nazbierané v uplynulých rokoch umožňujú robiť prognózy pre nové konštrukcie s výrazne zlepšenou dostupnosťou.



Zdroj: [303, Holt 2007]

Obrázok 4.14: Štatistiky disponibility prvých zariadení IGCC

Energetická účinnosť

Pokiaľ ide o výrobu elektrickej energie, čistý výkon zariadenia IGCC je daný kombinovaným výkonom plynových turbín a parných turbín mínus doplnková spotreba energie. Súčasná zariadenia IGCC preukázali, že majú dostatočnú kapacitu na výrobu syntetického plynu na pokrytie dopytu plynových turbín pri plnom zaťažení a všetky majú čistú účinnosť okolo 40 % alebo vyššiu. (pozri tabuľku 4.17 až tabuľku 4.22).

Medzizložkové vplyvy

Žiadne.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

IGCC je viacfázový proces. Je možné dosiahnuť rôzne úrovne integrácie medzi splyňovacou stanicou a spaľovacím blokom.

Koncepcia integrácie vody/pary sa osvedčila a väčšina nových projektov IGCC ju prijala. Integrácia ASU s kombinovaným cyklom je tiež zvažovanou konštrukčnou možnosťou. Vysoko integrovaná konštrukcia umožňuje vyššiu účinnosť zariadenia, pretože sa znižuje spotreba pomocných systémov pre vzduchové kompresory a produkty ASU. To však znamená dlhšie časy spúšťania, počas ktorých sa používa záložné palivo (vo väčšine prípadov zemný plyn).

Pokiaľ ide o uhoľné zariadenia IGCC, ktoré sú v prevádzke, v Európe prevláda vysoko integrovaná konštrukcia kvôli jej zvýšenej účinnosti, zatiaľ čo v USA sa uprednostňuje zvýšená dostupnosť a flexibilita pomocou neintegrovaných konštrukčných alternatív, hlavne kvôli nižším cenám paliva.

Trendom pre budúce zariadenia IGCC je, že nebudú navrhnuté pre úplnú integráciu plynových turbín a ASU. Vzduch potrebný pre ASU pochádza čiastočne z kompresora plynových turbín a čiastočne zo samostatného kompresora, takže ASU môže byť spúšťané nezávisle a udržiavané v chlade. Stále prebieha diskusia o najvhodnejšom stupni integrácie ASU/plynových turbín.

Optimálne množstvo odoberaného vzduchu bude závisieť hlavne od celkových charakteristík plynových turbín a ich kompresorov.

Pokiaľ ide o techniky znižovania znečistenia, všetky sú všeobecne použiteľné. Výber techniky závisí od surového paliva a požadovaných charakteristík syntézneho plynu.

Hospodárska únosnosť

Kapitálové náklady sú vyššie v porovnaní s kombinovanými cyklami, ktoré využívajú zemný plyn, z dôvodu výroby, čistenia a dopravy, alebo v porovnaní s kotlami na spaľovanie s čistením spalín. Vo všeobecnosti sa očakáva, že investície do IGCC budú vyššie ako do zariadení PC bez CCS, ale investície do IGCC+CCS budú nižšie ako do PC+CCS.

Investície sa odhadujú na 1 až 1,5 milióna EUR/MW_{th} (ukážkové zariadenie). Štúdia Medzinárodnej energetickej agentúry uvádza, že špecifické investície do IGCC sú o 20 % vyššie ako v prípade spaľovania práškoveho uhlia. Náklady na IGCC sú však neisté, pretože v poslednom období neboli postavené žiadne nové zariadenia IGCC na uhlie a existujúce zariadenia boli postavené ako ukážkové. Dodávatelia majú v pláne znížiť kapitálové náklady na úroveň do 10 % nákladov na spaľovanie práškoveho uhlia. Výzvami sú spoľahlivosť, dostupnosť a investície. Technológie IGCC by mohli byť komerčne dostupné okolo roku 2020 spolu s CCS. [36, EGTEI 2012] [37, EGTEI 2012]

Hnacie sily implementácie

- Vysoká flexibilita paliva a produktu.
- Vysoká celková účinnosť a veľmi nízke emisie všetkých znečisťujúcich látok.
- Riešenie zachytávania CO₂ spojené s IGCC sa javí ako zaujímavý koncept.
- Vyššia miera akceptácie verejnosti ako v prípade jednotiek spaľujúcich práškové uhlie.

Príklady zariadení

Zariadenia IGCC používajúce kal zo zmesí uhlia a vody

Zariadenie Polk IGCC, Tampa, Florida, USA (55 % ropný koks/45 % uhlie). Projekt modernizácie zariadenia Wabash River IGCC, USA (ropný koks).

Suchý prívod uhlia

Zariadenie Nuon IGCC, Holandsko.

Zariadenie ELCOGAS IGCC v Puertollano, Španielsko (zmiešaný uhoľný koks a ropný koks v pomere 50:50). Schwarze Pumpe, Nemecko.

Zariadenie IGCC so suchým

prívodom paliva a obohateným vzduchom v

Nakoso, Japonsko.

Splyňovanie ťažkého

oleja

Isab Energy

S.r.l., Taliansko.

Api Energia, Falconara,

Taliansko. Sarlux, Sardínia.

Negishi, Japonsko.

PERNIS, Holandsko.

ENI, Sannazzaro-Ferrera Erbognone,

Taliansko. Projekt etylénu v rafinérii

Fujian, Čína.

Zariadenie IGCC na biomasu

Varnamo IGCC, Švédsko.

Pozri aj oddiel 4.1.1.

Referenčná literatúra

[36, EGTEI 2012] [37, EGTEI 2012]

4.3.1.2 Zníženie emisií z plynového generátora pripojeného k existujúcemu uhoľnému kotlu**Opis**

Čiastočná náhrada uhlia syntéznym plynom z biomasy a/alebo iných surovín, s predchádzajúcim čistením syntézneho plynu alebo bez neho, umožňuje zlepšiť environmentálny profil uhoľných kotlov.

Technický opis

Splyňovacie zariadenie je pripojené k existujúcemu uhoľnému kotlu buď priamo (pozri obrázok 4.15), alebo s medzistupňami čistenia syntézneho plynu (pozri obrázok 4.16). Splyňovanie CFB/BFB s čistením suchého plynu pred kotlom (obrázok 4.10 – suché čistenie a odstraňovanie chlóru) umožňuje využívať biopalivá s vysokým obsahom alkálií (napr. slama), ako aj SRF s vyšším obsahom chlóru a ťažkých kovov.

Splyňovacie zariadenie môže využívať rôzne suroviny (tuhé biopalivá a palivá z odpadu) z miestnej oblasti. Surovina sa splyňuje bez sušenia a obsah vlhkosti môže dosahovať až 60 %. Kapacita splyňovacieho zariadenia závisí od obsahu vlhkosti a výhrevnosti vstupného paliva. Biopalivá a/alebo iné suroviny sa splyňujú pri atmosférickom tlaku pri teplote približne 850 °C.

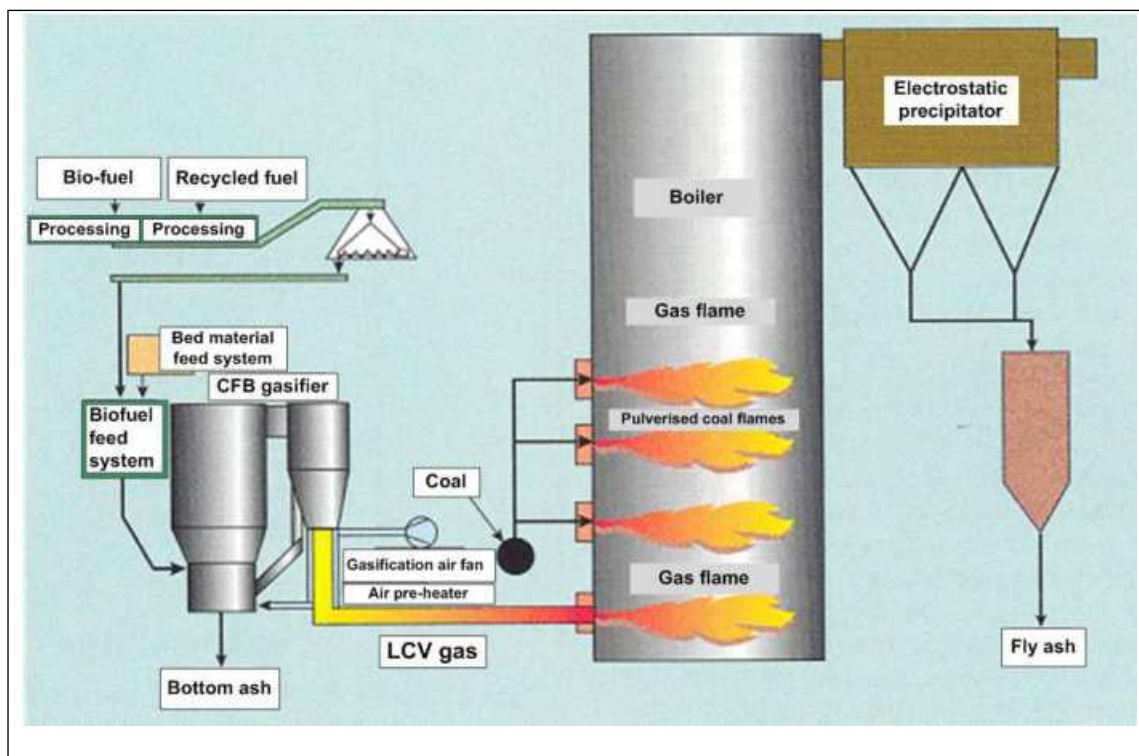
Emisie SO_x klesajú vďaka nižšiemu obsahu síry v syntéznom plyne, ktorý nahrádza uhlie. Emisie NO_x klesajú, pretože syntézny plyn, ktorý má v dôsledku splyňovania biomasy pomerne vysoký obsah vlhkosti, má v spaľovacej komore chladiaci účinok, čo umožňuje znížiť tvorbu termického NO_x.

Priame prepojenie splyňovacieho zariadenia a spaľovacieho zariadenia

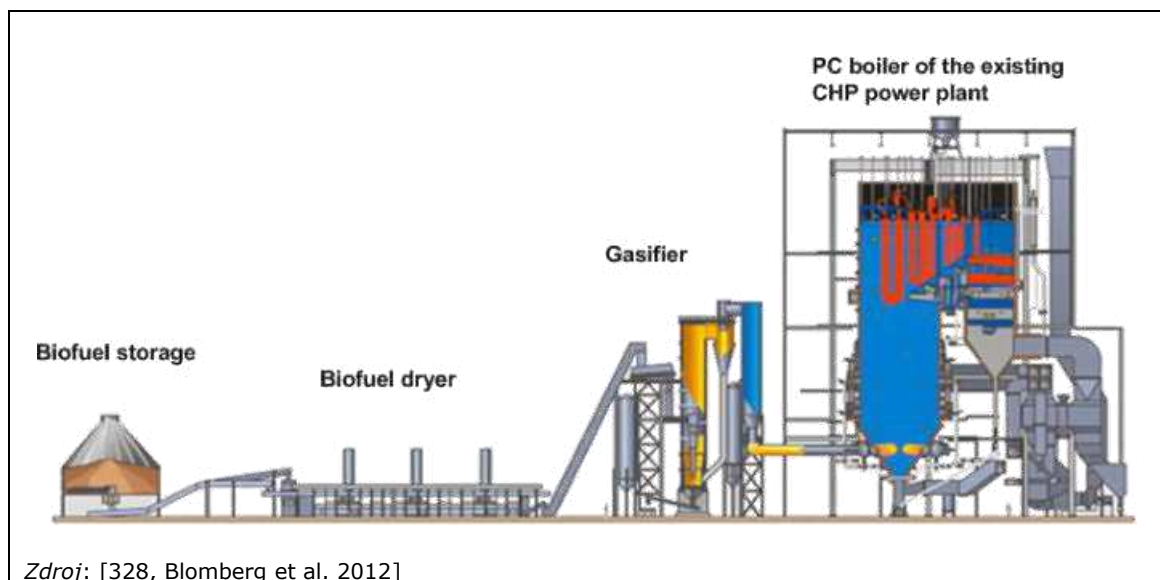
Horúce spaliny pretekajú cyklónom s jednosmerným tokom a mierne sa ochladzujú v predohreve vzduchu, než sú privedené do hlavného kotla. Súčasne sa v predohreve vzduchu ohrieva vzduch na splyňovanie, než je privádzaný do splyňovacieho zariadenia. Syntézny plyn je vedený priamo zo splyňovacieho zariadenia cez predohrev vzduchu do niektorých horákov kotla, ktoré sa nachádzajú pod uhoľnými horákmi v hlavnom kotle. To znamená, že čistenie životného prostredia (emisie do ovzdušia) závisí od zariadení na čistenie spalín hlavného kotla. Plyn môže nahradiť približne 15 % spotreby uhlia. Obrázok 4.15 znázorňuje konfiguráciu fínskej elektrárne Kymijärvi. Obrázok 4.16 znázorňuje konfiguráciu fínskej elektrárne Vaskiluoto.

Prepojenie splyňovacieho zariadenia a spaľovania prostredníctvom suchého čistenia syntézneho plynu

Vyvinutá metóda je založená na filtrácii plynu pri teplote 200 – 450 °C v jednotke s vrecovým filtrom. V prípade tuhých palív pochádzajúcich z odpadu (SRF) a iných palív obsahujúcich veľké množstvo plastového materiálu musí byť teplota filtrácie vyššia ako 350 °C, aby sa predišlo problémom s kondenzáciou dechtu [296, Wilén et al. 2004]. Používajú sa keramické (plné alebo ľahké) filtračné vrecia. V prípade potreby sa do plynu pred filtračnou jednotkou vstrekuje hydroxid vápenatý alebo iné alkalické sorbenty, aby sa zlepšilo zachytávanie chlóru. Alkalické kovy obsiahnuté v palive a materiál ložiska na báze vápnika však tiež účinne reagujú s HCl počas chladenia plynu a najmä vo filtračnom koláči.



Obrázok 4.15: Splyňovacie zariadenie CFB Kymijärvi



Zdroj: [328, Blomberg et al. 2012]

Obrázok 4.16: Splyňovacie zariadenie Vaskiluoto

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zníženie emisií SO_2 , NO_x , častíc a kovov do ovzdušia.
- Viacpalivové spaľovanie syntézneho plynu a uhlia umožňuje využitie efektívneho veľkoplošného parného cyklu, čo vedie k vysokej účinnosti výroby energie.
- Možné zhodnocovanie náročných palív pri použití techník čistenia syntézneho plynu.
- Zníženie emisií HCl a kovov pri použití techník spracovania čistenia plynu.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Je možné splyňovať rôzne zmesi palív (biomasa, SRF, plasty, papier, železničné podvaly, drvené pneumatiky) s vysokou dostupnosťou (napr. 96 % dostupnosť dosiahnutá splyňovacím zariadením Kymijärvi, Lahti, Fínsko). [312, Palonen et al. 2006]

Priame prepojenie splyňovacieho zariadenia a spaľovacieho zariadenia

Komplexný ročný monitorovací program z roku 1998, ktorý skúmal zmeny v hlavných emisiách kotla zo splyňovacieho zariadenia Kymijärvi (Lahti, Fínsko), preukázal výrazné zníženie emisií CO₂, NO_x, SO_x a tuhých častíc z kotla na uhlie, zatiaľ čo emisie HCl a niektorých kovov sa zvýšili v závislosti od kvality splyňovaného odpadu, keď zariadenie splyňovalo 40 % odpadu a 60 % biopalív. Merania emisií spalín z kotla pri spoluspaľovaní syntézneho plynu a uhlia v roku 2001 potvrdili tieto účinky [296, Wilén et al. 2004] (pozri tabuľku 4.6). Zatiaľ čo počas monitorovania v roku 1998 neboli zistené žiadne zmeny v emisiách CO, dioxínov, furánov, PAH, benzénov a fenolov [312, Palonen et al. 2006] [316, Raskin et al. 2001], merania v roku 2001 ukázali mierny nárast emisií celkových PAH zlúčenín, polychlórovaných benzénov a polychlórovaných bifenylov v spalínach kotlov, zatiaľ čo emisie chlórovaných fenolov a dioxínov klesli v porovnaní s údajmi o spaľovaní výlučne uhlia z roku 1997. [296, Wilén et al. 2004]

Najpravdepodobnejším dôvodom poklesu obsahu prachu v spalín je zvýšenie obsahu vlhkosti v spalínach, čo zlepšuje činnosť ESP. Dôvodmi poklesu emisií NO_x sú po prvé efekt opätovného spaľovania amoniaku a po druhé (a oveľa dôležitejšie) chladiaci efekt syntézneho plynu s nízkou výhrevnosťou a vysokou vlhkosťou v spodnej časti kotla. V dôsledku extrémne nízkeho obsahu síry v niektorých biopalivách klesajú emisie SO_x hlavného kotla, zatiaľ čo naopak obsah HCl v spalínach stúpa v dôsledku vyššieho obsahu chlóru v SRF a drvených pneumatikách v splyňovacom zariadení v porovnaní s nízkym obsahom chlóru v uhlí v hlavnom kotle [316, Raskin et al. 2001]. Pokiaľ ide o emisie kovov, je možné pozorovať nárast niektorých prvkov (napr. Hg), ale vzhľadom na veľmi nízke základné hladiny pri spaľovaní uhlia boli namerané zmeny v praxi veľmi malé.

Prepojenie splyňovacieho zariadenia a spaľovacieho zariadenia prostredníctvom technológií spracovania syntézneho plynu

V prípade palív pochádzajúcich z odpadu je možné všetky ťažké kovy okrem ortuti odstrániť s účinnosťou viac ako 99 % filtráciou [296, Wilén et al. 2004]. Na splnenie emisných požiadaviek však môže byť potrebné konečné čistenie spalín po kotle, najmä v prípade palív obsahujúcich ortuť.

Rezíduá

Jediným rezíduom zo splyňovacieho zariadenia je lôžkový popol. V prípade splyňovacieho zariadenia Kymijärvi (Lahti, Fínsko) sa skladá hlavne z piesku a vápenca. Okrem toho sa v lôžkovom popole môžu nachádzať malé množstvá pevných nečistôt, ako sú kusky kovu, betónu a skla, ak sa odpad splyňuje spoločne. Obsah uhlíka v lôžkovom popole je zvyčajne nižší ako 0,5 %. Neboli zistené žiadne stopy chlóru [313, Nieminen et al. 2004]. Ak sa v splyňovacom zariadení ako palivo používajú drvené pneumatiky, obsah zinku v popolčeku zo splyňovacieho zariadenia sa zvýši z niekoľkých stoviek ppm na 3 000 ppm. Všetky ostatné analyzované prvky sa pohybujú v rozmedzí niekoľkých alebo desiatok ppm (As, Cd, Ni, Pb a Hg) alebo v rozmedzí stoviek ppm (Cr a Cu). [316, Raskin et al. 2001]

V prípade priameho pripojenia splyňovacieho zariadenia ku kotlu je podiel popola zo splyňovacieho zariadenia na celkovom množstve popolčeka z hlavného uhoľného kotla malý, len 3 – 5 %, a preto sú zmeny v kvalite popolčeka z hlavného kotla spôsobené splyňovacím zariadením veľmi malé, a to aj v prípade spolusplyňovania odpadu. Najväčšia zmena je viditeľná v obsahu zinku, keď sa ako palivo v splyňovacom zariadení používajú drvené pneumatiky. [316, Raskin et al. 2001]

V prípade predbežnej úpravy syntézneho plynu sa okrem popolčeka zo splyňovacieho zariadenia vytvára suchý filtračný prach. Filtračný prach obsahuje nepremený uhlík (uhlie), najjemnejšiu frakciu materiálu ložiska, inertnú hmotu zo suroviny a sorbent na odstraňovanie chlóru.

Medzizložkové vplyvy

V závislosti od splyňovanej suroviny (napr. ak sa odpad splyňuje spolu s biomasou) sa môžu zvýšiť emisie niektorých znečisťujúcich látok, ako je HCl a kovy, do ovzdušia. Napríklad použitie kontaminovaných materiálov (napr. lepené drevo obsahujúce dusík a sodík v lepidle) zvyšuje koncentráciu amoniaku, kyanovodíka a alkálií v syntéznom plyne. [316, Raskin et al. 2001]

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Najjednoduchšia konfigurácia procesu bez čistenia plynu (pozri obrázok 4.10 – surový plyn (čisté palivo)) je vhodná pre suroviny, ktoré neobsahujú významné množstvo alkálií a kovov alebo chlóru, pretože v tomto procese sa relatívne veľká časť popola z biomasy vedie spolu s produktovým plynom do uhoľného kotla. Medzi takéto suroviny patria drevná štiepka, piliny a kôra, štiepka z lesných rezíduí a niektoré čisté plastové alebo papierové odpady. Táto technológia je dostupná ako komerčná technológia.

Vďaka účinnému odstraňovaniu chlóru, alkalických kovov a ťažkých kovov sa konfigurácia so suchou predbežnou úpravou syntézneho plynu môže použiť aj pre mnohé náročné biomasy a palivá pochádzajúce z odpadu. Napríklad slama, energetické plodiny a rôzne poľnohospodárske rezíduá sú palivá, ktoré často vyžadujú čistenie plynu na zníženie obsahu alkálií a chlóru pred spaľovaním v kotle, čo si vyžaduje vysoké teploty pary.

Hospodárska únosnosť

Prepojenie procesu splyňovacieho zariadenia a kotla PC ponúka nízke investičné a prevádzkové náklady vďaka využitiu existujúcej kapacity zariadenia, pričom hlavný kotol vyžaduje len malé úpravy.

Celkové náklady na 60 MW_{th} splyňovaciu stanicu v elektrárni Kymijärvi boli približne 12 miliónov EUR, vrátane zariadenia na prípravu paliva, stavebných prác, merania a regulácie, ako aj elektrifikácie.

Hnacia sila implementácie

Nahradenie uhlia takmer CO₂ neutrálnym plynom získavaným z biomasy znižuje emisie CO₂ z fosílnych palív. V kotloch PC je spaľovanie viacerých palív, ako je plyn a uhlie, podstatne jednoduchšie ako spaľovanie viacerých palív, ako je tuhá biomasa a uhlie.

Príklady zariadení

Priekopnícke zariadenie s konfiguráciou bez čistenia plynu úspešne funguje od roku 1998 vo fínskom meste Lahti (Kymijärvi). Produktový plyn z 60 MW_{th} splyňovacieho zariadenia nahrádza 15 % uhlia v kotle PC. Väčšia jednotka s výkonom 140 MW_{th} bola nedávno uvedená do prevádzky vo fínskom meste Vaasa, kde nahrádza približne 25 % uhlia v kotle PC.

Prvá priemyselná splyňovacia stanica založená na suchom spracovaní syntézneho plynu bola uvedená do komerčnej prevádzky v roku 2012 vo fínskom meste Lahti (splyňovacia stanica Kymijärvi II s dvoma 80 MW splyňovacími zariadeniami pripojenými k samostatnému plynovému kotlu). Ako surovina sa v tejto stanici používa priemyselný a domový odpad triedený pri zdroji a drevo z demolácií.

Ďalšie zariadenia:

Corenso Oy, Varkhaus, Fínsko.

Electrabel, Ruien, Belgicko.

Essent, Amercentrale, Holandsko.

Biococomb, Rakúsko.

Referenčná literatúra

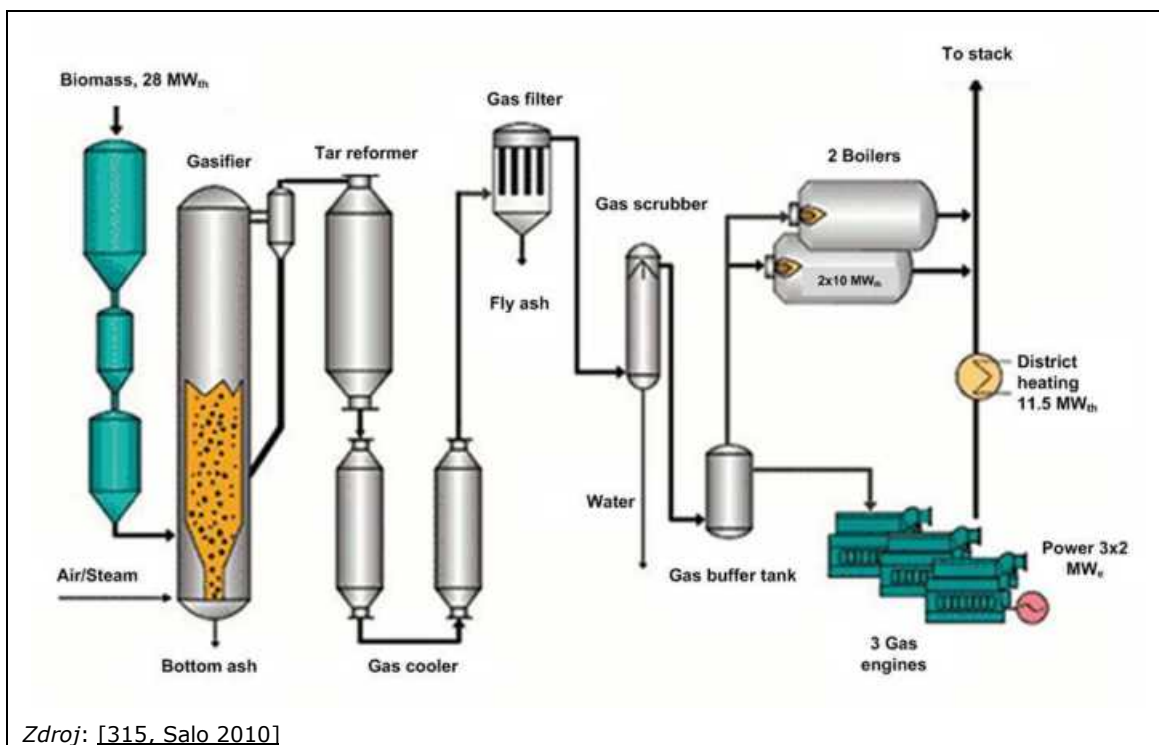
[314, Kurkela 2002] [296, Wilén et al. 2004]

4.3.1.3 Splyňovanie biomasy pripojené k zariadeniam používajúcim plynové motory a predchádzajúce mokré čistenie plynu

Technický opis

Splyňovanie s mokrým čistením plynu (obrázok 4.10 – mokré čistenie) je proces, ktorý môže produkovať veľmi čistý plyn na ďalšie použitie, napr. v plynových motoroch. Produkuje však odpadovú vodu a jej čistenie môže byť ťažké navrhnuť spôsobom, ktorý by bol úplne prijateľný z hľadiska životného prostredia [296, Wilén et al. 2004]. Problémové látky v odpadovej vode zo zariadenia na čistenie plynu, ktoré môžu byť ťažko spracovateľné/odstrániteľné, zahŕňajú benzén, naftalén, PAH a fenol.

Pre použitie v kombinovaných zariadeniach na výrobu elektriny a tepla (KVET) na báze plynových motorov bolo vyvinuté nízkotlakové splyňovacie zariadenie na biomasu spojené so systémom čistenia plynu. Prvé zariadenie (Skive, Dánsko) produkuje 6 MW_e a 12 MW_{th} na diaľkové vykurovanie (obrázok 4.17). Procesy v splyňovacom zariadení zahŕňajú nízkotlakové bublinkové fluidné splyňovacie zariadenie (BFB) s vháňaním vzduchu a ložiskovým materiálom na báze vápenca, katalytický reformér dechtu, chladienie a filtráciu plynu a práčku plynu. Procesy v zariadení zahŕňajú tri plynové motory s rekuperáciou tepla (tri 2 MW_{th} plynové motory) a dva voliteľné plynové kotly (dva 10 MW_{th} plynové kotly).



Obrázok 4.17: Schéma prevádzky kogeneračnej jednotky Skive

Splyňovacie zariadenie BFB je napájané drevenými peletami a štiepkami a pracuje pri tlaku 0,5 – 2 bary. Materiálom ložiska je dolomit, ktorý splyňovaciemu zariadeniu poskytuje určitú schopnosť krakovania dechtu; hladina dechtu po splyňovacom zariadení je údajne nízka. Dolomit je prirodzene zmiešaný uhličitán vápenato-horečnatý; pri použití na krakovanie dechtu sa rozkladá zahrievaním na oxid vápenato-horečnatý, ktorý je aktívnou zložkou. Ak však parciálny tlak CO_2 stúpe príliš vysoko, oxid sa pri teplote splyňovania opäť premení na uhličitán. S cieľom nájsť spôsob, ako tomu zabrániť, sa testovali alebo sa testujú iné materiály ložiska. [293, Brandin et al. 2011]

Čistenie plynu katalytickým reformovaním dechtu

Syntézny plyn vstupuje do katalytického reformátora dechtu, ktorý pracuje pri teplote 850–950 °C. Keďže reformačná reakcia je endotermická, môže to znamenať, že syntézny plyn vstupuje pri teplote 950 °C a vystupuje pri teplote 850 °C. Nevytvára sa sadza a tlakový pokles je stabilný, ale na čistenie katalytického lôžka sa používa pulzovanie pary/dusíka.

Amoniak v plyne sa rozkladá krakovaním amoniaku nad reformačným katalyzátorom. Keďže amoniak je veľmi rozpustný vo vode, nasleduje kondenzát a končí v umývacej vode a nakoniec v odpadovej vode. Obsah dusíka v odpadovej vode je príliš vysoký na to, aby bola prijatá v komunálnych zariadeniach na čistenie odpadových vôd. Na čistenie odpadovej vody je potrebný aj filter s aktívnym uhlím, aby sa znížil jej obsah organických látok.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Vysoká energetická účinnosť; vysoká elektrická účinnosť plynových motorov aj pri malých rozmeroch. [293, Brandin et al. 2011]
- Celkové úrovne emisií do ovzdušia: podľa environmentálneho povolenia pre KVET Skive (obec Skive, 2005) sú najdôležitejšími emisiami do ovzdušia z plynových motorov NO_x, nespálené uhľovodíky, CO a formaldehyd a okrem CO sú limitné hodnoty emisií v legislatíve rovnaké ako pre motory spaľujúce zemný plyn.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Takáto plynová stanica, ak je plne automatizovaná, môže využívať všetky kombinácie spotrebičov plynu (plynové motory a plynové kotly), čím zabezpečuje veľkú flexibilitu.

Dosiahnutá účinnosť v KVET Skive (Skive Fjernvarme, 2012) je:

- celkové využitie paliva: 86 %;
- elektrická účinnosť: 30 %;
- tepelná účinnosť (teplo pre diaľkové vykurovanie): 56 %.

Počiatočná konverzia dechtu nad katalyzátorom bola 90 %, ale klesla na 70 %. Po 7 500 hodinách prevádzky reformátora však neboli zistené žiadne ťažké dechtové látky. Konverzia amoniaku nad katalyzátorom je nízka a dosahuje maximálne 60 %.

Environmentálne vlastnosti (úrovne emisií a spotreby) na vyrobenú MWh (teplo a elektrina) v období 2007 – 2012 je uvedená v tabuľke 4.7 a tabuľke 4.16.

Medzizložkové vplyvy

Odpadová voda z práčiek plynu obsahuje kal, organické zlúčeniny a anorganické látky. V závode v Skive sa táto voda spracúva kombináciou mechanického čistenia, filtrácie aktívnym uhlím na odstránenie C_xH_y a neutralizácie pH pomocou NaOH a CH₂O₂ predtým, ako sa odpadová voda z práčok vypúšťa do komunálneho zariadenia na čistenie odpadových vôd. Podľa povolenia na vypúšťanie odpadových vôd pre KVET Skive (obec Skive, 2005) existujú v odpadových vodách z práčok plynu štyri potenciálne problematické látky, ktoré môžu ohroziť kvalitu vody v prijímajúcom vodnom toku: benzén, naftalén, PAH a fenol.

Ako problém sa uvádza aj obsah amoniaku v kondenzáte, vzhľadom na reguláciu emisií v komunálnom zariadení na čistenie odpadových vôd v závode Skive, napriek katalytickému reformovaniu dechtov. [293, Brandin et al. 2011]

Ďalšou nevýhodou systému je vystavenie plynového motora korozívnym produktom spaľovania, čo má za následok krátke a nákladné intervaly údržby. [293, Brandin et al. 2011]

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hospodárska únosnosť

Investičné náklady sú približne o 50 % vyššie ako v prípade suchého čistenia plynu alebo priamo pripojených možností. [296, Wilén et al. 2004]

Hnacie sily implementácie

Vysoká elektrická účinnosť plynových motorov (aj pri malých rozmeroch), nízke náklady a spoľahlivosť; fungujú dobre aj pri nízkych zaťaženiach. [293, Brandin et al. 2011]

Príklady zariadení

KVET Skive, Dánsko.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

4.3.2 Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu znečistenia vody v procese splyňovania

Opis

Odpadová voda sa po vnútornom čistení v zariadeniach IGCC a zariadeniach na splyňovanie recirkuluje pomocou techník mokrého čistenia syntézneho plynu.

Technický opis

Splyňovacie zariadenia môžu používať vodnú práčku, konvertor HCN/COS a chladič na odstraňovanie znečisťujúcich látok zo syntézneho plynu, ako sú chloridy a iné halogenidy, amoniak alebo častice. Vytvorený prúd sa pred recirkuláciou posielajú do jednotky na čistenie vody. Rozpustené plyny, ako sú H_2S , NH_3 a CO_2 , sa odstraňujú.

Keďže voda sa opätovne používa na zvlhčenie syntézneho plynu pred jeho spaľovaním v plynových turbínach alebo motoroch, obsah soli vo vode by mal byť nízky. Voda sa odparuje, aby sa odstránili soli (hlavne NaCl), a kondenzát sa tiež upravuje v špecializovanej demineralizačnej prevádzke, aby sa dosiahol nízky obsah soli ($Cl < 0,05 \text{ mg/l}$).

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zníženie celkových emisií do vody.
- Znížená spotreba vody.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Nulový výtok kvapalín v environmentálnom povolení.

Príklady zariadení

Nuon, ELCOGAS a Tampa.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

4.3.3 Techniky nakladania s rezíduami z procesu splyňovania

Opis

Opätovné použitie rezíduí.

Technický opis

Lôžkový popol zo splyňovania môže byť odstraňovaný buď v suchom stave, alebo ako škvara, ak je prevádzková teplota splyňovacieho zariadenia výrazne vyššia ako teplota tavenia popola, čo je často prípad napríklad u splyňovacích zariadení s unášajúcim prúdom. Troska zo splyňovacieho zariadenia sa oddeľuje v roztavenom stave cez lôžko splyňovacieho zariadenia, ochladzuje sa vo vodnom kúpeli a extrahuje sa pomocou uzáverových násypiek. Troska sa môže odstraňovať priebežne z kúpeľa škvary na dne splyňovacieho zariadenia prostredníctvom spúšťacieho systému, ktorý sa javí ako výhodnejší v porovnaní so systémami uzamykateľných násypiek. Kvalita – a tým aj potenciál opätovného použitia – škvary zo splyňovania môže byť lepšia ako v prípade zodpovedajúcich popolov zo spaľovania vďaka ich sklovitej a chemicky stabilnej forme.

Kyslé plyny sa v jednotke Claus premieňajú na tuhú síru a odpadové plyny z jednotky Claus sa hydrogenujú pred recykláciou do jednotky hydrolýzy COS, čo umožňuje získať 98 % celkového obsahu síry v palive vo forme elementárnej síry. Síru je možné získať aj vo forme sadry,

napr. premytím vápencovým roztokom. Závod zahŕňa chladič syntézneho plynu, filter horúceho plynu a čistenie studeného plynu pomocou hydrolýzy COS a MDEA na odstránenie H_2S . Plyn bohatý na H_2S sa spaľuje a spaliny sa čistia vápencovou kašou, čím sa vyrába sadra na predaj. Táto technika bola vyvinutá tam, kde je veľmi malý trh s elementárnou sírou, napríklad v Japonsku.

V závislosti od situácie na trhu sa pravdepodobne bude obchodovať so škvarou a získanou sírou. Škvara sa môže použiť napríklad na výrobu podlahových dlaždíc a síra sa môže použiť na výrobu hnojív a kyseliny sírovej.

Kvalita a potenciál opätovného použitia popolčeka sa môže výrazne líšiť v závislosti od použitej technológie čistenia syntézneho plynu, technológie splyňovania a kvality pôvodnej suroviny. V niektorých prípadoch má popolček dobrú kvalitu a neobsahuje sorbenty, a tento popolček sa môže predávať (príklady zariadení: zariadenia Nuon a ELCOGAS IGCC).

Ak je proces splyňovania založený na nízkych teplotách (700 – 800 °C) a palivom je biomasa alebo niektoré frakcie odpadu, je možné z lôžkového popola a popolčeka vyrobiť hnojivo. Živiny z paliva (najmä draslík a fosfor) sa tak môžu vrátiť na polia a výhrevnosť sa efektívne využiť na energetické účely. Teplota procesu sa udržiava na nízkej úrovni, aby sa zachovala vysoká dostupnosť živín v hnojive, najmä fosforu. Uhlík v popole má priaznivý vplyv na poľnohospodársku pôdu, kde prispieva napríklad k nižšiemu vyplavovaniu živín a zvýšenému zadržiavaniu vody v pôde. Uhlík získaný nízkoteplotným procesom splyňovania je v pôde tiež stabilný, zatiaľ čo napríklad pri zapracovaní pšeničnej slamy do pôdy zostáva v pôde len niekoľko percent uhlíka a zvyšok sa uvoľňuje hlavne vo forme CO_2 . [300, Pyroneer 2017]

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Znížený prenos znečisťujúcich látok do životného prostredia.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pozri oddiel 4.2.1.

Medzizložkové vplyvy

Bez riadneho oddelenia môže škvara obsahovať frakciu strednej veľkosti s vysokým obsahom popola, čo sťažuje jej predaj.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Prach z filtrácie syntézneho plynu môže obsahovať zmes sorbentov, nezreagovaného uhlíka a všetkých nečistôt pôvodnej suroviny, a jedinou možnosťou môže byť jeho likvidácia. Konečné metódy likvidácie prachu z filtrácie musia byť navrhnuté individuálne, v závislosti od zloženia pôvodnej suroviny.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Tampa (USA).

Nuon (Holandsko).

Wabash River (vlastný systém odstraňovania škvary, USA). Nakoso (Japonsko).

ELCOGAS (Španielsko).

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

4.3.4 **Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti procesu splyňovania**

4.3.4.1 **Splyňovanie pri vysokej teplote a tlaku**

Opis

Využitie techniky splyňovania s prevádzkovými parametrami vysokej teploty a tlaku umožňuje dosiahnuť maximálnu mieru konverzie uhlíka.

Dosiahnutý environmentálny prínos

Znížená spotreba paliva a zvýšená energetická účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

V závode ELCOGAS (Španielsko) prebieha reakcia splyňovania v spaľovacej komore splyňovacieho zariadenia pri vysokej teplote medzi 1 600 °C a 1 800 °C a pri vysokom tlaku 24 barov, čo umožňuje konverziu uhlíka na splyňovanie viac ako 98 %.

V Nakoso (Japonsko) nízka teplota syntézneho plynu približne 1 100 °C zjednodušuje chladiaci systém, ale znamená nižšiu mieru konverzie.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Medzizložkové vplyvy

Neuvádzajú sa žiadne informácie.

Hospodárska únosnosť

Tlakové systémy výrazne znižujú náklady na čistenie syntézneho plynu a celkové kapitálové náklady. Kapitálové náklady klesajú najmä vďaka znižovaniu objemu plynu v úseku na čistenie. Dodatočné náklady na kompresiu vzduchu alebo kyslíka sú viac než kompenzované menšími zariadeniami na čistenie syntézneho plynu a nižšími nákladmi na kompresiu v ďalších fázach, a preto majú tlakové systémy nižšie celkové kapitálové náklady ako atmosférické systémy. [295, E4Tech 2009]

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

ELCOGAS (Španielsko) a Nakoso (Japonsko).

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

4.3.4.2 Systém suchého privodu vstupného materiálu

Opis

Použitie suchého systému na podávanie paliva do splyňovacieho zariadenia umožňuje zlepšiť energetickú účinnosť procesu splyňovania.

Technický opis

Pri splyňovaní uhlia s unášajúcim prúdom môže byť jemný uhlia dodávaný do splyňovacieho zariadenia buď v suchej, alebo ako kal. V prvom prípade sa používa systém uzamykateľnej násypky, zatiaľ čo v druhom prípade sa používajú vysokotlakové kalové čerpadlá. Dodávanie kaše je jednoduchšia operácia, ale do reaktora sa dostáva voda, ktorú je potrebné odparovať. Výsledkom tejto dodatočnej vody je syntézny plyn s vyšším pomerom H_2 k CO , ale s nižšou tepelnou účinnosťou splyňovacieho zariadenia. Systém prípravy privodu je potrebné vyhodnotiť spolu s inými alternatívami návrhu procesu.

Dosiahnutý environmentálny prínos

Znížená spotreba energie a zvýšená energetická účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

V závode Nuon (Holandsko) má chladený syntézny plyn zvyčajne výhrevnosť ~80 % výhrevnosti uhlia. To je viac, ako je možné dosiahnuť v systémoch, ktoré sú napájané uhlím/vodnou kašou.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Nuon (Holandsko) a ELCOGAS (Španielsko).

Referenčná literatúra

Informácie neboli poskytnuté.

4.3.4.3 Využitie odpadového tepla z procesu splyňovania

Opis

Teplo získané z chladenia syntézneho plynu sa interne opätovne využíva na sušenie paliva alebo na výrobu dodatočného tepla/energie s cieľom znížiť tepelné straty a zlepšiť energetickú účinnosť procesu.

Technický opis

Systémy splyňovania biomasy sa líšia od spaľovacích systémov, pretože v prípade splyňovacích systémov je zvyčajne potrebné sušiť biomasu pred jej vkladáním do splyňovacieho zariadenia.

Všeobecná požiadavka na obsah vlhkosti v biomase je $< 20\%$ vlhkosti. Niektoré systémy však dokážu spracovať vlhkú biomasu s obsahom vlhkosti až 60% (napr. v závode Kymijärvi v Lahti vo Fínsku). Existuje celý rad metód sušenia, vrátane fluidného lôžka a rotačných mechanizmov, priameho vystavenia spalínám alebo teplonosnej tekutine [299, Pytlar 2010]. Aby sa zabránilo strate energie použitej na odstránenie vody, uprednostňuje sa spätné získavanie tepla.

Dosiahnutý environmentálny prínos

Znížená spotreba energie a zvýšená energetická účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

V závode ELCOGAS (Španielsko) sa surový syntézny plyn po opustení spaľovacej komory ochladzuje recyklovaným syntéznym plynom na teplotu $800\text{ }^{\circ}\text{C}$. Syntézny plyn sa potom v dvoch vodných kotloch ochladzuje na $250\text{ }^{\circ}\text{C}$, čím sa vytvára vysokotlaková a stredotlaková para, ktorá sa prehrieva v HRSG energetického bloku a posielajú do parnej turbíny. Vďaka získanej energii sa energetická účinnosť procesu splyňovania zvýšila z $74,1\%$ na $91,2\%$ (ročný priemer).

V závode Nuon (Holandsko) sa surový syntézny plyn po opustení reaktora splyňovacieho zariadenia ochladí recyklovaným syntéznym plynom na teplotu $800\text{ }^{\circ}\text{C}$. Syntézny plyn sa potom v chladiči syntézneho plynu ochladí na $235\text{ }^{\circ}\text{C}$, čím sa vytvorí vysokotlaková a stredotlaková para (ktorá sa prehrieva v HRSG energetického bloku a odošle do parnej turbíny) a nízkotlaková para na splyňovanie a čistenie plynu. Vďaka získanej energii sa energetická účinnosť procesu splyňovania zvýšila z $77,1\%$ na 92% (ročný priemer).

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

ELCOGAS (Španielsko) a Nuon (Holandsko).

Referenčná literatúra

Informácie neboli poskytnuté.

4.3.4.4 Úplná integrácia jednotky dodávky vzduchu (ASU) s plynovou turbínou v zariadeniach IGCC

Opis

Jednotka separácie vzduchu (ASU) a plynová turbína sú plne integrované, čo znamená, že celý prívod vzduchu pre ASU je dodávaný (odoberaný) z kompresora plynových turbín.

Dosiahnutý environmentálny prínos

Zvýšená energetická účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

ELCOGAS (Španielsko).

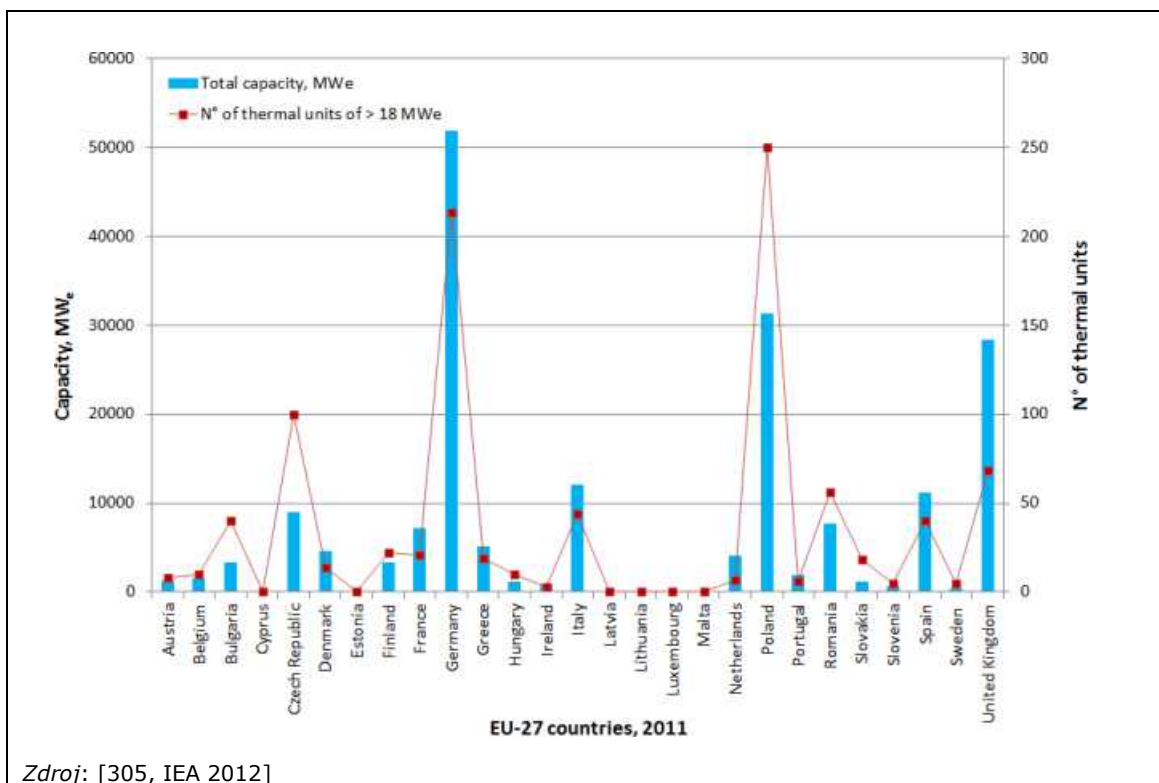
Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

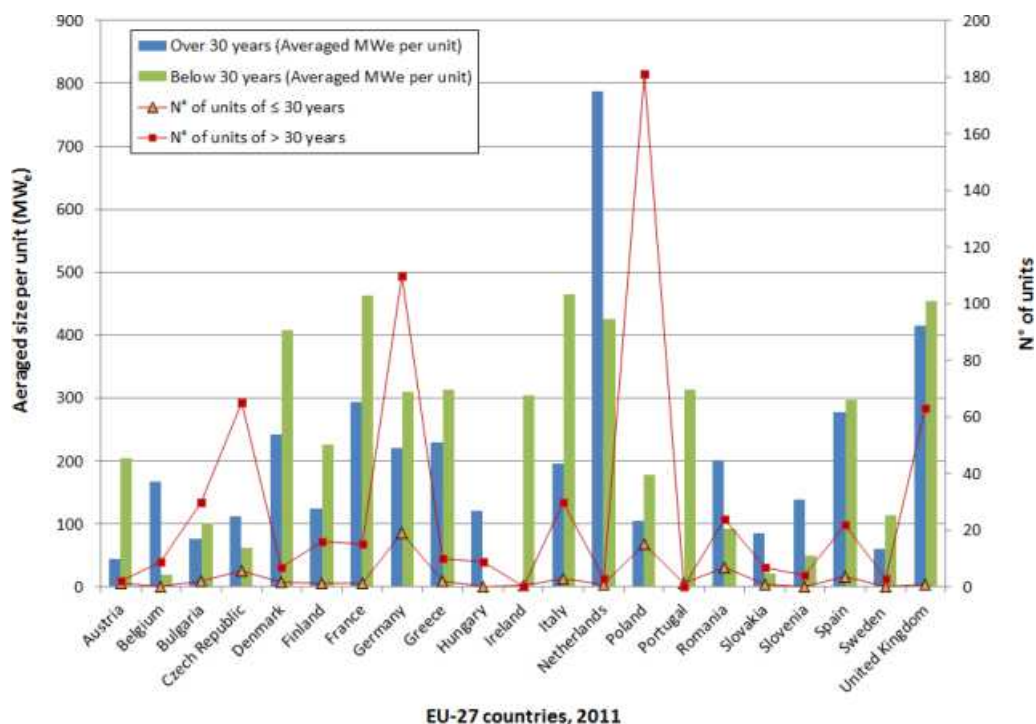
5 SPAĽOVANIE TUHÝCH PALÍV

5.1 Spaľovanie čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia

Súčasná situácia veľkých spaľovacích zariadení na čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie v EÚ, pokiaľ ide o kapacitu, počet jednotiek a vek zariadení, je uvedená na obrázkoch 5.1 až 5.4.

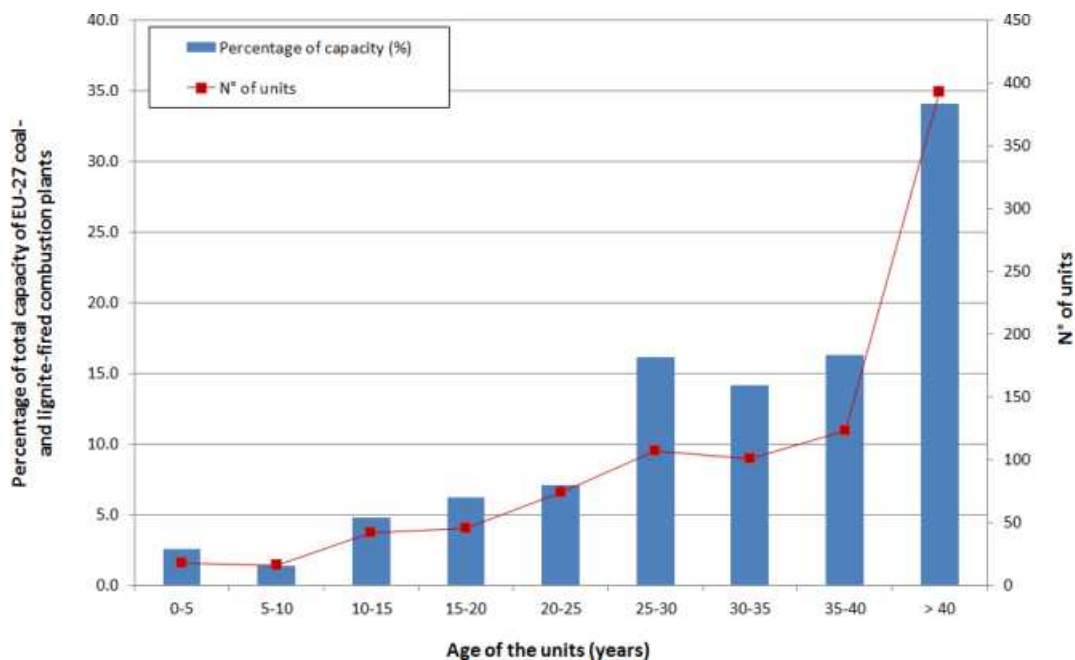


Obrázok 5.1: Kapacity elektrární spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie v krajinách EÚ-27 v roku 2011



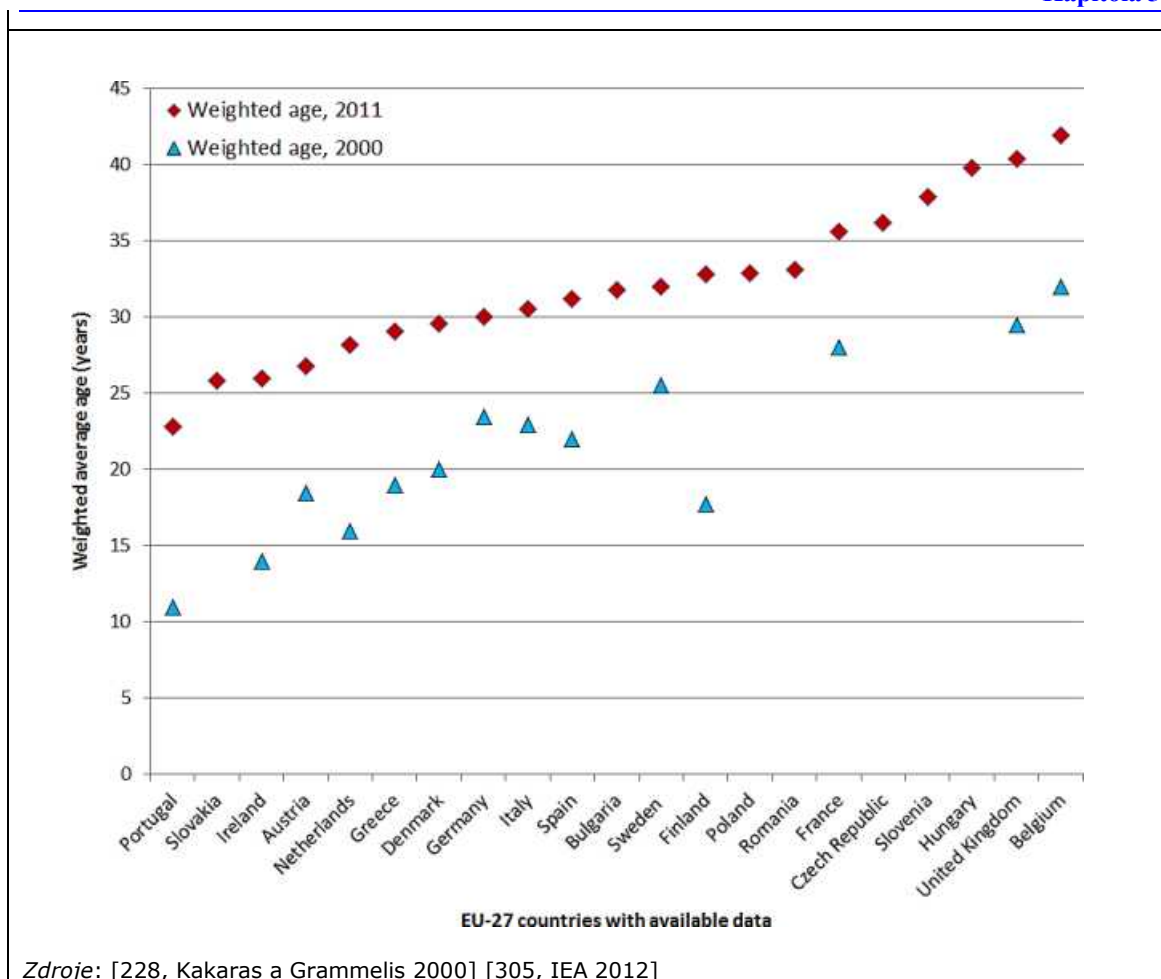
Zdroj: [305, IEA 2012]

Obrázok 5.2: Kapacita, vek a počet jednotiek zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie v krajinách EÚ-27 v roku 2011



Zdroj: [305, IEA 2012]

Obrázok 5.3: Vek a počet jednotiek zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie v krajinách EÚ-27 v roku 2011



Obrázok 5.4: Priemerný vek zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie v krajinách EU-27 vážený podľa kapacity

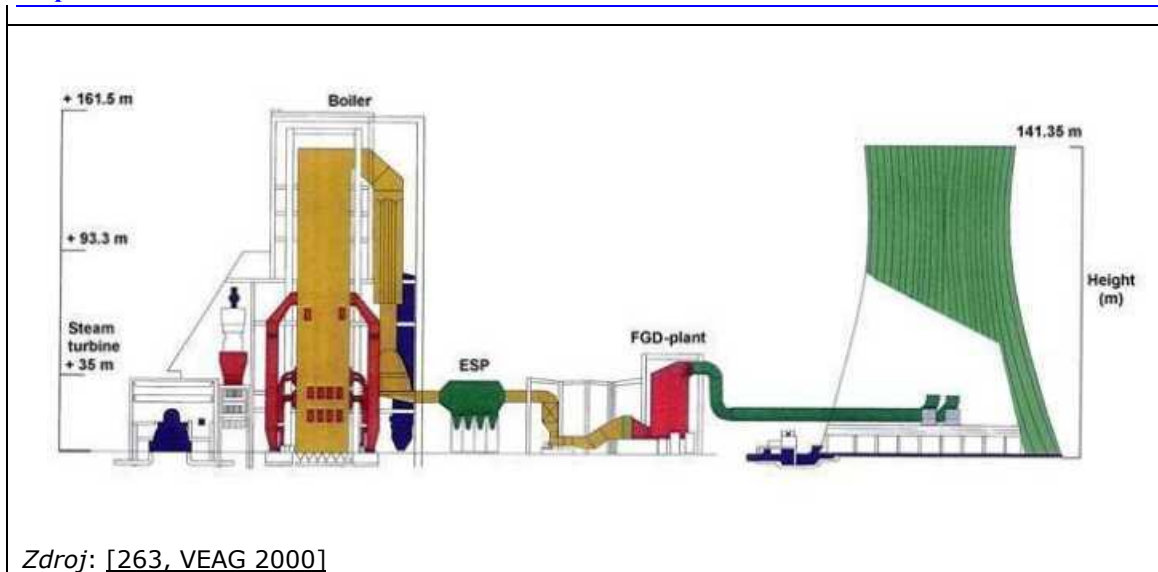
5.1.1 Použité procesy a techniky

V tejto časti sú uvedené informácie o procesoch a technikách používaných vo veľkých zariadeniach spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie.

Čierne uhlie má vyššiu energetickú hustotu ako hnedé uhlie. Je možné ho prepravovať a obchodovať s ním po celom svete. Preto sú zariadenia spaľujúce uhlie vo všeobecnosti projektované univerzálne, na rozdiel od zariadení spaľujúcich hnedé uhlie, ktoré sa nachádzajú v blízkosti banských lokalít a sú prispôsobené špecifickým vlastnostiam paliva.

Vo väčšine parných kondenzačných zariadení, ktoré sú dnes v prevádzke, je pomer vstupu uhlia k výstupu energie (t. j. tepelná účinnosť) v rozmedzí 2,5 – 3,1 (t. j. účinnosť 32 – 40 % na základe LHV). Inými slovami, na každú jednotku výkonu sa najmenej 1,5 jednotky tepla stráca do atmosféry cez komín a do chladiaceho systému, hlavne cez kondenzátor. Od 60. rokov 20. storočia je zaužívanou štandardnou praxou používanie kotlov s prirodzenou cirkuláciou alebo kotlov s nútenou cirkuláciou s tlakom pary v kotle okolo 170 barov, alebo kotlov s jednorazovým prechodom s tlakom až 240 barov. V oboch prípadoch sú teploty prehriatia a opätovného ohrevu okolo 540 °C alebo 570 °C, v závislosti od zvolených materiálov potrubia. S využitím najmodernejších vysokoteplotných materiálov boli nedávno postavené uhoľné kondenzačné elektrárne s tlakom pary približne 300 barov a teplotou pary blížiacou sa k 600 °C. Napríklad v Dánsku bola v roku 1998 uvedená do prevádzky uhoľná kondenzačná elektráreň (elektráreň 34) s čistou tepelnou účinnosťou 2,08 (účinnosť 48 %) využívajúca priame vodné chladenie. [229, MPS 1998] [3, LCP TWG 2012]

Kondenzačná elektráreň spaľujúca hnedé uhlie s ESP, mokrou FGD a chladiacou vežou na odvod spalín je znázornená na obrázku 5.5.



Obrázok 5.5: Príklad veľkej elektrárne spaľujúcej hnedé uhlie s chladiacou vežou

Väčšina kondenzačných zariadení spaľujúcich uhlie alebo hnedé uhlie, ktoré boli postavené v 90. rokoch 20. storočia, má čistú tepelnú účinnosť okolo 2,3 (účinnosť 43 %). Ak je to možné, používa sa priame priechodné chladenie, aby sa dosiahol čo najnižší tlak a teplota kondenzátora a maximalizovala sa účinnosť výroby elektriny v elektrárni.

Súčasnú kondenzačnú elektrárne sú zvyčajne pomerne veľké, s výkonom od 300 MW_e do 1 200 MW_e. V takýchto veľkých elektrárnach sa palivo spaľuje v horákoch na práškové uhlie. Keďže sú k dispozícii väčšie kotly s fluidným lôžkom (FBC), používajú sa aj v menších kondenzačných elektrárnach. V súčasnosti má najväčšia kondenzačná jednotka FBC v prevádzke výkon 600 MW_e. Existujú však koncepcné štúdie pre jednotku s výkonom 800 MW_e.

Technika fluidného lôžka sa používa na spaľovanie uhlia bohatého na popol a/alebo odpadového uhlia, ako je vyradené uhlie.

5.1.1.1 Charakteristika paliva

Uhoľné ložiská vznikli v dôsledku zložitých anaeróbných biochemických reakcií pod vplyvom teploty, tlaku a času. Reakcie prebiehali v rozvrstvených podzemných rastlinných rezíduách, čím sa zvýšil obsah uhlíka a uhlíkovodíkov v pôvodnom organickom materiáli. Chemické vlastnosti uhlia závisia od vlastností rôznych chemických zložiek prítomných v pôvodných rastlinných rezíduách, od povahy a rozsahu zmien a od povahy a množstva prítomných anorganických látok.

Prvým, nezrelým produktom procesu „uhoľnatenia“ je rašelina, zatiaľ čo produktom posledného stupňa „uhoľnatenia“ je antracit. Stupeň zmeny chemického zloženia uhlia v rámci série fosílnych palív od rašeliny po antracit sa nazýva stupeň zuhoľnatenia a zodpovedá zvýšeniu ekvivalentnej energie uhlia (výhrevnosti). Uhlie sa klasifikuje a zaraďuje na základe určitých vlastností, ktoré sa určujú chemickými analýzami, a určitých ďalších faktorov, ako je napríklad jeho aglomeračná povaha. Analýzy sú:

- **aproximačná analýza** – poskytuje informácie o správaní uhlia pri zahrievaní (napr. vlhkosť, prchavé látky, pevný uhlík);
- **elementárna analýza** – poskytuje informácie, ktoré pomáhajú pri výbere uhlia na výrobu pary (napr. celkový obsah uhlíka, vodíka, dusíka, kyslíka, výhrevnosť, teplota tavenia popola, kapacita mletia a obsah síry).

Na základe aproximačnej analýzy uhlia boli vyvinuté tri hlavné klasifikačné systémy:

Klasifikácia ASTM, vyvinutá v USA

Podľa klasifikácie ASTM existujú štyri triedy uhlia na základe viazaného uhlíka a prchavých látok (na suchom základe bez minerálnych látok) a výhrevnosti (na vlhkom základe bez minerálnych látok):

- antracit,
- bituminózne,
- subbituminózne,
- hnedé uhlie.

Klasifikácia FRB/NCB, vyvinutá vo Veľkej Británii

Podľa klasifikačného systému FRB/NCB, založeného na obsahu prchavých horľavých látok (na daf) a vlastnostiach spaľovania (podľa Gray-Kinga), existujú štyri triedy uhlia:

- antracit,
- koksové uhlie s nízkym obsahom prchavých horľavých látok,
- uhlie so stredným obsahom prchavých horľavých látok,
- uhlie s vysokým obsahom prchavých horľavých látok (pozostávajúce zo šiestich podtried).

Medzinárodný klasifikačný systém UN/ECE

Podľa „Medzinárodného kodifikačného systému“ pre uhlie strednej a vysokej kvality a „Medzinárodného kodifikačného systému“ pre využitie uhlia nízkej kvality, vyvinutých UN/ECE, sa uhlie definuje ako **uhlie vyššej a nižšej kvality** na základe jeho hrubej výhrevnosti (na vlhkej báze bez popola) a priemernej náhodnej odrazivosti vitrinitu v oleji. Tieto kategórie sa ďalej delia na podkategórie. Uhlie vyššej kvality sa delí na **uhlie strednej a vysokej kvality**, zatiaľ čo uhlie nižšej kvality sa delí na **hnedé uhlie** a **subbituminózne uhlie**.

Na účely tohto dokumentu sa zohľadňuje iba rozdiel medzi uhlím a hnedým uhlím, pričom pojem „uhlie“ zahŕňa rôzne druhy uhlia.

Zloženie hnedého uhlia a uhlia sa líši v širokom rozsahu, ako je uvedené v tabuľke 5.1. To platí aj pre koncentráciu kovov a stopových prvkov v hnedom uhlí a čiernom uhlí, ako je uvedené v tabuľke 5.2.

Tabuľka 5.1: Indikatívne analýzy typických čiernych uhlí a hnedých uhlí (všeobecná prax)

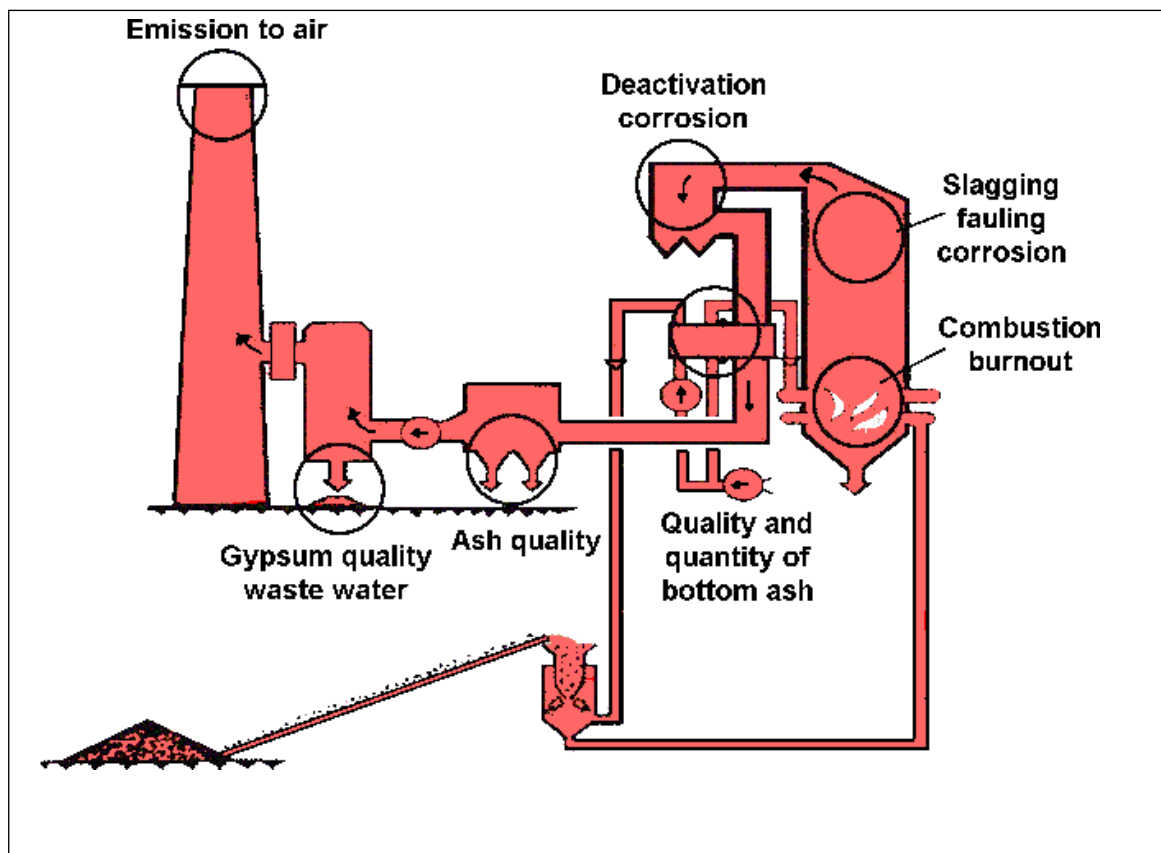
Vlastnosť	Jednotky	Hnedé uhlie	Uhlie		
			Bituminózne	Bituminózne s nízkym obsahom prchavých horľavých látok a semi-antracit	Antracit
Vlhkosť	(% pri prijatí)	30	2	2	2
Popol	(v % podľa dodania)	5–40	1–30	1–30	1–30
Prchavé látky	(daf %)	40–70	> 22	8–22	< 8
Fixný uhlík	(daf %)	35	55	85	> 92
Celkový obsah uhlíka	(daf %)	60	80–95	90	92–95
Vodík	(daf %)	4,5–6,5	4,5–6,5	3,5–4,5	3–8
Kyslík	(daf %)	12–30	1,5–14	1,2–6	1,2–5
Síra	(daf %)	0,5–4,7	0,3–4,5	0,5	0,5–0,8
Vyššia výhrevnosť	(MJ/kg daf)	23–35	32–38,5	35–38	35–38
Nižšia výhrevnosť	(MJ/kg suroviny)	4–30	26	25	30–31,4
N	(suchá báza, hmotnostné %)	0	0	1,4–4	0,9–1,7
Hg	mg/kg	0,03–0,22	0,01–0,9	0,07–0,1	0,06–0,2
Cd	mg/kg	0,3–5	0,01–10	0,2–1	0,06–4
Tl	mg/kg	2	0,01–3,5	NA	1–2
Sb	mg/kg	0,5	0,02–20	0,1–2,1	0,5–5,2
Ako	mg/kg	10	0,1–22	1–8	0,9–15
Pb	mg/kg	0,1–15	0,1–128	5–15	4–122
Cr	mg/kg	65–77	0,6–300	24–32	10–470
Co	mg/kg	11–12	0,5–60	NA	4–60
Cu	mg/kg	35–37	1–165	28	9–35
Mn	mg/kg	141	3–500	37–95	30–530
Ni	mg/kg	32	0,7–180	13	11,5–225
V	mg/kg	100–107	1,2–390	12–33	18–305
Zn	mg/kg	50	1,2–385	8	1,4–412
Poznámka: daf: suchá a bezpopolová báza. Údaje o nižšej výhrevnosti z príručky EVT Handbook 1990. Zdroje: [123, Eurelectric 2001] [3, LCP TWG 2012]					

Tabuľka 5.2: Orientačné koncentrácie kovov a stopových prvkov v uhlí z rôznych regiónov

Hodnoty v mg/kg	Austrália	Kanada	USA	Poľsko	Rusko a SNS	Európa
Popol (%)	12,5	12,9	9	15,9	15,4	14,4
Ako	1,4	2,9	8,7	3,4	4	18,5
Ag	NA	NA	0,86	< 1,7	< 1,6	0,74
Ba	NA	NA	280	500	210	240
Be	1,4	0,8	1,9	1,6	0,7	2
B	12,3	58	46	NA	NA	NA
Cd	0,06	0,3	0,24	0,73	0,27	0
Cr	7,4	7,4	13	16,3	40	18,7
Cu	13,3	16,9	16,6	NA	NA	NA
Cl	300	300	800	NA	NA	NA
Co	NA	NA	6,2	5,3	3,2	6,2
Cs	NA	NA	1,92	3,3	0,9	1,3
F	62	82	55	NA	NA	NA
Hf	NA	NA	1,1	1,6	1,2	0
Hg	0,04	0,05	0,11	0,09	0,12	0,131
La	NA	NA	13,9	11,3	10,4	11,1
Mn	132	149	19	200	135	80
Mo	0,9	1,6	5,3	< 1,1	< 1,1	< 0,87
Ni	9,5	7,3	10,7	< 24	21	< 12,5
Pb	4,8	6,8	8	32	12,2	9,9
Rb	NA	NA	16,1	23	12,3	21
Sb	NA	NA	1,15	1,6	0,65	1,12
Sc	NA	NA	5,6	5,9	6,9	5,4
Sn	NA	NA	< 26	< 62	< 57	< 25
Se	0,8	1,1	3,9	NA	NA	NA
Th	2,3	3,3	4,2	4	3	3,5
Ti	0,15	0	0	NA	NA	NA
U	0,7	1,2	1	1,7	1,4	1,47
V	14,8	30	23,3	38	39	43
Zn	19	8,9	14,1	< 27	< 6,6	< 3,2
Zr	NA	NA	47	39	28	18,3
Poznámka: NA: Nie je k dispozícii. Zdroj: [264, Itkonen, A. a Jantunen, M. J. 1989]						

Je dôležité vedieť čo najviac o vlastnostiach spaľovaného tuhého paliva, aby bolo možné vhodne navrhnuť zariadenia a vybavenie LCP tak, aby dosahovali najlepší výkon. Rovnako dôležité je spaľovať správne palivo, pre ktoré bolo LCP navrhnuté, alebo aspoň palivo s podobnými vlastnosťami. To zaručuje vysokú účinnosť v dlhodobom horizonte, ako aj bezproblémovú prevádzku a optimálny environmentálny výkon.

Vplyv kvality uhlia na výkon spaľovacieho zariadenia je schematicky znázornený na obrázku 5.6.



Obrázok 5.6: Vplyv kvality uhlia na výkon spaľovacieho zariadenia

Európski prevádzkovatelia zvyčajne monitorujú vlastnosti paliva podľa frekvencie uvedenej v tabuľke 5.3, pričom všeobecným kvalitatívnym pravidlom je vykonávanie úplných analýz každého nového spáleného paliva alebo každej dodávky paliva.

Tabuľka 5.3: Typické monitorovanie vlastností paliva v európskych zariadeniach spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie

Vlastnosti paliva	Typická frekvencia monitorovania
Nižšia výhrevnosť	1/týždeň (rozsah od 1/deň do 1/mesiac)
Aproximačná analýza	
Vlhkosť	1/týždeň (rozsah od 1/deň do 1/mesiac)
Prchavé látky	
Popol	
Fixný uhlík	
Konečná analýza (na suchom základe)	
C	1/mesiac (rozsah od 1/rok do 3/deň)
H	
N	
Celková S	
O	
Cl	
F	
Br	6/rok (rozsah od 0/rok do 1/deň)
K	
Na	
Kovy (Cd, Tl, Hg, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Zn)	4/rok (rozsah od 0/rok do 1/týždeň)
Zdroj: [3. LCP TWG 2012]	

5.1.1.2 Predbežná úprava a príprava čierneho uhlia a hnedého uhlia

Starostlivý výber uhlia je účinným spôsobom znižovania emisií do ovzdušia a vody a znižovania tvorby odpadu. Možné obmedzenia súvisiace s celosvetovým trhom s uhlím však môžu obmedziť možnosti prechodu na iný druh uhlia. Pri používaní komerčne dodávaného alebo dovážaného uhlia ako paliva sa uprednostňujú nízke hladiny síry, ortuti a popola. Je výhodné používať palivá s vysokým obsahom energie, ktoré spôsobujú minimálne náklady na dopravu a manipuláciu.

Na dosiahnutie konštantnej kvality paliva, ktorá pomáha optimalizovať proces spaľovania, sa uhlie niekedy mieša alebo kombinuje v závislosti od špecifikácií spaľovacej elektrárne. Toto miešanie sa dá jednoducho dosiahnuť odoberaním uhlia zo zásobníka v inom poradí, ako je poradie vykládky, alebo zmiešaním rôznych druhov uhlia v silách medzi skladom uhlia a zásobníkmi surového uhlia. V niektorých prípadoch je možné palivá zmiešať v prístave pred prepravou do elektrárne.

Miešanie alebo zmiešavanie palív môže mať rôzne ciele a účinky, ako je

uvedené nižšie. Cieľ chudobnejšej zmesi palív:

- zníženie teploty v spaľovacej komore (pec so suchým lôžkom);
- zníženie primárneho NO_x v spalínach (menšia spotreba NH_3 , dlhšia prevádzková doba SCR);
- zníženie obsahu CO v spaľovacích plynach (menšie riziko korózie);
- zníženie množstva nespáleného uhlíka v popolčeku (využitelnosť popolčeka);
- zníženie spotreby katalyzátorov.

Účinky chudobnejšej palivovej zmesi:

- obsah CO_2 v spalínach klesá;
- prúdenie vzduchu a spalín sa zvyšuje;
- obsah O_2 v spalínach stúpa;
- energetické straty v dôsledku zvýšenia množstva spalín;
- spotreba energie z ventilátorov a zvýšenie emisií CO_2 ;
- zníženie účinnosti.

Cieľ bohatejšej zmesi palív:

- zvýšenie teploty spaľovacej komory (pec s tavnou komorou, lepšie odsávanie popola);
- zvýšenie účinnosti.

Účinky bohatejšej palivovej zmesi:

- zvýšenie obsahu CO_2 v spalínach;
- pokles prietoku vzduchu a spalín;
- obsah O_2 v spalínach klesá;
- klesajú energetické straty cez spaliny;
- zvýšenie množstva nespáleného uhlíka v popolčeku;
- spotreba energie z ventilátorov a zníženie emisií CO_2 .

Kvalifikačné podmienky:

- obsah CO v spaľovacom plyne by sa nemal zvyšovať;
- nesmie dôjsť k zvýšeniu obsahu nespáleného uhlíka v popolčeku;
- prijateľné riziko týkajúce sa vyššej korózie alebo vyššej recirkulácie popola.

Cieľ nezávislý od chudobnej alebo bohatej zmesi paliva:

- zníženie SO_x v spalínach pre zariadenia bez (alebo s nízkou účinnosťou) FGD, alebo

- zvýšenie SO_x v spalinách pre efektívnu prevádzku ESP (odolnosť voči popolu).

Hnedé uhlie sa zvyčajne dopravuje zo skladovacieho dvora na pásových dopravníkoch (zvyčajne umiestnených pod strechou) do drviacej zariadenia, kde sa v kladivových mlynoch a dvoch valcových drvičoch drví na kúsky s veľkosťou 80 – 40 mm alebo menej. Drvené hnedé uhlie sa potom dopravuje pásovými dopravníkmi do zásobníkov kotlov. Na každý kotol pripadá zvyčajne šesť až osem zásobníkov. Vlhkosť hnedého uhlia je v tejto fáze 30–70 %, takže počas dopravy a drvenia sa uvoľňujú len zanedbateľné množstvá uhoľného prachu, s výnimkou prekladísk, kde môže v dôsledku prievanu vznikáť uhoľný prach, ale to sa deje len lokálne a aj vtedy len v obmedzenom rozsahu. Na zabezpečenie zdravých pracovných podmienok v uhoľnom bunkri, drvičke a pri systémoch na manipuláciu s hnedým uhlím sú potrebné opatrenia, ako napríklad inštalácia odprašovacích systémov v prekladiskách a na uzavretých pásových dopravníkoch. Vzduch sa čistí vo vrecových filtroch, aby sa koncentrácia prachu vo vnútri budov udržala pod maximálnou povolenou koncentráciou pre pracovné podmienky.

Príprava paliva na spaľovanie práškoveho uhlia

Surové uhlie sa zvyčajne musí riadne pripraviť na bezpečné, ekonomické a efektívne použitie v systéme spaľovania práškoveho uhlia. Vo všetkých systémoch drvenia uhlia sa tuhé palivo suší, drví, triedi a potom sa dopravuje do kotlov.

Na zníženie obsahu vlhkosti sa surové uhlie môže sušiť vo vnútri mlyna na uhlie. Predsušenie, hoci sa používa v niektorých elektrárnach spaľujúcich hnedé uhlie alebo subbituminózne uhlie, je v zariadeniach spaľujúcich uhlie menej bežné.

Mnohé mlyny sú navrhnuté tak, aby odstraňovali malé anorganické alebo kovové materiály, alebo aby ich neboli negatívne ovplyvňované. Do dopravného systému surového uhlia však možno nainštalovať aj magnetický separátor na odstraňovanie väčších kovových predmetov. Ak sa tak neurobí, tieto predmety môžu poškodiť dopravníky alebo podávač práškoveho uhlia a môžu brániť toku uhlia.

Správny výber veľkosti práškoveho uhlia má významný vplyv na prevádzku a ekonomiku systému pece. Jemné mletie je potrebné na zabezpečenie rýchleho zapálenia a úplného spaľovania uhlia/hnedého uhlia pre maximálnu účinnosť a minimalizovanie usadzovania popola a častíc na povrchoch výmenníkov tepla. Úroveň jemnosti je však daná nákladmi na mletie a často podlieha kompromisom medzi nákladmi na mletie a prevádzkovými a environmentálnymi výhodami. Zmeny v rozložení veľkosti častíc, a tým aj v rýchlosti spaľovania, môžu mať v prípade existujúcich horákov vplyv aj na emisie NO_x . Mletie uhlia sa v súčasnosti vykonáva v guľových mlynoch, diskových mlynoch, nárazových mlynoch, drviacich mlynoch s vetrákmi alebo vo valcových a guľičkových mlynoch.

Tabuľka 5.4: Typy mlynov používajúce rôzne kvality uhlia

Kvalita uhlia	Guľové mlyny	Diskové mlyny	Guľičkové mlyny
Antracit s nízkym obsahom prchavých horľavých látok			■
Antracit s vysokým obsahom prchavých horľavých látok	■	■	■
Bituminózne uhlie s nízkym obsahom prchavých horľavých látok	■	■	■
Bituminózne uhlie s vysokým obsahom prchavých horľavých látok	■	■	■

Zdroj: [123, Eurelectric 2001]

Bolo vyvinutých niekoľko metód dodávania a spaľovania uhlia, vrátane systému priameho spaľovania alebo systému skladovania (nepriameho spaľovania). V systéme priameho spaľovania je práškové uhlie dopravované plynom alebo vzduchom z mlyna cez dopravné potrubia a distribuované do horákov. V systéme nepriameho spaľovania je práškové uhlie vypúšťané do dopravnej slučky vybavenej ventilátorom s vysokým prietokom. Najskôr prechádza triedičom, kde sa hrubé častice recirkulujú späť do mlyna, a potom sa zachytáva v cyklónoch, ktoré zásobujú skladovací zásobník. Dynamické triediče sa používajú na dosiahnutie optimálnej distribúcie veľkosti častíc pre vertikálne spaľovacie zariadenia používajúce semi-antracit s nízkym obsahom prchavých látok. Systémy priameho spaľovania sú vo všeobecnosti najbežnejšie v zariadeniach spaľujúcich práškové uhlie.

Príprava paliva na spaľovanie práškoveho hnedého uhlia

Hnedé uhlie sa dopravuje z bunkrov cez uzavreté podávače do mlynov na hnedé uhlie. Mlyny sú špeciálne navrhnuté (napr. typ s vetrákmi) pre typ miestneho paliva, ktoré sa používa. Dosahujú tri ciele: drvčia, sušia a potom distribuujú palivo do spaľovacej komory. Drvenie hnedého uhlia je podporované prítomnosťou horúcich spalín, ktoré sa odsávajú z hornej časti pece prostredníctvom recirkulačného potrubia. Častice hnedého uhlia sa zvyčajne zmenšujú na menej ako 90 μm (približne 60 % cez sito s okami 70). Teplo spalín znižuje obsah vlhkosti hnedého uhlia z 30–70 % na 10–20 %, t. j. na úroveň požadovanú pre optimálne podmienky spaľovania. Nakoniec sa zmes uhoľného prachu, spalín a vlhkosti privádza do horákov kotla. Táto zmes môže obsahovať aj vzduch a/alebo studené spaliny, ak sa privádza do mlynov na reguláciu teploty mlynov.

Pre hnedé uhlie s vysokou vlhkosťou je do výstupného potrubia práškoveho paliva zabudovaný separátor, kde sa oddeľuje vlhká para a smeruje do parného horáka; používa sa mlyn s rozprašovacím mlecím kolesom.

Príprava paliva pre spaľovanie vo fluidnom lôžku (FBC)

Spaľovanie vo fluidnom lôžku vyžaduje rozdrvenie väčšiny tuhých palív. V závislosti od vlastností paliva je žiaduca maximálna veľkosť zŕn medzi 3 mm a 20 mm. Pripravené palivo sa prenáša priamo do fluidného lôžka v spaľovacej komore, kde je priemerná veľkosť častíc lôžka 1 000 μm pre spaľovanie v bublinkovom fluidnom lôžku (BFBC) a 100–1 000 μm pre spaľovanie v cirkulujúcom fluidnom lôžku (CFBC).

Príprava paliva pre spaľovanie na rošte (GF)

Ak sa spaľovanie vykonáva na roštoch, zvyčajne je potrebná len obmedzená príprava paliva. Veľké kusy tuhého paliva sa môžu zmenšiť, aby sa do spaľovacej komory dodalo palivo s viac-menej homogénnym rozložením veľkosti častíc na spaľovanie na rošte. Maximálna veľkosť častíc paliva sa často určuje podľa systémov podávania do spaľovacej komory a v závislosti od technických podmienok roštu.

Príprava paliva na odstraňovanie ortuti

Čistenie uhlia je jednou z možností odstraňovania ortuti z paliva pred spaľovaním. Existuje mnoho typov čistiacich procesov, ktoré sú všetky založené na princípe, že uhlie má menšiu hustotu ako pyritová a síra, hornina, íl alebo iné nečistoty produkujúce popol, ktoré sú v ňom zmiešané alebo zakotvené.

5.1.1.3 Energetická účinnosť kotlov na spaľovanie čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia

V prípade nových kotlov sa v súčasnosti zaznamenáva energetická účinnosť kotlov na tuhé palivá na úrovni 85 – 95 % (LHV). Hlavné straty sú spojené s odpadovým teplom spalín cez komín, nespáleným uhlíkom, odpadovým teplom v popole a stratami žiarením. Vplyv paliva je dôležitý, pričom pri kotloch s identickým výkonom (rovnaká teplota okolia a spalín, rovnaký prebytok vzduchu atď.) sa dosahujú rôzne úrovne energetickej účinnosti kotlov v závislosti od povahy paliva, napr. (na základe LHV):

- medzinárodné bituminózne uhlie: účinnosť až 95 %;
- hnedé uhlie: 91 % účinnosť;
- nízkokvalitné hnedé uhlie: účinnosť 85 %.

Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti kotlov spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie

Energetická účinnosť kotlov spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie úzko súvisí s povahou paliva a teplotou okolitého vzduchu. Je však možné optimalizovať niektoré parametre:

- **Nespálený uhlík v popole.** Optimalizácia spaľovania vedie k menšiemu množstvu nespáleného uhlíka v popole. Treba poznamenať, že technológie znižovania emisií NO_x úpravou spaľovania vykazujú tendenciu zvyšovať množstvo nespáleného uhlíka. Cieľom je dosiahnuť čo najlepšie vyhorenie, aby sa dosiahla optimálna účinnosť alebo využitie paliva. V závislosti od technických vlastností a vlastností paliva, najmä pri spaľovaní antracitového uhlia, však môže dôjsť k vyššiemu obsahu nespáleného uhlíka v popole.
- **Prebytok vzduchu.** Množstvo prebytku vzduchu závisí od typu kotla a od povahy paliva. V kotloch s suchým dnom spaľujúcich práškové uhlie je zvyčajne prítomný prebytok vzduchu v rozmedzí 15 % až 20 %. Na zachovanie kvality spaľovania (tvorba CO a nespáleného uhlíka) a integrity kotla (vniknutie vzduchu) a na zabránenie korózii a bezpečnostným rizikám (riziko teplotných výkyvov v kotle) často nie je možné ďalej znižovať prebytok vzduchu.
- **Teplota spalín.** Teplota spalín opúšťajúcich kotol (v závislosti od typu paliva) sa tradične pohybuje medzi 120 °C a 180 °C, aby sa zabránilo riziku korózie kyselinou v dôsledku kondenzácie kyseliny sírovej. V prípade elektrární spaľujúcich hnedé uhlie môže korózia nastať pri teplote nižšej ako 160 °C. Niektoré konštrukcie obsahujú systém rekuperácie tepla spalín pre predohrev v druhom stupni alebo predohrev kondenzátu, aby sa teplota spalín znížila dokonca pod 100 °C, ale to si vyžaduje špeciálne opláštenie alebo špeciálne materiály pre potrubia, ohrievače a komín.

5.1.1.4 Kontrola emisií do ovzdušia zo zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie

Na kontrolu emisií NO_x sa používajú špeciálne horáky s nízkymi emisiami NO_x a/alebo iné primárne techniky znižovania NO_x. Ak tieto opatrenia nie sú dostatočné, na odstránenie NO_x zo spalín sa môže použiť selektívna katalytická redukcia (SCR) alebo selektívna nekatalytická redukcia (SNCR) s močovinou alebo amoniakom, alebo kombinácia týchto techník.

Odsiňovanie spalín sa zvyčajne vykonáva pomocou práčok umiestnených medzi parným generátorom a komínom. Ak sa používa spaľovanie vo fluidnom lôžku, odsiňovanie sa najlepšie dosiahne v samotnom fluidnom lôžku, napr. pridaním uhličitanu vápenatého do lôžka. V takom prípade nemusí byť potrebný ďalší systém odsiňovania na konci potrubia.

Najstarším opatrením na ochranu životného prostredia používaným v konvenčných spaľovacích zariadeniach je odstraňovanie častíc popola a uhlíka z spalín. Najčastejšie sa na tento účel používa elektrostatický odlučovač (ESP). Často sa používajú aj vrecové filtre.

5.1.1.4.1 Kontrola emisií zo spaľovania práškoveho paliva

Predbežná úprava paliva

Ako prvý krok k minimalizácii emisií je možné zlepšiť kvalitu surovín používaných ako palivá, napríklad prostredníctvom týchto opatrení:

- použitie zmesi rôznych druhov uhlia s rôznymi vlastnosťami a z rôznych krajín;
- použitie vysokokvalitného uhlia s vysokou výhrevnosťou, nízkym obsahom vody, nízkym obsahom popola, nízkym obsahom síry, ortuti, chloridov a fluoridov;
- uplatňovanie prania/čistenia uhlia;

- uplatňovanie splyňovania uhlia;
- homogenizácia uhlia s cieľom zabezpečiť štandardnú kvalitu konečného paliva pred spaľovaním.

Prechod na iné palivo/výber paliva

Voľba alebo prechod na fosílna palivá s nižším obsahom zlúčenín, ktoré môžu spôsobiť znečistenie, môže viesť k významnému zníženiu znečistenia zo spaľovacích zariadení. Táto technika sa široko používa. Možnosti prechodu na iné palivá sú obmedzené určitými obmedzeniami prispôsobivosti konkrétnych spaľovacích zariadení, pokiaľ ide o používanie rôznych palív, a niekedy aj dlhodobými zmluvami medzi energetickými spoločnosťami a dodávateľmi palív. V prípade elektrární spaľujúcich hnedé uhlie je možnosť prechodu na iné palivo niekedy obmedzená aj kvalitou dostupných ložísk paliva v blízkych hnedouhoľných baniach. Všeobecne platí, že prispôdobivosť závisí od inštalovaných horákov a zvyčajne je možné prejsť z jedného typu uhlia na iný s lepším environmentálnym profilom (t. j. s nízkym obsahom síry a nízkym obsahom prchavých látok) alebo z uhlia na ťažký olej na základe inštalovaných horákov. Prechod z uhlia na plyn však zvyčajne vyžaduje výmenu horákov a úpravu výmenníkov tepla. Akékoľvek zlepšenie v oblasti znižovania emisií závisí od vlastností pôvodne používaného paliva a nového typu paliva [132, Rentz et al. 1999]. Je však potrebné zohľadniť možné nepriaznivé vplyvy akéhokoľvek nového uhlia na emisie, napr. horší výkon ESP v dôsledku zníženého obsahu síry alebo horší výkon horáka s nízkou tvorbou NO_x pri uhlí s vyšším obsahom prchavých látok.

Znižovanie emisií prachu

Pri spaľovaní práškoveho uhlia sa väčšina popola odnáša spolu s dymovými plynmi zo spaľovacej komory. Iba malé množstvo (< 20 %) sa zachytáva ako popol zo dna v kotloch so suchým dnom; 80 % popola opúšťa pec ako popolček, ktorý sa musí zachytávať v zariadeniach na znižovanie množstva prachu, ako sú elektrické filtračné zariadenia alebo vrecové filtre.

V kotloch s mokrým lôžkom sa popol skvapalňuje vďaka vysokej teplote spaľovania. Tento tekutý popol tečie gravitačnou silou do odkalovača. Aj pri vysokej rýchlosti prúdenia plynu sa väčšina popola odstraňuje ako škvara. V tomto type pece sa popolček často recirkuluje, aby sa takmer celý popol odstránil ako škvara.

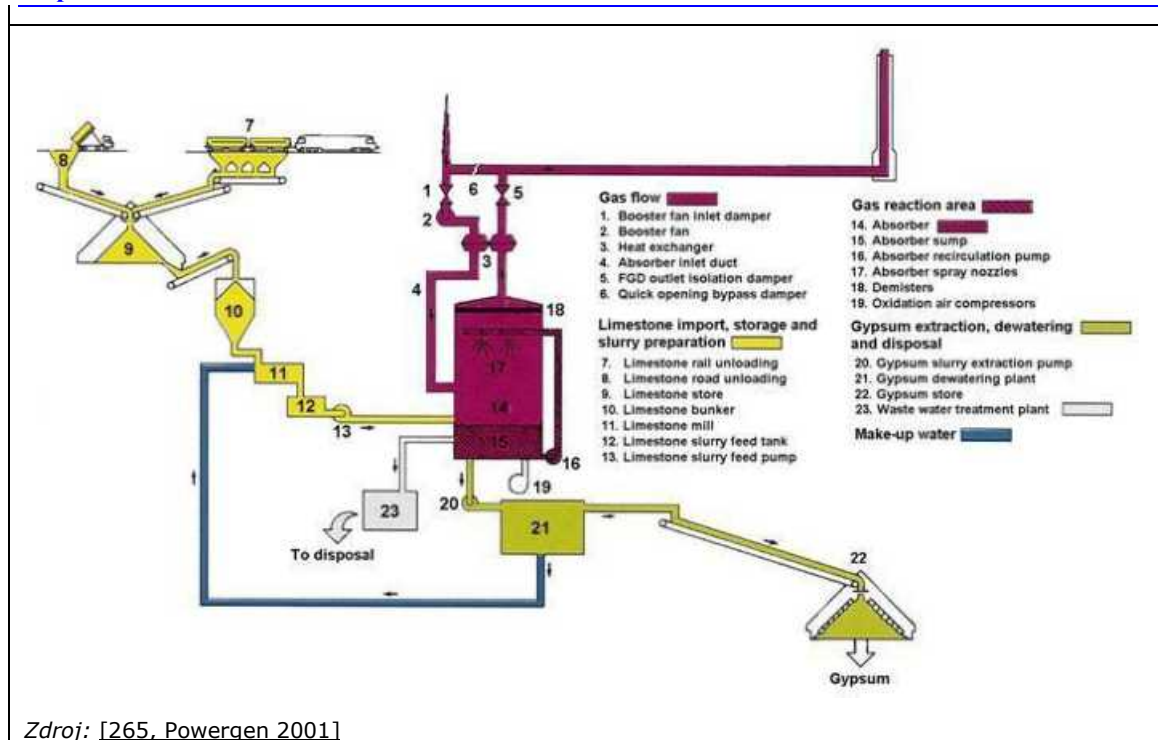
Medzi technikami odstraňovania prachu je ESP (zdáľka) najčastejšie používaný v Európe v spaľovniach využívajúcich uhlie alebo hnedé uhlie. Vrecové filtre sú tiež relatívne bežné. ESP zachytávajú popolček, zvyčajne v suchej forme, ktorý sa potom môže recyklovať na použitie pri výstavbe ciest alebo na výrobu produktov, ako je cement a betón, alebo na účely obnovy povrchových baní, alebo ako posledné riešenie môže byť skládkovaný. Palivá môžu byť dodávané z rôznych zdrojov na svete a techniky ESP, vrátane niekedy vysokonapäťového prerušovaného napájacieho systému, sú schopné reagovať na rôzne kvality palív, vrátane tých s nižším obsahom síry. Ďalší vývoj súvisí s vysokonapäťovými pulzmi, ktoré umožňujú znížiť spotrebu elektrickej energie ESP.

Cyklóny sa zriedka používajú na odprašovanie v LCP. V Európe sa prevádzkujú niektoré zariadenia s predbežným odsávaním prachu pomocou cyklónu pred ESP.

Znižovanie emisií SO_x

Na zníženie emisií SO_x zo zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie sa v súčasnosti používajú takmer všetky techniky popísané v kapitole 3 na odsírovanie spalín. Konkrétna použitá technika závisí od rôznych faktorov špecifických pre danú elektrárňu a lokalitu, ako je umiestnenie, tepelná kapacita a faktor zaťaženia konkrétneho zariadenia, ako aj od kvality paliva a popola.

Suché a polosuché techniky sa vo všeobecnosti častejšie používajú v menších zariadeniach (< 100 MW_{th}), zatiaľ čo mokré FGD je dominantnou technikou používanou v rôznych aplikáciách vo väčších zariadeniach, t. j. nad 300 MW_{th}. Absorpčné veže sú navrhnuté ako rozprašovacie, plnené alebo dvojité veže. Príklad mokrej FGD elektrárne využívajúcej rozprašovaciu vežu aplikovanú vo veľkej uhoľnej elektrárni vo Veľkej Británii je uvedený na obrázku 5.7.



Zdroj: [265, Powergen 2001]

Obrázok 5.7: Proces mokrého odsírenia so sprchovacou kolónou

Vzhľadom na obmedzenia vyplývajúce z polohy len niekoľko spaľovacích zariadení v Európe situovaných v blízkosti pobrežia používa systémy čistenia morskou vodou na zníženie emisií SO_x . Jedno spaľovacie zariadenie na uhlie úspešne používa kombinovaný proces DeSONOX.

Znižovanie emisií NO_x

Rovnako ako v prípade znižovania emisií SO_x sa takmer všetky techniky opísané v kapitole 3 na denitrifikáciu spalín (t. j. primárne a sekundárne techniky a v niekoľkých prípadoch aj kombinácia oboch typov techník) v súčasnosti používajú v uhoľných kotloch.

V prípade hnedého uhlia je tvorba NO_x pomerne nízka, pretože teploty spaľovania sú nižšie a vlhkosť spalín je vyššia v porovnaní s uhlím. Z tohto dôvodu sa doteraz v Európe na zníženie emisií NO_x z elektrární spaľujúcich hnedé uhlie používali iba primárne techniky. Nedávno však bola technológia SCR inštalovaná v obmedzenom počte elektrární spaľujúcich hnedé uhlie v USA a v Slovinsku sa stavia elektrárne spaľujúce hnedé uhlie, ktorá bude využívať technológiu SCR.

Nižšie je opísaných niekoľko techník na znižovanie emisií NO_x .

Nízky prebytok vzduchu: táto technika prináša lepšie výsledky v kotloch s mokrým lôžkom ako v kotloch so suchým lôžkom, v kotloch s bočným ohrevom ako v kotloch s tangenciálnym ohrevom a v jednotkách spaľujúcich uhlie ako v jednotkách spaľujúcich hnedé uhlie.

Recirkulácia spalín: táto technika sa v kotloch spaľujúcich uhlie nepoužíva veľmi často, s výnimkou kotlov s mokrým lôžkom. V prípade kotlov spaľujúcich uhlie môže zníženie NO_x dosiahnuté touto technikou dosiahnuť až 15 – 20 %. Táto technika sa používa iba v kotloch spaľujúcich hnedé uhlie prostredníctvom recyklácie horúcich spalín na mletie hnedého uhlia. V tomto prípade sa spaliny odoberajú na sušenie hnedého uhlia, a preto sa primárne nepoužívajú na zníženie emisií NO_x , ale sú jedným z dôvodov všeobecne nižšej tvorby NO_x v porovnaní s uhoľnými pecami. Dodatočnou recirkuláciou studených spalín cez systémy mletia hnedého uhlia je možné ďalej znížiť emisie NO_x ; navyše je možné znížiť tvorbu škvary pri nízkoteplotnom topení popola. Táto technika môže tiež pomôcť pri regulácii teploty pary v rámci cyklu elektrárne.

Dohorievajúci vzduch (OFA): táto technika je najčastejšie používanou primárnou technikou v kotloch na uhlie, často v kombinácii s LNB. S modernými konštrukciami OFA (optimalizovaná konštrukcia dýz, oddelený a vírivý prúd vzduchu) je možné dosiahnuť zníženie emisií NO_x o 40 – 50 % v kotloch s bočným alebo tangenciálnym ohrevom. OFA je obzvlášť účinná technika znižovania emisií NO_x v kotloch s tangenciálnym ohrevom, kde sa dá implementovať ako „úzko spojená OFA“ (t. j. s pridaním portov OFA tesne nad najvyššou radou horákov). Ďalšou možnosťou je „oddelená OFA“ (t. j. s pridaním portov OFA nad hlavnou spaľovacou zónou, oddelenými od radov horákov). Najnovší vývoj tejto techniky nazývaný buď „posilnený dohorievajúci vzduch“ (BOFA) alebo „rotujúci dohorievajúci vzduch“ (ROFA) sa uplatňuje v Spojenom kráľovstve, Poľsku a iných európskych krajinách v uhoľných elektrárnach. Pre kotly spaľujúce hnedé uhlie a/alebo tangenciálne spaľované kotly nie sú k dispozícii žiadne referencie. Táto technika využíva dodatočný ventilátor na zvýšenie rýchlosti OFA vstupujúceho do pece, čím umožňuje väčšiu flexibilitu medzi znížením emisií NO_x a dohorievaním uhlíka.

Horáky s nízkymi emisiami NO_x (LNB): v prípade uhoľných kotlov sa najčastejšie používajú horáky s postupným prívodom vzduchu alebo paliva, ktoré znižujú emisie NO_x o 25 – 35 %, resp. 50 – 60 %. Horáky s nízkymi emisiami NO_x sú najbežnejšou technikou používanou na zníženie emisií NO_x v nových aj existujúcich kotloch na uhlie, často v kombinácii s OFA. Ide o vyspelú technológiu s mnohými rôznymi konštrukciami, ktoré sú v súčasnosti k dispozícii od dodávateľov z celého sveta a ktoré sú často špeciálne prispôbené každému typu a veľkosti kotla. LNB sa často používajú v kombinácii s OFA, najmä s tangenciálne spaľovanými kotlami, spolu s naklápacími alebo pulzujúcimi vstrekovacími zariadeniami na uhlie a rôznymi typmi OFA.

Opakované spaľovanie v kotloch na uhlie: táto technika sa používa s uhlím alebo, čo je oveľa bežnejšie, so zemným plynom ako palivom na opätovné spaľovanie. Opätovné spaľovanie je ľahšie aplikovateľné v nových elektrárnach, ale bolo úspešne prispôbené aj existujúcim jednotkám.

Opakované spaľovanie plynu bolo implementované v niekoľkých stenových, tangenciálnych alebo cyklónových uhoľných kotloch v USA (od 33 MW_e do 600 MW_e). Technika opätovného spaľovania plynu bola inštalovaná iba v jednotkách, ktoré už boli vybavené horákmi s nízkymi emisiami NO_x a/alebo OFA.

Technika „pokročilého spätného spaľovania plynu“ (AGR), ktorá kombinuje bežné spätné spaľovanie plynu s vstrekováním dusíkatého činidla (amoniaku alebo močoviny, podrobnosti nájdete v odseku SNCR nižšie), bola nainštalovaná aj v jednom kotle na uhlie. Táto sľubná technika má podľa tvrdení dosahovať zníženie emisií NO_x až o 85 % oproti pôvodnej úrovni NO_x , ale zatiaľ nie je overená. Čiastočne vďaka výkonnosti dosiahnutej technikami BOFA/ROFA (pozri vyššie) sa opätovné spaľovanie široko nepoužíva.

SNCR a SCR: ide o sekundárne techniky, ktoré sa vo veľkej miere používajú v spaľovacích zariadeniach na uhlie. V Európe sa systémy SCR používajú hlavne v Rakúsku, Nemecku, Taliansku, Dánsku, Francúzsku a Holandsku. Mimo Európy sa používajú hlavne v Japonsku a USA. Technika SCR sa osvedčila v spaľovacích zariadeniach na čierne uhlie, ale zatiaľ sa vo veľkej miere nepoužíva v spaľovacích zariadeniach na hnedé uhlie. V niekoľkých prípadoch, keď sa systém SCR použil v zariadeniach spaľujúcich hnedé uhlie, vznikli obavy týkajúce sa deaktivácie a poškodenia katalyzátora v dôsledku vlastností popola. SCR sa však úspešne používa v niekoľkých jednotkách spaľujúcich hnedé uhlie po celom svete. Vlastnosti paliva určujú konštrukciu katalyzátora a systému a kľúčovými otázkami pri konštrukcii SCR pre spaľovanie hnedého uhlia sú jeho heterogénna kvalita, vysoký obsah popola, vysoký obsah kremíka alebo oxidu hlinitého, vysoký obsah S a Ca a vysoký obsah Na a K. Spaľovanie hnedého uhlia prebieha spravidla pri dostatočne nízkej teplote pece, aby sa dosiahli emisie 200 mg/Nm³ alebo ešte nižšie, bez potreby použitia SCR, ak sa uplatňujú a kombinujú iné primárne techniky. Emisie NO_x vo výške 80 mg/Nm³ sa dosiahli v zariadení spaľujúcom hnedé uhlie v USA, ktorá bola nedávno modernizovaná systémom SCR.

5.1.1.4.2 Kontrola emisií zo spaľovania vo fluidnom lôžku

V systémoch s fluidným lôžkom sa používa hrubo mleté palivo. V systémoch spaľovania s cirkulujúcim fluidným lôžkom (CFBC) sa zóna lôžka rozširuje vyššou rýchlosťou prúdenia vzduchu a popol (nevyhnutný pre tento typ spaľovania) sa musí recirkulovať cez cyklón, ktorý je integrálnou súčasťou CFBC, aby sa zachytili hrubé častice.

Zníženie emisií prachu

Na znižovanie prachu z kotlov s fluidným lôžkom (FBC) sa v súčasnosti používajú elektrické práčky a vrecové filtre.

Odstraňovanie emisií SO_x

Kotly FBC môžu dosiahnuť účinnosť odstraňovania SO_x 80–90 % v kotloch BFBC a viac ako 90–95 % v kotloch CFBC, pričom účinnosť znižovania závisí aj od obsahu síry v palive. Vápno alebo vápenec sa pridáva priamo do paliva a vstrekuje sa do fluidného lôžka. Tieto prísady podporujú prirodzenú schopnosť alkalických popolov zachytávať SO_x. Dobré odsírovanie sa dosahuje pridaním vápenca s pomerom Ca/S 1,5 až 3,5. Okrem pomeru Ca/S hrá dôležitú úlohu pri zabezpečovaní účinnej redukcie SO₂ aj teplota lôžka. Keďže proces kalcinácie začína pri teplote okolo 700 °C a zlepšuje sa pri vyšších teplotách, najvýhodnejšia kombinácia kalcinácie a sulfátovania nastáva pri teplote okolo 840 °C. Tento systém je jednoduchý na prevádzku, pretože dodávanie sorbentu a odstraňovanie reakčného produktu sú začlenené do procesu spaľovania.

Aby sa dosiahla absorpcia SO_x vyššia ako 90 %, hmotnosť hydroxidu vápenatého v lôžku musí prekračovať stechiometrické podmienky. Toto nadmerné dávkovanie vedie k zvýšeniu emisií NO_x, najmä v kotloch CFBC, pretože CaO katalyzuje reakcie dusíkatých zlúčenín. Najväčšie zvýšenie však nastáva až vtedy, keď je koncentrácia SO_x veľmi nízka.

Vstrekovanie sorbentu do kotla FBC je lacná metóda zachytávania síry. Investičné náklady sú nízke, pretože odsírovanie je začlenené do procesu spaľovania a samostatné reaktorové zariadenie nemusí byť potrebné. Sekundárne techniky odsírovania nie sú ešte veľmi bežné, ale už sa občas používajú v niekoľkých zariadeniach FBC.

Najväčšie prevádzkové náklady sú spojené so spotrebou sorbentu a manipuláciou so rezíduami po spaľovaní. Vedľajším produktom spaľovania vo fluidnom lôžku je zmes popola, CaSO₄, nespáleného paliva a nezreagovaného sorbentu. Na dosiahnutie dostatočnej absorpcie SO_x je potrebné relatívne veľké množstvo sorbentu, takže objem tuhého odpadu z FBC je tiež veľký. Doposiaľ bolo najbežnejším spôsobom nakladania s popolom z kotlov FBC v zariadeniach jeho ukladanie na skládkach. Popol sa môže použiť aj na stavebné účely, napríklad ako podklad pod cesty alebo ako výplň konštrukcií, pokiaľ neobsahuje príliš veľa vápnika.

Zvýšené množstvo prachu môže viesť k potrebe zväčšiť prachový filter.

Znížovanie emisií NO_x

Nízka teplota spaľovania (medzi 850 °C a 950 °C) v systémoch spaľovania vo fluidnom lôžku je výhodná pre potlačenie emisií NO_x. Kotly FBC však môžu generovať významnú časť emisií dusíka vo forme N₂O, ktorý má vysoký potenciál globálneho otepľovania. V niektorých zariadeniach sa používajú aj iné techniky, ako napríklad SNCR. Pridávanie vápenca na zlepšenie odsírovania však tiež podporuje premenu NH₃ na NO_x prostredníctvom katalýzy nezreagovaným vápnom. To znamená, že čím viac vápna (na kontrolu SO_x) sa pridá do fluidného lôžka, tým viac NO_x sa vytvorí.

V menších zariadeniach na spaľovanie s nízkymi emisiami sa používajú rôzne typy spaľovania vo fluidnom lôžku, zvyčajne BFBC, ktoré majú tendenciu produkovať vyššie emisie NO_x.

5.1.1.4.3 Znižovanie emisií zo spaľovania na rošte

Pri spaľovaní čierneho uhlia alebo hnedého uhlia v systémoch spaľovania na rošte zostáva väčšina popola na rošte a zachytáva sa ako lôžkový popol. Iba malé množstvo popola opúšťa pec ako popolček a zachytáva sa v zariadeniach na znižovanie prachu.

Znižovanie emisií prachu

Na znižovanie emisií prachu zo spaľovacích zariadení so spaľovaním na rošte sa v súčasnosti používajú elektrické prachové filtre (ESP) aj vrecové filtre.

Znižovanie emisií SO_x

Pri spaľovaní na rošte, ktoré sa používa hlavne v menších (< 100 MW_{th}) priemyselných spaľovacích zariadeniach, sa na znižovanie emisií SO_x používa prevažne palivo s nízkym obsahom síry. Keďže teplota spaľovania sa pohybuje medzi 850 °C a 950 °C, na zachytávanie SO_x možno priamo do paliva pridávať aj prísady, ako je vápno alebo vápenec. Tieto prísady podporujú prirodzenú schopnosť alkalických popolov zachytávať SO_x. CaSO₃ sa stáva nestabilným pri teplotách vyšších ako 850 °C a CaO a SO_x koexistujú v chemickej rovnováhe. Z tohto dôvodu nie je spaľovanie na rošte tak účinné pri znižovaní emisií SO_x ako spaľovanie vo fluidnom lôžku.

Znižovanie emisií NO_x

Nízke teploty spaľovania roštových systémov sú výhodné pre obmedzenie emisií NO_x. Roštové systémy (bez dodatočných kontrolných techník) emitujú približne 450 mg/Nm³ NO_x, čo je oveľa menej ako zo zariadenia s nekontrolovaným spaľovaním práškoveho uhlia. Niekedy sa na zníženie emisií NO_x používa aj nadmerný prívod vzduchu. SNCR sa môže použiť aj v systémoch s roštovým spaľovaním, ale nemusí byť nevyhnutný vzhľadom na prirodzene nízke hladiny NO_x vytvárané týmto procesom spaľovania.

5.1.1.4.4 Znižovanie emisií ortuti (Hg) zo zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie

Vo väčšine prípadov v Európe sa v spaľovacích zariadeniach, ktoré spaľujú iba čierne uhlie alebo hnedé uhlie, nepoužívajú žiadne špecifické systémy na odstraňovanie Hg. V skutočnosti vrecové filtre a elektrické práčky alebo mokré práčky, ktoré sú navrhnuté na odlučovanie prachu a SO_x, HCl a HF, poskytujú dodatočný vedľajší prínos tým, že odstraňujú aj emisie Hg.

Treba tiež poznamenať, že v ostatných rokoch boli v mnohých zariadeniach v USA zavedené systémy na kontrolu ortuti, vrátane nešpecifických (ako v Európe) a špecifických systémov.

Znižovanie emisií Hg pomocou nešpecifických zariadení na čistenie spalín je založené na vlastnostiach Hg, ktoré sa líšia v závislosti od jeho špecifikácie:

- Plynná elementárna ortuť (Hg⁰) aj plynná oxidovaná ortuť (Hg²⁺) sa pri teplotách čistenia spalín nachádzajú v parnej fáze. Hg⁰ je vo vode ťažko rozpustná a za normálnych okolností ju nie je možné zachytiť v mokrých práčkach. Prevažujúce zlúčeniny Hg²⁺ v spalínach z uhlia sú slabo až silne rozpustné a rozpustnejšie druhy sa vo všeobecnosti dajú zachytiť v mokrých práčkach FGD.
- Ortuť viazaná na častice Hg_p je pripojená k tuhým látkam, ktoré možno ľahko zachytiť v ESP alebo vrecovom filtri. [266, UNECE 2002]

Prirodzené zachytávanie (t. j. zachytávanie ortuti bez dodatočných techník špecifických pre ortuť, ako je aktívne uhlie alebo sorbenty) závisí od obsahu halogenidov v uhlí a od obsahu nespáleného uhlíka v popolčeku, ktoré prispievajú k vyšším hladinám oxidovanej ortuti a ortuti vo forme častíc, ktoré sa ľahšie zachytávajú v existujúcich zariadeniach na kontrolu znečistenia ovzdušia ako elementárna ortuť. Obsah halogenidov v palive a obsah nespáleného uhlíka v popolčeku môže byť vyšší v bitumenóznych uhliach ako v subbitumenóznych uhliach alebo v hnedom uhlí.

Účinnosť odlučovania Hg týmito nešpecifickými technikami sa výrazne líši v závislosti od typu spaľovaného uhlia a konkrétnej konfigurácie kontrolnej techniky. Je to uvedené v tabuľke 5.5, ktorá zobrazuje výsledky terénnych testov v USA, ktoré skúmajú účinnosť odstraňovania vedľajších prínosov.

Pri použití techník špecifických pre ortuť sa Hg^0 aj Hg^{2+} čiastočne adsorbujú na porézne tuhé látky, ako je popolček, práškové aktívne uhlie alebo sorbenty kyslých plynov na báze vápnika, a následne sa zachytávajú v zariadení na kontrolu prachu. Alternatívne sa Hg môže zachytávať v balenom uhlíkovom lôžku. Hg^{2+} sa vo všeobecnosti ľahšie zachytáva adsorpciou ako Hg^0 .

Tabuľka 5.5: Príklad účinnosti odlučovania ortuti v uhoľných elektrárnach v USA vybavených rôznymi kombináciami techník

Systém	Typ uhlia B=bituminózný S=sub-bituminózný L=Hnedé uhlie	Prirodzené zachytávanie (%)	Rozsah účinnosti odlučovania a	Počet testovaných jednotiek	Vplyv na odlučovanie ortuti
CS-ESP	B S H	29 3 0	0–63 0–18 0	4 3 1	Dobrá odlučovanie častíc alebo sorbentom viazanej ortuti; lepšie prirodzené zachytávanie bituminózných uhlí ako uhlí s nízkou kvalitou
HS-ESP	B S H	11 0 Netestované	0 0	3 4	Nízka prirodzená absorpcia; pravdepodobne vyžaduje špeciálne vyvinuté sorbenty na absorpciu ortuti pri vysokých teplotách
BF	B S H	89 73 Ne testované	84 53	2 2	Dobrý vedľajší prínos. Elementárna ortuť sa môže oxidovať v BF
CS-ESP + mokré FGD	B S H	69 16 42	64 0–58 21–56	2 3 2	Dobré prirodzené odlučovanie ortuti pri bitumenózných uhlíach vďaka prítomnosti rozpustnej oxidovanej ortuti v spalinách; relatívne slabé odlučovanie uhlia s nízkou kvalitou
HS-ESP + mokré FGD	B S H	39 8 Ne testované	6–54 0	3 3	Stredná schopnosť odlučovania bitumenózných uhlí; slabá schopnosť odlučovania uhlí s nízkou kvalitou
BF + suché odsírenie	B S H	Ne testované			Očakáva sa veľmi vysoká prirodzená zachytávateľnosť u bitúmenových uhlí; menej u uhlí s nízkou kvalitou
BF + mokré FGD	B S H	75 Netestované Netestované	62	2	Dobrý vedľajší prínos odlučovania pri bitumenóznom uhlí; elementárna ortuť sa môže oxidovať v BF a zachytávať vo vlhkej práčke.
SCR + CS-ESP	NA	NA	NA	NA	Očakáva sa dobré odlučovanie častíc alebo sorbentom viazanej ortuti a lepšie prirodzené odlučovanie bitumenózných uhlí ako uhlí s nízkou kvalitou.
SCR + HS-ESP	NA	NA	NA	NA	Očakáva sa nízka úroveň prirodzeného odlučovania
SCR + CS-ESP + mokré FGD	NA	NA	NA	NA	Dobré odlučovanie častíc alebo sorbentom viazanej ortuti; lepšie prirodzené odlučovanie bitumenózných uhlí ako uhlí s nízkou kvalitou; SCR má tendenciu zvyšovať zachytávanie bitumenózných uhlí v dôsledku oxidácie elementárnej ortuti
SCR + polosuché odsírenie + BF	B S H	97 23 17	94–99 0–47 0	2 3 2	Veľmi vysoká úroveň prirodzeného odlučovania bitumenózných uhlí; nižšia pri uhlí nižšej kvality; SCR môže zvýšiť odlučovanie oxidáciou elementárnej ortuti
SCR + HS-ESP + mokré FGD	NA	NA	NA	NA	Nízka účinnosť odlučovania ortuti viazanej na častice vo všeobecnosti a celkovej ortuti v prípade nízkokvalitného uhlia; SCR môže zvýšiť účinnosť zachytávania v prípade bitumenózneho uhlia oxidáciou elementárnej ortuti.
SCR + BF + mokré FGD	NA	NA	NA	NA	Pri všetkých druhoch uhlia sa očakáva vysoká úroveň zachytávania ortuti. SCR môže zvýšiť zachytávanie u bitumenózných uhlí podľa oxidujúcej elementárnej ortuti
Poznámka: NA: Nie je k dispozícii. CS-ESP: Elektrostatický odlučovač na studenej strane. HS-ESP: Elektrostatický odlučovač na horúcej strane. BF: Vrecový filter. Mokré FGD: Mokré odsírovanie spalín. SCR: Selektívna katalytická redukcia. Zdroj: [56, Srivastava et al. 2006]					

5.1.1.5 Čistenie vody a odpadových vôd

Pri prevádzke spaľovacích zariadení na čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie vznikajú rôzne druhy odpadových vôd (pozri kapitolu 1, oddiel 1.3.3). Techniky opísané v kapitole 3 (oddiely 3.1.10 a 3.2.4) sa vo veľkej miere používajú na čistenie odpadových vôd zo zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie.

Osobitnú pozornosť si vyžaduje nakladanie s odtokovou vodou zo skládok čierneho/hnedého uhlia, hald a úložísk vedľajších produktov. Pred vypustením prebytočnej vody sa táto voda čistí a monitoruje. Zriedenie napr. čerstvou vodou s cieľom dosiahnuť stanovené limity nie je prípustné.

5.1.1.6 Úprava rezíduí zo spaľovania

Pri spaľovaní uhlia sa väčšina minerálnych látok zachytáva a odstraňuje ako tuhý materiál na rôznych miestach v systéme, napríklad v uhoľných mlynoch, na dne kotla, v systéme čistenia spalín ekonomizéra a v komíne. Lôžkový popol sa získava zo všetkých typov spaľovacích zariadení na čierne uhlie a hnedé uhlie, hoci jeho podiel na celkovom množstve popola sa líši. Vďaka recyklácii popolčeka v kotloch s mokrým lôžkom sa 100 % z neho získava späť vo forme granulátu z tavnej komory. Iba v prípade, ak v popolčeku zostane určité množstvo nespáleného paliva, sa tento popolček získava späť samostatne a skladuje sa v špeciálnom sile. Pri spaľovaní v cirkulujúcom fluidnom lôžku cyklónový odlučovač vracia väčšinu popola späť do pece, kde sa aglomeruje na materiál lôžka a získava sa späť ako popolček.

Pri mokrých systémoch FGD na báze vápna/vápenca sa sadra zhodnocuje s určitou kryštalickou štruktúrou. To je potrebné na oddelenie sadry od menších nerozpustných častíc vápenca a na vysušenie zhodnotenej sadry. Príliš malé častice zvyšujú vlhkosť tohto vedľajšieho produktu, zvyčajne o približne 10 %. Po umytí tohto vedľajšieho produktu je možné dosiahnuť vysokokvalitný obchodovateľný produkt (porovnateľný s prírodným sadrovcom alebo lepší), pričom len stopové nečistoty naznačujú, z akého paliva pochádza. Sadra sa zvyčajne skladuje v uzavretých skladoch (pozri obrázok 5.8). Keď sa začali modernizovať systémy FGD, v niektorých závodoch sa sadra ďalej sušila z 10 % na 4 % alebo dokonca 1 %, aby sa znížili náklady na dopravu a zvýšila kvalita produktu.



Zdroj: [330, UMWELT + TECHNIK 2000]

Obrázok 5.8: Uzavreté skladovacie priestory sadry

V prípadoch, keď neexistuje trhový potenciál pre priame použitie, sadza z odsírovania spalín môže byť skladovaná oddelene vonku kontrolovaným spôsobom (bez popolčeka alebo mokrého popola). Ďalšou možnosťou je skládokovanie sadze z odsírovania spalín.

Zistilo sa, že zmiešaním sadry z odsírovania spalín s popolčekom a odpadovou vodou z odsírovania spalín vzniká zmes, často nazývaná „stabilizát“, ktorá má lepšie vlastnosti na skládkovanie ako jednotlivé zložky samostatne. Tieto vlastnosti sú: mechanická pevnosť, priepustnosť a vyluhovateľnosť.

Najbežnejším spôsobom nakladania s rezíduami zo spaľovania hnedého uhlia je ich použitie ako materiál na rekultiváciu vyčerpaných povrchových baní, ale v závislosti od ich kvality a zloženia sa stále likvidujú aj na skládkach. Popolček sa tiež veľmi často používa ako materiál na spevnenie preťažených svahov pri ťažbe hnedého uhlia.

„Stabilizát“ má žiaduce vlastnosti, pretože kombinuje pucolánové vlastnosti popolčeka, ako aj jeho potenciál viazať ťažké kovy a stopové prvky, s vlastnosťami sadry. Pri kontrolovaných skládkach pevných rezíduí LCP neboli pozorované žiadne nepriaznivé vplyvy na životné prostredie.

Rezíduá zo spaľovania, ako je popol a vedľajšie produkty odsírovania, sa zvyčajne zbierajú na rôznych miestach, napríklad v kotloch, odlučovačoch prachu, elektrických filtračných zariadeniach, vrecových filtračných zariadeniach a systémoch odsírovania. Tieto materiály sa prepravujú pomocou hydraulických alebo mechanických zariadení a skladujú sa v uzavretých silách alebo v špeciálne navrhnutých skladovacích budovách, ako sú tie, ktoré sa používajú na skladovanie sadry zo systémov odsírovania.

Tabuľka 5.6 uvádza prehľad možných spôsobov opätovného využitia rezíduí z elektrární spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie. Najvhodnejší spôsob sa určuje individuálne pre každý prípad.

Tabuľka 5.6: Príklady marketingu a odstraňovania rezíduí zo spaľovania čierneho uhlia a hnedého uhlia

	Popolček		Spodný popol		Produkty sorpčného procesu	Sadrovec
	Hnedé uhlie	Čierne uhlie	Hnedé uhlie	Čierne uhlie		
Stavebný priemysel						
Prísada do betónu	x	x				
Ľahké kamenivo pre betón	x	x	x	x		
Pena, porézny betón	x	x			x	
Vysoko výkonný betón	x	x				
Prísada do zmesí v cementárskom priemysle	x	x				
Surovina v cementárskom priemysle	x	x				
Prísada do cementu na spomalenie tuhnutia					x	x
Izolačné steny	x	x			x	
Stavebný sadrovec						x
Keramický priemysel	x	x	x	x	x	
Stavba ciest a terénne úpravy	x	x	x	x		
Výstavba priehrady technikou RCC (valcovaný betón)	x	x	x	x		
Plnivo pre povrchové úpravy kamenivom, spojovacie vrstvy a podkladové spojivá	x	x				
Stabilizácia pôdy, sypké stavebné materiály pre zemné práce a výstavbu ciest	x	x	x	x	x	
Zvuková izolácia		x		x	x	
Technológia skládok, spracovanie odpadu	x	x	x	x		
Skládka	x	x	x	x	x	
Imobilizácia nebezpečných látok	x	x				
Materiál na vyloženie dna skládky	x	x			x	
Povrchový filter na utesnenie skládky odpadov			x	x		
Úprava čistiarenskeho kalu					x	
Základný materiál pre biologické čistenie odpadových vôd			x	x		
Výplň pre potrubné priekopy						
Stabilizovaná zmes popola a cementu	x	x			x	
Vyplnenie priekopy	x	x			x	
Iné spôsoby využitia	x	x	x	x		
Rekultivačný materiál v baníctve	x	x	x		x	
Výroba zeolitu	x	x				
Výroba alfa- a beta-polohydrátu						x
Plniaci materiál v papierenskom priemysle					x	x
Výroba anhydritu					x	
Tepelná regenerácia			x	x		
Odsírovanie spalín					x	
Zdroj: [145, UBA AT 2000]						

5.1.2 Súčasné úrovne emisií a spotreby

Táto časť poskytuje informácie o súčasných pozorovaných (meraných) úrovniach emisií do ovzdušia z veľkých spaľovacích zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie. Poskytujú sa informácie o palivách používaných v tomto sektore, ich chemických a fyzikálnych vlastnostiach a rozsahu nečistôt, ktoré sa vo všeobecnosti dajú očakávať. Pokiaľ sú k dispozícii, údaje obsahujú informácie o energetickej účinnosti zariadení a o akýchkoľvek rezíduách, ktoré môžu vzniknúť pri rôznych prevádzkových činnostiach, a odzrkadľujú aj akékoľvek možnosti recyklovania a opätovného použitia výstupných tokov v rámci celého procesu.

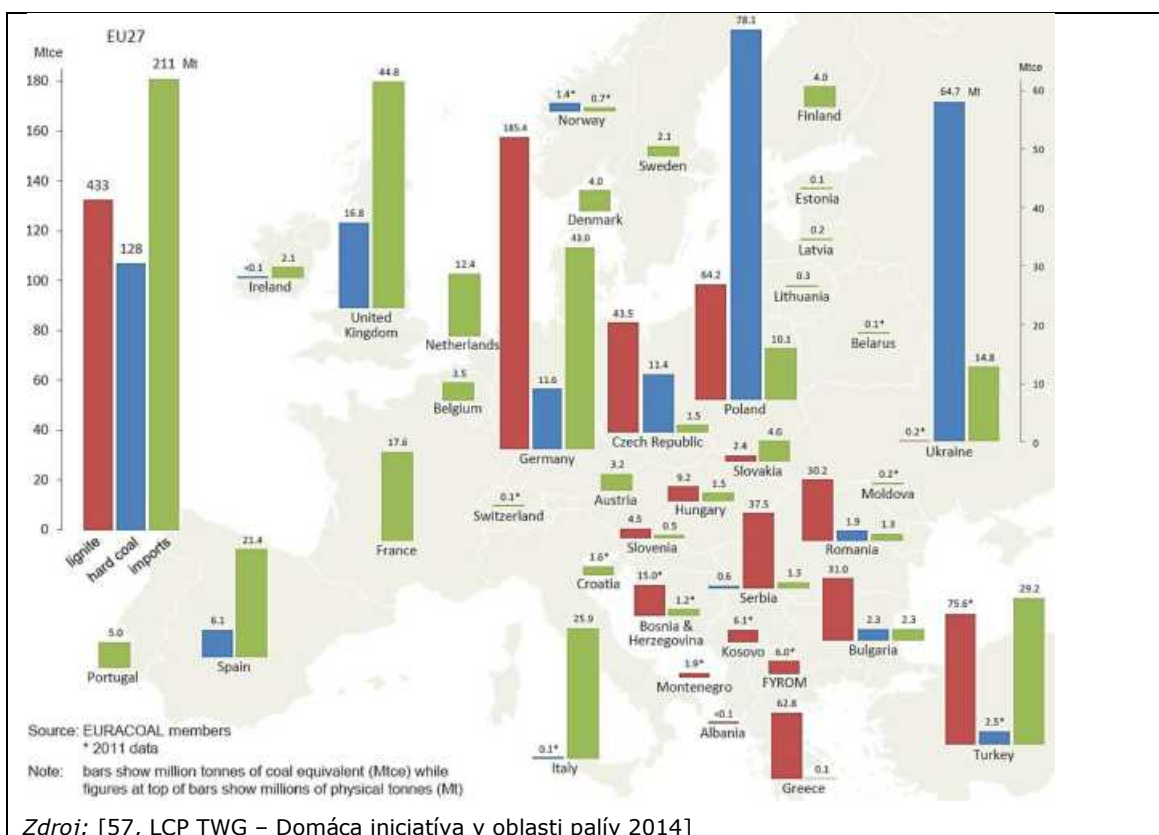
Rozsah komplexnosti medzi médiami je uvedený v prípadoch, keď existuje vzájomná závislosť medzi rôznymi vstupmi a výstupmi, napríklad keď sa súčasne riešia rôzne parametre alebo keď sa dosiahlo určité kompromisné riešenie, v dôsledku ktorého nie je možné dosiahnuť určité úrovne súčasne.

Údaje o výkone sú v čo najväčšej miere kvalifikované zahrnutím podrobností o prevádzkových podmienkach (napr. ekvivalentný faktor plného zaťaženia), metódach odberu vzoriek a analýzy a o štatistickom znázornení číselných údajov (napr. priemery, maximá, rozsahy). Skutočné údaje o výkone možno porovnať s príslušnými normami stanovenými v národnej alebo medzinárodnej legislatíve.

Aktuálne údaje o emisiách v tomto dokumente sú zvyčajne uvádzané ako hodinové, denné alebo ročné (ak je to uvedené) priemery. Zriedenie sa nepovažuje za prijateľné. Používajú sa štandardné podmienky 273 K, 101,3 kPa, 6 % obsah kyslíka a suché plyny.

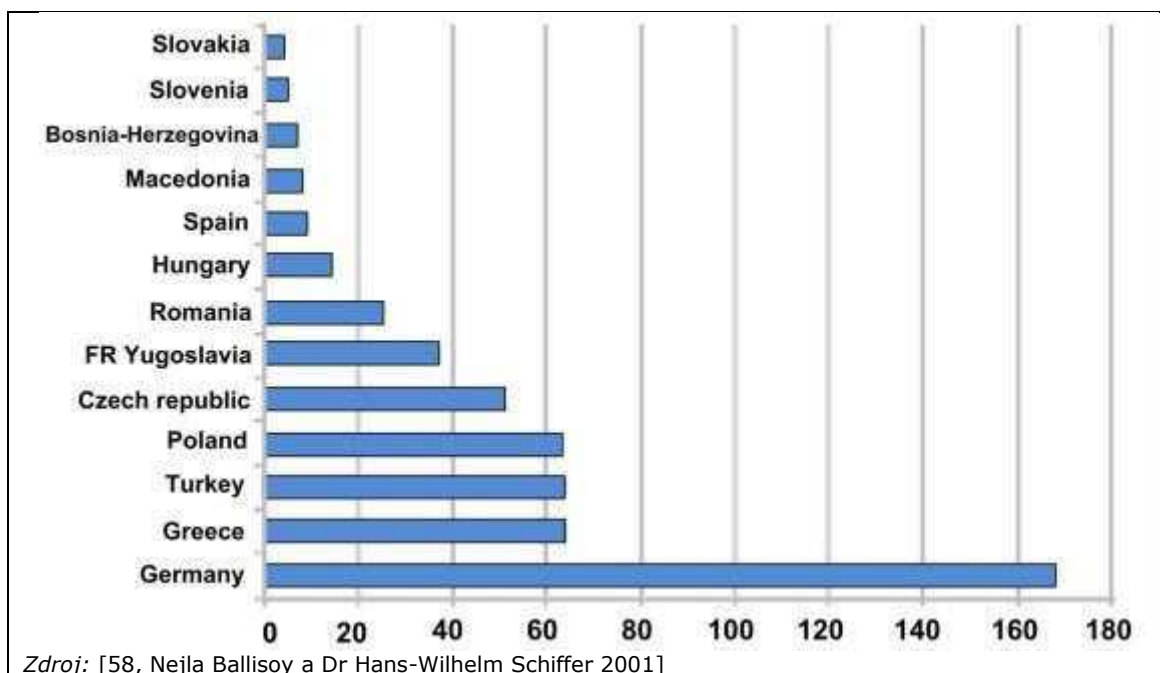
5.1.2.1 Čierne uhlie a hnedé uhlie používané v LCP

Čierne uhlie a hnedé uhlie sú v súčasnosti dominantnými pevnými palivami LCP v EÚ. Obrázok 5.9 predstavuje produkciu hnedého uhlia, produkciu čierneho uhlia a dovoz v Európe v roku 2012.



Obrázok 5.9: Uhlie v Európe v roku 2012 – ťažba hnedého uhlia, ťažba čierneho uhlia a dovoz

Ako ukazuje obrázok 5.10, Nemecko je najväčším zdrojom hnedého uhlia v EÚ, pričom v roku 2000 vyprodukovalo približne jednu tretinu celkovej produkcie.



Obrázok 5.10: Najdôležitejšie krajiny Európy v ťažbe hnedého uhlia, 2000 (v miliónoch ton)

V rámci tejto nemeckej dominancie v ťažbe hnedého uhlia v EÚ je najväčším zdrojom hnedé uhlie z Porýnia, ktorý v roku 2000 predstavoval viac ako polovicu nemeckej ťažby (tabuľka 5.7). Tabuľka 5.8 uvádza kľúčové charakteristiky nemeckého hnedého uhlia.

Tabuľka 5.7: Ťažba hnedého uhlia v Nemecku v roku 2012 podľa regiónov

Ťažobná oblasť	Ťažba (v miliónoch ton)	Ťažba (%)
Porýnie	101,7	54,8
Lužica	62,4	33,7
Stredné Nemecko	19,2	10,4
Helmstedt	2	1,1
Celkom	185,3	100,0

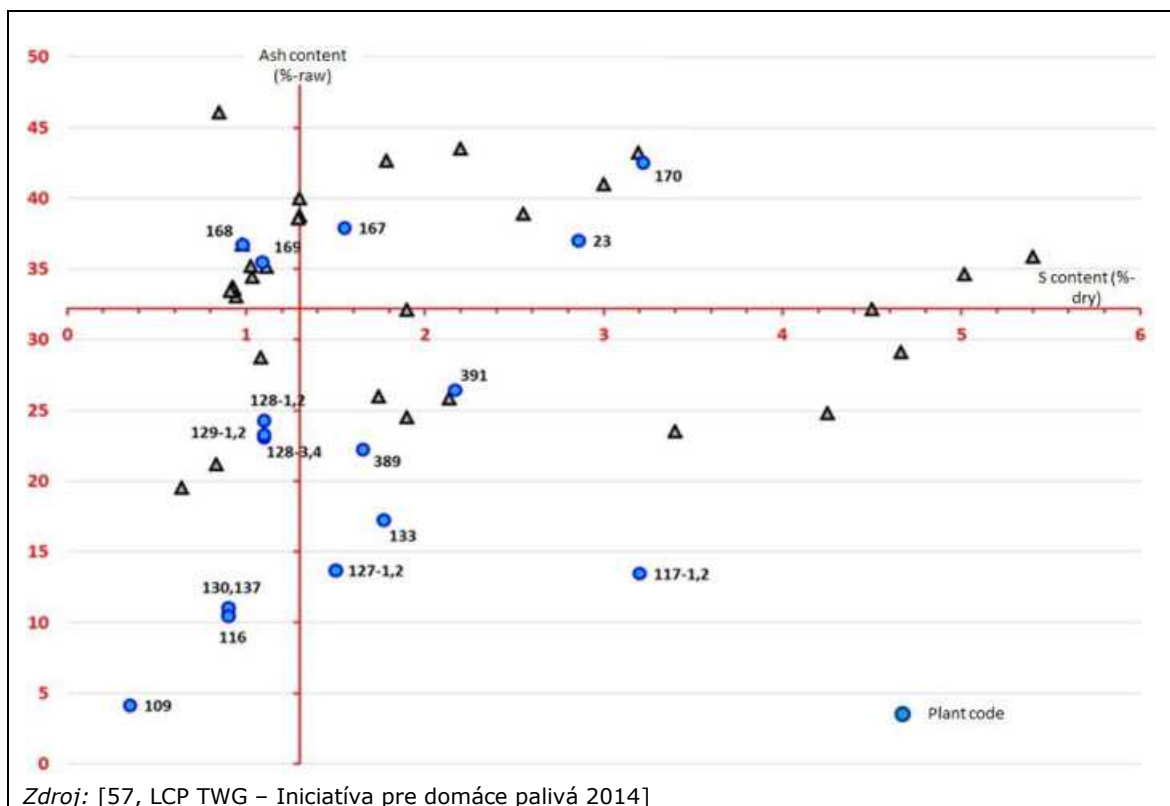
Zdroj: [40, EEB 2012]

Tabuľka 5.8: Kľúčové charakteristiky nemeckého hnedého uhlia

Ťažobná oblasť	Porýnie	Lužica	Stredné Nemecko	Helmstedt
LHV (kJ/kg)	7 800–10 500	7 800–9 500	9 000–11 300	8 500–11 500
Proximálna analýza				
Vlhkosť	50–60	48–58	49–53	40–50
Popol	1,5–8	2,5–16	6,5–10	5–20
Síra	0,15–0,5	0,3–1,5	1,5–2,1	1,5–3,5
Analýza popola				
SiO ₂	20–65	NA	NA	NA
Al ₂ O ₃	4–27	NA	NA	NA
CaO	2,5–22	NA	NA	NA
SO ₃	2,5–30 %	NA	NA	NA

Poznámka:
NA: Nie je k dispozícii.
Zdroj: [40, EEB 2012] [59, DEBRIV 2011]

Obrázok 5.11 znázorňuje rozloženie obsahu síry a popola v hnedých uhlíach EÚ, vrátane Nemecka, Českej republiky, Grécka, Poľska, Bulharska, Rumunska a Slovenska.



Obrázok 5.11: Obsah síry a popola v hnedom uhlí v EÚ ([hmotnostné %], krížik v mediánoch)

Tabuľka 5.9 nižšie ukazuje rôzny obsah ortuti v uhlí rôzneho pôvodu.

Tabuľka 5.9: Obsah ortuti v uhlí rôzneho pôvodu

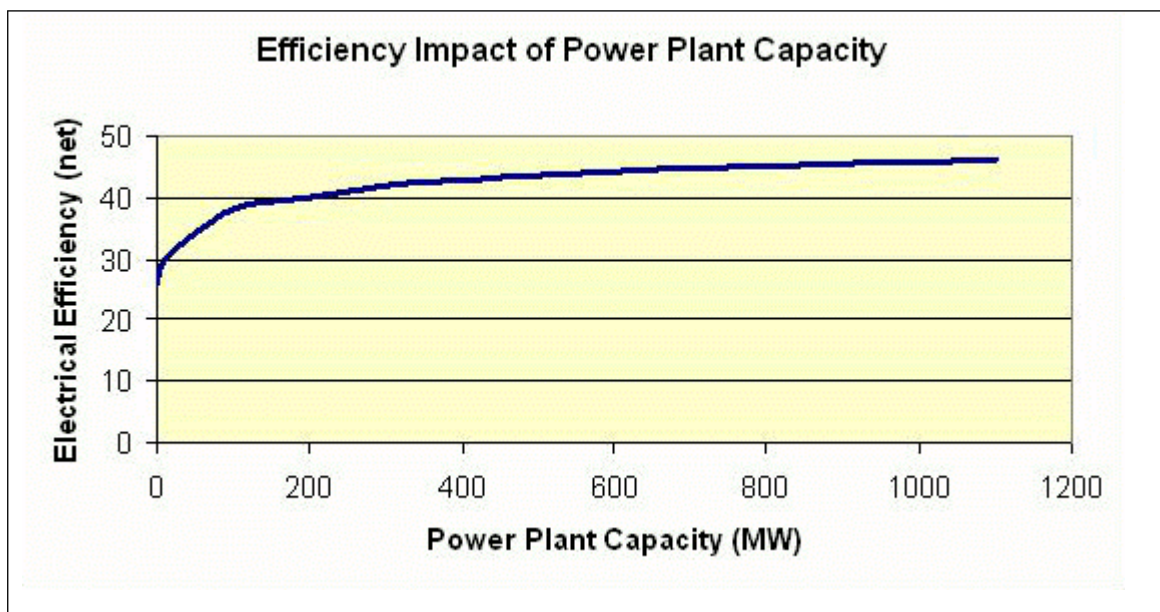
Pôvod	Počet vzoriek (n)	Priemerná hodnota obsahu Hg (mg/kg)		Rozptyl v (%)
Indonézia	7	0,04	± 0,02	63
Nový Zéland	1	0,05	NA	NA
Kolumbia	7	0,06	± 0,03	57
Rusko (Kuzbass)	1	0,06	NA	NA
Austrália	17	0,08	± 0,06	70
Venezuela	2	0,08	NA	NA
Južná Afrika	12	0,09	± 0,02	23
Zmes	36	0,09	± 0,07	72
Egypt	1	0,10	NA	NA
Nórsko (Špicbergy)	2	0,14	NA	NA
USA (východná časť)	15	0,14	± 0,12	84
Čína	2	0,15	NA	NA
Nemecko (povodie Rýna)	1	0,16	NA	NA
Poľsko	10	0,35	± 0,55	154

Poznámka:
NA: Nie je k dispozícii.
Zdroj: [123, Eurelectric 2001]

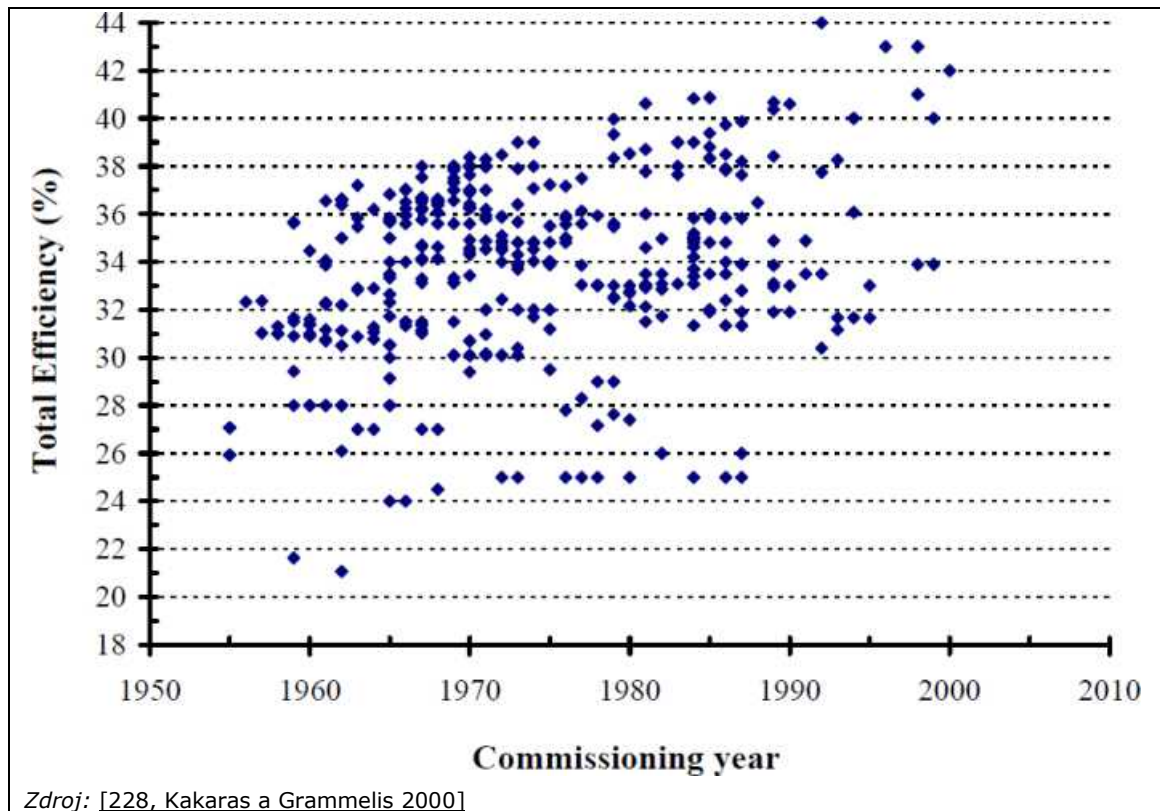
Ďalšie informácie o vlastnostiach uhlia nájdete aj v oddiele 5.1.1.1.

5.1.2.2 Energetická účinnosť spaľovacích zariadení na čierne uhlie a hnedé uhlie

Obrázok 5.12 a obrázok 5.13 znázorňujú celkovú projektovú účinnosť elektrární spaľujúcich uhlie v Európe v závislosti od ich kapacity a roku uvedenia do prevádzky.



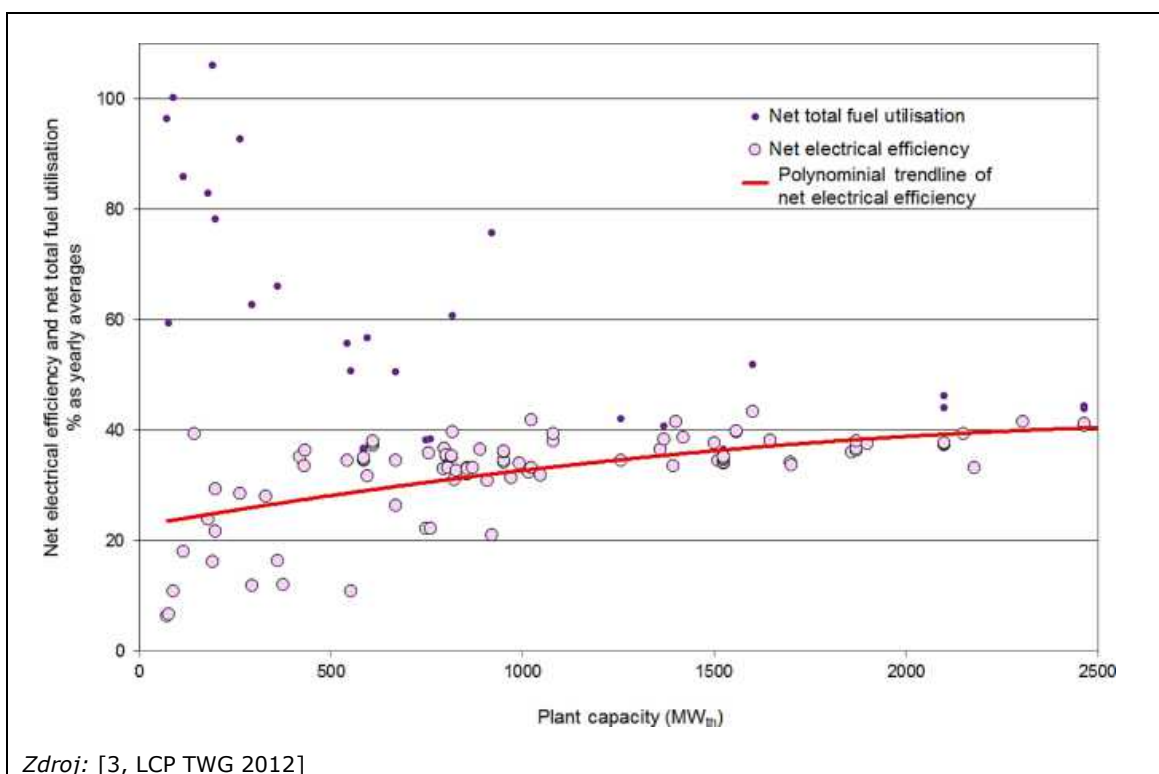
Obrázok 5.12: Vplyv menovitého príkonu na účinnosť elektrárne (MW_{th}) podľa konštrukčných hodnôt



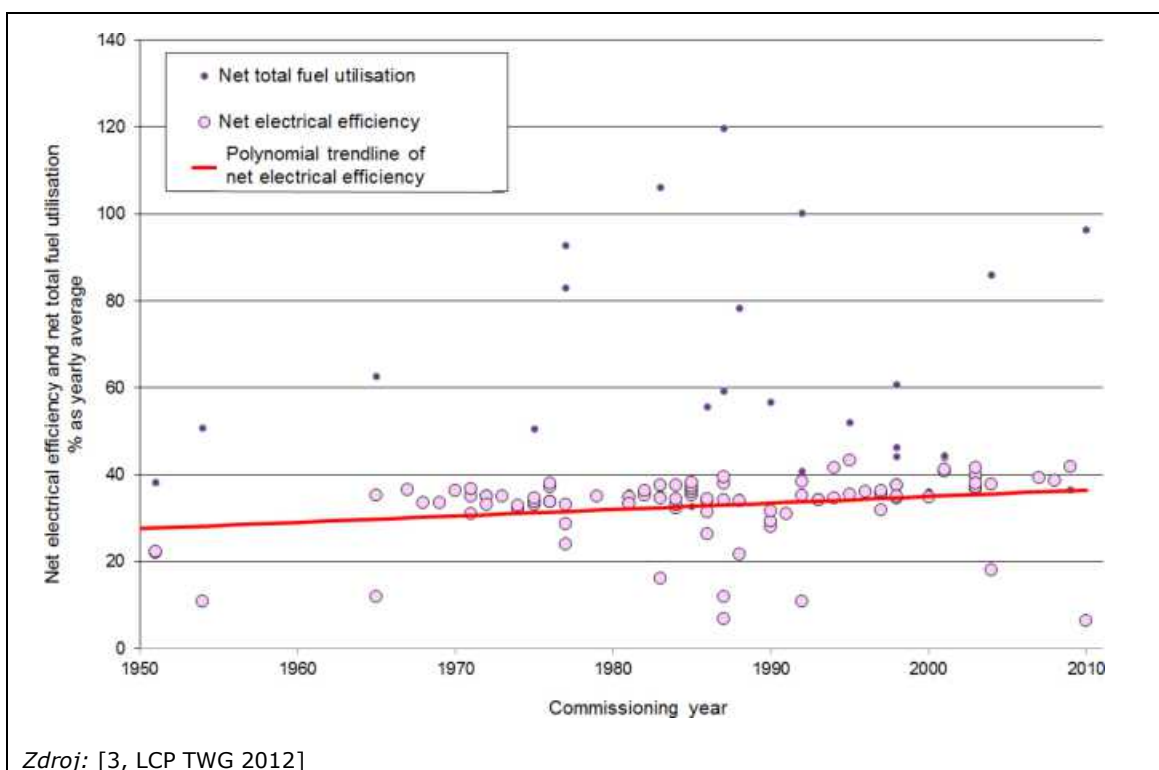
Zdroj: [228, Kakaras a Grammelis 2000]

Obrázok 5.13: Účinnosť elektrární spaľujúcich čierne uhlie v Európe vo vzťahu k roku uvedenia do prevádzky na základe konštrukčných hodnôt

Obrázok 5.14 a obrázok 5.15 ukazujú celkovú priemernú ročnú účinnosť uhoľných elektrární v Európe vo vzťahu k ich kapacite a roku uvedenia do prevádzky.



Obrázok 5.14: Vplyv menovitého príkonu elektrárne na účinnosť na základe prevádzkových priemerných ročných hodnôt energetickej účinnosti



Obrázok 5.15: Účinnosť elektrární spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie v Európe vo vzťahu k roku uvedenia do prevádzky na základe priemerných ročných hodnôt energetickej účinnosti prevádzky

Tabuľka 5.10 uvádza projektovú energetickú účinnosť (LHV) pre rôzne typy dobre fungujúcich LCP spaľujúcich rôzne druhy tuhého paliva.

Tabuľka 5.10: Typická projektovaná čistá elektrická účinnosť (LHV) pre rôzne technológie LCP

Technológia LCP	PC	PC	PC	PC	PC	CFBC (modernizácia)	IGCC
Elektrický výkon	600 MW _e	750 MW _e	412 MW _e	375 MW _e	808 MW _e	250 MW _e	318 MW _e
Tlak pary	180 bar	260 bar	300 bar	190 bar	268 bar	163 bar	115 bar
Teplota pary	540 °C	600 °C	580 °C	540 °C	547 °C	565 °C	507 °C
Teplota ohrevu I	540 °C	620 °C	580 °C	540 °C	550 °C	565 °C	-
Teplota ohrevu II	-	-	580 °C	-	-	-	-
Tlak kondenzátora	33 mbar	39 mbar	21 mbar	61 mbar	40 mbar	44 mbar	70 mbar
Chladiaci systém	Morská voda	Chladiaca veža	Morská voda	Chladiaca veža	Chladiaca veža	Chladiaca veža	Chladiaca veža
Typ paliva	Uhlie	Uhlie	Uhlie	Hnedé uhlie ⁽¹⁾	Hnedé uhlie	Hnedé uhlie	Uhlie/petrokoks
Čistá elektrická účinnosť (LHV)	41,2	45,5	47,5 %	37,5	40–43	38,8	42,5

⁽¹⁾ Vlastnosti hnedého uhlia: 5440 MJ/kg – 14,6 % popol.
Zdroje: [1, Eurelectric 2012] [123, Eurelectric 2001]

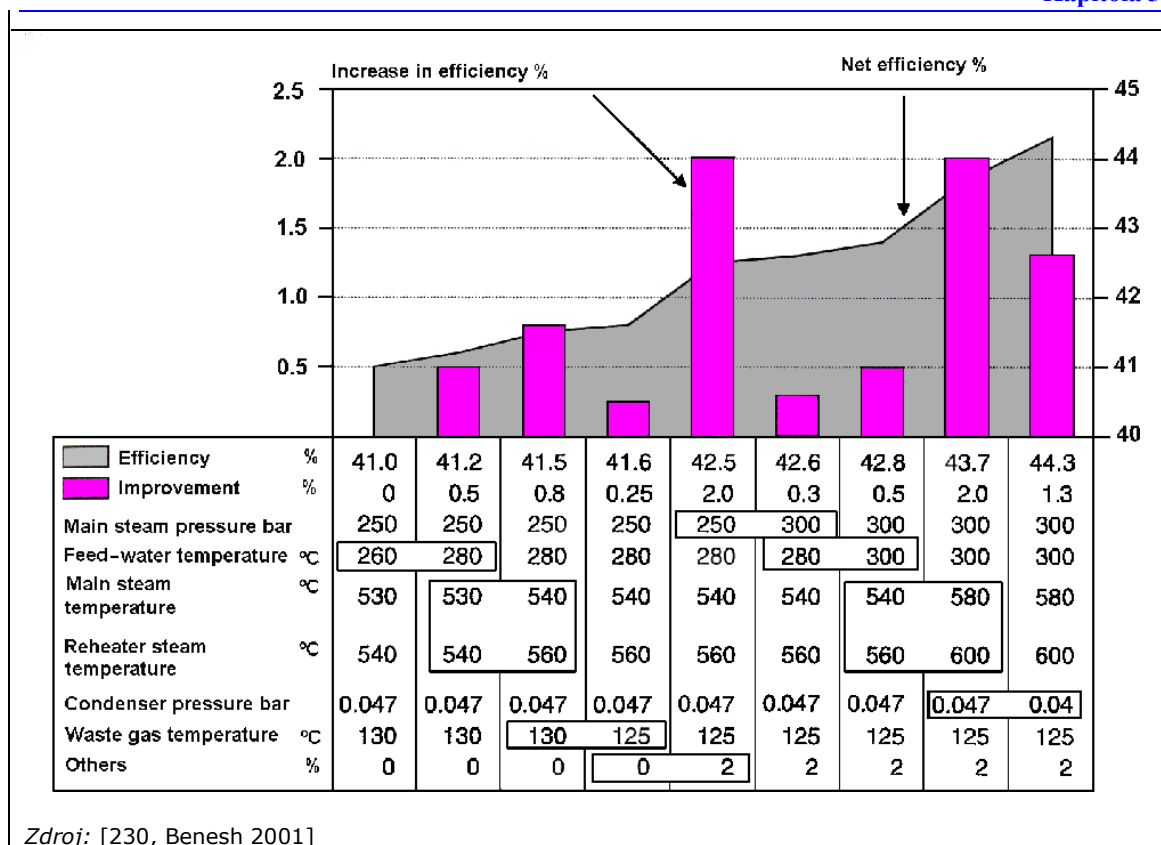
Tabuľka 5.11 uvádza typické energetické účinnosti (LHV) pre rôzne technológie LCP na základe rovnakého paliva (medzinárodná výhrevnosť uhlia HHV = 26 630 kJ/kg s 1 % obsahu síry, 7 % vlhkosti a 16 % popola) s rovnakými emisiami znečisťujúcich látok (SO_x = 200 mg/Nm³ - O₂ = 6 %, NO_x = 200 mg/Nm³, prach 50 mg/Nm³), ale pre rôzne parné cykly.

Tabuľka 5.11: Vplyv charakteristík pary na konštrukčnú účinnosť rôznych spaľovacích procesov

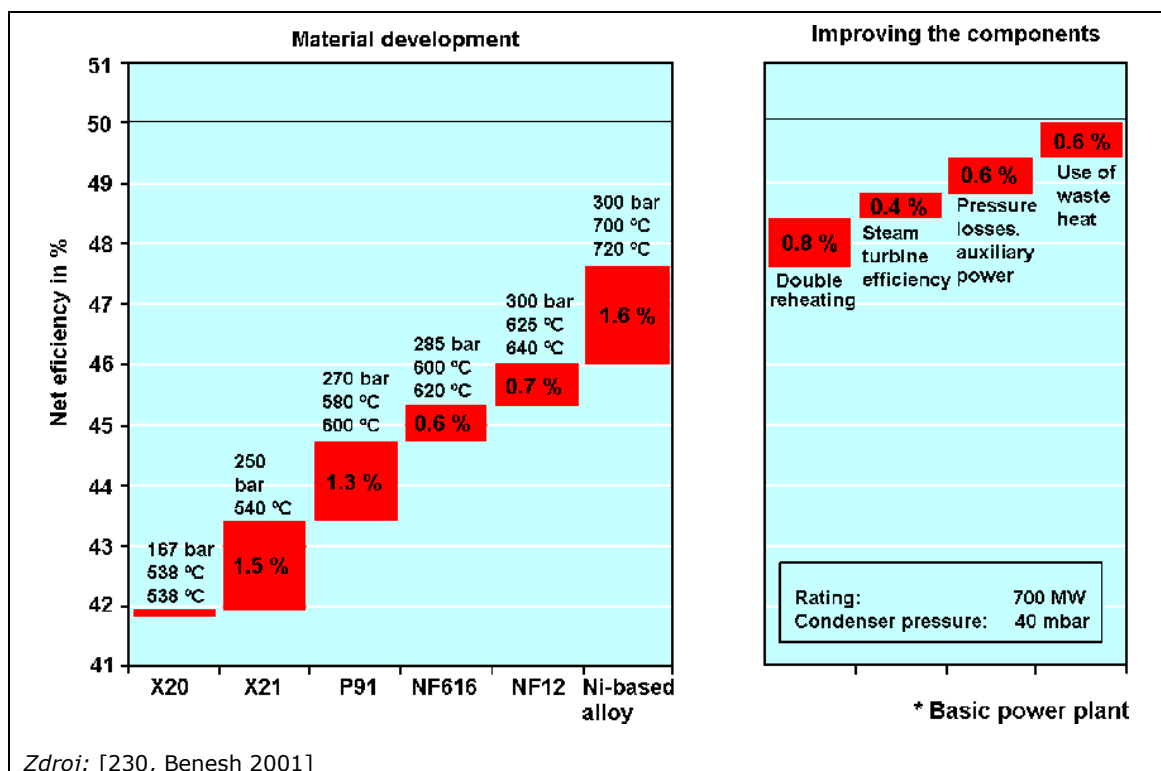
Tlak/teplota pary/ tlak kondenzátora	PC	AFBC	IGCC
165 bar, 2 x 565 °C, 45 mbar	38,5	38,0	44,5
165 bar, 2 x 565 °C s čistením horúcim plynom	NA	NA	47
250 bar, 2 x 565 °C, 45 mbar	42,0	41,5	NI
300 bar, 3 x 580 °C, 45 mbar	45,0	44,5	

Poznámka:
PC: Spaľovanie práškoveho uhlia
AFBC: Spaľovanie v atmosférickom fluidnom lôžku IGCC: Integrovaný kombinovaný cyklus splyňovania NA: Nedostupné
NI: Informácie neboli poskytnuté
Zdroj: [123, Eurelectric 2001]

Informácie o vplyve jednotlivých opatrení a vývoji materiálov na zvýšenie účinnosti uhoľnej elektrárne sú uvedené na obrázku 5.16 a obrázku 5.17.



Obrázok 5.16: Zvýšená účinnosť uhoľnej elektrárne – jednotlivé opatrenia



Obrázok 5.17: Zvýšená účinnosť uhoľnej elektrárne – vývoj materiálov

Z obrázkov vyplýva, že čistá účinnosť elektrárne sa zvyšuje s teplotou čerstvej pary v parnej turbíne. Pre vyššie teploty čerstvej pary sú potrebné drahšie prémiové materiály. Na druhej strane je možné zvýšiť účinnosť

komponentov elektrárne. Použitie dvojitého ohrevu napríklad zvyšuje čistú elektrickú účinnosť o približne 0,8 %. Mnohé štandardizované parné turbíny však nie sú prispôsobené na implementáciu dvojitého ohrevu. To môže často viesť k podstatnému zvýšeniu investičných nákladov na parnú turbínu, a preto táto technika nemusí byť rentabilná na každom mieste. [1, Eurelectric 2012]

Ďalšie aspekty, ktoré ovplyvňujú účinnosť LCP, sú nasledujúce:

- **Použitá technológia:** napríklad IGCC spotrebuje viac pomocnej energie (pre jednotku separácie vzduchu, úpravu plynu a kompresor) ako konvenčný kotol s práškovým spaľovaním, a to aj s úpravou spalín, ktorý spotrebuje viac energie ako mechanický alebo rozptylový roštový systém.
- **Úroveň znižovania emisií:** pokročilé FGD spotrebúva viac energie. Okrem toho majú opatrenia na kontrolu znečistenia vo všeobecnosti nepriaznivý vplyv na účinnosť (pozri oddiel 2.7.10.1).
- **Konštrukcia pomocných zariadení:** pomocné zariadenia kotla musia byť predimenzované, aby odolali všetkým zmenám parametrov v porovnaní s ich konštrukčnými hodnotami (t. j. pre prípadné úniky, alternatívne palivá, potreby spustenia, redundantné systémy atď.). To vedie k zmenám v spotrebe energie v porovnaní s očakávanou spotrebou za optimálnych podmienok a s konštrukčným palivom.
- **Integrácia zariadenia na zachytávanie a ukladanie oxidu uhličitého:** tento energeticky náročný proces znižuje čistú elektrickú účinnosť o približne 8 – 12 percentuálnych bodov.
- **Predsúšenie hnedého uhlia:** tým sa podstatne znižujú straty spalín. Vo všeobecnosti je možné dosiahnuť zvýšenie čistej elektrickej účinnosti o 4 – 6 percentuálnych bodov. Prvé pilotné zariadenia sú v prevádzke. Komerčné zariadenia na predsúšenie hnedého uhlia sa očakávajú po roku 2015.

[1, Eurelectric 2012] [60, Lecomte 2014]

- **Účinnosť kotla:** v prípade nových kotlov sa v súčasnosti zaznamenáva účinnosť okolo 86 – 95 % (LHV) pre tuhé palivá, ktorú nie je možné ľahko zvýšiť. Hlavné straty vyplývajú z odpadového tepla spalín v komíne, nespáleného uhlíka v popole, odpadového tepla a strát tepla vyžarovaním. Dôležitý je aj vplyv paliva. Aj za predpokladu, že kotly majú identický výkon (t. j. rovnakú teplotu okolia a spalín, rovnaký prebytok vzduchu atď.), stále sa dosahujú rôzne účinnosti kotlov, ktoré závisia od paliva, napr. (na základe LHV):
 - medzinárodné čierne uhlie: účinnosť 95 %;
 - hnedé uhlie: účinnosť 91 %;
 - nízkokvalitné hnedé uhlie: účinnosť 85 %.

5.1.2.3 Emisie do ovzdušia (čierne uhlie/hnedé uhlie)

V tabuľke 5.12 a tabuľke 5.13 sú zhrnuté dostupné informácie o nameraných úrovniach emisií do ovzdušia (SO_2 , NO_x , prach, CO, HF, HCl a NH_3) z približne 90 európskych elektrární spaľujúcich čierne uhlie a hnedé uhlie.

Emisie do ovzdušia zo zariadení spaľujúcich uhlie

Tabuľka 5.12: Príklad emisií (v koncentracii – ročné priemery) do ovzdušia zo zariadení na spaľovanie uhlia

Kapacita (MW _{th})	Technológia spaľovania	Príklad použitých techník na znižovanie emisií			Rozsahy emisií znečisťujúcich látok do ovzdušia z príkladov európskych uhoľných elektrární (mg/Nm ³)						
		SO ₂	NO _x	Prach	SO ₂	NO _x	Prach	CO	HF	HCl	NH ₃
15–100	GF SS	SDA	FGR / air staging / SNCR	ESP / BF	300–1 450	130–620	8	34–63	NA	0,5	6
	GF MG	NA	Air staging	ESP / Cyklóny	1130–1 420	335–730	120	130–170	NA	NA	NA
	PC	NA	LNB / Air/fuel staging	NA	600–1 500	154–320	11	37–105	10	7	NA
	AFBC	Sorbent kotla vstrekovanie	NA	NA	195	180–470	1	9	1	0,5–16	AFBC
	PFBC			ESP	680–760	214–450	2	100–210	0,45	NA	NA
100–300	GF SS	NA	NA	NA	950	490	50	700	NA	NA	NA
	GF MG	DSI+BF	SNCR / FGR	Cyklóny/ESP	680–1 040	170–360	6– 190	95–115	NA	NA	NA
	PC	SDA	LNB / air staging / SCR	BF / ESP / ESP + SO ₃ vstrekovanie	190–1 320	170–560	< 1–80	16	0,45–1	NA	< 0,5
	AFBC	Vstrekovanie sorbentu do kotla / WFGD	SCR	BF	350–555	100–260	< 1–14	30–230	0,05	2–17	NA
> 300	PC	Uhlie s nízkym obsahom síry / WFGD / DSI / SDA / CFB suchý prač	LNB / SCR/ (opakované spaľovanie plynu a uhlia) / Air staging / FGR	ESP / BF+WFGD / ESP + SO ₃ vstrekovanie / CFB suché odsírenie	9–1 400	65–1 020	< 1–105	1–240	0,01–6	0,2–40	< 3,4
	AFBC	Vstrekovanie sorbentu do kotla / DSI	Air staging / SNCR	ESP	170–590	100–310	2	32–145	NA	1	< 2,9
	PFBC	Vstrekovanie sorbentu do kotla	NA	ESP	485	150	35	75	NA	NA	NA

Poznámka:
GF SS: spaľovanie na rošte – rozmetávač paliva
odsírovanie PC: Spaľovanie práškoveho uhlia
PFBC: Pretlakové spaľovanie vo fluidnom lôžku
DSI: Vstrekovanie sorbentu do potrubia na odsírovanie
CFB: Cirkulačné fluidné lôžko
Zdroj: [3, LCP TWG 2012] [61, Komisia 2006]

GF MG: Spaľovanie na rošte – pohyblivý rošt
AFBC: Spaľovanie v atmosférickom fluidnom lôžku
WFGD: Mokré odsírovanie spalín
ESP: Elektrostatický odlučovač
SCR: Selektívna katalytická redukcia NO_x

SDA: Rozprašovací sušiaci absorbér na
BF: Vrecový filter
SNCR: Selektívna nekatalytická redukcia NO_x
FGR: Recirkulácia spalín
NA: Nedostupné

Emisie do ovzdušia zo spaľovacích zariadení na hnedé uhlie

Tabuľka 5.13: Príklad emisií (v koncentracii – ročné priemery) do ovzdušia zo spaľovacích zariadení na hnedé uhlie

Kapacita (MW _{th})	Proces spaľovania	Príklad použitých techník na znižovanie emisií			Rozpätie emisií znečisťujúcich látok do ovzdušia z príkladov európskych elektrární spaľujúcich hnedé uhlie (ročné priemery)							Poznámky
					SO ₂	NO _x	Prach	CO	HF	HCl	NH ₃	
15–100	AFBC	Vstrekovanie sorbentu do kotla – nízky obsah síry v palive	LNB – Regulácia vzduchu/paliva – FGR	NA	190–1 000	180–340	12	8	NA	0	NA	
100–300	GF	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	PC	DSI	SNCR	BF	80	170	6	95	NA	NA	NA	
	AFBC	Vstrekovanie vápenca	Vzduchové stupňovanie	ESP	985	155	10–28	0,2–25	0	NA	NA	N ₂ O 26 mg/Nm ³
	PFBC		LNB		380	260	5	25	NA	NA	NA	
300–2000	PC	WFGD	Pm (LNB vzduch/palivo, FGR)	WFGD+ ESP / ESP	21–825	120–424	< 1–35	1–150	0	0,3–4	NA	
	AFBC	Vstrekovanie sorbentu	Stupňovanie vzduchu	ESP / BF	290–1 450	220–320	23	3	0,35–2,6	1,6–16	NA	
> 2000	PC	WFGD	LNB+Air staging	WFGD+ ESP	75–320	125–275	2–6	5–85	0,4	1–7	NA	
Poznámka: GF: Spaľovanie na rošte PFBC: Spaľovanie v tlakovom fluidnom lôžku sušiaceho absorbéra DSI: Odsirovanie spalín vstrekaním sorbentu do potrubia filter Pm(...): Primárne opatrenia na zníženie NO _x NO _x FGR: Recirkulácia spalín Zdroj: [3, LCP TWG 2012] [61, Komisia 2006]												
PC: Spaľovanie práškoveho hnedého uhlia WFGD: Mokrý odsirovanie spalín LNB: Horáky s nízkymi emisiami NO _x					AFBC: Spaľovanie v atmosférickom fluidnom lôžku SDA: Odsirovanie spalín pomocou rozprašovacieho ESP: Elektrostatický odlučovač BF: Vrecový SNCR: Selektívna nekatalytická redukcia NA: Nedostupné							

V tabuľke 5.14 sú uvedené koncentrácie emisií na výstupe kotla v príkladoch elektrární spaľujúcich uhlie a hnedé uhlie.

Tabuľka 5.14: Úroveň emisií NO_x v rámci rámcovej smernice o emisiách pre existujúce elektrárne bez sekundárnych technológií

		Uhlie bez redukcie NO _x (mg/Nm ³)	Uhlie s nízko emisnými horákmi (mg/Nm ³)	Hnedé uhlie bez znižovania emisií NO _x (mg/Nm ³)	Hnedé uhlie s primárnymi technikami (mg/Nm ³)
DBB	Horizontálny systém spaľovania	1 000–1 500	50	NA	NA
	Tangenciálny systém spaľovania	600–900	400–650	400	200–500
	Vertikálny systém spaľovania	700–900	NA	NA	NA
	Systémy spaľovania zhora nadol	Až 2 000	1 000–1 200	NA	NA
WBB	Cyklónový systém spaľovania	1 500–2 500	1 000–2 000	NA	NA
Poznámka: NA: Nie je k dispozícii. DBB: Kotel so suchým lôžkom. WBB: Kotel s mokrým lôžkom. Zdroj: [123, Eurelectric 2001] [62, UK-TWG 2012]					

Emisie kovov

Počas spaľovania sa kovy stávajú prchavými v elementárnej forme, ako aj vo forme chloridov, oxidov, sulfidov atď. Veľká časť týchto kovov kondenzuje pri teplotách do 300 °C a adsorbuje sa na častice prachu (popolček).

Ukázalo sa, že systémy určené na odprašovanie a odsírovanie spalín môžu tiež odstrániť väčšinu kovov zo spalín, t. j. tých, ktoré nezostávajú v popolčeku alebo škvare. Emisie kovových častíc v prečistených spalínach sú preto v spaľovacích zariadeniach vybavených systémami čistenia spalín extrémne nízke.

Experimenty na kotle so suchým lôžkom spaľujúcim uhlie, ktorých cieľom bolo vyhodnotiť vplyv rôznych zaťažení a spaľovania rôznych druhov uhlia na hmotnostnú bilanciu kovov, priniesli nasledujúce výsledky:

- Množstvo plyných emisií ortuti cez spaliny do veľkej miery závisí od obsahu chlóru a vápnika v uhlí. Chlór má dva protichodné účinky. Zvyšuje podiel plynnej ortuti, ale zároveň zlepšuje separáciu ortuti v mokrom FGD ako HgCl₂, ktorý sa dá ľahko vyplaviť. Vápnik zlepšuje separáciu ortuti v ESP.
- Integrácia kovov do popolčeka kotla nezávisí od chemického zloženia uhlia.
- Integrácia kovov do popolčeka nezávisí od chemického zloženia uhlia, ale závisí od zaťaženia kotla, pretože maximálna úroveň sa dosahuje pri plnom zaťažení.

V elektrárnach IGCC sa kovy s nízkou prchavosťou a vysokým bodom varu zachytávajú a účinne imobilizujú v sklovitej troskovej hmote. Väčšina kovov s vyššou prchavosťou sa môže kondenzovať a zachytávať pomocou čistenia syntézneho plynu.

Tabuľka 5.15 obsahuje súhrn meraní kovov vykonaných v troch uhoľných elektrárnach, ktoré používajú ESP a odsírenie mokrou práčkou.

Tabuľka 5.15: Toky kovov v troch príkladoch zariadení na spaľovanie uhlia

	Množstvo kovov vo výstupných tokoch z rôznych procesov (%)			Emisie (1)
	Odstránené spolu s lôžkovým popolom a popolčekom z ESP	Odstránené s konečným produktom FGD + filtračným koláčom zo zariadenia na čistenie odpadových vôd	Podiel uvoľnený do ovzdušia cez komín	Koncentrácia v emisiách ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)
Arzén (As)	97–98,7	0,5–1,0	0	0
Kadmium (Cd)	95,2–97,6	0	2,4–3,6 (2)	0
Chróom (Cr)	97,9–99,9	0	0,1–0,5	0
Ortuť (Hg) (3)	72,5–82 (3)	0	5,1–13,6 (3)	0–5
Mangán (Mn)	98–99,8	0,1–1,7	0	0
Nikel (Ni)	98,4–99,8	0,2–1,4	0,1–0,4	0
Olovo (Pb)	97,2–99,9	0	0,1–1,8	0
Vanád (V)	98,4–99,0	0,9–1,3	0,2–0,3	0

(1) Emisie sú orientačné hodnoty, ktoré zahŕňajú emisie plyných látok aj častíc. Pri dobrom odstraňovaní častíc sú koncentrácie všetkých kovov v emisiách zvyčajne nižšie alebo okolo $1\mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

(2) Emisie kadmia boli v týchto meraniach vyššie, ako sa všeobecne uvádza v literatúre.

(3) Účinnosť odstraňovania ortuti bola v týchto meraniach vyššia a emisie nižšie, ako sa bežne uvádza v literatúre. V literatúre sa uvádza, že približne 20–30 % ortuti sa uvoľňuje do vzduchu a iba asi 30 – 40 % sa odstraňuje pomocou ESP.

Zdroj: [130, Fínsko 2000]

Tabuľka 5.16 nižšie uvádza obsah kovov v spalinách na úrovni komína z 27 európskych zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie a až 6 % odpadu, s výkonom od 74 MW_{th} do $2465\text{ MW}_{\text{th}}$. Väčšina zariadení s výkonom $\geq 300\text{ MW}_{\text{th}}$ je vybavená ESP alebo vrecovým filtrom a mokrým FGD, zatiaľ čo elektrárne s výkonom $< 300\text{ MW}_{\text{th}}$ sú zvyčajne vybavené len ESP alebo vrecovým filtrom.

Tabuľka 5.16: Obsah kovov v spalinách na úrovni komína z príkladov európskych zariadení

Znečisťujúce látky	Typ spaľovacieho zariadenia	Typ monitorovania	Frekvencia odberu vzoriek	Priemerné hodnoty ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	$< 300\text{ MW}_{\text{th}}$	Pravidelné monitorovanie pre 5 zariadení	1/rok až 5/rok	2,1–540
	$\geq 300\text{ MW}_{\text{th}}$	Pravidelné monitorovanie 19 zariadení, odhad pre 3 zariadenia	1/rok až 9/rok	0,1–156
Cd+Tl	$< 300\text{ MW}_{\text{th}}$	Pravidelné monitorovanie 5 zariadení	1/rok až 5/rok	0,4–5,5
	$\geq 300\text{ MW}_{\text{th}}$	Pravidelné monitorovanie 12 zariadení, odhad pre 5 zariadení	1/rok až 9/rok	$< 0,1$ –6

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Tabuľka 5.17 nižšie uvádza obsah ortuti v spalinách na úrovni komína z 84 európskych zariadení spaľujúcich čierne uhlie alebo hnedé uhlie s výkonom od 25 MW_{th} do $3\,800\text{ MW}_{\text{th}}$. Väčšina zariadení s výkonom $\geq 300\text{ MW}_{\text{th}}$ je vybavená kombináciou SCR, ESP alebo vrecového filtra a mokrého FGD, ale niektoré zariadenia sú vybavené len ESP alebo vrecovým filtrom a niekedy suchým FGD. Väčšina zariadení s výkonom $< 300\text{ MW}_{\text{th}}$ je vybavená len ESP alebo vrecovým filtrom.

Tabuľka 5.17: Obsah ortuti v spalinách na úrovni komína z príkladov európskych zariadení

Typ spaľovacieho zariadenia	Typ monitorovania	Frekvencia odberu vzoriek (periodické monitorovanie)	Minimálne hodnoty obsahu Hg ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximálne hodnoty obsahu Hg ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Priemerné hodnoty obsahu Hg ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Na čierne uhlie, < 300 MW _{th}	Pravidelné monitorovanie 15 zariadení	1/rok až 5/rok	0,1–14	0,5–31,4	0,2–20
Na čierne uhlie, ≥ 300 MW _{th}	Neustále monitorovanie 9 zariadení, pravidelné monitorovanie 29 zariadení, odhad pre 5 zariadení	1/rok až 41/rok	0,01–1,7	0,2–(>)107	0,15–107
Na hnedé uhlie, < 300 MW _{th}	Pravidelné monitorovanie 3 zariadení	1/rok	NA	NA	1–6,7
Na hnedé uhlie, ≥ 300 MW _{th}	Neustále monitorovanie 4 zariadení, pravidelné monitorovanie 16 zariadení, odhad pre 3 zariadenia	1/rok až 12/rok	(<)0,8–10,2	(>)0,8–50	0,8–26
Poznámka: NA: Nie je k dispozícii. Zdroj: [3, LCP TWG 2012]					

Komerčné nasadenie a 50 priemyselných testov systémov vstrekovania sorbentov, ktoré vykonalo americké ministerstvo energetiky (DOE), dosiahlo v priemere 90 % zníženie emisií ortuti. Tieto systémy sa používajú v 25 kotloch v 14 zariadeniach na čierne uhlie. Účinnosť vstrekovania sorbentov je do veľkej miery ovplyvnená typom uhlia a konfiguráciou kotla. Analýza amerického Úradu pre ochranu životného prostredia (EPA) týkajúca sa najvýkonnejších systémov ukázala priemerné zníženie emisií ortuti o takmer 96 % vo všetkých troch hlavných triedach uhlia – bituminózne, subbituminózne a hnedé. [2, EEB 2012]

Emisie N₂O

Tabuľka 5.18 a tabuľka 5.19 uvádzajú úrovne emisií N₂O z rôznych literárnych zdrojov a z rôznych príkladov zariadení spaľujúcich čierne uhlie a hnedé uhlie.

Tabuľka 5.18: Merané úrovne emisií N₂O prevzaté z rôznych literárnych zdrojov

Palivo	Technológia spaľovania	O ₂ (%)	N ₂ O (mg/Nm ³)					N ₂ O (kg/TJ)	
			Kremer 1994	KEMA 1993	VGB Power Tech 1994	IEACR 1993	Braun 1993	IACR 1993	Peter 2001
Uhlie	PC (DBB)	6	< 2	< 4 (bez postupného spaľovania) < 0,4–1,2 (S postupným spaľovaním)	NA	1–20	NA	0,4–1,4	2
	PC (WBB)	6	3,8–9		4–10	NA	NA	0,4–1,4	2–5
	Spaľovanie na rošte	6	< 30		1–10	0,2–3	NA	0,4–1,4	2–5
	CFBC	7	4 (Čiastočné zaťaženie) 40–700 (Plné zaťaženie)	16–170 (790–940° C)	30–160	60–140	50–120 (s maximálnymi hodnotami až 380)	36	20
	BFBC	7	100–150 (Čiastočné zaťaženie) 140–480 (Plné zaťaženie)	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Hnedé uhlie	PC (DBB)	6	10–16	NA	13	1,5–6	NA	0,6–2,3	0,8–3,2
	Spaľovanie na rošte	6	< 30	NA		0,8–2,5	NA	NA	0,8–3,5
	FBC	7	< 30	NA	5–20	10–90	5–14 (s maximálnymi hodnotami až 30)	11–45	3–8

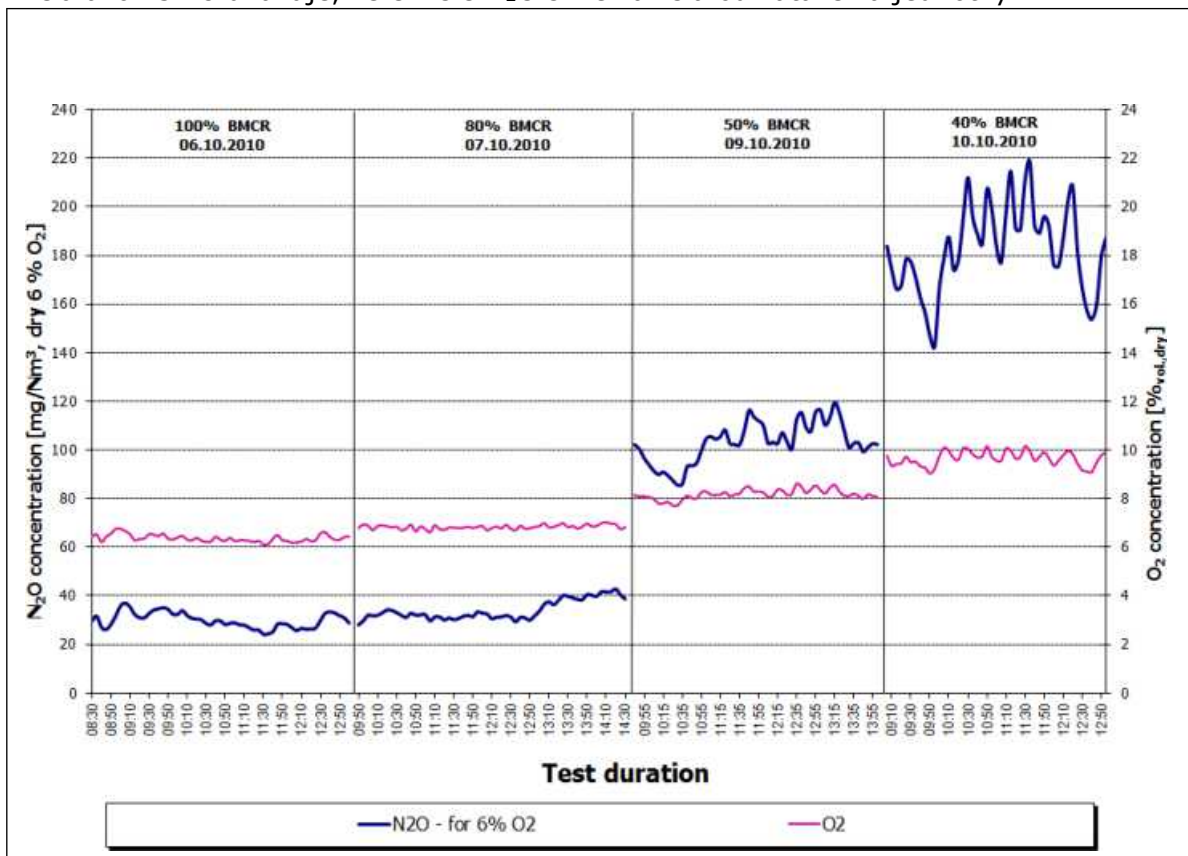
Poznámka:
 PC (DBB): Spaľovanie práškoveho uhlia (kotel so suchým lôžkom). PC (WBB): Spaľovanie práškoveho uhlia (kotel s mokrým lôžkom). CFBC: Spaľovanie v cirkulujúcom fluidnom lôžku. BFBC: Spaľovanie v bublinkovom fluidnom lôžku. FBC: Spaľovanie vo fluidnom lôžku.
 NA: Nedostupné.
 Zdroj: [231, Rentz et al. 2001] [61, Komisia 2006]

Tabuľka 5.19: Emisie N₂O z príkladov európskych kotlov s cirkulujúcim fluidným lôžkom

Číslo zariadenia	Veľkosť (MW _{th})	Spaľované palivo	Techniky na NO _x – N ₂ O	Ročný priemer NO _x (mg/Nm ³ pri 6 % O ₂)	N ₂ O (mg/Nm ³ pri 6 % O ₂)	Ekvivalentný faktor plného zaťaženia (%)
470 V	50	80 % Biomasa a rašelina + 20 % vedľajšie produkty živočíšneho pôvodu	FGR - SNCR	71	22	81,8
385V	400	90 % čierne uhlie + 10 % biomasa	Zapálenie horákov air staging / Plánovaná modernizácia pre NO _x (Recirkulácia spalín - 10 %)	265	21,1	92,3
377V	380	91 % sub bituminózne uhlie + 9 % Kal	Air staging	149	119	86

Poznámka:
 FGR: Recirkulácia spalín. SNCR: Selektívna nekatalytická redukcia.
 Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 5.18 ukazuje, že emisie N_2O silne závisia od zaťaženia jednotky.



Obrázok 5.18: Vplyv ekvivalentného faktora plného zaťaženia na emisie N_2O v závode 387 (Lagisza, PL)

Emisie halogenidov, dioxínov a PAH

Tabuľka 5.20 a tabuľka 5.21 uvádzajú typické emisie HCl, HF, dioxínov a PAH z rôznych elektrární spaľujúcich uhlie a kvapalné palivá.

Tabuľka 5.20: Príklad úrovni emisií HCl a HF z elektrární s sekundárnymi technikami a bez nich

Palivo: čierne uhlie	HCl mg/Nm ³ , 6 % O ₂	HF mg/Nm ³ , 6 % O ₂
Bez odsírovania	100	4
FGD + prenos kontaktu regeneratívnym ohrievačom vzduchu	3	2
FGD bez prenosu vzduchom: ohrievač vzduchu	1–8	0,2–2
FBC + prídavok suchého vápna*	1–380	0,5–8

* Vyššia miera zníženia SO₂ zvyšuje emisie HCl.
Zdroj: [123, Eurelectric 2001] [3, LCP TWG 2012] [63, BDEW 2013]

Tabuľka 5.21: Príklad úrovni emisií dioxínov a PAH zo spaľovania rôznych palív

Látka	Uhlie	Ťažký olej	Orimulzia
Dioxíny a furány	2,193 pg/Nm ³	2,492 pg/Nm ³	2,159 pg/Nm ³
PAH	0,0606 µg/Nm ³	0,0507 µg/Nm ³	0,0283 µg/Nm ³

Zdroj: [169, TWG 2006 LCP BREF 2003]

5.1.2.4 Rezíduá po spaľovaní

V každej elektrárni vznikajú veľké množstvá minerálnych látok. V elektrárni s výkonom 450 MW_e, ktorá spáli jeden milión ton uhlia s obsahom popola napríklad 13 % a obsahom síry 1 %, vznikne ročne približne 187 000 ton produktov spaľovania uhlia (CCP).

V roku 2010 sa na celom svete vyprodukovalo takmer 780 miliónov ton uhoľného popola (lôžkový popol a popolček). V mnohých krajinách (napríklad v Rakúsku a Kanade) existujú obavy týkajúce sa obsahu kovov v týchto rezíduách, ktorý môže negatívne ovplyvniť ich potenciálne recyklovanie alebo zhodnocovanie.

Najbežnejšie CCP sú:

Sadrovec:

- **hlavná zložka:** dehydratovaný síran vápenatý. Koncentrácia stopových prvkov je obmedzená požiadavkami na netoxickosť.
- **kritické parametre pre použitie v stavebnom priemysle:** veľkosť kryštálov, kryštalografia a obsah vlhkosti.
- kritériá kvality sadry FGD sú opísané v priemyselnom štandarde dohodnutom medzi Eurogypsum, ECOBA a VGB Power Tech e.V. [83, EUROGYPSUM, VGB Powertec, ECOBA 2012]

Popolček: obsahuje najväčšiu časť kondenzovaného kovu:

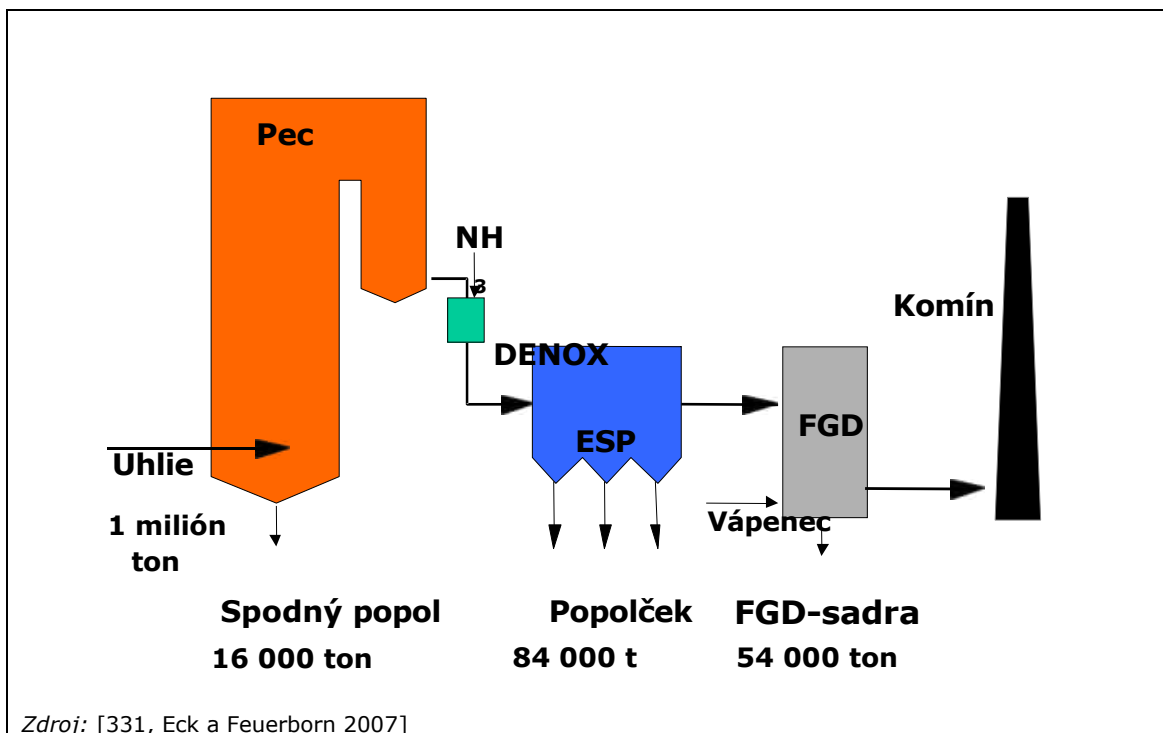
- kritické parametre pre použitie v betóne: strata pri zapálení, Cl, voľný CaO;
- kritické parametre pre použitie v cementu: sú špecifikované fyzikálne, chemické a mechanické parametre cementu (EN-197-1): strata pri spaľovaní, sírany, Cl.

Lôžkový popol: nízky obsah kovov; použitie v tehelnom a cementárskom priemysle.

Rezíduá zo suchého odsírenia: zmes sadrovca, síranu vápenatého a popolčka; väčšina sa skládkuje alebo používa ako tesniaci materiál na skládkach.

Tu sú uvedené len rezíduá súvisiace so spaľovaním a čistením spalín. Treba však poznamenať, že rezíduá súvisiace s čistením odpadových vôd (napr. kaly z čistenia odpadových vôd z odsírovania) môžu mať v mnohých prípadoch tiež významný význam.

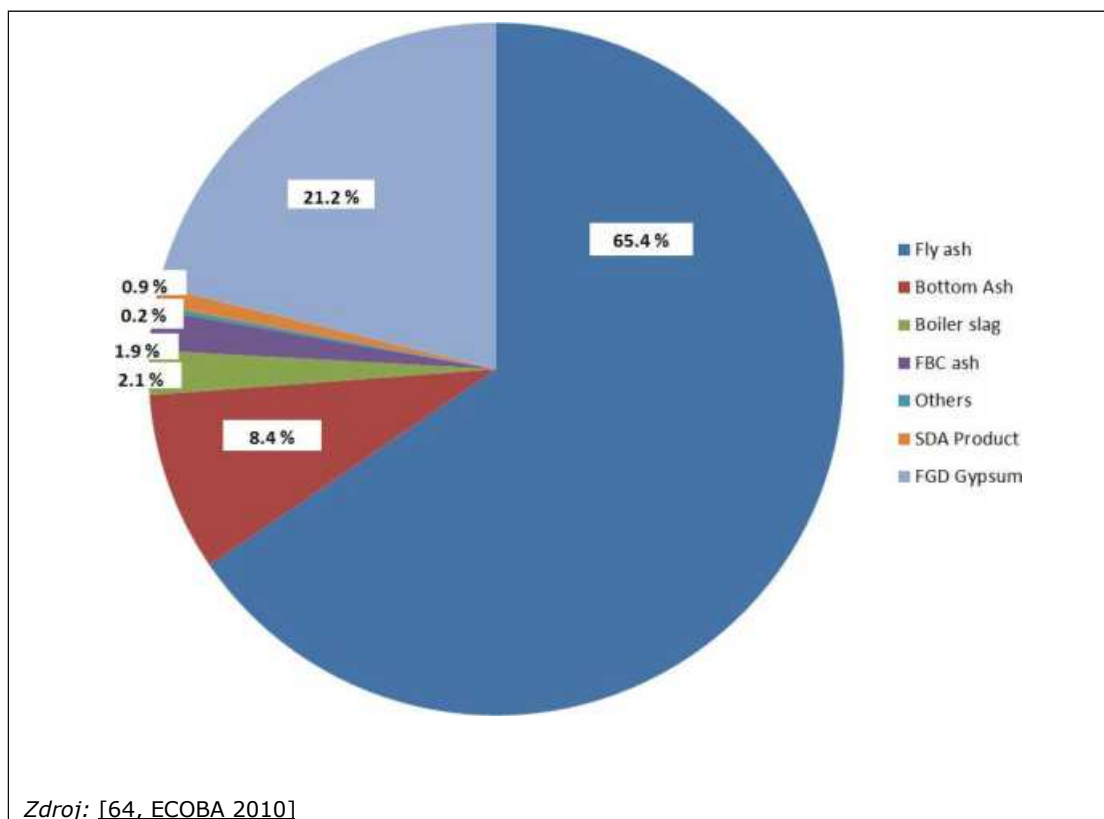
Obrázok 5.19 uvádza príklad objemov CCP vyprodukovaných typickou elektrárnou.



Obrázok 5.19: Ročná produkcia CCP v uhoľnej elektrárni s výkonom 450 MW_e pri 6 000 hodinách plného zaťaženia (celková produkcia CCP = 187 000 ton)

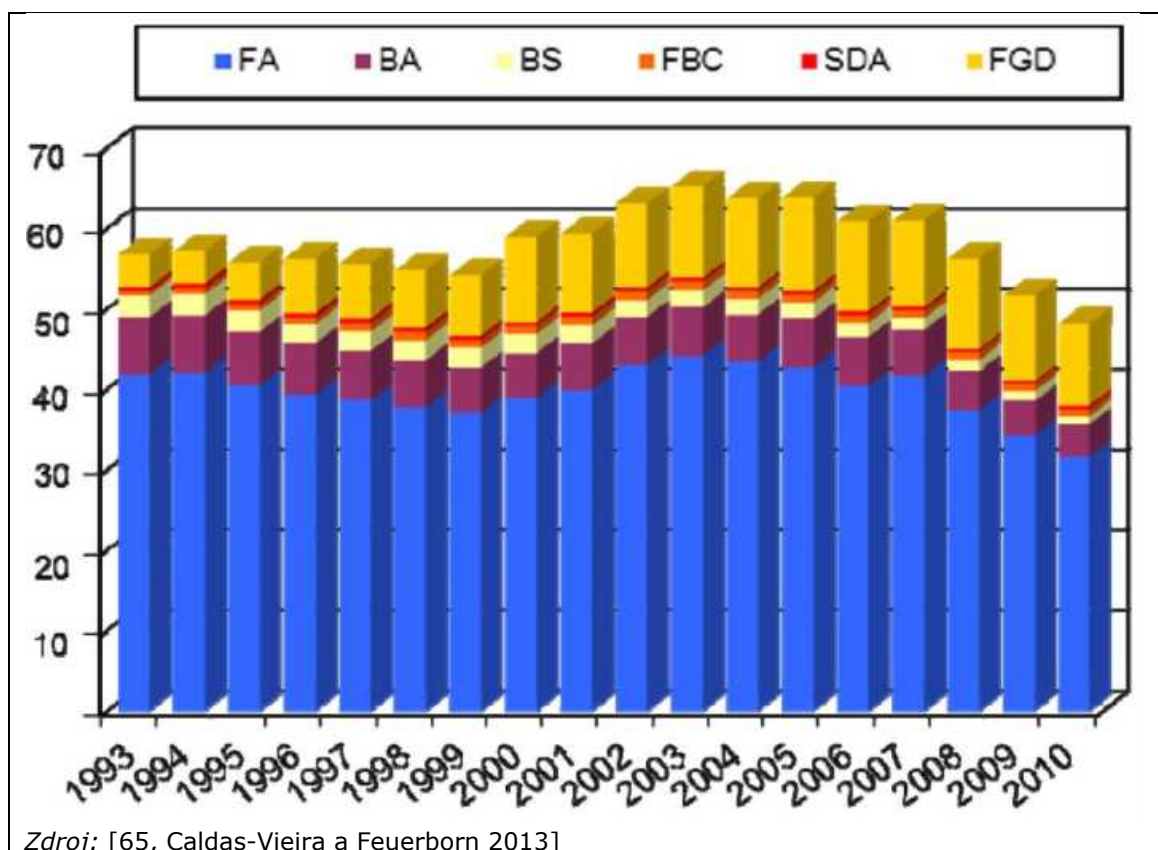
Podľa Ecoba [64, ECOBA 2010] množstvo CCP vyprodukovaných v elektrárnach EÚ-15 dosahuje celkovo 48 miliónov ton a v EÚ-28 v roku 2011 dosiahlo celkovo približne 100 miliónov ton, keď ECOBA ešte nemala k dispozícii presné údaje zo všetkých nových členských štátov.

Obrázok 5.20 ukazuje podiely rôznych CCP vyprodukovaných v roku 2010. Približne 65 % celkového množstva CCP tvoria popolček. Všetky rezíduá spaľovania tvoria 78,8 % a rezíduá FGD až 21,2 % hmotnosti.



Obrázok 5.20: Produkcia CCP v EÚ-15 v roku 2010

Obrázok 5.26 poskytuje prehľad o množstve CCP vyprodukovaných v rokoch 1993 až 2010 a tabuľka 5.22 uvádza podiel každého z nich v produkčnom roku 2010.

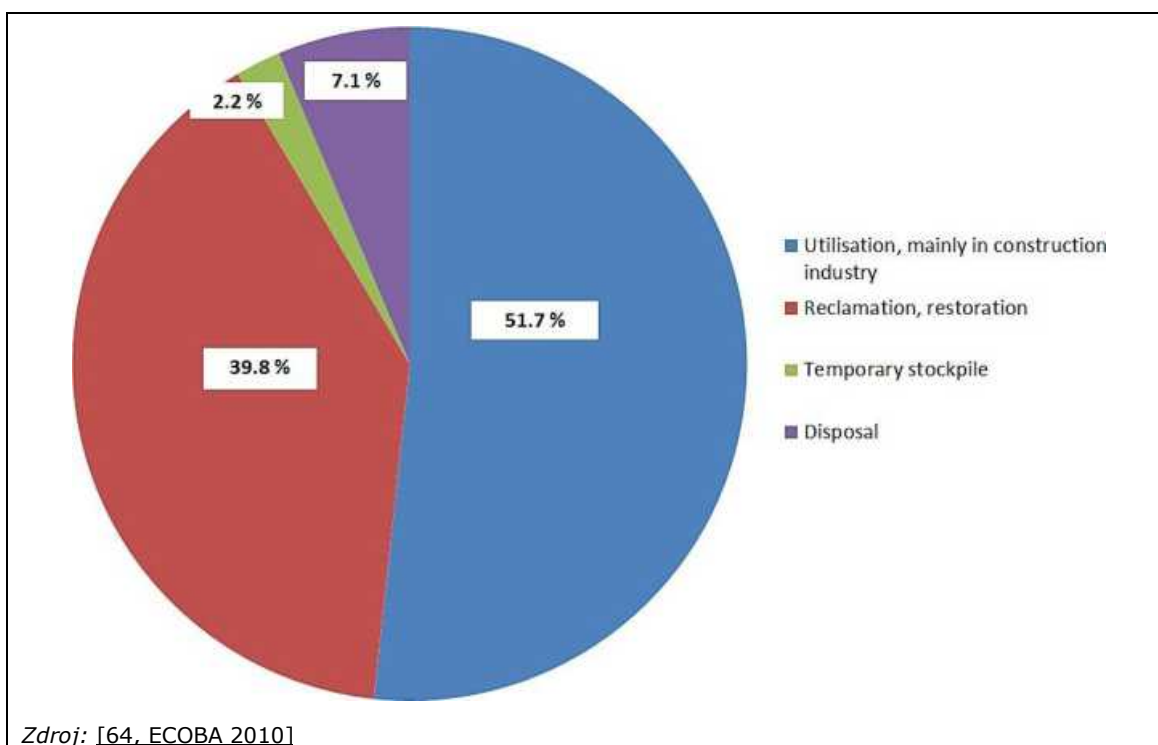


Obrázok 5.21: Vývoj produkcie CCP v EÚ-15 v rokoch 1993 až 2010

Tabuľka 5.22: Výroba CCP v EÚ-15 v roku 2010

Výroba CCP	Množstvá (kilotony)
Popolček	31 616
Spodný popol	4 052
Kotlová škvara	1 000
Popol z FBC	912
Ostatné	107
Rezíduá SDA	413
FGD sadra	10 227
Celkom	48 327
Zdroj: [64, ECOBA 2010]	

Väčšina vyprodukovaných CCP bola použitá v stavebnom priemysle, v stavebníctve a ako stavebný materiál v podzemnej ťažbe (51,7 %) alebo na obnovu povrchových baní, kameňolomov a jám (39,8 %). V roku 2010 bolo len 2,2 % dočasne uskladnených na budúce použitie a 7,1 % bolo zlikvidovaných (obrázok 5.22).

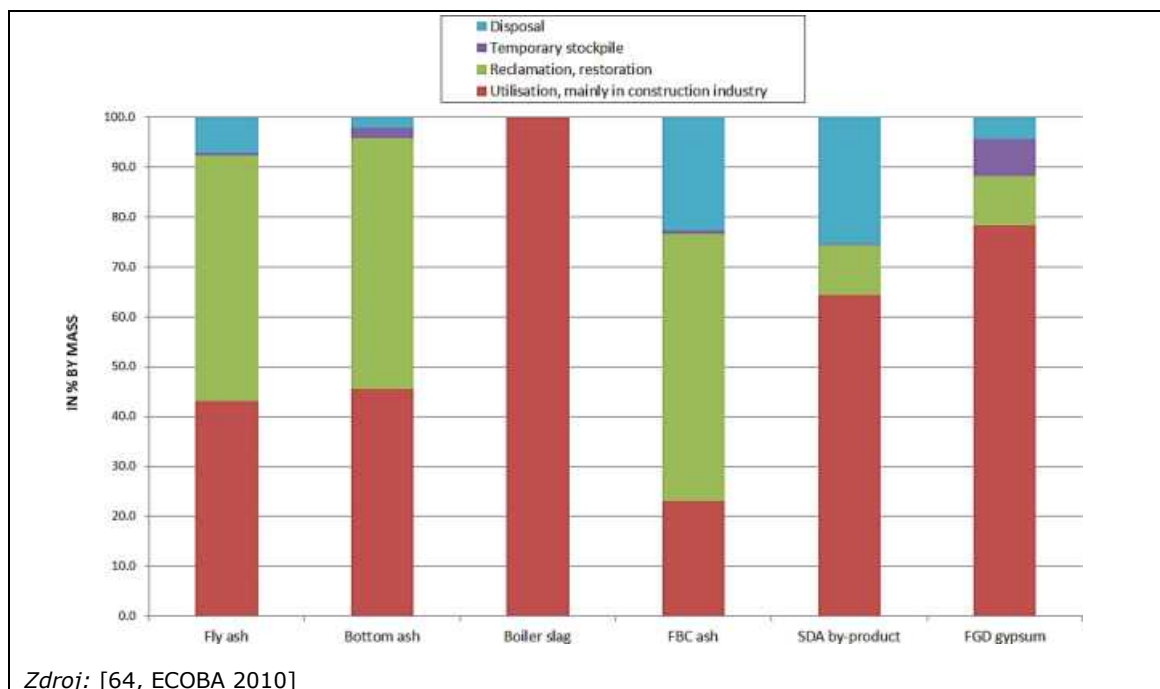


Obrázok 5.22: Využívanie a likvidácia CCP v EÚ-15 v roku 2010

Využívanie CCP sa v jednotlivých členských štátoch líši, keďže sa líšia aj klimatické podmienky, dane a právne predpisy. V niektorých krajinách EÚ je miera využitia CCP takmer 100 %, zatiaľ čo v iných krajinách miera využitia nepresahuje 10 %. Je to tiež spôsobené existujúcimi nepriaznivými vlastnosťami/zložením, ako je obsah kovov, strata pri žíhaní, obsah voľného a celkového Ca, Cl atď. Využitie produktov odsírovania sa v rámci EÚ tiež líši. V niektorých krajinách sa produkty získané rozprašovacím sušením (SDA) využívajú v stavebníctve a ako hnojivá, v iných krajinách sa likvidujú. Sadrovec z odsírovania spalín sa využíva na výrobu sadrokartónových dosiek a samonivelačných podlahových poterov, ako aj ako spomaľovač tuhnutia cementu. Pozorovaný vývoj miery využitia je spôsobený všeobecným akceptovaním týchto materiálov ako produktov. Toto

zlepšenie bolo dosiahnuté výskumnými činnosťami, praktickými skúsenosťami a marketingovými aktivitami.

Miera využitia a likvidácie rôznych CCP v roku 2007 je znázornená na obrázku 5.23.



Obrázok 5.23: Využívanie a likvidácia CCP v EÚ-15 v roku 2010

V roku 2010 bolo viac ako 46 % rezíduí spaľovania okrem popola z FBC využitých v stavebnom priemysle a v podzemnej ťažbe. 100 % škvary bolo využitých v tejto oblasti, zatiaľ čo väčšina popola z FBC bola využitá na obnovu povrchových baní, kameňolomov a jám.

Viac ako 60 % vedľajšieho produktu SDA a takmer 80 % sadry FGD bolo využitých v stavebnom priemysle a v podzemnej ťažbe. Na rekultiváciu povrchových baní, kameňolomov a jám bolo použitých 10 % vedľajšieho produktu SDA a sadry FGD a približne 7,5 % sadry FGD bolo uskladnených v dočasných skladoch na budúce použitie. Iba veľmi malé množstvá CCP museli byť zlikvidované. [64, ECOBA 2010]

Obsah kovov v niektorých popoloch a iných vedľajších produktoch spaľovania je uvedený v tabuľke 5.23 a tabuľke 5.24. Údaje by sa mali považovať za príklady, pretože variabilita je veľmi závislá od typu uhlia a zariadenia.

Tabuľka 5.23: Obsah kovov v uhlí a niektorých rezíduách po spaľovaní uhlia

Ťažké kovy	Koncentrácia (ppm)			Hmotnostný tok (g/h)		
	Uhlie	Hrubý popol	Popolček	Uhlie	Hrubý popol	Popolček
Arzén	10,8	12,0	43	3193,6	43,2	3042
Kadmium	0,07	0	0,295	20,7	0	20,4
Chróom	39,1	204,7	154,5	11 561,9	736,7	10 703,4
Meď	16	63	67	4716,4	227,5	4684,7
Olovo	6,7	11	27,7	1981,2	41,8	1919,6
Merkúr	0	0	0	81	0	6,9
Nikel	40,5	204,0	158,7	11 961,1	734,4	10 997,9
Selén	0,99	0	1	291,3	2,2	97
Vanád	41,3	94,7	169,0	12 197,6	340,9	11 711,7
Zinok	26,1	38,1	116,1	7717,8	137,0	8076,9
Pozri tiež tabuľku 5.1 a tabuľku 5.2 o všeobecných charakteristikách						
Zdroj: [145, UBA AT 2000]						

Tabuľka 5.24: Vstup a výstup kovov v niektorých zariadeniach na spaľovanie uhlia

Ťažké kovy	Príjem (%)		Výstup (%)				
	Uhlie	Krieda CaCO ₃	Popolček	Hrubý popol	Sadra	Čistý plyn	Prach (emisie)
Arzén	100	0	99,1	0	0,4	< 0,1	< 0,1
Kadmium	100,0	0	95,5	0	0,4	4,1	0
Chróom	99,6	0,4	91,2	5,1	3,6	0,1	0
Meď	98,9	1,1	94,3	3,6	0,8	1,4	< 0,1
Olovo	99,6	0,4	98,0	1,1	0	0,5	< 0,1
Merkúr	99,1	0,9	50,2	0	5	44,8	0
Nikel	97,3	2,7	88,7	10,8	0	0	0
Selén	100,0	0	51,7	0	27,9	16,4	3,4
Vanád	99,7	0,3	97,8	1,8	0	0	0
Zinok	99,5	0,5	97,7	0,8	0	0,8	< 0,1
Poznámka: Výstup založený na 100 % vstupoch kovového prvku a kriedy vo vzťahu k výstupu.							
Zdroj: [145, UBA AT 2000]							

Štúdiá založená na šiestich typických elektrárňach v Číne ukázala, že koncentrácie Hg v popolčeku sa pohybujú od 1 µg/kg do 16 µg/kg, koncentrácie Hg v popolčeku z násypky ESP sa pohybovali od 10 µg/kg do 295 µg/kg a obsah Hg v sadre sa pohyboval od 38 µg/kg do 561 µg/kg, pričom obsah Hg v pôvodnom uhlí sa pohyboval od 17 µg/kg do 385 µg/kg. Okrem toho obsah Hg v jemnom popole z BF bol 2945 µg/kg. [28, S.Wang et al. 2009]

5.1.3 Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia

V tejto časti sú opísané techniky (alebo ich kombinácie) a súvisiace monitorovanie, ktoré sa považujú za techniky s potenciálom dosiahnuť vysokú úroveň ochrany životného prostredia pri činnostiach v rámci rozsahu pôsobnosti tohto dokumentu. Opísané techniky zahŕňajú ako použitú technológiu, tak aj spôsob, akým sú zariadenia navrhnuté, postavené, udržiavané, prevádzkované a vyradované z prevádzky.

Zahŕňa techniky integrované do procesu a techniky na konci potrubia. Zohľadňuje sa aj prevencia a nakladanie s odpadom, vrátane postupov minimalizácie a recyklovania odpadu. Okrem toho sa zaoberá technikami na zníženie spotreby surovín, vody a energie.

Príloha III k smernici o priemyselných emisiách uvádza rad kritérií na určenie BAT a informácie v tejto kapitole sa zaoberajú týmito hľadiskami. Pokiaľ je to možné, na opis informácií o každej technike sa používa štandardná štruktúra tabuľky 3.4, aby bolo možné porovnať techniky a posúdiť ich podľa definície BAT uvedenej v smernici o priemyselných emisiách.

Táto časť nemusí obsahovať vyčerpávajúci zoznam techník, ktoré by sa mohli v tomto sektore uplatňovať. Môžu existovať alebo môžu byť vyvinuté aj iné techniky, ktoré by sa mohli zohľadniť pri určovaní BAT pre jednotlivé zariadenia.

V tejto časti sú techniky, ktoré sa majú zväžiť, úplne opísané len vtedy, ak sú špecifické pre dané spaľované palivo alebo uplatňovaný proces spaľovania (spaľovanie uhlia a/alebo hnedého uhlia). V skutočnosti sú všeobecné popisy väčšiny techník už uvedené v kapitole 3. Aby sa zabránilo opakovaniu, v prípade tých všeobecných techník, ktoré sú už opísané v kapitole 3, sa v súhrnných tabuľkách uvádzajú len doplňujúce informácie, ktoré sú špecifické pre spaľovanie uhlia a/alebo hnedého uhlia.

5.1.3.1 Techniky na znižovanie difúzných emisií pri vykládke, skladovaní a manipulácii s palivom/prísadami

Informácie o všeobecných technikách na znižovanie difúzných/fugitívnych emisií do ovzdušia sú uvedené v oddiele 2.8.

Tabuľka 5.25 obsahuje doplňujúce informácie týkajúce sa spaľovania čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia.

Tabuľka 5.25: Všeobecné techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri znižovaní difúzných emisií z vykládky, skladovania a manipulácie s palivom a prísadami

Technika	Opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Hnacie sily implementácie	Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia			
Uzavreté dopravníky	Uzavreté dopravníky s odľahčenými systémami, kde sa manipuluje s palivom, a odprašovacie zariadenia	Zníženie emisií únikového prachu	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Použiteľnosť závisí od obsahu vlhkosti v palive	Použiteľnosť závisí od obsahu vlhkosti v palive. Neplatí pre systémy sypania na haldy a spätného nakladania	NA	NA	Zariadenie 253
Veterné clony	Otvorené dopravníky s veternými clonami			Žiadne	Všeobecne použiteľné		NA	NA	NA
Nastaviteľné vybavenie	Vykladacie zariadenie s nastaviteľnou výškou			Žiadne	Všeobecne použiteľné		NA	NA	NA
Čistiace zariadenia	Čistiace zariadenia pre dopravné pásy			Žiadne	Použiteľnosť závisí od obsahu vlhkosti v palive		NA	NA	NA
Rozprašovacie systémy	Skladované čierne uhlie/hnedé uhlie v otvorených skládkach je postrekované a chemickými prísadami do náterov. Zahmlievajúce delá sú inštalované v blízkosti otvorených skladov			Spotreba a kontaminácia vody	Neplatí pre palivá s vysokým obsahom povrchovej vlhkosti		Náklady na postrek vodou a zber odpadovej vody	NA	Zariadenia 219, 221, 547
Veterné clony	NA			Žiadne	Všeobecne použiteľné		NA	NA	NA

Kapitola 5

Utesnená plocha s odvodňovacími systémami	Utesnenie celého skladovacieho povrchu nemusí byť potrebné, pokiaľ je možné preukázať, že nedochádza k potenciálnemu vyluhovaniu do podzemia, a kontrolovať	Prevencia kontaminácie pôdy a podzemnej vody	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Všeobecne použiteľné	Náklady na čistenie odpadových vôd	NA	NA
Uzatvorené skladovanie	Uzatvorené skladovanie vápna/vápenca v silách s odprašovaním	Redukcia jemných častíc		Žiadne	Všeobecne použiteľné	NA	NA	NA
	Uzatvorené skladovanie uhlia	Zníženie emisií únikového prachu	NA	NA	Všeobecne platné		Miestne normy kvality životného prostredia	Zariadenia 123, 253, 547
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.								

5.1.3.2 Techniky na zlepšenie celkovej environmentálnej výkonnosti

Informácie o všeobecných technikách na zlepšenie celkovej environmentálnych vlastností spaľovacích zariadení sú uvedené v oddiele 3.1.1.

Tabuľka 5.26 obsahuje doplňujúce informácie týkajúce sa spaľovania hnedého uhlia a/alebo čierneho uhlia.

Tabuľka 5.26: Techniky, ktoré treba zvážiť na zlepšenie celkovej environmentálnych vlastností zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie

Technika	Opis	Dosiahnuté environmentál ne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Relevantné technické hľadiská na použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariade ní
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Voľba paliva	Prechod zo spaľovania jedného paliva na palivo, ktoré je menej škodlivé z hľadiska emisií (nízky obsah síry, nízky obsah popola alebo lepšia kvalita popola) – pozri aj oddiel 3.1.1.4	Lepší environmentálny profil, menej emisií	Vysoká prevádzková skúsenosť	Nižšia nečistota uhlia vedie k nižším emisiám. Nízky obsah popola znamená zníženie emisií PM a zníženie množstva tuhých odpadov na využitie/likvidáciu	Závisí od konštrukčných charakteristík konkrétneho kotla Možnosť zmeny paliva môže byť obmedzená, aspoň dočasne (napr. z dôvodu závislosti od viacerých zdrojov dovážaného uhlia a/alebo dlhodobých dodávateľských zmlúv alebo úplnej závislosti od miestnych baní atď.) a môže byť obmedzená dostupnosťou rôznych druhov paliva s celkovo lepším environmentálnym profilom, čo môže byť ovplyvnené energetickou politikou členských štátov	Závisí od konštrukčných charakteristík konkrétneho kotla a konfigurácie závodu.	Cena paliva môže byť vyššia	NA
Spaľovanie viacerých palív	Nahradenie časti hnedého uhlia alebo čierneho uhlia iným palivom, ako je biomasa alebo syntézny plyn z biomasy – pozri kapitolu 8 a kapitolu 4	Lepší environmentálny profil, menej emisií	Vysoká prevádzková skúsenosť s viacpalivovým spaľovaním s biomasou – Obmedzená skúsenosť s viacpalivovým spaľovaním so syntéznym plynom	Je potrebné zohľadniť potenciálny nárast znečisťujúcich látok, ako je Cl	Všeobecne použiteľné		Môže zabrániť nákladným technológiám na konci potrubia	NA
Miešanie a zmiešavanie palív	Pozri aj oddiel 5.1.3.4.3.1	Predchádzanie emisiám, stabilná prevádzka	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Všeobecne použiteľné		Dodatočné náklady na zariadenia na miešanie a zmiešavanie palív	NA
					Najvhodnejšie pre kotly bez sekundárnej kontroly emisií			
Čistenie paliva	Vypieranie uhlia, zvyčajne priamo v bani – pozri aj oddiel 5.1.3.4.3.1	Zníženie vyluhovateľných nečistôt. Nižšie množstvo nečistôt v uhlí vedie k nižším emisiám	Vysoká prevádzková skúsenosť	Odpadová voda z vypierania	Všeobecne použiteľné		Dodatočné náklady na zariadenie na vypieranie uhlia	NA

Splyňovanie uhlia	Pozri kapitolu 4	Zvýšená účinnosť zariadenia a nižšie emisie, najmä NO _x	Obmedzené skúsenosti. V strednodobom horizonte má splyňovanie potenciál stať sa životaschopnou alternatívou k bežnému spaľovaniu, najmä vzhľadom na očakávanú elektrickú účinnosť 51 – 55 %.	NA	Použiteľné, ale doteraz uplatňované len v niekoľkých zariadeniach	Neaplikovateľné	Pozri kapitolu 4	NA
Pokročilý kontrolný systém	Pozri oddiel 3.2.3.8	Zvýšená účinnosť, vyšší výkon kotla, znížené emisie	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť v starých spaľovacích zariadeniach môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho a/alebo riadiaceho systému riadenia	Špecifické pre zariadenie, napr. kapitálové výdavky vo výške približne 0,6 milióna EUR a prevádzkové výdavky vo výške približne 60 000 EUR/rok pre zariadenia 121 a 142 (cenová úroveň 2010)	Zariadenia 121, 142
Optimalizácia spaľovania	Pozri oddiel 3.2.2.7.1	Zníženie emisií NO _x , CO, NH ₃ , N ₂ O a spaľovania uhlíka vyváženým spôsobom	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Všeobecne použiteľné	Existujú technicko-ekonomické obmedzenia možnosti zlepšiť konštrukciu kotla	NA	NA
Integrovaný proces spaľovania	Zabezpečte vysokú účinnosť kotla a zahrňte primárne techniky na zníženie emisií NO _x , ako napríklad stupňovanie vzduchu a paliva, horáky s nízkymi emisiami NO _x a/alebo opätovné spaľovanie. Pozri tiež oddiely 3.1.1 a 3.2.3.8	Zvýšená účinnosť, vyšší výkon kotla, znížené emisie	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Všeobecne použiteľné		NA	NA

Poznámka:

NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.

5.1.3.3 Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti a využitia paliva

Informácie o všeobecných technikách na zvýšenie energetickej účinnosti spaľovacích zariadení sú uvedené v oddiele 3.2.3.

Tabuľka 5.27 a tabuľka 5.28 obsahujú dodatočné informácie týkajúce sa spaľovania hnedého uhlia a/alebo čierneho uhlia. Ďalšie podrobnosti o súvisiacich environmentálnych vlastnostiach a prevádzkových údajoch sú uvedené za týmito tabuľkami.

Tabuľka 5.27: Všeobecné techniky, ktoré je potrebné zvážiť na zvýšenie energetickej účinnosti a využitia paliva

Technika	Opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
				Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Kogenerácia (KVET), vrátane diaľkového vykurovania 3.2.3.2	Pozri oddiel 3.2.3.2	Zvýšené využitie paliva	Vysoká prevádzková skúsenosť	Všeobecne platné. Pri umiestňovaní nového projektu je potrebné preskúmať existujúce potreby pary a horúcej vody	Veľmi obmedzené, v závislosti od špecifických požiadaviek na tepelné zaťaženie v danej lokalite	Cena paliva môže byť vyššia	NA
IGCC (integrovaný cyklus kombinovaného spaľovania a splynovania)	Pozri kapitolu 4	NA	Projektovaná čistá účinnosť od 39 % do 43,1 % (na základe LHV). Čistá ročná elektrická účinnosť pre ELCOGAS (Španielsko) > 37	Všeobecne použiteľné, hoci zložitejšie na konštrukciu/prevádzku ako konvenčný kondenzačný kotol: vysoká úroveň integrácie medzi splynovacou jednotkou a spaľovacou jednotkou môže zlepšiť environmentálnu výkonnosť, ale znížiť prevádzkovú flexibilitu	Neaplikovateľné	Drahšie ako konvenčný kondenzačný kotol. Môže sa stať ekonomicky výhodnejším v prípade zvýšenia ceny CO ₂	NA
Modernizácia parnej turbíny a/alebo iných komponentov	Pozri oddiel 3.2.3.13	Zvýšená účinnosť	Vysoká prevádzková skúsenosť	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť môže byť obmedzená podmienkami dopytu/parou a/alebo obmedzenou životnosťou zariadenia	NA	Zariadenia 131, 168
Použitie pokrokových materiálov	Pozri oddiel 3.2.3.5	Zvýšená účinnosť	Používané v nových zariadeniach	Všeobecne použiteľné	Obmedzená použiteľnosť	NA	NA
(Ultra-) Superkritické parametre pary	Pozri oddiel 3.2.3.14	Zvýšená účinnosť	Používané v nových elektrárnach	Platí len pre nové jednotky $\geq 600 \text{ MW}_{\text{th}}$ prevádzkované > 4 000 h/rok. Neplatí, ak účelom jednotky je výroba nízkej teploty a/alebo tlaku pary v spracovateľskom priemysle. Nevzťahuje sa na plynové turbíny a motory vyrábajúce paru v režime KVET.	Veľmi obmedzená použiteľnosť	NA	Zariadenia 34, 116, 117, 123, 127, 167, 253, 387, 391, 133, 547
Dvojitý ohrev	Pozri oddiel 3.2.3.6	Zvýšená účinnosť	Používa sa hlavne v nových zariadeniach	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	NA	NA
Voda na napájanie kotla	Pozri oddiel 3.2.3.7	Zvýšená účinnosť	Používa sa v nových zariadeniach	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť môže byť	NA	Zariadenie 168

Kapitola 5

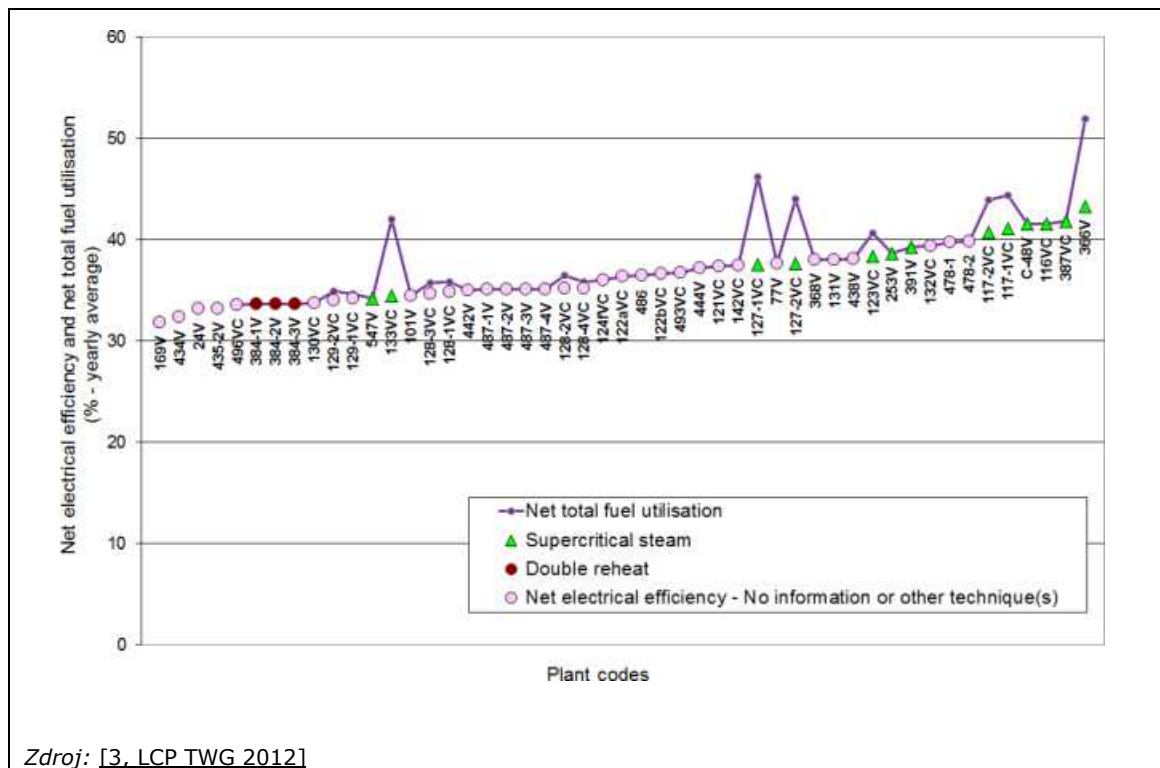
zvýšenie teploty			a niektoré existujúce		obmedzené v dôsledku obmedzení spojených s konfiguráciou zariadenia a množstvom využiteľného tepla		
				Platí len pre parné okruhy, nie pre horúce kotly			
Sušenie paliva	Pozri oddiel 3.2.3.18 a oddiel 11.4.1.1	Zvýšená účinnosť	Obmedzené skúsenosti, keďže sa používa iba v pilotnej prevádzke. Zvýšenie efektívnosti približne o 3 – 5 percentuálnych bodov	Vznikajúce		Dodatočné náklady na sušičky hnedého uhlia	NA
				Modernizácia existujúcich zariadení môže byť obmedzená dodatočnou výhrevnosťou, ktorú možno získať sušením, a obmedzenými možnosťami modernizácie, ktoré ponúkajú niektoré konštrukcie kotlov alebo konfigurácie zariadení.			NA
Manipulácia so suchým popolom	Pozri oddiel 3.2.5.2	Zvýšená účinnosť. Zníženie spotreby vody	Používa sa v niektorých nových zariadeniach a niektorých existujúcich závodoch	Môžu existovať technické obmedzenia, ktoré bránia dodatočnej inštalácii do existujúcich spaľovní		Špecifické pre zariadenia	Zariadenia 142, 219, 221, 253
Poznámka NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.							

Tabuľka 5.28: Všeobecné techniky, ktoré je potrebné zvážiť na zvýšenie energetickej účinnosti

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Stupňovanie vzduchu	Lepšie rozdelenie vzduchu používaného na spaľovanie – pozri oddiel 3.2.2.3.2	Zvýšená účinnosť a znížené emisie NO _x a N ₂ O	Vysoká prevádzková skúsenosť	Môže zvýšiť riziko poruchy rúrok a množstvo nespáleného paliva	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	NA	NA
Zníženie teploty spalín	Znížte teplotu spalín pred FGD na 80 °C – pozri oddiel 3.2.3.1	Zvýšená účinnosť. Dodatočné teplo možno využiť iba ako sekundárne teplo	Vysoká prevádzková skúsenosť	Korózia: Teplota spalín by mala byť o 10 – 20 °C vyššia ako bod rosného bodu kyseliny. Blokovanie ohrievača vzduchu. Efektívne oddeľovanie hmly v FGD je potrebné na zabránenie prenášaniam SO ₃ .	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	NA	Zariadenia 168
Výtok z chladiacej veže	Emisie do ovzdušia cez chladiacu vežu a nie cez špeciálny komín – pozri oddiel 3.2.3.16	Opätovné zahrievanie spalín po zariadení na odstraňovanie síry z dymových plynov nie je potrebné. Komín nie je potrebný	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť sa posudzuje individuálne (napr. dostupnosť miesta pre chladiacu vežu a stavebné materiály)	Žiadne dodatočné náklady na výstavbu a údržbu komína	Zariadenia 116, 130, 137
Technika mokrého komína	Pozri oddiel 3.2.3.17	NA	Vysoká prevádzková skúsenosť	Viditeľný dym	Všeobecne použiteľné pre nové a existujúce jednotky vybavené mokrým FGD		NA	Zariadenia 122a, 122b
Rôzne techniky	Pozri dokument BREF o chladiení	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Zariadenie 168
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie.								

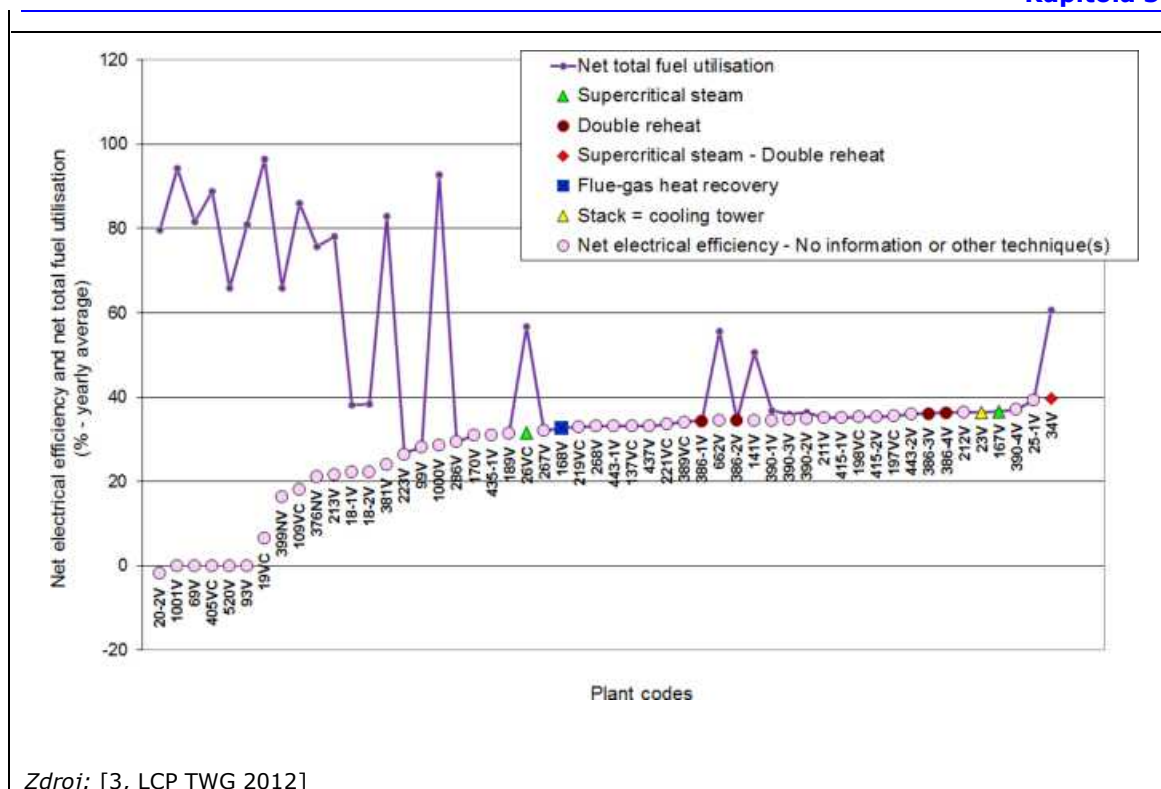
Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje týkajúce sa energetickej účinnosti

Obrázok 5.24 znázorňuje prevádzkovú elektrickú účinnosť a celkové využitie paliva v niektorých európskych elektrárnach spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 1 000 MW_{th}, ktoré boli uvedené do prevádzky v rokoch 1967 až 2009, prevádzkované v rozmedzí 2 400 h/rok až 8 700 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 60 %. Elektrárne s ročnou elektrickou účinnosťou nižšou ako 35 % sú pomerne staré (zvyčajne uvedené do prevádzky pred rokom 1985) alebo spaľujú hnedé uhlie nižšej kvality (elektrárne 169V). Niektoré elektrárne sú elektrárne s kombinovanou výrobou elektriny a tepla vybavené kondenzačnými alebo kondenzačnými/extrakčnými parnými turbínami. Ich hlavným účelom je však výroba elektriny s obmedzeným množstvom dodatočného tepla.



Obrázok 5.24: Prevádzková energetická účinnosť európskych elektrární spaľujúcich uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom > 1 000 MW_{th}

Obrázok 5.25 znázorňuje prevádzkovú elektrickú účinnosť a celkové využitie paliva niektorých európskych elektrární spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom menším ako 1 000 MW_{th}, (od 52 MW_{th} do 1 000 MW_{th}) uvedených do prevádzky v rokoch 1969 až 2010, ktoré prevádzkujú medzi 2 000 h/rok a 8 700 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 56 %. Kondenzačné elektrárne s ročnou elektrickou účinnosťou nižšou ako 34,5 % sú pomerne staré (zvyčajne uvedené do prevádzky pred rokom 1986). Niektoré elektrárne sú elektrárne s kombinovanou výrobou elektriny a tepla. Ak je ich hlavným účelom výroba elektriny, sú vybavené kondenzačnými alebo kondenzačnými/extrakčnými parnými turbínami a produkujú obmedzené množstvo dodatočného tepla, aj keď niekedy je možné dosiahnuť 20 % dodatočného využitia paliva (elektrárne 34V, 662V). Ak je ich hlavným účelom výroba pary alebo horúcej vody na priemyselné účely alebo na diaľkové vykurovanie, sú vybavené protitlakovou alebo protitlakovou/extrakčnou parnou turbínou a napriek nižšej elektrickej účinnosti dosahujú vysokú úroveň využitia paliva (závody 109V, 376NV). Záводы, ktoré vyrábajú iba teplo (závody 20-2V, 69V, 93V), sú utilitárne kotly s výkonom menším ako 75 MW_{th} a využitím paliva nad 80 %.



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 5.25: Prevádzková energetická účinnosť európskych elektrární spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom < 1 000 MW_{th}

Okrem týchto prevádzkových úrovní uvádzajú tabuľky 5.29 a 5.30 údaje o projektovej účinnosti dosiahnutej v EÚ v príkladových elektrárňach a kogeneračných zariadeniach.

Tabuľka 5.29: Čistá konštrukčná elektrická účinnosť (%) dosiahnutá v príkladových spaľovacích zariadeniach v EÚ

Palivo	Do roku 2010 vrátane				Po roku 2010	
	≤ 1 000 MW _{th}		> 1 000 MW _{th}		> 1 000 MW _{th} *	
	Počet zariadení	Rozsah	Počet zariadení	Rozsah	Počet zariadení	Rozsah
Uhlie	12	32,65–40	21	33,8–43,7	3	45,9–46
Hnedé uhlie	13	31,4–39,1	5	33,7–42,3	2	42–43,7

* Pre zariadenia s výkonom ≤ 1 000 MW_{th} neboli poskytnuté žiadne údaje .

Zdroj: [66, pracovná skupina TWG pre energetickú účinnosť 2014]

Tabuľka 5.30: Čisté celkové využitie paliva (%) dosiahnuté v príkladných spaľovacích zariadeniach KVET v EÚ

Palivo	Do roku 2010 vrátane *			
	≤ 1 000 MW _{th}		> 1 000 MW _{th}	
	Počet zariadení	Rozsah	Počet zariadení	Rozsah
Čierne uhlie	8	80–90,5	0	-
Hnedé uhlie	0	-	4	45–50

* Pre elektrárne uvedené do prevádzky po roku 2010 neboli poskytnuté žiadne údaje.

Zdroj: [66, Pracovná skupina TWG pre energetickú účinnosť 2014]

5.1.3.4 Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií prachu a kovov

**5.1.3.4.1 Všeobecné techniky na prevenciu a kontrolu emisií prachu a kovov
viazaných na častice**

Informácie o všeobecných technikách na prevenciu a kontrolu emisií prachu a kovov viazaných na častice zo spaľovacích zariadení sú uvedené v oddiele 3.2.2.

Tabuľka 5.31 obsahuje ďalšie informácie týkajúce sa spaľovania hnedého uhlia a/alebo uhlia. Ďalšie podrobnosti o súvisiacej environmentálnych vlastností a prevádzkových údajoch sú uvedené za týmito tabuľkami.

Tabuľka 5.31: Všeobecné techniky, ktoré je potrebné zvážiť na prevenciu a kontrolu emisií prachu a kovov

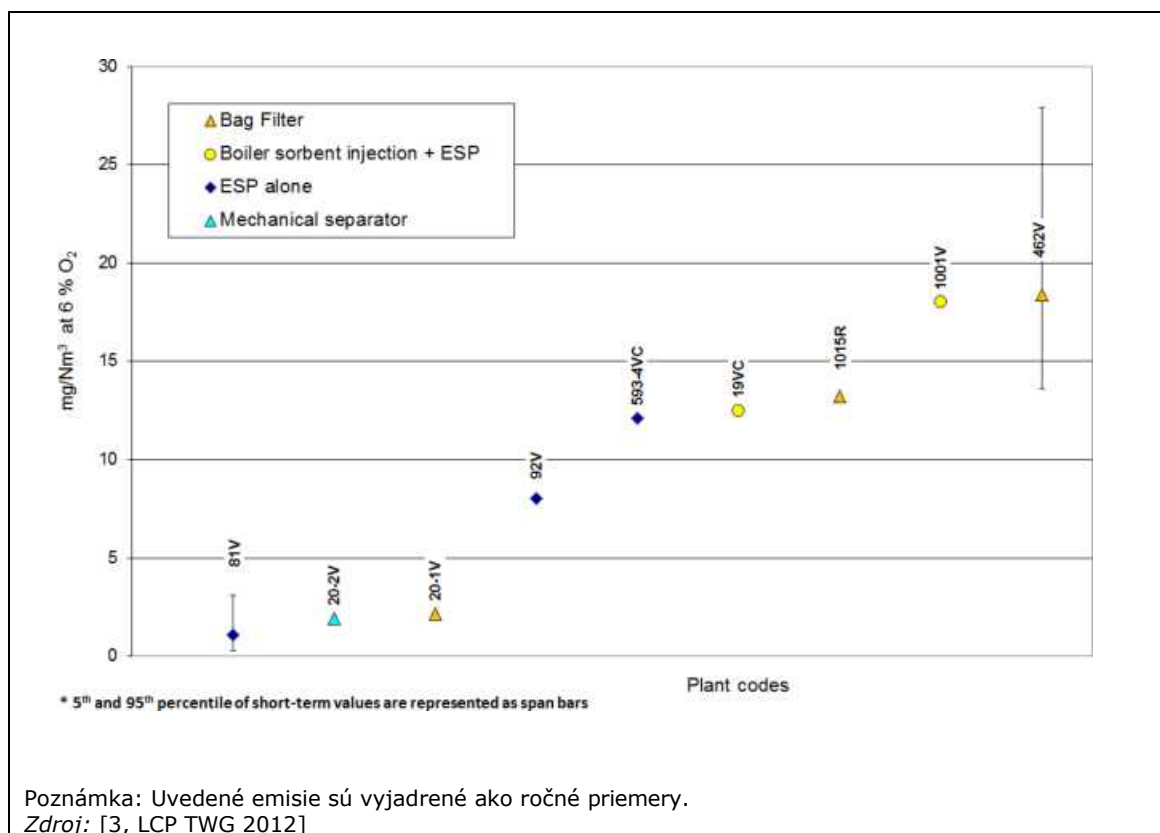
Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
ESP	Pozri oddiel 3.2.2.1.1	Zníženie emisií tuhých častíc. Odstraňovanie kovov ako vedľajší prínos	Vysoká prevádzková skúsenosť Miera zníženia prachu spojená s použitím ESP sa považuje za 99,5 % alebo vyššiu Pozri tiež grafy a informácie pod tabuľkou	Spotreba energie (0,1 – 0,2 percentuálneho bodu). Zvýšené množstvo odpadu	Všeobecne platné – pozri komentáre nižšie	Všeobecne platné – pozri poznámky nižšie	Uvádzajú sa náklady od 13 do 60 EUR na kW. Tieto čísla nezahŕňajú investičné náklady na systémy na manipuláciu a prepravu zachyteného popola, ktoré sú v prípade hnedého uhlia s vysokým obsahom popola výrazne vysoké.	Zariadenia 42, 127, 128, 134, 141, 219, 223, 389, 415, 547
Vrecový filter (BF)	Pozri oddiel 3.2.2.1.2	Zníženie emisií častíc, najmä jemného prachu (PM _{2,5} a PM ₁₀). Odstraňovanie kovov ako vedľajší prínos	Vysoká prevádzková skúsenosť Miera zníženia emisií prachu spojená s použitím BF sa odhaduje na 99,95 % alebo viac. Pozrite si tiež grafy a informácie pod tabuľkou	Účinnosť elektrárne sa znižuje o 0,1 – 0,4 percentuálneho bodu. Životnosť vrec sa znižuje s vyšším obsahom síry v palive a pri použití vstrekovania suchého sorbentu	Všeobecne platné – pozri poznámky nižšie	Všeobecne platné – pozri poznámky nižšie	Prevádzkové a údržbové náklady sú vyššie ako v prípade ESP	Zariadenia 221, 224, 253, 662
Cyklóny	Pozri oddiel 3.2.2.1.3	Zníženie emisií tuhých častíc. Veľmi obmedzené zníženie emisií jemných častíc	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Všeobecne platné – pozri poznámky nižšie	Všeobecne použiteľné – pozri poznámky nižšie	Nízke investičné náklady	NA
Techniky odsírovania	Pozri oddiel 3.2.2.2. Tieto techniky sa používajú hlavne na kontrolu SO _x , HCl alebo HF.	Zníženie emisií SO _x a halogenidov s dodatočným redukčným účinkom na emisie prachu	NA	NA	Pozri tabuľku 5.36		NA	NA
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.								

Dodatočné informácie o použiteľnosti

- ESP je ekonomicky výhodnejším riešením. Pri spaľovaní uhlia sa v zariadeniach používajú hlavne vrecové filtre za suchými a polosuchými technikami na zníženie emisií SO_x .
- Mechanické cyklóny sa používajú iba ako predbežné odprašovače v kombinácii s inými technikami, ako sú ESP alebo BF.
- Častice viazané ortuťou sa viažu na tuhé látky, takže ich možno ľahko zachytiť v ESP alebo BF. Ak je odstraňovanie Hg nízke kvôli vysokej alkalite popolčeka a nízkej úrovni HCl v spaliniach, môžu byť potrebné špecifické/dodatočné techniky (pozri oddiel 5.1.3.4.3).
- Mokrú práčku používanú na odsírovanie, ktorá sa bežne používa v zariadeniach s výkonom nad $300 \text{ MW}_{\text{th}}$, tiež znižuje množstvo prachu.

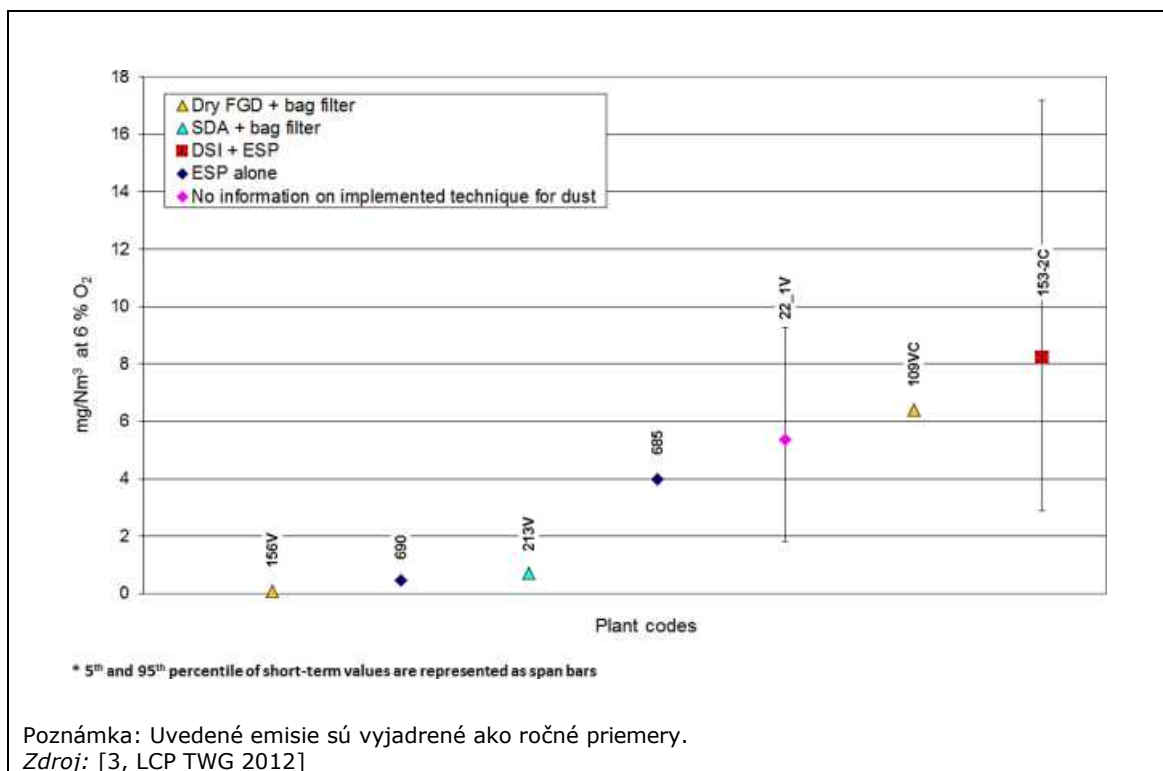
Environmentálne výsledky a prevádzkové údaje o emisiách prachu z dobre fungujúcich elektrární na základe údajov zozbieraných na európskej úrovni za rok 2010

Hlásené ročné priemerné koncentrácie z dobre fungujúcich elektrární s výkonom medzi $50 \text{ MW}_{\text{th}}$ a $100 \text{ MW}_{\text{th}}$ vrátane spaľovania práškoveho uhlia, spaľovania vo fluidnom lôžku a spaľovania na rošte sa pohybujú medzi $\leq 2 \text{ mg/Nm}^3$ a 18 mg/Nm^3 (pozri obrázok 5.26) pre zariadenia prevádzkované medzi 2 000 h/rok a 8 000 h/rok v rôznych priemyselných odvetviach, ako je výroba elektrickej energie, diaľkové vykurovanie alebo chemický priemysel, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 60 %. Tieto zariadenia spaľujú čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie a znižujú emisie prachu pomocou ESP obsahujúceho najmenej dve polia, pričom niekedy využívajú aj výhody vstrekovania sorbentu do kotla používaného na redukciu síry. Boli uvedené do prevádzky v rokoch 1974 až 2010 a vo všeobecnosti nepretržite monitorujú svoje emisie prachu. Najnovšie postavená elektráreň, pre ktorú boli nahlásené údaje, atmosférický CFB kotol uvedený do prevádzky v roku 2010 s ESP, dosahuje ročné emisie prachu na úrovni $12,5 \text{ mg/Nm}^3$.



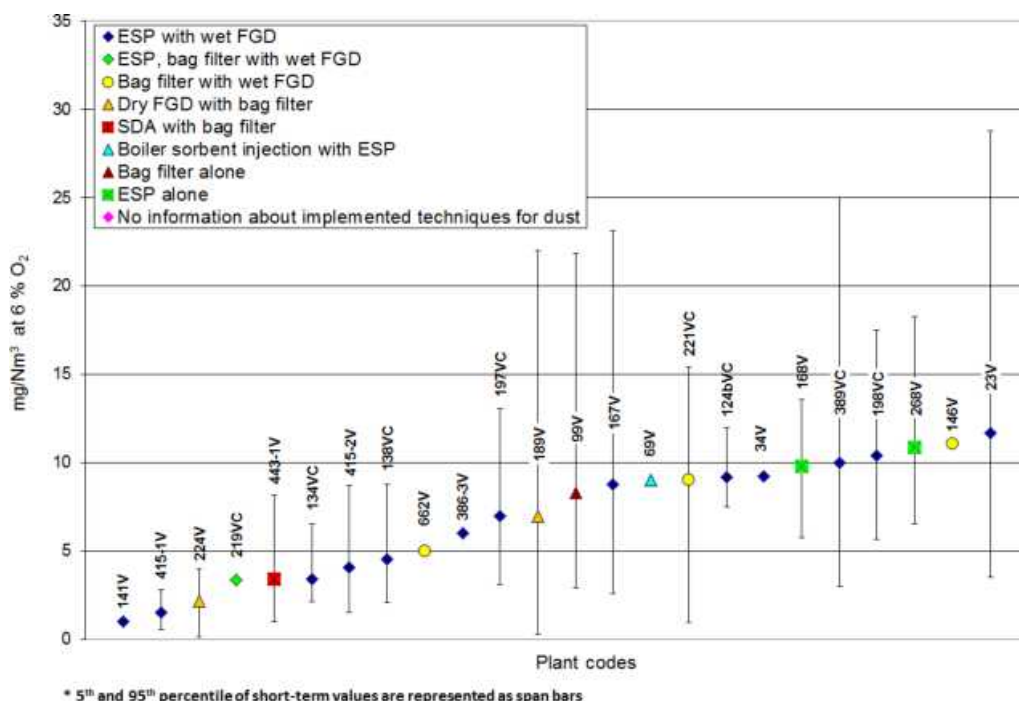
Obrázok 5.26: Emisie prachu z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom menším ako $100 \text{ MW}_{\text{th}}$

Hlásené ročné priemerné koncentrácie pre kotly spaľujúce čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom medzi 100 MW_{th} a 300 MW_{th} sa pohybujú medzi 0,5 mg/Nm³ a 8 mg/Nm³ (pozri obrázok 5.27), pričom nasledujúce hlásené emisné údaje vykazujú veľký rozdiel až 17 mg/Nm³. K dispozícii sú ďalšie údaje z ešte menších elektrární, ktoré čiastočne vyplňujú túto medzeru, s emisiami medzi 12 mg/Nm³ a 13,3 mg/Nm³ (zariadenia 593-4, 19 a 1015 – pozri obrázok 5.26). Údaje uvedené v obrázku 5.27 zodpovedajú zariadeniam prevádzkovaným medzi 3 000 h/rok a 8 000 h/rok v rôznych odvetviach, ako je výroba elektrickej energie, diaľkové vykurovanie, potravinársky a nápojový priemysel alebo chemický priemysel, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 73 %. Tieto zariadenia znižujú emisie prachu pomocou ESP alebo vrecového filtra, pričom využívajú aj výhody predchádzajúcich systémov, ako je polosuchá absorpcia alebo vstrekovanie sorbentu do potrubia na redukciu síry. Boli uvedené do prevádzky v rokoch 1965 až 2005 a vo všeobecnosti nepretržite monitorujú svoje emisie prachu. Krátkodobé (polhodinové až denné) priemery sa pohybujú medzi 0,5 mg/Nm³ a 25 mg/Nm³, za rok (5. – 95. ročný percentil). Najnovšie zariadenie uvedené do prevádzky (v roku 2004) dosahuje ročné emisie prachu na úrovni 5 mg/Nm³.



Obrázok 5.27: Ročné priemerné emisie prachu z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom medzi 100 MW_{th} a 300 MW_{th}

Obrázok 5.28 uvádza emisie prachu z dobre fungujúcich elektrární spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom medzi 300 MW_{th} a 1 000 MW_{th}, ktoré sú v prevádzke medzi 3 000 h/rok a 8 700 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia vo všeobecnosti nad 65 %, v rôznych sektoroch, ako je výroba elektrickej energie alebo diaľkové vykurovanie. Obsah popola v palive sa vo všeobecnosti pohybuje medzi 10 % a 20 %, pričom niektoré elektrárne spaľujú palivo s obsahom popola od 2 % do 27 % (v surovom stave). Uvedené elektrárne boli uvedené do prevádzky v rokoch 1963 až 2009 a nepretržite monitorujú svoje emisie prachu. Krátkodobé (polhodinové alebo hodinové) priemery sa vo všeobecnosti pohybujú medzi 0,5 mg/Nm³ a 20 mg/Nm³, za rok (5. – 95. ročný percentil).

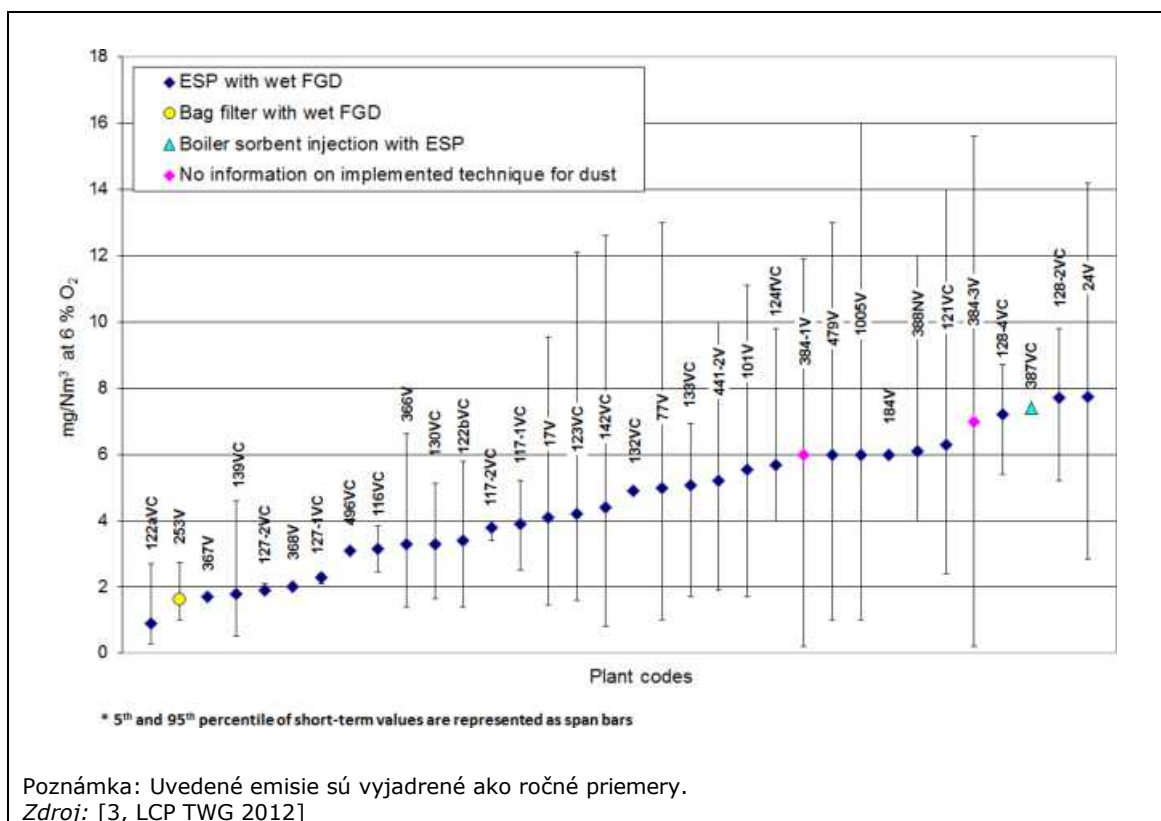


Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 5.28: Emisie prachu z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom medzi 300 MW_{th} a 1 000 MW_{th}

Obrázok 5.29 uvádza emisie prachu z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom nad 1 000 MW_{th}, ktoré sú v prevádzke medzi 2 400 h/rok a 8 700 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia vo všeobecnosti nad 62 %, v rôznych sektoroch, ako je výroba elektrickej energie alebo diaľkové vykurovanie. Obsah popola v palive sa vo všeobecnosti pohybuje medzi 5 % a 15 % (v surovom stave), pričom niektoré zariadenia spaľujú palivo s obsahom popola až 25 %. Uvedené zariadenia boli uvedené do prevádzky v rokoch 1968 až 2009 a nepretržite monitorujú svoje emisie prachu. Krátkodobé (polhodinové alebo hodinové) priemery sa vo všeobecnosti pohybujú medzi < 0,5 mg/Nm³ a 14 mg/Nm³, za rok (5. – 95. ročné percentily). Zariadenia uvedené do prevádzky v roku 2000 (zariadenia 253V, 116, 117-1/2) dosahujú ročné priemery nižšie ako 5 mg/Nm³.



Obrázok 5.29: Emisie prachu z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 1 000 MW_{th}

5.1.3.4.2 Všeobecné techniky prevencie a kontroly emisií ortuti

Informácie o všeobecných technikách prevencie a kontroly emisií ortuti zo spaľovacích zariadení sú uvedené v oddiele 3.2.2.5.

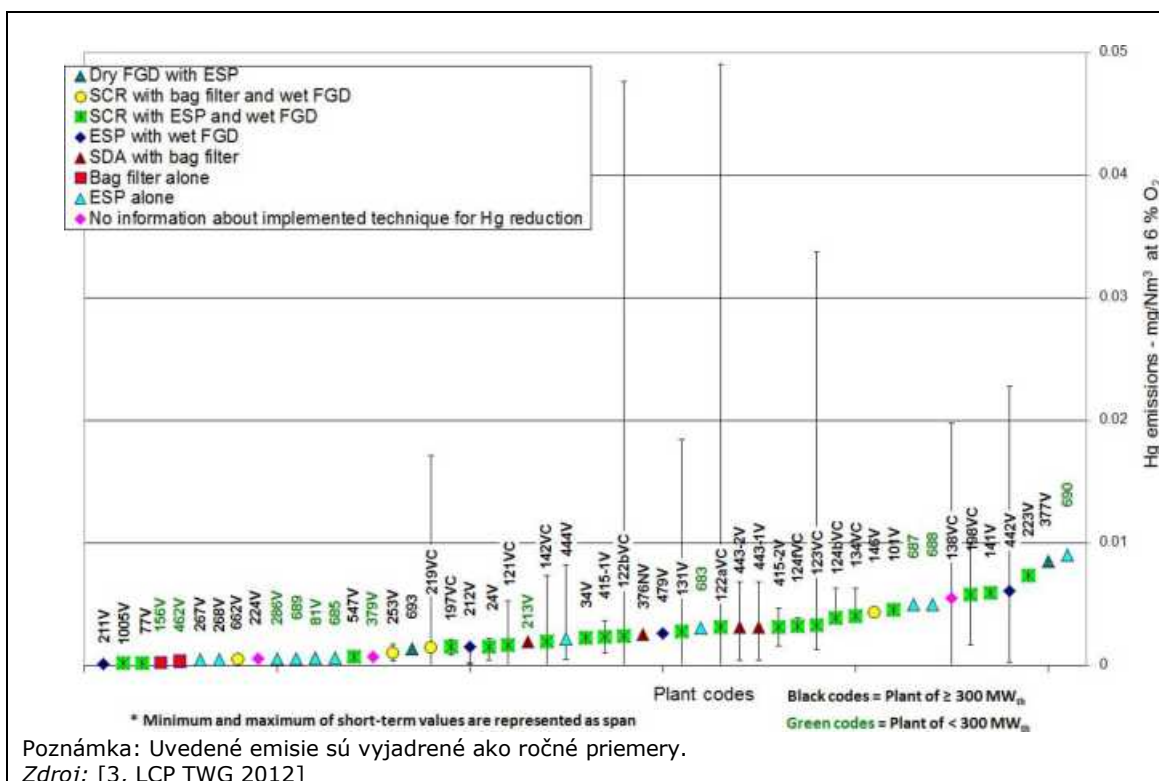
Tabuľka 5.32 obsahuje doplňujúce informácie týkajúce sa spaľovania hnedého uhlia a/alebo čierneho uhlia. Ďalšie podrobnosti o súvisiacej environmentálnych vlastností a prevádzkových údajoch sú uvedené za tabuľkou.

Tabuľka 5.32: Spoluprínos odstraňovania ortuti technikami používanými na iné znečisťujúce látky

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia	
ESP	Súvisiaci prínos zníženia emisií prachu zachytávaním častíc viazaných ortuť – pozri oddiel 3.2.2.5.1	Zníženie emisií ortuti	Vysoká prevádzková skúsenosť Pozri tiež grafy a informácie pod tabuľkou	Spotreba energie (0,1 – 0,2 percentuálneho bodu).	Všeobecne použiteľné	Všeobecne platné	NA
Vrecový filter (BF)	Vedľajší prínos zníženia emisií prachu zachytávaním častíc viazaných ortuť – pozri oddiel 3.2.2.5.1	Zníženie emisií ortuti	Vysoká prevádzková skúsenosť Pozri tiež grafy a informácie pod tabuľkou	Účinnosť elektrárne sa zníži o 0,1 – 0,4 percentuálneho bodu	Všeobecne platné	Všeobecne použiteľné	Prevádzkové a údržbové náklady sú vyššie ako v prípade ESP
SCR	Súvisiaci prínos zníženia emisií NO _x zvýšením oxidácie ortuti pred zachytením v nasledujúcej jednotke FGD – pozri oddiel 3.2.2.5.3	Zlepšenie zníženia emisií ortuti	NA	NA	Nevzťahuje sa na zariadenia s výkonom < 300 MW _{th} prevádzkované < 500 hodín/rok. Vo všeobecnosti sa nevzťahuje na spaľovacie zariadenia s výkonom < 100 MW _{th}	Rovnaké hľadiská ako v prípade nových elektrární. Okrem toho môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre modernizáciu elektrární prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok a pre existujúce elektrárne s výkonom ≥ 300 MW _{th} prevádzkované < 500 h/rok	NA
FGD	Súvisiaci prínos zníženia emisií SO _x rozpúšťaním a zachytávaním oxidovanej ortuti – pozri oddiel 3.2.2.5.2	Zníženie emisií ortuti	NA	NA	Uplatniteľné, ak sa táto technika používa hlavne na znižovanie emisií SO _x , HCl a/alebo HF. Mokrý FGD nie je uplatniteľný na zariadeniach prevádzkovaných menej ako 500 hodín ročne. Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre použitie mokrého FGD v zariadeniach s výkonom < 300 MW _{th}	Rovnaké úvahy ako v prípade nových elektrární. Okrem toho môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre modernizáciu existujúcich elektrární prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok.	NA
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie.							

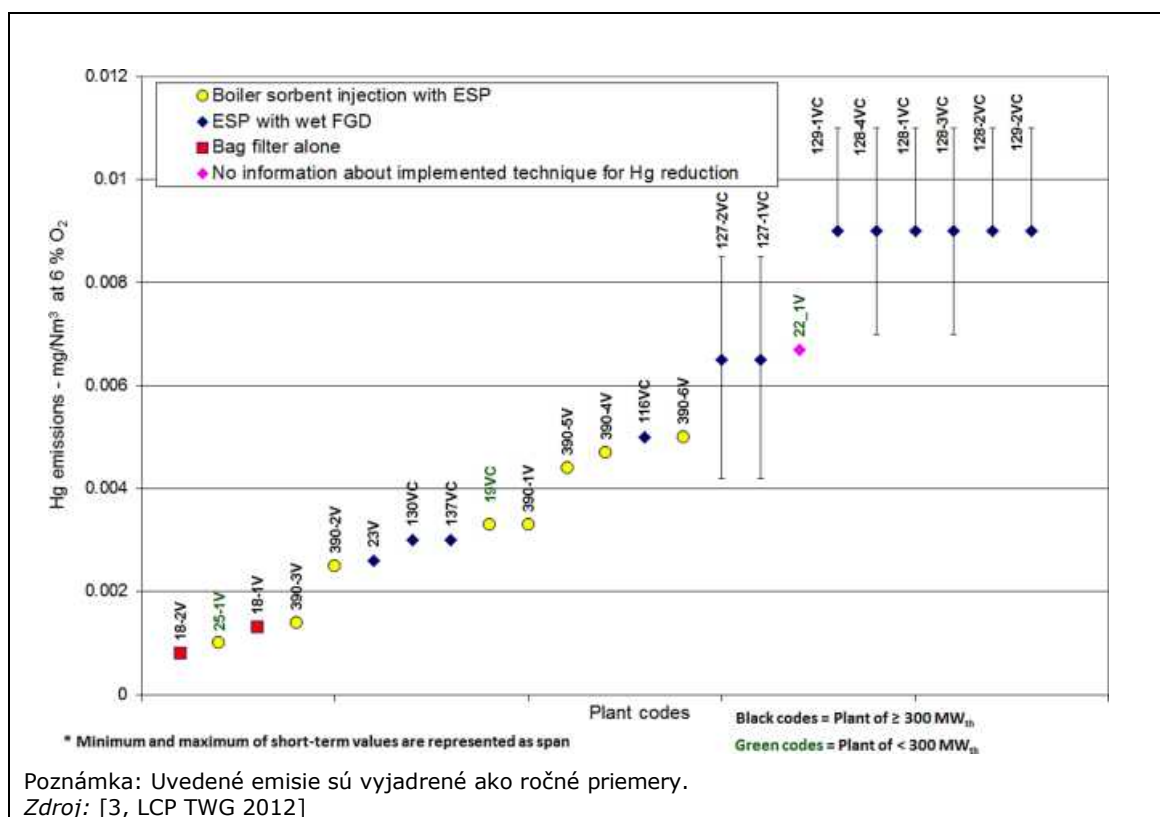
Environmentálne výsledky a prevádzkové údaje o emisiách ortuti z dobre fungujúcich zariadení na základe údajov zozbieraných na európskej úrovni za rok 2010

- Nahlásené emisie ortuti z dobre fungujúcich zariadení na spaľovanie čierneho uhlia s výkonom < 300 MW_{th} s výkonom medzi 15 MW_{th} a 300 MW_{th} (12 zariadení uvedených v grafe 5.30) sa pohybujú medzi 0,2 µg/Nm³ a 9 µg/Nm³, ako ročný priemer na základe jedného až piatich periodických meraní za rok. Príslušné zariadenia sú vybavené ESP alebo vrecovým filtrom a boli uvedené do prevádzky v rokoch 1963 až 2008. Treba poznamenať, že niektoré z týchto elektrární nevyužívajú nevyhnutne BAT, keďže ich emisie NO_x a SO_x sú pomerne vysoké (viac ako 300 mg/Nm³ a 400 mg/Nm³) a môžu byť nútené zaviesť dodatočné techniky alebo vylepšiť existujúce techniky s cieľom ďalej znížiť emisie týchto znečisťujúcich látok; to bude mať tiež vedľajší prínos v podobe zníženia emisií ortuti.
- Okrem údajov uvedených v grafe 5.30 zariadenie 520 (uhlie – 134 MW_{th}) vykazuje emisie Hg < 8,5 µg/Nm³ ako priemer periodických vzoriek za tri roky. [68, EEB 2013] [69, EEB 2013]
- Obrázok 5.30 tiež ukazuje emisie ortuti z dobre fungujúcich zariadení na spaľovanie čierneho uhlia s výkonom ≥ 300 MW_{th} až 3 800 MW_{th}, ktoré prevádzkujú medzi 2 900 h/rok a 8 760 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 60 %, hlavne na výrobu elektrickej energie a diaľkové vykurovanie. Spaľujú uhlie s obsahom Hg zvyčajne medzi 0,006 mg/kg a 0,9 mg/kg a obsahom chlóru medzi menej ako 1 mg/kg a 4 460 mg/kg. Boli uvedené do prevádzky v rokoch 1965 až 2008. Najnovšie zariadenie (zariadenie 253V – 2008) má priemerné ročné koncentrácie emisií Hg približne 1 µg/Nm³ a je vybavené SCR, mokrým FGD a vrecovým filtrom. Väčšina týchto zariadení vykonáva pravidelné monitorovanie emisií Hg (s 2 až 41 pravidelnými meraniami ročne) a deväť z nich monitoruje túto znečisťujúcu látku nepretržite.
- Okrem údajov uvedených v grafe 5.30 zariadenie 493 (uhlie – 1372 MW_{th} x 3) uvádza emisie Hg vo výške 1,75 µg/Nm³ ako odhad vypočítaný na základe hmotnostnej bilancie v kontexte formálnej žiadosti o environmentálne povolenie v roku 2012. [70, EEB 2013]



Obrázok 5.30: Emisie ortuti z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie

Obrázok 5.31 znázorňuje emisie ortuti z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich hnedé uhlie s výkonom medzi 74 MW_{th} a 2465 MW_{th}, prevádzkovaných medzi 3 600 h/rok a 8 760 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 69 %, na výrobu elektrickej energie a diaľkové vykurovanie. O vlastnostiach hnedého uhlia bolo zverejnených veľmi málo informácií, napríklad hladiny chlóru medzi 100 mg/kg a 210 mg/kg a hladiny Hg okolo 0,23 mg/kg. Tieto elektrárne boli uvedené do prevádzky v rokoch 1951 až 2010. Nedávno postavené zariadenia (zariadenie 23V s výkonom 890 MW_{th} a zariadenie 19V s výkonom 74 MW_{th}) majú priemerné ročné koncentrácie emisií Hg nižšie ako 3,5 µg/Nm³. Nepoužívajú žiadne špecifické techniky na znižovanie emisií ortuti, ktoré by mohli ďalej zlepšiť ich výkonnosť. Uvedené hodnoty emisií sú výsledkom nepretržitého monitorovania v jednom prípade alebo periodického monitorovania s frekvenciou merania od jedného do dvanástich meraní ročne v ostatných prípadoch.



Obrázok 5.31: Emisie ortuti z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich hnedé uhlie

Problémy s monitorovaním

Neustále alebo pravidelné monitorovanie Hg niekoľkokrát ročne umožňuje lepšie poznať skutočnú výkonnosť zariadenia, pretože správanie Hg v zariadení je pomerne zložitá a môže sa podstatne líšiť na úrovni potrubia. Monitorovanie sorbentových lapačov je nákladovo efektívnou alternatívou k neustálemu monitorovaniu a v USA sa používa ako možná štandardizovaná metóda monitorovania ortuti.

Pre pravidelné merania Hg bola v Európe validovaná norma EN 13211 pre výfukové plyny zo spaľovni odpadu v rozmedzí 1 – 500 µg/m³. V norme je uvedená aj medza detekcie 2,6 µg/m³ (vypočítaná pre objem vzorky plynu 50 l). Pri nepretržitých meraniach Hg má certifikovaný automatizovaný merací systém s najnižším certifikačným rozsahom podľa správ opakovanosť štandardnej odchýlky v nulovom bode 0,2 % certifikačného rozsahu, čo zodpovedá medze kvantifikácie 0,08 µg/m³. Zdá sa teda, že koncentrácie Hg < 1 µg/m³ je možné v niektorých prípadoch merať, ale neistota merania bude vyššia, pretože takéto hladiny sa blížia k detekčnému/kvantifikačnému limitu.

Boli uvedené informácie o certifikácii kontinuálnych monitorov ortuti používaných v USA s úrovňou presnosti $\leq 1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$, ktoré spĺňajú certifikáciu výkonu 12A pre kontinuálne monitory emisií ortuti (CEMS). [71, Luminant 2013] [72, EEB 2013]

Príklady nákladov na monitorovanie emisií ortuti z komínov sú nasledovné:

- Pre nepretržité monitorovanie sú investičné náklady približne 80 000 – 100 000 EUR s príslušnými prevádzkovými nákladmi približne 5 000 EUR ročne (cenová úroveň z roku 2010). Príslušná norma EN je 14884. Ťažkosti s kalibráciou sú hlásené pod $5 - 10 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.
- V prípade periodického monitorovania boli hlásené náklady vo výške 1 500 – 3 000 EUR na vzorku. Norma EN 13211 je validovaná pre rozsah merania $1 - 500 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

[60, Lecomte 2014]

5.1.3.4.3 Špecifické techniky na prevenciu a znižovanie emisií ortuti

Údaje americkej agentúry EPA naznačujú, že približne štvrtina zariadení v USA môže dosahovať zníženie emisií Hg o viac ako 90 % jednoducho ako vedľajší prínos používania iných zariadení na znižovanie znečistenia, ako je odsírovanie spalín, selektívna katalytická redukcia a vrecový filter. Táto konfigurácia technológií kontroly sa vo veľkej miere implementuje v Európe v zariadeniach na spaľovanie uhlia na kontrolu emisií prachu a kyslých plynov do ovzdušia. Tieto techniky znižovania emisií však nemusia byť vždy dostatočné alebo vhodné na dosiahnutie tejto úrovne výkonu vzhľadom na vlastnosti čierneho uhlia a hnedého uhlia a môžu si vyžadovať dodatočné/alternatívne riešenia, ako je opísané nižšie, na kontrolu ortuti.

5.1.3.4.3.1 Predbežná úprava paliva

Opis

Predbežná úprava paliva pred spaľovaním sa môže použiť s ďalšími vedľajšími prínosmi alebo technikami špecifickými pre Hg, alebo bez nich, aby sa dosiahla dobrá úroveň zníženia emisií ortuti do ovzdušia. Predbežná úprava môže spočívať v čistení, zmiešaní s iným palivom a/alebo použití prísad.

Technický opis

Čistenie uhlia

Existuje mnoho typov čistiacich procesov, ktoré sú všetky založené na princípe, že uhlie má menšiu hustotu ako pyritická síra, hornina, íl alebo iné nečistoty produkujúce popol, ktoré sú v ňom zmiešané alebo zakotvené. Mechanické zariadenia využívajúce pulzujúce prúdy vody alebo vzduchu môžu fyzicky vrstviť a odstraňovať nečistoty. Odstredivá sila sa niekedy kombinuje s prúdmi vody a vzduchu, aby pomohla pri ďalšom oddeľovaní uhlia od nečistôt. Ďalšou metódou je pranie hustým médiom, ktoré využíva ťažké kvapalné roztoky zvyčajne pozostávajúce z magnetitu (jemne mleté častice oxidu železa) na oddelenie uhlia od nečistôt. Menšie uhlia sa niekedy čistia pomocou penovej flotácie. Táto technika sa od ostatných líši tým, že sa menej zameriava na gravitáciu a viac na chemické oddelenie. [278, US EPA 1997]

Tieto procesy odstraňujú časť ortuti spojenej s nehorľavými minerálnymi materiálmi. Zvyčajne však neodstraňujú ortuť spojenú s organickou uhlíkovou štruktúrou uhlia.

Okrem toho je účinnosť odstraňovania ortuti z uhlia počas konvenčného čistenia uhlia veľmi rôznorodá v závislosti od zdroja uhlia a povahy ortuti v ňom.

Všeobecne možno očakávať, že zníženie obsahu ortuti v čiernom/hnedom uhlí nižšej kvality bude nižšie ako v bitumenóznom uhlí, pretože v uhlí nižšej kvality je väčšia časť ortuti pravdepodobne viazaná na organickú uhlíkovú štruktúru, a preto nebude odstránená.

Miešanie/prechod na iný druh uhlia

V kontexte kontroly ortuti existujú dva ciele zmiešavania uhlia:

- zvýšiť koncentráciu halogenidov, čím sa zvýši podiel oxidovanej ortuti, ktorá je rozpustná vo vode a preto ju možno ľahšie zachytiť pomocou práčky na odsiľovanie spalín;
- znížiť množstvo ortuti, ktoré sa má odstrániť, zmiešaním s uhlím s nízkym obsahom ortuti alebo prechodom na takého uhlie.

Prísady do uhlia

Množstvo zachytenej ortuti sa všeobecne zvyšuje s rastom množstva halogenidov v uhlí a nespáleného uhlíka. Zachytávanie ortuti sa preto môže zvýšiť v uhlí s nízkym obsahom halogenidov pridaním halogenidov, najmä bromidu. Alternatívne sa môže pridať chlorovodík alebo chlorid amónny. Bróm má podľa všetkého výhodu oproti chlóru, pretože jeho reakcie typu Deacon sú priaznivejšie a je spotrebúvaný SO₂ v menšej miere ako chlór, čím sa vyžaduje použitie menšieho množstva prísady.

Pri hlavnom použití tejto techniky, t. j. pridávaní bromidu, prísady do uhlia v podstate tvoria podmnožinu techniky pridávania Br, ktorá je podrobnejšie opísaná v oddiele 5.1.3.4.3.3. Pridávanie pred kotlom je jednou z viacerých možných možností pridávania bromidu do paliva, čo bude podrobnejšie opísané v tejto časti.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zníženie obsahu ortuti v emisiách do ovzdušia.
- Zníženie obsahu popola v palive (z približne 40 % na 20 – 30 %) a obsahu síry.
- Zvýšenie výhrevnosti paliva.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Vzhľadom na rozdiely v zdroji uhlia a v zložení ortuti v ňom sa účinnosť čistenia uhlia na odstraňovanie ortuti výrazne líši. V jednej analýze 26 vzoriek bitumenózneho uhlia z USA sa v 5 vzorkách pri konvenčnom čistení uhlia nezistilo žiadne odstránenie ortuti, zatiaľ čo v ostatných 21 vzorkách došlo k zníženiu obsahu ortuti v rozmedzí od 3 % do 64 %, pričom priemer všetkých vzoriek bol približne 21 %. Iná štúdia 24 vzoriek bitúmenového uhlia však ukázala priemerné zníženie obsahu ortuti o 37 % na základe energie, pričom hodnoty sa pohybovali od 12 % do 78 %.

Zvýšením podielu oxidovanej ortuti môže zmiešavanie uhlia zvýšiť zachytávanie ortuti v pračke FGD až o 80 %.

Medzizložkové vplyvy

Prenos ortuti do odpadových vôd v prípade použitia mokrych techník vypierania. Rozpustená ortuť sa môže zrážať sulfidmi ako pri bežnej technike čistenia odpadových vôd z odsiľovania, ale rozpustený organický uhlík (DOC) sa bežnými technikami elektrárne nezníži.

Pokiaľ ide o medzizložkové vplyvy v dôsledku prísad do uhlia alebo zmesi/prechodu na iný druh uhlia, pozri aj oddiel 5.1.3.4.3.3 o používaní halogénovaných prísad.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Vzhľadom na variabilitu v závislosti od zdroja uhlia a povahy obsiahnutej ortuti je potrebné otestovať techniky predbežnej úpravy, ako je čistenie uhlia, aby sa určilo, koľko ortuti je možné z daného uhlia odstrániť.

Pri použití prísad do uhlia je veľmi dôležité dosiahnuť rovnomerné rozloženie prísad v palive, aby sa dosiahlo účinné zníženie obsahu ortuti.

Hospodárska únosnosť

Pokiaľ ide o prísady do uhlia, pozri oddiel 5.1.3.4.3.3.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Pre prísady do uhlia: Zariadenie Pleasant Prairie (USA).

Referenčná literatúra

[2, EEB 2012], [73, KEMA - VGB Powertech 2012], [74, ECOBA 2012], [75, VGB Powertech 2012], [76, EEB 2012], [77, EEB 2012], [78, Bustard et al. 2005]

5.1.3.4.3.2

Vstrekovanie sorbentu uhlíka

Opis

Absorpcia ortuti uhlíkovými sorbentmi, ako je aktívne uhlie, ktoré sa zvyčajne vstrekuje do spalín.

Technický opis

Ide o najvyspelejšiu technológiu na kontrolu ortuti, pri ktorej sa ortuť absorbuje pomocou uhlíkových sorbentov, s chemickou úpravou alebo bez nej. Systém vstrekovania sorbentu možno vylepšiť pridaním doplnkového vrecového filtra. Neupravené uhlíkové sorbenty môžu byť menej účinné v prípade palív nízkej kvality. Chemicky upravené sorbenty (napr. halogenidmi, ako je chlór alebo bróm) však môžu pomôcť premeniť ťažšie zachytiteľnú ortuť obsiahnutú v takýchto palivách nízkej kvality na ľahšie zachytiteľnú formu, čím sa dosiahne vysoká redukcia ortuti vo všetkých typoch uhlia.

V niektorých zariadeniach sa používajú aj prísady na vylepšenie sorbentu, aby sa výrazne znížila rýchlosť vstrekovania sorbentu a zachovala sa kvalita popolčeka na opätovné použitie. Tieto ciele sa ďalej vylepšujú rafináciou sorbentov mletím a zmenou miest vstrekovania sorbentu. Okrem toho sa v niektorých aplikáciách zistilo, že vstrekovanie sorbentov na horúcej strane predohrievačov vzduchu môže znížiť množstvo sorbentu potrebného na dosiahnutie požadovaných úrovní kontroly ortuti.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

- Zníženie emisií ortuti.
- Pozitívny vedľajší účinok na odstraňovanie SO_x a NO_x, čím sa zvyšuje nákladová efektívnosť aplikácie.
- Zvýšené znížovanie prachu v prípadoch, kde sa používa ESP alebo BF.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Komerčné nasadenie a 50 priemyselných testov systémov vstrekovania sorbentov, ktoré vykonalo americké ministerstvo energetiky (DoE), dosiahlo v priemere 90 % zníženie emisií ortuti. Tieto systémy sa používajú v 25 kotloch v 14 amerických zariadeniach na spaľovanie čierneho uhlia. Účinnosť vstrekovania sorbentov je do veľkej miery ovplyvnená typom uhlia a konfiguráciou kotla, ako aj vhodným a homogénnym rozložením sorbentu v priereze potrubia. Analýza amerického Úradu pre ochranu životného prostredia (EPA) týkajúca sa najvýkonnejších systémov ukázala priemerné zníženie emisií ortuti takmer o 96 % vo všetkých troch hlavných triedach uhlia, t. j. bitumenóznom, subbitumenóznom a hnedom uhlí.

Odstraňovanie ortuti sa zvyšuje s množstvom sorbentu vstrekovaného do spalín. V elektrárnach skúmaných americkým ministerstvom energetiky bola priemerná rýchlosť vstrekovania sorbentu 6,5 obj. %, pričom rýchlosti sa pohybovali od 0,8 obj. % do 17,5 obj. %.

Účinnosť odstraňovania uhlíkových sorbentov sa zvyšuje, ak sa namiesto ESP používa vrecový filter, a to vďaka dlhšej dobe zotrvania, ktorá umožňuje väčší kontakt medzi sorbentom a spalinovými plynmi obsahujúcimi ortuť. V dôsledku toho je na zachytenie rovnakého množstva ortuti v porovnaní s ESP potrebná len jedna tretina sorbentu.

Všetky závody však nedokážu dosiahnuť podstatné zníženie emisií, pretože:

- Oxid sírový – ktorý sa môže vytvárať za určitých prevádzkových podmienok alebo pri použití bitumenóznych uhlí s vysokým obsahom síry – môže obmedzovať zníženie obsahu ortuti tým, že bráni väzbe ortuti na uhlíkové sorbenty.
- Vysokoteplotné elektrostatické odlučovače môžu znížiť účinnosť systémov vstrekovania sorbentov, pretože vysoké prevádzkové teploty znižujú schopnosť ortuti viazať sa na sorbenty a zachytávať sa v zariadeniach. V súčasnosti však boli vyvinuté vysokoteplotné sorbenty ortuti určené na použitie vo vysokoteplotných ESP pri teplotách až do 430 °C.
- Hnedé uhlie má relatívne vysoký obsah elementárnej ortuti, ktorá je najťažšie zachytiteľná, napr. podiel Hg^0 na celkovom množstve Hg v spalínach je 80 % v kotloch spaľujúcich hnedé uhlie v porovnaní s podobným podielom 30 % v kotloch spaľujúcich uhlie podľa štúdie vykonanej v šiestich elektrárnach v Číne. [28, S.Wang et al. 2009]

Na dosiahnutie podstatného zníženia emisií v niektorých zariadeniach s týmito problémami, vrátane tých, ktoré sú uvedené nižšie, môžu byť potrebné iné stratégie, ako napríklad zmiešavanie uhlia alebo použitie iných technológií.

Oxid sírový

- Použitie systému vstrekovania alkálií v kombinácii s vstrekaním sorbentu môže účinne znížiť rušenie oxidom sírovým.
- Dodávatelia zariadení na kontrolu ortuti pracujú na vývoji alternatívnych prostriedkov na úpravu spalín, ktoré by sa mohli používať namiesto oxidu sírového v systéme úpravy, aby sa zlepšil výkon elektrostatických odlučovačov bez ohrozenia redukcie ortuti pomocou vstrekovania sorbentu.
- Hoci systémy selektívnej katalytickej redukcie NO_x často zlepšujú zachytávanie ortuti, v niektorých prípadoch môžu viesť k interferencii oxidu sírového, keď sa síra v uhlí premieňa na plynny oxid sírový. Novšie systémy selektívnej katalytickej redukcie majú často vylepšené katalytické kontroly, ktoré môžu minimalizovať premenu síry na plynny oxid sírový.
- Bitumenózne uhlie s vysokým obsahom síry (t. j. s obsahom síry najmenej 1,7 % hmotnosti) môže v niektorých prípadoch tiež viesť k tvorbe interferencie oxidu sírového, hoci počet zariadení používajúcich tieto uhlie s vysokým obsahom síry bude pravdepodobne klesať v dôsledku čoraz prísnejších kontrol obsahu síry. Existujú však dva spôsoby, ako tento problém riešiť:
 - použitie sorbentov na báze alkálií na adsorpciu oxidu sírového, skôr ako môže ovplyvniť výkon systému vstrekovania sorbentu;
 - zmiešanie paliva s uhlím s nízkym obsahom síry.

Vysokoteplotný ESP

- Použitie tepelne odolného sorbentu. Nebrómovaný ACI má veľmi nízku schopnosť zachytávať ortuť pri teplotách nad 150 °C. Brómovaný ACI môže poskytovať stabilnú a vysokú úroveň redukcie ortuti až do teplôt približne 290 °C a tepelne odolné sorbenty fungujú až do 430 °C.
- Inštalácia vrecového filtra okrem systému vstrekovania sorbentu.

Hnedé uhlie

- Použitie vyššej rýchlosti vstrekovania sorbentu.

- Zmiešanie so subbituminóznym uhlím.

Nakoniec, podľa štúdie US EPA z roku 2009 v dvoch závodoch vybavených ESP na studenej alebo horúcej strane, s rôznym obsahom chlóru v uhlí (150 ppm v jednom prípade a 1 400 ppm v druhom prípade), so vstrekom brómovaného aktívneho uhlia pred týmito zariadeniami, nebolo zaznamenané žiadne zvýšenie emisií celkových a toxických ekvivalentov (TEQ) chlórovaných a brómovaných dioxínových zlúčenín v porovnaní s obsahom bez vstrekovania aktívneho uhlia. [79, Hutson et al. 2009]

Medzizložkové vplyvy

- Vyšší obsah ortuti v popolčeku.
- Brómované/chlórované aktívne uhlie môže spôsobiť koróziu.
- Vyšší obsah organických látok v zložení popolčeka (nezhorený uhlík presahujúci 1 – 1,5 percentuálneho bodu).

Vplyv na rezíduá po spaľovaní uhlia

Chemicky aj nechemicky upravené sorbenty uhlíka majú vplyv na rezíduá po spaľovaní uhlia (CCR), najmä na popolček a kaly z odsírovania spalín. Výsledkom sú CCR so zvýšeným obsahom ortuti a iných spolu zachytených kovov (napr. arzénu a selénu) a prítomnosťou vstreknutého sorbentu a iných chemických modifikátorov. Testy vykonané americkou agentúrou EPA ukazujú, že ortuť sa silne zadržiava v CCR a je nepravdepodobné, že by sa vylúhovala v množstvách, ktoré by mohli ohroziť životné prostredie. V niektorých zariadeniach môže dochádzať k vyplavovaniu arzénu a selénu v množstvách, ktoré môžu byť potenciálne znepokojujúce, ale k tomu môže dochádzať aj bez použitia technológií na zvýšenú kontrolu ortuti. V mnohých prípadoch sa však množstvo ortuti, arzénu a selénu uvoľneného z CCR odhaduje na malú časť (< 0,1 % – 5 %) z celkového obsahu.

Nadbytok brómu, ktorý nereagoval s ortuťou a ktorý sa premenil na bromid, sa môže do určitej miery vyplavovať, ak je skladovaný vo vlhkých nádržiach, v závislosti od dĺžky kontaktu a množstva vody, ktorej je vystavený. Okrem toho sa Br nevyplavuje, pretože chemicky reaguje na aktívne uhlie v procese brómovania v plynnej fáze. K obmedzenému vyplavovaniu Br dochádza aj v prípade, ak sa popolček obsahujúci sorbenty používa v betóne.

Uhlík v sorbentoch môže spôsobiť, že popolček nebude použiteľný na niektoré účely, čím sa zvýši potreba skladovania a likvidácie. Takáto likvidácia nemusí byť v niektorých krajinách EÚ povolená. Pokrok v technológiách sorbentov, ktorý znížil náklady na sorbenty v niektorých závodoch, však ponúka aj potenciál zachovať trhovú hodnotu popolčeka, a tým aj jeho použitie ako vedľajšieho produktu. Napríklad aspoň jeden výrobca ponúka sorbent vhodný pre betón, ktorý pomáha zachovať predaj popolčeka. Alternatívne by sa popolček mohol oddeľovať pomocou doplnkového vreckového filtra alebo spracovávať v dodatočnom zariadení na spracovanie s cieľom extrahovať frakciu uhlíka obsahujúcu ortuť. Existuje proces, ktorý oddeľuje častice bohaté na uhlík. Táto frakcia, bohatá na uhlík a obsahujúca ortuť, sa likviduje ako nebezpečný odpad v závislosti od vnútroštátnych právnych predpisov.

[73, KEMA - VGB Powertech 2012]

Pri tepelnom spracovaní popolčeka môže byť potrebné použiť dodatočnú techniku na ďalšie oddelenie frakcie uhlíka obsahujúcej ortuť pred tepelným spracovaním, aby sa zabránilo opätovnému uvoľneniu zachytenej ortuti v popolčeku vo forme elementárnej ortuti. [73, KEMA - VGB Powertech 2012]

Podľa dodávateľa systémov ACI (injektáž aktívneho uhlia) s obsahom brómu by obsah ortuti v betóne bol 0,00001 %. Pri použití ACI však môže dôjsť k určitému sfarbeniu betónu.

V dôsledku vstrekovania sorbentu dochádza k zvýšeniu zaťaženia PM o < 4 %, pričom pri vstrekaní halogénovaných sorbentov je toto zvýšenie ešte nižšie.

Výpočty naznačujú, že nárast $PM_{2,5}$ by bol $< 0,2 \%$. Pri použití ESP je tento nárast kompenzovaný brómovaným ACI, ktorý zlepšuje činnosť ESP, a sorbentom, ktorý mení odpor letného popola, čo vedie k zmene elektrického poľa ESP.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Všeobecne použiteľné pre nové a existujúce zariadenia.

Odstraňovanie ortuti je účinnejšie pri použití vrecových filtrov. Zníženie o 80 – 90 % bolo dosiahnuté pri všetkých troch hlavných typoch uhlia (bituminózne, subbituminózne a hnedé uhlie) a pri typoch kotlov, ktoré sa nachádzajú v troch štvrtinách uhoľných elektrární v USA.

Bežný ACI sa môže použiť na aplikácie, ktoré vyžadujú odstránenie 50–60 % ortuti, pričom brómovaný ACI dokáže dosiahnuť zníženie o viac ako 90 %.

Hospodárska únosnosť

V rámci programu výskumu a vývoja amerického ministerstva energetiky (DOE) dosiahli náklady na nákup a inštaláciu systémov na vstrekovanie sorbentov a monitorovacieho zariadenia v priemere 3,6 milióna USD, pričom sa pohybovali v rozmedzí od 1,2 milióna USD do 6,2 milióna USD. V prípadoch, keď boli inštalované aj vrecové filtre, primárne na podporu systému vstrekovania sorbentov pri redukcii Hg, dosiahli priemerné náklady 16 miliónov USD, pričom sa pohybovali v rozmedzí od 12,7 milióna USD do 24,5 milióna USD. Rozdelenie týchto priemerných kapitálových nákladov je uvedené v tabuľke 5.33.

Tabuľka 5.33: Príklad kapitálových nákladov na implementáciu systému vstrekovania sorbentu na zníženie emisií ortuti

Náklady na komponenty	Systém vstrekovania sorbentu	Systém vstrekovania sorbentu + vrecový filter na podporu odlučovania ortuti
Počet kotlov	14	5
Systém vstrekovania sorbentu	2 723 277 USD	1 334 971 USD
Systém monitorovania emisií ortuti	559 592 USD	119 544 USD
Poradenstvo a inžinierstvo	381 535 USD	1 444 179 USD
Vrecový filter		19 009 986 USD
CELKOVO	3 594 023 USD ⁽¹⁾	15 785 997 USD ⁽¹⁾
⁽¹⁾ Čísla nie sú zahrnuté v celkových nákladoch. Celkové náklady boli uvedené pre všetky kotly, ale údaje o jednotlivých kategóriách nákladov boli uvedené len pre niektoré z nich.		

Iný zdroj od dodávateľa systémov na vstrekovanie aktívneho uhlia uvádza fixné náklady (cenová úroveň z roku 2013) vo výške 0,5 – 1,5 milióna USD na jednu inštaláciu.

Priemerné ročné prevádzkové náklady systémov vstrekovania sorbentu v USA sú 640 000 USD – takmer výlučne náklady na sorbent. Tieto náklady sa v súčasnosti v niektorých aplikáciách znižujú použitím prísad na zlepšenie vlastností sorbentu.

V štúdií DOE bolo uvedené, že osem kotlov malo skutočné alebo odhadované náklady súvisiace s popolčekom v priemere 1,1 milióna USD ročne.

V prípade elektrární, ktoré nainštalovali iba systém vstrekovania sorbentu, aby splnili požiadavky na emisie ortuti, náklady na nákup, inštaláciu a prevádzku systémov vstrekovania a monitorovania sorbentu predstavovali dodatočné náklady vo výške 0,12 centa za kilowatthodinu.

Hnacia sila implementácie

Hnacou silou implementácie techník na kontrolu ortuti je perspektíva alebo existencia legislatívy.

Príklady zariadení

Americká agentúra EPA vykonala podrobnú štúdiu 25 kotlov v 14 uhoľných elektrárnach v Spojených štátoch, kde sa sorbenty komerčne používajú. Z nich 13 identifikovali americké orgány – BI England, New Jersey; Brayton Point, Massachusetts; Bridgeport Harbor, Connecticut; Crawford, Illinois; Fisk, Illinois; Indian River Generating Station, Delaware; Mercer Generating Station, New Jersey; Presque Isle, Michigan; TS Power Plant, Nevada; Vermillion Power Station, Illinois; Walter Scott junior Energy Centre, Iowa; Waukegan, Illinois; Weston, Wisconsin. Všetky splnili požiadavky svojho štátu na zníženie emisií a dosiahli priemerné zníženie o 90 %. Napríklad:

- 164 MW_e kotol na bituminózne palivo, postavený v 60. rokoch 20. storočia a prevádzkovaný s elektrostatickým odlučovačom na studenej strane a mokrou práčkou, prekročil požiadavku na zníženie emisií o 90 % a dosiahol zníženie emisií ortuti o viac ako 95 % pomocou chemicky upraveného uhlíkového sorbentu.
- Kotol na subbituminózne palivo s výkonom 400 MW_e, postavený v 60. rokoch 20. storočia a prevádzkovaný s elektrostatickým odlučovačom na studenej strane a vrecovým filtrom, dosiahol 99 % zníženie emisií ortuti pomocou neupraveného uhlíkového sorbentu, čím prekročil regulačný požiadavku na zníženie emisií o 90 %.
- Nedávno postavený 600 MW_e kotol na subbituminózne palivo, ktorý používa vrecový filter, suchú práčku a selektívny katalytický redukčný systém, dosiahol 85 % zníženie emisií ortuti pomocou chemicky upraveného uhlíkového sorbentu, čím prekročil svoj regulačný požiadavku na zníženie emisií o 83 %.

Príklady zariadení prevádzkovaných v USA v roku 2013 sú uvedené v tabuľke 5.34.

Tabuľka 5.34: Príklady zariadení v USA prevádzkujúcich systémy vstrekovania brómovaného aktívneho uhlia

Názov zariadenia	Veľkosť, MW _e	Palivo	NO _x	SO _x	Prac h	Hg	Miera zníženia emisií Hg
Detroit Edison St. Clair	169	PRB/nízko bituminózny (85/15)	LNB	žiadny	Studený ESP	ACI, 48 mg/m ³	94
GRE Stanton 10	60	Hnedé uhlie	Žiadne	SDA	BF	ACI, 24 mg/m ³	90
PPL Corrette	163	PRB	LNB	Žiadne	Studený ESP	ACI, 32 mg/m ³	90
Bicent, Harden	119	PRB	LNB	SDA	BF	ACI, 16 mg/m ³	90
Sunflower Electric, Holcomb 1	349	PRB	LNB	SDA	BF	ACI, 19 mg/m ³	93
Ameren, Meramec 2	138	PRB	LNB	Žiadne	Studený ESP	ACI, 53 mg/m ³	93
Great river, Stanton 1	188	PRB	Žiadne	Žiadne	Studený ESP	ACI, 27 mg/m ³	85
NRG, Limestone 1	890	Hnedé uhlie a PRB	NA	WFGD	Studený ESP	ACI, 16 mg/m ³	90
Progress, Lee 1	79	Východné bituminózne	LNB	Žiadny	Studený ESP	ACI, 128 mg/m ³	85
Zdroj: [80, EEB 2013]							

Referenčná literatúra

[2, EEB 2012], [38, US-GAO 2009], [73, KEMA - VGB Powertech 2012], [74, ECOBA 2012], [80, EEB 2013]

5.1.3.4.3.3 Použitie halogénovaných prísad (napr. bromidu)

Opis

Prídavok halogenidov do paliva alebo do pece s cieľom oxidovať ortuť v spalínach na rozpustnú formu, čím sa zvýši odstraňovanie ortuti v následných kontrolných zariadeniach.

Technický opis

Bromid sa môže streknúť na viacerých rôznych miestach:

- do paliva predtým, ako sa dostane do skladovacieho zásobníka;
- k palivu, keď opúšťa zásobník;
- do čiastkových prúdov paliva prúdiaceho do rôznych uhoľných mlynov;
- do spaľovacej komory priamo cez vstrekovače;
- do odpadového plynu opúšťajúceho spaľovaciu komoru;
- do kotlového plynu (ak je teplota dostatočne vysoká, t. j. 500 °C, najlepšie > 800 °C).

Množstvo pridaného materiálu sa pohybuje od < 40 ppm do 440 ppm Br na tonu paliva v suchom stave, pričom najbežnejšie množstvo pridaného materiálu je okolo 50 ppm.

Dosiahnutý environmentálny prínos

Znížené emisie ortuti.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Uvádajú sa miery oxidácie ortuti od 85 % do > 95 %, miery zníženia emisií od 82 % do > 89 % a úrovne emisií < 1 µg/Nm³ (VGB 2013).

Pre jednotky bez SCR: na dosiahnutie rovnakej oxidácie ortuti sú potrebné vyššie dávky pridaného bromidu ako v prípade jednotiek s SCR.

V prípade jednotiek bez FGD: samotné pridanie bromidu výrazne neznižuje emisie Hg, ale zlepšuje účinnosť ACI pre tieto jednotky. Vysoké hladiny SO₃ v spalínach môžu obmedzovať účinnosť takejto kombinácie pridania bromidu a ACI a môžu si vyžadovať dodatočnú technológiu na zmiernenie SO₃.

Je dôležité dosiahnuť rovnomerné rozloženie bromidu na palive. Bez toho je výkon menej efektívny.

Medzizložkové vplyvy

- Meranie ortuti v spalínach je veľmi ťažké vykonať v prítomnosti brómu v spalínach.
- Pri vyšších dávkach vstrekovania sa zvyšuje riziko korózie spôsobené bromidom v potrubí, ohrievači vzduchu a v systémoch FGD. Úroveň vstrekovaného Br je však vo všeobecnosti oveľa nižšia ako úroveň Cl obsiahnutého v palive, čo znamená, že táto technika by nemala mať významný vplyv na koróziu zariadení. Stále však existuje reziduálne riziko, ktoré je potrebné dlhodobo monitorovať. Doterajšie skúsenosti naznačujú, že neexistuje jasná súvislosť medzi používaním halogénovaných prísad a zreteľnými problémami s koróziou.

- Zvýšenie obsahu bromidu a ortuti v popolčeku a odpadovej vode/sadrovci z FGD. Zníženie obsahu Se v popolčeku je kompenzované zvýšením obsahu Se v kvapaline FGD. Vzhľadom na svoju prchavosť sa bromid v sadrovci môže uvoľňovať do ovzdušia počas ohrevu/kalcinácie sadrovca v spracovateľskom priemysle.
- Možnosť opätovnej emisie ortuti z FGD môže v niektorých prípadoch ohroziť dosiahnutie úrovne emisií ortuti v komíne pod $1 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. V týchto prípadoch je veľmi dôležitá kontrola redoxného potenciálu FGD, aby sa zabránilo zníženiu emisií pôvodne adsorbovanej oxidovanej ortuti (Hg^{2+}) vo FGD na elementárnu ortuť (Hg^0) a jej opätovnej emisii cez komín v plynnej fáze.
- Zvýšenie úrovne emisií Br do ovzdušia (odhad $300 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ pri rýchlosti vstrekovania $50 \text{ mg}/\text{kg}$) a do vody (odhad $340 \text{ mg}/\text{l}$ $[\text{Br}^-]$ pri rýchlosti vstrekovania $50 \text{ mg}/\text{kg}$). Potenciálne zvýšenie emisií AOX do vody.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použiteľné pre čierne uhlie/hnedé uhlie s nízkym obsahom chlóru.

Hospodárska únosnosť

Nasledujúce náklady zodpovedajú zariadeniu s výkonom 600 MW_e (cenová úroveň z roku 2013):

- pridanie bromidu: $130\,000 \text{ EUR}$ (na 25 mg Br na kg paliva);
- prevádzka a údržba: $10\,000 \text{ EUR}$ ročne;
- ročné náklady na inštaláciu a licenčné poplatky: $250\,000 \text{ EUR}$ [$(450\,000 \text{ EUR}$ náklady na inštaláciu plus $900\,000 \text{ EUR}$ licenčné poplatky) $\times 0,08$ anuitný faktor].

Výrobca brómu a derivátov brómu v USA poskytol nasledujúce údaje o nákladoch (ceny z roku 2013) pre rôzne dostupné prísady (*presná cena závisí od podmienok zmlúv, vrátane objemu, doby trvania zmluvy, typu balenia, miesta dodania atď.*):

- prvkový bróm: priemerná cena $4\,000 \text{ USD}/\text{tona}$;
- 52 % roztok bromidu vápenatého: priemerná cena $1\,600 \text{ USD}/\text{tona}$;
- 44 % roztok bromidu sodného: priemerná cena $1\,400 \text{ USD}/\text{tona}$;
- bromid sodný v pevnej forme: priemerná cena $3\,000 \text{ USD}/\text{tona}$.

V prípade elektrární bez SCR (s FGD alebo bez FGD) môže byť použitie ACI v kombinácii s pridaním bromidu nákladovo efektívnejšie ako použitie samotného ACI alebo samotného pridaného bromidu na dosiahnutie rovnakej úrovne výkonu.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

V uplynulých rokoch desiatky uhoľných elektrární v USA začali prevádzkovať systémy pridávania bromidu vápenatého do pecí, aby dosiahli limity emisií ortuti do ovzdušia stanovené miestnymi predpismi; 50 z nich sa zúčastnilo prieskumu. [39, Dombrowski et al. 2012]

Referenčná literatúra

[2, EEB 2012] [39, Dombrowski et al. 2012] [73, KEMA - VGB Powertech 2012] [74, ECOBA 2012] [75, VGB Powertech 2012] [81, Vosteen 2010] [82, Berry et al. 2011]

5.1.3.4.3.4 Ďalšie špecifické techniky na prevenciu a kontrolu emisií plynnej ortuti

V tabuľke 5.36 sú uvedené ďalšie špecifické techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT na prevenciu a kontrolu emisií ortuti zo zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie, okrem techník opísaných v oddieloch 5.1.3.4.3.1 až 5.1.3.4.3.3.

Tabuľka 5.35: Ďalšie špecifické techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri prevencii a znižovaní emisií plynnej ortuti

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Hnacie sily implementácie	Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia			
Optimalizácia katalyzátorov SCR pre oxidáciu Hg^0 na Hg^{2+}	NA	Zvýšený podiel oxidovaného Hg v surovom spalinovom plyne a tým aj zachytávanie vo filtere a/alebo pračke	Výskum a vývoj optimalizovaných katalyzátorov prebieha	Žiadne	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné – vedľajší prínos už existuje v SCR pred mokrou FGD	Môže byť vysoká, ak je potrebné nahradiť existujúce katalyzátory	NA	NA
Optimalizácia katalyzátorov SCR s cieľom minimalizovať oxidáciu Hg^0 na Hg^{2+}	V kombinácii so vstrekaním aktívneho uhlia	Minimalizácia obsahu ortuti v odpadových vodách (napr. v prípade FGD morskej vody) pri maximalizácii zachytávania v ESP/BF	Obmedzené skúsenosti	Prenos ortuti do popolčeka	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	Môže byť vysoká, ak je potrebné vymeniť existujúce katalyzátory	Obmedziť vplyv na odpadové vody	Zariadenie 493
Prídavok aktívneho uhlia do WFGD	NA	Zníženie emisií Hg	Obmedzené skúsenosti	Zníženie kvality sadry (farba, obsah Hg)	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	Prídavok aktívneho uhlia do FGD má nízke investičné a prevádzkové náklady	NA	NA
Prídavok organických alebo anorganických sulfidov do FGD	NA	Zníženie emisií Hg	Dobre známe pri spaľovaní odpadu	Kvalita sadry, rozpustené organické uhľíky (DOC) v odpadových vodách, riziko penenia v dôsledku bakteriálnych procesov	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	Nízka investícia	NA	NA
Prídavok silných ligandov, ako je bromid, do FGD	NA	Zníženie emisií Hg	Obmedzené na laboratórne meranie a niekoľko testov v reálnych podmienkach	Viac bromidu v odpadovej vode ako pri spaľovaní uhlia	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	NA	NA	NA
Zrážajte Hg oddelene od ostatných kovov v odpadovej vode z FGD	Koncentruje Hg do nízkomasového úložiska, čím nepriamo pomáha udržať Hg mimo všetkých ostatných úložísk, ako sú čistý plyn, sadra atď.	Umožňuje, aby sa malý odpadový produkt stal hlavným odlučovačom Hg	Testované v plnom rozsahu	Znižuje medzizložkové vplyvy	NA	NA	Len malé množstvo odpadu, ktoré je potrebné likvidovať. Hlavná časť kalu s nízkym obsahom ortuti môže byť recyklovaná v peci.	NA	NA

Poznámka:

NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie.

Zdroje: [61, Komisia 2006] [84, VDI 2013] [85, Eurelectric 2012]

5.1.3.5 Techniky na prevenciu a/alebo znižovanie emisií SO_x, HCl a HF

5.1.3.5.1 Všeobecné techniky na prevenciu a znižovanie emisií SO_x, HCl a HF

Informácie o všeobecných technikách prevencie a znižovania emisií SO_x, HCl a HF zo spaľovacích zariadení sú uvedené v oddieloch 3.2.2.2, 3.2.2.4 a 3.2.2.6.

Tabuľka 5.36 obsahuje doplňujúce informácie týkajúce sa spaľovania hnedého uhlia a/alebo čierneho uhlia. Ďalšie podrobnosti o súvisiacich environmentálnych vlastnostiach a prevádzkových údajoch sú uvedené za touto tabuľkou.

Tabuľka 5.36: Všeobecné techniky, ktoré je potrebné zvážiť pri prevencii a znižovaní emisií SO_x, HCl a HF

Technika	Technický opis	Dosiiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálne výsledky a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Voľba paliva	Zníženie obsahu síry v palive je možné dosiahnuť spaľovaním viacerých druhov paliva (nahradením časti čierneho uhlia/hnedého uhlia iným palivom, napríklad biomasou) alebo spaľovaním čierneho uhlia/hnedého uhlia s nízkym (nižším) obsahom S (napr. až 0,1 %) – pozri oddiel 3.1.1.4	Zníženie emisií SO _x pri zdroji	Vysoká prevádzková skúsenosť. Kotly s mokrým lôžkom spaľujúce palivá s veľmi nízkym obsahom síry sú schopné dosiahnuť 200 mg/Nm ³ ako ročný priemer pre SO ₂ do ovzdušia	Možné zvýšenie emisií prachu a NO _x	Všeobecne použiteľné, spravidla v kombinácii s inými technikami. Použiteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych druhov palív, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členských štátov. Použiteľnosť môže byť obmedzená konštrukčnými obmedzeniami v prípade spaľovacích zariadení spaľujúcich vysoko špecifické domáce palivá		Závisí od paliva	Zariadenia 267-268
Prirodzené odsirowanie	Účinok prirodzeného odsirowania v dôsledku použitia niektorých hnedých uhľí s nízkym obsahom síry a vysokým obsahom alkalického popola – pozri oddiel 3.1.1.4	Zníženie emisií SO _x pri zdroji	Odstránenie SO ₂ až o 20 – 50 % pre PC a 60 – 90 % pre FBC	V dôsledku nízkej kvality paliva môže viesť k vysokým emisiám prachu a vyššiemu množstvu reziduí	Použiteľné pri spaľovaní hnedého uhlia s nízkym obsahom síry a vysokým obsahom alkalického popola		NA	NA
Kotol FBC	Využitie princípu spaľovania vo fluidnom lôžku. Táto technika sa používa v kombinácii s technikou vstrekovania sorbentu do lôžka – pozri oddiel 3.2.2.2.9	Zníženie emisií SO _x a NO _x . Obmedzený vplyv na HCl pri použití s ESP. HF sa úplne eliminuje, HCl sa čiastočne eliminuje v závislosti od paliva a technológie CFB.	Vysoká prevádzková skúsenosť	Vyššie emisie N ₂ O. Problém na trhu s uhoľným popolom zmiešaným s produktmi odsirowania a halogenidovými soľami	Všeobecne použiteľné, zvyčajne v kombinácii s inými technikami	Veľmi obmedzené	Špecifické pre zariadenia	Zariadenie 387
Mokrý FGD	Mokrý vápenná/vápencová práčka s produkciou sadrovca – pozri oddiel 3.2.2.2.1	Zníženie emisií SO _x , HF, HCl, prachu, Hg a Se. Plynné zlúčeniny Hg ²⁺ v spalinách z čierneho uhlia/hnedého uhlia sú slabo až silne rozpustné a čím viac	Vysoká prevádzková skúsenosť. Účinnosť znižovania emisií SO ₂ až 99 % alebo vyššia. Mokrý práčka má tiež vysokú mieru znižovania emisií	Spotreba vody. Vzhľadom na použitý zdroj vápna môžu byť emisie As, Cd, Pb a Zn mierne vyššie. Manipulácia a	Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre použitie tejto techniky pri spaľovaní	Rovnaké úvahy ako v prípade nových zariadení. Okrem toho môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre modernizáciu existujúcich	Špecifické pre zariadenia. Vzhľadom na vysoké náklady na mokré vypieranie je táto technika pre väčších zariadeniach,	Pozrite si grafy pod tabuľkou

		Rozpusťné látky sa vo všeobecnosti dajú zachytiť v mokrých práchkach FGD. Dodatočná montáž FGD do existujúcich zariadení prináša ďalšie výhody v oblasti kontroly jemného prachu a Hg	pre HF a HCl (98–99 %)	skladovanie vápna/vápenca a konečného produktu (sadra). Zníženie celkovej efektívnosti LCP. Emisie odpadovej vody	závody s < 300 MW _{th}	spaľovacie zariadenia prevádzkované medzi 500 h/roka a 1 500 h/rok. Existujúci systém mokrých práchok možno vylepšiť optimalizáciou prietokového vzoru v absorbéri	úspornejšie riešenie. Nie uskutočniteľné pre spaľovacie zariadenia prevádzkované < 500 h/rok.	
FGD s morskou vodou	Pozri oddiel 3.2.2.2.2	Zníženie emisií SO _x , HF, HCl, prachu a Hg. Plynné zlúčeniny Hg ²⁺ v spalinách z čierneho uhlia/hnedého uhlia sú slabšie až silne rozpustné a rozpustnejšie látky sa vo všeobecnosti dajú zachytiť v mokrých práchkach FGD. Dodatočná montáž systémov FGD do existujúcich zariadení prináša ďalšie výhody v podobe kontroly jemného prachu a Hg	Vysoká prevádzková skúsenosť. Účinnosť znižovania emisií SO ₂ až do 98 %.	Tendencia k zníženiu úrovne pH v blízkosti vypúšťania vody a emisií kovov a suspendovaných častíc do morského prostredia	Neplatí pre spaľovacie zariadenia prevádzkované < 500 h/rok. Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pri uplatňovaní techniky pre spaľovacie zariadenia s < 300 MW _{th} . Použiteľné iba pre zariadenia nachádzajúce sa v blízkosti mora	Rovnaké hľadiská ako v prípade nových elektrární. Okrem toho môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre modernizáciu existujúcich spaľovacích zariadení	Špecifické pre zariadenia	Zariadenie 493
Mokrý vypieranie	Pozri oddiel 3.2.2.6.2	Redukcia kyslíkych plynov	NA	NA	Všeobecne použiteľné		NA	Zariadenie 470
Iné mokré typy práchok (mokrý práchka na báze horčíka, amoniaku alebo lúhu)	Pozri oddiely 3.2.2.2.3, 3.2.2.2.4 a 3.2.2.2.5	Zníženie emisií SO _x . Zníženie emisií ostatných znečisťujúcich látok závisí od konkrétnej techniky	Veľmi obmedzené	Spotreba vody + závisí od techniky	Všeobecne použiteľné, ale zriedkavo v nových zariadeniach	Závisí od konkrétneho závodu	Nedostupné	NA
Polosuché odsírenie (SDA)	Pozri oddiel 3.2.2.2.6	Zníženie emisií SO ₂ , HF, HCl, SO ₃ , prachu a Hg. Plynné zlúčeniny Hg ²⁺ z dymových plynov z čierneho uhlia/hnedého uhlia môžu zvyčajne zachytávať aj pri polosuchom odsírení	Vysoká prevádzková skúsenosť. Účinnosť znižovania emisií SO ₂ až do 92 %. Účinnosť znižovania emisií halogenidov > 95 %	Spotreba vody. Manipulácia a skladovanie vápna a konečného produktu. Mierne zníženie celkovej energetickej účinnosti LCP	Všeobecne použiteľné až do 1 250–1 500 MW _{th} v jednom absorbéri	Všeobecne použiteľné až do 1 250–1 500 MW _{th} v jednom absorbéri	Špecifické pre dané zariadenie – orientačné náklady: kapitálové výdavky 0,028 mil. EUR/MW vstupu bez stavebných prác –prevádzkové náklady 0,37 EUR/MW vstupnej energie. Nie	Zariadenie 443

		, najmä v kombinácii s BF. Dodatočná montáž existujúcich zariadení s technológiou FGD poskytuje výhody pri kontrole jemného prachu a Hg					významný rozdiel medzi novými a modernizovanými zariadeniami	
Vstrekovanie sorbentu (v lôžku, v peci alebo v potrubí za sucha)	Pozri oddiely 3.2.2.2.8, 3.2.2.2.9 a 3.2.2.2.10.	Zníženie emisií SO _x , HF, HCl, prachu	Vysoké prevádzkové skúsenosti. Účinnosť znižovania emisií SO ₂ až do 65 % v kotloch BFB, až do 80 % pri vstrekaní do potrubia alebo iných systémoch vstrekania do pece a až 95 % v kotloch CFB	Rezíduá, ktoré je potrebné skládovať, ak sa nevyužívajú v uhoľných baniach. Vyšší obsah tuhých častíc za kotlom; v existujúcich zariadeniach môžu byť elektrostatické odlučovače (ESP) nedostatočne dimenzované na spracovanie zvýšeného zaťaženia uhoľným prachom.	Všeobecne platné		NA	Zariadenia 109 (DSI) 19 - 387 (Vstrekovanie sorbentu do kotla)
CFB práčka	Pozri oddiel 3.2.2.2.7	Zníženie emisií SO _x a halogenidov. Zlepšenie účinnosti znižovania emisií prachu	Účinnosť znižovania emisií SO _x účinnosť odstraňovania: 90–99 % Účinnosť : > 95 %	Predajnosť vedľajších produktov môže byť problém	Všeobecne použiteľné		NA	Zariadenie 189
Použitie organických kyselín v mokrom systéme FGD	Pozri oddiel 3.2.2.2.1	Zvýšená účinnosť mokrého FGD	NA	Zvýšená BSK v odpadových vodách, ktorý môže vyžadovať dodatočné zariadenia na čistenie	Nepoužíva sa	Všeobecne použiteľné	NA	NA
Iné (proces s použitím síranu sodného a bisulfidu, oxid horečnatý, iné)	Pozri oddiel 3.2.2.2.12	Zníženie emisií SO _x a NO _x . Zníženie ostatných znečisťujúcich látok závisí od konkrétnej techniky	Veľmi obmedzené	NA	Všeobecne použiteľné, ale zriedkavo v nových zariadeniach	Závisí od konkrétneho zariadenia	Nedostupné	NA
Kombinované techniky	Pozri oddiel 3.2.2.4	Kombinované znižovanie emisií NO _x a SO _x	Obmedzené skúsenosti	NA	NA	NA	NA	Isogo (Japonsko)
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie.								

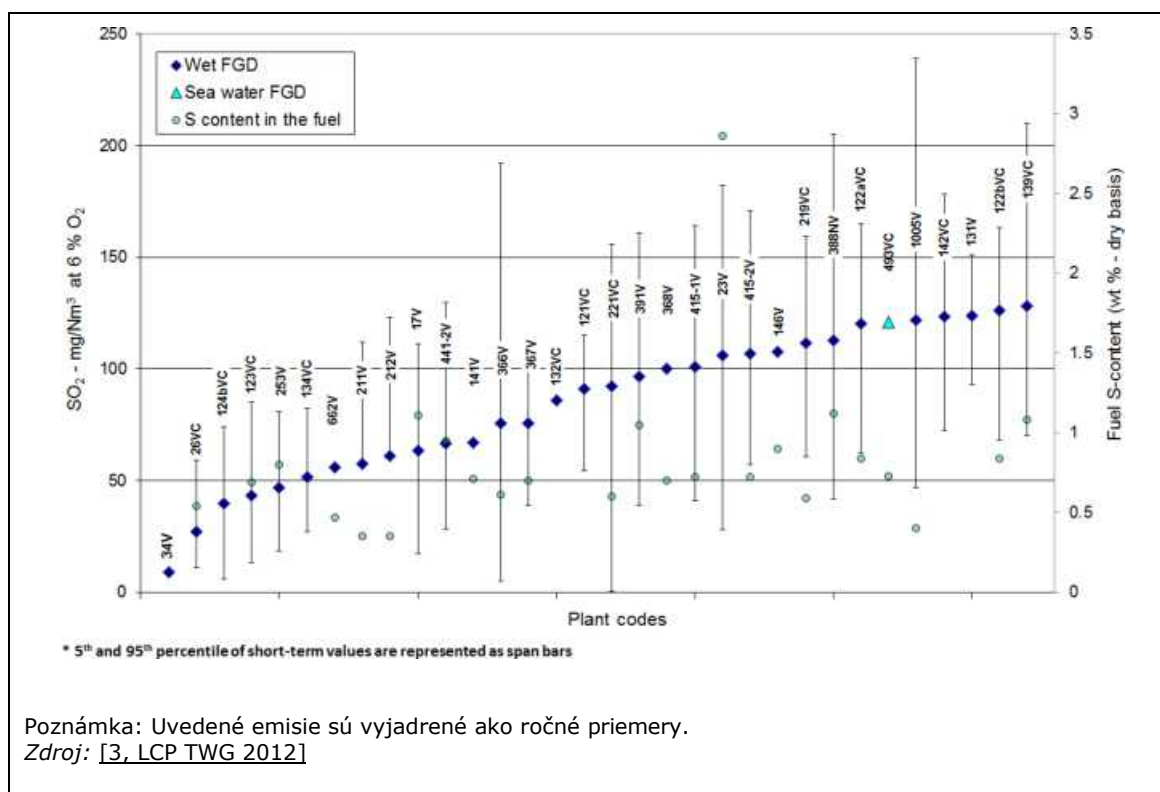
Environmentálne výsledky a prevádzkové údaje z dobre fungujúcich zariadení

Pre emisie SO₂

Obrázok 5.32 znázorňuje emisie SO₂ z dobre fungujúcich elektrární v kategórii > 300 MW_{th}, ktoré spaľujú čierne uhlie a/alebo iné než miestne hnedé uhlie, boli uvedené do prevádzky v rokoch 1965 až 2009 a majú výkon medzi 380 MW_{th} a 4120 MW_{th}. S výnimkou jedného zariadenia, ktoré je vybavené odsírovacou jednotkou s morskou vodou, sú všetky ostatné vybavené mokrou odsírovacou jednotkou. Prevádzkujú sa v rozmedzí od 4 000 h/rok do viac ako 8 000 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 62 %. Obsah síry v palive je vo všeobecnosti medzi 0,5 hmotnostného percenta a 1,1 hmotnostného percenta v suchom stave, pričom v elektrárni 23V dosahuje 2,9 %. Obsah popola je vo všeobecnosti medzi 10 % a 20 % a v niektorých prípadoch až 25 %. Uvedená priemerná účinnosť zníženia emisií SO₂ mokrou FGD pre tieto zariadenia je medzi 86 % a 99 %. Novšie zariadenia uvedené do prevádzky (23V, 253V a 391V) v rokoch 2007 až 2009, majú ročné priemerné koncentrácie emisií SO_x medzi 46 mg/Nm³ a 106 mg/Nm³. Emisie SO_x sú vo všetkých zariadeniach nepretržite monitorované. Nahlásené krátkodobé (hlavne hodinové) priemery sú vo všeobecnosti nižšie ako 200 mg/Nm³ za rok (5. – 95. ročný percentil), alebo sú o niečo vyššie (napr. zariadenie 388 alebo zariadenie 139 s 95. percentilom hodinových priemerov 205 mg/Nm³ a 211 mg/Nm³).

Okrem obrázku 5.32 a na základe údajov zhromaždených na účely preskúmania BREF možno tiež konštatovať, že:

- najvýkonnejší kotol s fluidným lôžkom s výkonom > 300 MW_{th} (zariadenie 387, spaľujúce uhlie) dosahuje ročnú priemernú koncentráciu 170 mg/Nm³ s technikou vstrekovania sorbentu do kotla a bol uvedený do prevádzky celkom nedávno (2009);
- najnižšie úrovne emisií SO₂ dosiahnuté zariadeniami, ktoré používajú ako primárnu techniku výlučne palivá s veľmi nízkym obsahom síry (0,13 % hmotnosti, suché), sú približne 200 mg/Nm³ na ročnej báze (zariadenia 267 – 268).

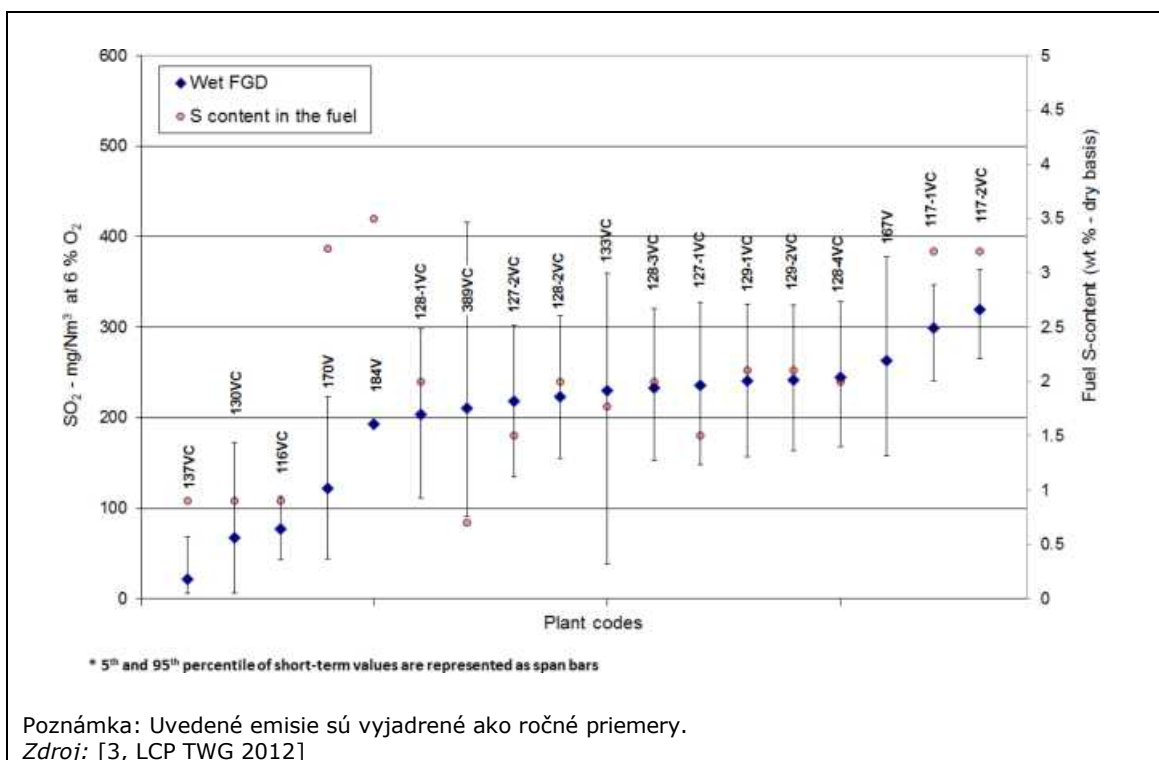


Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 5.32: Emisie SO₂ z dobre fungujúcich spaľovacích zariadení na čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 300 MW_{th} spaľujúcich čierne uhlie a/alebo iné než miestne hnedé uhlie

Obrázok 5.33 predstavuje emisie SO_2 z príkladových zariadení v kategórii veľkosti $> 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ spaľujúcich importované hnedé uhlie a vybavených mokrým odsírovacím zariadením. Tieto zariadenia spaľujú buď palivá s približne rovnakými vlastnosťami S a popola ako palivá, ktoré nie sú domáce (mierne širší rozsah obsahu popola od 5 % do 25 %), alebo palivá s vyšším obsahom síry ($> 3 \%$, hmotnostné %, suché). Tieto zariadenia majú menšiu alebo žiadnu flexibilitu pri výbere paliva ako techniku na zníženie emisií SO_x . Keďže LHV hnedého uhlia je nižšia ako u uhlia, mohlo by to viesť k vyššiemu obsahu SO_2 v surovom spalínovom plyne. Ak niektoré príkladové zariadenia (napr. zariadenia 137, 130, 116, 170) sú schopné dosiahnuť podobné úrovne emisií SO_2 ako dobre fungujúce zariadenia spaľujúce čierne uhlie a/alebo domáce hnedé uhlie uvedené na obrázku 5.32 s podobným obsahom síry a popola v palive, môže existovať určité obmedzenie pri dosahovaní týchto úrovní napríklad pri veľmi vysokom obsahu síry v palive (až 5,4 % hmot., suché v Európe), napriek použitiu veľmi účinných sekundárnych techník znižovania emisií SO_x . Dostupné informácie (pozri napríklad [332, Staehle 2008], [333, Nakayama et al. 2005]) ukazujú, že je možné dosiahnuť účinnosť redukcie SO_2 v rozmedzí od 97 % (modernizácia existujúcich systémov) do viac ako 98,5 % (nové systémy) alebo dokonca 99 %.



Obrázok 5.33: Emisie SO_2 z príkladových zariadení s výkonom viac ako $300 \text{ MW}_{\text{th}}$ spaľujúcich importované hnedé uhlie

Menšie zariadenia nie sú vo všeobecnosti vybavené mokrými systémami FGD.

Údaje z nepretržitého monitorovania zariadení s výkonom medzi $100 \text{ MW}_{\text{th}}$ a $300 \text{ MW}_{\text{th}}$ ukazujú, že niektoré zariadenia (t. j. zariadenia 109, 153-2) dosahujú ročné priemerné emisie SO_2 pod 200 mg/Nm^3 , a to hlavne vďaka používaniu suchého sorbentu a obsahu síry v palive približne 0,4 %.

Údaje pre zariadenia s výkonom nižším ako $100 \text{ MW}_{\text{th}}$ ukazujú, že niektoré zariadenia (t. j. zariadenia 19, 81, 1015, 462) dosahujú ročný priemer emisií SO_2 nižší ako 360 mg/Nm^3 , a to hlavne vďaka používaniu vstrekovania sorbentu do kotla (BSI) alebo SDA. Nedávno uvedený do prevádzky CFB kotol s výkonom $75 \text{ MW}_{\text{th}}$ (zariadenie 19) dosahuje ročné priemerné emisie nižšie ako 200 mg/Nm^3 s BSI.

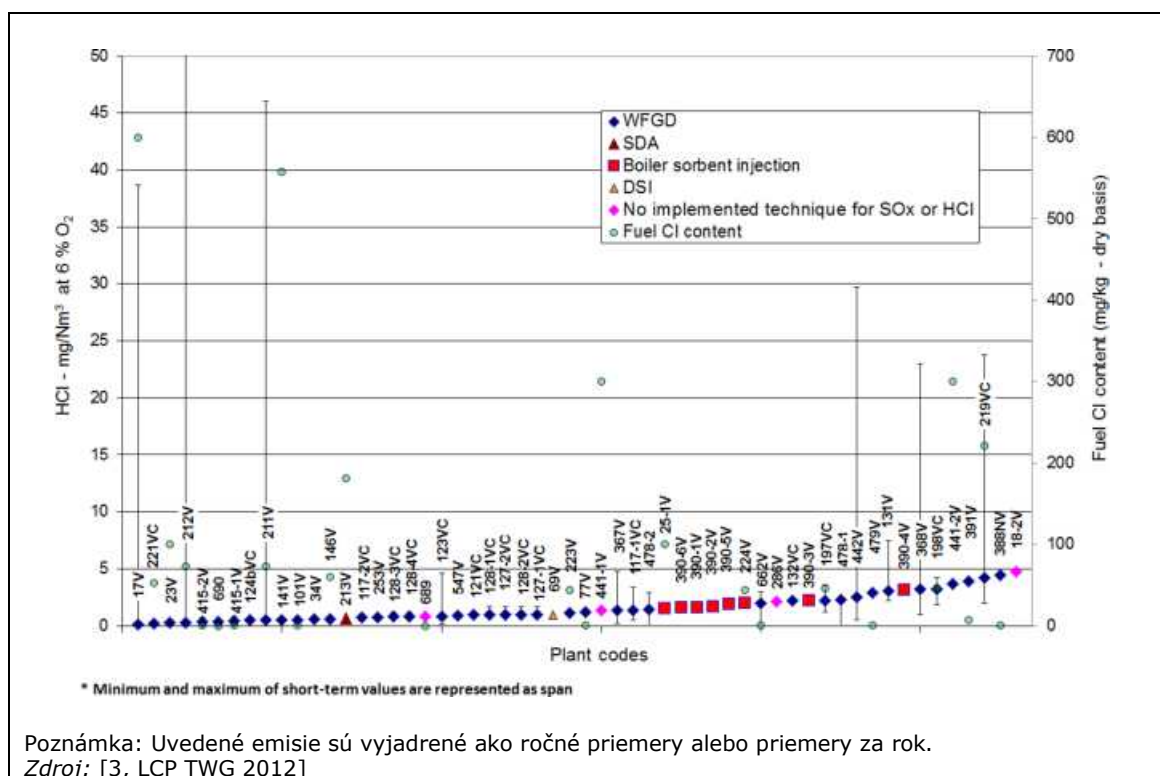
Emisie HCl a HF

Obrázok 5.34 a obrázok 5.35 ukazujú emisie HCl a HF z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie, vrátane CFB kotlov, s výkonom ≥ 100 MW_{th}. Uvedené zariadenia majú výkon od 145 MW_{th} do 3 700 MW_{th}, prevádzkujú sa od 2 900 h/rok do 8 700 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia vo všeobecnosti nad 60 %. Tieto zariadenia boli uvedené do prevádzky v rokoch 1951 až 2009 a spaľujú čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s obsahom Cl a F v rozmedzí od 0,05 mg/kg a 600 mg/kg, resp. medzi 0,01 mg/kg a 400 mg/kg. Len veľmi málo zariadení však uviedlo údaje o týchto vlastnostiach paliva. Tieto znečisťujúce látky sa monitorujú rôznymi spôsobmi, od periodického monitorovania s 1 až 12 meraniami ročne až po nepretržité monitorovanie. Štvrtina týchto zariadení spoluspaľuje odpad až do výšky 3,3 % (na základe LHV).

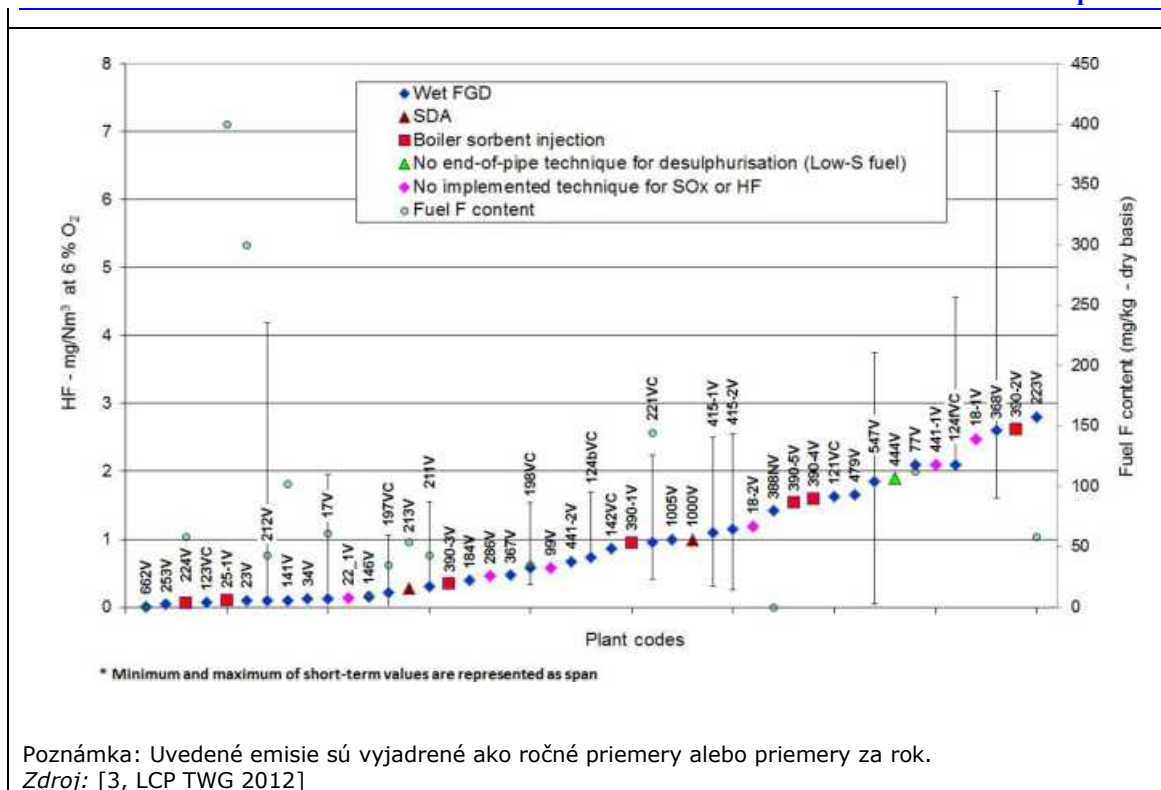
Okrem toho kotly CFB prevádzkované spoločnosťami Luminant (Sandow 5) a Dominion Energy (Virginia City Hybrid Center) v USA, ktoré sú vybavené suchou práčkou CFB, vykazujú účinnosť redukcie HCl medzi 95 % a > 99 %, čo znamená, že dobre fungujúce kotly CFB alebo iné typy kotlov spaľujúcich uhlie alebo hnedé uhlie aj s veľmi vysokým obsahom chlóru (napr.

> 1 000 mg/kg), ako je tomu v Európe, môžu pomocou tejto techniky dosiahnuť emisie HCl nižšie ako 20 mg/Nm³. Ďalej sa uvádzajú aj účinnosti zníženia emisií HF vyššie ako 90 %. [190, EPPSA 2015] [191, EPPSA 2015]

V prípade zariadení s výkonom ≥ 100 MW_{th} prevádzkovaných menej ako 1 500 hodín ročne môžu byť úrovne emisií HCl a HF vyššie, pretože môžu používať len techniku s nízkym obsahom síry, prípadne v kombinácii s vstrekaním suchého sorbentu. Dosiahnuteľné úrovne emisií v tomto prípade zodpovedajú úrovňam dobre fungujúcich zariadení s výkonom < 100 MW_{th}, ktoré používajú podobné techniky.



Obrázok 5.34: Emisie HCl z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom > 100 MW_{th}



Obrázok 5.35: Emisie HF z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom > 100 MW_{th}

Účinnosť zníženia emisií HCl v zariadeniach s výkonom < 100 MW_{th} bude vo všeobecnosti približne polovičná v porovnaní so zariadeniami s výkonom ≥ 300 MW_{th}, na základe porovnania úrovni emisií SO₂ pri použití suchých techník. Úrovně emisií HCl z dobre fungujúcich zariadení budú približne dvojnásobné v porovnaní s väčšími zariadeniami, t. j. v rozmedzí 2 – 10 mg/Nm³. Napríklad zariadenia 19 a 462, ktoré sú vybavené vstrekaním sorbentu do kotla a SDA, alebo zariadenia 20-1/2 a 407, ktoré používajú palivo s miernym obsahom Cl (< 70 mg/kg, suché), dosahujú ročné priemerné úrovne emisií HCl medzi 0,3 mg/Nm³ a 7,2 mg/Nm³. Z rovnakých dôvodov budú úrovne emisií HF z dobre fungujúcich zariadení v rozmedzí < 1–6 mg/Nm³. Napríklad zariadenia 81 a 1001 vybavené vstrekaním sorbentu do kotla alebo zariadenia 20-1/2 používajúce palivo s miernym obsahom F dosahujú ročné priemerné emisie HF < 1 mg/Nm³.

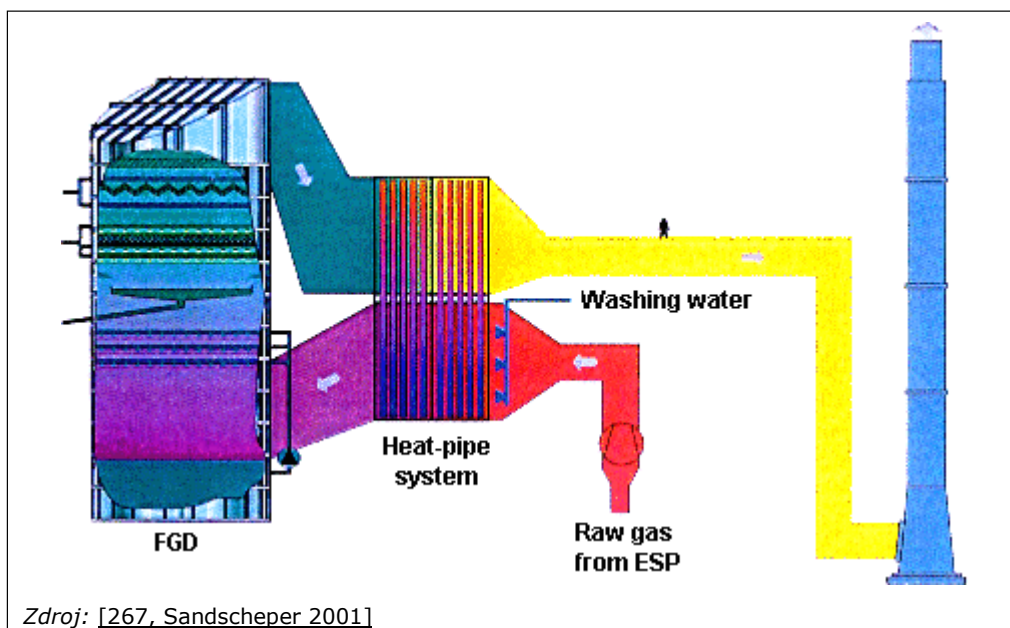
5.1.3.5.2 Nahradenie spalínového výmenníka umiestneného za mokrou FGD

Opis

Nahradenie spalínového výmenníka za mokrou FGD rúrkovým výmenníkom alebo odstránenie a vypúšťanie spalín cez chladiacu vežu alebo mokrý komín.

Technický opis

Možné problémy s vnútorným únikom spalín v rotačnom spalínovom výmenníku môžu viesť k vysokým úrovňam SO_x, HF alebo HCl v komíne, pretože surové spaliny prúdia priamo do komína bez zníženia obsahu SO_x, HF a HCl. Aby sa zabránilo takýmto únikom, môže sa spalínový výmenník nahradiť novým, v podobe kombinácie chladiča (rúrkový chladič) a opätovného ohrevu, alebo s použitím tepelných rúrok. Niekoľko zariadení nainštalovalo nové typy výmenníkov na opätovný ohrev spalín, aby sa zabránilo možnému znečisteniu prečistených spalín surovými spalínami.



Obrázok 5.36: Výmena tepla v okolí jednotky FGD

V týchto spalínových výmenníkoch tepla sa používajú rúrkové chladiče na prenos tepla z horúcich surových spalín do čistých prečistených spalín. Tieto systémy eliminujú úniky, pretože nie je potrebné krížiť výstup potrubia so vstupom potrubia, ako je to v prípade bežného regeneračného spalínového výmenníka.

Najlepšou možnosťou je však vypúšťanie spalín cez chladiacu vežu, ak je to možné. V tomto prípade nie je potrebné opätovné ohrievanie spalín, a preto nie je potrebný spalínový výmenník. Ďalšou možnosťou je použitie vysoko kvalitného lapača kvapiek a vedenie spalín cez kyselinovzdorné komínové potrubie (mokrý komín), kde nie je potrebné opätovné ohrievanie spalín, a preto nie je potrebný spalínový výmenník.

Dosiahnutý environmentálny prínos

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Informácie neboli poskytnuté.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hospodárska únosnosť

Z prevádzkových a ekonomických dôvodov sa výmena zvažuje len vtedy, ak je potrebné vymeniť alebo nahradiť spalínový výmenník na konci jeho životnosti.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

5.1.3.6 Techniky na prevenciu a/alebo znižovanie emisií NO_x, CO a N₂O**5.1.3.6.1 Všeobecné techniky na prevenciu a znižovanie emisií NO_x, CO a N₂O**

Informácie o všeobecných technikách na prevenciu a kontrolu emisií NO_x, CO a N₂O zo spaľovacích zariadení sú uvedené v oddiele 3.2.2.3.

Tabuľka 5.37 a tabuľka 5.38 obsahujú doplňujúce informácie týkajúce sa spaľovania hnedého uhlia a/alebo čierneho uhlia. Ďalšie podrobnosti o súvisiacich environmentálnych vlastnostiach a prevádzkových údajoch sú uvedené za týmito tabuľkami.

Tabuľka 5.37: Všeobecné primárne techniky, ktoré je potrebné zvážiť pri prevencii a znižovaní emisií NO_x a N₂O

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
CFB kotol	Pozri oddiel 2.2.3.2. Kotly CFB umožňujú dobrý spaľovací výkon a zároveň obmedzujú emisie NO _x do ovzdušia, niekedy bez potreby dodatočných technológií v prípade zariadení s výkonom < 100 MW _{th}	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť. Hladiny emisií NO _x 190 mg/Nm ³ boli uvádzané v nedávnom zariadení < 100 MW _{th} bez dodatočných techník. Hladiny emisií N ₂ O 20– 150 mg/Nm ³ v závislosti od použitého paliva (čierne uhlie alebo hnedé uhlie) [61, Komisia 2006] [3, LCP TWG 2012]	Tendencia k nárastu emisií N ₂ O	Všeobecne platné	NA	NA	Zariadenia 377, 385, 387
Nízky prebytok vzduchu	Pozri oddiel 3.2.2.3.1	Zníženie emisií NO _x , N ₂ O a SO ₃	Vysoká prevádzková skúsenosť	Tendencia k vyššiemu obsahu nespáleného uhlíka v popole. Nízky prebytok vzduchu má tendenciu spôsobovať vyššie hladiny CO a HC. Riziko korózie rúrok a stien	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	Závisí od paliva	Zariadenie 444
Air staging (OFA, BBF a BOOS)	Pozri oddiel 3.2.2.3.2. Všeobecne sa používa v kombinácii s inými primárnymi technikami a/alebo s SNCR a/alebo s SCR (zariadenia s > 300 MW _{th})	Zníženie emisií NO _x , N ₂ O a CO	Vysoká prevádzková skúsenosť	Tendencia k vyššiemu obsahu nespáleného uhlíka v popole	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné. Konštrukcia kotla by mala umožňovať dostatočnú dobu zotrvania spalín	Špecifické pre dané zariadenie	Približne 100 európskych zariadení [3, LCP TWG 2012] je vybavených technológiou air stagingu
Posilnený dohorievajúci vzduch (BOFA) alebo systém rotačného oriturúdového vzduchu (ROFA)	Pozri oddiel 3.2.2.3.2. Bežne sa používa s SNCR	Zníženie emisií NO _x a CO. Zvýšená energetická účinnosť	Vysoká prevádzková skúsenosť s kotlami PC spaľujúcimi uhlie alebo biomasu. Existujú aj aplikácie v kotloch so spaľovaním na rošte alebo BFB kotloch a v poslednej dobe aj v CFB kotloch	NA	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	Špecifické pre dané zariadenie	Zariadenia 379, 486
Recirkulácia spalín (FGR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.3. Všeobecne sa používa v kombinácii s inými primárnymi technikami a/alebo so SCR (závody s > 300 MW _{th})	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť	Tendencia k vyššiemu obsahu nespáleného uhlíka v popole. Mierne zníženie energetickej účinnosti	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	Špecifické pre dané zariadenie	Približne 25 európskych zariadení [3, LCP TWG 2012] je vybavených systémom FGR

Horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB) (často zahŕňajú recirkuláciu spalín a stupňovanie vzduchu)	Pozri oddiel 3.2.2.3.5. Všeobecne sa používajú v kombinácii s inými primárnymi technikami a/alebo so SCR (zariadenia > 300 MW _{th})	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť	Tendencia k vyššiemu obsahu nespáleného uhlíka v popole a k zvýšeniu tvorby CO pri nízkych zaťaženiach	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	NA	Približne 90 európskych elektrární [3, LCP TWG 2012] je vybavených LNB
Opätovné spaľovanie (fuel staging)	Pozri oddiel 3.2.2.3.6. Všeobecne sa používa v kombinácii s inými primárnymi technikami a/alebo so SCR (zariadenia > 300 MW _{th})	Zníženie emisií NO _x a CO	Vysoká prevádzková skúsenosť	Tendencia k vyššiemu obsahu nespáleného uhlíka v popole	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť môže byť obmedzená priestorovými obmedzeniami	Špecifické pre dané zariadenie	Viac ako 25 európskych elektrární [3, LCP TWG 2012] je vybavených technológiou fuel stagingu
Optimalizácia spaľovania	Pozri oddiel 3.2.2.7.1	Zníženie emisií NO _x , N ₂ O a CO	Vysoká prevádzková skúsenosť. Úroveň emisií N ₂ O v rozmedzí 20 – 150 mg/Nm ³ pre kotly CFB v závislosti od použitého paliva (čierne uhlie alebo hnedé uhlie) [61, Komisia 2006] [3, LCP TWG 2012]	NA	Všeobecne použiteľné	Všeobecne platné	NA	Zariadenia 377, 385, 387
Použitie katalytického materiálu, ako je MgO alebo CaO, v kotle	NA	Zníženie emisií N ₂ O	Experimentálna fáza	NA	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	NA	NA
Zvýšená teplota spalín	NA	Zníženie emisií N ₂ O emisií	Experimentálna fáza	NA	Všeobecne všeobecne	Všeobecne uplatniteľné	NA	NA

Poznámka:

NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.

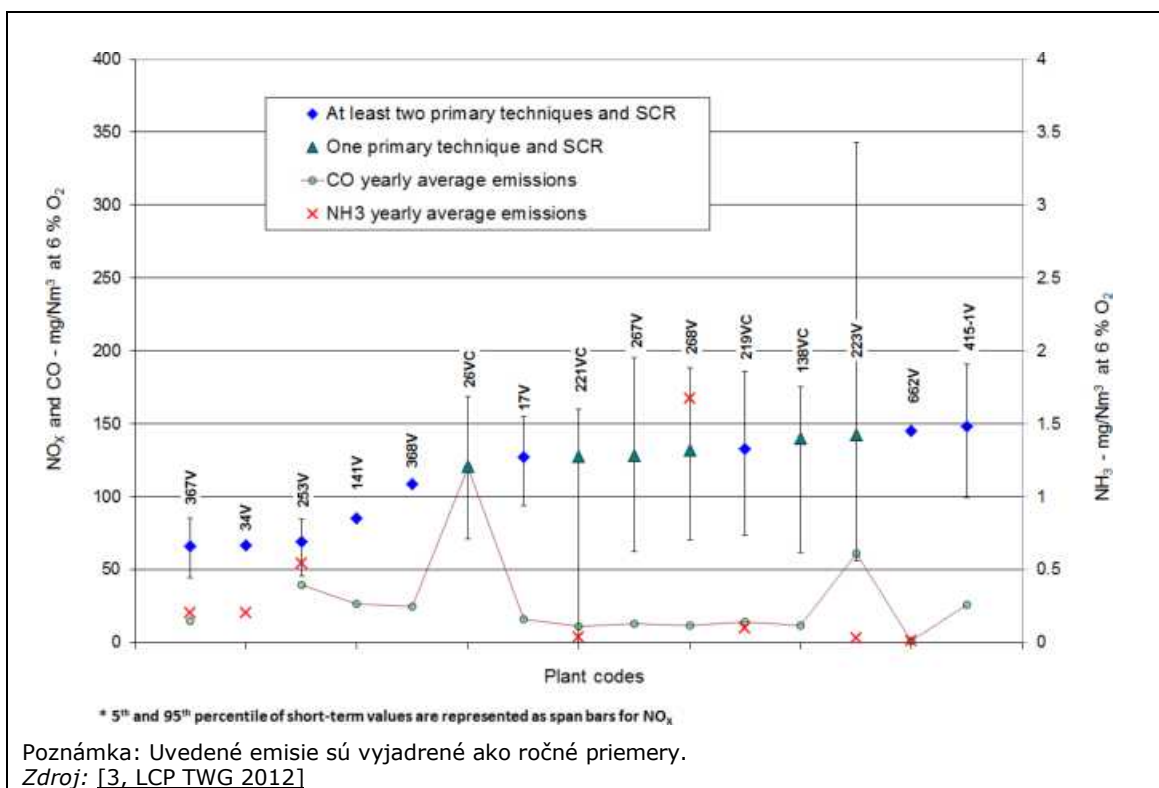
Tabuľka 5.38: Všeobecné sekundárne techniky, ktoré je potrebné zvážiť na prevenciu a znižovanie emisií NO_x a N₂O

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre uplatniteľnosť		Hospodársk a únosnosť	Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.12. Možno použiť v kombinácii so „slip“ katalyzátorom	Zníženie emisií NO _x , hoci miera zníženia je oveľa nižšia ako v prípade SCR	Vysoká prevádzková skúsenosť. Hladiny emisií NO _x 172 mg/Nm ³ boli zaznamenané v zariadení s príkonom medzi 100 MW _{th} a 300 MW _{th} . Ďalšie informácie o úrovniach výkonu nájdete pod touto tabuľkou.	Únik amoniaku	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s požadovaným teplotným rozsahom. Citlivosť na kolísanie zaťaženia, ktorú je možné znížiť implementáciou viacerých úrovní vstrekovania činidla. Môže byť obmedzené v prípade veľkej prierezovej plochy kotla		Špecifické pre dané zariadenie	Zariadenia 69, 81, 109, 153-2, 224, 376, 387, 462
Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.11	Redukcia emisií NO _x	Veľké prevádzkové skúsenosti. Ďalšie informácie o úrovniach výkonu nájdete pod touto tabuľkou. V Spojených štátoch bolo doteraz vybavených systémom SCR len veľmi málo zariadení spaľujúcich hnedé uhlie s výkonom < 1 000 MW _{th} .	Únik amoniaku. Emisie SO ₃ pre palivá s vysokým obsahom síry	[27, ICAC 2009] [40, EEB 2012] Nevzťahuje sa na zariadenia s výkonom < 300 MW _{th} prevádzkované < 500 h/rok. Všeobecne sa nevzťahuje na spaľovacie zariadenia s výkonom < 100 MW _{th} . Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre modernizáciu existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok a pre existujúce spaľovacie zariadenia ≥ 300 MW _{th} prevádzkované < 500 h/rok. Citlivosť na vlastnosti paliva (napr. vysoký obsah síry)		Špecifické pre zariadenie Náklady môžu byť neprimerané v prípade existujúcich zariadeniach prevádzkovaných < 1 500 h/rok	Približne 40 európskych zariadení [3, LCP TWG 2012] je vybavených systémom SCR. Ďalšie príklady nájdete v grafoch nižšie
Selektívna autokatalytická redukcia (SACR)	Niekoľko veľkých predvážacích zariadení	Redukcia emisií NO _x	Nová technika	NA	Nová technika na zníženie emisií NO _x		NA	NA
Kombinované techniky	Pozri oddiel 3.2.2.4	Zníženie emisií NO _x a SO ₂	Veľmi obmedzené	Závisí od konkrétneho procesu	Všeobecne použiteľné, ale zriedka uplatňované	Použiteľné v jednotlivých prípadoch, v závislosti od vlastností paliva a procesu spaľovania procesu	Nedostupné	NA
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.								

Environmentálne výkony a prevádzkové údaje pre emisie NO_x

Skutočná dosiahnutá úroveň emisií NO_x môže závisieť od typu spaľovacieho procesu (napr. práškové spaľovanie alebo roštové spaľovanie vs. spaľovanie vo fluidnom lôžku), typu spaľovaného paliva (čierneuhlie vs. hnedé uhlie) alebo od veľkosti zariadenia. Na účely posúdenia úrovne emisií NO_x súvisiacej s implementáciou rôznych uvedených techník boli spaľovacie zariadenia zoskupené do homogénnych kategórií.

Obrázok 5.37 znázorňuje emisie NO_x do ovzdušia z dobre fungujúcich uhoľných kotlov PC s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$. Uvedené elektrárne majú výkon od $330 \text{ MW}_{\text{th}}$ do $1\,420 \text{ MW}_{\text{th}}$, prevádzkujú sa v rozmedzí od 3 000 h/rok do 8 200 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 65 %. Tieto zariadenia boli uvedené do prevádzky v rokoch 1963 až 1999, s výnimkou zariadenia 253V, ktoré bolo uvedené do prevádzky v roku 2008, a používajú SCR v kombinácii s jednou alebo viacerými primárnymi technikami na znižovanie emisií NO_x. Zariadenie 367V používa LNB, air staging a SCR; zariadenie 34V používa LNB, air staging, FGR a SCR; zariadenie 253V používa fuel staging a air staging, LNB a SCR. Zariadenie 367V spaľuje 15 % dreva, zariadenie 219V spaľuje 2 % odpadu a zariadenie 662V spaľuje 1 % zemného plynu a 0,2 % odpadu. Všetky zariadenia nepretržite monitorujú svoje emisie NO_x. Krátkodobé (polhodinové alebo hodinové) priemery sa pohybujú od 45 mg/Nm^3 do 190 mg/Nm^3 za rok (5. – 95. ročný percentil) s výnimkou jedného prípadu (závod 223 – 95. ročný percentil denného priemeru 350 mg/Nm^3). Emisie CO sa vo všeobecnosti udržiavajú hlboko pod hranicou 100 mg/Nm^3 a úniky NH₃ pod hranicou $3,5 \text{ mg/Nm}^3$ ako ročný priemer z nepretržitého monitorovania alebo periodických meraní (2 až 6-krát ročne).

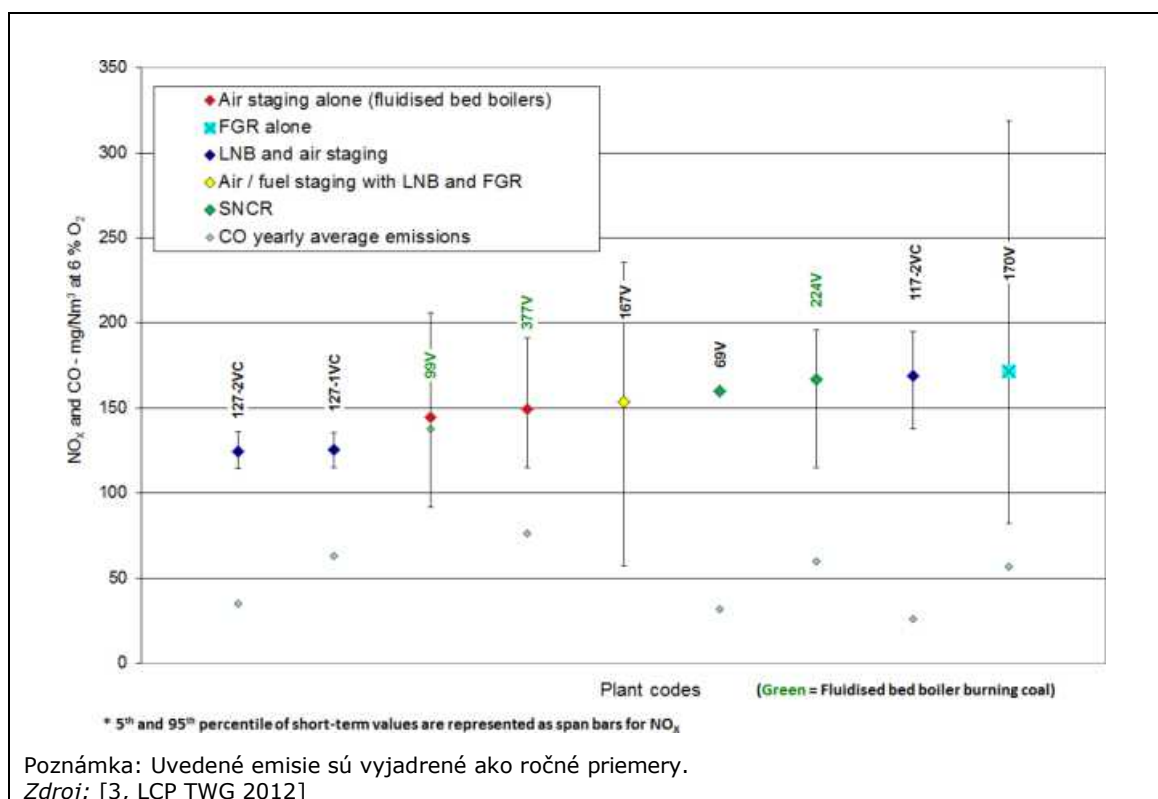


Obrázok 5.37: Emisie NO_x z dobre fungujúcich kotlov na práškové uhlie s výkonom viac ako 300 MW_{th}

Okrem obrázku 5.37 je potrebné poznamenať, že niektoré kotly na práškové uhlie s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ vybavené iba kombináciou primárnych technológií vykazujú emisie NO_x nižšie ako 340 mg/Nm^3 , až do 196 mg/Nm^3 (zariadenia 386-2/3, zariadenia 478-1/2, zariadenie 441-1). Okrem toho boli hlásené aj informácie o uhoľných elektrárnach s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ prevádzkovaných v Japonsku, Číne a USA, ktoré sú vybavené systémom SCR a dosahujú úrovne emisií NO_x $< 50 \text{ mg/Nm}^3$, hoci s obmedzenými kontextovými informáciami o type súvisiaceho monitorovania alebo iných dôležitých parametroch.

[338, RAP Online 2013], [236, Greenpeace 2015]

Obrázok 5.38 ukazuje emisie NO_x z dobre fungujúcich kotlov s fluidným lôžkom spaľujúcich čierne uhlie alebo hnedé uhlie a z kotlov PC spaľujúcich hnedé uhlie, ktoré spadajú do kategórie $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$, s veľkosťou od $330 \text{ MW}_{\text{th}}$ do $2465 \text{ MW}_{\text{th}}$. Zariadenia 117-2 a 127(-1 a -2) majú príkon väčší ako $2\,000 \text{ MW}_{\text{th}}$ zatiaľ čo ostatné majú menší príkon. Prevádzkujú sa v rozmedzí 3 500 h/rok až 8 145 h/rok s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 80 % a boli uvedené do prevádzky v rokoch 1989 až 2006. Medzi týmito zariadeniami kotly spaľujúce hnedé uhlie využívajú kombináciu primárnych techník a kotly spaľujúce uhlie vo fluidnom lôžku využívajú SNCR alebo kombináciu primárnych techník. Zariadenie 377 spaľuje 8 % kalov, zariadenie 224 spaľuje 15 % importovaného uhlia a 18 % dreva. Všetky tieto zariadenia nepretržite monitorujú svoje emisie NO_x . Poskytnuté hodinové priemery sa pohybujú od 57 mg/Nm^3 do 320 mg/Nm^3 za rok (5.– 95. ročný percentil). Emisie CO sa vo všeobecnosti udržiavajú pod hranicou 100 mg/Nm^3 , s výnimkou zariadenia 99 (až 140 mg/Nm^3). Jediná koncentrácia úniku NH_3 hlásená pri použití SNCR je 2 mg/Nm^3 , ako ročný priemer z nepretržitého monitorovania (zariadenie 69).



Obrázok 5.38: Emisie NO_x z dobre fungujúcich kotlov na práškové hnedé uhlie a kotlov na čierne uhlie alebo hnedé uhlie s fluidným lôžkom s výkonom viac ako $300 \text{ MW}_{\text{th}}$

V USA bolo niekoľko zariadení spaľujúcich hnedé uhlie, ktoré spadajú do tejto výkonnostnej kategórie, dodatočne vybavených systémom SCR. Údaje o emisiách z rokov 2012 – 2014 ukazujú, že dve jednotky s výkonom 800 MW_e dodatočne vybavené systémom SCR v Oak Grove dosahovali konzistentne úroveň 60 mg/Nm^3 a jedna prášková jednotka s výkonom 556 MW_e v Sandow, ktorá bola v roku 2009 modernizovaná systémom SCR, vykazovala stabilné ročné priemerné úrovne emisií NO_x približne $80\text{--}90 \text{ mg/Nm}^3$. Iné staré (uvedené do prevádzky v 70. rokoch) práškové spaľovacie kotly spaľujúce hnedé uhlie podporované uhlím US PRB (Powder River Basin) boli modernizované primárnymi technikami (LNB, air staging) v kombinácii s SNCR, čo im umožnilo dosiahnuť vo všeobecnosti ročné priemerné úrovne emisií NO_x približne $145\text{--}180 \text{ mg/Nm}^3$ (elektrárne Bir Brown a Monticello s výkonom približne $1\,500 \text{ MW}_{\text{th}}$). Dva kotly CFB spaľujúce hnedé uhlie s výkonom približne $725 \text{ MW}_{\text{th}}$ boli tiež nedávno (v roku 2009) modernizované technológiou SNCR (elektrárne Sandow), čo im umožnilo dosiahnuť ročné priemerné úrovne emisií NO_x približne 80 mg/Nm^3 [334, EEB 2014]. V Európe je nové 600 MW_e zariadenie spaľujúce hnedé uhlie, ktoré bolo uvedené do prevádzky v roku 2015 v Slovinsku v Sostanju (blok 6), vybavené systémom SCR. Kvalita paliva môže mať

vplyv na konštrukciu alebo prevádzku systému SCR používaného v zariadení spaľujúcom hnedé uhlie, napr. môže byť potrebná častejšia výmena katalyzátora ako v prípade zariadenia spaľujúceho čierne uhlie.

Pri pohľade na menšie kategórie výkonnosti sú dva príklady zariadení (zariadenie 25-1V – atmosférický kotol s fluidným lôžkom uvedený do prevádzky v roku 1996 – a zariadenie 109V – kotol so spaľovaním na rošte uvedený do prevádzky v roku 2004) s výkonom medzi 100 MW_{th} a 300 MW_{th}, vybavené primárnymi technikami (air staging a FGR) v prípade kotla s fluidným lôžkom alebo SNCR v prípade kotla so spaľovaním na rošte, dosahujú ročné priemerné emisie NO_x medzi 155 mg/Nm³ a 172 g/Nm³, s emisiami CO pod 100 mg/Nm³.

Dve vzorové zariadenia (zariadenie 19V – atmosférický kotol s fluidným lôžkom spaľujúci hnedé uhlie, uvedený do prevádzky v roku 2010, a zariadenie 404V – kotol so suchým lôžkom spaľujúci uhlie, uvedený do prevádzky v roku 1995) s výkonom medzi 50 MW_{th} a 100 MW_{th}, ktoré nie sú vybavené žiadnou špecifickou technikou v prípade kotla s fluidným lôžkom spaľujúceho hnedé uhlie alebo sú vybavené primárnymi technikami (stupňovanie vzduchu a LNB) v prípade kotla PC spaľujúceho uhlie, dosahujú ročné priemerné emisie NO_x medzi 190 mg/Nm³ a 268 mg/Nm³, s emisiami CO pod 100 mg/Nm³. Dve ďalšie príkladové zariadenia v tejto výkonnostnej kategórii, ktoré spoluspaľujú odpad a/alebo biomasu s uhlím ako hlavným palivom, vykazujú ročné priemerné emisie NO_x medzi 130 mg/Nm³ a 260 mg/Nm³, s emisiami CO medzi 30 mg/Nm³ a 130 mg/Nm³ (kotol na uhlie s roštovým spaľovaním a kotol na uhlie s atmosférickým fluidným lôžkom, uvedené do prevádzky v rokoch 1964 a 1993, vybavené systémom SNCR a kombináciou air stagingu, recirkulácie spalín a systému SNCR, prevádzkované približne 4 000 hodín ročne s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia vyšším ako 85 %).

5.1.3.6.2 **Redistribúcia tepelného výkonu a dynamické triediče na prevenciu a zníženie emisií NO_x v kotloch s padajúcim prúdom spaľujúcich uhlíe s nízkym obsahom prchavých látok**

Opis

Optimalizácia distribúcie tepla v peci riadením režimu spaľovania horáka spolu s použitím dynamických triedičov.

Technický opis

Táto technika zahŕňa optimalizáciu distribúcie tepla v peci prostredníctvom riadenia vzorca spaľovania medzi horákmi (*redistribúcia tepelného výkonu*). Vzduch je privádzaný do niektorých nefunkčných horákov (podobne ako dohorievajúci vzduch) a usporiadanie s vertikálnym spaľovaním uľahčuje zmiešavanie tohto vzduchu so spaľovacími plynmi, čo pomáha dosiahnuť spaľovanie uhlíka.

Táto technika sa môže používať pri zníženom prívode vzduchu do horákov, pričom emisie dosahujú hodnoty podobné hodnotám očakávaným pri dohorievajúcom vzduchu, t. j. menej ako 1 000 mg/Nm³.

Fungovanie redistribúcie tepelného výkonu je vylepšené použitím poradenského systému NO_x. Tento systém poskytuje obsluhu pokyny na dosiahnutie najnižšej hodnoty NO_x (s naštartovaním a zastavením jednotlivých horákov), čo uľahčuje optimalizáciu NO_x, ale môže byť obmedzené typom paliva a problémami s hladinou v bubne.

Fungovanie redistribúcie tepelného výkonu (TIB) je vylepšené použitím dynamických triedičov. Tieto dosahujú lepšiu kontrolu rozloženia veľkosti práškoveho paliva (PF) medzi horákmi, čo vyžaduje menej horákov v prevádzke pre dané zaťaženie za určitých podmienok paliva.

Dosiahnutý environmentálny prínos

Tieto zlepšenia môžu priniesť kombinované výhody v podobe znížených strát uhlíka v popole, nižších emisií prachu a znížených emisií NO_x.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

TIB je schopný znížiť emisie NO_x o približne 20 %, čím sa dosiahne koncentrácia emisií pod 1 200 mg/Nm³ v kotloch s dolným vstrekaním spaľujúcich uhlíe s nízkym obsahom prchavých látok (< 10 %).

Očakáva sa, že emisie NO_x sa pri použití dynamických klasifikátorov v porovnaní s použitím iba TIB ďalej znížia približne o 5 %, ale s výrazne zlepšeným vyhorením uhlíka a nižšími emisiami prachu.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Schopnosť prevádzkovať dynamické triediče je obmedzená vlhkými palivami s nízkou výhrevnosťou, ktoré vyžadujú, aby bola väčšina horákov v prevádzke, čo znižuje schopnosť tepelného vstupu a tým zvyšuje emisie NO_x.

Medzizložkové vplyvy

Problémy s prevádzkou zahŕňajú zvýšený obsah uhlíka v popole, riziko zvýšených emisií prachu, určité obmedzenia týkajúce sa uhlia a riziko porúch rúrok steny pece.

Príliš agresívne nastavenie tepelného výkonu tiež prináša obavy o bezpečnosť a integritu kotla, narušenie rovnováhy hladiny bubna a následné lokálne vysoké teploty komponentov, čo môže viesť k prevádzke nad bezpečnými prevádzkovými limitmi.

Pri použití dynamických triedičov spolu s TIB existuje zvýšené riziko období zvýšeného obsahu uhlíka v popole, vysokých emisií prachu alebo zvýšeného tvorenia škvary v kotle.

Hospodárska únosnosť

Náklady na TIB boli vypočítané takto: [odhad z roku 2012 – životnosť 10 rokov]

Súčasná hodnota nákladov, milióny GBP	8,1 6
Ekvivalentné ročné náklady, milióny GBP/rok	1,3 3

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

[62, UK-TWG 2012]

5.2 Spaľovanie biomasy a rašeliny

5.2.1 Použité procesy a techniky

5.2.1.1 Charakteristika paliva z biomasy a/alebo rašeliny

Merania charakteristík paliva sa vykonávajú chemickou a mechanickou analýzou, buď prevádzkovateľom zariadenia, alebo dodávateľom paliva (a dodávajú sa prevádzkovateľovi).

Pri typickom postupe charakterizácie paliva a kontrole kvality dodávateľ alebo prevádzkovateľ odoberá reprezentatívne krátkodobé vzorky paliva, napr. denne, v súlade s normou EN 14778-1:20011 – Odber vzoriek tuhej biomasy. Denné vzorky paliva sa analyzujú na základe rôznych parametrov, vrátane vlhkosti a čistej výhrevnosti. Z denných zložených vzoriek sa potom vytvorí mesačná (alebo týždenná) zložená vzorka biomasy. Mesačná vzorka biomasy sa analyzuje na ďalšie parametre, ako je obsah popola, síry, dusíka a uhlíka. Počet meraní odzrkadľuje počet dní, počas ktorých sa odoberajú denné vzorky paliva, keď je zariadenie v prevádzke. Obsah pevného uhlíka sa vypočíta odpočítaním percentuálneho podielu vlhkosti, prchavých látok a popola od hmotnosti vzorky.

Zoznam parametrov, ktoré sa majú stanoviť (s ich limitnými hodnotami), je uvedený v deklarácii paliva ako súčasť zmluvy. Vlastnosti paliva sú uvedené v oddiele 5.2.2.1. [3, LCP TWG 2012]

5.2.1.2 Predbežná úprava a príprava paliva

Niektoré palivá z biomasy môžu mať vysoký obsah vlhkosti. Jedným zo spôsobov, ako zvýšiť účinnosť zariadenia, je sušenie paliva, ktoré sa dá bezpečne vykonávať v systéme prívodu paliva, aby sa zabránilo skladovaniu sušeného paliva. Parné sušičky ponúkajú výhody, ak sú pripojené k parnému cyklu, najmä pri výrobe KVET, kde sa energia potrebná na sušenie dá úplne regenerovať na vykurovanie. Napriek výhodám v oblasti účinnosti sa však regeneračné systémy sušenia paliva zriedka ukázali ako ekonomicky atraktívne. Drevo a kôra sa často spaľujú priamo bez predchádzajúceho sušenia. Na priame spaľovanie dreva sa používajú špeciálne pohyblivé, vratné a vibračné rošty. Kotly CFB a BFB tiež používajú rašelinu a drevo priamo bez predchádzajúceho sušenia.

Možno uvažovať aj o sušičkách využívajúcich spaliny ako zdroj tepla. Možná tvorba organických emisií, ako sú vosk a aromatické zlúčeniny, však môže spôsobiť problémy, pretože vosk sa lepí na kanály spalín a vytvára potenciálne riziko požiaru v elektrostatickom odlučovači a aromatické zlúčeniny môžu spôsobiť nepríjemný zápach obťažujúci susedov.

V niektorých prípadoch sa na odstránenie vlhkosti z palív z kôry používajú lisy. Ak však lis nie je riadne udržiavaný a prevádzkovaný tak, aby sa vlhkosť znížila pod úroveň približne 50 %, vedľajšie účinky týchto techník predbežnej úpravy (vysoké emisie biochemického spotreby kyslíka (BSK) do vody a vysoká spotreba energie a požiadavky na údržbu) môžu vyvážiť zvýšenie účinnosti spaľovania, ktoré možno očakávať od predbežnej úpravy.

Pásové sušičky sa môžu používať aj na sušenie tuhej biomasy a biopalív. V pásovej sušičke sa teplý vzduch alebo spaliny vedú cez vrstvu paliva na pohyblivej tkanine, na ktorej palivo schne. Pásové sušenie je vhodná metóda sušenia, ak sú k dispozícii vhodné spaliny alebo vhodná energia na výrobu teplého vzduchu.

Hladina vlhkosti biomasy a rašelinových peliet a brikiet je zvyčajne < 10–15 %, takže ďalšia úprava na zníženie obsahu vody nie je spravidla potrebná.

Slamené balíky sa z skladovacieho priestoru dopravujú žeriavom a dopravníkmi a pred vkladáním do kotla sa drvia, režu alebo melú.

Je výhodné nechať slamu na poliach ešte určitý čas po zbere, pretože dažďové zrážky znižujú množstvo vo vode rozpustných zásad v popole zo slamy. Tieto zásady majú nepriaznivý vplyv na podmienky spaľovania, pretože znižujú teplotu tavenia popola, čo zvyšuje riziko spekania fluidného lôžka a znečisťuje kotol. Množstvo vo vode rozpustných zásad prítomných v palive môže podstatne ovplyvniť rýchlosť korózie prehrieváčov. Dážď takisto recykluje vo vode rozpustné alkálie späť do pôdy pre rast nových plodín. Okrem prirodzeného sušenia na poliach sa nepraktizuje žiadne iné sušenie slamy.

Používanie peletizovanej biomasy sa zvyšuje, najmä na spoluspaľovanie a pri prechode uhoľných elektrární na biomasu. Peletizovať sa dá mnoho rôznych druhov biomasy, vrátane dreva, ozdobnice čínskej a slamy, ale najväčšie využitie má pravdepodobne drevo, pričom hlavným zdrojom paliva sú lesné rezíduá a riedke porasty. Peletizácia biomasy spotrebuje energiu a zvyšuje náklady na produkt, hoci túto nevýhodu vyvažuje jednoduchosť prepravy, manipulácie a skladovania a absencia fytosanitárnych požiadaviek. Obsah vlhkosti v peletách z biomasy je nízky (okolo 10 %), pretože väčšina predbežnej úpravy prebieha počas procesu peletizácie. [86, Eurelectric 2013]

Slamu používanú v kotloch na práškové palivo často melú na prach v kladivových mlynch, ktoré majú vysokú hladinu hluku. Pozornosť je potrebné venovať aj hluku, ktorý vzniká pri následnej pneumatickej preprave do horáka.

5.2.1.3 Technológie spaľovania špecifické pre spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny

Použitie peliet z biomasy (predovšetkým z dreva) umožňuje čiastočné aj úplné nahradenie uhlia v kotloch na práškové palivo. To môže viesť k významnému zníženiu emisií NO_x, SO₂ a CO₂.

Mnohé špecializované zariadenia na spaľovanie biomasy sú spojené s celulózovými a papierenskými závodmi, pílou, drevospracujúcim priemyslom alebo výrobcami drevených peliet, ktoré zabezpečujú významný podiel biomasy potrebnej pre vnútorné procesy. V iných prípadoch sa biomasa získava z miestnych alebo regionálnych lesov alebo z poľnohospodárstva alebo potravinárskeho priemyslu. Spoluspaľovanie biomasy sa úspešne používa v mnohých spaľovniach s cirkulujúcim vrstveným ohrevom (FBC), kde hlavným palivom je uhlie, hnedé uhlie, rašelina alebo drevné rezíduá z celulózového a papierenského priemyslu. Rašelina sa vo Fínsku a Švédsku veľmi často používa ako palivo v kombinácii s palivami z biomasy.

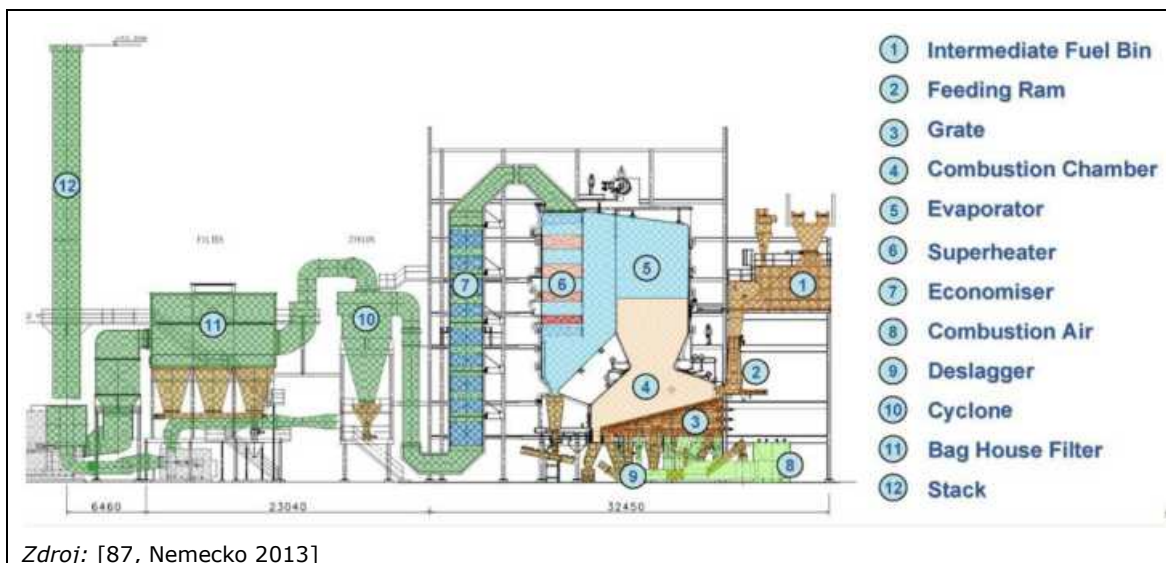
Používanie rašeliny môže tiež podporiť využívanie dreva. Vďaka svojim vlastnostiam je rašelina vhodná na spoluspaľovanie s drevom. Z technického hľadiska by bolo ťažšie používať iba niektoré druhy drevného paliva v existujúcich zariadeniach kvôli problémom s koróziou a znečistením. Schopnosť spaľovať rašelinu tiež zabezpečuje nepretržité dodávky paliva v oblastiach, kde je dostupnosť drevného paliva nedostatočná na pokrytie dopytu po palive.

Technológie spaľovania používané na spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny zahŕňajú spaľovanie na rošte, spaľovanie vo fluidnom lôžku a spaľovanie práškového paliva. Všeobecné informácie o spaľovacích procesoch nájdete v oddiele 2.2 a informácie o spaľovaní viacerých palív v oddiele 8.1.

5.2.1.3.1 Spaľovanie na rošte

Spaľovanie na rošte je najstarší princíp spaľovania používaný v kotloch. Pohyblivý rošt bol najpopulárnejším systémom spaľovania v malých kotloch až do začiatku 80. rokov 20. storočia, keď sa začalo viac presadzovať spaľovanie vo fluidnom lôžku, ktoré vo veľkej miere nahradilo spaľovanie na rošte. V 90. rokoch 20. storočia boli zavedené vodou chladené vibračné rošty, ktoré sa používali hlavne na spaľovanie slamy a drevnej štiepky s tepelným výkonom 28 – 150 MW.

V súčasnosti väčšina nových kotlov na tuhé palivá s príkonom paliva nad 15 MW používa spaľovanie vo fluidnom lôžku, na pohyblivom rošte alebo práškové spaľovanie. Voľba technológie závisí do veľkej miery od konkrétnej veľkosti kotla a požadovaného rozsahu palív.



Zdroj: [87, Nemecko 2013]

Obrázok 5.39: Vodou chladený systém s vibrujúcim pohyblivým roštom so skloneným roštovým kotlom na spaľovanie biomasy

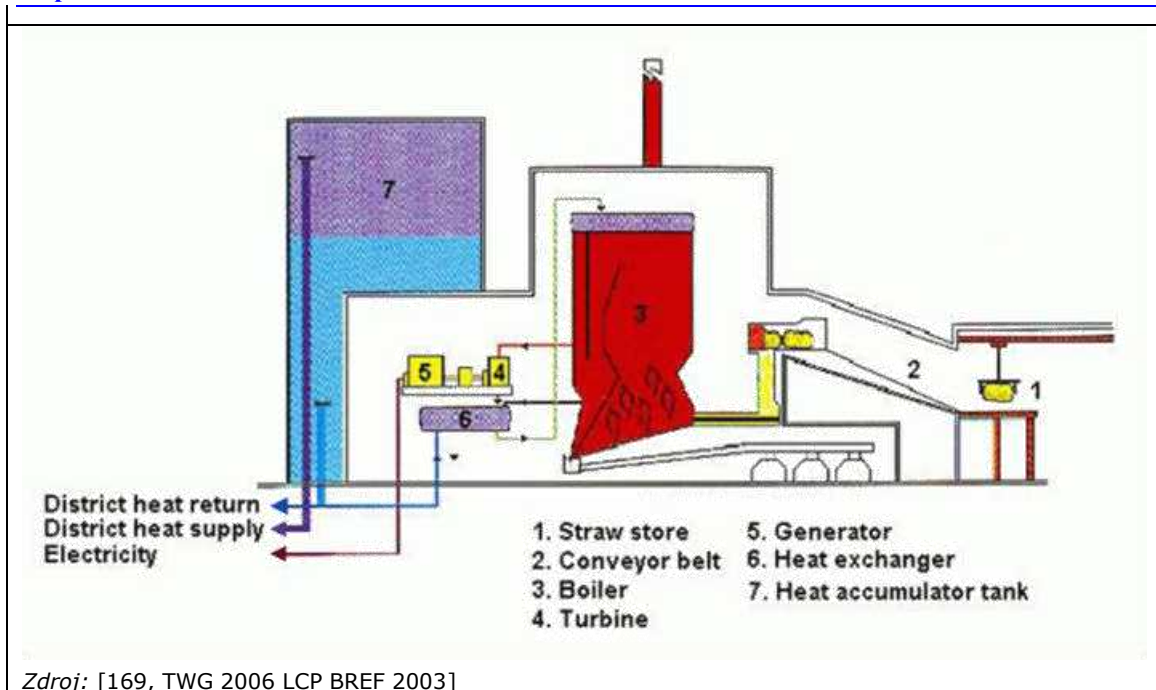
Typický princíp prevádzky pri spaľovaní biomasy na rošte sa líši od princípu spaľovania uhlia. Na biomasu sa zvyčajne používajú šikmé rošty (pozri obrázok 5.39). Môžu byť statické alebo mechanicky aktivované. Ak sa používajú pohyblivé rošty, na ne sa podáva homogénna vrstva. Alternatívne môže byť palivo na rošt podávané aj pomocou takzvaného rozmetávača, umiestneného na stene pece (napr. systém rozmetávacieho roštu, pozri obrázok 2.10).

Hoci bol pôvodne vynájdený ako technológia spaľovania uhlia, spaľovanie s rozmetávacím roštom je obzvlášť vhodné pre spaľovanie biomasy a zvyčajne sa používa v kotloch s výkonom do 150 MW_{th}. Kombinácia spaľovania v suspenzii a na rošte umožňuje použitie širokej škály palív, vrátane palív s vysokým obsahom popola a palív s vysokým obsahom jemných častíc. Systém postupného spaľovania s relatívne nízkym primárnym prietokom vzduchu je vhodný pre palivá z biomasy, pretože majú vysoký obsah prchavých látok.

Spaľovacie systémy s pohyblivým roštom a rozmetávačom sú vo všeobecnosti robustné systémy, ktoré dokážu spracovať aj „náročné“ biomasové palivá, napr. s popolom s nízkou teplotou topenia, pretože samotný rošt nie je citlivý na tvorbu škvary a znečistenie.

Na spoluspaľovanie slamy s uhlím je možné použiť viacero konverzných technológií, ale ak je slama jediným palivom, najbežnejším riešením je spaľovanie na rošte. Je to hlavne kvôli tendencii slamy k tvorbe škvary/spekaniu. Pri dodržaní niektorých špeciálnych opatrení, ako je použitie špeciálneho materiálu na podložku alebo prísad, sa zariadenia FBC používajú aj na spaľovanie slamy.

Zvyčajne sa používa vibrujúci vodou chladený rošt a teplota pary sa musí udržiavať pod približne 540 °C, aby sa korózia udržala v prijateľných medziach. V dôsledku tvorby HCl vedie spaľovanie slamy k vysokému riziku korózie pri vysokých teplotách, najmä v sekcii prehrievača kotla. Skúsenosti však ukazujú, že správny návrh a správny výber materiálov zvyšujú životnosť na viac ako 10 rokov. Prehrievače musia byť navrhnuté s veľmi veľkým rozstupom kvôli tvorbe usadenín. Najteplejšie prehrievače sa nečistia pomocou ofukovačov sadzí, pretože usadeniny na povrchu vytvárajú ochrannú vrstvu proti korózii. [43, EPPSA 2012] [154, CBT 1998] [155, Sanders 2000]



Obrázok 5.40: Spaľovacie zariadenie na slamu

S cieľom dosiahnuť optimálnu účinnosť alebo využitie paliva je cieľom dosiahnuť čo najlepšie spaľovanie. Skutočné spaľovanie a tým aj obsah nespáleného uhlíka v popole závisí hlavne od vlastností paliva a podmienok spaľovania. Keďže biomasa má vo všeobecnosti nízky obsah popola, nespálený uhlík v spodnom popole a popolčeku je zvyčajne vyšší ako 10 – 15 %.

5.2.1.3.2 Spaľovanie vo fluidnom lôžku

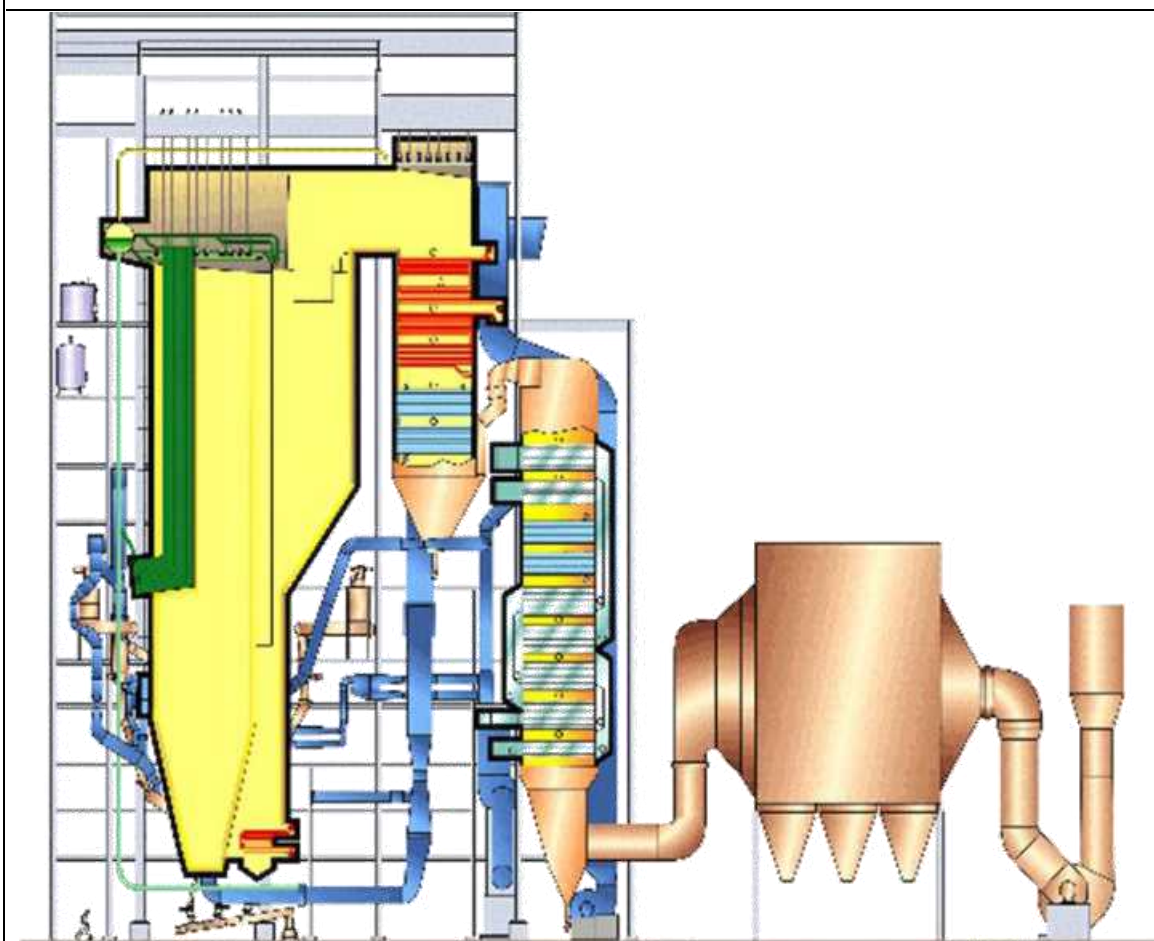
V 80. rokoch 20. storočia sa technológia FBC dostala na trh spaľovania rašeliny a biomasy. Kotly spaľujúce biomasu majú zvyčajne menovitý tepelný príkon až 500 MW a môžu vyrábať elektrinu aj teplo pre miestny priemysel alebo pre systém diaľkového vykurovania. Kotly s vyšším menovitým tepelným príkonom sa používajú pri spaľovaní viacerých palív spolu s biomasou.

Spaľovanie v bublinkovom fluidnom lôžku (BFBC) je technológia spaľovania, ktorá je zvlášť vhodná na spaľovanie nehomogénnych palív z biomasy. BFBC sa častejšie používa na spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny v menších kotloch. HFO, plynový olej alebo zemný plyn sa bežne používajú v kotloch s bublinkovým fluidným lôžkom (BFB) ako štartovacie palivo a ako podporné palivo počas prevádzky kotla, napr. pri poruche dodávky tuhého paliva alebo na kompenzáciu zmien kvality tuhého paliva (zmeny vlhkosti biomasy a/alebo rašeliny).

Spaľovanie v cirkulujúcom fluidnom lôžku (CFBC, pozri obrázok 5.41) je bežnejšie vo väčších zariadeniach, ale používa sa aj v menšom meradle, kde je potrebná flexibilita paliva.

Kotly na rašelinu sú zvyčajne navrhnuté aj na spaľovanie iných palív s nízkou výhrevnosťou a niekedy aj uhlia. Ako pomocné palivá na spustenie sa bežne používajú zemný plyn, ťažký vykurovací olej alebo plynový olej. [3, LCP TWG 2012] [43, EPPSA 2012]

Okrem toho bolo mnoho starších parných generátorov, ktoré používajú horáky na práškovú rašelinu so súvisiacimi sušičmi rašeliny, prestavaných na používanie FBC. FBC ponúka vysokú účinnosť spaľovania paliva, je odolný voči zmenám kvality paliva a nevyžaduje sušenie a práškovanie paliva.



Zdroj: [130, Fínsko 2000]

Obrázok 5.41: Kotel s cirkulujúcim fluidným lôžkom spaľujúci biomasu

5.2.1.3.3 Spaľovanie práškovej rašeliny a/alebo biomasy

Na konci 70. rokov bolo spaľovanie práškového paliva, ktoré bolo štandardnou technológiou pre uhlie, najvyspelejšou technológiou spaľovania. V dôsledku toho bola väčšina veľkých elektrární spaľujúcich rašelinu v 70. rokoch a v prvej polovici 80. rokov založená na kotloch s práškovým spaľovaním. Spaľovanie práškových reaktívnych palív, ako je rašelina, sa ukázalo ako problematické z dôvodu ťažkostí so sušiacimi systémami a kontrolou emisií, ako aj z dôvodu potreby podporného paliva v dôsledku zmien v kvalite paliva a kontrole emisií.

Od polovice 90. rokov 20. storočia sa začali zavádzať systémy spaľovania práškového paliva s využitím peliet s tepelným výkonom až 800 MW, a to hlavne v súvislosti s prechodom zariadení spaľujúcich uhlie na spaľovanie biomasy.

Práškové spaľovanie sa používa aj na spaľovanie dreva. Zariadenia, ktoré melú drevené pelety a používajú práškové spaľovanie, majú v súčasnosti široký rozsah tepelného výkonu (60 – 800 MW_{th}) [3, LCP TWG 2012], pričom možno používať veľké kotly na spaľovanie biomasy s vysokou účinnosťou.

V porovnaní so spaľovaním vo fluidnom lôžku sú limitujúcimi faktormi nižšia hustota suspenzie a tvorba škvary spôsobené vyššou teplotou pece ako pri spaľovaní vo fluidnom lôžku. [3, LCP TWG 2012] [43, EPPSA 2012]

Spaľovanie práškovej biomasy vyžaduje suché palivo a veľmi malú veľkosť častíc. Náklady a spotreba energie na prípravu paliva sú v porovnaní s inými technikami spaľovania biomasy značné. [88, Dánsko 2013]

Na účely konverzie jednotiek s cieľom umožniť špecializované spaľovanie biomasy môže byť potrebné vyvinúť systémy prijímania, skladovania a manipulácie s biomasou, ako aj zariadenia na distribúciu biomasy do kotlov, ktoré musia byť špeciálne navrhnuté tak, aby sa zabezpečilo, že z procesných a spaľovacích systémov nevzniká žiadny významný prach. Základné princípy prevádzky zariadenia môžu zostať počas procesu konverzie nezmenené, ale značný počet komponentov zariadenia je potrebné optimalizovať, aby sa maximalizovala tepelná účinnosť zariadenia a minimalizovali emisie. Tieto optimalizácie zahŕňajú: úpravy horákov, aby sa zabezpečilo, že horáky fungujú spôsobom, ktorý udržiava spoľahlivo detekovateľný plameň s dobrou stabilitou spaľovania; úpravy systémov spaľovacieho vzduchu, aby sa znížila teplota vzduchu vstupujúceho do mlynov a znížila teplota výstupu plynu z kotla; úpravy mlynov s cieľom spracovať drevené pelety na požadovanú veľkosť častíc, aby sa zabezpečilo efektívne spaľovanie; úpravy systému dodávky paliva s cieľom bezpečne dopravovať drevené pelety zo skladu do mlynov; a úpravy násypiek elektrostatického odlučovača (ESP) s cieľom zlepšiť manipuláciu s popolom zbieraným z konvertovaných jednotiek. [86, Eurelectric 2013]

5.2.1.4 Energetická účinnosť kotlov LCP spaľujúcich biomasu a/alebo rašelin

Kogeneračné zariadenia sú ekonomicky realizovateľné v oveľa menších veľkostiach ako kondenzačné elektrárne (všeobecné informácie o procesoch výroby energie nájdete v oddiele 2.2). Sú tiež obzvlášť vhodné na spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny. V menších zariadeniach je možné biomasu a/alebo rašelinové palivo zbierať na menšej ploche, čo pomáha obmedziť náklady a vplyv prepravy paliva na životné prostredie, čo je zvyčajne dôležitý faktor, ktorý je potrebné zohľadniť pri zariadeniach spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu.

Zariadenia spaľujúce biomasu a/alebo rašelinu sú často vhodné na kombinované využitie elektriny a tepla, pretože ich veľkosť sa zvyčajne dobre prispôbuje miestnej spotrebe tepla v priemysle, systémoch diaľkového vykurovania atď., na rozdiel od väčších zariadení, kde množstvo využiteľného tepla zvyčajne prevyšuje miestnu spotrebu tepla. V roku 2010 sa v skutočnosti asi 72 % rašeliny použitej vo veľkých spaľovacích zariadeniach vo Fínsku a 93 % biomasy použilo na výrobu energie v kombinácii tepla a elektriny. Naopak, v Írsku sa rašelina používa iba na výrobu elektriny.

Pri použití biomasy v existujúcich veľkých kotloch na práškové palivo je možné dosiahnuť vysokú účinnosť zariadenia. Zmení sa však rozloženie teploty v kotle. Tieto zmeny v rozložení teploty v kotle a úpravy charakteristík prúdenia vzduchu môžu spôsobiť mierne zníženie účinnosti úplne premeneného zariadenia v porovnaní s uhoľným zariadením pracujúcim pri rovnakom zaťažení. [86, Eurelectric 2013]

5.2.1.5 Znižovanie emisií do ovzdušia zo zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu

5.2.1.5.1.1 Znižovanie emisií oxidov dusíka

Nízke teploty spaľovania roštových systémov sú výhodné pre kontrolu emisií NO_x. Na zníženie tvorby emisií NO_x sa bežne používa nadmerný prívod vzduchu. Pri spaľovaní s rozmetávacím roštom sa zvyčajne používa aj nízky prebytok vzduchu ako primárne opatrenie na zníženie emisií NO_x.

Emisie NO_x pri spaľovaní vo fluidnom lôžku sú zvyčajne výrazne nižšie ako pri konvenčnom spaľovaní práškoveho paliva. Teplota spaľovania vo fluidnom lôžku je zvyčajne nízka (napr. pri spaľovaní rašeliny), čo zabezpečuje nízku úroveň tvorby termického NO_x. Za týchto podmienok je väčšina emisií NO_x spôsobená dusíkom viazaným v palive.

Charakteristiky spaľovania biomasy v úplne prerobených kotloch ešte nie sú úplne opísané. Príklady uhoľných elektrární prerobených na spaľovanie biomasy (napr. zariadenie 14 – modernizovaná) s použitím SCR sú uvedené v zbere údajov LCP TWG 2012. Pri nízkych stupňoch spoluspaľovania biomasy (< 50 % podľa tepelného príkonu) je vplyv na emisie NO_x nízky. Pri vyšších stupňoch spoluspaľovania (> 50 %) však typ a objem biomasy významne ovplyvňujú spaľovacie procesy a techniky znižovania emisií, ako aj dosiahnuteľné úrovne emisií. Pri použití existujúcich horákov na uhlie a riadiacich systémov v kotloch sa môže zmeniť stabilita plameňa v kotle. To môže vyžadovať úpravy distribúcie vzduchu/paliva, a tým aj schopnosti horáka znižovať emisie NO_x. [86, Eurelectric 2013]

Emisie NO_x je možné znížiť pomocou primárnych techník (napr. systémom stupňovitého prívodu vzduchu) a/alebo použitím SNCR a/alebo SCR. Techniky znižovania NO_x pri spaľovaní biomasy môžu vyžadovať sofistikovaný sekundárny vzduchový systém a špeciálnu konštrukciu pece umožňujúcu dve spaľovacie zóny. Tvorbu NO_x je možné ďalej obmedziť minimalizovaním pomeru prebytku vzduchu a stupňovaním spaľovacieho vzduchu. V moderných kotloch sú okrem primárnych prívodov fluidizačného vzduchu inštalované aj sekundárne prívody vzduchu. Časť spaľovacieho vzduchu sa vstrekuje cez tieto prívody, ktoré sa nachádzajú v hornej časti pece. Sekundárny/terciárny vzduch vstrekováný cez horné otvory zabezpečuje úplné vyhorenie. Spodná časť pece môže potom pracovať s nízkym pomerom vzduchu, čo zabraňuje tvorbe NO_x. Na zníženie tvorby NO_x môžu byť inštalované aj ďalšie primárne techniky, ako napríklad recirkulácia spalín.

Tvorba oxidu dusného (N₂O) sa zdá byť väčšia v FBC (najmä v cirkulujúcich fluidných lôžkach) ako pri konvenčnom spaľovaní práškoveho paliva.

Sekundárne techniky, ako je selektívna katalytická alebo nekatalytická redukcia, sa používajú v mnohých kotloch spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu, najmä v nových kotloch. SNCR sa široko používa a v súčasnosti je dobre zavedenou technikou pre spaľovanie biomasy. V prípade existujúcich kotlov, ak sa SNCR nepoužila pri návrhu kotla, môže byť SNCR menej účinná z dôvodu chýbajúceho vhodného teplotného okna. Návrh procesu alebo vysoké tepelné zaťaženie existujúceho kotla môže viesť k príliš krátkej reakčnej dobe z dôvodu príliš vysokej teploty v hornej časti pece na vstrekovanie amoniaku/močoviny.

SCR bola zavedená v polovici 90. rokov; kombinácie SNCR a SCR sa tiež používajú, napr. keď je účinnosť SNCR obmedzená krátkou reakčnou dobou v kotle alebo kolísaním zaťaženia. Malé roštové kotly môžu byť tiež vybavené SNCR alebo dokonca SCR s nízkym obsahom prachu. SCR vyžaduje na svoju činnosť dostatočne vysoké teploty, aby sa zabránilo tvorbe bisulfátu amónneho. SCR s nízkym obsahom prachu (koncový) možno inštalovať pri teplotách spalín 190 °C a viac. SCR s vysokým obsahom prachu môže bezpečne pracovať pri teplotách 320 °C a viac. Paleta používaných palivových zmesí a požadovaná úroveň zaťaženia kotla sú kľúčovými otázkami pri plánovaní SCR v existujúcom kotle. Hlavnými výzvami sú rozloženie, potrubné rozvody, systém ťahu spalín a konštrukčné zmeny. Pri dodatočnej inštalácii SCR je potrebné zohľadniť priestorovú dostupnosť pre katalyzátor a úpravu rozloženia potrubia spalín. [89, EPPSA 2013]

SCR s vysokým obsahom prachu je vhodný pre spaľovanie drevnej biomasy v práškovej forme, ale použitie paliva s vysokým obsahom alkálií (napr. slama) môže vyžadovať SCR s nízkym obsahom prachu na konci potrubia kvôli potenciálu otravy katalyzátora. Po deaktivácii je potrebné katalyzátory SCR regenerovať. To je možné dosiahnuť (napr. každý druhý rok) umývaním katalyzátora vodou (a/alebo kyselinou sírovou) po jeho vyňatí zo systému. Je však možné aj umývanie vodou na *mieste* s následnou sulfátáciou (ošetrením plynom SO₂). [43, EPPSA 2012]

5.2.1.5.1.2 Znižovanie emisií SO_x

V spaľovacích zariadeniach využívajúcich biomasu a/alebo rašelinou je obsah síry v palive často nízky alebo stredný. Emisie sú preto často tak nízke, že sa často nevykonáva žiadne odsírovanie.

Pri biomase alebo rašeline s vyšším obsahom síry sa však zvyčajne používajú procesy suchého vstrekovania po spaľovaní. Vstrekovanie hydroxidu vápenatého alebo hydrogenuhlčitanu sodného v suchej forme pred vrecovým filtrom môže dosiahnuť dostatočné zníženie emisií SO_x. Použitie sorbentu však zvyšuje množstvo popola produkovaného spaľovacím zariadením, a preto môže tiež zvýšiť emisie častíc, ak sa na odstraňovanie prachu používa ESP namiesto vrecového filtra. Existuje možnosť, že vlastnosti sorbentu môžu znížiť účinnosť elektrostatického odlučovania, čo spôsobí vyššie emisie prachu, najmä pri použití väčšieho množstva sorbentu na zníženie emisií SO_x.

V niektorých prípadoch môže byť účinným riešením aj vstrekovanie vápenca do pece zariadení na práškové palivo spolu s mokrou práčkou.

Odstraňovanie síry na rošte nie je možné kvôli minimálnej dobe kontaktu medzi SO_x a reaktívnou zásadou dodávanou na rošt. Vstrekovanie vápenca do pece je možné, ale v kotloch s roštovým spaľovaním nie je účinné. V prípade kotlov s roštovým ohrevom je preto najčastejšie používanou technikou vstrekovanie sorbentu do potrubia spalín pred vrecovým filtrom. Typ sorbentu závisí od teploty spalín. Vápencový prach sa používa do teploty 150 °C a nad touto teplotou sa používa hydrogenuhlčitan sodný. [89, EPPSA 2013]

Zníženie emisií síry pri spaľovaní práškového paliva je možné dosiahnuť vstrekaním vápenca alebo dolomitu do pece, ale táto metóda je veľmi neefektívna a neekonomická. Je dokonca možné, že tieto adsorbenty zosilňujú koróziu chlómom.

Tieto opatrenia tiež odstraňujú iné škodlivé emisie, ako sú HCl a HF. [43, EPPSA 2012]

Vzhľadom na relatívne nízky obsah síry v palivách, ktoré sa majú spaľovať v zariadení premenenom zo spaľovania uhlia, možno očakávať 90 % zníženie emisií síry, čím sa táto premena stáva účinným primárnym opatrením na zníženie emisií oxidu siričitého. Treba tiež poznamenať, že systém FGD určený na odsírovanie uhlia môže byť neefektívny a neúčinný, ak sa ponechá s cieľom ďalej znižovať emisie z jednotky premenenej na biomasu. Zariadenia premenené zo spaľovania uhlia majú spravidla systém FGD, ale tieto systémy boli navrhnuté na použitie s uhlím s vysokým obsahom síry a existujú obavy, že z technických dôvodov by prevádzka premeneného bloku s existujúcim systémom FGD nebola praktická ani ekonomická. To platí najmä v prípadoch, keď premena vedie k vyšším teplotám na konci procesu, čo má vplyv na integritu systému FGD. [86, Eurelectric 2013]

5.2.1.5.1.3 Znižovanie emisií prachu

Pri spaľovaní biomasy (napr. dreva, slamy) alebo rašeliny v roštových spaľovacích systémoch zostáva väčšina popola na rošte a zachytáva sa ako popol. Iba malé množstvo popola opúšťa pec ako popolček a zachytáva sa v zariadeniach na znižovanie prachu. Na znižovanie prachu z roštových spaľovacích zariadení sa v súčasnosti používajú elektrostatické odlučovače aj vrecové filtre, pričom vrecové filtre sú bežnejšie.

Pri spaľovaní práškovej biomasy alebo rašeliny sa väčšina popola odnáša spolu s dymovými plynmi zo spaľovacej komory. Iba malé množstvo sa zachytáva ako popol.

V prípade veľkých spaľovní práškovej biomasy/rašeliny sa najčastejšie používa technika ESP. Použiť sa môžu aj vrecové filtre.

Na odstraňovanie prachu v kotloch na spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny vo fluidnom lôžku sa v súčasnosti používajú ESP a vrecové filtre, pričom vrecové filtre sú často preferovanou technikou pre zariadenia využívajúce techniky suchého sorpcie a ESP sa častejšie používajú v prípadoch, keď boli zariadenia na spaľovanie tuhých fosílnych palív premenené na zariadenia určené výlučne na spaľovanie biomasy. Odpor popola určitých palív (napr. slamy) môže ovplyvniť účinnosť ESP v závislosti od palivovej zmesi použitej pri spaľovaní.

V systémoch s fluidným lôžkom sa palivo používa v hrubo mletom stave, a preto sa väčšina popola extrahuje ako spodný popol. V CFBC sa zóna lôžka rozširuje vďaka vyšším rýchlostiam prúdenia vzduchu a popol (nevyhnutný pre tento typ spaľovania) sa musí recirkulovať. Odlučovanie je neoddeliteľnou súčasťou CFBC na zachytávanie hrubých častíc popola, ako je znázornené na obrázku 5.42.



Obrázok 5.42: Prúdenie paliva a materiálu lôžka v kotle CFBC spaľujúcom biomasu

5.2.1.6 Čistenie vody a odpadových vôd

Emisie znečisťujúcich látok do vody nie sú pre zariadenia na spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny veľkým problémom. Všeobecné techniky používané v spaľovacích zariadeniach na kontrolu emisií do vody sú uvedené v oddiele 3.2.4.

5.2.1.7 Nakladanie s rezíduami zo spaľovania

Zariadenie spaľujúce rašelinu produkuje popol a produkty zo vstrekovania vápenca. Väčšina popola je popolček z čistenia spalín (elektrostatické odlučovače alebo vrecové filtre). Približne 10 – 20 % celkového množstva popola tvorí popol na dne kotla. Ten sa môže použiť podľa nižšie uvedených pokynov alebo sa môže likvidovať v závislosti od platných právnych predpisov a podmienok na trhu.

Rašelinový popol sa môže používať ako surovina, ako prísada v stavebnom priemysle a pri výrobe stavebných materiálov alebo napríklad ako materiál na výstavbu ciest. Pri stabilizácii minerálnych agregátov a v betóne sa rašelinový popol môže použiť ako náhrada najjemnejšieho agregátu alebo časti cementu. Môže sa používať aj pri čistení odpadových vôd. Geotechnické vlastnosti a minerálne zložky popola je potrebné pred komerčným využitím preskúmať v jednotlivých prípadoch.

V súčasnosti sa rašelina zriedka spaľuje samostatne. Zvyčajne sa spaľuje spolu s inými palivami, ako je drevo, čo vo väčšine prípadov vedie k tvorbe zmiešaného popola. Vlastnosti takéhoto zmiešaného popola sa líšia od vlastností rašelinového popola, a preto sú možnosti jeho využitia mierne odlišné. Napríklad mierne odlišné zloženie popola vznikajúceho pri spoluspaľovaní dreva a rašelinou sťažuje jeho použitie ako stavebného materiálu.

V niektorých krajinách sa rašelinový popolček a popol z biomasy alebo ich zmes môžu používať ako hnojivo v lesoch a na poliach. Popol obsahuje niektoré živiny a vápno potrebné pre rastliny. Pred povolením akéhokoľvek komerčného využitia biomasy a/alebo rašelinového popola ako hnojiva je však potrebné zohľadniť environmentálne a zdravotné aspekty a príslušné predpisy.

Popolček zo spaľovacích jednotiek slamy sa zvyčajne likviduje, najmä kvôli vysokému obsahu kadmia. Spodný popol sa však môže používať na poliach alebo ako materiál na výstavbu ciest.

Väčšina uhoľných elektrární, ktoré prešli na spaľovanie biomasy, produkuje lôžkový popol a malé množstvá popolčeka, ktoré sa môžu použiť ako prísada v stavebnom priemysle alebo sa môžu likvidovať.

5.2.2 Súčasné úrovne emisií a spotreby

5.2.2.1 Biomasa a rašelina používané vo veľkých spaľovacích zariadeniach

Rôzne druhy biomasy a rašeliny sa často spaľujú spolu v rôznych pomeroch v tom istom zariadení, pričom sa zohľadňuje dostupnosť paliva a potreby procesu. Vhodné zmiešavanie palív môže pomôcť spaľovniam dosiahnuť lepšie procesné a environmentálne výkony. Informácie o spaľovaní viacerých palív nájdete v kapitole 8, informácie o charakterizácii palív nájdete v oddiele 5.2.1.1.

Niektoré zariadenia na spaľovanie uhlia v Spojenom kráľovstve, Belgicku, Holandsku a iných krajinách boli prekonvertované na spaľovanie biomasy. [86, Eurelectric 2013]

Biomasa je v IED definovaná ako produkty pozostávajúce z akejkoľvek rastlinnej hmoty pochádzajúcej z poľnohospodárstva alebo lesného hospodárstva, ktoré možno použiť ako palivo na získanie energie, a z nasledujúcich odpadov:

- rastlinné rezíduá z poľnohospodárstva a lesného hospodárstva;
- rastlinné rezíduá z potravinárskeho priemyslu, ak sa získava teplo;

- vláknný rastlinný odpad z výroby čerstvej vlákniny a z výroby papiera z buničiny, ak sa spoluspaľuje v mieste výroby a vyrobené teplo sa využíva;
- korkový odpad;
- drevný odpad s výnimkou drevného odpadu, ktorý môže obsahovať halogénované organické zlúčeniny alebo ťažké kovy v dôsledku ošetrovania prostriedkami na ochranu dreva alebo povrchovou úpravou, a ktorý zahŕňa najmä drevný odpad pochádzajúci zo stavebného a demolačného odpadu.

Biomasa, ako je kôra, drevná štiepka, piliny, lepenka, drevotrieskové dosky alebo iné rezíduá z celulózových závodov alebo píl, obsahuje veľké množstvo vody. Hoci sa chemické zloženie kôry a dreva rôznych druhov mierne líši a hoci množstvo nečistôt a pôdy ovplyvňuje obsah a zloženie popola, biomasa pochádzajúca z lesného hospodárstva a lesného priemyslu má vo všeobecnosti určité spoločné vlastnosti ako palivo. Obsah síry je nízky a obsah popola je stredný. Séria noriem EN ISO 17225 uvádza typické hodnoty a vlastnosti palív z biomasy. Napríklad pri spaľovaní spolu s rašelinou môže drevný popol reagovať so sírou z rašeliny a pôsobiť ako odsírovacie činidlo. Rozdiely v vlhkosti a konzistencii paliva sú však značné a ovplyvňujú manipuláciu s palivom a vlastnosti spaľovania. Všetky tieto podrobnosti je potrebné zohľadniť pri určovaní techník ich skladovania, prepravy, spaľovania a možnej úpravy spalín.

Nová trieda palív z biomasy, ktoré sa používajú v celulózových a papierenských závodoch, v kogeneračných a vykurovacích zariadeniach, sú lesné rezíduá, t. j. malé stromy, koruny a konáre stromov a niekedy aj korene, ktoré sa zbierajú špeciálne na použitie ako palivo v súvislosti s inými lesnými činnosťami. Lesné rezíduá sa používajú ako štiepky alebo drevná hmota. V posledných desaťročiach prebiehajú aj experimenty s pestovaním rôznych rýchlorastúcich porastov (napr. druhy vrb a topoľov) špeciálne na palivové účely, hoci ekonomika týchto palív je zhoršená nákladmi na zber a dopravu.

Lesné rezíduá sa pri ich využívaní často spaľujú spolu s inými palivami v existujúcich zariadeniach, najmä v kotloch s fluidným lôžkom spaľujúcich rašelinové alebo kôrové rezíduá, ale sú možné aj zariadenia, ktoré spaľujú hlavne alebo výlučne lesné rezíduá. Nie všetka lesná biomasa je však vhodná na spaľovanie, a to ani v kotloch s fluidným lôžkom určených na rašelinové alebo kôrové rezíduá. [3, LCP TWG 2012]

Slama je zvyškový produkt poľnohospodárskej výroby obilnín a väčšina ročnej produkcie slamy sa skutočne spotrebuje v poľnohospodárskom sektore. Prebytok slamy sa využíva na výrobu energie buď v malých kotloch na výrobu tepla pre okresy, alebo vo väčších zariadeniach s kombinovanou výrobou elektriny a tepla s výkonom až 40 MW_e. Slama sa premieňa na energiu a teplo v konvenčných spaľovacích zariadeniach, ale vzhľadom na špeciálne vlastnosti slamy (najmä jej vysoký obsah chlóru) je potrebné zohľadniť mnoho technických otázok. Medzi ďalšie palivá z biomasy patria olivové kôstky, kôra osiky, kaučukovníky, bagasa z cukrovej trstiny a trstina kanárska. Všetky tieto palivá majú relatívne vysoký obsah alkálií (Na, K).

Výroba energie z rašeliny v EÚ sa sústreďuje v šiestich krajinách: Fínsko, Írsko, Švédsko, Estónsko, Lotyšsko a Litva. V týchto šiestich krajinách je primárna spotreba energie približne 1420 TWh ročne a priemerná ročná spotreba energie z rašeliny v období 2006 – 2009 bola 42 TWh, čo predstavuje približne 3 % celkovej primárnej spotreby energie. Najmä vo Fínsku a Írsku je rašelina významným palivom, ktoré tvorí približne 5 – 6 % spotreby primárnej energie. V EÚ-27 ako celku predstavuje energia z rašeliny iba 0,2 % spotreby primárnej energie, ktorá je približne 21 000 TWh ročne.

Vo Fínsku je podiel energie z rašeliny na diaľkovom vykurovaní celkovo 21 %, pričom v 10 provinciách dosahuje úroveň nad 30 %. V Estónsku a Švédsku je tento podiel 1,2 %, resp. 0,6 %. [90, Fínsko 2013]

Tabuľka 5.39 predstavuje porovnanie biomasy a rašeliny s inými bežnými palivami.

Tabuľka 5.39: Porovnanie palív z biomasy a drvenej rašeliny s fosílnymi palivami bežne používanými v LCP

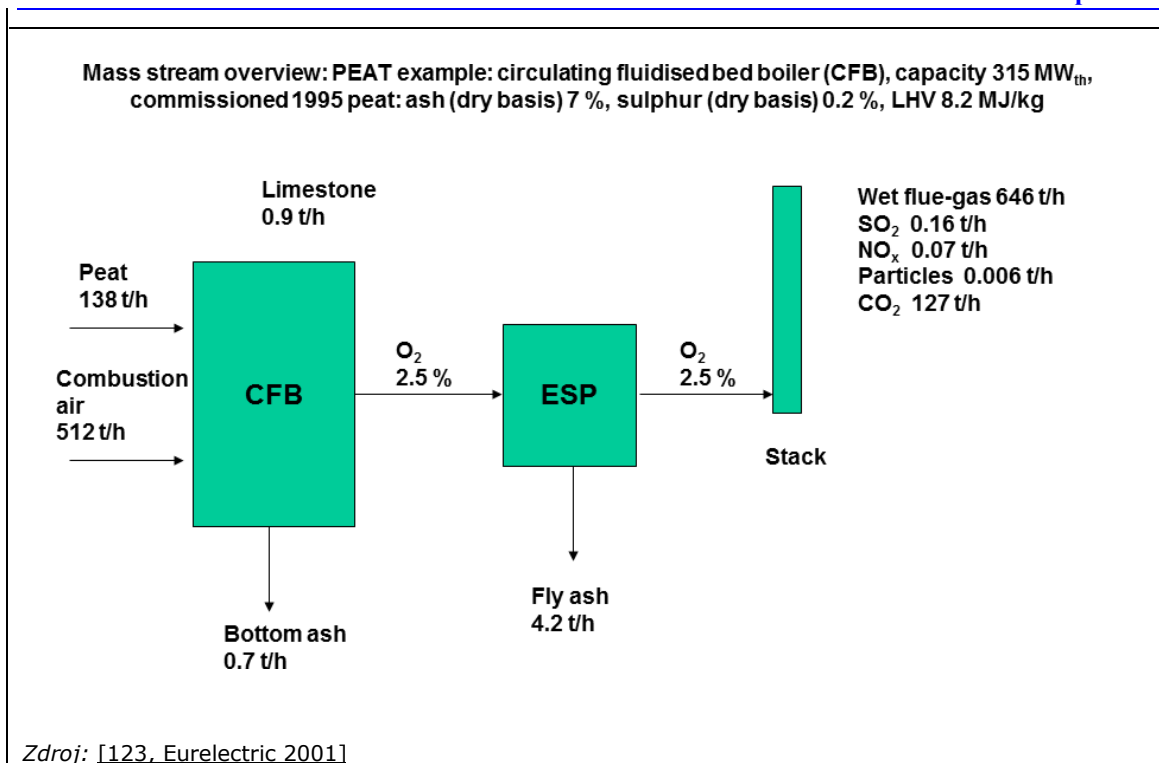
Parameter	Jednotka	Koksové uhlie ⁽¹⁾	Drvená rašelina	Kôra	Drevo ⁽²⁾	Ťažký vykurovací olej	Zemný plyn
Vlhkosť	%	10	50	55	40	0,5	< 0,1
Popol v sušine		14	3–6	2–3	0,4	< 0,1	0
Prchavé látky v suchom palive		25–35	NA	70–80	80	NA	NA
Síra v suchom palive		< 1	0,5	< 0,2	0	< 1	0,0
Zlúčeniny dusíka v suchom palive		1	1,7	0	0	0	0
Cl	mg/MJ paliva LHV ⁽³⁾	< 0,1	NA	< 0,03	< 0,01	NA	NA
Ako		0,14	0,1	0,01	0	0,04	NA
Cd		0,15	0,004	0,015	0,01–1,1	NA	NA
Hg		0,003	0,003	0	0,001–0,009	< 0,0001	NA
Ni		0,4	0	0,04	0,03	0,9	NA
Pb		0	0	0,15	0,1–0,7	0	NA
Objemová hustota paliva	kg/Nm ³	1350	350	350	200	987	NA
Hmotnosť paliva LHV	GJ/Nm ³	34,3	2,9	2,5	2,1	40	NA
LHV sušiny	MJ/kg	28,7	20	19	19	40,2	48
LHV		25,5	8,4	7,2	10,4	40,1	48
Stechiometria spalín	Nm ³ /MJ	0,278	0,383	0,435	0,357	0,277	0,297
Stechiometria suchých spalín		0,253	0,281	0,291	0,259	0,246	0,239
Špecifické CO ₂	gCO ₂ /kWh	476,1	658,8	NA	NA	402,5	172,8
Špecifické CO ₂ na jednotku LHV	gCO ₂ /MJ	90	106 118	113	100	76	54
Pomer vyrobenej energie a tepla (LHV)		2,3	2,3–2,7	NA	NA	2,3	1, 8
Emisie CO ₂ na kWh elektrickej	g/kWh	207	244	NA	NA	175	96

(1) Poľský vývoz uhlia.
(2) Drevoštiepky.
(3) Údaje sú uvedené len v rádovej veľkosti.
Zdroj: [130, Fínsko 2000]

Rašelina je miestne palivo v spaľovniach. Je to objemné palivo s nízkou výhrevnosťou, podobne ako väčšina palív z biomasy. Preto je zriedkavo ekonomicky výhodné prepravovať ju na vzdialenosti väčšie ako približne 100 km. Preto je mnoho zariadení spaľujúcich rašelinu a/alebo biomasu malými lokálnymi kogeneračnými alebo výlučne tepelnými elektrárnami pre malé až stredné systémy diaľkového vykurovania. Veľký počet týchto elektrární vo Fínsku má výkon nižší ako 50 MW_{th}. V dôsledku nákladov na dopravu rašeliny do zariadení sa napriek tomu, že vo všetkých častiach Fínska existujú rašeliniská, ktoré sú dostatočne hlboké a veľké na ekonomickú ťažbu rašeliny, využíva len malá časť z nich. Z hľadiska energetiky sú najväčšími spotrebiteľmi rašelinového paliva kogeneračné a vykurovacie elektrárne v systémoch diaľkového vykurovania (väčšinou vnútrozemských) miest s počtom obyvateľov od 50 000 do 200 000.

Rašelina sa vyznačuje nízkym obsahom popola a síry, typicky okolo 5 % a 0,20 % (v suchom stave). Rašelina má vysoký obsah prchavých látok a je veľmi reaktívna, ak jej vlhkosť klesne pod 40 % (mletá palivová rašelina). Pri veľkoplošnom využívaní sa zvyčajne používa ako mletá rašelina, ktorá sa vyrába v období od mája do augusta, suší sa na mieste výroby slnkom a vetrom na vlhkosť okolo 40 % a následne sa skladuje vedľa miesta výroby vo veľkých zásobníkoch, ktoré sú zakryté plastovou fóliou. Vzhľadom na vysoký obsah vlhkosti (okolo 45 – 50 % hmotnosti v čase dodávky) a z hľadiska sušiny je rašelina porovnateľnejšia s biomasou ako s hnedým uhlím.

Obrázok 5.43 znázorňuje typický tok hmotnostnej bilancie pri spaľovaní rašeliny v kotle CFB.



Obrázok 5.43: Príklad hmotnostnej bilancie v kotle CFBC spaľujúcom rašelinu

5.2.2.2 Energetická účinnosť spaľovacích zariadení na biomasu a rašelinu

Ako už bolo spomenuté, mnohé zariadenia spaľujúce biomasu a/alebo rašelinu sú zariadeniami s kombinovanou výrobou elektriny a tepla. Kombinovaná výroba elektriny a tepla umožňuje dosiahnuť veľmi vysokú úroveň celkového využitia paliva, ktorá sa môže pohybovať od 17 % do 102 % (ročný priemer na základe LHV – kondenzačný režim). Typickú úroveň celkového využitia paliva pre zariadenia s kombinovanou výrobou elektriny a tepla je však ťažké určiť na všeobecnej báze. Účinnosť je vysoko špecifická pre dané miesto a závisí od faktorov, ako sú tepelné zaťaženie a jeho zmeny, úroveň cien a potreba elektrickej energie na trhu, použitá technológia atď.

Kogenerácia elektriny a tepla sa zvyčajne považuje za technickú možnosť, ak je to ekonomicky realizovateľné, t. j. ak je miestny dopyt po teple dostatočne vysoký na to, aby sa oplatilo postaviť drahšiu kogeneračné zariadenie namiesto jednoduchšieho zariadenia, ktoré vyrába len teplo alebo len elektrinu. V skutočnosti sú bežné aj zariadenia, ktoré vyrábajú len elektrinu. Bežný rozsah čistej elektrickej účinnosti zariadení je 11 – 36 % (ročný priemer), pričom horná hranica tohto rozsahu sa týka zariadení určených výlučne na výrobu elektriny. Pri spaľovaní práškoveho paliva sa vo Fínsku dosiahla elektrická účinnosť 38 – 39 % v kotle na práškovú rašelinu.

Kondenzačné zariadenia spaľujúce biomasu alebo rašelinu sú zvyčajne menšie ako zariadenia spaľujúce uhlie a tlak a teplota pary sú zvyčajne nižšie ako v moderných zariadeniach spaľujúcich uhlie. Úrovně tepelnej účinnosti FBC spaľujúcich biomasu a rašelinu sa pohybujú okolo 3,3 – 3,6. [3, LCP TWG 2012]

Premena uhoľnej jednotky na 100 % spaľovanie biomasy má mierny vplyv na celkovú tepelnú účinnosť jednotky. Keďže použitá biomasa (napr. pelety) má nižšiu vlhkosť v porovnaní s uhlím, vo fáze mletia je potrebný vyšší prietok temperovaného vzduchu, čo má za následok, že viac spaľovacieho vzduchu obchádza ohrievače vzduchu. Výsledkom je vyššia teplota spalín na výstupe a následne malé zníženie celkovej účinnosti kotla. Účinnosť premeneného zariadenia je však úzko spojená s účinnosťou zariadenia prevádzkovaného na uhlie. [86, Eurelectric 2013]

5.2.2.3 Emisie do ovzdušia zo spaľovacích zariadení na biomasu a/alebo rašelinu

Emisie zariadení na spaľovanie biomasy závisia hlavne od zloženia paliva, použitého procesu spaľovania a úpravy spalín. Emisie NO_x závisia aj od charakteristík spaľovania a v prípadoch vyšších emisií je možné koncentrácie NO_x v spalinách znížiť pomocou systému DeNO_x.

Pri systémoch spaľovania biomasy na roštoch môžu počas vibrácií vibračného roštu dochádzať k najvyšším hodnotám emisií CO. [43, EPPSA 2012]

V tabuľke 5.40 je uvedený rozsah aktuálne pozorovaných úrovní emisií pri spaľovaní biomasy a/alebo rašelinu. V niektorých prípadoch sa uvedené údaje týkajú iba paliva z biomasy a nemusia byť nevyhnutne reprezentatívne pre spaľovanie biomasy aj rašelinu. Uvádza sa tiež prehľad najbežnejších techník znižovania emisií používaných v spaľovacích zariadeniach na biomasu a/alebo rašelinu.

Tabuľka 5.40: Špecifické emisie do ovzdušia zo spaľovacích zariadení na biomasu a/alebo rašelinu

Kapacita (MW _{th})	Typ spaľovania	Techniky znižovania emisií			Emisie do ovzdušia (mg/Nm ³) (¹)							
		SO ₂	NO _x	Prach	SO ₂	NO _x	NH ₃	Prach	CO	HF	HCl	Hg
< 100	GF	DSI/SDA	Air staging/fuel staging/LNB/Recirkulácia spalín/SNCR	ESP samostatne alebo s kondenzátorom spalín/vrecovým filtrom	3–73	220–303	17	2	24	0,23 0,27	2,2–51	0,0008– 0,0075
	FBC	Mokrý vypieranie/DSI/Kondenzátor spalín/Vstrekovanie sorbentu do kotla/Mokrý FGD	Air staging/fuel staging/LNB/Recirkulácia spalín/SNCR/SCR	ESP samostatne alebo s kondenzátorom spalín/mokrý FGD/vrecový filter samostatne alebo s kondenzátorom spalín	1–850	70	1	0,5–42	13	0,01 0,77	0,15–36	0,0006– 0,009
	PC	NI	Air staging /LNB	ESP	4	194–198	NA	22–27	202–286	NI	NI	NI
100–300	GF	Kondenzátor spalín/mokrý FGD	Stupňovanie vzduchu	Vrecový filter s kondenzátorom spalín a mokrou FGD/ESP	3–376	290–386	NA	1	117–251	NI	7–17	0,0003– 0,0011
	FBC	Mokrý vypieranie/DSI/Kondenzátor spalín/Sorbent vstrekovaný do kotla	Air staging /Fuel staging/LNB/Recirkulácia spalín SNCR/SCR	ESP samostatne alebo s mokrou práčkou/Vrecový filter	1–626	53–400	1	1	13	0,01 1,3	0,2–15	0,0001– 0,0039
	PC	NI	Air staging/Fuel staging/SNCR	ESP	2–3	120–248	NI	3–12	12–515	NI	NI	NI

Kapitola 5

≥ 300	FBC	Kondenzátor spalín/ sor bent vstrekovaný do kotla	Air staging/LNB/ SNCR	ESP	49–371	174–234	2,6	1–15	4–37	0,5	4–37	0,0029
	PC	Mokr é FGD	Air staging /LNB/ Recirkulácia spalín /SCR	ESP samostatne alebo s mokrou FGD	1	42–158	1	1	29	0,3	4	0,0003

(¹) Uvedené údaje predstavujú ročné priemery krátkodobých hodnôt bez odpočítania neistoty, suchých spalín, 6 % referenčný kyslík.

Poznámka:

NI: Neuvádzajú sa žiadne

informácie NA: Neaplikovateľné

GF: Spaľovanie na rošte; FBC: Spaľovanie vo fluidnom lôžku; PC: Spaľovanie práškoveho uhlia; DSI: Vstrekovanie sorbentu do potrubia; SDA: Suché odsírenie; FGD: Odsírovanie spalín

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

5.2.2.4 Rezíduá zo spaľovania a ďalších procesov

Vlastnosti popola z biomasy a rašeliny

Popol zo spaľovania rašeliny vzniká z minerálnych látok v rašeline, ktoré sú podobné zložkám piesočnatej pôdy.

Rašelinový popolček je jemný prášok pozostávajúci hlavne z častíc variabilného kremíka, oxidu hlinitého a oxidu železa (65 – 75 %). Vzhľadom na vápencovú podložku rašelinísk obsahuje rašelinový popolček v Írsku zvyčajne 25 – 55 % CaO. Ďalšími významnými zložkami sú zlúčeniny alkalických zemín (10 – 55 %) a nespálené častice rašelinového uhlíka (0 – 5 %). Popolček obsahuje aj stopové prvky, t. j. iné kovy.

Obsah popola v dreve je zvyčajne približne 1 %. Popol zo spaľovania dreva sa skladá z rôznych minerálov/živín, nespáleného uhlíka a malej časti stopových prvkov.

Zloženie minerálov/živín v popole zo spaľovania typických drevených peliet je uvedené v tabuľke 5.41.

Tabuľka 5.41: Zloženie minerálov/živín v popole zo spaľovania typických drevených peliet

hmotnostné %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅	Cl
	41,3	5,5	2,8	27	4,8	2,0	9,3	3,6	2,2	1,5

Poznámka: Na suchom a bezuhlíkovom základe.
Zdroj: [90, Fínsko 2013]

Použitý proces spaľovania má vplyv na charakter vznikajúceho popola, hoci kľúčovým faktorom je kvalita paliva. Popol zo spaľovania vo fluidnom lôžku obsahuje aj piesok zo spaľovacej komory.

Popol zo spaľovania so vstrekom vápenca

Popol z fluidného spaľovania so vstrekom vápenca obsahuje konečný produkt reakcie odsírovania, nezreagovaný hydroxid vápenatý a vápenec (asi 15 % hmotnosti).

Rozpustnosť popola

Rozpustnosť stopových prvkov v popolčeku je dôležitým faktorom pri posudzovaní potenciálnych vplyvov na životné prostredie. Alkalické zeminy (napr. sodík, draslík) a iné minerálne prvky, ako je bór a chloridy, sú najrozpustnejšie zlúčeniny. Stopové kovy v popolčeku sú vo vode málo rozpustné.

5.2.3 Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny

V tejto časti sú opísané techniky (alebo ich kombinácie) a súvisiace monitorovanie, ktoré sa považujú za vhodné na dosiahnutie vysokej úrovne ochrany životného prostredia pri činnostiach v rámci pôsobnosti tohto dokumentu. Opísané techniky zahŕňajú ako použitú technológiu, tak aj spôsob, akým sú zariadenia navrhnuté, postavené, udržiavané, prevádzkované a vyradované z prevádzky.

Zahŕňa techniky integrované do procesu a techniky na konci potrubia. Zohľadňuje sa aj prevencia a nakladanie s odpadom, vrátane postupov minimalizácie odpadu a recyklácie. Okrem toho sa zaoberá technikami na zníženie spotreby surovín, vody a energie.

Príloha III k smernici o priemyselných emisiách uvádza rad kritérií na určenie BAT a informácie v tejto kapitole sa zaoberajú týmito hľadiskami. Pokiaľ je to možné, na opis informácií o každej technike sa používa štandardná štruktúra tabuľky 3.4, aby bolo možné porovnať techniky a posúdiť ich podľa definície BAT uvedenej v smernici o priemyselných emisiách.

Táto časť nemusí obsahovať vyčerpávajúci zoznam techník, ktoré by sa mohli v tomto sektore uplatňovať. Môžu existovať alebo môžu byť vyvinuté aj iné techniky, ktoré by sa mohli zohľadniť pri určovaní BAT pre jednotlivé zariadenia.

V tejto časti sú techniky, ktoré sa majú zvážiť, úplne opísané len vtedy, ak sú špecifické pre dané spaľované palivo alebo uplatňovaný proces spaľovania (spaľovanie biomasy a rašeliny). V skutočnosti sú všeobecné popisy väčšiny techník už uvedené v kapitole 3. Aby sa zabránilo opakovaniu, v prípade tých všeobecných techník, ktoré sú už opísané v kapitole 3, sa v súhrnných tabuľkách uvádzajú len doplňujúce informácie, ktoré sú špecifické pre spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny.

5.2.3.1 Techniky na zníženie difúzných/fugitívnych emisií do ovzdušia

Informácie o všeobecných technikách na zníženie difúzných/fugitívnych emisií do ovzdušia sú uvedené v oddiele

2.8. Tabuľka 5.42 obsahuje doplňujúce informácie týkajúce sa spaľovania biomasy a rašeliny, napr. o environmentálnych vlastnostiach a príkladoch zariadení.

Tabuľka 5.42: Techniky na zníženie difúzných/fugitívnych emisií do ovzdušia

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť	Príklady zariadení
Vykládka, preprava a manipulácia s biomasou a rašelinou						
Uzavreté systémy prepravy	Uzavreté prepravné systémy s vrecovými filtrami	Zníženie emisií únikového prachu	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Všeobecne použiteľné	NA
Veterné clony	Otvorené dopravníky s veternými clonami				Otvorené dopravníkové pásy sa môžu používať iba pre kusový materiál (drevo kusy)	
Uzavreté vykladanie	Vykládka biomasy a rašeliny v uzavretých budovách vybavených vrecovým filtrom na odstraňovanie prachu				Všeobecne použiteľné	Zariadenie 108-1
Čistiace zariadenia	Čistiace zariadenia pre dopravníkové pásy					
Skladovanie biomasy, rašeliny a prísad						
Uzavreté skladovanie	Skladovanie jemného prachu paliva materiálu v uzavretých priestoroch alebo silách	Zníženie emisií jemných častíc	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Všeobecne použiteľné	NA
	Uzavreté skladovanie vápna/vápenca v silách s odprašovaním					
Veterné clony	Veterné clony pre otvorené skladovanie kusového dreva atď.	Zníženie emisií únikového prachu				
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie.						

5.2.3.2 **Techniky na zlepšenie celkovej environmentálnej výkonnosti**

Informácie o všeobecných technikách na zlepšenie celkovej environmentálnych vlastností sú uvedené v oddiele 3.1.1. Tabuľka 5.43 obsahuje dodatočné informácie týkajúce sa spaľovania biomasy a rašeliny, napr. o environmentálnych vlastností a príkladoch zariadení.

Tabuľka 5.43: Techniky na zlepšenie celkovej environmentálnej výkonnosti

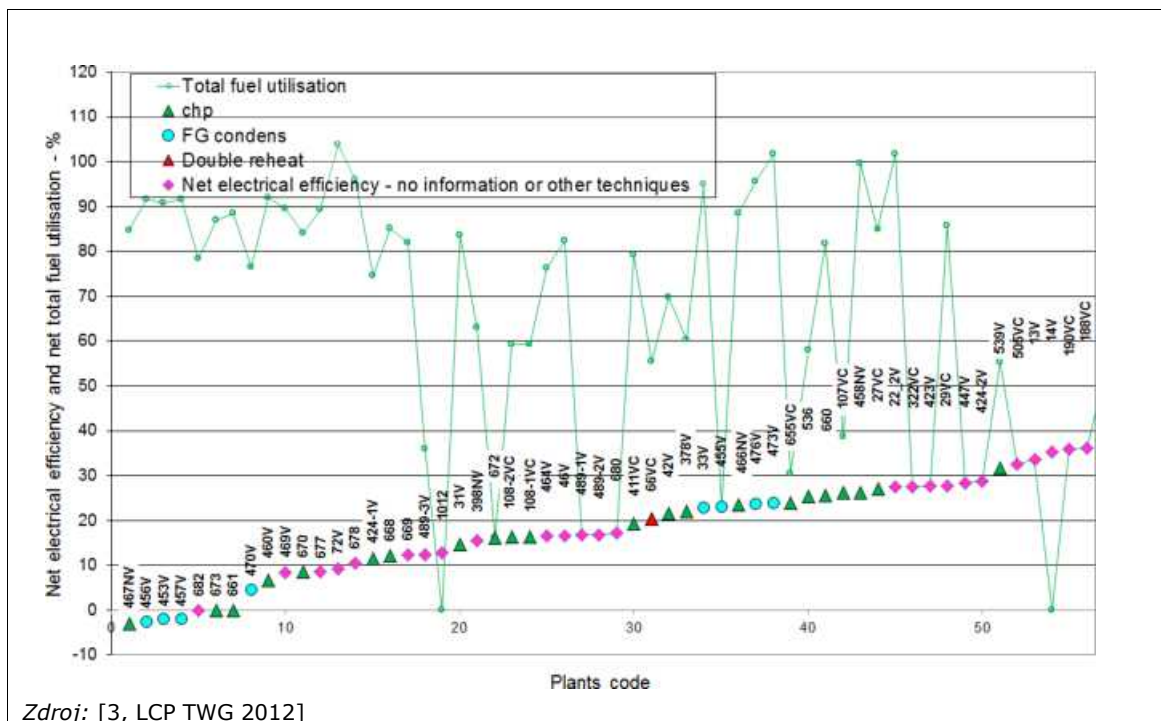
Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia	
Oddelené triedenie a skladovanie palív z biomasy rôznych veľkostí a kvalít	Riadenie spoluspaľovaných palív a zabezpečenie palivových zmesí, ktoré prispievajú k obmedzeniu emisií CO a iných znečisťujúcich látok	Stabilné podmienky spaľovania	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Použiteľné pre zariadenia spaľujúce biomasu		Zariadenie 108-1
Voľba paliva	Výber vhodnej zmesi biomasy a rašeliny môže pomôcť pri kontrole environmentálnych vlastností zariadenia – pozri aj oddiel 3.1.1.4	Nižšie emisie SO _x , HF, HCl atď. Nižšia špecifická spotreba paliva			Môže byť obmedzená dostupnosťou rôznych druhov palív s celkovo lepším environmentálnym profilom, čo môže byť ovplyvnené energetickou politikou členských štátov. V prípade existujúcich spaľovacích zariadení môže byť výber typu paliva obmedzený konfiguráciou a konštrukciou zariadenia		NA
Špecifikácia paliva v zmluve s dodávateľom	Dodávateľ paliva dodržiava špecifikácie vlhkosti (a veľkosť) špecifikované v zmluve	Stabilné podmienky spaľovania. Nižšie emisie NO _x a CO		Žiadne	Všeobecne použiteľné		Zariadenie 42
Pokročilý systém riadenia	Pozri oddiel 3.2.3.8	Úplné spaľovanie, nízke emisie NO _x a CO			Všeobecne platné	Použiteľnosť v starých spaľovacích zariadeniach môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho a/alebo riadiaceho systému systémov	
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.							

5.2.3.3 Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti

Informácie o všeobecných technikách na zvýšenie energetickej účinnosti sú uvedené v oddiele 3.2.3. Tabuľka

5.44 obsahuje dodatočné informácie týkajúce sa spaľovania biomasy a rašeliny, napr. na príklade konkrétnych zariadení.

Obrázok 5.44 ukazuje prevádzkovú elektrickú účinnosť a celkové využitie paliva v niektorých európskych spaľovniach na biomasu a/alebo rašelinové spaľovne, ktoré boli uvedené do prevádzky v rokoch 1968 až 2011, prevádzkované v rozmedzí 1 700 h/rok až 8 700 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 20 %.



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 5.44: Prevádzková energetická účinnosť európskych zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu

Čistá projektovaná celková úroveň využitia paliva v siedmich spaľovacích zariadeniach KVET bola uvedená v rámci revízie LCP BREF [66, TWG Task Force on Energy Efficiency 2014]. Zariadenie 411 uviedlo hodnotu 73 % a zariadenie 33 uviedlo hodnotu 99 %. Čistá projektovaná elektrická účinnosť zariadení 190 a 536 je 38 % a 33,7 %.

V porovnaní s väčšími zariadeniami, ktoré môžu využívať vysoký podiel rašeliny alebo drevených peliet, menšie zariadenia (napr. < 150 MW_{th}) môžu využívať vyšší podiel mokrých biomasových palív, čo je aj prípad novších zariadení. [91, AET 2015]

Tabuľka 5.44: Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
					Nové	Existujúce		
Spätné získavanie tepla v elektrárnach KVET	Biomasa a/alebo rašelina sa používajú v kombinovanej výrobe elektriny a tepla vďaka vysokej palivovej účinnosti v porovnaní s elektrickou účinnosťou – pozri oddiel 3.2.3.2	Zvýšené celkové využitie paliva	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s miestnou spotrebou elektriny a tepla		NA	Zariadenia 539, 660
Výmena lopatiek turbíny	Lopatky parnej turbíny je možné počas pravidelnej údržby vymeniť za trojrozmerné lopatky – pozri oddiel 3.2.3.13	Zvýšená účinnosť	Vysoká prevádzková skúsenosť		Použiteľnosť môže byť obmedzená podmienkami dopytu/parou a/alebo obmedzenou životnosťou zariadenia životnosťou			NA
Predohrev napájacej vody pomocou regenerovaného tepla	V špeciálnych prípadoch je možné dodatočne namontovať aj regeneračný ohrev napájacej vody prípadoch – pozri oddiel 3.2.3.7		NS		Všeobecne použiteľné	Veľmi obmedzené		
Cyklus ohrevu	Pozri oddiel 2.2		Existujú skúsenosti v zariadeniach s výkonom ≥ 20 MWe	Všeobecne platné	Neaplikovateľné			
Ekonomizér/chladič spalín	Tým sa účinne znižuje výstupná teplota spalín z kotla (a komína), čím sa zvyšuje účinnosť kotla – pozri aj oddiel 3.2.3.1		NA	Všeobecne použiteľné	Obmedzené			
Rekuperácia tepla z chladenia roštu	Namiesto toho, aby sa teplo z chladenia roštu vypustilo ako strata, zostáva v cykle (rošt je súčasťou výparníka)							
Získavanie tepla z fluidného lôžka	Namiesto toho, aby sa teplo z fluidného lôžka odvádzalo ako strata, je zachované v cykle pomocou špeciálneho výmenníka tepla – pozri aj oddiel 3.2.3.1							
Kondenzátor spalín	Dodatočné využitie tepla vďaka kondenzácii spalín – pozri aj oddiel 3.2.3.150	Zvýšená účinnosť / znížené emisie	Vysoká prevádzková skúsenosť	Vznik odpadovej vody (odkaľovanie kondenzátora)	Platí pre jednotky KVET za predpokladu, že existuje dostatočný dopyt po nízkoteplotnej tepla		NA	Zariadenie 476

Sušenie paliva	Pomocou pary alebo spalín je možné z energetických procesov získať teplo s nízkou hodnotou, čím sa zvýši energetická hodnota paliva (napr. získavaním tepla zo spalín). Na trhu je k dispozícii mnoho alternatívnych technológií. Nové technické alternatívy sú vo vývoji. Pri lisovom sušení sa na zníženie vlhkosti používa elektrická energia. Pozri aj oddiel 3.2.3.18	Zvýšená účinnosť spaľovania, rozšírenie potenciálnych palív z biomasy, bezpečnejšie používanie. Ak je možné palivo vysušiť tesne pred spaľovaním, dosiahne sa mnoho výhod.	Najúčinnejšie sú parné sušičky. Implementáciou sušiacich systémov je možné ušetriť 10 % spotreby paliva v prípade vlhkých palív, ako je rašelina alebo drevo. Predídze sa presušeniu; obsah vlhkosti surovej biomasy sa zníži na 40 – 60 %. Vlhkosť má v kotli chladiacu funkciu a ovplyvňuje účinnosť ESP atď.	Dodatočné emisie do vody a ovzdušia: napr. lisovanie kôry môže spôsobiť vysoké emisie BOD do vody a vysokú spotrebu energie a údržbu. Obsah vlhkosti v biologickej aktivite podporovanej biomasou a môže zvýšiť tendenciu k samovznieteniu	Platí pre spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny alebo pre spaľovanie hnedého uhlia v rámci obmedzení spojených s rizikami samovznietenia (napr. obsah vlhkosti v rašelinistiach je udržiavaný nad 40 % počas celého dodávateľského reťazca).	Dodatočné náklady na sušičky	NA
					Modernizácia existujúcich zariadení môže byť obmedzená dodatočnou výhrevnosťou, ktorú je možné získať sušením, a obmedzenými možnosťami modernizácie, ktoré ponúkajú niektoré konštrukcie kotlov alebo konfiguráciami zariadení		
Splyňovanie biomasy	Splyňovanie predstavuje životaschopnú alternatívu k bežnému spaľovaniu. Pozri kapitolu 4	Zvýšená účinnosť zariadenia a nižšie emisie. Plyn sa môže použiť ako palivo na opätovné spaľovanie s cieľom znížiť emisie NO _x	Očakávaná elektrická účinnosť 51–55 %	NA	Doposiaľ sa používa len v demonštračných a pilotných zariadeniach	V malom meradle drahé, obmedzené skúsenosti	Zariadenie Vaskiluot
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie. Zdroj: [3, LCP TWG 2012] [43, EPPSA 2012]							

5.2.3.4 Techniky na prevenciu a/alebo znižovanie emisií NO_x, N₂O a CO

Informácie o všeobecných technikách, vrátane informácií o optimalizácii spaľovania, na prevenciu a kontrolu emisií NO_x, N₂O a CO sú uvedené v oddiele 3.2.2.3. Tabuľka 5.45 obsahuje informácie špecifické pre spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny, napr. o environmentálnych vlastnostiach a príkladoch zariadení. Ďalšie podrobnosti o súvisiacich environmentálnych vlastnostiach a prevádzkových údajoch sú uvedené za tabuľkou.

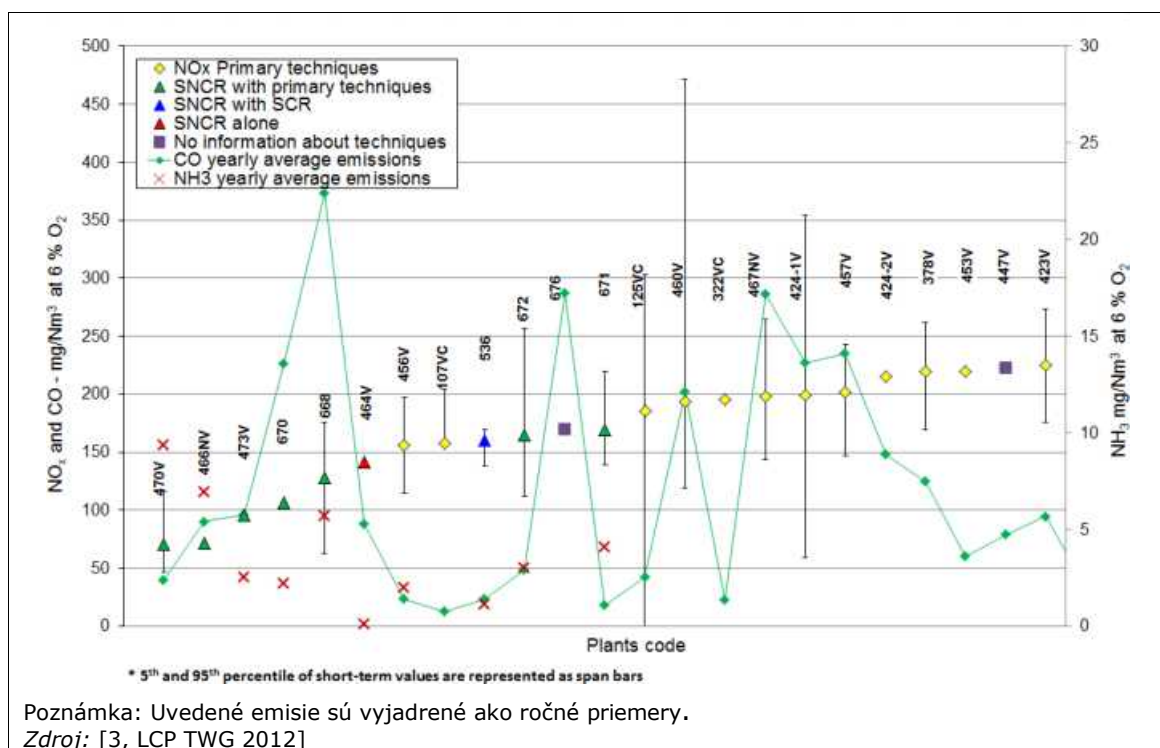
Tabuľka 5.45: Techniky na prevenciu a znižovanie emisií NO_x, CO a N₂O

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálne výsledky a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Primárne techniky								
Nízky prebytok vzduchu	Pozri oddiel 3.2.2.3.1	Zníženie emisií NO _x , CO, HC a N ₂ O , zvýšenie účinnosti	Pozri obrázok 5.45, obrázok 5.46 a obrázok 5.47. Hladiny N ₂ O sa pohybujú v rozmedzí 0,4–13 mg/Nm ³ . Vysoká prevádzková skúsenosť	Zníženie emisií NO _x môže viesť k vyššiemu obsahu nespáleného uhlíka v popole	Všeobecne použiteľné	Špecifické pre zariadenie		NA
Fuel staging	Pozri oddiel 3.2.2.3.6	Zníženie emisií NO _x		NA				Zariadenie 1012
Air staging	Pozri oddiel 3.2.2.3.2	Zníženie emisií NO _x a N ₂ O		Môže viesť k vyššiemu obsahu nespáleného uhlíka v popole v prípade nesprávnej konštrukcie pece				Zariadenie 669
Recirkulácia	Pozri oddiel 3.2.2.3.3	Zníženie emisií NO _x a N ₂ O		NA				Zariadenie 456
Horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB)	Pozri oddiel 3.2.2.3.5. Horáky s nízkymi emisiami NO _x na spaľovanie práškovej biomasy boli vyvinuté a implementované	Zníženie emisií NO _x		Môže viesť k vyššiemu obsahu nespáleného uhlíka v popole v prípade nesprávnej konštrukcie pece				Zariadenie 27
Sekundárne techniky								
Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.12. Možno použiť v kombinácii s „slip“ katalyzátorom. Malé kotly s roštom (napr. 40 – 120 MW, spaľujúce slamu alebo biomasu spolu s rašelinou na kogeneráciu) môžu byť vybavené systémom SNCR.	Zníženie emisií NO _x	Pozri obrázok 5.45, obrázok 5.46 a obrázok 5.47. Bohaté prevádzkové skúsenosti.	Únik amoniaku a tvorba síranov amónnych. „Am onifikácia“ popola	Citlivosť na vysoko variabilné zaťaženie kotla, ktorú je možné znížiť implementáciou viacerých úrovní vstrekovania čínidla	Existuje môžu obmedzenia v dôsledku teplotného okna a doby zotrvania, ktoré sa dosiahnu vstrekovaním reakčných látok. Citlivosť na vysoko premenlivé zaťaženie kotla, ktoré je možné znížiť zavedením viacerých úrovní vstrekovania čínidla.	Špecifické pre zariadenie	Zariadenia 670, 476, 42

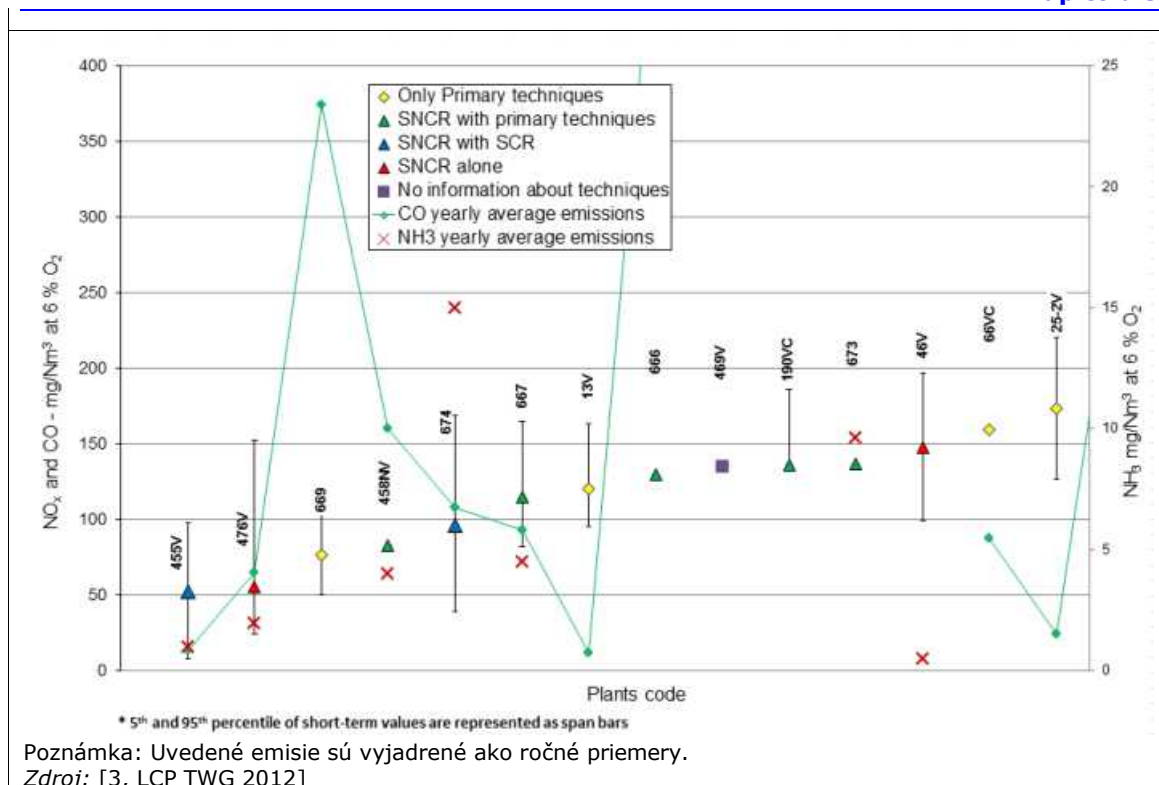
Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.11. Kotly s malým roštom (napr. 40 – 120 MW, spaľujúce slamu alebo biomasu spolu s rašelinou pre kogeneráciu) môžu byť vybavené technológiou nízkoprachovej SCR. Deaktivácia katalyzátora SCR v dôsledku otravy je zvládnuteľná. SCR s vysokým obsahom prachu nemusí byť vhodná pre spaľovacie zariadenia na slamu, a to z dôvodu deaktivácie katalyzátora popolčekom	Zníženie emisií NO _x	Pozri obrázok 5.45, obrázok 5.46 a obrázok 5.47.	Katalyzátory môžu byť deaktivované pri nízkych teplotách v dôsledku obsahu alkálií v palive. Mierne úniky amoniaku	Všeobecne platné	Môžu existovať ekonomické obmedzenia pre dodatočnú inštaláciu v spaľovacích zariadeniach s výkonom < 300 MW _{th} . Všeobecne sa nevzťahuje na spaľovacie zariadenia s výkonom < 100 MW _{th}	Závisí od konkrétneho zariadenia. Nie je realizovateľné pre spaľovacie zariadenia prevádzkované < 500 h/rok	Zariadenia 31, 14
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.								

Veľká väčšina dobre fungujúcich zariadení uvedených na obrázkoch 5.45, 5.46 a 5.47 nepretržite monitoruje koncentrácie emisií NO_x a priemerné krátkodobé hodnoty (denné, hodinové alebo polhodinové); niektoré zariadenia monitorujú pravidelne. Nebola zistená žiadna korelácia medzi zaznamenanými koncentraciami emisií a vekom zariadenia (uvádzanie do prevádzky v rokoch 1963 až 2011), zaťažením (ekvivalentný faktor plného zaťaženia nad 38 %) alebo prevádzkovými hodinami (celkový počet prevádzkových hodín za rok v rozmedzí 1 700 až 8 700). [3, LCP TWG 2012]

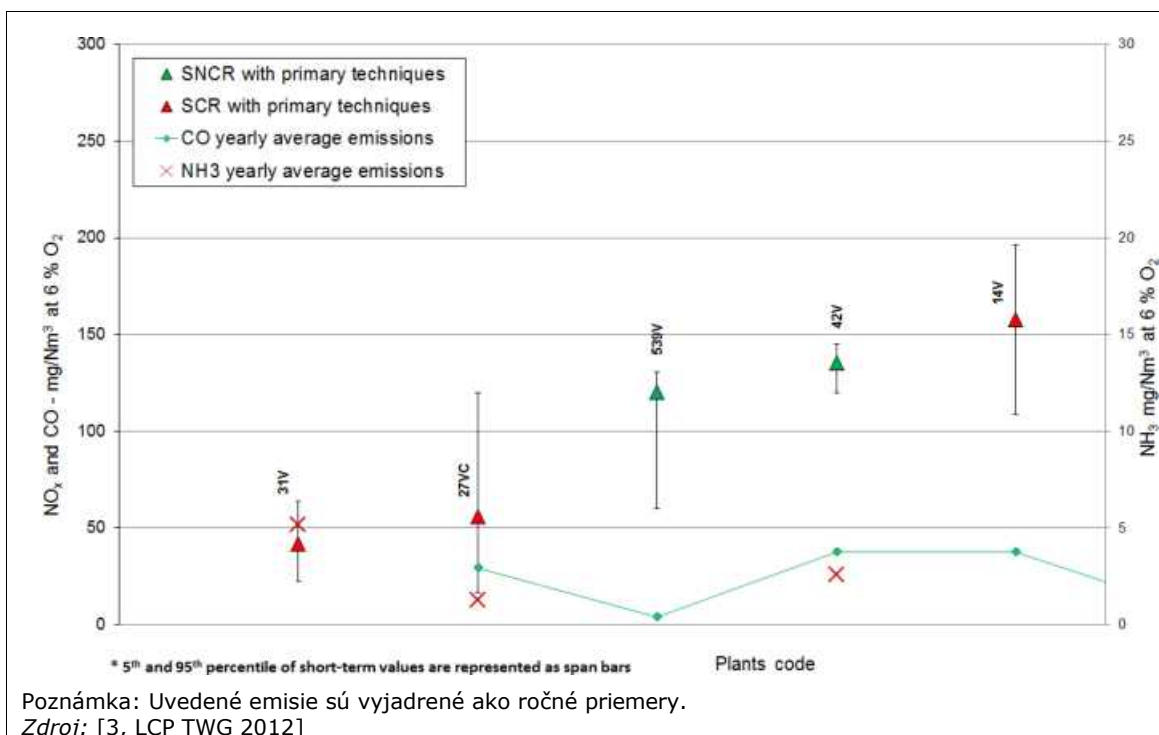
Obrázok 5.45 ukazuje emisie NO_x , CO a NH_3 z dobre fungujúcich zariadení s výkonom $< 100 \text{ MW}_{\text{th}}$. TWG na záverečnom zasadnutí zvažila, že emisie NO_x v prípade zariadení spaľujúcich palivá s vysokým obsahom alkálií môžu byť o niečo vyššie (t. j. až 250 mg/Nm^3).



Obrázok 5.45: Emisie NO_x z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom $< 100 \text{ MW}_{\text{th}}$



Obrázok 5.46: Emisie NO_x z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom medzi 100 MW_{th} a 300 MW_{th}



Obrázok 5.47: Emisie NO_x z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom ≥ 300 MW_{th}

5.2.3.5 **Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií SO_x, HCl a HF**

Informácie o všeobecných technikách prevencie a kontroly emisií SO_x, HCl a HF sú uvedené v oddiele 3.2.2.2. Tabuľka 5.46 obsahuje dodatočné informácie týkajúce sa spaľovania biomasy a/alebo rašeliny, napr. environmentálnych vlastností a príkladov zariadení. Ďalšie podrobnosti o súvisiacich environmentálnych vlastnostiach a prevádzkových údajoch sú uvedené za tabuľkou.

Tabuľka 5.46: Techniky na prevenciu a znižovanie emisií SO_x, HCl a HF

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna a výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Voľba paliva	Pri spoluspaľovaní biomasy zvyšuje obsah alkálií v biomase zachytávanie SO _x . Rašelinové piesky udržiavajú kotol čistý. Pozri aj oddiel 3.1.1.4	Zníženie emisií SO _x a HCl pri zdroji	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Môžu existovať obmedzenia súvisiace s dostupnosťou rôznych druhov paliva, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu.	Závisí od typu paliva.		Zariadenie 322
Vstrekovanie sorbentu do kotla	Vstrekovanie do pece. Vstrekovaným sorbentom je zvyčajne vápenec. Odsírovanie sa v kotle BFB nezvyšuje nad približne 45 %, a to ani pri oveľa vyšších pomeroch Ca/S. V CFBC je najvyššia dosiahnuteľná miera odsírovania je okolo 80 %, ale to je možné dosiahnuť len pri veľmi vysokom pomere Ca/S. Pozri aj oddiely 2.2 a 3.2.2.2.10	Zníženie emisií SO _x a NO _x	Stupeň odsírovania v kotloch FBC spaľujúcich rašelinu je výrazne nižší ako v kotloch FBC spaľujúcich uhlie. Podľa poznatkov získaných pri spaľovaní rašeliny v kotloch FBC je stupeň odsírovania pri spaľovaní rašeliny s miernymi pomermi Ca/S (3–5) pre CFBC 50–70 % a pre BFBC približne 30–40 %.	Emisie N ₂ O V zariadení BFBC bolo zaznamenané výrazné znečistenie.	Všeobecne platné	1 300 – 1 400 EUR/t SO ₂ odstránené (emisie SO ₂ : 360 mg/Nm ³). 2 100 – 2 700 EUR/t SO ₂ odstránené (emisie SO ₂ : 200–280 mg/Nm ³). Vysoký pomer Ca/S znamená zvýšené dávkovanie vápenca a súvisiace náklady.		Zariadenie 25-2
Polosuché odsírenie (SDA)	Pozri oddiel 3.2.2.2.6	Zníženie emisií SO _x , HF, HCl, prachu	SO ₂ až do 92 %.	Rezíduá, ktoré je potrebné skládkať	Všeobecne použiteľné	NA		Zariadenie 489-3

Kapitola 5

Vstrekovanie sorbentu do potrubia (DSI)	Vstrekovanie suchého hydroxidu vápenatého alebo hydrogénuhličitanu sodného pred vrecovým filtrom alebo ESP. Vysoký pomer Ca/S vedie k veľkému nárastu množstva vedľajších produktov zachytených ESP. Pozri aj oddiel 3.2.2.2.8	Zníženie emisií SO _x , HF a HCl	NA	Nízke hladiny SO ₂ znamenajú, že možnosti využitia popola budú nižšie (vysoká hodnota pH, obsah Cl a kovov). Kvalita a množstvo vedľajšieho produktu sa znížená	Všeobecne použiteľné		NA	Zariadenie 505
Mokrý odsírovanie spalín (mokrý FGD)	Mokrý odsírovanie spalín s preplachovaním. Pozri oddiel 3.2.2.2.1	Zníženie emisií SO _x , HF, HCl a prachu	Účinnosť odstraňovania SO ₂ až 99 % alebo viac.	NA	Všeobecne použiteľné	Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre dodatočnú montáž do spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok.	Nerealizovateľné pre spaľovacie zariadenia prevádzkované < 500 h/rok	Zariadenie a 27, 31
Kondenzátor spalín	Pozri oddiel 3.2.3.15	Zníženie emisií SO _x	NA	NA	Všeobecne platné		NA	Rastliny 455, 457
Mokrý vypieranie	Pozri oddiel 3.2.2.6.2	Zníženie emisií kyslých plynov	NA	NA	Všeobecne platné			Závod 672
CFB práčka	Pozri oddiel 3.2.2.2.7	Zníženie emisií SO _x a halogenidov. Zlepšenie účinnosti odstraňovania prachu účinnosti	Účinnosť znižovania emisií SO _x : 90–99 %. Účinnosť znižovania emisií halogenidov: > 95 %	Obchodovateľnosť vedľajších produktov môže byť problémom	Všeobecne použiteľné			NA

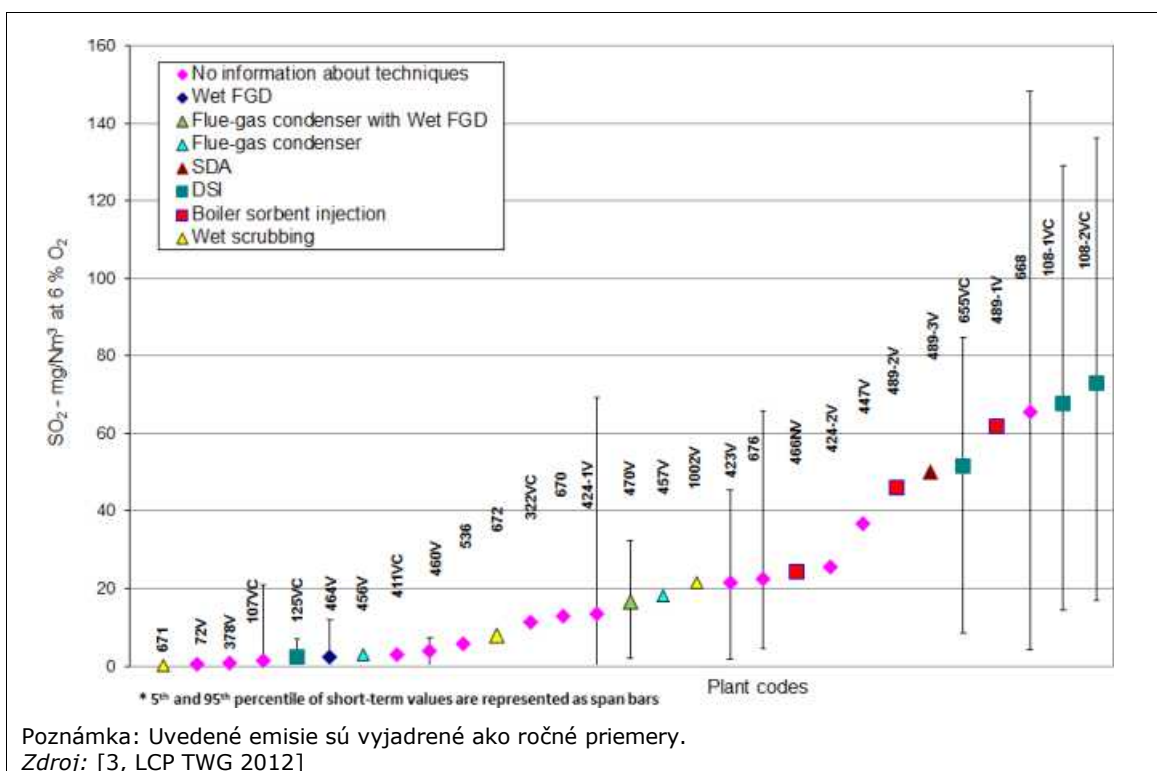
Poznámka:

NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie.

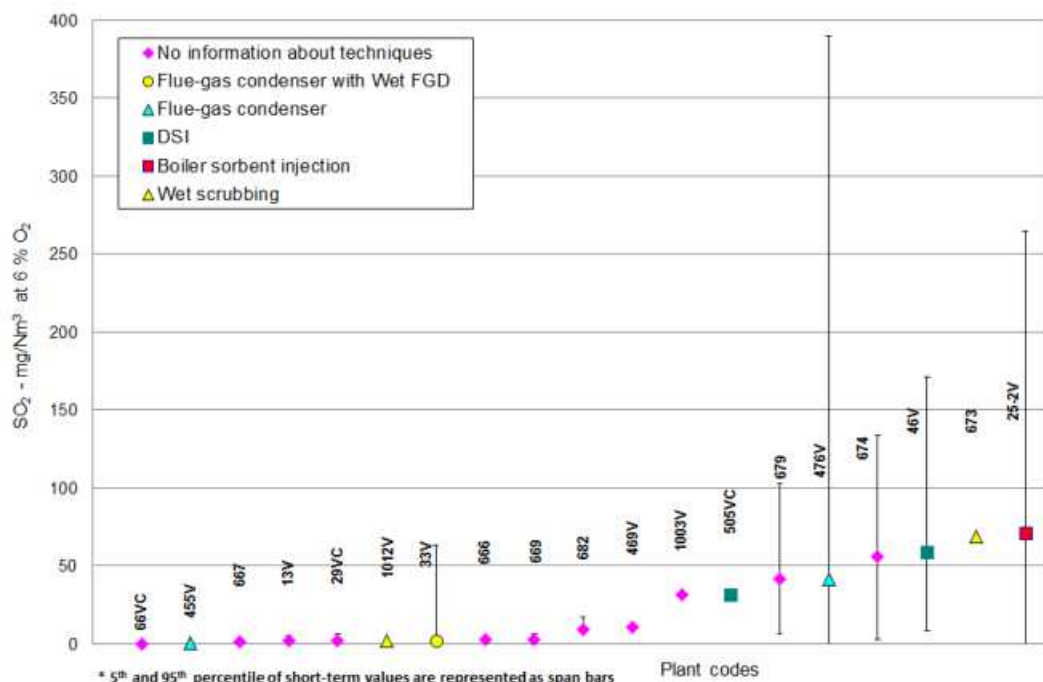
Niekoľko dobre fungujúcich zariadení uvedených na obrázkoch 5.48, 5.49 a 5.50 nepretržite monitoruje koncentrácie emisií SO_2 a priemerné krátkodobé hodnoty (denné, hodinové alebo polhodinové); niektoré zariadenia monitorujú tieto emisie pravidelne. Neboli zistené žiadne dôkazy o korelácii medzi zaznamenanými koncentraciami emisií a vekom zariadenia (uvádzanie do prevádzky v rokoch 1963 až 2011), zaťažením (ekvivalentný faktor plného zaťaženia nad 38 %) alebo prevádzkovými hodinami za rok (celkový počet prevádzkových hodín v rozmedzí 2 800 až 8 700). [3, LCP TWG 2012] [44, Lecomte a Jankov 2012]

Pre tri kategórie zariadení spaľujúcich biomasu sa používajú a sú k dispozícii suché, polosuché a mokré techniky znižovania emisií, ktoré vo všeobecnosti vykazujú nižšie emisie SO_x v porovnaní s uhoľnými elektrárnami. Vzhľadom na to, že mokré techniky znižovania emisií môžu byť vhodné nielen na znižovanie emisií SO_x , ale aj na iné znečisťujúce látky (napr. HCl) alebo na iné účely (t. j. kondenzátor spalín) a hladina SO_x v spalinách nemusí byť veľmi vysoká, vykazované emisie SO_x sú vo všeobecnosti nízke. Okrem obrázku 5.48, zariadenie 190, ktoré vykazuje ročný priemer emisií SO_2 100 mg/Nm^3 (krátkodobá koncentrácia emisií 215 mg/Nm^3), spaľuje 100 % rašeliny (obsah síry

> 0,1 hmotnostného percenta), používa techniku vstrekovania sorbentu do kotla a je považovaná za reprezentatívny príklad pre menšie zariadenia alebo zariadenia používajúce palivo s vyšším obsahom síry. Použitie techniky vstrekovania sorbentu do potrubia vo väčších zariadeniach umožňuje dosiahnuť emisie nižšie ako 70 mg/Nm^3 (napr. zariadenie 46) a pri použití SDA v zariadeniach s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ môžu byť emisie SO_2 nižšie ako 50 mg/Nm^3 (napr. zariadenie 489-3 je menšie zariadenie vybavené SDA, ktoré vykazuje 50 mg/Nm^3).



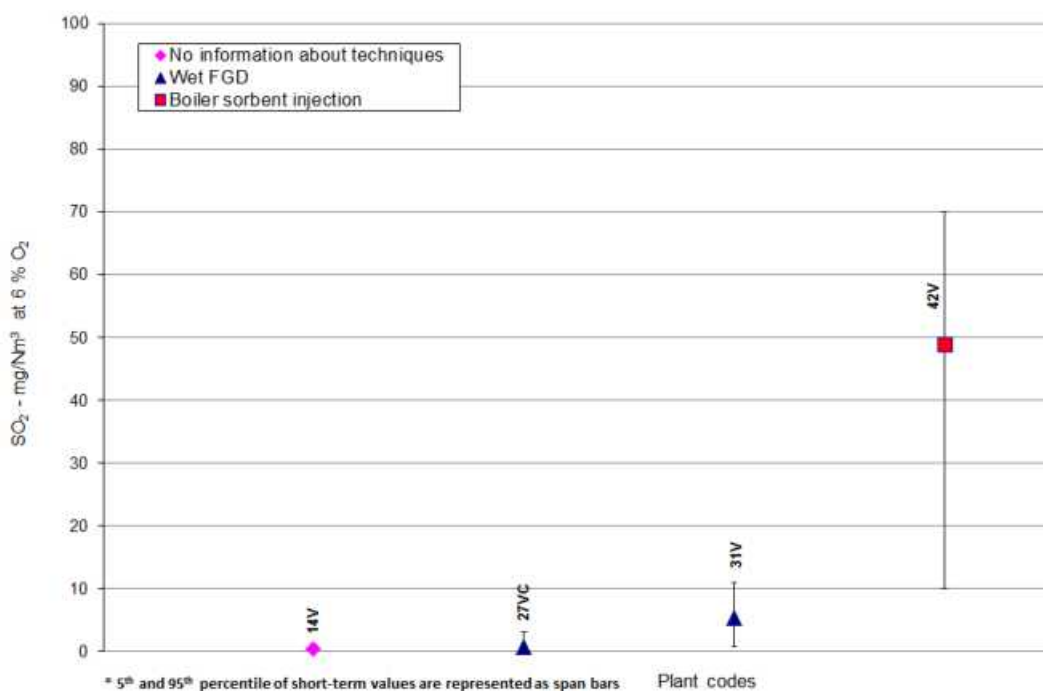
Obrázok 5.48: Emisie SO_2 z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom $< 100 \text{ MW}_{\text{th}}$



Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 5.49: Emisie SO₂ z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom medzi $\geq 100 \text{ MW}_{\text{th}}$ a $< 300 \text{ MW}_{\text{th}}$



Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

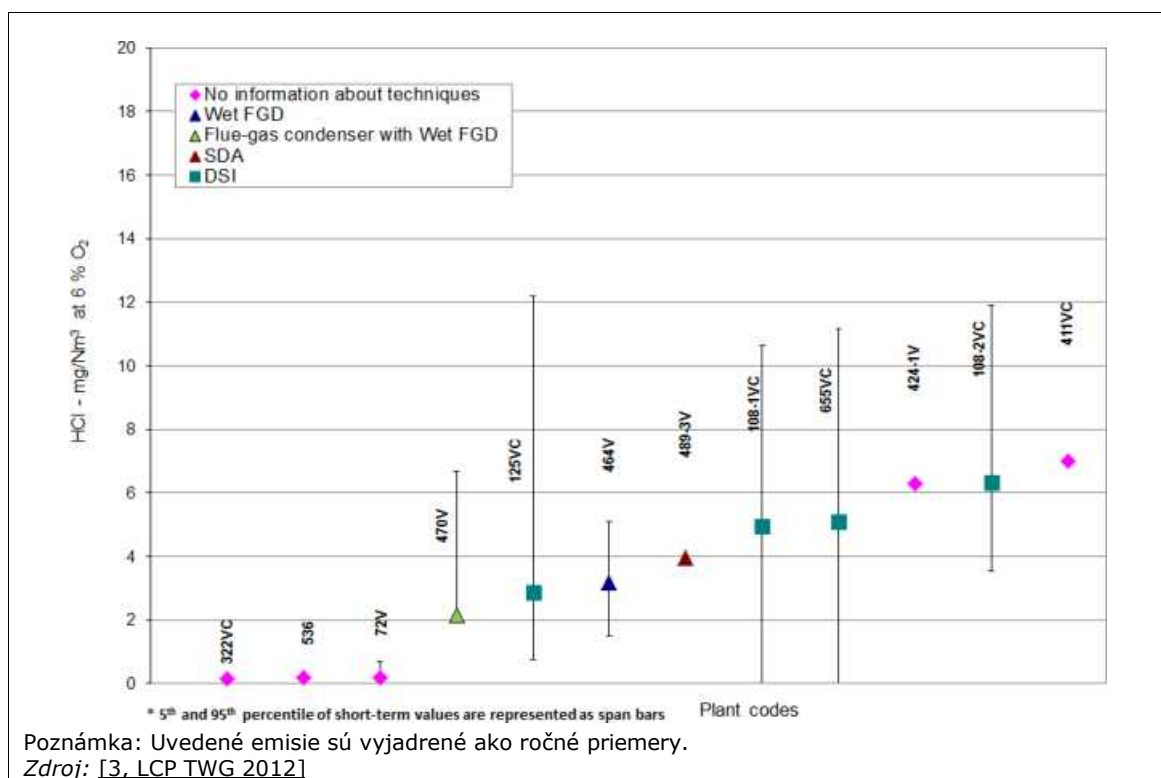
Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 5.50: Emisie SO₂ z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$

Niekoľko zariadení uvedených na obrázku 5.51 a obrázku 5.52 nepretržite monitoruje koncentrácie emisií HCl a priemerné krátkodobé hodnoty (hodinové, denné alebo polhodinové); niektoré zariadenia monitorujú tieto emisie pravidelne.

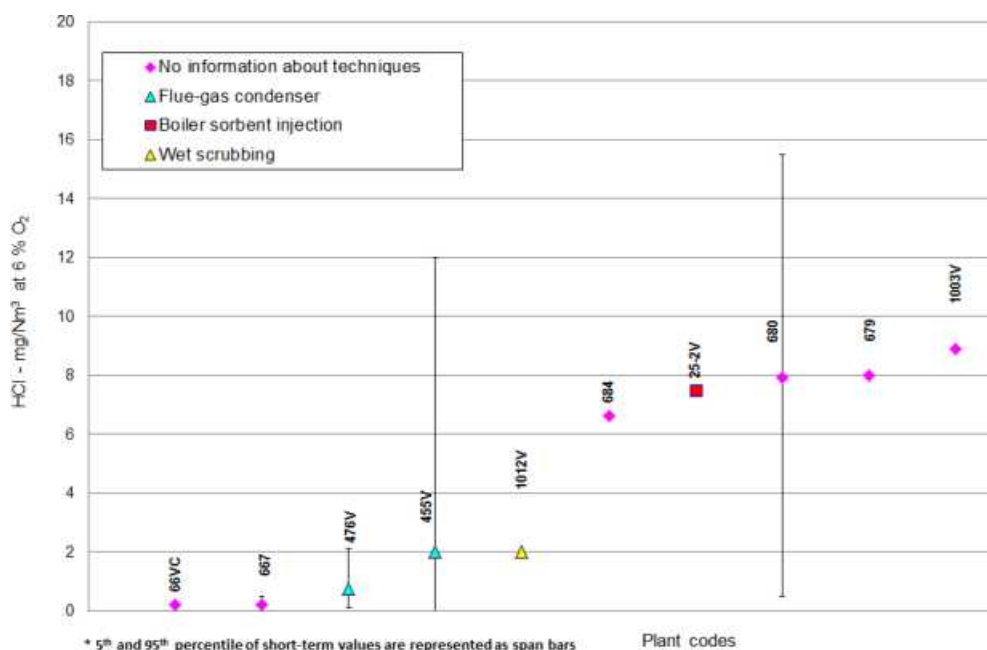
Ako už bolo spomenuté, suché, polosuché a mokré techniky znižovania emisií navrhované ako BAT môžu byť použité a sú k dispozícii pre tri kategórie zariadení spaľujúcich biomasu. Mokré techniky znižovania emisií môžu byť vhodné nielen na znižovanie emisií HCl, ale aj na znižovanie emisií iných znečisťujúcich látok (t. j. SO_x) a/alebo na iné účely (t. j. kondenzátor spalín). Emisie HCl závisia od obsahu Cl v palive (napr. zariadenie 505V, vybavené technikou vstrekovania sorbentu do potrubia, spaľuje biomasu s obsahom Cl blížiacim sa 0,1 hmotnostného % a vykazuje ročné priemerné emisie HCl 15 mg/Nm³ ; a zariadenie 33, vybavené technikami mokrého znižovania emisií, spaľuje 100 % slamu s obsahom Cl vyšším ako 0,1 hmotnostného % a vykazuje ročné priemerné emisie HCl nižšie ako 25 mg/Nm³). Emisie môžu závisieť od zloženia paliva, ale aj od iných faktorov (napr. použitie zlúčenín bohatých na síru, aby sa zabránilo negatívnym účinkom spôsobeným zásaditosťou určitých palív).

Zariadenia s výkonom < 100 MW_{th} uvedené na obrázku 5.51 vykazovali emisie nižšie ako emisie vykazované zariadením 505V, závozom s výkonom 139 MW_{th} vybaveným vstrekaním sorbentu do potrubia (t. j. 15 mg/Nm³).



Obrázok 5.51: Emisie HCl z dobre fungujúcich zariadení s výkonom < 100 MW_{th} spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu

Takmer všetky zariadenia s výkonom ≥ 100 MW_{th} a < 300 MW_{th} spaľujúce výlučne drevnú biomasu uvádzali emisie HCl nižšie ako 9 mg/Nm³, napr. zariadenie 25-2 využívajúce vstrekovanie sorbentu do kotla. Výkonné zariadenia sú znázornené na obrázku 5.52.



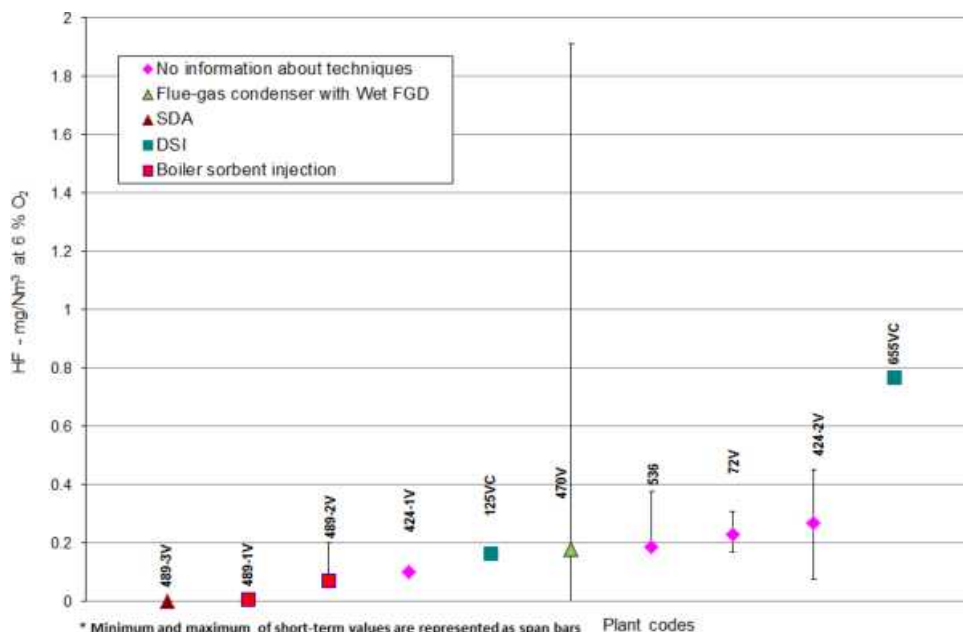
Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 5.52: Emisie HCl z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom medzi $\geq 100 \text{ MW}_{\text{th}}$ a $< 300 \text{ MW}_{\text{th}}$

V prípade zariadení s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ zariadenie 31 a zariadenie 42 vykazujú emisie HCl pod 5 mg/Nm^3 , čo je úroveň emisií, ktorú vykazuje zariadenie 489-3 používajúce SDA. [3, LCP TWG 2012]

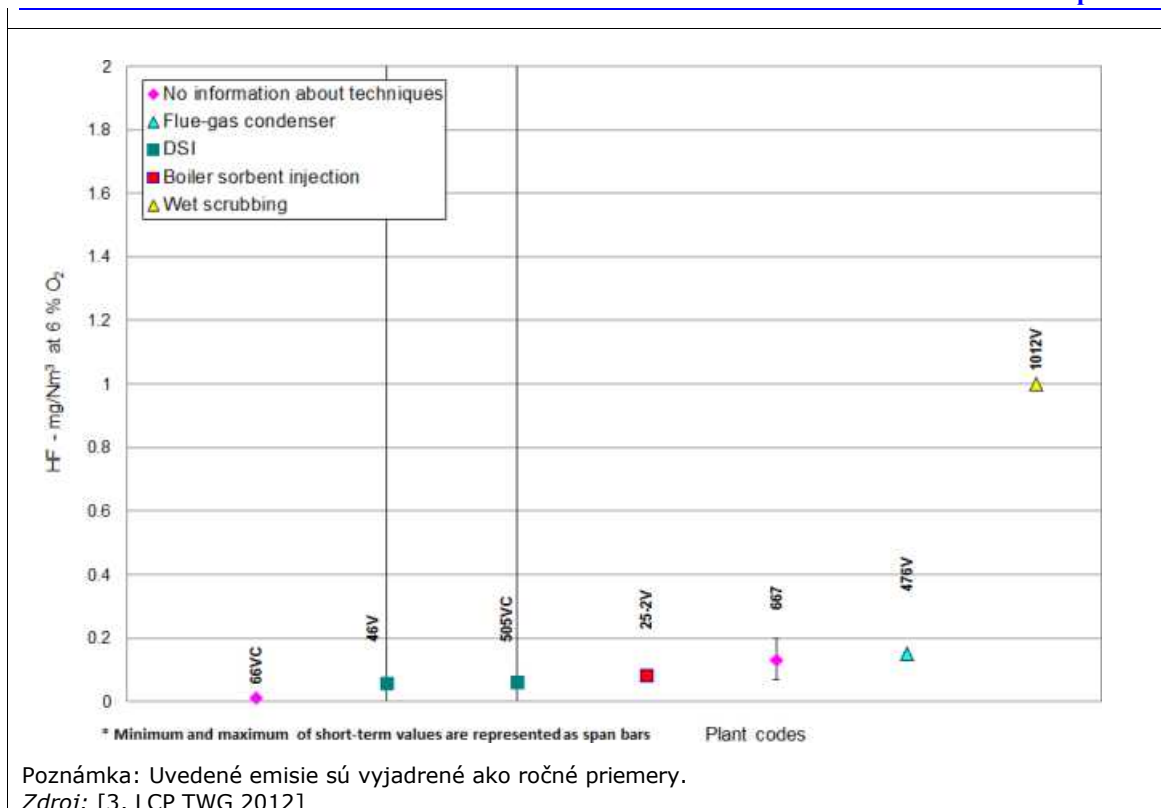
Väčšina zariadení s dobrými výsledkami uvedených na obrázku 5.53 a obrázku 5.54 pravidelne monitoruje koncentrácie emisií HF (krátkodobé bodové merania); štyri zariadenia monitorujú tieto emisie nepretržite.



Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 5.53: Emisie HF z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom $< 100 \text{ MW}_{\text{th}}$



Obrázok 5.54: Emisie HF z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom medzi $\geq 100 \text{ MW}_{\text{th}}$ a $< 300 \text{ MW}_{\text{th}}$

V prípade zariadení s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ zariadenia 31 a 1004 vykazujú emisie HF nižšie ako 1 mg/Nm^3 . [3, LCP TWG 2012]

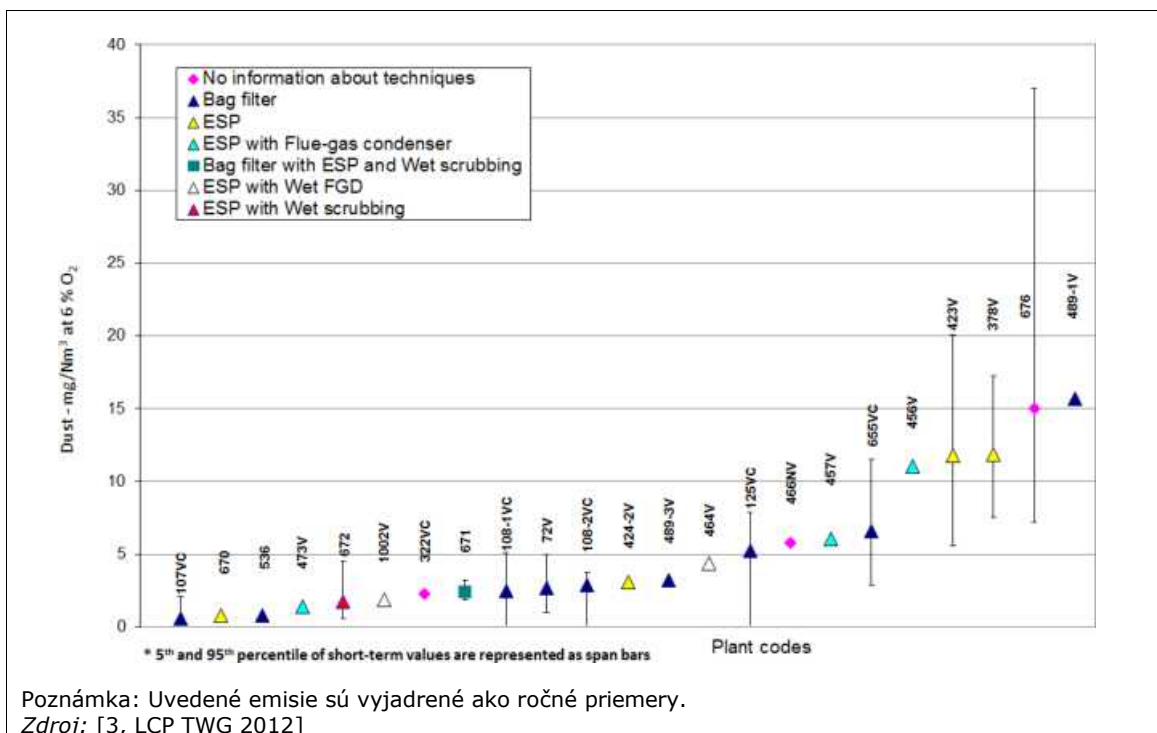
5.2.3.6 Techniky na prevenciu a/alebo znižovanie emisií prachu a kovov viazaných na častice

Informácie o všeobecných technikách na prevenciu a znižovanie emisií prachu a kovov viazaných na častice sú uvedené v oddiele 3.2.2.1. Tabuľka 5.47 obsahuje ďalšie informácie špecifické pre spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny, napr. o environmentálnych vlastnostiach a príkladoch zariadení. Ďalšie podrobnosti o súvisiacich environmentálnych vlastnostiach a prevádzkových údajoch sú uvedené za tabuľkou.

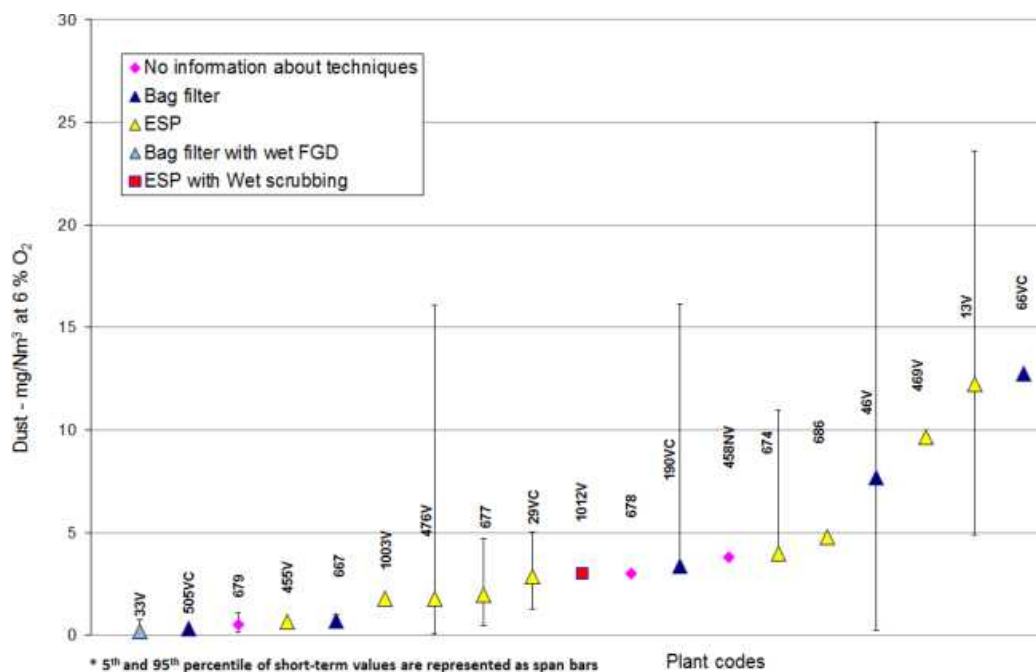
Tabuľka 5.47: Techniky na prevenciu a znižovanie emisií prachu a kovov viazaných na častice

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť	Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
Voľba paliva	Prechodom na iné palivo alebo úpravou zloženia palivovej zmesi (napr. palivo s nižším obsahom popola) sa znížia príslušné emisie. Pozri aj oddiel 3.1.1.4	Zníženie emisií tuhých častíc	NA	NA	Uplatniteľné v rámci obmedzení súvisiacich s dostupnosťou rôznych druhov palív, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu.	NA	NA
Vrecový filter	Pozri oddiel 3.2.2.1.2	Zníženie emisií častíc, vrátane jemného prachu (PM _{2,5} a PM ₁₀) a ťažkých kovov viazaných na častice	Vysoká prevádzková skúsenosť	Nebezpečenstvo požiaru. Ak popol obsahuje veľké množstvo nespálenej hmoty, predbežný zberač umiestnený pred vrecovým filtrom môže znížiť riziko požiaru násypky a poškodenia vreca	Všeobecne použiteľné	Investičné náklady na nový vrecový filter sú nižšie ako náklady na ESP, ale prevádzkové náklady sú vyššie	Zariadenia 72, 667
Elektrostatický odlučovač (ESP)	Pozri oddiel 3.2.2.1.1	Zníženie emisií častíc a ťažkých kovov viazaných na častice kovov		Žiadne		NA	Zariadenia 424-2, 29
Techniky odsírovania	Pozri oddiel 3.2.2.2 Tieto techniky sa používajú sa hlavne na zníženie emisií SO _x , HCl alebo HF	zníženie emisií SO _x a halogenidov s dodatočným redukčným účinkom na emisie prachu	NA	NA	Pozri tabuľku 5.46	NA	Zariadenia 672, 31
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie.							

Niekoľko dobre fungujúcich zariadení uvedených na obrázku 5.55, obrázku 5.56 a obrázku 5.57 nepretržite monitoruje koncentrácie emisií prachu a priemerné krátkodobé hodnoty (denné, hodinové alebo polhodinové); niektoré zariadenia monitorujú tieto emisie pravidelne. Neexistujú žiadne dôkazy o korelácii medzi zaznamenanými koncentraciami emisií a vekom zariadenia (rok uvedenia do prevádzky medzi 1963 a 2011), zaťažením (ekvivalentný faktor plného zaťaženia nad 50 %) alebo prevádzkovými hodinami za rok (celkový počet prevádzkových hodín v rozmedzí od 3 200 do 8 600). [3, LCP TWG 2012]



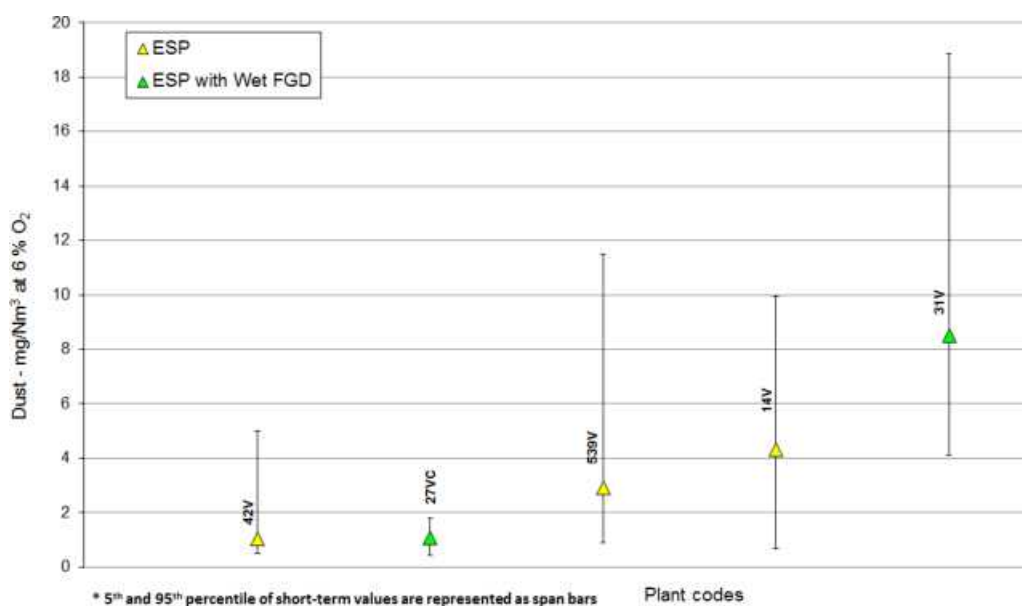
Obrázok 5.55: Emisie prachu z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom < 100 MW_{th}



Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 5.56: Emisie prachu z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom medzi 100 MW_{th} a 300 MW_{th}



Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 5.57: Emisie prachu z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom ≥ 300 MW_{th}

5.2.3.7 Techniky na prevenciu a/alebo znižovanie emisií ortuti

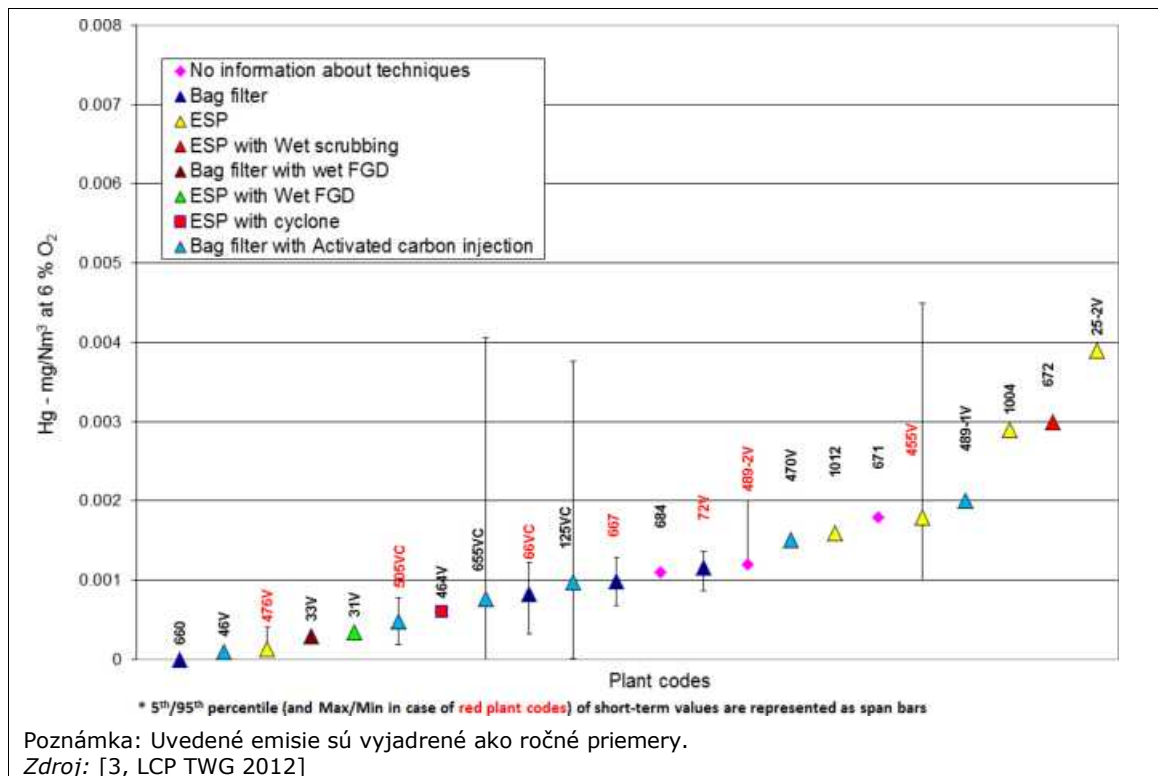
Informácie o všeobecných technikách na prevenciu a znižovanie emisií ortuti sú uvedené v oddiele 3.2.2.5. Tabuľka 5.48 predstavuje techniky alebo kombinácie techník bežne používané v spaľovacích zariadeniach a obrázok 5.58 poskytuje informácie špecifické pre spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny, napr. o environmentálnych vlastnostiach a príkladoch zariadení. Ďalšie podrobnosti o súvisiacich environmentálnych vlastnostiach a prevádzkových údajoch sú uvedené za tabuľkou.

Tabuľka 5.48: Techniky na prevenciu a znižovanie emisií ortuti

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť	Príklady zariadení
Špecifické techniky na zníženie emisií ortuti						
Vstrekovanie aktivovaného (halogénovaného) uhlia	Aktívne uhlie sa vstrekuje pred vrecovým filtrom. Adsorpcia prebieha ako v potrubí, tak aj na filtračnom koláči. Pozri aj oddiely 3.2.2.5 a 5.1.3.4.3.2	Zníženie emisií ortuti	NA	N A	Všeobecne platné	Zariadenia 125, 655
Použitie halogénovaných prísad v palive alebo vstrekovaných do pece	Pozri časť 3.2.2.5 a 5.1.3.4.3.3				Platí len v prípade nízkeho obsahu halogenidov v palive	NA
Vedľajší prínos technológií používaných na znižovanie emisií iných znečisťujúcich látok						
Voľba paliva	Pozri aj oddiel 3.1.1.4	Zníženie emisií ortuti	NA	N A	Uplatniteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych druhov paliva, na ktorú môže mať vplyv energetická politika členského štátu	NA
Vrecový filter	Súvisiaci prínos zníženia emisií prachu zachytávaním častíc viazaných ortuti. Pozri oddiel 3.2.2.1.2. Táto technika sa používa hlavne na znižovanie emisií prachu				Pozri tabuľku 5.47	Zariadenie 66
Elektrostatický odlučovač (ESP)	Vedľajší prínos zníženia emisií prachu zachytávaním častíc viazaných ortuti. Pozri oddiel 3.2.2.1.1. Táto technika sa používa hlavne na znižovanie emisií				Pozri tabuľku 5.47	Zariadenie 455

Suchý, polosuchý alebo mokrý systém FGD	Pozri oddiel 3.2.2.5.2. Táto technika sa používa hlavne pre SO _x , HCl a/alebo HF. Súvisiaci prínos zníženia emisií SO _x rozpúšťaním a zachytávaním oxidovanej ortuti				Pozri tabuľku 5.46	Zariadenie 33
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie. Zdroj: [3, LCP TWG 2012] [43, EPPSA 2012]						

Na obrázku 5.58 zariadenia s dobrými výsledkami pravidelne monitorujú koncentrácie ortuti a priemerné krátkodobé hodnoty za vzorkovacie obdobia trvajúce od šiestich hodín do niekoľkých dní. Neboli zistené žiadne dôkazy o korelácii medzi zaznamenanými koncentraciami emisií a zaťažením (ekvivalentný faktor plného zaťaženia nad 38 %), vekom zariadenia (rok uvedenia do prevádzky medzi 1972 a 2010) a prevádzkovými hodinami za rok (celkový počet prevádzkových hodín v rozmedzí od 4 600 do 8 500).



Obrázok 5.58: Emisie ortuti z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu

5.2.3.8 Techniky na znižovanie a/alebo opätovné využívanie rezíduí zo spaľovania

Špecifikácie všeobecných techník na znižovanie a opätovné využívanie rezíduí zo spaľovania sú uvedené v oddiele 3.2.5.

Tabuľka 5.49 obsahuje informácie špecifické pre spaľovanie biomasy a rašeliny, napr. o environmentálnych vlastnostiach.

Tabuľka 5.49: Techniky na manipuláciu, znižovanie a recykláciu alebo opätovné použitie rezíduí zo spaľovania

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť
Využitie popola z kotlov na biomasu	Využitie popola z kotlov na biomasu s nízkym obsahom ťažkých kovov ako hnojiva	Minimalizácia odpadu odosielaného na likvidáciu	Bežnou praxou je oddeľovanie jemnej frakcie popola z biomasy od hrubého popola. Ako hnojivo sa môže používať iba hrubý popol (v závislosti od obsahu živín a parametrov pôdy)	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s vlastnosťami popola (napr. obsah kovov)

6 SPAĽOVANIE KVAPALNÝCH PALÍV

6.1 Použité procesy a techniky

6.1.1 Charakteristika paliva

Vymedzenie pojmov týkajúcich sa kvapalných palív uvedených v tejto kapitole vychádza z vymedzenia pojmov uvedených v smernici 2012/33/EÚ z 21. novembra 2012, ktorou sa mení a dopĺňa smernica Rady 1999/32/ES.

V tomto dokumente sa preto pojem „plynový olej“ používa na označenie akéhokoľvek kvapalného paliva pochádzajúceho z ropy, ktoré patrí do číselných označení CN 2710 19 25, 2710 19 29, 2710 19 47, 2710 19 48, 2710 20 17 alebo 2710 20 19. Alebo akéhokoľvek kvapalné palivo pochádzajúce z ropy, z ktorého menej ako 65 obj. % (vrátane strát) sa destiluje pri 250 °C a z ktorého najmenej 85 obj. % (vrátane strát) sa destiluje pri 350 °C podľa metódy ASTM D86.

Ťažký vykurovací olej (HFO) sa používa na označenie akéhokoľvek kvapalného paliva pochádzajúceho z ropy, ktoré patrí do číselných označení CN 2710 19 51 až 2710 19 68, 2710 20 31, 2710 20 35, 2710 20 39. Alebo akéhokoľvek kvapalné palivo pochádzajúce z ropy, okrem plynového oleja, ktoré vzhľadom na svoje destilačné limity patrí do kategórie ťažkých olejov určených na použitie ako palivo a z ktorého menej ako 65 obj. % (vrátane strát) sa destiluje pri 250 °C podľa metódy ASTM D86. Ak destiláciu nie je možné určiť metódou ASTM D86, ropný produkt sa rovnako zaradí do kategórie ťažkého vykurovacieho oleja.

Ďalšie informácie o zložení a vlastnostiach kvapalných palív sú uvedené v oddiele 6.2.1.

6.1.2 Predbežná úprava a príprava palív

6.1.2.1 Predbežná úprava palív používaných v konvenčných kotloch

Kvapalné palivá pochádzajúce z ropy, ako napríklad ťažký vykurovací olej a plynový olej, používané ako palivo vo veľkých spaľovacích zariadeniach, sa spracúvajú v rafinérii tak, aby spĺňali národné a medzinárodné špecifikácie palív. Rôzne kvality ropy používané pre rôzne typy LCP sú uvedené v tabuľke 6.1. Dôležitou nečistotou pri spaľovaní kvapalných palív je množstvo síry prítomnej v palive. Hoci je možné vykurovací olej spracovať v rafinérii s cieľom znížiť obsah síry, techniky na zníženie obsahu síry v rope nie sú predmetom tohto dokumentu a sú uvedené v dokumente BREF pre rafináciu minerálnych olejov a plynu.

6.1.2.2 Predbežná úprava palív používaných v dieselových motoroch

Aby sa zabezpečili správne podmienky čerpania a prevádzky, dieselové motory potrebujú nepretržité dodávky vyčisteného a filtrovaného palivového oleja so správnym prietokom a viskozitou (pre HFO zvyčajne pod 730 cSt pri 50 °C). V prípade ťažkého palivového oleja sa používajú zariadenia na úpravu HFO podobné zariadeniam pre plynové turbíny (pozri oddiel 6.1.3.3), ale s nasledujúcimi rozdielmi:

- používajú sa iba odstredivé separátory;
- na ohrev HFO na vhodnú teplotu sa používajú elektrické alebo parné ohrievače, aby sa dosiahla požadovaná viskozita vstrekovania, zvyčajne 12 – 20 cSt pre dobré rozprašovanie v dýze;
- v bežných prípadoch sa nepoužívajú dávkovacie systémy deemulgátorov na rozbitie olejovej emulzie, ani dávkovacie systémy aditív na zvýšenie bodu topenia vanádiových produktov.

Pri prevádzke s plynovým olejom sa zvyčajne nevyžaduje predohrev ani separácia paliva.

6.1.2.3 Predbežná úprava palív pre plynové turbíny

Ak sa má ako palivo v plynových turbínach používať ťažký vykurovací olej (HFO), je potrebný špeciálny postup úpravy. V tomto prípade zariadenie na úpravu paliva pozostáva z:

- ohrevného zariadenia na ohrev neupraveného HFO (elektrické alebo parné);
- dávkovacích systémov deemulgátorov na rozbitie olejovej emulzie;
- separátorov (odstredivých alebo elektrostatických) na odstraňovanie pevných nečistôt z HFO, najmä v prípade palív s vysokým obsahom popola;
- systémov na dávkovanie prísad na zvýšenie bodu tavenia produktov oxidácie vanádu; a
- všetkých potrebných čerpadiel a potrubných zariadení.

Plynový olej, ak sa používa ako palivo v plynových turbínach, je potrebné upraviť, aby sa znížila koncentrácia sodíka, draslíka a vápnika a aby sa odstránili pevné nečistoty, ktoré by inak poškodili lopatky turbíny. Plynový olej sa upravuje v zariadení na úpravu paliva, ktoré pozostáva z jednotiek na čistenie plynového oleja, buď samočistiacej odstredivky, alebo elektrostatického odlučovača, a všetkých potrebných čerpadiel a potrubného vybavenia.

6.1.3 Technológie spaľovania

6.1.3.1 Konštrukcia kotlov na spaľovanie oleja

Všeobecný popis spaľovania v kotloch nájdete v oddiele 2.2.2.

Pri spaľovaní ťažkého vykurovacieho oleja v kotloch je potrebná nízka viskozita v horáku, aby sa zabezpečilo správne rozprašovanie paliva. Na dosiahnutie tejto viskozity sa ťažký vykurovací olej zahrieva na teplotu približne 120 – 140 °C. Na zlepšenie spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja sa používajú prísady.

Pri spaľovaní ťažkého vykurovacieho oleja je potrebné zohľadniť tri hlavné technické otázky:

- potreba vyhrievaného skladovania, prepravy a dodatočného ohrevu pred atomizáciou vzhľadom na vysokú viskozitu ťažkého vykurovacieho oleja;
- jeho tendencia tvoriť koksové častice;
- tvorba korozívnych usadenín.

Prvé dva body sú spôsobené vysokou molekulovou hmotnosťou a asfalténovou povahou niektorých zložiek. Tretí bod vyplýva z prítomnosti síry, dusíka, vanádu a iných kovov v palive.

V prípade emulzií vedú fyzikálne účinky pridania vody k lepším spaľovacím vlastnostiam prostredníctvom zlepšenia atomizácie. Mikroexplózie vznikajú v dôsledku tvorby, rastu a praskania parných bublín vo vnútri prehriatych kvapôčok. Keďže olej môže počas spaľovania vydržať veľmi vysoké teploty, kvapôčky vody môžu byť prehriate. Emulzné kvapôčky sa nakoniec rozbijú vnútornou tvorbou vodných bublín a ich rýchlou vaporizáciou. Tento proces sa nazýva sekundárna atomizácia; zvyšuje povrch odparovania a zmiešavanie horúcich látok so vzduchom. Množstvo tvorených častíc a dymu je minimalizované [157, Molero de Blas 1995]. Táto technika neposkytuje žiadne dodatočné výhody pre moderné olejové kotly.

Pomocné parné kotly sú zvyčajne vykurované plynovým olejom. Takéto kotly často pracujú len niekoľko sto hodín ročne, zvyčajne nie sú vybavené špecifickými technikami na znižovanie emisií a vypúšťajú svoje spaliny komínom hlavnej jednotky.

Ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej sa niekedy používa na dodatočné spaľovanie v kotloch na rekuperáciu tepla alebo ako doplnkové palivo v zariadeniach spaľujúcich zemný plyn, kde sa môže používať aj ako záložné palivo.

6.1.3.2 Kompresné spaľovacie motory (dieselové)

Informácie o procesoch spaľovacích motorov nájdete v oddiele 2.3.2.

Spaľovacie motory pracujúce s ťažkým vykurovacím olejom a/alebo plynovým olejom sú nákladovo efektívnym riešením pre dodávky elektrickej energie v odľahlých lokalitách, ako sú ostrovy. V oblastiach, kde bude v blízkej budúcnosti k dispozícii plyn, je prevádzka na ťažkom vykurovacom oleji a/alebo plynovom oleji tiež vhodným riešením, kým nebude zariadenie prekonvertované na prevádzku na plyn. Po konverzii môže byť ťažký vykurovací olej použitý ako záložné palivo.

6.1.3.3 Plynové turbíny spaľujúce kvapalné palivá

Všeobecné informácie o plynových turbínach nájdete v oddiele 2.3.3.

V súčasnosti sa používajú dva typy plynových turbín spaľujúcich kvapalné palivá: ťažké plynové turbíny a plynové turbíny odvodené od leteckých motorov, tzv. aeroderivátové plynové turbíny.

Plynové turbíny vo všeobecnosti a aeroderiváty zvlášť zvyčajne pracujú na plynovom oleji alebo na petroleji. V Európe existujú veľké aj malé plynové turbíny poháňané kvapalnými palivami (nielen ako záložné palivo).

O použití ťažkého palivového oleja a nafty v plynových turbínach možno rozhodnúť len na základe posúdenia konkrétneho zariadenia. Okrem toho v prípade jednotiek, ktoré akceptujú tieto palivá, je potrebné znížiť vstupnú teplotu turbíny, čo má vplyv na výkon. Z týchto dôvodov je používanie takýchto palív v plynových turbínach zriedkavé.

V prípade najnovších konštrukcií turbín s vysokými vstupnými teplotami turbíny sú špecifikácie výrobcov týkajúce sa dodávok paliva veľmi prísne. Stanovujú fyzikálne a chemické vlastnosti potrebné na splnenie požiadaviek zariadenia aj environmentálnych noriem, najmä pokiaľ ide o kovové kontaminanty (sodík, draslík, olovo, vanád a vápnik), síru a popol.

Pri výbere procesu spaľovania zohrávajú významnú úlohu náklady a dostupnosť plynového oleja a namáhanie lopatiek plynových turbín a ostatných častí turbíny pri spaľovaní plynového oleja v porovnaní so zemným plynom.

6.1.4 Kontrola emisií do ovzdušia

Pri použití ťažkého vykurovacieho oleja (HFO) a/alebo plynového oleja vznikajú emisie SO_x a NO_x zo síry a okrem tepelnej tvorby NO_x do určitej miery aj z dusíka obsiahnutého v palive. Prach pochádza hlavne z obsahu popola a okrajovo z ťažších frakcií paliva [158, UFIP 2001]. Prítomnosť prachu môže tiež spôsobiť prevádzkovateľom ekonomické náklady v dôsledku strát spôsobených nespáleným palivom a usadeninami v spaľovacom zariadení, ak nie je zariadenie dobre udržiavané.

Emisie častíc zo spaľovania HFO môžu obsahovať dve hlavné frakcie [157, Molero de Blas 1995]:

- i. materiál pochádzajúci z organického obsahu paliva a jeho neúplného spálenia:
 - nespálené uhľovodíky (dym),
 - prach vznikajúci pri spaľovaní v plynnej fáze alebo pyrolýze (sadze),
 - cenosféry vznikajúce z krakovaného paliva alebo uhlíka spolu s popolom (koks);
- ii. popol z anorganického obsahu a obsahu síry v palive.

Dym môže vznikať z nespálených zložiek uhľovodíkového paliva, ktoré sa vypúšťajú vo forme jemného spreja. Takéto uhľovodíkové zložky sú reziduá reakcií zmrazených tepelným ochladením. Emisie nespálených uhľovodíkov sú najvyššie pri vysokých ekvivalenčných pomeroch (podmienky s vysokým obsahom paliva). Ich hlavným vplyvom na životné prostredie sú reakcie v atmosfére s NO_x a slnečným žiarením, pri ktorých vzniká fotochemický smog.

Sadze vznikajú pri reakciách parnej fázy odparenej organickej hmoty v zložitom procese, ktorý zahŕňa pyrolýzu paliva, polymerizačné reakcie, nukleáciu, rast častíc a vyhorenie. Kvapky paliva, ktoré horí v plameňoch obalu, sú vystavené veľmi vysokým teplotám, čo vedie k odparovaniu paliva a tepelnému krakovaniu veľkých molekulárnych štruktúr, čím vznikajú látky s vyšším pomerom C/H ako zdroj paliva. Sadze sa s najväčšou pravdepodobnosťou tvoria v podmienkach bohatých na palivo a zvyčajne sa úplne spália, keď sa zmiešajú so vzduchom pri veľmi vysokej teplote v zónach s vysokou oxidáciou, napr. keď sa sekundárny vzduch vstrekuje do spaľovacej komory plynovej turbíny.

Cenosféry sa tvoria v procesoch v kvapalnej fáze a obsahujú všetok uhlík, ktorý nie je sadza, a časť popolového materiálu. Takéto častice sú duté, porézne a takmer guľovité a ich veľkosť sa pohybuje od 1 μm do 100 μm .

Usadzovanie popola a korózia sú hlavnými problémami pri spaľovaní ťažkých palív. Vanád a sodík sú najškodlivejšie prvky, ktoré tvoria oxid vanadičný (V_2O_5) a síran sodný (Na_2SO_4). Usadeniny popola ohrozujú prenos tepla na kovové povrchy a spôsobujú koróziu spaľovacieho zariadenia, čím sa skracuje životnosť zariadenia. Hodnoty uvedené v literatúre [157, Molero de Blas 1995] ukazujú, že usadenina s hrúbkou iba 0,32 cm môže spôsobiť 10 % pokles výkonu turbíny.

Optimálne podmienky spaľovania sú preto dôležité pre minimalizáciu tvorby prachu a popola. Viskózne palivo sa musí pred atomizáciou predhriať. Prísady sa spájajú so zložkami paliva a produktmi spaľovania a vytvárajú pevné, neškodné produkty, ktoré prechádzajú spaľovacím zariadením bez poškodenia. Prísady môžu výrazne znížiť množstvo nespáleného uhlíka na hodnotu až 5 hmotnostných percent v zachytenom popole. Nízky obsah nespáleného uhlíka v popole je žiaduci, pretože optimálne spaľovanie umožňuje optimálnu účinnosť alebo využitie paliva. V závislosti od technických vlastností a vlastností paliva však môže byť obsah nespáleného uhlíka v popole pri spaľovaní HFO vyšší. Popol s vysokým obsahom uhlíka je čierny, zatiaľ čo popol s nízkym obsahom uhlíka je žltý alebo sivý.

Pri spaľovaní plynového oleja sa prach skladá hlavne z sadzí a uhľovodíkov.

Pri vysokých teplotách typických pre spaľovanie sa síra spája s uhlíkom, vodíkom a kyslíkom a vytvára SO_2 , SO_3 , SO , CS , CH , COS , H_2S , S a S_2 . Za takýchto podmienok a pri dostatočnej koncentrácii kyslíka sa prakticky všetka síra premieňa na oxidované formy, pričom SO_2 je hlavnou zlúčeninou síry, ktorá vzniká pri spaľovaní. Dokonca aj pri 20 % nedostatku vzduchu je 90 % síry vo forme SO_2 a len 0,1 % vo forme SO_3 , pričom zvyšok síry tvorí SO .

Pri nižšej koncentrácii kyslíka (40 % nedostatok vzduchu) sú v značnom množstve prítomné aj H_2S , S_2 a HS , zatiaľ čo SO_3 je zanedbateľný. Počas spaľovania sú tieto látky v koncentráciách nad rovnovážnou hodnotou. Ako plyny chladnú, ich rýchlosť spotreby klesá a rovnováha sa môže „zmraziť“ skôr, ako produkty dosiahnu izbovú teplotu. [157, Molero de Blas 1995]

V plameňoch bohatých na kyslík a stechiometrických plameňoch, ktoré sa veľmi blížia bežnej prevádzke kotlov, sa nachádza SO_2 a veľmi malé množstvo SO_3 . Obsah SO_3 musí byť čo najnižší, aby sa minimalizovala tvorba H_2SO_4 (kyselina sírová), ktorá je zodpovedná za koróziu v najchladnejších častiach kotla.

Cenovo efektívne a technicky vhodné primárne a sekundárne techniky čistenia spalín sú v súčasnosti stredobodom záujmu vývoja produktov. Použitie primárnych metód na zníženie emisií do ovzdušia pri zdroji je vo všeobecnosti výhodnejšie ako odstraňovanie emisií na konci potrubia, a to aj z hľadiska cenovej efektívnosti. Na kontrolu kľúčových znečisťujúcich látok sa zvyčajne používajú kombinácie primárnych a sekundárnych techník.

Emisie oxidov síry sú úmerné obsahu síry v palive, pokiaľ nie sú zavedené sekundárne techniky znižovania emisií. Primárnou metódou znižovania emisií SO_x je používanie paliva s nižším obsahom síry, ak je komerčne dostupné. Prechod na olej s nízkym obsahom síry môže významne prispieť k zníženiu emisií SO_x . Zníženie obsahu síry v oleji o 0,5 % vedie k zníženiu hodnoty emisií SO_2 o približne 850 – 880 mg/Nm³ pri 3 % kyslíka v spalínach. Obsah síry v plynovom oleji je upravený smernicou 2012/33/EÚ, ktorou sa mení a dopĺňa smernica 1999/32/ES, a od roku 2008 by mal byť nižší ako 0,1 hmotnostného %.

Takýto nízky obsah síry zaručuje, že emisie SO_2 z kotlov, motorov a plynových turbín spaľujúcich plynový olej sú obmedzené. Smernica 2012/33/EÚ tiež mení a dopĺňa ustanovenia smernice 1999/32/ES týkajúce sa maximálneho obsahu síry v ťažkom vykurovacom oleji. Smernica stanovuje, že ťažké vykurovacie oleje s obsahom síry presahujúcim 1 % hmotnosti sa nesmú používať v EÚ. Spaľovacie zariadenia používajúce ťažký vykurovací olej s vyššou koncentráciou síry sú povinné obmedziť svoje emisie SO_x na hodnoty stanovené v povolení vydanom príslušným orgánom. Smernica obsahuje aj ustanovenia týkajúce sa lodných palív, napr. ustanovenia, ktoré obmedzujú maximálny obsah síry v lodných palivách používaných vo výsostných vodách členských štátov EÚ, výhradných hospodárskych zónach a zónach kontroly znečistenia na 0,5 % od januára 2020.

Významne k zníženiu emisií SO_2 môže prispieť aj spaľovanie viacerých palív, t. j. súčasné spaľovanie kvapalných a plyných palív alebo kvapalných palív a biomasy. Spaľovanie viacerých palív sa môže uskutočňovať v tom istom horáku alebo v rôznych horákoch umiestnených v tej istej spaľovacej komore.

Pri konvenčných palivách závisí rýchlosť tvorby NO_x od teploty plynu a množstva dusíka v palive. Oba faktory charakterizujú najdôležitejšie cesty tvorby NO_x . Termické NO_x možno regulovať znížením maximálnej teploty plameňa (napr. obmedzeným zaťažením spaľovacej komory).

6.1.4.1 Primárne techniky kontroly emisií do ovzdušia z kotlov

V kotloch na ťažké palivá sa spaľujú vysoko viskózne oleje s vysokým obsahom síry. V starších kotloch na olej boli inštalované horáky s mechanickou atomizáciou. Novšie vylepšené konštrukcie horákov zahŕňajú parnú atomizáciu, ktorá zabezpečuje efektívnejšie spaľovanie ťažkého paliva a vedie k nižším emisiám prachu. Koncentrácie emisií prachu v surovom spalinovom plyne (pred odprašovaním) nižšie ako 100 mg/Nm³ je možné dosiahnuť v závislosti od obsahu popola v HFO. Koncentrácie emisií prachu 50 mg/Nm³ v surovom spalinovom plyne je možné dosiahnuť v prípade HFO s nízkym obsahom popola (napr. popol < 0,02 %, asfaltén < 2 % a obsah uhlíka v Conradsonovom zvyšku < 8 %), bez ohľadu na typ horáka. [93, Eurelectric 2011]

Koncentrácia **NO_x** v spalínach kotla na olej klesá s nadbytkom vzduchu. Veľkosť kotla a konštrukcia horáka a atomizácie oleja hrajú dôležitú úlohu v koncentrácii NO_x v spalínach.

Pri kotloch na olej je bežný prebytok vzduchu v rozmedzí 1,5 – 2,5 % O_2 (v spalínach). Spaľovanie s nízkym prebytkom vzduchu sa vyznačuje 1–1,5 % O_2 . Táto technika sa zriedka používa samostatne, ale veľmi často sa používa v kombinácii s horákmi s nízkymi emisiami NO_x (LNB) alebo s prívodom vzduchu nad ohniskom (OFA).

Recirkulácia spalín sa často používa v kombinácii s horákmi s nízkymi emisiami NO_x a/alebo OFA, čím sa dosahuje 60–75 % účinnosť redukcie NO_x.

Zo všetkých techník **air stagingu** sa v kotloch na olej najčastejšie používajú „horáky mimo prevádzky“ (BOOS) a OFA. S modernými konštrukciami OFA (optimalizovaná konštrukcia dýz, oddelený a vírivý alebo orientovateľný prúd vzduchu) môže byť redukcia NO_x až 60 % v tangenciálnych spaľovacích jednotkách. Technika BOOS sa používa aj pri modernizácii existujúcich jednotiek.

Horáky s recirkuláciou spalín sa používajú v olejových kotloch v kombinácii s rôznymi typmi **horákov s nízkymi emisiami NO_x** [158, UFIP 2001] a dosahujú zníženie emisií NO_x o 20 %. Kľúčovým bodom pri navrhovaní účinných olejových LNB je zabezpečiť dobrú atomizáciu oleja v spojení s aerodynamikou horáka, aby sa nezvýšila hladina uhlíka v popole pri znižovaní NO_x a pri zachovaní mierneho prebytku vzduchu. Najnovšie konštrukcie LNB s vhodným systémom atomizácie oleja môžu dosiahnuť zníženie NO_x až o 50 %.

V olejových kotloch je možné implementovať **fuel staging** [158, UFIP 2001] s plynom alebo olejom ako palivom na opätovné spaľovanie. Plyn sa používa častejšie ako olej. Fuel staging je zaujímavý pre nové zariadenia, ale je menej vhodný pre existujúce jednotky. Mnohé existujúce olejové kotly boli v 90. rokoch vybavené technikou postupného prívodu plynu/oleja (napr. v Taliansku sú v prevádzke jednotky s výkonom od 35 MW_e do 660 MW_e). Všetky tieto jednotky boli vybavené aspoň OFA a recirkuláciou spalín a niektoré z nich aj horákmi s nízkymi emisiami NO_x. Podiel stupňovania paliva je 10 – 20 % z celkového tepelného príkonu. Zodpovedajúca účinnosť znižovania NO_x je 50 – 80 % pre postupný prívod ropy a 65 – 80 % pre postupný prívod plynu.

6.1.4.2 Primárne techniky kontroly emisií do ovzdušia z motorov

Hlavné znečisťujúce látky emitované vo výfukových plynch typického dieselového motora spaľujúceho ťažký vykurovací olej (motor so vznetovým zapáľovaním) zahŕňajú oxidy dusíka (NO_x), prach (PM) a oxidy síry (SO_x). Vďaka vysokej teplote spaľovania sú emisie oxidu uhoľnatého a nespálených uhľovodíkov nízke.

Pri spaľovaní ťažkého vykurovacieho oleja sa prach skladá hlavne z obsahu popola a síry (vytvárajúcej síran) vo vykurovacom oleji a v menšej miere zo sadzí a uhľovodíkov. Pri plynovom oleji sa prach skladá hlavne zo sadzí a uhľovodíkov.

Kontrola parametrov spaľovania spolu s pravidelnou údržbou spaľovacieho systému (kontrola/výmena vstrekovačov) je primárnou technikou na kontrolu emisií častíc z veľkých motorov. Parametre spaľovania, ktoré je potrebné kontrolovať, sú: kvalita atomizácie paliva, výkon zariadenia určeného na úpravu/ohrev paliva a pomer vzduchu a paliva.

Emisie NO_x z veľkých dieselových motorov spaľujúcich kvapalné palivá sa výrazne znížili pomocou primárnych techník, ktoré sú výsledkom rozsiahleho výskumu a vývoja, pričom sa zachovala vysoká energetická účinnosť motorov. Keďže tvorba NO_x v motoroch je funkcia teploty plameňa a doby zotrvania, tieto techniky sa zameriavajú na zníženie maximálnej teploty a tým na potlačenie tvorby termického NO_x vo valci. Niektoré primárne techniky sú nasledovné:

- Motor s základným zaťažením optimalizovaný pre nízke emisie NO_x a dobrú spotrebu paliva je vybavený: časovaním Millerovho ventilu (skoré uzavretie ventilu prívodu vzduchu, čo spôsobuje, že vzduch vstupujúci do valca sa roztáhuje a ochladzuje, čím sa znižujú teplotné špičky počas spaľovania) na optimalizáciu kompromisu medzi emisiami NO_x a spotrebou paliva, turbodúchadlom s vysokým tlakovým pomerom na udržanie výkonu motora s vysokým časovaním Millerovho ventilu, vysokým kompresným pomerom na optimalizáciu kompromisu medzi emisiami NO_x a spotrebou paliva a tvarovaním rýchlosti vstrekovania paliva.
- Oneskorenie časovania vstrekovania paliva.

- Prídavok vody (vstrekovanie vody priamo do spaľovacieho priestoru alebo emulzia vody v palive alebo zvlhčovanie spaľovacieho vzduchu).
- Recirkulácia výfukových plynov.
- Použitie dvojitého palivového motora (v režime plynu), ktorý často využíva techniku „chudobnej zmesi“ s nižším obsahom NO_x.
- Vyššie otáčky motora. Úsporné motory s veľkým zdvihovým objemom a nízkymi otáčkami majú tendenciu produkovať vyššie emisie NO_x ako menšie motory s vyššími otáčkami. Pri nižších otáčkach motora sú koncentrácie NO_x v spaľovacej komore vyššie, pretože je k dispozícii dlhší čas na tvorbu NO_x.

6.1.4.3 Primárne techniky kontroly emisií do ovzdušia z plynových turbín

Tvorbu termického NO_x je možné obmedziť znížením teploty spaľovania. To sa dosahuje technikou predzmiešavacieho horáka (**technika** suchého nízkeho NO_x alebo **DLN**), pri ktorej sa palivo zmieša so spaľovacím vzduchom, aby sa zabránilo nadmernému nárastu teploty plameňa. To však funguje len vtedy, ak jednotka pracuje pri dostatočne vysokom zaťažení. Pri prevádzke s nízkym zaťažením, spúšťaní a vypínaní sa používa iná metóda spaľovania, aby sa zabránilo spätnému zášľahu.

Uplatňovanie stupňovitého spaľovania v plynových turbínach pri nižších teplotách vyžaduje odlišnú konštrukciu plynových turbín.

Procesy znižovania emisií mokrou cestou: Pridávanie pary/vody sa tiež používa na zníženie teplôt spaľovania a následne úrovne emisií NO_x. Voda alebo para sa vstrekuje do spaľovacích komôr s cieľom znížiť teplotu spaľovania, čím sa zabráni tvorbe termického NO_x. Voda sa používa na vstrekovanie v plynových turbínach (GT) pracujúcich v otvorenom cykle, zatiaľ čo para sa najčastejšie používa v GT pracujúcich v kombinovanom cykle alebo v kogeneračnom systéme. Ďalšou možnosťou je emulzia palivového oleja a vody. V porovnaní s vstrekaním vody použitie emulzie palivového oleja a vody znižuje spotrebu vody o približne 25 – 30 % pri rovnakej miere zníženia emisií NO_x.

Ak sa plynový olej používa iba ako záložné palivo vo veľkokapacitných GT, ktoré zvyčajne pracujú na plyn, systémy priameho vstrekovania vody umožňujú zníženie emisií NO_x pri prevádzke na plynový olej. V skutočnosti existujú systémy DLN pre prevádzku na plynový olej len pre menšie GT (< 100 MW_{th}) a môžu mať obmedzenia prevádzkovej doby (napr. < 1 500 h/rok podľa špecifikácie výrobcu pre niektoré modely).

[92, Freimark et al. 1990]

6.1.4.4 Techniky na konci potrubia na znižovanie emisií do ovzdušia

6.1.4.4.1 Znižovanie emisií prachu

Emisie prachu je možné znížiť použitím sekundárnych odprašovacích zariadení, ako sú elektrostatické odlučovače (ESP) a vrecové filtre, ako je to v prípade emisií prachu z kotlov. Vrecové filtre na prach už boli inštalované v najnovších dieselových motoroch spolu s použitím vstrekovania sorbentu pre FGD. Sorbent riedi potenciálne lepkavý popol/sadze, ktoré by inak mohli spôsobiť problémy s upchávaním.

V ESP sa prach zvyčajne zbiera v suchej forme, ktorá sa potom môže skládkovať na kontrolovaných skládkach. V kombinácii s mokrým čistením SO₂ sa však technika mokrého ESP dá použiť po FGD na odstraňovanie častíc. Suchý ESP sa môže použiť pred mokrým FGD. [93, Eurelectric 2011]

Keďže teplota a obsah kyslíka v spalínach sa líšia medzi dieselovým motorom a kotlom, líšia sa aj elektrické vlastnosti častíc (napr. odpor) a výkon ESP sa líši medzi týmito dvoma procesmi spaľovania.

6.1.4.4.2 Znižovanie emisií SO_x

Na zníženie emisií SO_x z kotlov spaľujúcich kvapalné palivá, najmä tých, ktoré spaľujú ťažký vykurovací olej, niektoré zariadenia používajú mokré práčky. Mokré čistenie so sadrovcom ako konečným produktom je najúčinnnejší proces odsírovania. Vzhľadom na ekonomické a prevádzkové obmedzenia však nemusí byť použiteľný v menších zariadeniach. V menších zariadeniach sa odsírovanie spalín môže vykonávať suchými procesmi s vápnom alebo vápencom, polosuchými procesmi s vápnom, procesmi s aktívnym uhlím alebo procesmi so sódou a hydrogenuhličitanom sodným.

Suché odsírovanie možno vylepšiť riadením „otvoreného priechodu“ vo vnútri kotla, čím sa zvýši kontaktná doba pri konštantnej teplote medzi sorbentom a spalínami. Voľba medzi uvedenými procesmi závisí od požadovaného výťažku odsírovania a od miestnych podmienok, t. j. hlavne od využitia alebo skládkovania vedľajších produktov a rezíduí odsírovania.

V priebehu rokov bolo nainštalovaných niekoľko systémov DeSO_x v súvislosti s dieselovými motormi spaľujúcimi HFO/Orimulsion. Dnes je väčšina týchto systémov FGD už mimo prevádzky z dôvodu prechodu na zemný plyn ako palivo. Spaliny z dieselových motorov sa líšia od spalín z kotlov: majú napríklad vysoký obsah kyslíka a prietok, čo môže mať vplyv na reakcie v systéme DeSO_x a na jeho veľkosť. Treba tiež poznamenať, že vzhľadom na vysoký špecifický prietok spalín z dieselového motora (koeficient λ typicky okolo 2,7) bude veľkosť systému DeSO_x relatívne veľká.

Väčšina doterajších príkladov systémov DeSO_x v dieselových elektrárňach sú mokré práčky, ktoré ako činidlo používajú vodný roztok NaOH (asi 50 % hmotnosti). Spaliny sa preplachujú vodným roztokom činidla a SO_2 sa odstraňuje. Hlavnými komponentmi systému sú zásobník činidla a dopravný systém, práčka s recirkulačnými čerpadlami a oxidačná nádrž.

Vo väčších dieselových elektrárňach sa používajú aj iné systémy DeSO_x (napr. mokré práčky CaCO_3 , vstrekovanie sorbentu do potrubia pred vrecovým filtrom).

6.1.4.4.3 Znižovanie emisií NO_x

Sekundárne techniky na znižovanie emisií NO_x , ako sú SNCR a SCR, sa používajú v mnohých kotloch na vykurovanie olejom. V prípade existujúcich kotlov, ktoré pracujú s častými a intenzívnymi zmenami zaťaženia, je potrebné SCR a SNCR správne navrhnuť a doladiť, aby zvládali premenlivé podmienky.

SNCR možno použiť na olejové kotly akejkoľvek veľkosti. Techniky SNCR zahŕňajú použitie kvapalného roztoku NH_3 , plynného NH_3 a močoviny v roztoku alebo tuhej močoviny ako redukčných činidiel. Redukčné činidlo sa vstrekuje do komory kotla v oblastiach, kde je teplota okolo 900 °C. SNCR vyžaduje dobrú znalosť rozloženia teploty v spaľovacej komore pri všetkých rýchlostiach a dobrú kontrolu množstva vstrekovanej močoviny. Kontrolu je možné dosiahnuť monitorovaním NH_3 alebo NO_x ; zníženie emisií NO_x možno dosiahnuť 60 % s únikom NH_3 nižším ako 7,5 mg/Nm³.

SCR je osvedčená technika pre spaľovacie zariadenia na kvapalné palivá.

V Európe sa SCR používa aj v kotloch prevádzkovaných na špičkové aplikácie, napríklad v Rakúsku, Nemecku, Taliansku a Holandsku. Mimo Európy sa používa najmä v Japonsku. SCR je tiež použiteľný na znižovanie emisií NO_x z dieselových motorov. K dnešnému dňu bolo niekoľko stoviek motorov v elektrárňach a kogeneračných zariadeniach v Európe, Ázii a USA vybavených systémom SCR. Pracujú s rôznymi druhmi kvapalných palív, od nafty alebo vykurovacieho oleja až po ťažký vykurovací olej nízkej kvality (180 cSt, 5 % S). Systém SCR v kontexte motora pracujúceho na Orimulsion bol testovaný iba v laboratórnych podmienkach.

Systém SCR môže byť vybavený dodatočnou oxidačnou vrstvou na zníženie emisií CO a NH_3 , ale to sa neodporúča pri prevádzke s kvapalnými palivami (ako je HFO) obsahujúcimi síru. Oxidačný katalyzátor oxiduje časť SO_2 na SO_3 a v dôsledku toho sa tvoria ďalšie častice (síran). Väčšie dieselové motory majú nízke emisie nespáleného uhlíka. Ak je miera zníženia emisií NO_x až 85 – 90 %, SCR možno riadiť jednoduchým riadiacim systémom; pri vyšších mierach zníženia emisií NO_x sú potrebné zložité systémy predzmiešavania a vstrekovania činidiel, ako aj pokročilejší riadiaci systém. Dieselové motory, ktoré často pracujú v izolovaných systémoch po obmedzený počet hodín, môžu pracovať s často sa meniacim zaťažením. V závislosti od dopytu po elektrickej energii môže byť potrebné tieto motory niekoľkokrát denne spúšťať a vypínať. V takýchto prípadoch môže teplota katalyzátora SCR často kolísať mimo potrebného efektívneho teplotného rozsahu.

Niektoré elektrárne s kombinovaným cyklom s plynovými turbínami v Európe, najmä v Rakúsku, Francúzsku, Nemecku, Taliansku a Holandsku, tiež používajú SCR na zníženie emisií NO_x , a to aj pri prevádzke na plynový olej. V USA sa SCR bežne používa pre plynové turbíny, vrátane tých, ktoré pracujú na kvapalné palivá.

[94, Eurelectric 2012]

6.1.5 Spotreba vody a čistenie odpadových vôd

V kotloch je potrebná demineralizovaná voda na kompenzáciu vypúšťanej vody z bubnov, odberu vzoriek vody, úniku vody alebo pary a parného čistenia. Kondenzáty z odkaľovania kotlov môžu byť opätovne spracované a recyklované do kondenzátora, čím sa ušetrí zodpovedajúce množstvo doplňovanej demineralizovanej vody. Kvalita vody musí spĺňať požiadavky výrobcov kotlov, čo zvyčajne vyžaduje úpravu vody. Demineralizácia nemusí byť dostatočná na splnenie týchto požiadaviek a pred vstreknutím do kotla môže byť potrebná úprava, ako aj odplynenie vody.

Pre plynové turbíny a systémy HRSG je demineralizovaná voda potrebná na nasledujúce účely:

- Ako dopĺňajúca voda pre HRSG, na kompenzáciu vypúšťanej vody z bubnov. Demineralizácia je zvyčajne dostatočná na splnenie kvalitatívnych požiadaviek výrobcov na toto použitie.
- Vstrekovanie vody na zníženie emisií NO_x (približne 1 kg vody na 1 kg paliva). Ak sa používa vstrekovanie pary alebo vody, strata vody sa musí kompenzovať pridaním doplnkovej vody.
- Na umývanie kompresora plynových turbín sa zvyčajne používa demineralizovaná voda. Na online umývanie sa niekedy používa kondenzát z vodného/parného cyklu, ale častejšie sa demineralizovaná voda dodáva do samostatnej jednotky na umývanie vodou. Na offline umývanie sa do demineralizovanej vody pridáva detergent, aby sa zlepšil umývací účinok.

Techniky opísané v kapitole 3 pre čistenie odpadových vôd sa vo veľkej miere používajú na čistenie odpadových vôd zo zariadení spaľujúcich kvapalné palivá.

Prevádzka plynových turbín a HRSG (ak sa používa) vedie k vzniku nasledujúcich odpadových vôd:

- Odkalovacia voda z cirkulačného systému kotla na udržanie kvality kotlovej vody. Kotlová voda zvyčajne obsahuje prísady na ochranu kotla pred koróziou, ako je amoniak, hydroxid sodný a/alebo fosfáty. V praxi sa vo väčšine existujúcich jednotiek táto vypúšťaná voda ochladzuje a vypúšťa do kanalizácie alebo v prípade potreby do zariadenia na čistenie odpadových vôd. Táto vypúšťaná voda sa môže tiež rekondicionovať a recyklovať ako dopĺňaná voda, pretože má lepšie parametre (bez O_2 , nízka vodivosť, bez TOC) ako surová voda.

- Odpadová voda z procesov umývania vodou v plynových turbínach, ktorá môže byť vypúšťaná alebo musí byť považovaná za chemický odpad, v závislosti od detergentov použitých pri umývaní a od materiálov určených na likvidáciu z kompresora.
- Voda kontaminovaná olejom alebo kvapalinami obsahujúcimi olej, ktorá sa zvyčajne zbiera a upravuje samostatne v zariadení na čistenie odpadových vôd.
- Zvyšná odpadová voda zo zariadenia, napríklad voda z čistenia, ktorá sa upravuje alebo priamo vypúšťa do kanalizácie.

V zariadení poháňanom motorom sa voda zvyčajne recykluje. Chladiace okruhy obsahujú asi 20 – 30 % vstupnej energie paliva. Energia chladiaceho okruhu musí byť odvedená, ak nemôže byť využitá v inom procese KVE. Toho možno dosiahnuť prostredníctvom chladiacich veží s použitím vody alebo vzduchom chladených radiátorov. Chladiace veže používajú stredné prietoky chladiacej vody a v prípade vzduchom chladených radiátorov je potrebný veľmi malý prietok dopĺňanej vody pre vnútorné chladiace okruhy motora. Pri čistení odpadovej vody sa používajú tradičné techniky. Výsledkom nízkej spotreby vody je malé vypúšťanie odpadovej vody a následne nízke tepelné znečistenie okolitých vodných tokov. Ďalším dôsledkom je nízka spotreba rôznych chemikálií na čistenie vody v prevádzke a tým aj obmedzené riziko úniku chemikálií.

Jednofázové zariadenie s výkonom 130 MW_e spaľujúce olej s dieselovým motorom vybavené chladiacimi vežami spotrebuje zvyčajne asi 220 m³/h surovej vody (zariadenie bez DeSO_x). Vzduchom chladené chladiče sú veľmi vhodné pre zariadenia poháňané motorom. V prípade zariadenia s výkonom 130 MW_e s dieselovým motorom, ak je vybavené chladičmi, je potrebná prídavná voda (hlavne pre odlučovače palivového oleja a mazacieho oleja, dopĺňaná voda pre chladiaci okruh motora, voda na umývanie turbíny atď.) by bola zvyčajne v rozsahu 5 m³/h alebo menej.

6.1.6 Čistenie rezíduí zo spaľovania

Popol vznikajúci pri spaľovaní palivového oleja môže mať vysoký obsah uhlíka a v tomto prípade môže byť spaľovaný. Dobré podmienky spaľovania kvapalného paliva však produkujú popol s nízkym obsahom uhlíka (nižším ako 20 %), ktorý môže byť likvidovaný na kontrolovaných skládkach.

Konečné kaly sa odvodňujú, sušia, tuhnú a spaľujú alebo likvidujú autorizovanými dodávateľmi. Voda z odvodňovania kalov, ktorá je kontaminovaná olejom alebo kvapalinami obsahujúcimi olej, sa zvyčajne zbiera v špeciálnom systéme a spracúva sa samostatne. Kaly sa zbierajú aj pri čistení odpadových vôd z predohrievačov vzduchu, kotlov zo strany spalín a z iných zariadení.

6.2 Súčasné úrovne emisií a spotreby

6.2.1 Kvapalné palivá používané vo veľkých spaľovacích zariadeniach

Zloženie konkrétnej ropy je jedinečné a nemožno ho presne definovať. Vo všeobecnosti obsahuje alicyklické, cyklické a aromatické uhľovodíky, zlúčeniny síry, dusíka a kyslíka a stopy iných zlúčenín obsahujúcich Ni, Fe, V, Mo, Cl, F atď.

Ťažké palivové oleje (HFO) sú produkty odvodené z ropy a ich zloženie sa líši v závislosti od zloženia zdrojovej ropy. Sú zložené výlučne alebo prevažne zo rezíduí alebo dna z rafinácie ropy, t. j. z materiálov, ktoré zostávajú v kondenzovanej forme počas spracovania. Teplota atmosférickej destilácie týchto zložiek presahuje 540 °C a objavujú sa po tom, ako boli všetky ostatné ľahšie produkty odstránené z rafinárskeho toku.

Niektoré fyzikálno-chemické vlastnosti HFO a palivového oleja v porovnaní s inými kvapalnými palivami sú uvedené v tabuľke 6.1, tabuľke 6.2 a tabuľke 6.3.

Tabuľka 6.1: Všeobecné charakteristiky kvapalných palív

Vlastnosť	Jednotka	Motorová nafta	Ťažký vykurovací olej	Produkt rafinérie
Obsah uhlíka	%	NA	84	85
Obsah vodíka	%	NA	10	8
Obsah síry	%	< 0,1	< 1	1–4
Obsah vody	%	< 0,02	< 1,5	< 0,5
Obsah sedimentov	%	< 0,1	< 0,25	< 0,2
Obsah sodíka	ppm	NA	1–200	NA
Obsah vanádu	ppm	NA	1–200	20
Kinematická viskozita (20 °C)	mm ² /s	< 9,5	> 28,4	NA
Bod vznietenia (horľavosť)	°C	> 55	> 70	NA
Hustota pri 15 °C	kg/dm ³	0,87	0,94–1,04	NA
Vyššia výhrevnosť	MJ/kg	45	41,5–44,5	NA
Nížšia výhrevnosť	MJ/kg	42	39,5–42	38–40
Poznámka: NA: Nie je k dispozícii. Zdroje: [123, Eurelectric 2001] [94, Eurelectric 2012]				

Tabuľka 6.2: Chemické vlastnosti niekoľkých typických ťažkých palivových olejov

Vlastnosť	Jednotka	Vysoký obsah síry	Stredný obsah síry	Nízky obsah síry
Síra	hmotnostné %	2,2	0,96	0,50
Uhlík	hmotnostné %	86,25	87,11	87,94
Vodík	hmotnostné %	11,03	10,23	11,85
Dusík	hmotnostné %	0,41	< 0,5	0
Popol	%	0	< 0,06	0
Vanád	ppm	350	< 60	< 20
Nikel	ppm	41	20	10
Sodík	ppm	25	10	< 40
Železo	ppm	13	9	< 5
Poznámka: Ak ťažký vykurovací olej obsahuje menej síry (napr. 0,2 – 0,5 %), obsah popola, dusíka, asfalténu a uhlíkových rezíduí podľa Conradsona je spravidla tiež nižší. Zdroj: [157, Molero de Blas 1995] [94, Eurelectric 2012]				

Tabuľka 6.3: Vlastnosti Orimulsion

Vlastnosť	Jednotka	Hodnoty pre Orimulsion
Hustota (pri 15 °C)	kg/m ³	1010
Viskozita (pri 50 °C)	cSt	350
Voda	% obj.	28
Obsah síry	% vlhkost'	Max. 3
Popol	mg/kg	0,14–0,2
Vanád	mg/kg	300–365
Sodík	mg/kg	30
Horčík	mg/kg	6
Nižšia výhrevnosť	MJ/kg	27–28
Zdroj: [160, EUROMOT 2000]		

HFO zvyčajne obsahujú vyššie množstvo síry ako iné ropné produkty, pretože sa počas rafinérskych procesov koncentruje v rezíduách spolu s asfalténmi.

Zo všetkých palivových olejov je HFO najčastejšie používaným palivom v LCP, zatiaľ čo v LCP sa používa len malé množstvo plynového oleja, najmä kvôli jeho vysokej cene.

Obsah popola v HFO je zvyčajne výrazne nižší ako 0,2 hmotnostného %.

Motorová nafta sa používa hlavne v plynových turbínach, keď nie je k dispozícii zemný plyn, v niektorých pomocných kotloch, v niektorých motoroch a ako pomocné palivo v LCP spaľujúcich uhlie.

Vzhľadom na vysokú teplotu plameňa oleja môže byť tvorba termického NO_x niekedy veľmi vysoká v závislosti od miestnych podmienok spaľovania horáka. Tvorba palivového NO_x sa môže výrazne líšiť, pretože obsah dusíka silne závisí od kvality a zdroja oleja. [94, Eurelectric 2012] [130, Fínsko 2000]

6.2.2 Účinnosť spaľovacích zariadení na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Projektovaná účinnosť nového kotla na kvapalné palivo je približne 95 % (na základe nižšej výhrevnosti). Hlavné straty pochádzajú z odpadového tepla spalín v komíne, nespáleného uhlíka v popole a strát žiarením.

Účinnosť kotla spaľujúceho ropu úzko súvisí s povahou paliva a teplotou okolitého vzduchu. Je však možné optimalizovať niektoré parametre:

- **Nespálený uhlík v popole:** Optimalizácia spaľovania vedie k menšiemu množstvu nespáleného uhlíka v popole. Treba poznamenať, že techniky znižovania emisií NO_x s úpravou spaľovania vykazujú tendenciu k zvýšenému množstvu nespáleného uhlíka.
- **Prebytok vzduchu:** Množstvo prebytku vzduchu závisí od typu kotla. Pre kotly na olej je bežný prebytok vzduchu 5 – 8 %. Z dôvodov kvality spaľovania (t. j. v súvislosti s tvorbou CO a nespáleného uhlíka), korózie a bezpečnosti často nie je možné ďalej znižovať prebytok vzduchu.
- **Teplota spalín:** Teplota spalín opúšťajúcich kotol (v závislosti od typu paliva) sa tradične pohybuje medzi 120 °C a 220 °C, aby sa zabránilo korózii spôsobenou kondenzáciou kyseliny sírovej. Niektoré konštrukcie však obsahujú druhý stupeň ohrievačov vzduchu, aby sa táto teplota znížila pod 100 °C, so špeciálnymi obkladmi na ohrievači vzduchu a komíne.

Ďalším aspektom, ktorý ovplyvňuje účinnosť LCP, je spotreba energie pomocných zariadení, ktorá závisí od viacerých parametrov:

- **Úroveň kontroly znečistenia:** pokročilé odstraňovanie síry spotrebuje viac energie a kontrola znečistenia má vo všeobecnosti negatívny vplyv na energetickú účinnosť.
- **Konštrukcia pomocných zariadení:** pomocné zariadenia kotlov musia byť predimenzované, aby odolali všetkým zmenám parametrov v porovnaní s konštrukčnými hodnotami (možné úniky, alternatívne palivá, potreby pri spúšťaní, redundantné systémy atď.). Tieto technické možnosti vedú k neoptimálnej spotrebe energie pomocných zariadení za nominálnych podmienok a pri konštrukčnom palive.

Typická špecifická spotreba paliva je 0,242 kg/kWh_e pre kotly spaľujúce ťažký vykurovací olej a 0,205–

0,225 kg/kWh_e pre motory spaľujúce ťažký vykurovací olej.

6.2.3 Emisie do ovzdušia zo spaľovacích zariadení na kvapalné palivá

Rozsah emisií do ovzdušia zo spaľovacích zariadení na ťažký vykurovací olej a plynový olej (kotly, motory na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej a plynové turbíny na plynový olej) je uvedený v tabuľke 6.4. Referenčné podmienky sú suché spaliny, 3 % kyslíka pre kotly, 15 % pre motory a plynové turbíny a normálne prevádzkové podmienky. Pokiaľ nie je uvedené inak, uvedené údaje sú ročnými priermi krátkodobých hodnôt a priermi vzoriek získaných za jeden rok bez odpočítania neistoty alebo dlhodobých odhadov. Emisie amoniaku sú spojené s používaním SCR/SNCR.

Tabuľka 6.4: Rozsah ročných emisií do ovzdušia zo spaľovacích zariadení na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Typ zariadenia	Celkový menovitý tepelný príkon (MW _{th})	Techniky znižovania emisií			Emisie do ovzdušia (mg/Nm ³)					
		SO ₂	NO _x	Prach	SO ₂	NO _x	NH ₃ (¹)	Prach	CO	TVO C
Kotol na HFO a/alebo plynový olej	< 100	Voľba paliva/ Konden zátor spalín/ DSI	Voľba paliva/ Regulácia prívodu vzduchu/ Regulácia prívodu paliva/LNB	Voľba paliva/ Multicy klón/ ESP/ Vrec ový filter	12 1676	182 57	NA	0,5– 54	3–85	NA
	100–300		LNB/pridávanie pary/air staging/FGR/SCR							
	≥ 300	Voľba paliva/mokrý FGD		Voľba paliva/ESP	51 750	46 511	< 3	0,1– 116	3–52	NA
Motor na HFO a/alebo plynový olej	Všetky	Voľba paliva/koncepcia spaľovania s nízkymi emisiami NO _x v dieselových motoroch/SCR/DSI/vrecový filter			93 604	118 2442	5–9	5 200	44– 200	5–75 (1)
Plynová turbína na plyn a naftu		Voľba paliva/ Pridávanie vody alebo pary			1–115	102 1085	NA	1	1 680	NA

(¹) Emisie hlásené motormi spaľujúcimi ťažký vykurovací olej.

Poznámka:

DSI: vstrekovanie sorbentu do potrubia; Mokrý FGD: mokrý odsiřovanie spalín; ESP: elektrostatický odľučovač; BF: vrecový filter; SCR: selektívna katalytická redukcia NO_x.

NA: Nedostupné.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

6.3 Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie kvapalných palív

V tejto časti sú opísané techniky (alebo ich kombinácie) a súvisiace monitorovanie, ktoré sa považujú za vhodné na dosiahnutie vysokej úrovne ochrany životného prostredia pri činnostiach, na ktoré sa vzťahuje tento dokument. Opísané techniky zahŕňajú ako použitú technológiu, tak aj spôsob, akým sú zariadenia navrhnuté, postavené, udržiavané, prevádzkované a vyradované z prevádzky.

Zahŕňa techniky integrované do procesov a techniky na konci výrobného reťazca. Zohľadňuje sa aj prevencia a nakladanie s odpadom, vrátane postupov minimalizácie odpadu a recyklácie. Okrem toho sa zaoberá technikami na zníženie spotreby surovín, vody a energie.

Príloha III k smernici o priemyselných emisiách uvádza rad kritérií na určenie BAT a informácie v tejto kapitole sa zaoberajú týmito hľadiskami. Pokiaľ je to možné, na opis informácií o každej technike sa používa štandardná štruktúra tabuľky 3.4, aby bolo možné porovnať techniky a posúdiť ich podľa definície BAT uvedenej v smernici o priemyselných emisiách.

Táto časť nemusí obsahovať vyčerpávajúci zoznam techník, ktoré by sa mohli v tomto sektore uplatňovať. Môžu existovať alebo môžu byť vyvinuté aj iné techniky, ktoré by sa mohli zohľadniť pri určovaní BAT pre jednotlivé zariadenia.

V tejto časti sú techniky, ktoré sa majú zvážiť, úplne opísané len vtedy, ak sú špecifické pre dané spaľované palivo alebo uplatňovaný proces spaľovania (spaľovanie kvapalných palív). V skutočnosti sú pre väčšinu techník všeobecné opisy už uvedené v kapitole

3. Aby sa zabránilo opakovaniu, v prípade tých všeobecných techník, ktoré sú už opísané v kapitole 3, sa v súhrnných tabuľkách uvádzajú len doplňujúce informácie, ktoré sú špecifické pre spaľovanie kvapalných palív.

6.3.1 Techniky na prevenciu emisií do pôdy a podzemných vôd

Informácie o všeobecných technikách na prevenciu emisií do pôdy a podzemných vôd pri manipulácii a skladovaní palív, prísad, vedľajších produktov a odpadov sú uvedené v oddiele 3.2, zatiaľ čo tabuľka 6.5 obsahuje dodatočné informácie o špecifickom prípade spaľovania kvapalných palív, napr. o environmentálnych vlastnostiach a príkladoch zariadení.

Tabuľka 6.5: Techniky na prevenciu emisií do pôdy a podzemných vôd

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť
				Nové zariadenia	Existujúce zariadenia	
Nádrže zoskupené vo vnútri retenčnej nádrže	Retenčná nádrž by mala byť navrhnutá tak, aby pojala celý objem alebo jeho časť	Znížené riziko kontaminácie vody a pôdy	Vysoká prevádzková skúsenosť	Všeobecne použiteľné		N A
Automatické riadiace systémy	Automatické riadiace systémy na zabránenie preplneniu skladovacích nádrží					
Alarmy a nastavenia a postupov	Inštalácia alarmov a nastavenie postupov na detekciu možných emisií					
Dvojstenné rúry	Dvojstenné rúry s kontrolou rozstupu podzemných rúr					
Pravidelné kontroly	Pravidelné kontroly skladovacích zariadení a potrubí					
Povrchy s odvodňovacími systémami (vrátane zachytávačov oleja)	Vodotesná dlažba (napr. betónová) v oblastiach s odvodňovacími systémami, kde sa vykonávajú činnosti, ktoré môžu viesť k znečisteniu pôdy. Môžu sa inštalovať zachytávače oleja. Zozbieraná odtoková voda sa musí čistiť, aby sa zabránilo znečisteniu vody palivom alebo mazacím olejom.	Prevencia kontaminácie podzemnej vody a pôdy		Všeobecne použiteľné	Obmedzená použiteľnosť	Náklady na čistenie odpadových vôd
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.						

6.3.2 Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie HFO a/alebo plynového oleja v kotloch

6.3.2.1 Techniky na zlepšenie celkovej výkonnosti

Informácie o všeobecných technikách na zlepšenie environmentálnych vlastností zariadení sú uvedené v oddiele 3.1.1, zatiaľ čo

tabuľka 6.6 obsahuje dodatočné informácie o špecifickom prípade spaľovania HFO a/alebo plynového oleja v kotloch, napr. o environmentálnych vlastností a príkladoch zariadení.

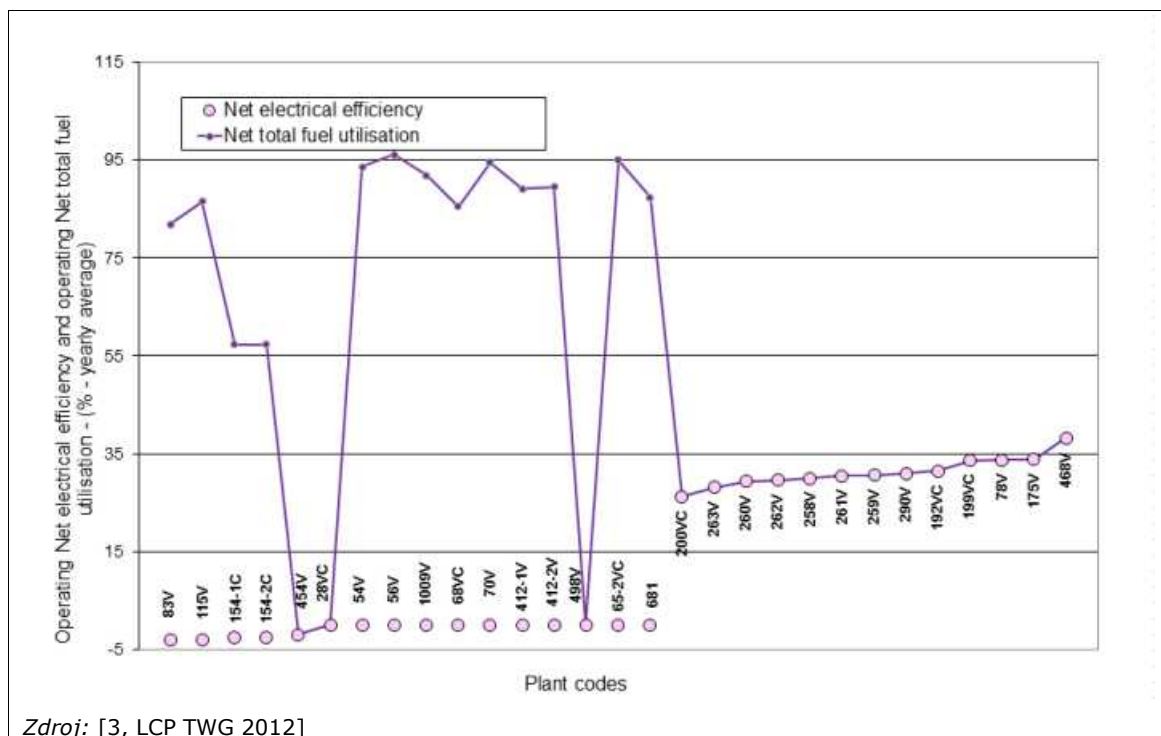
Tabuľka 6.6: Techniky na zlepšenie celkových environmentálnych vlastností kotlov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Technika	Technický opis	Dosiahnutý environmentálny prínos	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Hnacie sily implementácie	Referenčná literatúra
				Nové zariadenia	Existujúce zariadenia			
Pokročilý systém riadenia	Kombinácia stratégií vyrovňavani a miestneho spaľovania a implementácia pokročilých systémov monitorovania spaľovania. Pozri aj oddiel 3.2.3.8.	Prevenencia NO _x Zlepšenie energetickej účinnosti Spotreba pomocných zariadení Znižovanie tvorby škvary	Zníženie emisií NO _x o približne 30 %. Hlavné parametre, ktoré je potrebné optimalizovať: - celkový prebytok kyslíka pri zachovaní primeranej miestnej stechiometrie pre každý horák - typ plameňa (na základe primeranej regulácie prívodu vzduchu) - počet aktívnych horákov pre každé prevádzkové zaťaženie. Úpravy sa vykonávajú udržaním primeranej regulácie jednotlivých prevádzkových podmienok každého horáka na základe miestnych meraní spaľovania.	Použiteľnosť v starých spaľovacích zariadeniach môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho a/alebo riadiaceho systému (systémov).		Investície: 300 000 až 700 000 EUR v závislosti od kapacity jednotky, konštrukcie, základnej prevádzky atď.	Úspory paliva a zníženie emisií NO _x	[161, Cañadas, L. et al. 2001] [162, Rodríguez, F. et al. 2002] [163, ECSC 2001]

6.3.2.2 Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti

Informácie o všeobecných technikách na zvýšenie energetickej účinnosti spaľovacích zariadení sú uvedené v oddiele 3.2.3, zatiaľ čo tabuľka 6.7 obsahuje dodatočné informácie o energetickej účinnosti špecifickej pre spaľovanie ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v kotloch, napr. o environmentálnych vlastnostiach a príkladoch zariadení.

Obrázok 6.1 znázorňuje prevádzkovú elektrickú účinnosť a celkové využitie paliva niektorých európskych spaľovacích zariadení na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej, ktoré boli uvedené do prevádzky v rokoch 1967 až 2009, prevádzkované v rozmedzí 30 h/rok až 7 700 h/rok a s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 16 %.



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 6.1: Prevádzková energetická účinnosť európskych spaľovacích jednotiek na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Päť zariadení uvedených do prevádzky do roku 2010 uviedlo projektovanú čistú elektrickú účinnosť v rozmedzí 35,6 – 37,4 %. [66, TWG Task Force on Energy Efficiency 2014]

Tabuľka 6.7: Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti kotlov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzi-zložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia	
Spätné získavanie tepla v zariadeniach na kombinovanú výrobu elektriny a tepla	Pozri oddiel 3.2.3.2	Zvýšená efektívnosť	Vysoká prevádzková skúsenosť. Špecifické emisie CO ₂ : 370 g/kWh (vyrobená elektrická energia + využiteľné teplo) pri prevádzke na ťažký vykurovací olej s celkovou účinnosťou kotolne 80–96 %.	Žiadne	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s miestnou spotrebou elektrickej energie a tepla		NA
Výmena lopatiek turbíny Použitie pokrokových materiálov na dosiahnutie vysokých parametrov pary	Lopatky parnej turbíny je možné počas pravidelných intervalov údržby vymeniť za trojrozmerné lopatky. Pozri oddiel 3.2.3.13 Použitie pokrokových materiálov umožňuje tlak pary až 300 barov a teplotu pary 560 – 570 ° C. Pozri oddiel 3.2.3.5		Vysoká prevádzková skúsenosť Využívanie v nových elektrárňach	Vyššia teplota steny pece môže zvýšiť emisie NO _x .	Všeobecne platné pre zariadenia, kde sa energia spaľovania prenáša do parného cyklu (napr. kotly)		
					Všeobecne platné pre zariadenia, kde sa energia spaľovania prenáša do parného cyklu (napr. kotly). Zvýšená teplota pary je obmedzená koróznym potenciálom vykurovacieho oleja	Neplatí	
Parametre superkritickej pary	Pozri oddiel 3.2.3.14	Zvýšená efektívnosť	Používa sa v nových zariadeniach	Žiadne	Všeobecne použiteľné v zariadeniach, kde sa energia spaľovania prenáša do parného cyklu (napr. kotly). Zvýšená teplota pary je obmedzená koróznym potenciálom vykurovacieho oleja.	Neplatí	

Dvojitý ohrev	Pozri oddiel 3.2.3.6	Zvýšená účinnosť	Používa sa hlavne v nových zariadeniach.	NA	Všeobecne použiteľné v zariadeniach, kde sa energia zo spaľovania prenáša do parného cyklu (napr. kotly)	Veľmi obmedzená použiteľnosť	NA
Predohrev napájacej vody pomocou spätne získaného tepla	Nové zariadenia používajú až 10 stupňov, čo vedie k teplote napájacej vody približne 300 ° C. Pozri oddiel 3.2.3.7	Zvýšená účinnosť	Používa sa v nových a niektorých existujúcich zariadeniach		Všeobecne použiteľné v elektrárnach, kde sa energia spaľovania prenáša do parný cyklus (napr. kotly)	Niekedy použiteľné	
Pokročilý systém riadenia	Pozri oddiel 3.2.3.8	Zvýšená účinnosť	Vysoká prevádzková skúsenosť		Všeobecne použiteľné		Špecifické pre zariadenie
Akumulácia tepla (skladovanie tepla)	Zvyšuje konečnú spotrebu energie v režime KVET. Pozri oddiel 3.2.3.9	Zvýšená účinnosť a znížené emisie NO _x a CO. Menšie využitie olejových kotlov na špičkové zaťaženie pri vyprázdňovaní akumulátora	NA	NA	Všeobecne použiteľné		NA
Výtok z chladiacej veže	Výpust spalín cez chladiacu vežu. Komín nie je .	Opätovné zahrievanie spalín po zariadení na odstraňovanie síry z dymových plynov nie je potrebné			Všeobecne použiteľné		Žiadne dodatočné náklady na výstavbu a údržbu komína.
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.							

6.3.2.3 Techniky prevencie a kontroly emisií NO_x a CO

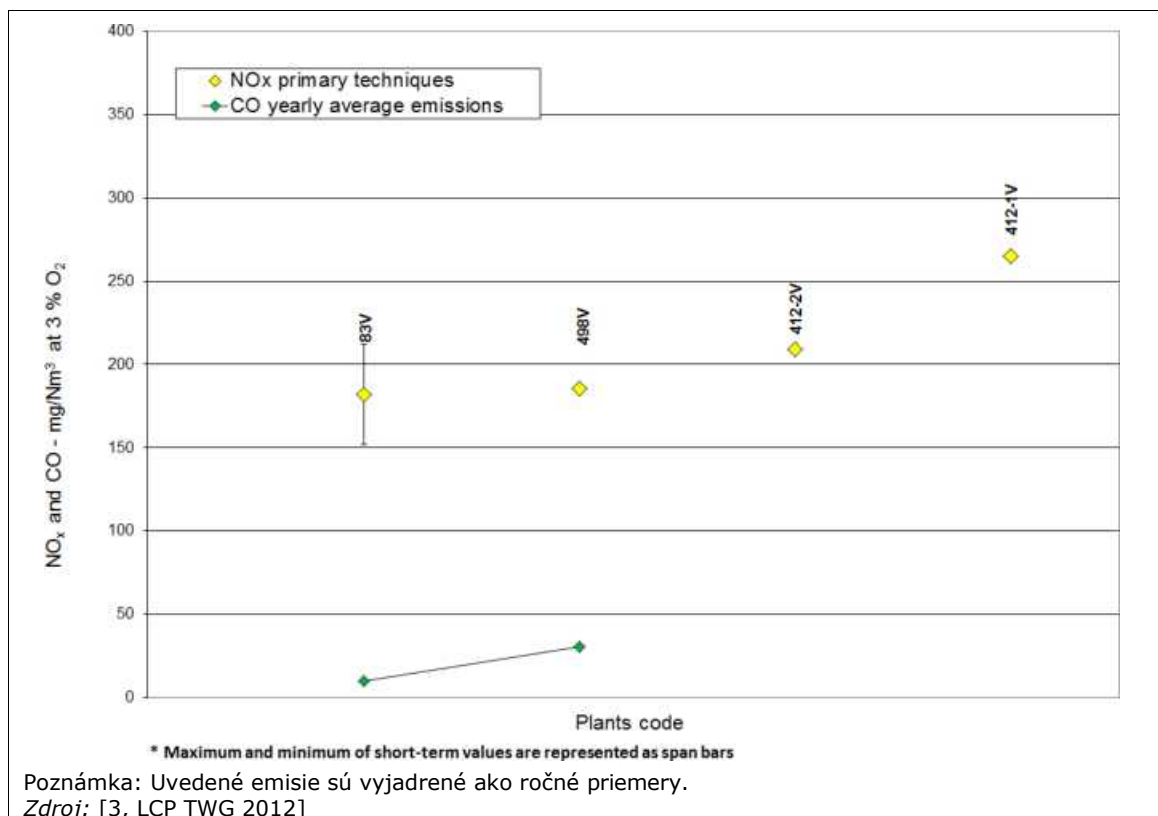
Informácie o všeobecných technikách prevencie a kontroly emisií NO_x a CO sú uvedené v oddiele 3.2.2.3, zatiaľ čo tabuľka 6.8 obsahuje dodatočné informácie o špecifickom prípade spaľovania HFO a/alebo plynového oleja v kotloch, napr. o environmentálnych vlastnostiach, ekonomike a príkladoch zariadení. Ďalšie podrobnosti o súvisiacich environmentálnych vlastnostiach a prevádzkových údajoch sú uvedené za tabuľkou.

Tabuľka 6.8: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO_x a N₂O z kotlov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Primárne techniky								
Voľba paliva	Pozri oddiel 3.1.1.4	Zníženie emisií NO _x	NA	NA	Môžu existovať obmedzenia súvisiace s dostupnosťou rôznych druhov paliva, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu.		Závisí od typu paliva.	Zariadenie 83
Nízky prebytok vzduchu	Pozri oddiel 3.2.2.3.1	Zníženie emisií NO _x a N ₂ O, zvýšená účinnosť	Vysoká prevádzková skúsenosť	Riziko neúplného spaľovania. Preto môže dôjsť k zvýšeniu emisií iných znečisťujúcich látok (napr. CO)	Všeobecne použiteľné		Špecifické pre rastliny	NA
Air staging	Pozri oddiel 3.2.2.3.2	Zníženie NO _x		Riziko neúplného spaľovania. Preto môže dôjsť k zvýšeniu emisií iných znečisťujúcich látok (napr. CO)				Zariadenie 498
Recirkulácia spalín	Pozri oddiel 3.2.2.3.3			Mierne zníženie energetickej účinnosti				Zariadenie 192
Horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB)	Pozri oddiel 3.2.2.3.5	Kvapaliny používané na spaľovanie môžu obsahovať zlúčeniny dusíka, čo znižuje výhody LNB, pretože LNB majú relatívne malý vplyv na dusík viazaný v palive. Vysoká prevádzková skúsenosť	Riziko neúplného spaľovania. Preto môže dôjsť k zvýšeniu emisií iných znečisťujúcich látok (napr. CO)	NA			Zariadenie 412-2	

Fuel staging	Pozri oddiel 3.2.2.3.6.		Vysoká prevádzková skúsenosť	NA			Špecifické pre zariadenie	Zariadenie 83
Prídavok vody/pary	Pozri oddiel 3.2.2.3.10		Vysoká prevádzková skúsenosť	Zníženie energetickej účinnosti. Môže dôjsť k zvýšeniu emisií iných znečisťujúcich látok (napr. CO)	Použiteľné v rámci obmedzení dostupnosti vody		NA	Zariadenie 468
Sekundárne techniky								
Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.12.	Zníženie emisií NO _x	Miera zníženia emisií NO _x pri SNC je nižšia ako v prípade SCR. Vysoká prevádzková skúsenosť	Únik amoniaku a tvorba síranov amónnych Mierne zníženie energetickej účinnosti	Nevzťahuje sa na zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Použiteľnosť môže byť obmedzená v prípade spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok s vysoko variabilným zaťažením kotla.		Špecifické pre zariadenie	NA
Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.11 Dodatočne inštalované aj v polohe s vysokým obsahom prachu	Zníženie emisií NO _x	Na dosiahnutie 90 – 92 % zníženia emisií NO _x zvyčajne postačujú tri vrstvy. Regenerácia katalyzátora SCR každých päť rokov. Vysoká prevádzková skúsenosť	Únik amoniaku. Mierne zníženie energetickej účinnosti	Všeobecne sa nevzťahuje na spaľovacie zariadenia s výkonom < 100 MW _{th} .		Nevhodné pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne	Zariadenia 258, 259
						Pri modernizácii zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia.		
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie.								

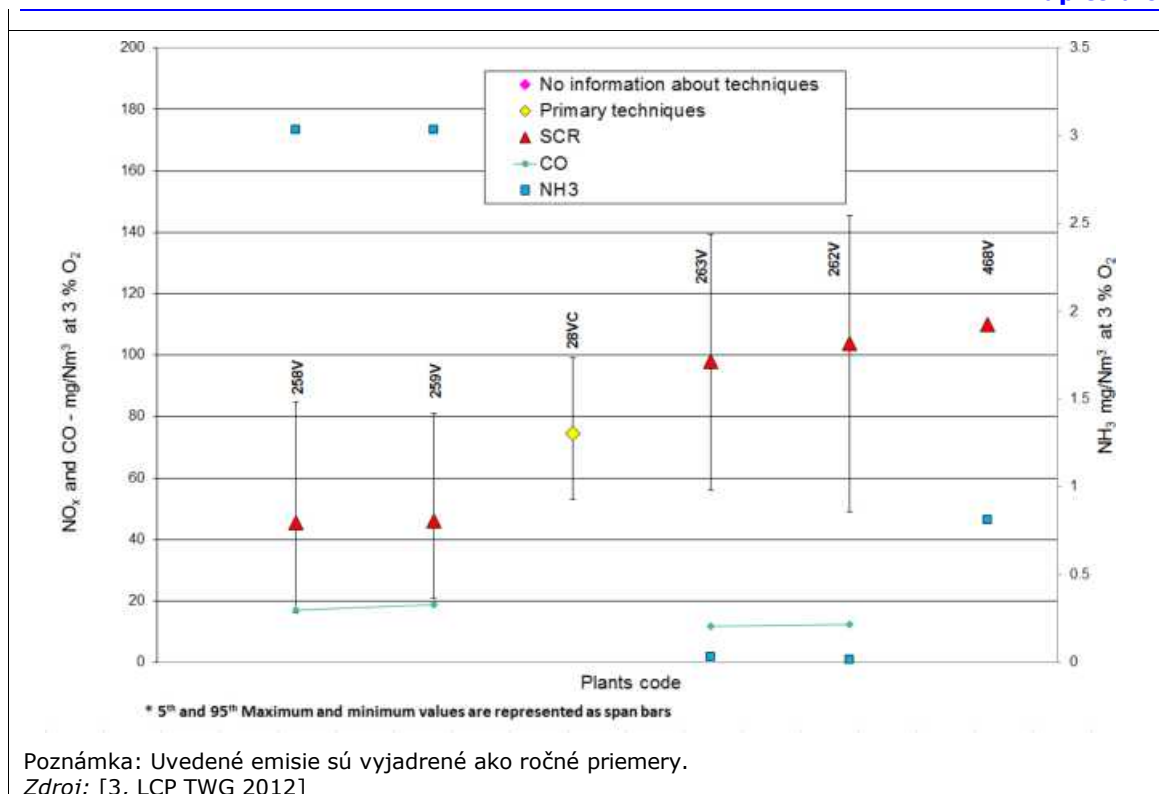
Obrázok 6.2 znázorňuje koncentrácie emisií NO_x z dobre fungujúcich zariadení s výkonom $< 100 \text{ MW}_{\text{th}}$, ktoré všetky využívajú techniku výberu paliva. U zariadení uvedených v grafe neboli zistené žiadne dôkazy o korelácii medzi koncentraciami emisií NO_x a vekom zariadenia (rok uvedenia do prevádzky medzi 1967 a 2004), zaťažením (ekvivalentný faktor plného zaťaženia medzi 35 % a 80 %) alebo prevádzkovými hodinami za rok (celkový počet prevádzkových hodín v rozmedzí od 30 do 1 200).



Obrázok 6.2: Emisie NO_x z dobre fungujúcich kotlov na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej s výkonom $< 100 \text{ MW}_{\text{th}}$

Obrázok 6.3 znázorňuje koncentrácie emisií NO_x z dobre fungujúcich zariadení s výkonom $\geq 100 \text{ MW}_{\text{th}}$ (celkový menovitý tepelný príkon v rozmedzí od 100 MW do 800 MW). Tieto zariadenia nepretržite monitorujú koncentrácie emisií NO_x . U zariadení znázornených na grafe neboli zistené žiadne dôkazy o korelácii medzi koncentraciami emisií NO_x a vekom zariadenia (rok uvedenia do prevádzky medzi 1971 a 2006), zaťažením (ekvivalentný faktor plného zaťaženia medzi 16 % a 76 %) alebo prevádzkovými hodinami za rok (celkový počet prevádzkových hodín v rozmedzí od 630 do 5 580).

Tam, kde sú tieto informácie k dispozícii, elektrárne uvedené na obrázku 6.2 udržiavajú ročnú priemernú koncentráciu emisií CO medzi 10 mg/Nm^3 a 30 mg/Nm^3 a elektrárne uvedené na obrázku 6.3 udržiavajú ročnú priemernú koncentráciu emisií CO medzi 10 mg/Nm^3 a 20 mg/Nm^3 . Ročné priemerné koncentrácie emisií NH_3 pre znázornené zariadenia sú nižšie ako 3 mg/Nm^3 .



Obrázok 6.3: Emisie NO_x z dobre fungujúcich kotlov na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej s výkonom $\geq 100 \text{ MW}_{\text{th}}$

6.3.2.4 Techniky na prevenciu a zníženie emisií SO_x

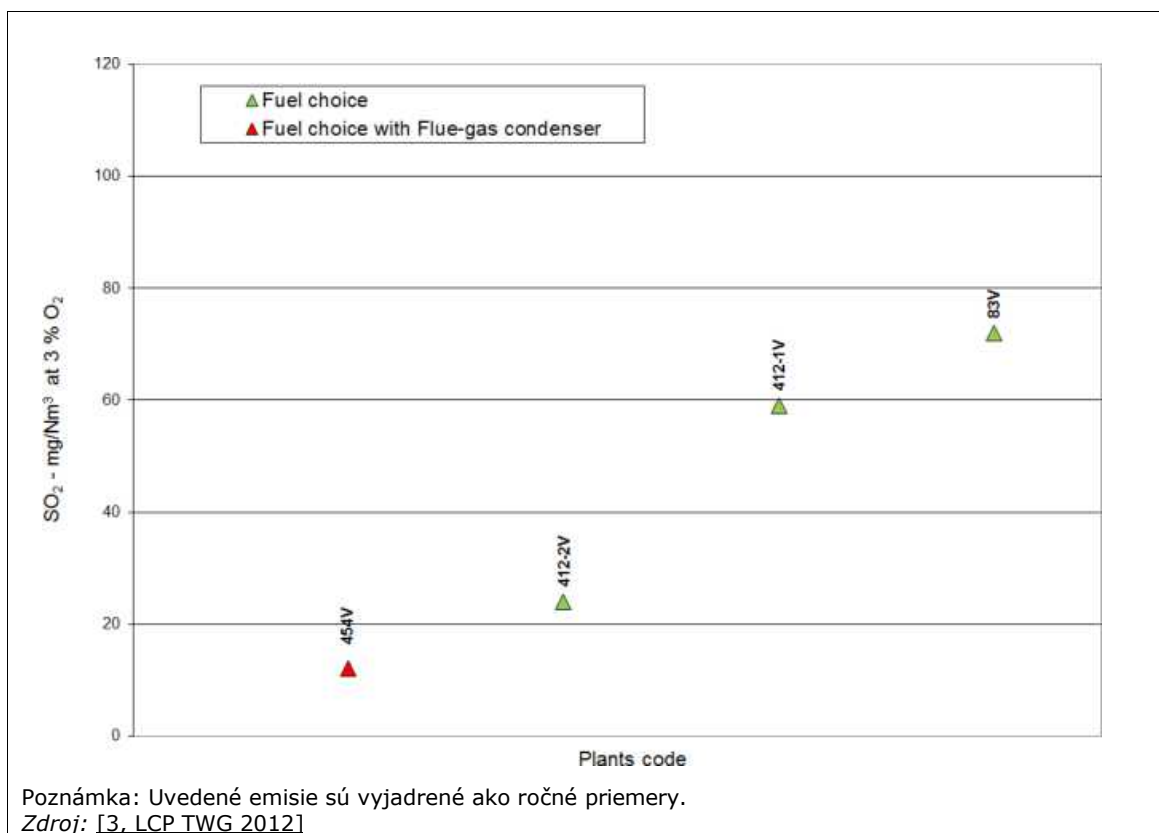
Informácie o všeobecných technikách prevencie a znižovania emisií SO_x sú uvedené v oddiele 3.2.2.2, zatiaľ čo tabuľka 6.9 obsahuje dodatočné informácie o technikách špecifických pre spaľovanie HFO a/alebo plynového oleja v kotloch, napr. o environmentálnych vlastnostiach a príkladoch zariadení. Ďalšie podrobnosti o súvisiacich environmentálnych vlastnostiach a prevádzkových údajoch sú uvedené za tabuľkou.

Tabuľka 6.9: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií SO_x z kotlov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

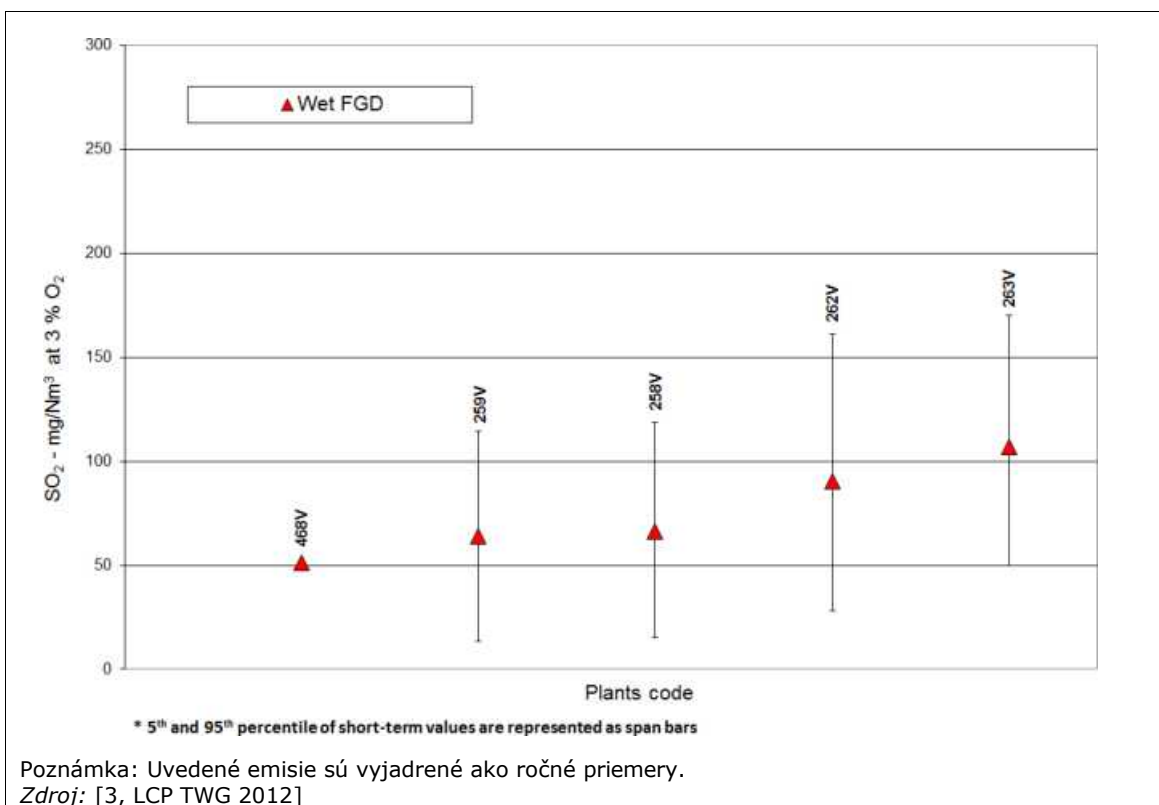
Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Voľba paliva	Primárna technika na prevenciu emisií síry. Pozri aj oddiel 3.1.1.4	Zníženie emisií SO _x pri zdroji	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Uplatniteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych druhov paliva, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu		Závisí od typu a kvality vykurovacieho oleja. Vysoká prevádzková skúsenosť	Zariadenia 83, 454
Mokrý odsírovanie spalín (mokrý FGD)	Pozri oddiel 3.2.2.2.1. Existujúce mokré práčky je možné vylepšiť optimalizáciou toku v absorbéri	Zníženie emisií SO _x a prachu	Účinnosť zníženia emisií SO _x > 90 % pri dodatočnej inštalácii	V závislosti od zdroja vápna môžu byť emisie As, Cd, Pb a Zn do ovzdušia mierne vyššie. Emisie do vody. Vytváranie dymu pri výstupe z komína, ak nie sú spaliny opätovne zahrievané.	Pri použití tejto techniky v spaľovacích zariadeniach s výkonom < 300 MW _{th} môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia	Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre použitie tejto techniky v spaľovniach s výkonom < 300 MW _{th} . Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre dodatočnú montáž v zariadeniach prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok	Vzhľadom na vysoké náklady procesu mokrého čistenia je táto technika ekonomickým riešením pre väčšie zariadenia, v závislosti od prevádzkového režimu a obsahu síry v palive. Nevhodné pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne	Zariadenia 258, 259
FGD s morskou vodou	Použitie práčky s morskou vodou závisí vo veľkej miere od konkrétnej situácie, pretože má vplyv na znečistenie morského prostredia. Pozri aj oddiel 3.2.2.2.2	Zníženie emisií SO _x a prachu	NA	Tendencia k zníženiu úrovne pH v blízkosti vypúšťania vody a emisie kovov a zvyškového popola do morského prostredia	Pozri technické úvahy týkajúce sa použiteľnosti pre mokré FGD		Špecifické pre danú prevádzku. Nerealizovateľné pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne	NA

Suché odsírenie (SDA)	Pozri oddiel 3.2.2.2.6 Pri suchom odsírení sa najskôr produkuje prach a emisie prachu sa znižujú len v kombinácii s účinnými systémami odstraňovania častíc (BF, ESP	Zníženie emisií SO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť.	Rezíduá, ktoré je potrebné skládkať	Všeobecne platné	Špecifické pre zariadenia	NA
Vstrekovanie sorbentu do potrubia (DSI)	Vstrekovanie a disperzia suchého práškoveho sorbentu do prúdu spalín. Sorbent (napr. hydrogenuhličitan sodný, hydratované vápno) reaguje s kyslými plynmi (napr. plynými formami síry, HCl) a vytvára tuhú látku, ktorá sa odstraňuje filtráciou (vrecový filter alebo elektrostatický odlučovač). Pozri aj oddiel 3.2.2.2.8.		NA	NA	Všeobecne použiteľné	NA	Zariadenie 70
Kondenzátor spalín	Pozri oddiel 3.2.3.15				Všeobecne platné		Zariadenie 454
Poznámka NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.							

Obrázok 6.4 znázorňuje ročné koncentrácie emisií SO_2 z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plyn s výkonom $< 300 \text{ MW}_{\text{th}}$, ktoré všetky využívajú výber paliva ako techniku, v jednom prípade v kombinácii s kondenzátorom spalín; ako referenčná hodnota sa uvádza, že použitie paliva s obsahom síry 0,1 % vedie k emisiám SO_2 vo výške 175 mg/Nm^3 . Obrázok 6.5 znázorňuje ročné koncentrácie emisií SO_2 z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plyn a olej s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$, ktoré všetky používajú techniku mokrého odsírovania. Zariadenia uvedené na obrázku 6.4 (s celkovým menovitým tepelným príkonom v rozmedzí 35 MW až 84 MW) pravidelne monitorujú koncentrácie emisií SO_2 a zariadenia uvedené na obrázku 6.5 (s celkovým menovitým tepelným príkonom v rozmedzí 417 MW až 800 MW) monitorujú koncentrácie emisií SO_2 nepretržite. Neexistujú žiadne dôkazy o korelácii medzi koncentraciami emisií SO_2 znázornenými na obrázku 6.4 a vekom zariadenia (rok uvedenia do prevádzky medzi 1967 a 2004), zaťažením (ekvivalentný faktor plného zaťaženia v rozmedzí od 28 % do 80 %) alebo prevádzkovými hodinami (celkový počet prevádzkových hodín v rozmedzí od 30 do 219). Neexistuje žiadna jasná korelácia medzi koncentraciami emisií SO_2 znázornenými na obrázku 6.5 a zaťažením zariadenia (ekvivalentný faktor plného zaťaženia v rozmedzí 60 % až 74 %) alebo prevádzkovými hodinami za rok (celkový počet prevádzkových hodín v rozmedzí 630 až 5580).



Obrázok 6.4: Emisie SO₂ z dobre fungujúcich kotlov na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej s výkonom < 300 MW_{th}



Obrázok 6.5: Emisie SO₂ z dobre fungujúcich kotlov na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej s výkonom ≥ 300 MW_{th}

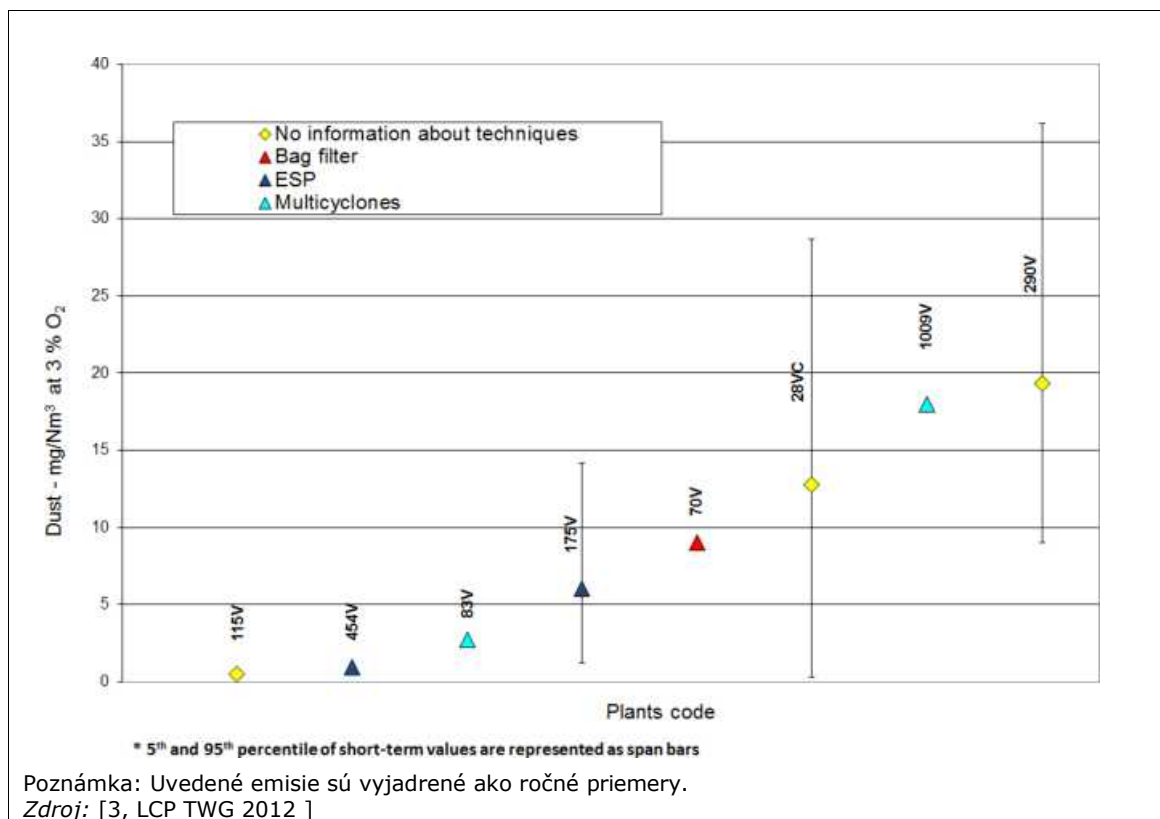
6.3.2.5 Techniky na prevenciu a zníženie emisií prachu a kovov viazaných na častice

Informácie o všeobecných technikách prevencie a znižovania emisií prachu a kovov viazaných na častice sú uvedené v oddiele 3.2.2.1. Tabuľka 6.10 obsahuje ďalšie informácie na tú istú tému, ktoré sa týkajú konkrétne spaľovania HFO a/alebo plynového oleja v kotloch, napr. o environmentálnych vlastností a príkladoch zariadení. Ďalšie podrobnosti o súvisiacej environmentálnych vlastností a prevádzkových údajoch sú uvedené za tabuľkou.

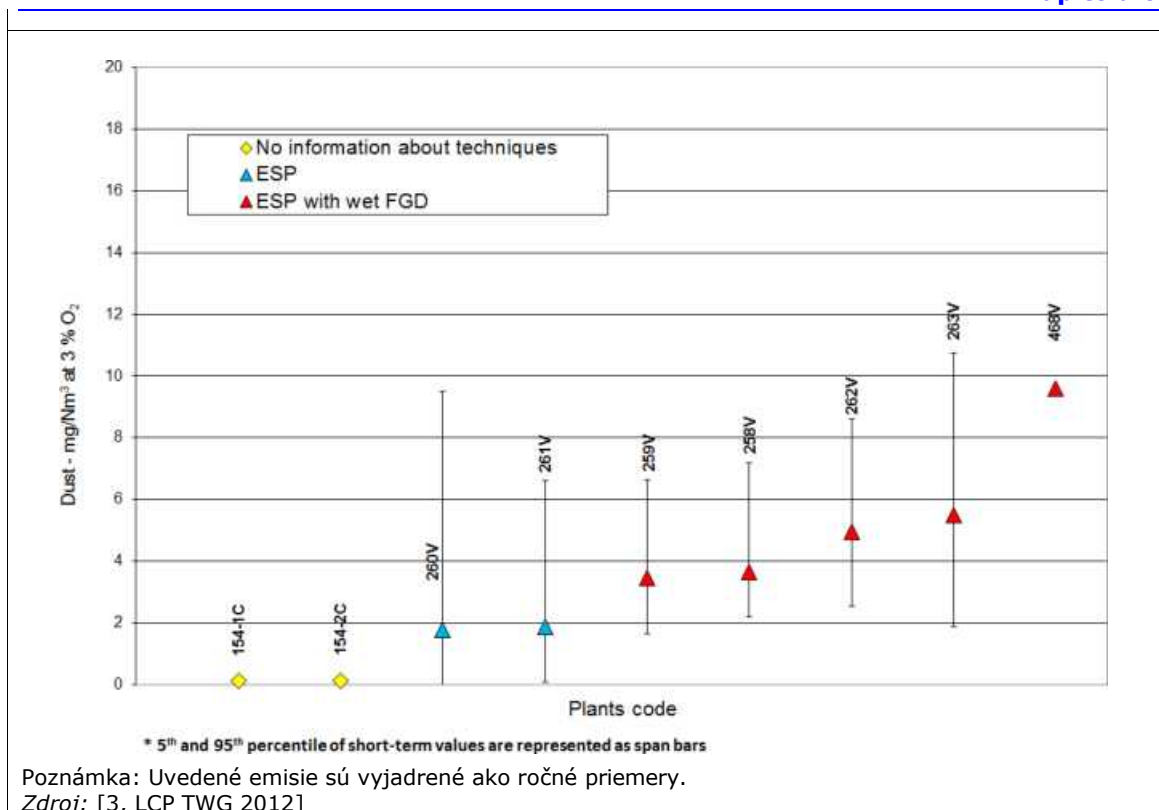
Tabuľka 6.10: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií prachu a kovov viazaných na častice z kotlov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia	
Voľba paliva	Pozri oddiel 3.1.1.4	Zníženie emisií prachu	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Uplatniteľné v rámci obmedzení spojených s použiteľnosťou rôznych typov paliva, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu		NA
Elektrostatický odlučovač (ESP)	Pozri oddiel 3.2.2.1.1. ESP sa široko používajú v kotloch.	Zníženie emisií prachu a kovov viazaných na častice			Všeobecne použiteľné		Zariadenie 260
Vrecový filter	Pozri oddiel 3.2.2.1.2. Pred filter sa môže vstreknúť sorbent [napr. Ca(OH) ₂ alebo NaHCO ₃], aby sa zriedil potenciálne lepkavý popol/sadze, ktoré by inak mohli spôsobiť vysoký pokles tlaku vo vreciach.	Zníženie emisií prachu, vrátane jemného prachu (PM _{2,5} a PM ₁₀) a kovov viazaných na častice	Vyššie tlakové straty v porovnaní s ESP > 97 % účinnosť odstraňovania prachu Bohaté prevádzkové skúsenosti	Zvýšené riziko požiaru; riziko je možné znížiť, ak sa vrecový filter používa v kombinácii s mokrým FGD			Zariadenie 70
Multicyklón	Používa sa ako prvý stupeň, po ktorom nasledujú ďalšie účinnejšie techniky. Pozri aj oddiel 3.2.2.1.3	Zníženie množstva prachu	NA	NA			Zariadenie 83
Techniky odsírovania	Pozri oddiel 3.2.2.2. Tieto techniky sa používajú hlavne na zníženie emisií SO _x	Zníženie emisií SO _x s dodatočným redukčným účinkom na emisie prachu			Pozri tabuľku 6.9		Zariadenie 259
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie.							

Obrázok 6.6 ukazuje ročné koncentrácie emisií prachu z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plyn a ropu s výkonom $< 300 \text{ MW}_{\text{th}}$. Závod 290V spaľujúci HFO s obsahom popola 0,018 hmotnostného percenta vykazuje ročné emisie prachu nižšie ako 20 mg/Nm^3 . Obrázok 6.7 ukazuje ročné koncentrácie emisií prachu z dobre fungujúcich závodov spaľujúcich HFO s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$, ktoré všetky používajú ESP s mokrým FGD alebo bez neho. Závody 154-1 a 154-2 spaľujú plynový olej. Niekoľko zariadení uvedených na obrázku 6.6 a všetky elektrárne uvedené na obrázku 6.7 nepretržite monitorujú koncentrácie emisií prachu. Neexistujú žiadne dôkazy o korelácii medzi koncentraciami emisií prachu znázornenými na obrázku 6.6 a zaťažením zariadenia (ekvivalentný faktor plného zaťaženia v rozmedzí 16 % až 80 %) alebo prevádzkovými hodinami za rok (celkový počet prevádzkových hodín v rozmedzí 200 až 7740) ani medzi koncentraciami emisií prachu znázornenými na obrázku 6.7 a zaťažením zariadenia (ekvivalentný faktor plného zaťaženia v rozmedzí od 21 % do 74 %) alebo prevádzkovými hodinami za rok (celkový počet prevádzkových hodín v rozmedzí od 630 do 5 580).



Obrázok 6.6: Emisie prachu z dobre fungujúcich kotlov na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej s výkonom $< 300 \text{ MW}_{\text{th}}$



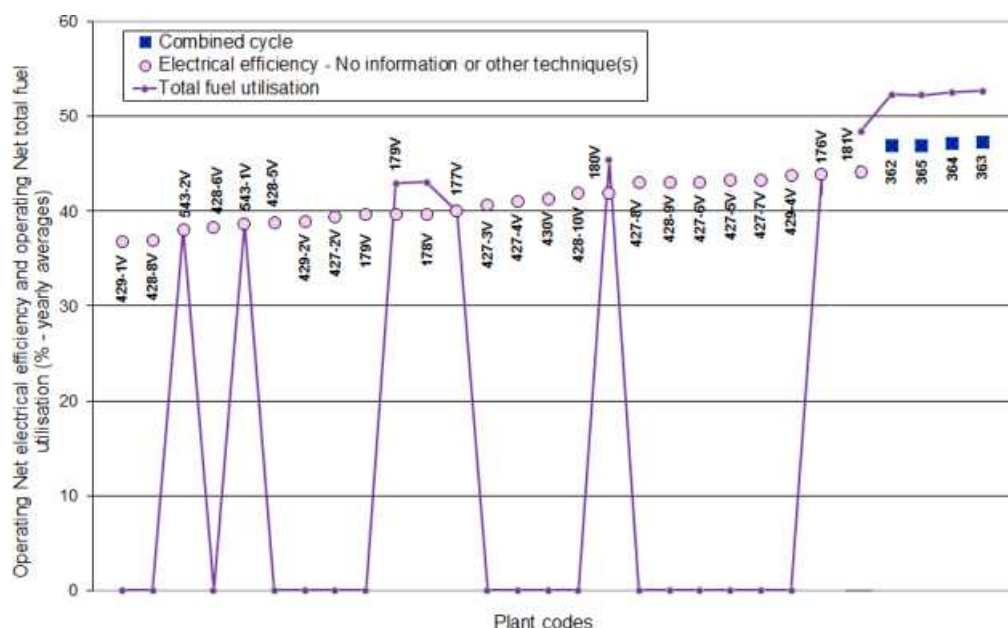
Obrázok 6.7: Emisie prachu z dobre fungujúcich kotlov na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$

6.3.3 Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie HFO a/alebo plynového oleja v motoroch

6.3.3.1 Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti

Informácie o všeobecných technikách na zvýšenie energetickej účinnosti spaľovacích zariadení sú uvedené v oddiele 3.2.3, zatiaľ čo obrázok 6.10 poskytuje dodatočné informácie o energetickej účinnosti špecifickej pre spaľovanie HFO a/alebo plynového oleja v motoroch, napr. o environmentálnych vlastnostiach a príkladoch zariadení.

Obrázok 6.8 znázorňuje prevádzkovú elektrickú účinnosť a celkové využitie paliva niektorých európskych motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej, ktoré boli uvedené do prevádzky v rokoch 1984 až 2012, prevádzkované v rozmedzí 277 h/rok až 8 500 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia v rozmedzí 54 % až 97 %.



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 6.8: Prevádzková energetická účinnosť európskych spaľovacích motorov na ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Konštrukčná čistá elektrická účinnosť dvojtaktného motora s jedným cyklom 181 je 44,5 %. Jednotka 176 je tiež dvojtaktný motor. Veľké dvojtaktné dieselové motory sú účinnejšie ako veľké štvortaktné motory, ktoré môžu mať konštrukčnú čistú elektrickú účinnosť až 41,5 %.

Štyri zariadenia s dvoma motormi a spoločnou parnou turbínou, ktoré boli uvedené do prevádzky po roku 2010, uvádzajú konštrukčnú čistú elektrickú účinnosť nad 48 %. Tieto zariadenia sú vybavené priechodným chladiacim systémom; použitie uzavretého systému v suchých a horúcich podmienkach môže mať vplyv na energetickú účinnosť.

[66, Pracovná skupina TWG pre energetickú účinnosť 2014]

Tabuľka 6.11: Techniky na zvýšenie účinnosti motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Príklady zariadení	Referenčná literatúra
				Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Spätné získavanie tepla v zariadeniach KVET	Pozri oddiel 3.2.3.2	Zvýšená účinnosť		Všeobecne použiteľné	Veľmi obmedzené uplatnenie		[136, EUROMOT 2001]
Kombinovaný cyklus	Po krokoch čistenia prechádzajú výfukové plyny motora, ktoré stále obsahujú značné množstvo energie, kotelmi na spätné získavanie tepla. Časť energie vo výfukových plynach sa prenáša do parného cyklu. Pozri aj oddiel 3.2.3.11	Zvýšená účinnosť motorových zariadení	Dodatočná elektrická energia sa môže vyrábať a čistá účinnosť zariadenia sa môže zvýšiť až na 48 % (zvýšenie elektrickej účinnosti o viac ako 5 %) znížením teploty výfukových plynov na 170 °C, ak zariadenie pracuje nad 50 % ekvivalentného plného zaťaženia. Vysoká účinnosť vedie k nižšej spotrebe paliva na vyrobenú kWh (asi 0,19 g paliva na kWh).	Všeobecne použiteľné. V prípade parných generátorov s rekuperáciou tepla s parnými turbínami je použiteľnosť v existujúcich zariadeniach veľmi obmedzená z dôvodu priestorových obmedzení.		Zariadenia 362, 363, 364, 365	NA
Výmena lopatiek turbíny	Lopatky parnej turbíny je možné počas pravidelných intervalov údržby vymeniť za trojrozmerné lopatky.	Zvýšená účinnosť	NA	Všeobecne použiteľné pre motory vybavené HRSG v kombinovanom cykle, kde sa energia spaľovania prenáša do parného cyklu. Použiteľné v prípadoch, keď sú k dispozícii lopatky parnej turbíny pre tlakovú paru turbíny.		NA	
Pokročilý riadiaci systém	Pozri aj oddiel 3.2.3.8	Zvýšená účinnosť.	Vysoká prevádzková skúsenosť	Všeobecne použiteľné			
Akumulácia tepla (skladovanie tepla)	Pozri oddiel 3.2.3.9	Zvýšená účinnosť	NA	Všeobecne použiteľné			
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.							

6.3.3.2 **Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií NO_x a CO**

Informácie o všeobecných technikách na prevenciu a kontrolu emisií NO_x a CO sú uvedené v oddiele 3.2.2.3, zatiaľ čo obrázok 6.11 poskytuje dodatočné informácie o špecifickom prípade spaľovania HFO a/alebo plynového oleja v motoroch, napr. o environmentálnych vlastnostiach, hospodárskej únosnosti a príkladoch zariadení. Ďalšie podrobnosti o súvisiacich environmentálnych vlastnostiach a prevádzkových údajoch sú uvedené za tabuľkou.

Tabuľka 6.12: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO_x a CO z motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení	Referenčná literatúra
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia			
Recirkulácia výfukových plynov	Pozri oddiel 3.2.2.3.3	Zníženie emisií NO _x	NA	NA	Nevzťahuje sa na štvortaktné motory		Špecifické pre zariadenie	NA	NA
Prídavok vody/pary	Pozri oddiel 3.2.2.3.10. To je možné vykonať priamym vstrekaním, pomocou emulzie paliva a vody alebo prostredníctvom zmesi spaľovacieho vzduchu a pary (vlhkého vzduchu).		Rozsah emisií NO _x : < 1 300 mg/Nm ³ až 1 600 mg/Nm ³	Zvýšená spotreba paliva motora	Použiteľné v rámci obmedzení dostupnosti vody. Použiteľnosť môže byť obmedzená v prípade motorov, pre ktoré nie je k dispozícii modernizačný balík.		NA	NA	
Koncepcia spaľovania s nízkymi emisiami NO _x v dieselových motoroch	Pozri oddiel 3.2.2.3.8 Zahŕňa možnosť predčasného uzavretia ventilov prívodu vzduchu, čím sa potláčajú teploty vo valci, a tým sa znižuje tvorba NO _x		Vďaka použitiu koncepcie spaľovania s nízkymi emisiami NO _x sú emisie NO _x moderných motorov až o 40 % nižšie ako emisie podobného typu motorov z počiatku 90. rokov, pričom sa zachováva rovnaká účinnosť	Sú potrebné vyššie tlakové pomery, inak sa zvyšuje spotreba paliva a môže klesať výkon motorov	Všeobecne použiteľné		NA	Zariadenie 427-6V	

Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Je možné dodatočne namontované vysokých a nízkych konfiguráciách prachu. Pozri oddiel 3.2.2.3.11	Zníženie emisií NO _x	Tri vrstvy sú všeobecne dostatočné dosiahnuť 92 % zníženie emisií NO _x SCR katalyzátor vyžaduje regenerácia každých päť rokov. Kontrolný systém môže byť potrebný, aby sa zabezpečila správna prevádzka SCR	Únik amoniaku	Všeobecne platné	Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre modernizáciu zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok. Modernizácia existujúcich zariadení môže byť obmedzená dostupnosťou dostatočného priestoru.	Pozri informácie o nákladoch na SCR pod touto tabuľkou. Nevhodné pre prevádzkované zariadeniach < 500 h/rok	Zariadenia 364, 691	[95, UNECE 2012] [164, Rigby et al. 2001] [165, EUROMOT 2002] [166, Ceramics GmbH 2002] [136, EUROMOT 2001]
Poznámka NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.									

Dodatočné informácie o technických hľadiskách relevantných pre uplatniteľnosť SCR

Pri posudzovaní použiteľnosti SCR sú dôležité nasledujúce otázky:

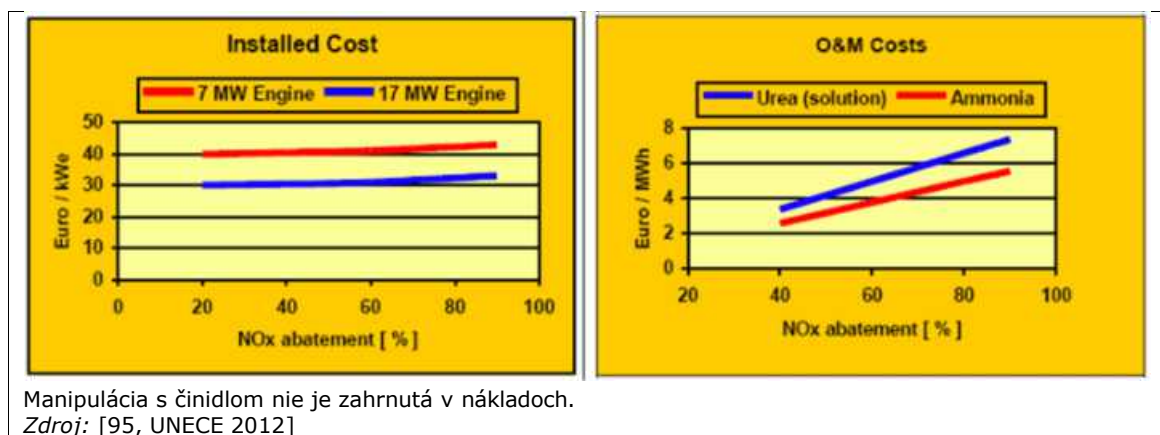
- Teplota spalín je dôležitá, aby sa zabránilo tvorbe soli na katalytických prvkoch. Je potrebné udržiavať určitú minimálnu teplotu spalín, ktorá závisí od obsahu síry v palive. Niektoré stopové kovy, ktoré môžu byť prítomné v palive, môžu katalyzátor otráviť, a preto môže byť potrebné analyzovať obsah popola v palive, ak sa používa ťažký vykurovací olej nízkej kvality. Väčšina dieselových zariadení, ktoré sú v súčasnosti vybavené systémom SCR, pracuje na nízkosíratých olejoch alebo zemnom plyne. Skúsenosti ukázali, že pri prevádzke na ťažkom palivovom oleji alebo iných zvyškových palivách je potrebné nainštalovať do reaktora SCR systém na odstraňovanie sadzí, aby sa udržali prvky čisté a aby sa zabránilo zvýšeniu tlakovej straty v SCR.
- Použitím močoviny je možné minimalizovať riziká spojené s prepravou a skladovaním amoniaku. Dodávky činnidla si vyžadujú primeranú priemyselnú infraštruktúru.
- Technika SCR má vysoké kapitálové a prevádzkové náklady. Z technických dôvodov súvisiacich so zabezpečením flexibility pri nízkych zaťaženiach je v modulárnych zariadeniach každý motor vo všeobecnosti vybavený vlastnou jednotkou SCR. Jednotka SCR nemusí fungovať dobre počas spúšťania a vypínania, čo ovplyvňuje zníženie emisií NO_x [96, Malta 2013]. Prevádzkové náklady závisia od množstva potrebného činnidla a frekvencie, s akou je potrebné katalytické prvky vymieňať alebo dopĺňať, aby sa zachovala projektovaná účinnosť SCR (po niekoľkých rokoch prevádzky). Použité katalytické prvky sa regenerujú alebo je potrebné ich riadne likvidovať, ak regenerácia nie je možná.
- V niektorých prípadoch umožňuje vybavenie motora systémom SCR zvýšiť energetickú účinnosť zariadenia až o 5 percentuálnych bodov optimalizáciou motora na maximálny elektrický výkon. Takéto ladenie zvyčajne vedie k zvýšenej tvorbe NO_x, ale tento účinok možno pri použití SCR zanedbať. [97, Jacobsen 2011] [26, Jacobsen 2011]. To však bude mať vplyv aj na spotrebu činnidla SCR a súvisiace náklady. V prípade moderných motorov, ktoré už pracujú na maximálny výkon valcov, bude prínos pre energetickú účinnosť zariadenia vybaveného systémom SCR oveľa obmedzenejší. [98, EUROMOT 2013]
- Systém SCR vyžaduje pravidelnú plánovanú údržbu alebo kontrolu, napr. raz ročne, aby sa zabránilo úniku amoniaku. Pri vysokom úniku amoniaku sa napríklad môžu na vnútorných povrchoch komponentov umiestnených za reaktorom, napríklad na HRSG v prípade kombinovanej elektrárne, vytvárať škodlivé usadeniny soli.
- V roku 2014 bolo vo francúzskom SIS viac ako 50 motorov prevádzkovaných s SCR (napr. zariadenie 691 zo zberu údajov z roku 2012). Tieto zariadenia SCR stále vyžadujú optimalizáciu (napr. vo Vazzio bola ich použiteľnosť zložitá kvôli obmedzeniam dostupného priestoru). [99, FRANCÚZSKO 2013] [100, FRANCÚZSKO 2014]

Hospodárska únosnosť SCR

V roku 2014 sa typické náklady na odstraňovanie NO_x pomocou SCR v dieselových motoroch HFO umiestnených na izolovaných ostrovoch odhadovali na 1450 EUR/t NO_x (dodatočné náklady na vyrobenú elektrinu vo výške 17,4 EUR/MWhe; ide o zvýšenie nákladov o 24,8 %). V prípade dieselových motorov na ťažký vykurovací olej umiestnených na pevnine sa typické náklady odhadovali na 675 EUR/t odstráneného NO_x (dodatočné náklady na vyrobenú elektrickú energiu vo výške 8,1 EUR/MWhe; ide o zvýšenie nákladov o 11,5 %). [101, Eurelectric 2014]

Typické náklady na SCR ako funkcia redukcie NO_x sú uvedené na obrázku 6.9, kde sa používa nasledujúci nákladový model: 40 % roztok močoviny: 200 EUR/t; granulovaná močovina: 400 EUR/t; 25 % vodný roztok amoniaku: 225 EUR/t. Náklady a dostupnosť číniel sa môžu líšiť v závislosti od miesta; podľa najnovších informácií je súčasná (2014) cena močoviny pre použitie na pevnine približne 450 EUR/t.

Podľa gréckych prevádzkovateľov bola v zmluve z roku 2009 na sedem stredne rýchlych dieselových motoroch HFO (každý s výkonom 16,5 MW_e), ktoré mali byť vyrobené v jednej MIS, inštalčná cena SCR (bez systému na manipuláciu s močovinou) boli približne 91 EUR/kWe. Na základe týchto predpokladov boli náklady na odstraňovanie NO_x pomocou SCR v dieselových motoroch HFO umiestnených na izolovaných ostrovoch odhadnuté na 2000 EUR/t odstráneného NO_x. [101, Eurelectric 2014]

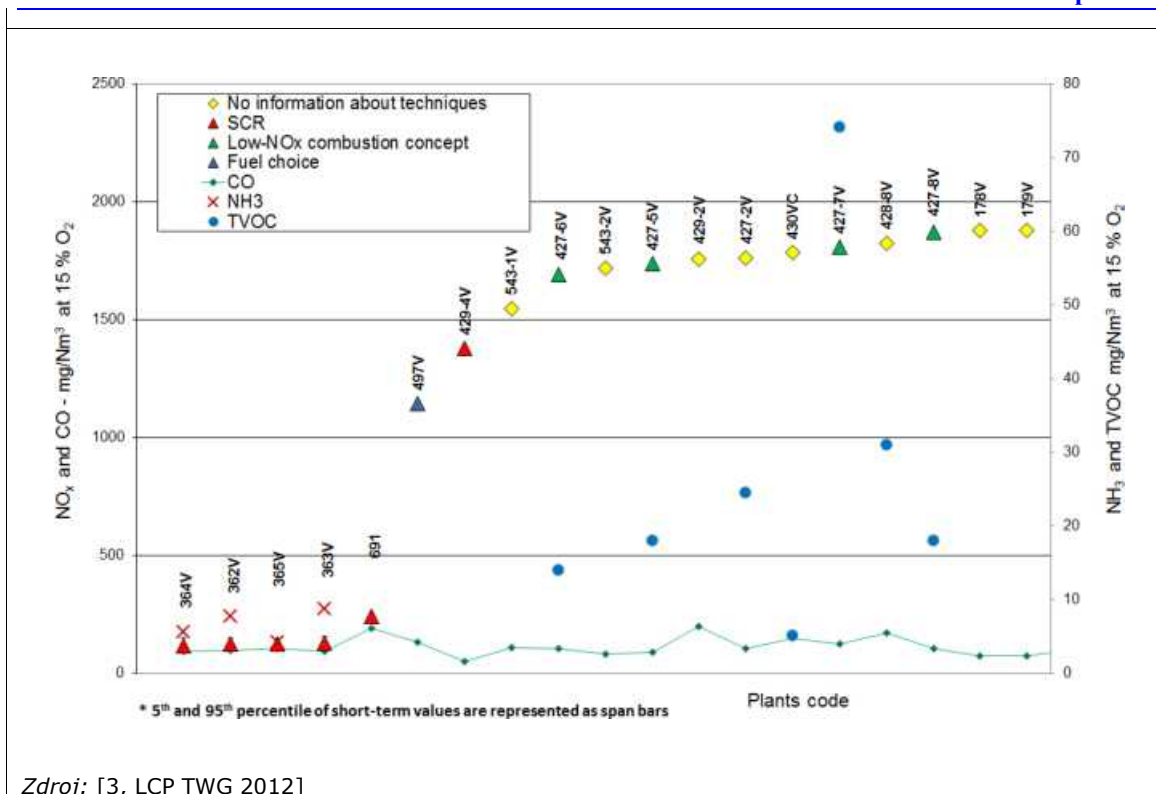


Obrázok 6.9: Typické náklady na SCR ako funkcia miery zníženia emisií NO_x v zariadení so stredne rýchlym dieselovým motorom spaľujúcim ťažký vykurovací olej

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Obrázok 6.10 ukazuje koncentrácie emisií NO_x z motorových zariadení prevádzkovaných medzi 64 a 7 500 hodinami za rok s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia medzi 53 % a 115 %. Väčšina z nich nepretržite monitoruje koncentrácie emisií NO_x. Neexistujú žiadne dôkazy o korelácii medzi zaznamenanými koncentraciami emisií NO_x a veľkosťou zariadenia (celkový menovitý tepelný príkon v rozmedzí 15 – 515 MW, keďže zariadenia s motorovým pohonom sú zvyčajne modulárne) alebo vekom zariadenia (rok uvedenia do prevádzky medzi 1987 a 2012). Všetky zariadenia okrem jedného uvádzali ročné priemerné koncentrácie emisií CO pod 175 mg/Nm³. Ročné priemerné koncentrácie emisií NH₃ pre zobrazené zariadenia sú pod 9 mg/Nm³.

Zariadenia 364V, 362V, 365V a 363V uviedli ročný priemer a krátkodobý priemer emisií NO_x nižší ako 225 mg/Nm³ pri použití močoviny ako číniel; závod 691 uviedol ročný priemer emisií mierne nad touto úrovňou a emisie uvádzané závozom 429-4 sú ovplyvnené testovacími obdobiami a poruchami. Všetky tieto zariadenia sú vybavené systémom SCR. V prípade ostatných zariadení, ktoré sú vybavené len primárnymi technikami alebo žiadnymi technikami, s úrovňami emisií NO_x až 2 500 mg/Nm³, by použitie systému SCR mohlo priniesť zníženie emisií NO_x najmenej o 75 %.



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 6.10: Ročné emisie NO_x , NH_3 , TVOC a CO z motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej vybavených systémom SCR a/alebo primárnymi technikami

6.3.3.3 Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií SO_x

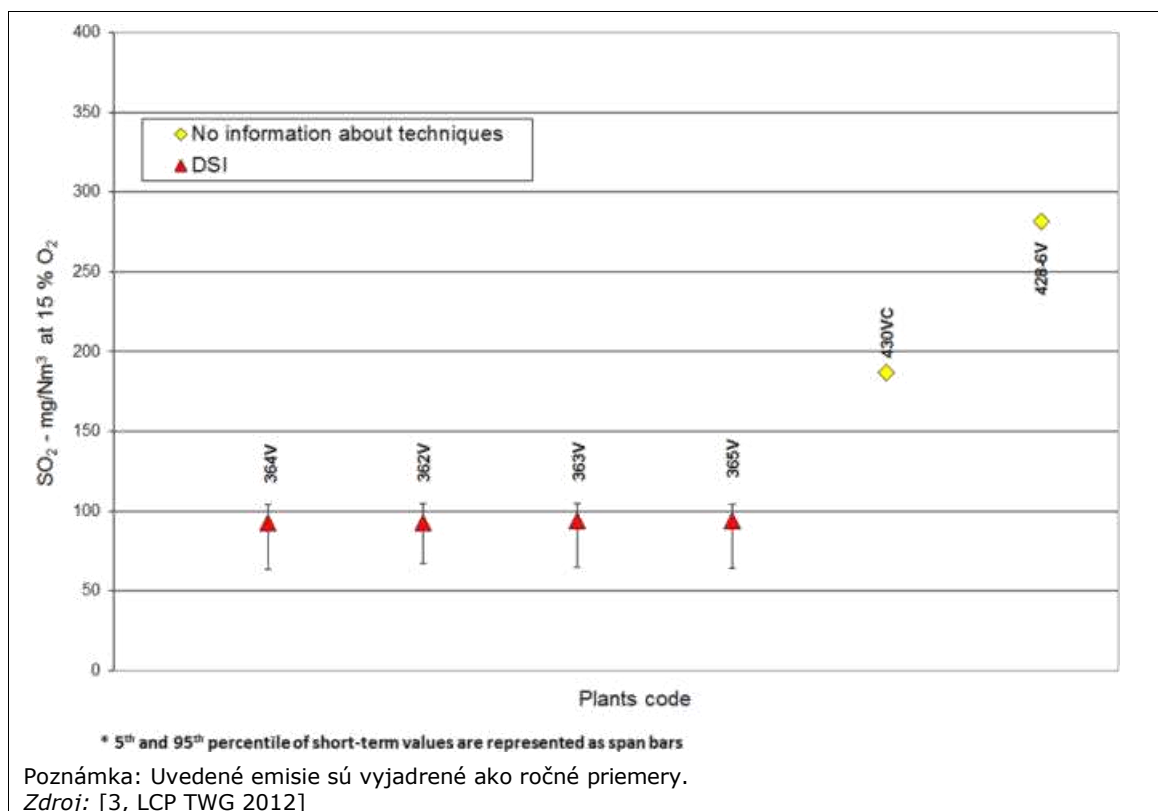
Informácie o všeobecných technikách na prevenciu a kontrolu emisií SO_x sú uvedené v oddiele 3.2.2.2. Tabuľka 6.13 obsahuje ďalšie informácie o technikách špecifických pre spaľovanie HFO a/alebo plynového oleja v motoroch, napr. o environmentálnych vlastnostiach a príkladoch zariadení. Ďalšie podrobnosti o súvisiacich environmentálnych vlastnostiach a prevádzkových údajoch sú uvedené za tabuľkou.

Tabuľka 6.13: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií SO_x z motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
				Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Voľba paliva	Pozri oddiel 3.1.1.4	Zníženie emisií SO _x pri zdroji	NA	Uplatniteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych druhov palív, na ktorú môže mať vplyv energetická politika členského štátu		NA	NA
FGD s morskou vodou	Použitie práčky s morskou vodou vo veľkej miere závisí od konkrétnej situácie vzhľadom na vplyv znečistenia na morské prostredie. Pozri aj oddiel 3.2.2.2.2	Zníženie SO _x	Tendencia k zníženiu úrovne pH v blízkosti vypúšťania vody a emisie kovov a zvyškového popola do morského prostredia	Pozri technické úvahy týkajúce sa použiteľnosti pre mokré FGD		Špecifické pre zariadenie	mo kré FG D
Mokré odsírovanie spalín (mokré FGD)	Pozri oddiel 3.2.2.2.1.	Zníženie emisií SO _x	NA	Na použitie tejto techniky v spaľovacích zariadeniach s výkonom < 300 MW _{th} môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia. Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia s prevádzkou < 500 h/rok		Nerealizovateľné pre spaľovacie zariadenia prevádzkované < 500 h/rok	SANKO Holding, Gaziantep, Turecko
					Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre modernizáciu existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok		
Suché odsírenie (SDA)	Pozri oddiel 3.2.2.2.6. Pri suchom odsírení sa spoiatku produkuje prach. Emisie prachu znižujú len v kombinácii s účinnými systémami odstraňovania častíc (BF, ESP)	Zníženie emisií SO _x	Rezíduá, ktoré je potrebné skládkovať alebo recyklovať, ak je to možné	Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne		NA	NA

Vstrekovanie sorbentu do potrubia (DSI)	Vstrekovanie a rozptyľovanie suchého práškoveho sorbentu do prúdu spalín. Sorbent (napr. hydrogenuhličitan sodný, hydratované vápno) reaguje s kyslými plynmi (napr. plynými formami síry, HCl) a vytvára tuhú látku, ktorá sa odstraňuje filtráciou (vrecovým filtrom alebo elektrostatickým odlučovačom). Pozri aj oddiel 3.2.2.2.8	Zníženie emisií SO _x	NA	Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne		NA	Zariadenia 362, 363
					V prípade existujúcich spaľovacích zariadení môžu existovať technické obmedzenia.		
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.							

Obrázok 6.11 znázorňuje koncentrácie emisií SO_2 z dobre fungujúcich motorových zariadení. Motorové zariadenia používajúce DSI znázornené na obrázku 6.11 nepretržite monitorujú koncentrácie emisií SO_x (SO_2 sa meria nepretržite, SO_3 sa meria periodicky, napr. počas kalibrácie, a pomer SO_2 k SO_3 sa periodicky upravuje). Zariadenie 428-6V bolo uvedené do prevádzky v roku 1997 a v roku 2010 vykázalo ekvivalentný faktor plného zaťaženia 69 % a 5 800 prevádzkových hodín. Neustále monitoruje emisie SO_2 . Závod 430 (tri motory s výkonom 24 MW_{th} , každý) bol uvedený do prevádzky v roku 2000 a v roku 2010 vykázal ekvivalentný faktor plného zaťaženia 74 % a 8 700 prevádzkových hodín. Emisie SO_2 monitoruje pravidelne (štyrikrát ročne). Zariadenia 362 až 365 boli uvedené do prevádzky v roku 2012 (dva motory s výkonom 38,5 MW_{th} v každom zariadení) a vykazujú podobné zaťaženie a prevádzkové hodiny za rok, 93 % a približne 6 000 hodín. Pre porovnanie, ak sa nepoužíva žiadna sekundárna technika znižovania emisií, obsah síry v palive 0,5 % zodpovedá emisiám SO_2 vo výške 280 mg/Nm^3 .



Obrázok 6.11: Emisie SO_2 z motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej, ktoré vykazujú emisné hladiny nižšie ako 280 mg/Nm^3

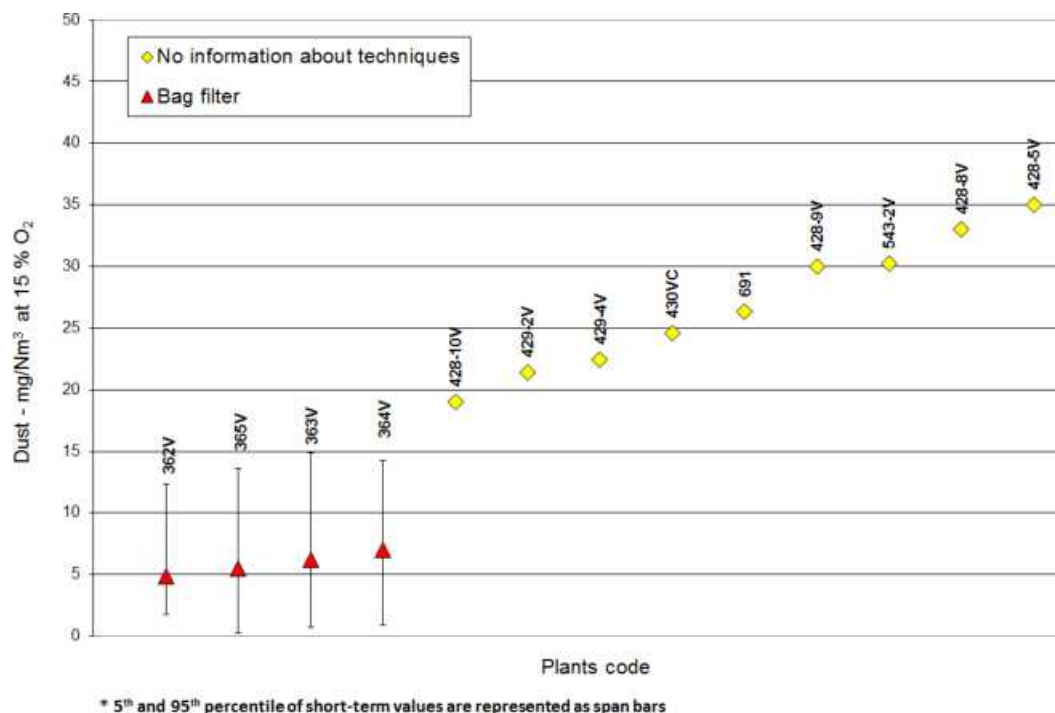
6.3.3.4 Techniky na prevenciu a znižovanie emisií prachu a kovov viazaných na častice

Informácie o všeobecných technikách na prevenciu a znižovanie emisií prachu a kovov viazaných na častice sú uvedené v oddiele 3.2.2.1. Tabuľka 6.14 obsahuje ďalšie informácie na tú istú tému, ktoré sa týkajú spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v motoroch, napr. o environmentálnych vlastnostiach a príkladoch zariadení. Ďalšie podrobnosti o súvisiacich environmentálnych vlastnostiach a prevádzkových údajoch sú uvedené za tabuľkou.

Tabuľka 6.14: Techniky na prevenciu a znižovanie emisií prachu a kovov viazaných na častice z motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje	Medzi-zložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia	
Voľba paliva	Pozri oddiel 3.1.1.4	Zníženie emisií prachu	NA	Žiadne	Uplatniteľné v rámci obmedzení spojených s použiteľnosťou rôznych druhov paliva, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu		NA
Elektrostatický odlučovač (ESP)	Pozri oddiel 3.2.2.1.1	Zníženie emisií prachu a kovov viazaných na častice pozri oddiel 3.2.2.1.1	Veľmi málo príkladov použitia	Žiadne	Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne		NA
Vrecový filter	Pozri oddiel 3.2.2.1.2	Zníženie emisií prachu, najmä jemného prachu (PM _{2,5} a PM ₁₀) a kovov viazaných na častice	Vyššie tlakové straty v porovnaní s ESP. Účinnosť odstraňovania prachu > 97 % dosiahnutá použitím sklenených vlákien s PTFE a PTFE vláknom	Zvýšené riziko požiaru; riziko je možné znížiť, ak sa vrecový filter používa v kombinácii s mokrým filtrom FGD			362, 363
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.							

Obrázok 6.12 ukazuje koncentrácie emisií prachu z dobre fungujúcich motorových zariadení prevádzkovaných medzi 277 a 8 700 hodinami ročne pri ekvivalentnom faktore plného zaťaženia medzi 58 % a 115 %. Väčšina z nich nepretržite monitoruje koncentrácie emisií prachu. Nezistila sa žiadna korelácia medzi zaznamenanými koncentraciami emisií prachu a veľkosťou zariadenia (celkový menovitý tepelný príkon v rozmedzí 15 – 515 MW, keďže zariadenia s motormi sú zvyčajne modulárne) alebo vekom zariadenia (rok uvedenia do prevádzky medzi 1992 a 2012). Zariadenia, ktoré na znižovanie emisií prachu používajú vrecové filtre, sú tiež vybavené systémom DSI na znižovanie emisií SO₂. Zariadenie 543-2 používa 60 % plynového oleja a 40 % ťažkého vykurovacieho oleja.

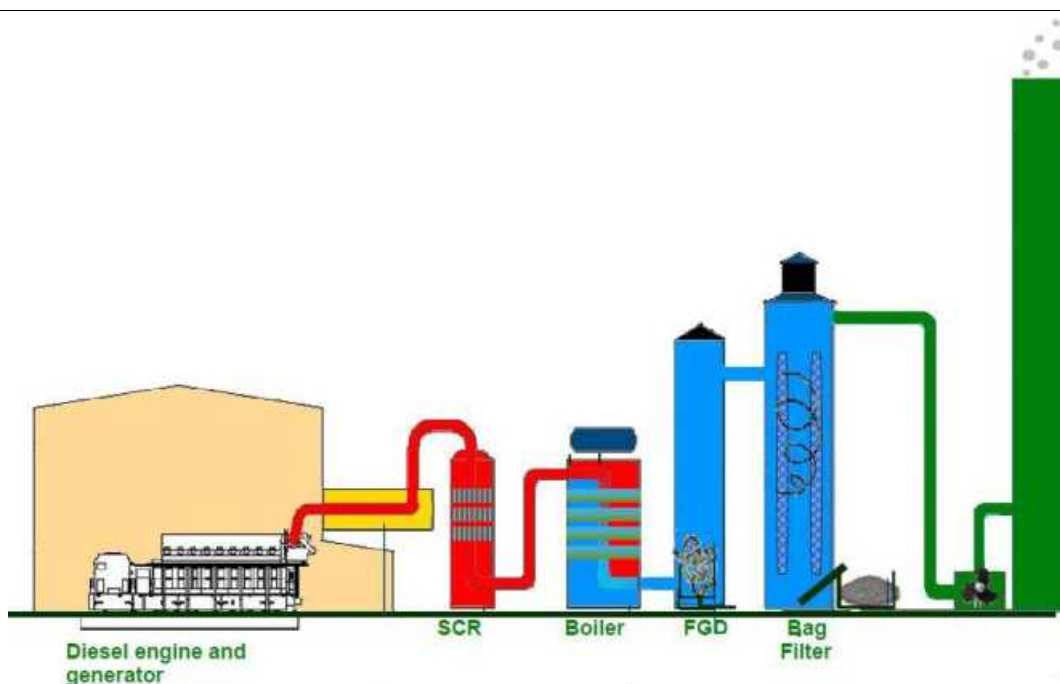


Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 6.12: Emisie prachu z dobre fungujúcich motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Konfigurácia technológií na znižovanie emisií v zariadeniach 362, 365, 364 a 365 s použitím vrecových filtrov na prach, DSI na SO₂ a SCR na NO_x je uvedená v tabuľke 6.14



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

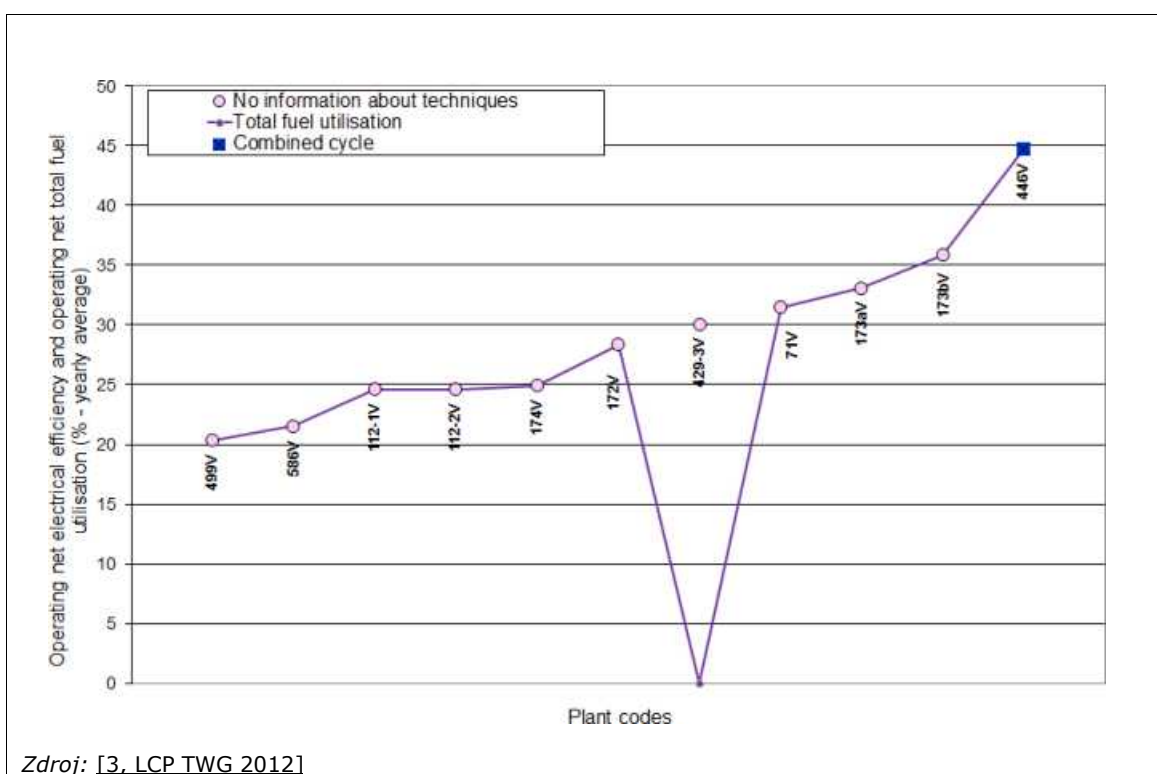
Obrázok 6.13: Konfigurácia spaľovacieho zariadenia motora vybaveného SCR, rekuperačným kotlom, DSI a vrecovým filtrom

6.3.4 Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie plynového oleja v plynových turbínach

6.3.4.1 Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti

Informácie o všeobecných technikách na zvýšenie energetickej účinnosti spaľovacích zariadení sú uvedené v oddiele 3.2.3. Dodatočné informácie o energetickej účinnosti špecifickej pre spaľovanie plynového oleja v plynových turbínach, napr. o environmentálnych vlastnostiach a príkladoch zariadení, sú uvedené v oddiele 3.2.4.

Obrázok 6.14 znázorňuje prevádzkovú čistú elektrickú účinnosť a celkové využitie paliva v príkladoch európskych plynových turbín spaľujúcich plynový olej, ktoré boli uvedené do prevádzky v rokoch 1974 až 2008, prevádzkované v rozmedzí 5 h/rok až 8 200 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia v rozmedzí 61 % až 97 %.



Obrázok 6.14: Prevádzková energetická účinnosť európskych plynových turbín spaľujúcich plyn a ropu

Konštrukčná čistá elektrická účinnosť troch plynových turbín s otvoreným cyklom uvedených do prevádzky pred rokom 2010 dosahuje až 35,7 %. Konštrukčná hodnota čistej elektrickej účinnosti jednej plynovej turbíny s kombinovaným cyklom uvedenej do prevádzky pred rokom 2010 je 44 %.

[66, TWG Task Force on Energy Efficiency 2014]

Tabuľka 6.15: Techniky zvýšenia energetickej účinnosti plynových turbín spaľujúcich plyn a ropu

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Medzi-zložkové účinky	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Príklady zariadení
				Nové zariadenia	Existujúce zariadenia	
Kogenerácia tepla a elektriny (KVET)	Pozri oddiel 3.2.3.2	Zvýšená energetická účinnosť	NA	Všeobecne použiteľné	Veľmi obmedzená použiteľnosť	NA
Pokročilý riadiaci systém	Pozri oddiel 3.2.3.8		Žiadne	Všeobecne použiteľné		
Kombinovaný cyklus	Pozri oddiel 3.2.3.11		NA	Všeobecne uplatniteľné na nové konštrukcie spaľovacej jednotky v prevádzke ≥ 1 500 h/rok	Platí pre existujúce turbíny v rámci obmedzenia súvisiace s návrhom parného cyklu a dostupným priestorom Neplatí na existujúce turbíny prevádzkované < 1 500 h/rok	Zariadenia 446
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.						

6.3.4.2 Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií NO_x a CO

Informácie o všeobecných technikách na prevenciu a kontrolu emisií NO_x a CO sú uvedené v oddiele 3.2.2.3. Tabuľka 6.16 obsahuje dodatočné informácie o špecifickom prípade spaľovania plynového oleja v plynových turbínach, napr. o environmentálnych vlastnostiach a príkladoch zariadení.

Tabuľka 6.16: Techniky na prevenciu a zníženie emisií NO_x a CO z plynových a olejových turbín

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environ. prínosy	Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje	Medzi-zložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Príklady zariadení	Referenčná literatúra
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Primárne techniky								
Prídavok vody/pary	Pozri oddiel 3.2.2.3.10		Technika je v niektorých závodoch Španielsku, aby sa dosiahli hladiny NO _x pod 90 mg/Nm ³ (údaje pri 15 % O ₂). Tiež dvojpalivové GT sú schopné splniť podobné úrovne pri spaľovaní plynového oleja	Vysoká spotreba demineralizovanej vody. Zníženie elektrickej účinnosti		Použiteľné v rámci obmedzení dostupnosti vody	Zariadenia 446, 174	NA
Horák s nízkymi emisiami NO _x (LNB) v plynovom oleji GT	Palivo je vstrekané cez palivovú trysku do prúdu horáka. Priamo pred palivovou tryskou sa kvapalné palivo zmieša s demineralizovanou vodou, aby sa udržala nízka dynamika spaľovania a zníženie emisií.	Zníženie emisií NO _x	Skúšky v komerčnej prevádzke zaznamenali hladiny NO _x pod 90 mg/Nm ³ (údaje pri 15 % O ₂)	N A		Platí len pre modely turbín, pre ktoré sú na trhu dostupné horáky s nízkymi emisiami NO _x	Alstom, Berlín - Mitte	[102, ETN 2013] 1 [201, Alstom 2012] [226, Zajadatz et al. 2012]
Sekundárne techniky								
Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.11. Niektoré plynové turbíny spaľujúce kvapalné palivo v kombinovanom cykle v Európe, najmä v Rakúsku a Francúzsku, Európe, najmä v Rakúsku, Francúzsku, Nemecku, Taliansku a Holandsku, tiež použili SCR na zníženie emisií NO _x . Ako záložné palivo sa plynový olej používa na obmedzené časové obdobie. v dvojtypných palivových GT. V USA sa SCR bežne používa pre plynové turbíny vrátane tých, ktoré prevádzkovaných na kvapalné palivami.	Zníženie emisií NO _x	NA	Únik amoniaku Mierne zníženie energetickej účinnosti v dôsledku tlakového poklesu		Katalyzátory môžu byť deaktivované pri nízkych teplotách vysokým obsahom síry a popola, v závislosti od kvality palivového oleja	Spaľovacie zariadenie Shoreham v New Yorku, 46 MW _{th}). [103, NY Env 2010]	[185, Spojené kráľovstvo 2013] [164, Rigby et al. 2001] [167, Rakúske ministerstvo životného prostredia 2000]
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.								

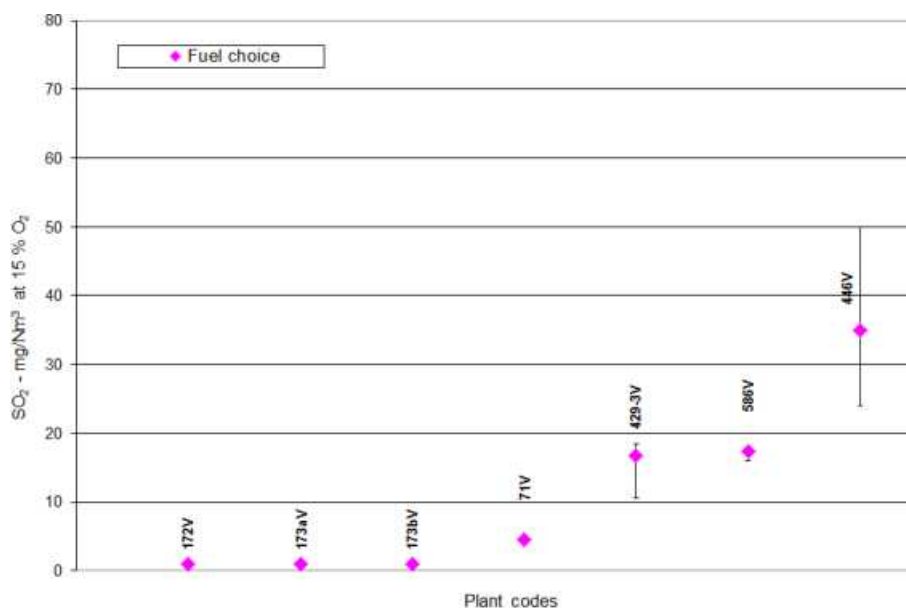
6.3.4.3 Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií SO_x

Informácie o všeobecných technikách na prevenciu a kontrolu emisií SO_x sú uvedené v oddiele 3.2.2.2. Tabuľka 6.17 obsahuje dodatočné informácie o technikách špecifických pre spaľovanie plynového oleja v plynových turbínach, napr. na príklade zariadení.

Tabuľka 6.17: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií SO_x z plynových turbín spaľujúcich plynový olej

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
			Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Voľba paliva	Pozri oddiel 3.1.1.4	Zníženie emisií SO _x pri zdroji	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych druhov paliva, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu		Náklady na túto techniku závisia od typu a kvality plynového oleja.	Zariadenia 172, 173a

Obrázok 6.15 zobrazuje zariadenia s plynovými turbínami s dobrými výsledkami. Pravidelne monitorujú koncentrácie emisií SO_x (len zariadenie 446V monitoruje SO₂ nepretržite). Neexistujú žiadne dôkazy o korelácii medzi zaznamenanými koncentraciami emisií SO₂ a veľkosťou zariadenia (celkový menovitý tepelný príkon v rozmedzí 40 – 545 MW), vekom zariadenia (rok uvedenia do prevádzky medzi 1974 a 2008), zaťažením (ekvivalentný faktor plného zaťaženia medzi 62 % a 88 %) alebo prevádzkovými hodinami za rok (celkový počet prevádzkových hodín v rozmedzí 100 až 8 000). Existuje však priama korelácia s množstvom síry obsiahnutej v používanom palive, keďže sa nepoužívajú žiadne techniky na znižovanie emisií. Zariadenia 172, 173a a 173b spaľujú plynový olej s obsahom síry 0,001 hmotnostného percenta a zariadenie 446 vykazuje 35 mg/Nm³ pri spaľovaní plynového oleja s obsahom síry okolo 0,08 hmotnostného percenta. Použitie plynového oleja s vyšším obsahom síry (0,10 hmotnostného %) by znamenalo emisie SO₂ až do 60 mg/Nm³.



* Maximum and minimum of short-term values are represented as span bars

Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako priemery vzoriek získaných počas jedného roka.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 6.15: Emisie SO₂ z dobre fungujúcich plynových turbín spaľujúcich plyn a ropu

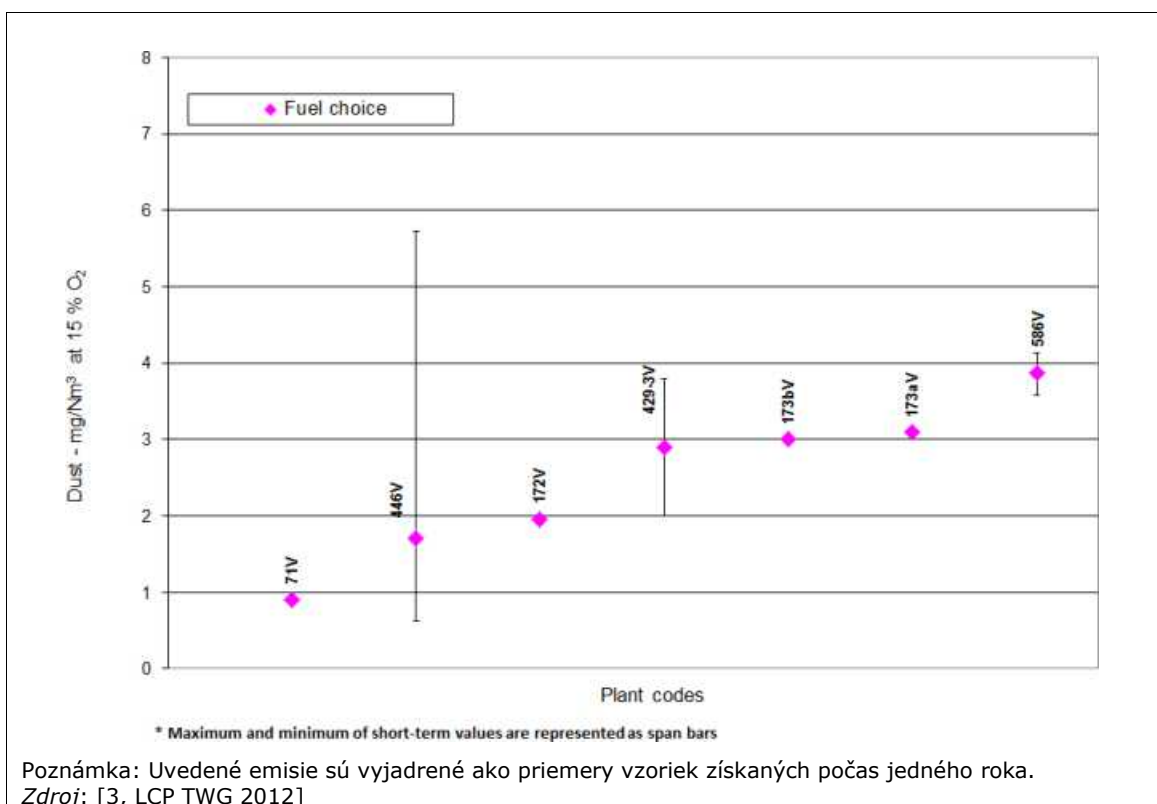
6.3.4.4 Techniky na prevenciu a/alebo znižovanie emisií prachu a kovov viazaných na častice

Informácie o všeobecných technikách na prevenciu a kontrolu emisií prachu a kovov viazaných na častice sú uvedené v oddiele 3.2.2.1. Tabuľka 6.18 obsahuje dodatočné informácie špecifické pre spaľovanie plynového oleja v plynových turbínach, napr. na príklade zariadení.

Tabuľka 6.18: Techniky na prevenciu a znižovanie emisií prachu a kovov viazaných na častice z plynových turbín spaľujúcich plyn a naftu

Technika (opis)	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Medzi-zložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Príklady zariadení
				Nové zariadenia	Existujúce zariadenia	
Voľba paliva	Pozri oddiel 3.1.1.4	Zníženie emisií prachu	Žiadne	Uplatniteľné v rámci obmedzení spojených s použiteľnosťou rôznych druhov paliva, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu		Zariadenia 71, 446

Obrázok 6.16 znázorňuje dobre fungujúce plynové turbínové zariadenia. Pravidelne monitorujú koncentrácie emisií prachu (len elektrárne 446V monitoruje prach nepretržite). Nebola zaznamenaná žiadna korelácia medzi zaznamenanými koncentraciami emisií prachu a veľkosťou zariadenia (celkový menovitý tepelný príkon v rozmedzí 40 – 600 MW), vekom zariadenia (rok uvedenia do prevádzky medzi 1974 a 2008), zaťažením (ekvivalentný faktor plného zaťaženia medzi 62 % a 88 %) alebo prevádzkovými hodinami za rok (celkový počet prevádzkových hodín v rozmedzí 100 až 8 000).



Obrázok 6.16: Emisie prachu z dobre fungujúcich plynových turbín spaľujúcich plyn a ropu

7 SPAĽOVANIE PLYNNÝCH PALÍV

Táto kapitola sa zaoberá spaľovaním zemného plynu, bioplynu, procesných plynov z výroby železa a ocele a surového zemného plynu na ťažobných plošinách.

7.1 Spaľovanie zemného plynu

V tejto časti sa najskôr stručne opisujú procesy spaľovania zemného plynu a techniky používané na prevenciu a/alebo zníženie spotreby a emisií z týchto procesov. Následne sa uvádzajú typické úrovne spotreby a emisií v zariadeniach spaľujúcich zemný plyn, a potom sa podrobnejšie opisujú odporúčania najlepších dostupných techník. Informácie týkajúce sa viacerých spaľovacích procesov a typov spaľovania palív sa nachádzajú v kapitolách 2 a 3. Napríklad všeobecné informácie o vykládke, skladovaní a manipulácii so zemným plynom sa nachádzajú v oddiele 2.8. Informácie týkajúce sa spaľovacích zariadení spaľujúcich surový zemný plyn na ťažobných plošinách sa nachádzajú v oddiele 7.4.

7.1.1 Používané procesy a techniky

Táto časť obsahuje špecifické charakteristiky spaľovania zemného plynu. Oddiely 2.2.2, 2.3.2 a 2.3.3 poskytujú všeobecné informácie o procesoch spaľovania plyných palív, ako sú plynové turbíny, plynové motory a plynové kotly. Oddiel 3.1 poskytuje informácie o všeobecne používaných technikách v spaľovacích zariadeniach. Oddiel 3.2 opisuje odporúčané BAT, ktoré sa vzťahujú na viac ako jeden proces spaľovania alebo typ spaľovania paliva.

Plynové turbíny

Pozri opis v oddiele 2.3.3. Okrem plynových turbín opísaných v tejto časti sa táto kapitola zaoberá aj plynovými turbínami s dvojitém palivom. Požiadavka na prevádzku v režime dvojitého paliva ďalej komplikuje konštrukciu a úpravu horáka. Ak sa v strojoch DLN spaľujú kvapalné palivá, palivo sa v podstate vstrekuje do spaľovacej komory a horí v difúznom plameni. Na zníženie emisií NO_x sa potom zvyčajne používa vstrekovanie pary alebo vody. V prípade nových moderných systémov s dvojitém palivom je výkon pri spaľovaní zemného plynu vo všeobecnosti porovnateľný s výkonom systému, ktorý spaľuje výlučne zemný plyn.

Plynové kotly

Aby sa energia z pary efektívne premieňala na elektrinu, moderné plynové kotly používajú superkritickú paru (tlak nad 220,6 bar a teplota nad 374 °C). Pri použití dvojitého ohrevu a zvýšení parametrov superkritickej pary na 290 barov a 580 °C v elektrárnach je možné dosiahnuť elektrickú účinnosť zariadenia až 48 % v kondenzačnom režime a využitie paliva až 95 % pri kombinovanej výrobe elektriny a tepla.

Plynové kotly sa bežne používajú v spracovateľskom priemysle a v systémoch diaľkového vykurovania. Väčšina z nich má tepelný príkon v rozmedzí od 50 MW do 300 MW. Pre spaľovacie zariadenia v tomto rozsahu veľkostí predstavujú čoraz prísnejšie obmedzenia emisií SO₂ a NO_x motiváciu k väčšiemu využívaniu zemného plynu. Mnohé z týchto kotlov môžu byť v núdzových situáciách napájané aj kvapalným palivom a prevádzkujú sa v režime spaľovania viacerých palív. V prevádzke sú aj väčšie (> 300 MW_{th}) plynové kotly, ktoré vyrábajú iba elektrickú energiu. Tieto plynové zariadenia sú zvyčajne prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne a niektoré z nich sú prevádzkované v spojení s plynovou turbínou, kde spaliny z plynových turbín používajú parné generátory ako spaľovací vzduch (pozri aj oddiel 2.4.5 týkajúci sa „kombinovaných zariadení“).

Horáky kotlov sú zvyčajne usporiadané na viacerých úrovniach v stenách (predné alebo protiáhlé spaľovanie) alebo sú umiestnené tangenciálne na viacerých úrovniach v štyroch rohoch kotla. Môžu byť tiež namontované na podlahe. Spaľovacie systémy pre plynové kotly sú podobné ako u kotlov spaľujúcich uhlie alebo ropu.

Plynné palivá sa používajú aj ako podporné alebo štartovacie palivo pre kotly na uhlie, hnedé uhlie, biomasu a ropu.

Plynné spaľovacie motory

(Pozri opis v oddiele 2.3.2 a koncepciu chudobnej zmesi v oddiele 3.2.2.3.9.)

Nízkotlakové motory s dvojitým palivom (typ DF) a motory so zážihovým zapáľovaním (čistý plyn) (typ SG) sú rôzne typy motorov, a preto sa líšia aj ich emisné vlastnosti. V motoroch typu SG (bez pilotného vstrekovania) je predná časť plameňa menej rozvinutá v porovnaní s motormi typu DF (vstrekovanie pilotného kvapalného paliva). Stacionárne dieselové motory môžu byť tiež prevádzkované na zemný plyn; ide o vysokotlakové plynové motory (typ GD).

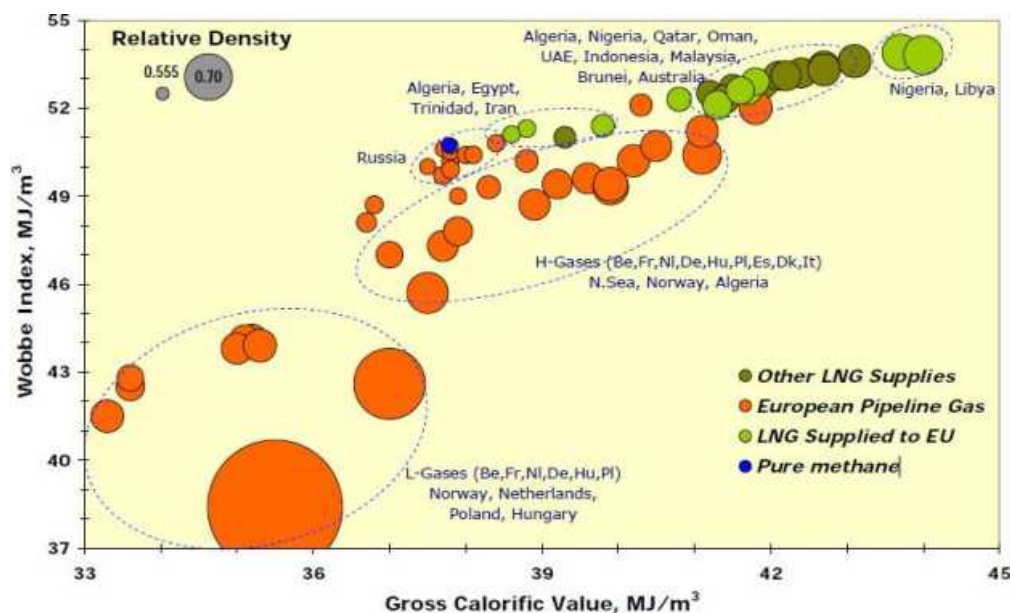
7.1.1.1 Charakteristika paliva

Tabuľka 7.1 a obrázok 7.1 poskytujú prehľad relevantných vlastností zemného plynu spaľovaného vo veľkých spaľovacích zariadeniach v Európe a v niekoľkých krajinách po celom svete.

Tabuľka 7.1: Typické charakteristiky zemného plynu spaľovaného vo veľkých spaľovacích zariadeniach v Európe

Koncentrácia v zemnom plyne (mol %)	Látka						
	N ₂	CO ₂	CH ₄ – C ₄ H ₁₀	CO	H ₂	Síra (H ₂ S)	Prach
	0	0	80	0	< 0,1	< 0,0007	0–1 ⁽¹⁾)

⁽¹⁾ Vyjadrené v mg/Nm³
Zdroj: [123, Eurelectric 2001] [159, Marcogaz 2012] 3, LCP TWG 2012]



Poznámka: Relatívna veľkosť bublín udáva hustotu plynu v porovnaní so vzduchom.

Zdroj: [45, JRC 2009]

Obrázok 7.1: Fyzikálne vlastnosti plynu a LNG v potrubiach v Európe a vo svete

Prebiehajúci proces vytvárania vnútorného trhu so zemným plynom v EÚ má za cieľ harmonizáciu noriem pre plyn v celej EÚ, čím sa znížia technické prekážky dovozu plynu z tretích krajín. Špecifikácie plynu môžu v blízkej budúcnosti podliehať zmenám, čo by mohlo ovplyvniť výkonnosť (emisie, účinnosť atď.) spaľovacích zariadení v porovnaní s údajmi uvedenými v tomto dokumente.

7.1.1.2 Znižovanie emisií do ovzdušia

Emisie zo spaľovania zemného plynu sú hlavne NO_x a CO , pričom emisie SO_x a prachu sú zväčša zanedbateľné. Emisie CO_2 zo spaľovania zemného plynu sú tiež podstatne nižšie ako pri spaľovaní iných fosílnych palív.

Emisie prachu

Prášok paliva obsiahnutý v zemnom plyne sa v prípade potreby odstraňuje v mieste výroby. Emisie prachu alebo tuhých častíc zo spaľovacích zariadení spaľujúcich zemný plyn nepredstavujú pri bežnej prevádzke a kontrolovaných podmienkach spaľovania žiadny environmentálny problém.

Emisie SO_x

Síra v zemnom plyne vo forme H_2S sa pri výrobe odstraňuje. Emisie SO_x zo spaľovacích zariadení spaľujúcich zemný plyn preto za normálnych prevádzkových podmienok a kontrolovaných podmienok spaľovania nepredstavujú environmentálny problém. Hoci emisie SO_2 nie sú významné z hľadiska životného prostredia, malá časť SO_2 sa môže oxidovať na SO_3 , pričom táto reakcia je urýchlená prítomnosťou katalyzátora, čo má za následok znečistenie a koróziu povrchov v nižších častiach.

7.1.1.2.1 Znižovanie emisií NO_x do ovzdušia z kotlov

Kotly a spaľovacie systémy sú vo všeobecnosti navrhnuté na spaľovanie s nízkymi emisiami NO_x . V zásade existujú tri hlavné spôsoby, ako znížiť emisie NO_x z tepelnej energie:

- Použitie horákov s nízkymi emisiami NO_x . Podmienkami pre nízke emisie NO_x sú nízka teplota v primárnej spaľovacej zóne a dostatočne dlhá doba zotrvania spalín v peci na úplné vyhorenie. Tým sa znižuje teplota plameňa.
- Recirkulácia spalín. Znižuje teplotu plameňa aj koncentráciu kyslíka.
- Dvojstupňové spaľovanie. To znižuje reakciu medzi kyslíkom a dusíkom vo vzduchu počas procesu spaľovania. Podstatne nižšie emisie NO_x je možné dosiahnuť dodávaním vzduchu v troch stupňoch okolo jednotlivých horákov a dopĺňaním vzduchu nad jednotlivými horákmi spolu s presným dávkovaním týchto vzduchových prúdov.

Okrem toho je možné použiť aj techniky DeNO_x na konci potrubia, ako sú SNCR alebo SCR, ak konštrukcia kotla neumožňuje, aby primárne techniky samy o sebe dostatočne znížili emisie NO_x , alebo ak je potrebné splniť veľmi prísne emisné limity.

7.1.1.2.2 Znižovanie emisií NO_x do ovzdušia z motorov

Najdôležitejším parametrom ovplyvňujúcim rýchlosť tvorby NO_x vo spaľovacích motoroch je teplota spaľovania; čím je teplota vyššia, tým je vyšší obsah NO_x vo výfukových plynách. Jednou z metód na zníženie teploty spaľovania je zníženie pomeru paliva a vzduchu. To isté množstvo tepla uvoľnené spaľovaním paliva sa potom použije na ohrev väčšieho množstva výfukových plynov, čo vedie k nižšej maximálnej teplote spaľovania. Táto primárna technika, nazývaná koncepcia chudobnej zmesi v plynových piestových motoroch, je analogická so suchými spaľovacími zariadeniami s nízkymi emisiami NO_x v plynových turbínach.

Teplotu spaľovania je možné do určitej miery regulovať aj v plynových piestových motoroch pomocou jednej alebo viacerých z nasledujúcich techník (mnohé z nich ešte nie sú komerčne dostupné, nachádzajú sa vo fáze vývoja a prebiehajú laboratórne testy; spomenuté sú aj niektoré hlavné ťažkosti, s ktorými sa stretávame pri vývoji týchto techník):

- Oneskorenie spaľovania spomalením zapalovania alebo vstrekovania paliva, ale s nižšou účinnosťou motora ako vedľajším účinkom.
- Riedenie zmesi paliva a vzduchu recirkuláciou výfukových plynov (EGR), ktorá nahrádza časť vzduchu a obsahuje vodnú paru, ktorá má relatívne vysokú tepelnú kapacitu a absorbuje časť tepla zo spaľovania. Použitie tejto techniky však môže spôsobiť problémy s upchávaním.
- Zníženie teploty nasávaného vzduchu pomocou výmenníka tepla za turbodúchadlom alebo prostredníctvom zvlhčovania nasávaného vzduchu.
- Úprava časovania ventilov, kompresného pomeru, turbodúchadla a konfigurácie spaľovacej komory, čo je primárne možnosť zvýšiť účinnosť a výkon plynového motora.
- Implementácia systému riadenia procesov.

V niektorých aplikáciách (napr. vo väčších zariadeniach v citlivých oblastiach v USA) boli plynové motory vybavené systémom SCR na dodatočné znižovanie emisií NO_x. V Holandsku sa emisie NO_x stoviek stredných plynových motorových zariadení (napr. výroba KVE avýroba CO₂ na hnojenie v skleníkoch, s odlišnými obchodnými modelmi a ekonomickými profilmi v porovnaní s výrobou elektrickej energie) s výkonom viac ako 2,5 MW_{th} znižujú pomocou SCR.

V prípade SCR je močovínový roztok zvyčajne redukčným činidlom pre systémy SCR používané v motoroch. Pri aplikáciách s premenlivým zaťažením sa emisie motora merajú pri rôznych úrovniach zaťaženia počas uvedenia do prevádzky. Namerané hodnoty emisií sa potom zadávajú do riadiaceho systému, ktorý zabezpečuje, že redukčné činidlo sa vstrekuje do prúdu výfukových plynov v správnych množstvách pre meniace sa hladiny NO_x. Typ katalyzátora a veľkosť reaktora SCR sú prispôbené obmedzeniam poklesu tlaku v každej konkrétnej aplikácii, aby nebol ovplyvnený výkon motora [164, Rigby et al. 2001]. Spätná regulácia/ovládanie sa často používa v kombinácii s SCR na ovládanie vstrekovania NH₃ alebo močoviny.

Znižovanie emisií iných znečisťujúcich látok

Motory SG s chudobnou zmesou a motory DF v režime plynu sú často vybavené oxidačným katalyzátorom, hlavne na odstraňovanie CO. V prípade motorov s dvojitém palivom, ktoré pracujú na kvapalných palivách, je však oxidačný katalyzátor náchylný na zanášanie a pri dlhodobej prevádzke môže stratiť účinnosť. Emisie NMVOC z motorov SG a motorov DF v režime plynu závisia od zloženia zemného plynu. V závislosti od platnej legislatívy a zloženia zemného plynu môžu byť v niektorých prípadoch potrebné techniky sekundárneho znižovania emisií NMVOC. V týchto prípadoch sa používajú oxidačné katalyzátory na simultánne znižovanie emisií CO a NMVOC. Účinnosť redukcie oxidácie katalyzátorom pre NMVOC veľmi závisí od zloženia uhľovodíkov v spalínach, pričom etán a propán sa odstraňujú obzvlášť ťažko. Vysokotlakový plynový motor typu GD má v režime plynu vyššie emisie NO_x ako motory typu SG/DF, ale nízke emisie CO a iných nespálených plynných emisií.

7.1.1.2.3 Kontrola emisií NO_x do ovzdušia z turbín

Na prevenciu alebo zníženie emisií NO_x sa používajú tri hlavné techniky.

Vstrekovanie vody alebo pary

V existujúcich zariadeniach je vstrekovanie vody alebo pary už dlho najľahšie použiteľnou technikou.

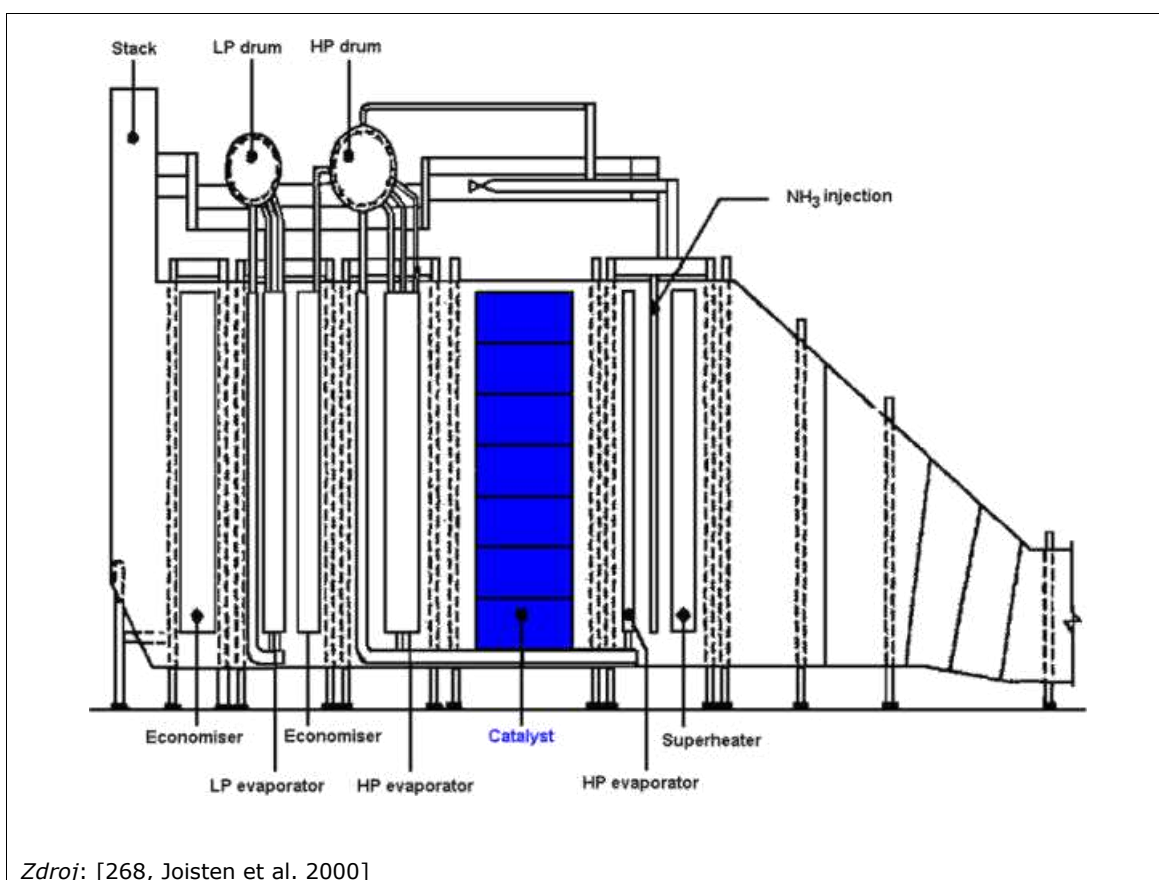
technika, prípadne v kombinácii s inými technikami znižovania emisií NO_x. V súčasnosti je však najčastejšie používaným riešením pre nové alebo modernizované plynové turbíny spaľujúce zemný plyn inštalácia suchých horákov s nízkymi emisiami NO_x.

Suché horáky s nízkymi emisiami NO_x (DLN)

Suché horáky s nízkymi emisiami NO_x sa v súčasnosti široko používajú vo všetkých typoch plynových turbín, vrátane niektorých pobrežných plynových turbín. Všeobecný popis tejto techniky je uvedený v oddiele 3.2.2.3.7.

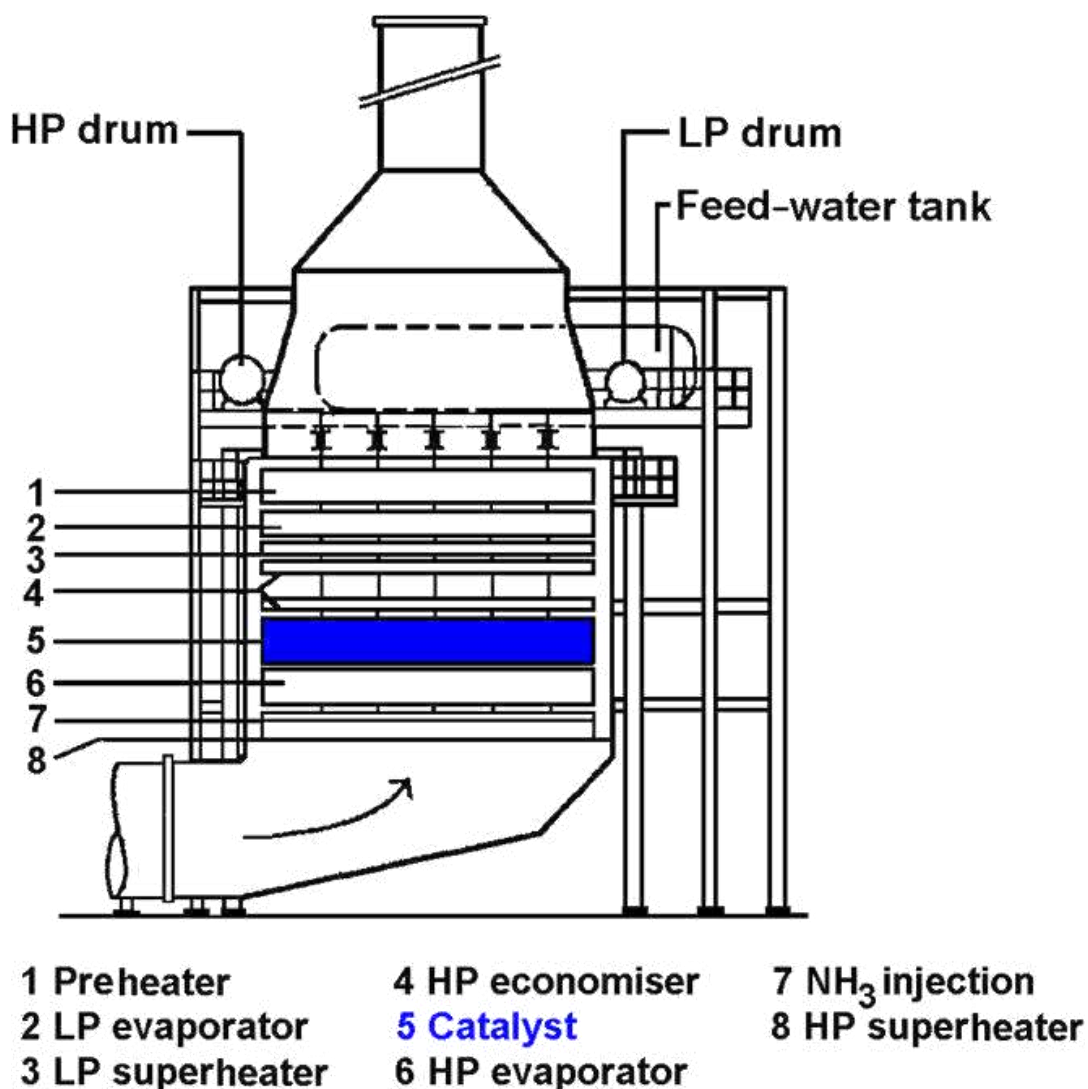
Katalytické riešenia

Mnohé plynové turbíny v súčasnosti používajú na zníženie emisií NO_x iba primárne techniky, ale sekundárne techniky, ako sú systémy SCR, boli inštalované v niektorých plynových turbínových elektrárnach v Rakúsku, Japonsku, Taliansku, Holandsku a USA (najmä v Kalifornii). Odhaduje sa, že niekoľko stoviek plynových turbín po celom svete je vybavených systémami SCR. V Európe sa SCR používa hlavne vo väčších plynových turbínach, ale doteraz sa nepoužíva v plynových turbínach s mechanickým pohonom. Obrázok 7.2 a obrázok 7.3 ilustrujú, ako sa katalyzátory SCR používajú v koncepcii CCGT; najprv v horizontálnom HRSG a potom v inštalácii s vertikálnym prietokom [268, Joisten et al. 2000]. Hoci tieto obrázky sú schematické, ukazujú podstatný priestor, ktorý je potrebný v existujúcom HRSG na dodatočnú montáž katalyzátora do plynového turbína, ktorý nemusí byť vždy k dispozícii.



Zdroj: [268, Joisten et al. 2000]

Obrázok 7.2: Konštrukcia HRSG a inštalácia SCR



Zdroj: [268, Joisten et al. 2000]

Obrázok 7.3: Inštalácia SCR v zariadení s vertikálnym tokom

Ak sa v husto osídlených oblastiach vyžadujú ešte nižšie úrovne emisií NO_x alebo ak sa uplatňujú veľmi prísne obmedzenia emisií NH₃, ďalšou možnosťou je technológia SCONO_xTM, ktorá bola nainštalovaná na niekoľkých malých plynových turbínach v USA. Technológia SCONO_xTM sa však nezískala široké uplatnenie, najmä mimo Severnej Ameriky. Regeneračný cyklus vyžadovaný touto technikou zvyšuje náklady a zložitosť, čo zvyčajne vedie k uprednostňovaniu jednoduchšej konfigurácie DLN.

7.1.1.3 Čistenie vody a odpadových vôd

Pre plynovú turbínu a HRSG je demineralizovaná voda potrebná na nasledujúce účely:

- Na kompenzáciu straty vypúšťanej vody z bubnov pre HRSG. Ak sa používa vstrekovanie pary alebo vody, strata vody sa musí kompenzovať aj dopĺňaním vody. Kvalita musí spĺňať požiadavky výrobcu, a preto je potrebná úprava vody. Na splnenie týchto požiadaviek zvyčajne postačuje demineralizácia.
- Na umývanie kompresora plynových turbín, hlavne v prípade elektrární alebo kogeneračných elektrární. Kondenzát z vodného/parného cyklu sa niekedy používa na online umývanie, ale zvyčajne sa demineralizovaná voda dodáva do samostatnej jednotky na umývanie vodou. Pri offline umývaní sa do demineralizovanej vody pridáva detergent, aby sa zlepšil umývací účinok.

Odpadová voda z plynových turbín a HRSG (ak sa používa) obsahuje:

- Odkalovaciu vodu z cirkulačného systému kotla, ktorá sa používa na udržanie kvality kotlovej vody. Na ochranu kotla pred koróziou kotlová voda zvyčajne obsahuje prísady, ako je amoniak, hydroxid sodný a/alebo fosfáty. V praxi sa táto odkalovacia voda ochladzuje a vypúšťa do kanalizácie alebo v prípade potreby do čističky odpadových vôd.
- Odpadovú vodu z procesu umývania plynových turbín, ktorá môže byť vypúšťaná alebo môže byť považovaná za chemický odpad, v závislosti od detergentov použitých na umývanie a materiálov kompresora, ktoré sa majú likvidovať.
- Všetku vodu kontaminovanú olejom alebo tekutinami obsahujúcimi olej. Táto voda sa zvyčajne hromadí v zbernom systéme a vypúšťa sa samostatne do zariadenia na čistenie odpadových vôd.
- Zvyšnú odpadovú vodu z elektrárne, napríklad voda z čistenia, ktorá sa zvyčajne vypúšťa do čističky odpadových vôd v areáli alebo do domácej kanalizácie.

Pred vypúšťaním odpadovej vody môže byť potrebné ďalšie čistenie odpadovej vody z plynových turbín (a/alebo HRSG, ak sa používa).

7.1.2 Súčasné úrovne emisií a spotreby

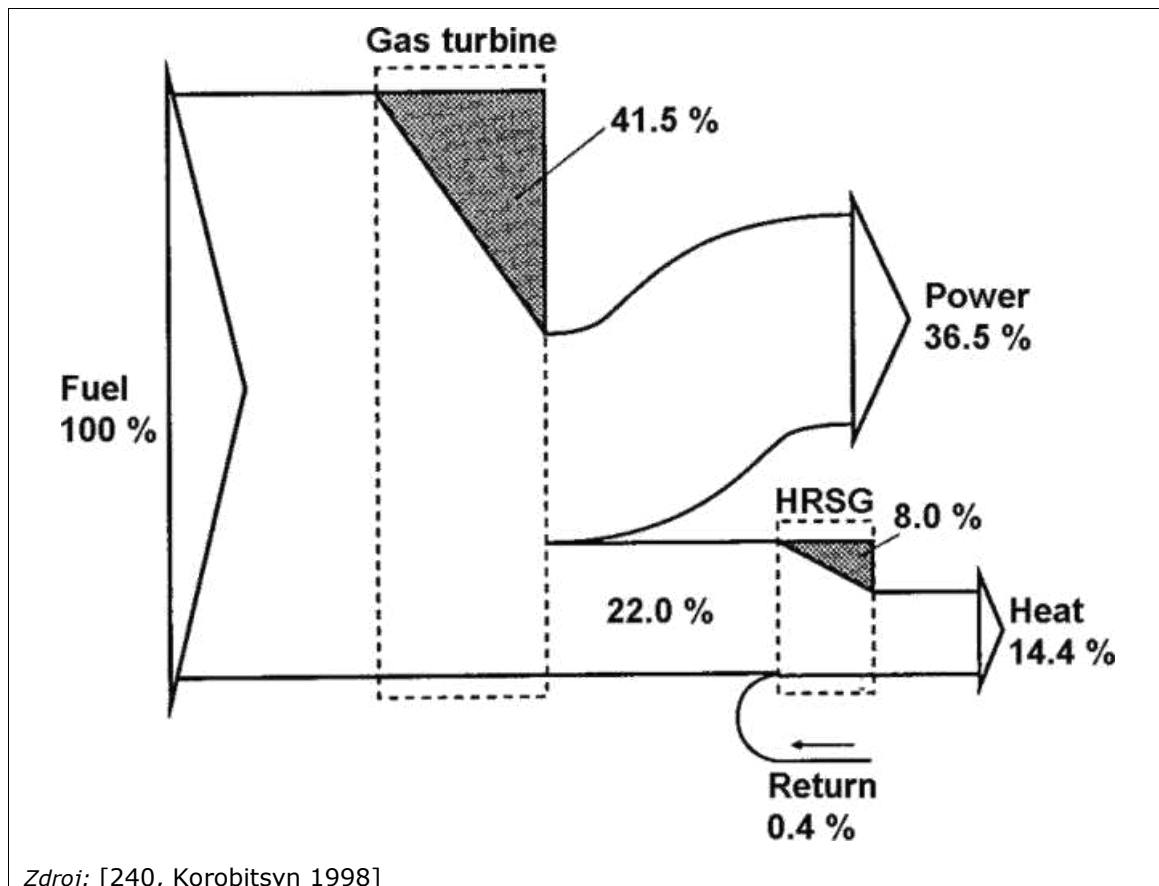
V tejto časti sú uvedené aktuálne pozorované úrovne emisií a spotreby zo zariadení spaľujúcich zemný plyn v Európe alebo vo svete. Údaje boli zozbierané na európskej úrovni za rok 2010 na účely revízie tohto dokumentu.

7.1.2.1 Energetická účinnosť elektrární spaľujúcich zemný plyn

Prevádzkovatelia a dodávatelia sa neustále snažia zvyšovať energetickú účinnosť spaľovacích zariadení, napríklad optimalizáciou procesu a novými vývoji v oblasti materiálov a chladiacich techník, ktoré umožňujú vyššie vstupné teploty plynových turbín. V kombinovanom cykle umožňuje použitie viacerých tlakových stupňov a zvýšenie prípustných vstupných teplôt pary (umožnené vývojom materiálov odolných voči vysokým teplotám) tiež zvýšenie účinnosti parného cyklu.

Grassmannov diagram na obrázku 7.4 znázorňuje tok energie v plynovom turbínovom cykle bez doplnkového spaľovania. Šedé plochy predstavujú vnútorné straty energie v plynovom turbínovom cykle a v parnom generátore s rekuperáciou tepla (HRSG).

Prehľad hmotnostného toku



Obrázok 7.4: Grassmannov diagram plynového turbínového motora s HRSG

Tabuľka 7.2 poskytuje prehľad energetickej účinnosti plynových zariadení určených na výrobu elektrickej energie pri základnom zaťažení. Uvedené hodnoty energetickej účinnosti platia pre nedávno inštalované plynové turbíny pri plnom zaťažení, za podmienok ISO a s priechodnými chladenými kondenzátormi.

Tabuľka 7.2: Prehľad typických účinností spaľovacích jednotiek na zemný plyn podľa ISO

	Maximálna veľkosť jednotky (MW _e)	Čistá elektrická účinnosť za podmienok ISO (%)
Kotol	800	38
Plynová turbína s jednoduchým cyklom	34	30
Jednoduchý cyklus so zážihovým zapaľovaním (SG) alebo dvojitém palivovým (DF) motorom	30–44	30–44
Kombinovaný cyklus s HRSG	500	46
Cyklus s horúcou vzduchovou komorou	NA	5
Poznámka: NA: Nedostupné. Zdroj: [241, Eurelectric 2012]		

Pri iných prevádzkových podmienkach môžu byť hodnoty nižšie, pretože účinnosť závisí od okolných podmienok a typu chladiaceho systému, ako aj od prevádzkového režimu.

Tabuľka 7.3 poskytuje prehľad prevádzkovej čistej elektrickej účinnosti a prevádzkovej čistej celkovej miery využitia paliva existujúcich plynových zariadení prevádzkovaných v Európe v roku 2010.

Tabuľka 7.3: Prehľad prevádzkovej energetickej účinnosti (ročné priemery) európskych spaľovacích jednotiek na zemný plyn

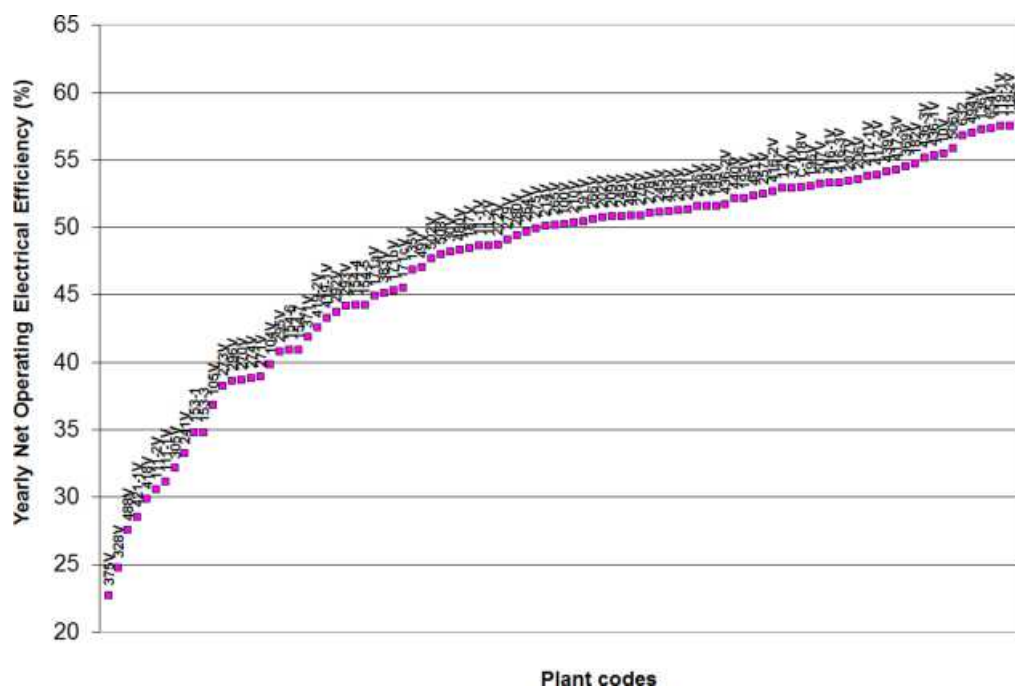
	Menovitý tepelný príkon spaľovacej jednotky (MW_{th})	Rok uvedenia do prevádzky	Prevádzková čistá elektrická účinnosť (%)	Prevádzková čistá celková spotreba paliva (%)
Plynový kotol – nie KVET	180	1 959–1 992	16	16
Plynový kotol – KVET	36–427	1 970–2 001	0	26
Plynová turbína s jednoduchým cyklom	140–430	1 987–2 008	20–39,5	20–39,5
Jednoduché cykly so zážihovým zapáľovaním (SG) alebo dvojité palivové motory – KVET	15	1 995–2 010	39	56
Kombinovaná plynová turbína – nie KVET	235–2 030	1 992–2 011	33,2–57,8	33,2–57,8
Kombinovaná plynová turbína – KVET (50–600 MW_{th})	57	1 992–2 009	22,8–46	44–94,5
Kombinovaná plynová turbína – KVET (> 600 MW_{th})	670–991	1 998–2 011	22,8–46	44–94,5
Zdroj: [3, LCP TWG 2012]				

Energetickú účinnosť jednotky je možné zvýšiť zvýšením teploty spaľovania plynových turbín. To nemusí viesť k zvýšeniu teploty výfukových plynov plynových turbín. V nových konštrukciách plynových turbín je možné optimalizovať podmienky výfukových plynov s cieľom optimalizovať celkový výkon kombinovaného cyklu. Ak je teplota výfukových plynov dostatočne vysoká, môže byť ekonomicky atraktívny systém ohrevu pary.

Na zlepšenie energetickej účinnosti plynových turbín možno použiť rôzne úpravy procesu. Napríklad regenerácia môže zvýšiť účinnosť prenosom odpadového tepla do výstupného vzduchu kompresora, čím sa zníži spotreba paliva, hoci to môže tiež viesť k určitému zníženiu výkonu. Pri kogenerácii sa energia uvoľnená v procese spaľovania využíva na výrobu elektrickej energie aj užitočného tepla (pozri oddiel 3.2.3.2). Kogenerácia v skutočnosti znižuje elektrickú účinnosť elektrárne, ale zvýšenie celkového využitia paliva môže tento pokles kompenzovať, ak je dopyt po teple z kogenerácie stabilný a dosahuje predpokladanú projektovú hodnotu. V elektrárnach s kombinovaným cyklom s HRSG sa používajú vysokokvalitné palivá, aby sa predišlo problémom s koróziou/eroziou.

Niektoré vplyvy môžu znižovať elektrickú účinnosť v reálnych prevádzkových cykloch, napríklad neefektívnosť kompresie a expanzie, strata tlaku počas dodávania a odvádzania tepla, zmeny merného tepla pracovnej kvapaliny v závislosti od teploty, neúplné spaľovacie zariadenia atď. [157, Molero de Blas 1995]

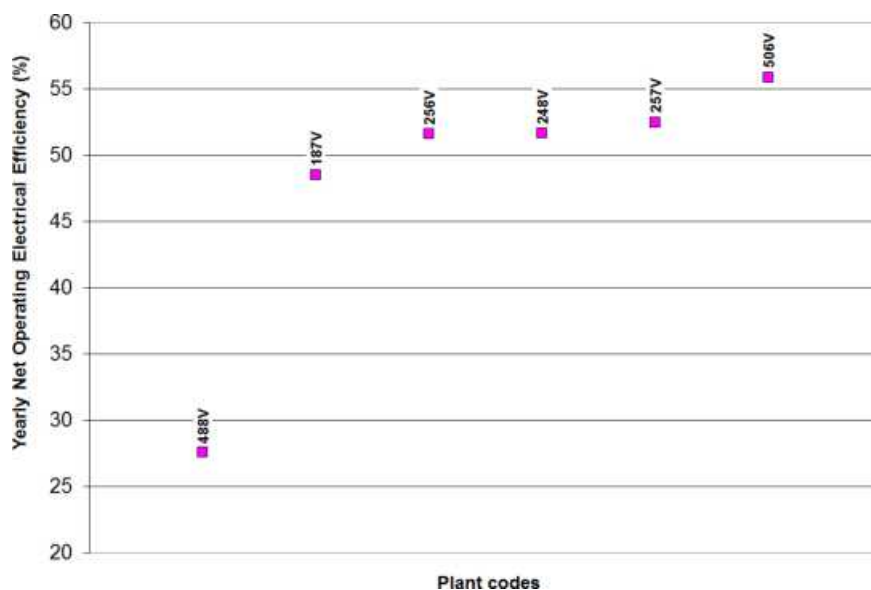
Obrázok 7.5 poskytuje prehľad prevádzkovej elektrickej účinnosti európskych CCGT navrhnutých na rôzne účely, od výroby elektriny po kombinovanú výrobu elektriny a tepla v priemyselných zariadeniach. Tieto prevádzkové účinnosti sú ročnými priemermi a pokrývajú celý rad rôznych situácií, ktoré môžu ovplyvniť účinnosť, napr. rôzne režimy a faktory zaťaženia, rôzne chladiace systémy, rôzny vek alebo klimatické podmienky (teplota, vlhkosť).



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

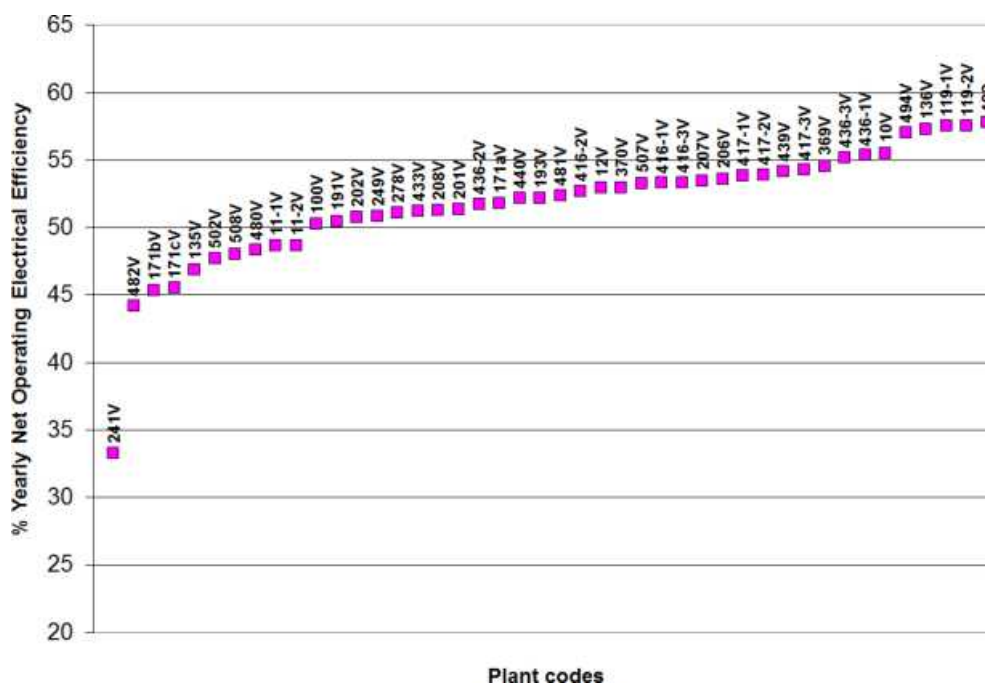
Obrázok 7.5: Čisté prevádzkové elektrické účinnosti CCGT v Európe v roku 2010

Obrázok 7.6 a obrázok 7.7 ilustrujú absenciu skutočného globálneho rozdielu v prevádzkovej elektrickej účinnosti medzi CCGT s doplnkovým spaľovaním a bez neho. V tomto dokumente sa medzi týmito dvoma typmi zariadení nerobí žiadne ďalšie rozlíšenie, pokiaľ ide o energetickú účinnosť. Na úrovni jednotlivých zariadení však inštalácia doplnkového spaľovania môže zvýšiť energetickú účinnosť. Závisí to od konštrukcie HRSG a použitého usporiadania doplnkového spaľovania. Konkrétne, energetická účinnosť sa môže zvýšiť len v prípade zvýšenia teploty a tlaku pary, a nie v prípade zvýšenia len množstva pary.



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

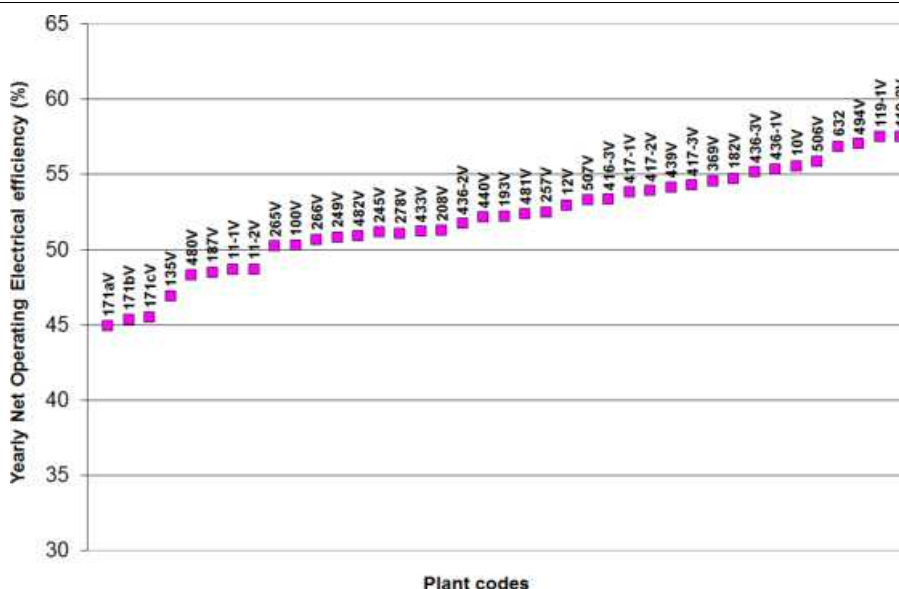
Obrázok 7.6: Čistá prevádzková elektrická účinnosť CCGT s doplnkovým spaľovaním v roku 2010



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

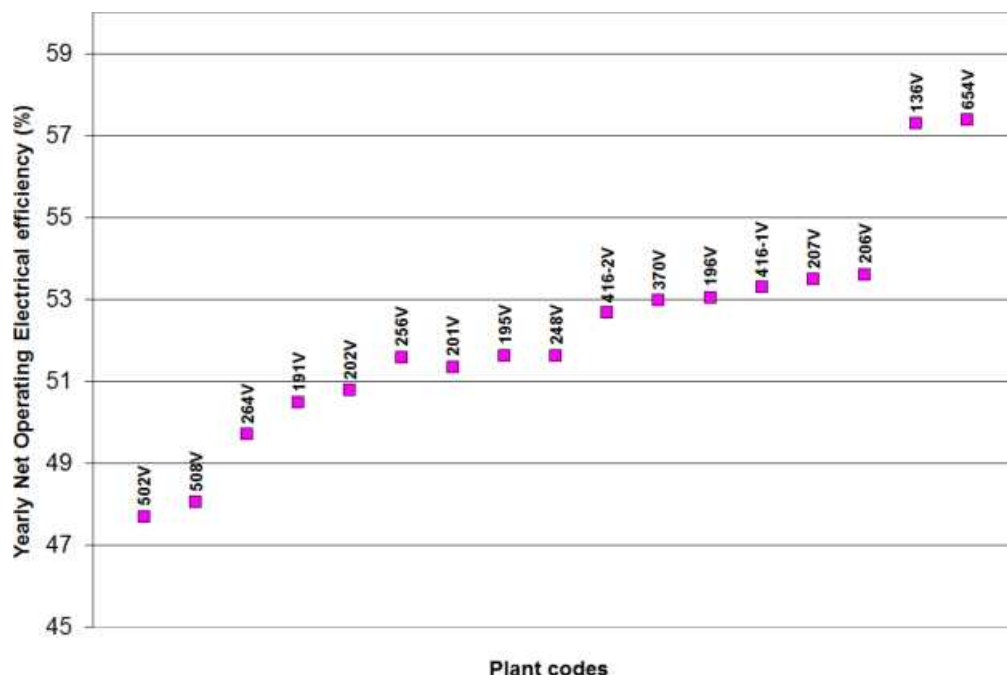
Obrázok 7.7: Čistá prevádzková elektrická účinnosť CCGT bez doplnkového spaľovania v roku 2010

Na obrázku 7.6 a obrázku 7.7 sa porovnáva prevádzková elektrická účinnosť CCGT prevádzkovaných $\geq 4\,000$ h/rok a CCGT prevádzkovaných medzi 1 000 h/rok a 4 000 h/rok. Keďže tieto dve kategórie zariadení majú rovnaký rozsah účinností, počet prevádzkových hodín za rok sa ďalej nezohľadňoval ako rozlišovací parameter energetickej účinnosti, pokiaľ sa zariadenia neprevádzkujú veľmi málo hodín (< 500 h/rok), v takom prípade nemusí byť ekonomicky rentabilné modernizovať existujúce jednotky nákladnými vylepšenými technikami.



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 7.8: Čistá prevádzková elektrická účinnosť CCGT vyrábajúcich iba elektrickú energiu prevádzkovaných $\geq 4\,000$ hodín v roku 2010

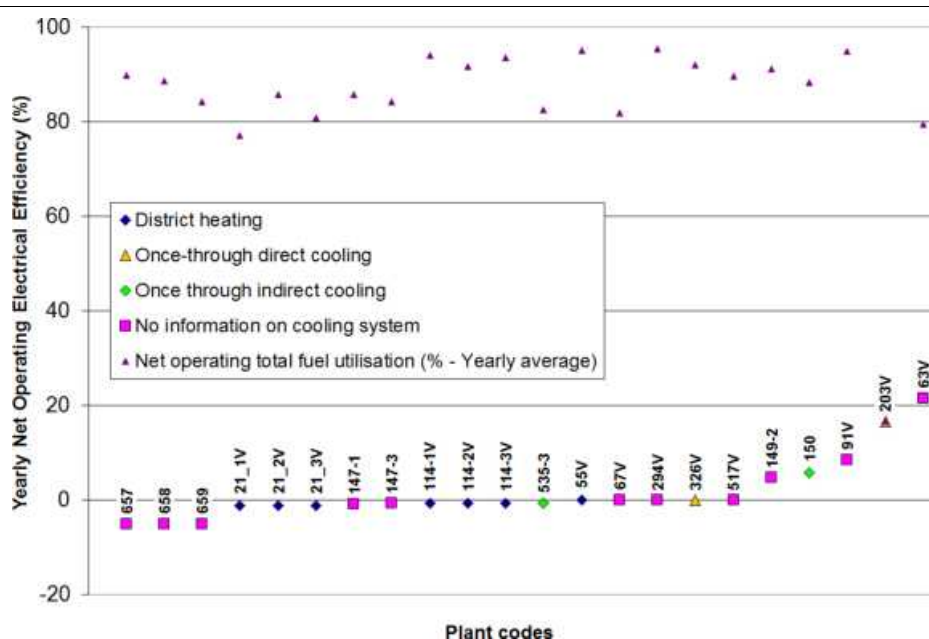


Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 7.9: Čistá prevádzková elektrická účinnosť CCGT vyrábajúcich iba elektrickú energiu < 4 000 hodín v roku 2010

Kotly na zemný plyn sa v Európe často používajú na výrobu teplej vody alebo pary pre diaľkové vykurovanie alebo na špecifické priemyselné účely, ako je chemický priemysel alebo rafinácia ropy. Ich elektrická účinnosť je preto veľmi nízka, alebo dokonca záporná, ak odoberajú elektrinu z elektrickej siete, ale majú vysokú úroveň využitia paliva.

Obrázok 7.10 ilustruje vysokú úroveň využitia paliva v kotloch na zemný plyn napriek ich nízkej elektrickej účinnosti.



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 7.10: Čistá prevádzková elektrická účinnosť a celkové využitie paliva v roku 2010 v kotloch na zemný plyn

7.1.2.2 Emisie do ovzdušia

V plynových spaľovacích zariadeniach je tvorba emisií NO_x spôsobená hlavne tvorbou termického NO_x . Túto tvorbu ovplyvňujú nasledujúce parametre [132, Rentz et al. 1999]:

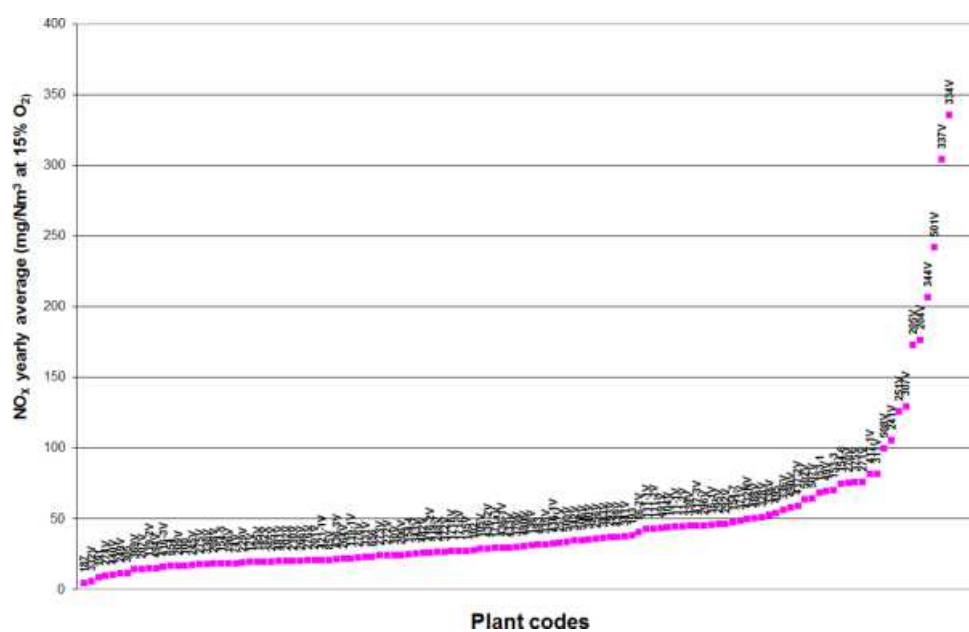
- **Zloženie paliva:** S rastúcim obsahom vodíka v palive rastú emisie NO_x . Vyšší obsah alkánov v zemnom plyne tiež vedie k zvýšeniu emisií NO_x . Vyšší obsah inertných látok okrem dusíka znižuje emisie NO_x .
- **Teplota plameňa:** Pri spaľovaní paliva a vzduchu v stechiometrickom pomere sa dosahuje najvyššia teplota plameňa, čo má za následok najvyššie emisie NO_x .
- **Doba zotrvania zmesi paliva a vzduchu v spaľovacej zóne:** Doba zotrvania sa dá skrátiť použitím väčšieho počtu horákov a konštantným prietokom paliva a vzduchu. Ide o spôsob, ako znížiť tvorbu NO_x , ktorý sa používal v počiatočnej fáze vývoja plynových turbín.
- **Atmosférické podmienky:** Zvýšenie vlhkosti spaľovacieho vzduchu tiež pomáha znížiť tvorbu NO_x . Tento efekt spôsobuje zníženie teploty plameňa, podobne ako vstrekovanie emulzie vody a paliva do spaľovacej komory plynových turbín.

Zmeny zaťaženia spaľovacieho zariadenia v reakcii na zmeny dopytu po energii môžu ovplyvniť úroveň emisií NO_x na základe vývoja uvedených fyzikálnych parametrov. Ďalšie podrobnosti nájdete v oddiele 3.1.15.

V prípade spaľovacích zariadení na zemný plyn sú emisie prachu a SO_2 veľmi nízke: zvyčajne výrazne pod 5 mg/Nm^3 v prípade prachu a výrazne pod 10 mg/Nm^3 v prípade SO_2 (15 % O_2), bez použitia akýchkoľvek technológií na úrovni zariadenia. Preto sa v zariadeniach na spaľovanie na zemný plyn zvyčajne nevykonáva nepretržité monitorovanie emisií SO_x a prachu.

Plynové turbíny

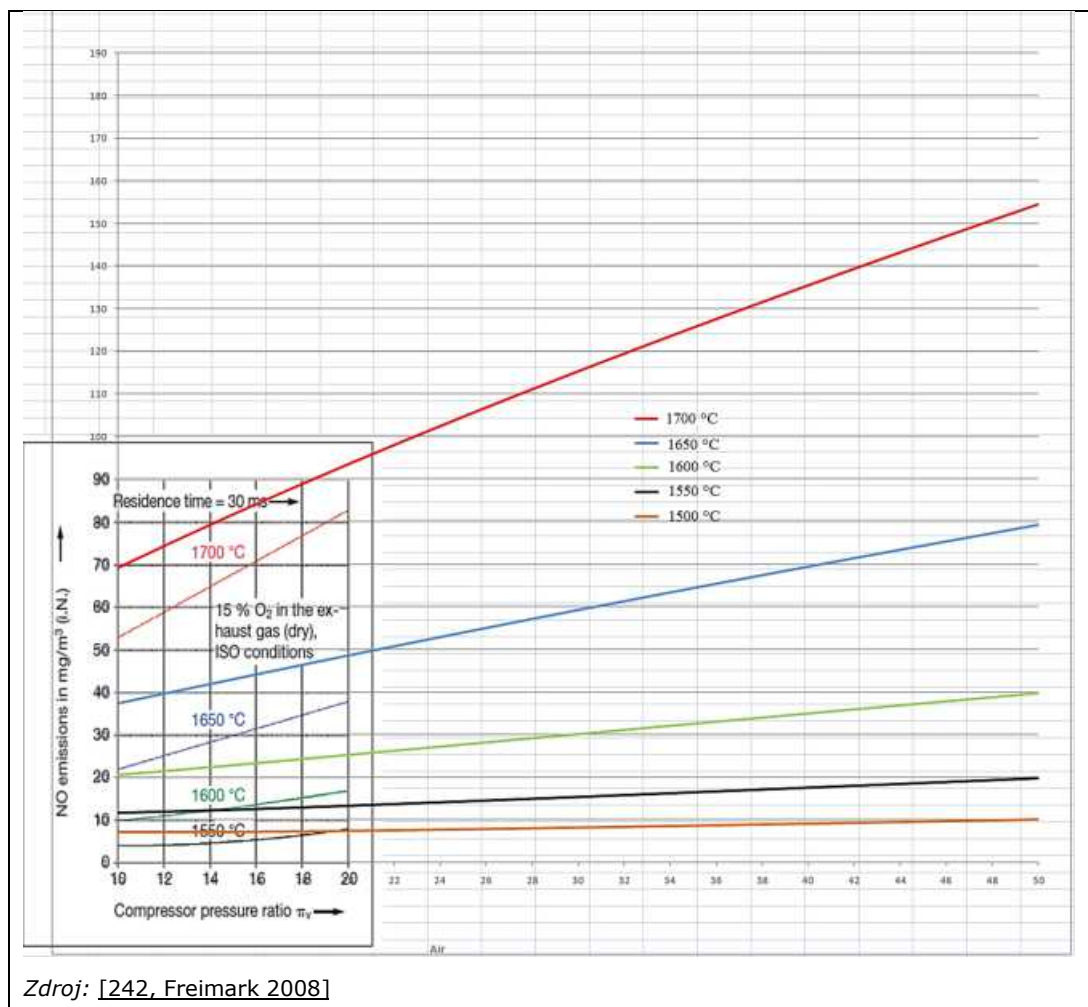
Obrázok 7.11 poskytuje všeobecný prehľad úrovni emisií NO_x na základe súboru údajov z európskych vzorových zariadení, bez ohľadu na použité techniky alebo spôsob prevádzky zariadení.



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 7.11: Emisie NO_x z európskych turbín spaľujúcich zemný plyn v roku 2010

Úrovně emisí NO_x závisia od typu plynových turbín a môžu byť ovplyvnené pri pokuse o zvýšenie energetickej účinnosti, pretože to vedie k vyšším teplotám spaľovania v plynových turbínach. S rastúcou teplotou majú emisie NO_x tendenciu rásť, a to oveľa rýchlejšie ako účinnosť výroby elektrickej energie. Pri teplotách spaľovania nad 1450°C sa tvorba NO_x exponenciálne zvyšuje s teplotou. Vplyv teploty a tlaku na tvorbu NO (hlavná zložka emisií NO_x) je znázornený na obrázku 7.12. Z obrázku vyplýva, že pri vysokých teplotách spaľovania zvýšenie teploty spaľovania o 50°C približne zdvojnásobí emisie NO . Technický vývoj smerom k vyššej účinnosti môže preto znamenať aj vyššie úrovne emisií NO_x v mg/Nm^3 .



Zdroj: [242, Freimark 2008]

Obrázok 7.12: Emisie NO ako funkcia tlaku pri rôznych teplotách spaľovania a dobe zotrvania v reakčnej zóne 30 ms

Aby bolo možné získať ucelený pohľad na environmentálne vlastnosti plynových turbín, t. j. vrátane emisií a elektrickej účinnosti, jednou z možností je zohľadniť špecifické emisie NO_x na každú vyrobenú MWh_e alebo zaviesť flexibilný faktor charakterizujúci rovnováhu medzi emisiami NO_x a energetickou účinnosťou zariadenia. Tento princíp korekčného faktora [algoritmus Eta] je znázornený v tabuľke 7.4, kde sú uvedené tri plynové turbíny s výkonom 100 MW_e s rôznou elektrickou účinnosťou a jednotnou úrovňou emisií $50 \text{ mg NO}_x/\text{Nm}^3$. Podľa tejto tabuľky menej účinné zariadenia vypúšťajú vyššie množstvo NO_x ako účinnejšie zariadenia, pričom obe dosahujú rovnaké úrovne emisií NO_x vyjadrené v koncentrácii (prípád 1), alebo zariadenia, ktoré vypúšťajú rovnaké množstvo emisií znečisťujúcich látok, ale sú účinnejšie, môžu profitovať z vyšších úrovní emisií vyjadrených v koncentrácii (prípád 2).

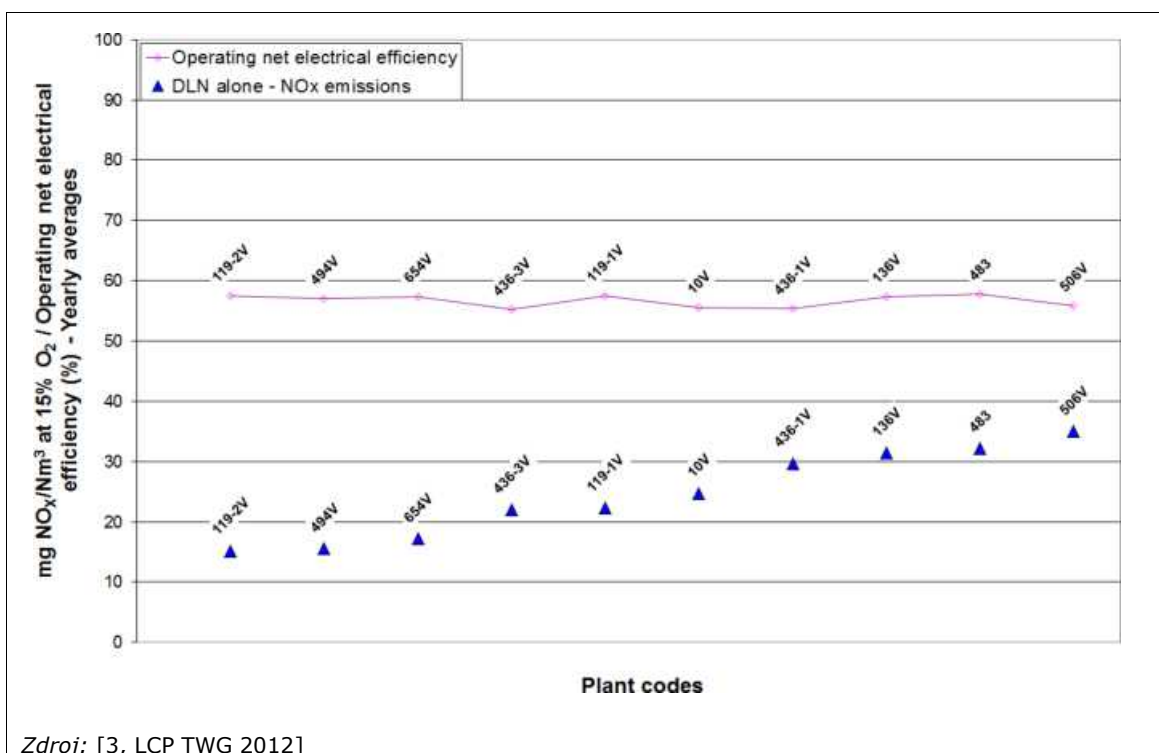
Tabuľka 7.4: Vypočítané špecifické emisie NO_x s úrovňami emisií 50 mg/Nm³

Elektrický výkon (MW _e)	Elektrická účinnosť, percentá	Tepelná kapacita (MW _{th})	Úrovně emisií NO _x (mg/Nm ³) prípad 1	Špecifické emisie NO _x (g/MWh _e) prípad 1	Úrovně emisií NO _x (mg/Nm ³) prípad 2	Špecifické emisie NO _x (g/MWh _e) prípad 2
100	35	286	50	433	50	433
100	38,5	260	50	394	55	433
100	42	238	50	360	60	433

Zdroj: [242, Freimark et al. 2008]

Moderné zariadenia s kombinovaným cyklom a suchými horákmi s nízkymi emisiami NO_x prekonal tento problém „kompromisu“ a dosahujú úrovne emisií NO_x 15–35 mg/Nm³ bez použitia technológií na znižovanie emisií NO_x na konci potrubia, pričom stále dosahujú vysokú prevádzkovú elektrickú účinnosť (viac ako 55 % v ročnom priemere). V prípade zariadení s otvoreným cyklom je zodpovedajúca elektrická účinnosť približne 39 % (napr. prevádzková čistá elektrická účinnosť dosiahnutá elektrárnami 16-1V a 16-2V).

Obrázok 7.13 uvádza údaje o príkladoch CCGT uvedených do prevádzky v rokoch 2007 až 2010, ktoré boli v prevádzke medzi 1 600 h/rok a viac ako 8 000 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 74 % a s prevádzkovou elektrickou účinnosťou nad 55 %. Pomer ročného priemeru NO_x (koncentrácia) k prevádzkovej elektrickej účinnosti sa pohybuje od 0,25 do 0,6 mg/Nm³.MW_e.

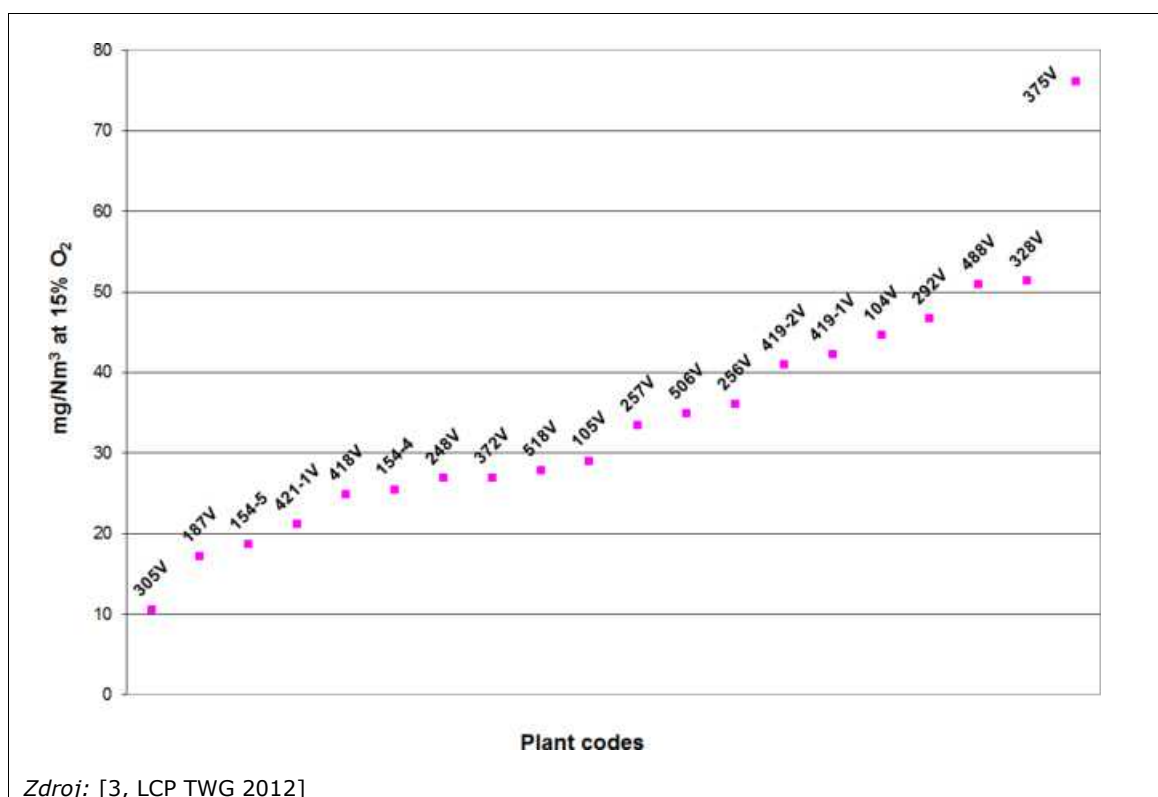


Obrázok 7.13: Príklad CCGT dosahujúcich nízke emisie NO_x a vysokú prevádzkovú elektrickú účinnosť

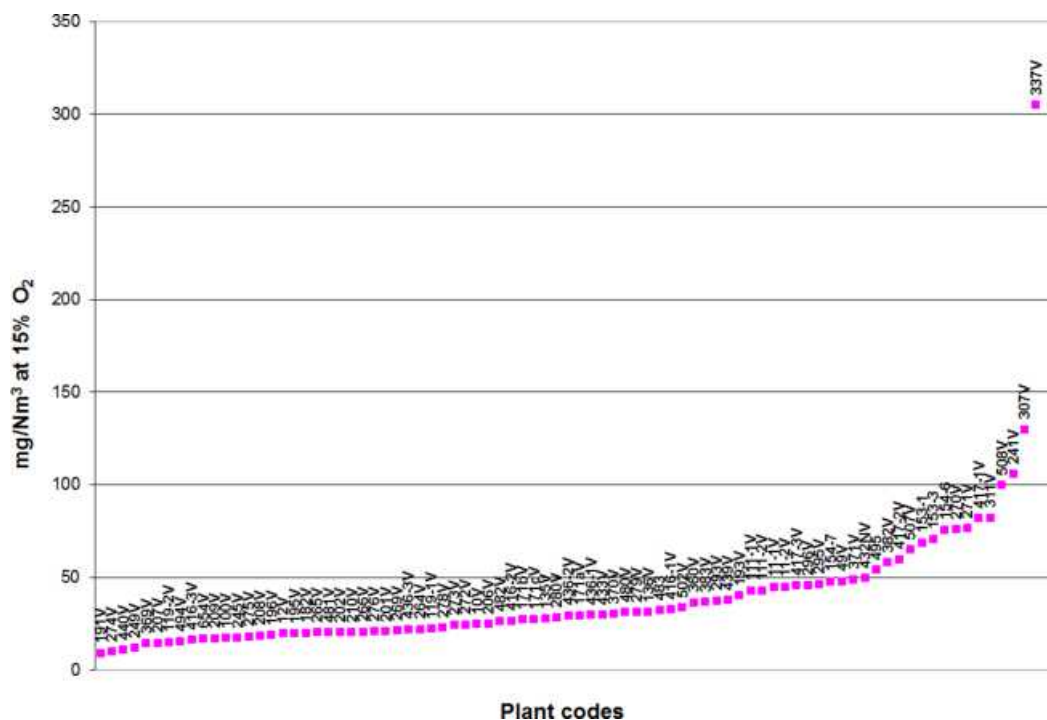
Emisie NO_x zo starších zariadení sa môžu pohybovať v rozmedzí od 50 mg/Nm³ do 75 mg/Nm³, alebo dokonca vyššie (veľmi staré plynové turbíny uvedené do prevádzky pred rokom 1990 môžu dosahovať úrovne až 350 mg/Nm³). V súčasnosti sú na trhu dostupné modernizačné balíky DLN, ktoré zabezpečujú emisie NO_x pod úrovňou 50 mg/Nm³. Nižšie emisie NO_x však môžu viesť k vyšším emisiám CO v týchto elektrárnach.

Keďže pri plynových turbínach vybavených technológiou SCR neboli zaznamenané žiadne závažné technické problémy s kotlami na odpadové teplo (kombinovaný cyklus/kogenerácia), technológiu SCR možno považovať za osvedčenú techniku na znižovanie emisií NO_x z plynových zariadení. Medzi nevýhody SCR patrí tlaková strata a z toho vyplývajúca strata účinnosti (zvýšenie CO_2), ako aj možné emisie amoniaku, ktoré je potrebné zohľadniť v integrovanom prístupe k prevencii znečistenia. Podľa [132, Rentz et al. 1999] sa v zariadení v Kalifornii pomocou SCR dosahujú emisie NO_x 20 mg/Nm^3 a menej. Na tomto mieste musia byť hodnoty emisií NO_x nižšie ako 20 mg/Nm^3 z dôvodu problémov s kvalitou ovzdušia počas väčšiny roka, vrátane extrémne vysokých koncentrácií ozónu alebo nepretržitých letných období smogu. V Japonsku a v Európe sa pri spaľovaní zemného plynu bežne dosahujú hodnoty 10 – 50 mg/Nm^3 (15 % O_2) pre veľké plynové turbíny (> 100 MW_{th}), a to hlavne použitím iba suchých systémov s nízkymi emisiami NO_x . V niektorých prípadoch v Rakúsku, Holandsku alebo Taliansku sa tiež zaviedlo SCR, čím sa dosiahli ročné priemerné koncentrácie NO_x v rozmedzí 14 mg/Nm^3 a 23 mg/Nm^3 .

Ako je znázornené na obrázku 7.14 a obrázku 7.15, emisie NO_x z CCGT vybavených doplnkovým spaľovaním na úrovni HRSG nie sú vyššie ako emisie z CCGT, ktoré týmto systémom vybavené nie sú, ako sa zdôrazňuje aj v dokumente [186, Spojené kráľovstvo 2013]. Preto sa v tomto dokumente nerobí žiadne ďalšie rozlíšenie medzi CCGT s doplnkovým spaľovaním a CCGT bez doplnkového spaľovania, pokiaľ ide o úrovne emisií NO_x .



Obrázok 7.14: Emisie NO_x (ročné priemery) z CCGT vybavených doplnkovým spaľovaním na úrovni HRSG



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 7.15: Emisie NO_x (ročné priemery) z CCGT bez doplnkového spaľovania na úrovni HRSG

Tabuľka 7.5 poskytuje prehľad rôznych úrovní emisií znečisťujúcich látok z európskych turbín spaľujúcich zemný plyn v roku 2010.

Tabuľka 7.5: Príklad emisií do ovzdušia z turbín spaľujúcich zemný plyn v roku 2010

Technika spaľovania	Menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	Emisie do ovzdušia (mg/Nm ³ – ročný priemer hodinových priemerov pri 15 % O ₂)			
		NO _x	Prach	CO	SO _x
Jednopalivová plynová turbína s otvoreným cyklom	13–690	6	0	2,4–225	0
Dvojpalivové plynové turbíny s otvoreným cyklom	150–300	40–180	NA	6	NA
Jednopalivová turbína s kombinovaným cyklom	18–770	10,5–305	0,007–7,7	0	0,0,5–2,9
Dvojpalivová turbína s kombinovaným cyklom	207–1815	9	0,06–1,2	0	0
Poznámka: NA: Nie je k dispozícii. Zdroj: [Zber údajov LCP TWG 2012]					

Plynové motory

Tabuľka 7.6 a tabuľka 7.7 uvádzajú úrovne emisií z niektorých príkladov motorových závodov.

Tabuľka 7.6: Príklady emisií NO_x pri stabilnom plnom zaťažení motora (15 % O₂)

Inštalácia	Použité palivo	NO _x (ako NO ₂) (¹) (mg/N m ³)	Priemerný prach (ISO 9096 alebo ekvivalentná metóda) (mg/Nm ³)	Poznámky
Plynový diesel (GD) v plynovom režime	Hlavné palivo: zemný plyn; pilotné palivo: ťažký vykurovací olej (2,9 hmotnostných % S, 0,05 hmotnostných % popolčeka, 9 hmotnostných % mikrouhlíkových rezíduí)	1584– 1612	10	120 MW _e zariadenie v Ázii
Plynový motor so zapaľovaním iskrou (SG)	NA	16	NA	5 MW _e zariadenie v severnej Európe
	NA	100– 280	NA	22 MW _{th} dvojtaktný motor používaný na mechanický pohon v Európe [zariadenie 166]
Zapaľovací plynový motor (SG) (s nízko emisnou úpravou)	NA	71	NA	40 MW _e zariadenie v Amerike. Spotreba paliva je o 3 % vyššia v porovnaní s „normálnym“ menovitým SG.
	NA	95–190 (²)	NA	Zapaľovacia sviečka v režime chudobnej zmesi [23, Fínsko 2012]
	NA	165	NA	Ročný priemer NO _x . Konceptia chudobnej zmesi. 54 MW _{th} maďarské zariadenie
	NA	109	NA	Konceptia chudobnej zmesi. 15 MW _{th} estónske zariadenie [zariadenie 40]
	NA	150	NA	Konceptia chudobnej zmesi. 18 MW _{th} maďarské zariadenie [zariadenie 186]
Zápalný plynový motor (SG)	NA	5	NA	SCR Čerstvé podmienky
	NA	27–28	NA	Ročný priemer NO _x . Konceptia chudobnej zmesi + SCR. 30/35 MW _{th} zariadenie v Taliansku
Dvojité palivové motory režim na plyn režim na naftu	< 0,05 hmotnostného % S, < 0,01 hmotnostného % popola	147– 177 1531– 1751	N A 6	5 MW _e zariadenie v severnej Európe
Dvojité palivové motory v režime plynu	NA	190–380 (²)	NA	[23, Fínsko 2012]
(1) Emisie NO_x uvedené pri 0 °C, 101,3 kPa, suchý plyn. (2) Motory SG využívajúce primárne opatrenia na zníženie emisií NO_x dosahujú úrovne približne 190 mg/Nm³ pri optimálnej tepelnej účinnosti a približne 100 mg/Nm³, ak je motor SG nastavený na nízke emisie NO_x na úkor zvýšenej spotreby paliva. Motory typu DF v režime plynu, ktoré používajú iba primárne techniky znižovania emisií NO_x, môžu byť pri kvalite zemného plynu s metánovým číslom (MN) vyšším ako 80 nastavené tak, aby dosahovali 190 mg/Nm³. Motor DF s vysokou účinnosťou (optimálna tepelná účinnosť) dosahuje úrovne emisií NO_x približne 380 mg/Nm³. Poznámka: NA: Nie je k dispozícii. Zdroj: [169, TWG 2006 LCP BREF 2003] [23, Fínsko 2012] [3, LCP TWG 2012] [243, EUROMOT 2016]				

Tabuľka 7.7: Príklad emisií NMVOC, CO a CH₄ hlásených európskymi motormi spaľujúcimi zemný plyn (15 % O₂)

Číslo závodu	Úrovně emisií (mg/Nm ³)		
	CH ₄ (¹)	CO	NMVOC
40	NA	44	4,4 (⁴)
166V	NA	85	NA
186-1V	212 (²)	100	NA
353V (³)	280	37	44
354V (³)	471	39	25

(1) Vyjadrené ako C pri plnom zaťažení.
 (2) Pravidelné monitorovanie raz ročne.
 (3) Typ dvojtaktného motora.
 (4) Táto úroveň emisií je spochybnená spoločnosťou Euromot na základe odhadu dodávateľa motorov.
 Poznámka:
 NA: Nie je k dispozícii.
 Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

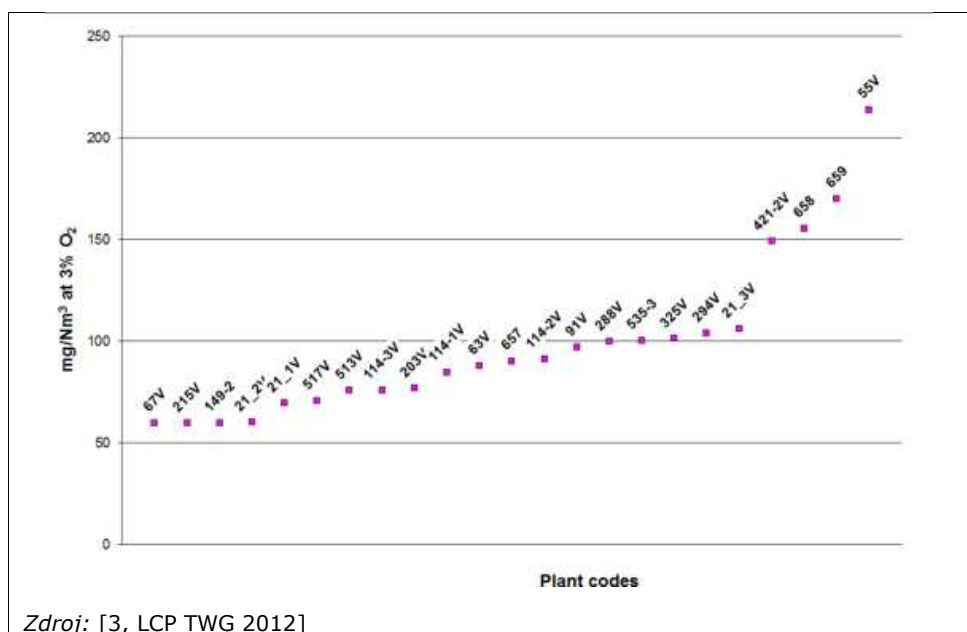
Ďalšie informácie o emisiách nespáleného uhlíka sú uvedené v oddiele 7.1.3.2.5.

Pri efektívnom spaľovaní plyných palív nevznikajú častice. Lokálne vplyvy však ovplyvňujú hladiny častíc na vstupe a môžu ovplyvňovať prevádzku/emisie plynových turbín. [269, GE 2002]

Plynové kotly

Kotly na zemný plyn sa používajú na rôzne účely v energetickom priemysle alebo na dodávku tepla/pary v špecializovaných odvetviach, ako je chemický, potravinársky a nápojový priemysel a celulózový a papierenský priemysel. Najčastejšie sa používajú primárne techniky, ako je stupňovanie vzduchu/paliva, recirkulácia spalín a horáky s nízkymi emisiami NO_x, vrátane horákov s ultranízkymi emisiami NO_x (ULNB) (pozri oddiel 3.2.2.3). Plynové kotly môžu byť pomerne staré, ale vo všeobecnosti je možné ich dodatočne vybaviť primárnymi technikami, aby sa zabránilo tvorbe emisií NO_x, alebo sekundárnymi technikami, ako sú SNCR alebo SCR, aby sa znížila tvorba NO_x.

Obrázok 7.16 poskytuje prehľad úrovní emisií NO_x z európskych plynových kotlov za rok 2010.



Obrázok 7.16: Emisie NO_x (ročné priemery) z európskych kotlov na zemný plyn v roku 2010

Obrázok 7.16 poskytuje prehľad rôznych úrovní emisií znečisťujúcich látok z európskych kotlov spaľujúcich zemný plyn v roku 2010.

Tabuľka 7.8: Príklad emisií do ovzdušia z kotlov na zemný plyn v roku 2010

Technika spaľovania	Menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	Emisie do ovzdušia (mg/Nm ³ – ročný priemer hodinových priemerov pri 3 % O ₂)			
		NO _x	Prach	CO	SO ₂
Plynový kotol	18	60	0,04–6,4	0	0,14–5,1

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

7.1.2.3 Emisie do vody

Prevádzka plynových elektrární vedie k vzniku nasledujúcich špecifických odpadových vôd:

- **Voda z čistenia, úniku a oplachovania:** voda z vypierania, úniku a oplachovania sa odvádza do kanalizácie cez odlučovač oleja. Množstvo je zvyčajne okolo 0,1 m³/h a môže byť kontaminované olejom. Ak je potrebné prepláchnuť potrubia, môže dôjsť k nárastu množstva odpadových vôd. V tomto prípade sa neočakáva prítomnosť oleja a kontaminácia pozostáva hlavne z usadenín. Kompresory plynových turbín je potrebné pravidelne čistiť vodou a čistiacim prostriedkom. Frekvencia čistenia lopatiek v prevádzke/mimo prevádzky závisí od typu a technológie filtrov prívodu vzduchu a od prostredia, v ktorom je plynová turbína prevádzkovaná. Ak je použitý vypierací prostriedok biologicky odbúrateľný, vypúšťa sa do povrchových vôd. Ak sú prítomné ťažké kovy, voda sa zbiera a likviduje mimo areálu autorizovaným dodávateľom.
- **Odkal'ovanie kotla:** voda z kotla, ktorá sa vypúšťa z kotla na účely údržby, sa zbiera a môže sa čistiť v neutralizačnej nádrži. Po neutralizácii sa voda vypúšťa do povrchových vôd. Voda z kotla je demineralizovaná voda s pridanými chemikáliami. Kotol sa vypúšťa podľa prevádzkových požiadaviek zariadenia; to môže byť niekoľkokrát ročne v závislosti od režimu údržby a výsledkov chemickej analýzy vody. Môže to závisieť aj od prevádzkového režimu, pričom zariadenia prevádzkované menej ako 4 000 hodín ročne sa pravdepodobne vypúšťajú častejšie. Obsah soli vo vodnom/parnom okruhu musí zostať v rámci špecifikácií, aby sa zabránilo usadzovaniu výparov a prehriatiu potrubí a aby sa zabránilo urýchlenej korózii. Aby sa hladina soli udržala v špecifikovanom rozsahu, kotlová voda sa pravidelne (ak je to potrebné) vypúšťa z bubna do chladiaceho vodného systému. V dôsledku toho vypúšťaná voda obsahuje nízke koncentrácie soli. Môže sa tiež recyklovať späť do chladiacej veže, aby sa ušetrila dopĺňaná voda.
- **Odpad z demineralizačnej prevádzky:** odpadové vody zo zariadenia na čistenie odpadových vôd sa zhromažďujú a neutralizujú pred vypustením do povrchových vôd. Niektoré časti odpadu z neutralizácie demineralizačnej prevádzky (napr. oplachovacia voda) sa môžu opätovne použiť ako voda na napájanie prevádzky.

Ak tieto prúdy obsahujú znečisťujúce látky (napr. kovy), môžu pred vypustením vyžadovať ďalšie čistenie.

7.1.2.4 Rezíduá zo spaľovania a iných procesov

Prevádzka plynových elektrární vedie k vzniku nasledujúcich špecifických rezíduí spaľovania a iných rezíduí zo zariadenia:

- **Pevné a kvapalné rezíduá:** Prevádzka plynových zariadení môže produkovať malé množstvá pevných a kvapalných rezíduí. Väčšina rezíduí je produktom vedľajších činností, ako je údržba a úprava vody. Odpadové látky súvisiace s týmito vedľajšími činnosťami môžu zahŕňať kovový šrot, použitý olej, obalové materiály, kvapaliny používané na umývanie kompresorov/plynových turbín, iónové výmenníky a aktívne uhlie.
- **Použitý olej:** Olej na riadenie plynových turbín/motorov a mazací olej sa zvyčajne menia každých desať rokov alebo v závislosti od výsledkov analýzy. Množstvo oleja pri každej výmene je približne 25 000 – 40 000 litrov na 400 MW_e jednotku v prípade plynových turbín a závisí od konkrétnej konfigurácie zariadenia (oddelené tesniace a výkonové olejové systémy, počet a typ ložísk atď.).
- **Čistiace kvapaliny:** Kvapaliny používané na umývanie kompresorov a plynových turbín sú syntetické detergenty rozpustené vo vode. Tieto kvapaliny sa používajú pravidelne na odstraňovanie nečistôt a usadenín mastnoty z lopatiek; čistenie sa vykonáva počas odstávok. Výsledné znečistené kvapaliny sa odosielajú autorizovanému spracovateľovi.
- **Chemikálie na demineralizáciu vody:** Zariadenia na demineralizáciu vody produkujú odpadové chemikálie a živice. Ak sa používa zariadenie na výmenu iónov, používané chemikálie sú kyselina chlorovodíková (alebo kyselina sírová) a hydroxid sodný. Soľ sa zvyčajne po neutralizácii vypúšťa do povrchových vôd. Živice sa menia raz za tri až päť rokov. Množstvo použitých chemikálií a odpadových živíc závisí od typu zariadenia, kvality surovej vody a množstva vyrobenej demineralizovanej vody.
- **Použitý katalyzátor:** Ak zariadenia používajú katalyzátor CO a/alebo systém SCR, každých niekoľko rokov vznikajú malé množstvá použitých katalyzátorov.

7.1.3 Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie zemného plynu v kotloch / motoroch / plynových turbínach

V tejto časti sú opísané techniky (alebo ich kombinácie) a súvisiace monitorovanie, ktoré sa považujú za vhodné na dosiahnutie vysokej úrovne ochrany životného prostredia pri činnostiach, na ktoré sa vzťahuje tento dokument. Opísané techniky zahŕňajú ako použitú technológiu, tak aj spôsob, akým sú zariadenia navrhnuté, postavené, udržiavané, prevádzkované a vyradované z prevádzky.

Zahŕňa techniky integrované do procesu a techniky na konci potrubia. Zohľadňuje sa aj prevencia a nakladanie s odpadom, vrátane postupov minimalizácie a recyklovania odpadu. Okrem toho sa zaoberá technikami na zníženie spotreby surovín, vody a energie.

Príloha III k smernici o priemyselných emisiách uvádza rad kritérií na určenie BAT a informácie v tejto kapitole sa zaoberajú týmito hľadiskami. Pokiaľ je to možné, na opis informácií o každej technike sa používa štandardná štruktúra tabuľky 3.4, aby bolo možné porovnať techniky a posúdiť ich podľa definície BAT uvedenej v smernici o priemyselných emisiách.

Táto časť nemusí obsahovať vyčerpávajúci zoznam techník, ktoré by sa mohli v tomto sektore uplatňovať. Môžu existovať alebo môžu byť vyvinuté aj iné techniky, ktoré by sa mohli zohľadniť pri určovaní BAT pre jednotlivé zariadenia.

V tejto časti sú techniky, ktoré sa majú zvážiť, podrobne opísané len vtedy, ak sú špecifické pre dané spaľované palivo alebo použitý proces spaľovania (spaľovanie zemného plynu). V skutočnosti sú všeobecné opisy väčšiny techník už uvedené v kapitole 3. Aby sa zabránilo opakovaniu, v prípade všeobecných techník, ktoré sú už opísané v kapitole 3, sa v súhrnných tabuľkách uvádzajú len doplňujúce informácie, ktoré sú špecifické pre spaľovanie zemného plynu.

7.1.3.1 Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti zariadení spaľujúcich zemný plyn

Energetická účinnosť je zvyčajne najvyššia, keď je zariadenie prevádzkované pri projektovaných parametroch. Energetická účinnosť sa zvyčajne mení počas prevádzkového obdobia elektrárne a môže ju ovplyvniť napríklad zmena zaťaženia počas prevádzky, kvalita paliva atď. Energetická účinnosť závisí aj od chladiaceho systému zariadenia a od spotreby energie systému čistenia spalín. Použitie vysokoúčinných plynových turbínových systémov môže mať vedľajšie účinky, ako sú vibrácie a vyššie krátkodobé emisie NO_x.

7.1.3.1.1 Všeobecné techniky na zvýšenie energetickej účinnosti jednotiek spaľujúcich zemný plyn

Informácie o všeobecných technikách na zvýšenie energetickej účinnosti spaľovacích jednotiek sú uvedené v oddiele 3.2.3. Tabuľka 7.9 obsahuje ďalšie informácie špecifické pre spaľovanie zemného plynu. Ďalšie informácie o vplyvoch na životné prostredie, environmentálnych vlastností a prevádzkových údajoch sú uvedené za tabuľkou.

Tabuľka 7.9: Všeobecné techniky na zvýšenie energetickej účinnosti kotlov, plynových turbín a motorov spaľujúcich zemný plyn

Technika	Opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické aspekty relevantné pre použiteľnosť		Hnacie sily implementácie
					Nové jednotky	Existujúce jednotky	
Spaľovací cyklus (kotel)							
Kogenerácia tepla a elektriny (KVET)	Kogenerácia tepla a elektriny (KVET) – pozri oddiel 3.2.3.2	Zvýšená energetická účinnosť (využívanie paliva)	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Všeobecne použiteľné v rámci obmedzení spojených s miestnou spotrebou elektrickej energie a tepla, okrem prípadov prevádzky < 1 500 h/rok	Obmedzená použiteľnosť (závisí hlavne od dopytu po teple)	Európska smernica o energetickej účinnosti – článok 14
					Vhodnosť použitia plynových turbín/motorov v kogeneračných zariadeniach čiastočne súvisí s relatívne nízkymi investičnými nákladmi a vysokou účinnosťou cyklu, ktorú ponúkajú. Náklady spojené s prípravou nového zariadenia na kogeneráciu však môžu byť značné. Použiteľnosť môže byť obmedzená v prípade plynových turbín pre mechanický pohon s nepredvídateľným prevádzkovým teplotným profilom		
Použitie pokrokových materiálov	Použitie pokrokových materiálov na dosiahnutie vysokých prevádzkových teplôt a tým zvýšenia účinnosti parných turbín – pozri aj oddiel 3.2.3.5	Zvýšená energetická účinnosť	Používané v nových zariadeniach	Žiadne	Všeobecne použiteľné	Neaplikovateľné	NA
Dvojitý ohrev	Pozri oddiel 3.2.3.6	Zvýšená energetická účinnosť	Používa sa hlavne v nových zariadeniach	Žiadne	Všeobecne použiteľné	Neaplikovateľné	NA
Predohrev napájacej vody pomocou spätného získavania tepla	Pozri oddiel 3.2.3.7	Zvýšená energetická účinnosť	NA	Žiadne	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť sa posudzuje individuálne v závislosti od konfigurácie zariadenia a množstva využiteľného tepla.	NA
					Platí len pre parné okruhy, nie pre horúce kotly.		

Zdokonalený kontrolný systém	Pokročilé počítačové riadenie podmienok spaľovania na účely a environmentálnej výkonnosti spaľovacej jednotky – pozri aj oddiel 3.2.3.8	Zvýšená energetická účinnosť	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Všeobecne použiteľné	NA	
Akumulácia tepla (skladovanie tepla) v režime KVET	Pozri oddiel 3.2.3.9	NA	NA	NA	Použiteľnosť môže byť obmedzená v prípade nízkej potreby tepelného zaťaženia.		NA
Plynové turbíny							
Predohrev vzduchu	Predohrev spaľovacieho vzduchu pred spaľovaním, po jeho stlačení – pozri oddiel 3.2.3.4	Zvýšená energetická účinnosť	Vysoká prevádzková skúsenosť	Emisie NO _x majú tendenciu stúpať	Všeobecne platné v rámci obmedzení súvisiacich s potrebou znižovania emisií NO _x		NA
Pokročilý kontrolný systém	Pokročilé počítačové riadenie plynových turbín a následných rekuperačných kotlov – pozri oddiel 3.2.3.8	Zvýšená energetická účinnosť	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Všeobecne použiteľné	NA	NA
Použitie pokrokových materiálov	Zvýšenie vstupnej teploty plynových turbín a tlaku kompresora je možné dosiahnuť použitím pokrokových materiálov pre plynové turbíny, efektívnych chladiacich technológií a tepelnoizolačných povlakov – pozri aj oddiel 3.2.3.5.	Zvýšená energetická účinnosť	NA	Žiadne	Všeobecne použiteľné	Neaplikovateľné	NA

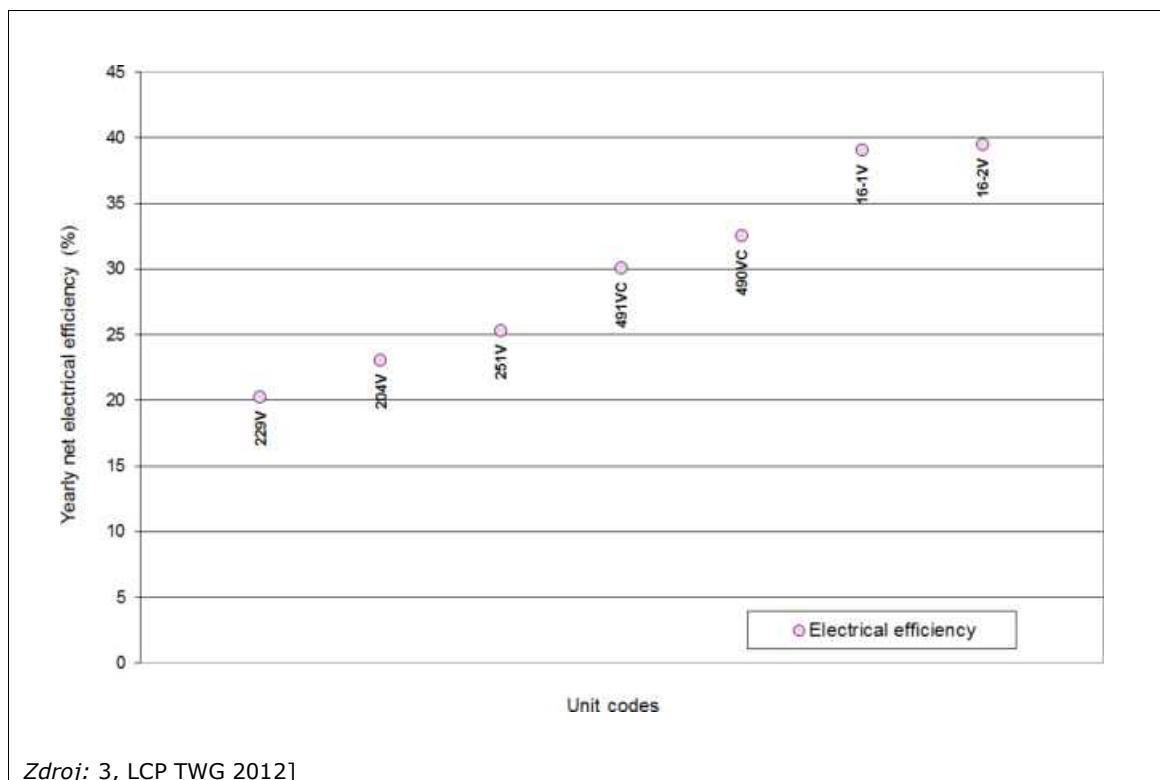
Plynové turbíny a motory							
Kombinovaný cyklus	Pozri oddiel 3.2.3.11	Zvýšená energetická účinnosť	NA	NA	Všeobecne platné, okrem prípadov prevádzky < 1 500 h/rok	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s konštrukciou parného cyklu a dostupným priestorom. Nevzťahuje sa na plynové turbíny a motory prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne. Nevzťahuje sa platí na plynové turbíny s mechanickým pohonom prevádzkované v prerušovanom režime s rozšírenými zmenami zaťaženia a častými spúšťaním a vypínaním	NA
Predbežná úprava paliva							
Predohrev paliva	Predohrev palivového plynu využitím energie odpadového plynu – pozri aj oddiel 3.2.3.18	Vyššia účinnosť	NA	Emisie NO _x majú tendenciu sa zvyšovať	NA	NA	NA
					Všeobecne použiteľné v rámci obmedzení súvisiacich s konštrukciou kotla a potrebou regulovať emisie NO _x		
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.							

Medzizložkové vplyvy v prípade CCGT

V prípade CCGT môžu navrhované techniky priniesť len marginálne zlepšenie celkovej účinnosti kombinovaného cyklu. Treba tiež poznamenať, že zlepšenie účinnosti plynových turbín môže tiež viesť k zníženiu účinnosti parného cyklu. Celkové zlepšenie energetickej účinnosti celého cyklu môže byť preto menšie ako zlepšenie účinnosti samotnej plynovej turbíny.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Obrázok 7.17 znázorňuje prevádzkovú elektrickú účinnosť niektorých príkladov európskych plynových turbín s otvoreným cyklom spaľujúcich zemný plyn. Tieto európske plynové turbíny majú výkon približne 150 MW_{th} a prevádzkujú sa medzi 100 h/rok a 1 100 h/rok s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 66 %. Ich priemerné ročné koncentrácie emisií do ovzdušia sú nižšie ako 50 mg/Nm³ pre NO_x a nižšie ako 80 mg/Nm³ pre CO. Boli uvedené do prevádzky v rokoch 1987 (zariadenie 204) až 2008 (zariadenia 16-1 a 16-2).



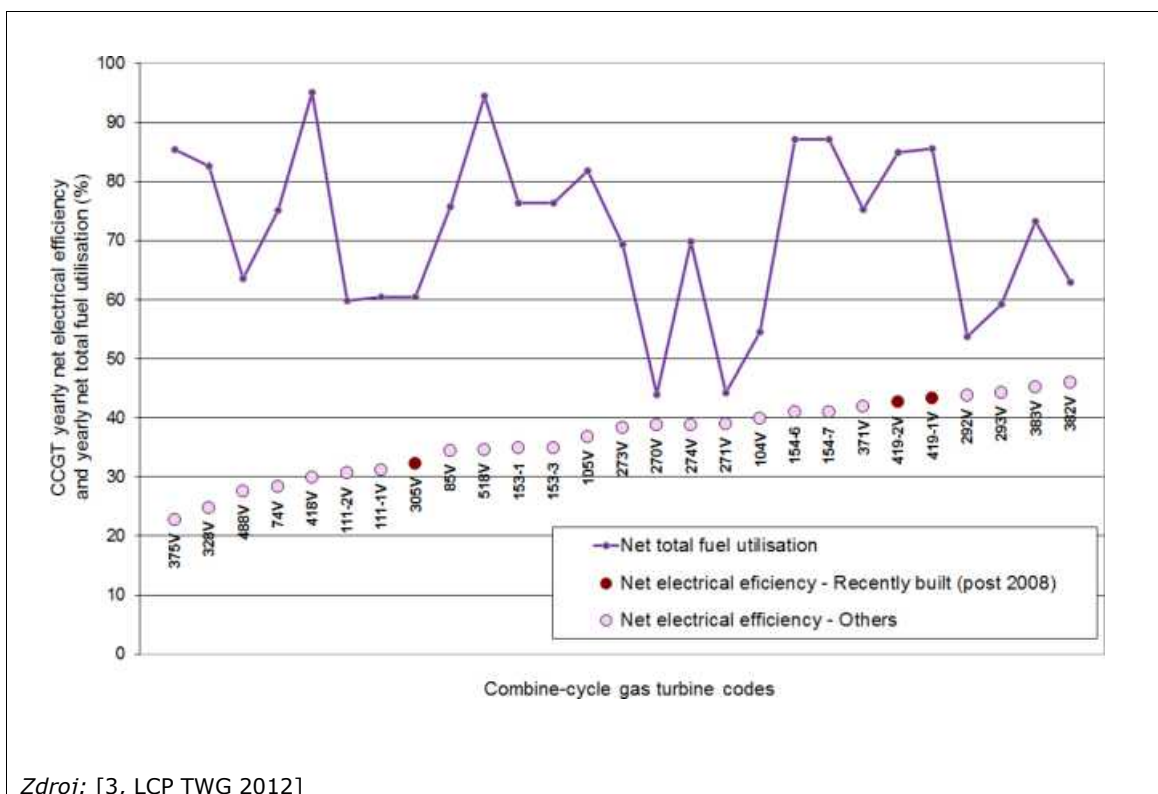
Obrázok 7.17: Typické čisté prevádzkové elektrické účinnosti v roku 2010 európskych plynových turbín s otvoreným cyklom spaľujúcich zemný plyn

Obrázok 7.18 a obrázok 7.19 ukazujú prevádzkovú elektrickú účinnosť niektorých príkladov európskych plynových turbín s kombinovaným cyklom, ktoré spaľujú zemný plyn a dodávajú teplo a elektrickú energiu. Tieto jednotky boli navrhnuté primárne na výrobu priemyselnej alebo domácej vykurovacej kvapaliny. Preto je ich elektrická účinnosť nižšia ako v prípade CCGT, ktoré vyrábajú len elektrickú energiu. Okrem toho možno rozlíšiť dve skupiny veľkostí zariadení: medzi 50 MW_{th} a 600 MW_{th} a nad 600 MW_{th}. Celkové využitie paliva závisí od dopytu po teple a od typu činnosti.

Obrázok 7.18 znázorňuje prevádzkovú energetickú účinnosť jednotiek CCGT KVET s výkonom medzi 50 MW_{th} a 600 MW_{th}, ktoré sú prevádzkované spravidla viac ako 4 000 hodín ročne, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia medzi 55 % a 93 %. Dosahujú ročné koncentrácie emisií do ovzdušia nižšie ako 75 mg/Nm³ pre NO_x a vo všeobecnosti nižšie ako 30 mg/Nm³ pre CO. Tieto zariadenia boli uvedené do prevádzky v období od polovice 90. rokov do roku 2011 a prevádzkujú sa v rôznych odvetviach, ako je celulózový a papierenský priemysel, potravinársky a nápojový priemysel a chemický priemysel, alebo na výrobu energie pre elektrickú energiu a diaľkové vykurovanie.

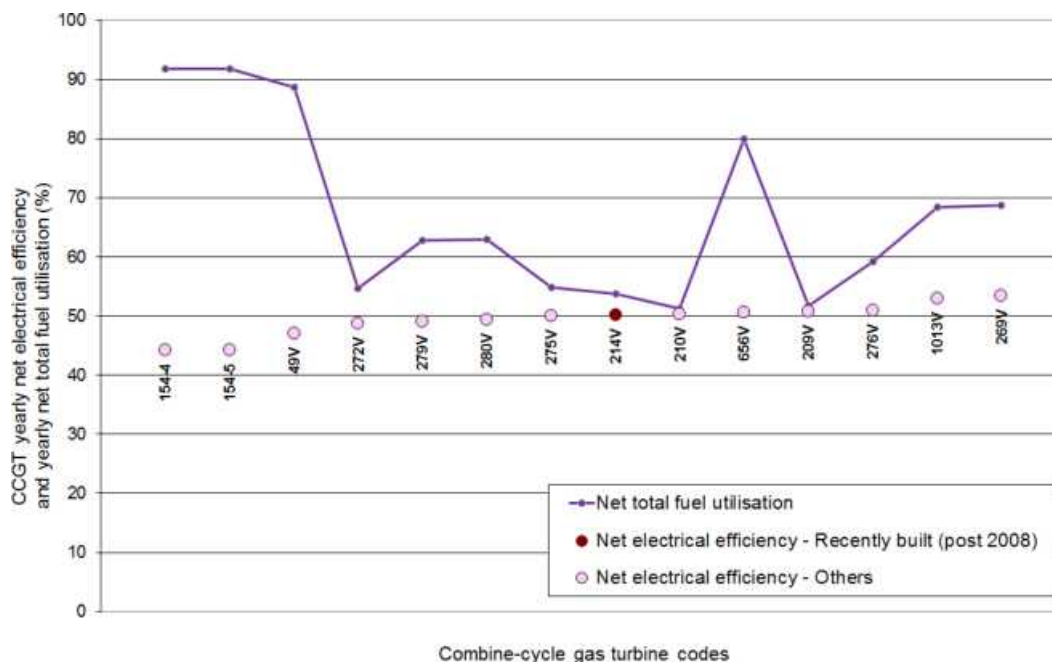
Keďže sa zdá, že elektrická účinnosť podobných zariadení väčších rozmerov je mierne odlišná, sú uvedené samostatne. Zariadenie 74 prešlo úpravami konštrukcie častí plynových turbín (inštalácia vnútorných kefových tesnení), čo umožnilo zlepšenie tepelnej energie o 2 percentuálne body.

Obrázok 7.19 ukazuje prevádzkovú energetickú účinnosť jednotiek CCGT KVET s výkonom viac ako 600 MW_{th}, ktoré sú v prevádzke viac ako 4 000 hodín ročne, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 70 %, pričom dosahujú ročné koncentrácie emisií do ovzdušia vo všeobecnosti pod 32 mg/Nm³ pre NO_x a pod 5 mg/Nm³ pre CO. Tieto elektrárne boli uvedené do prevádzky v rokoch 2000 až 2011 a prevádzkujú sa ako elektrárne KVET v priemyselných odvetviach, ako je chemický priemysel, alebo na výrobu elektrickej energie a diaľkové vykurovanie. Keďže sa zdá, že elektrická účinnosť podobných elektrární menších rozmerov je mierne odlišná, sú uvedené samostatne.



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

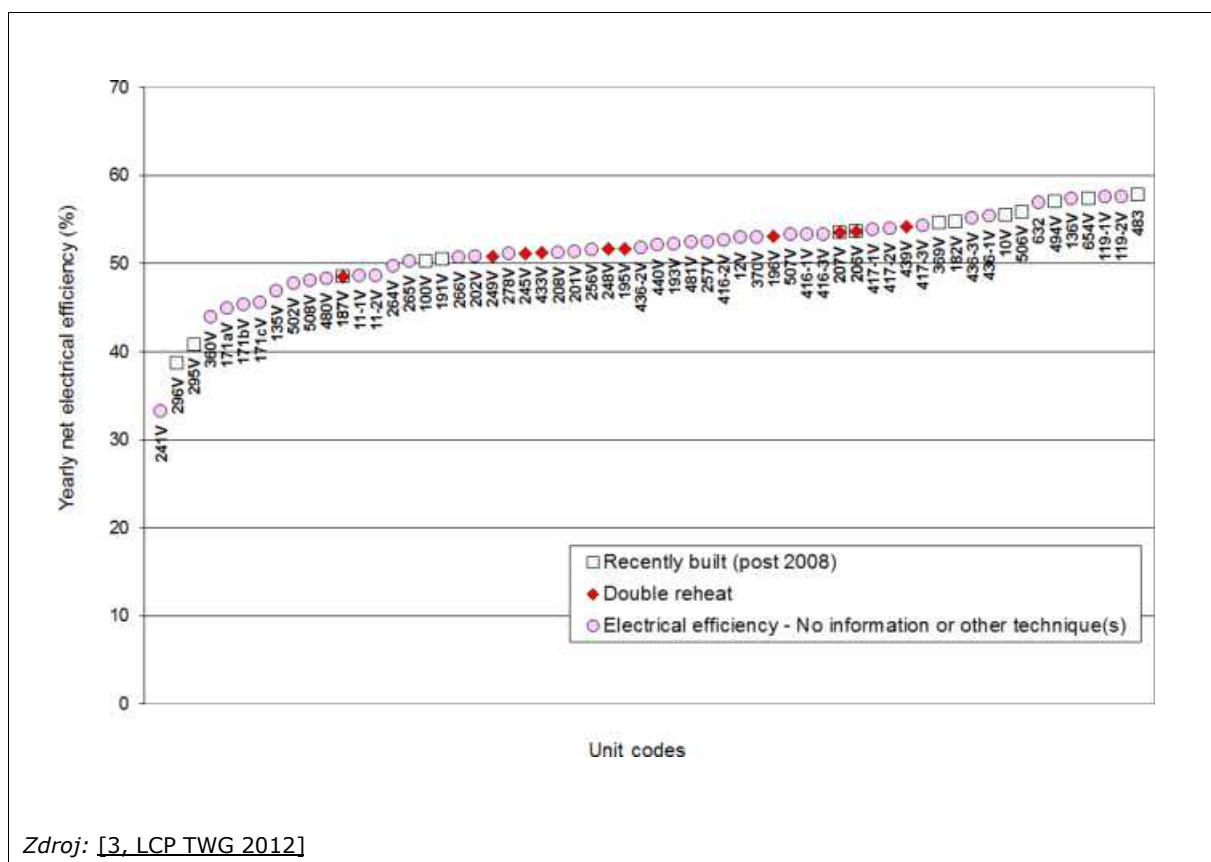
Obrázok 7.18: Typická čistá prevádzková energetická účinnosť v roku 2010 európskych plynových turbín s kombinovaným cyklom spaľujúcich zemný plyn, ktoré vyrábajú teplo a elektrinu (zariadenia s výkonom od 50 MW_{th} do 600 MW_{th})



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 7.19: Typická čistá prevádzková energetická účinnosť v roku 2010 európskych plynových turbín s kombinovaným cyklom spaľujúcich zemný plyn, ktoré vyrábajú teplo a elektrinu (zariadenia s výkonom > 600 MW_{th})

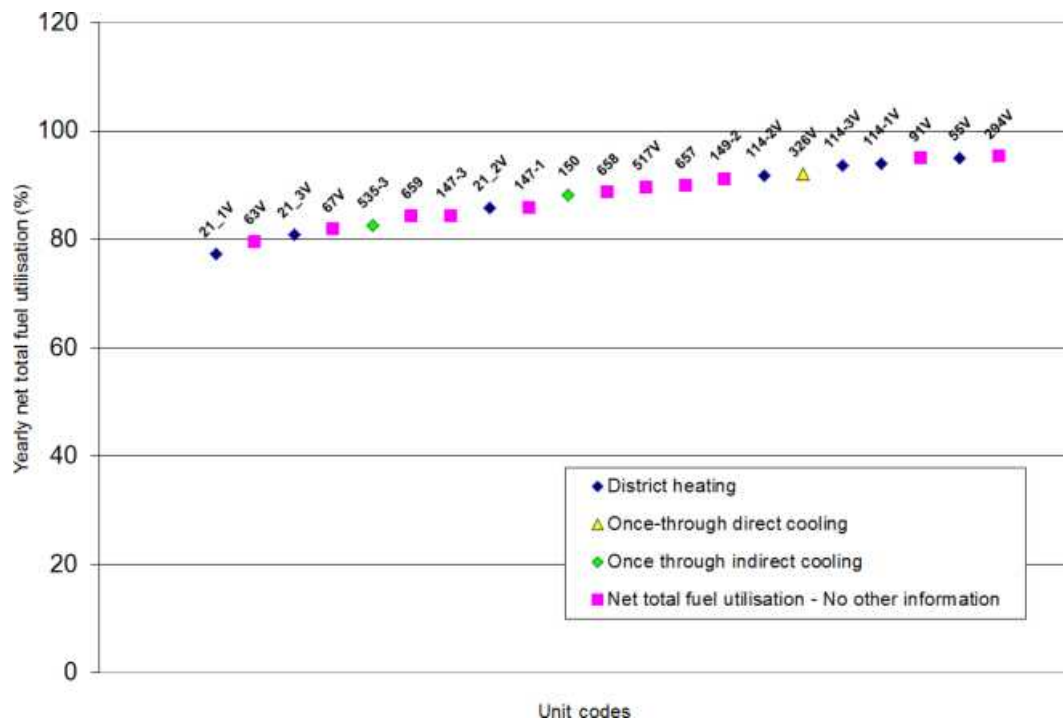
Ako už bolo spomenuté, zariadenia, ktoré vyrábajú iba elektrinu, majú vo všeobecnosti vyššiu čistú prevádzkovú účinnosť ako zariadenia s kombinovanou výrobou elektriny a tepla. Obrázok 7.20 znázorňuje ročnú čistú prevádzkovú účinnosť európskych CCGT, a to pre nedávno postavené zariadenia (preto s očakávaným zlepšením z hľadiska materiálov použitých v konštrukcii prietokovej dráhy) a pre zariadenia vybavené systémom dvojitého ohrevu pary s cieľom zlepšiť parametre pary. Tieto zariadenia majú menovitý tepelný príkon nad 350 MW_{th}, s výnimkou zariadení 295-296 (235 MW_{th}). Prevádzkujú sa v režimoch s premenlivým zaťažením medzi 1 100 h/rok a > 8 000 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia medzi 29 % a 99 %. Všeobecne dosahujú ročné koncentrácie emisií do ovzdušia nižšie ako 55 mg/Nm³ pre NO_x a nižšie ako 5 mg/Nm³ pre CO. Boli uvedené do prevádzky medzi začiatkom 90. rokov a rokom 2011 a všeobecne sa používajú na dodávku energie do elektrickej siete (jedno zariadenie dodáva energiu chemickému závodu). Treba poznamenať, že zariadenia 295-296 prevádzkujú menej ako 2 000 hodín ročne a majú početné obdobia spúšťania a vypínania (250 hodín ročne) a že zariadenie 241 je zariadením s maximálnym zaťažením, ktoré prevádzkuje len 121 hodín ročne. Tieto zariadenia majú tiež vyššie úrovne emisií CO (až 50 mg/Nm³) ako ostatné.



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

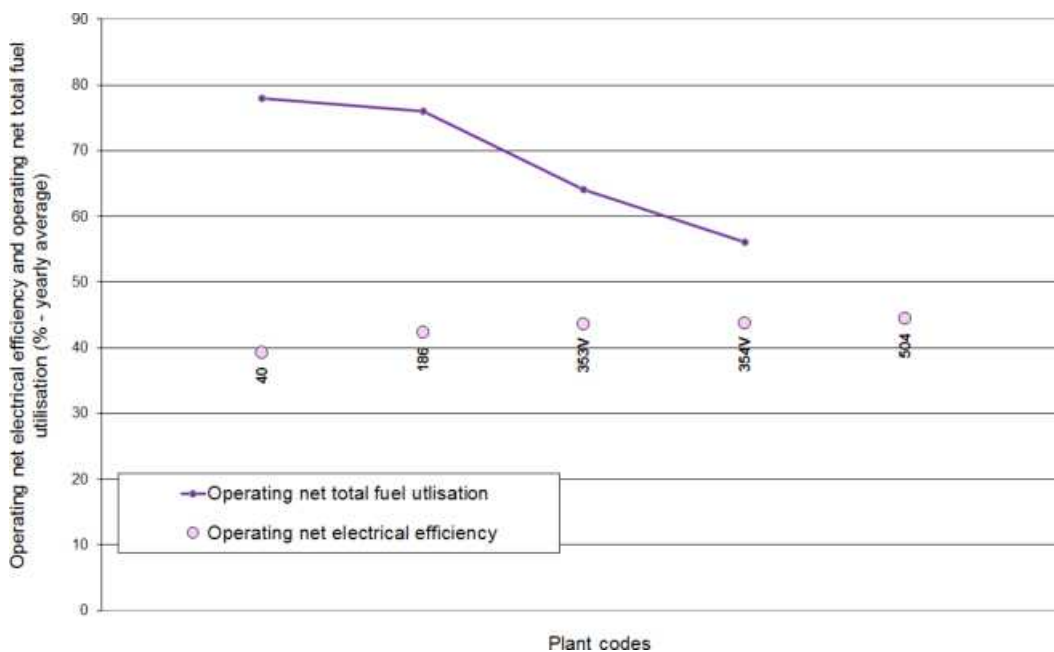
Obrázok 7.20: Typické čisté prevádzkové elektrické účinnosti v roku 2010 európskych plynových turbín s kombinovaným cyklom spaľujúcich zemný plyn, ktoré vyrábajú iba elektrickú energiu

V prípade plynových kotlov je vhodnejšie posudzovať čistú celkovú spotrebu paliva namiesto čistej elektrickej účinnosti, keďže väčšina z nich sú kotly pre verejné služby. Obrázok 7.21 uvádza referenčné hodnoty pre európske zariadenia s výkonom medzi 20 MW_{th} a 450 MW_{th}, ktoré sa prevádzkujú medzi 70 h/rok a > 8 000 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia medzi 12 % a 92 %. Boli uvedené do prevádzky v rokoch 1966 až 2008.



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 7.21: Typická prevádzková čistá celková spotreba paliva v roku 2010 v európskych kotloch spaľujúcich zemný plyn



Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 7.22: Typická čistá prevádzková energetická účinnosť európskych motorov spaľujúcich zemný plyn v roku 2010

Okrem týchto prevádzkových úrovní boli predložené informácie o čistých úrovniach energetickej účinnosti:

- V prípade mechanických pohonov bola zo súboru 19 zariadení hlásená čistá projektová mechanická účinnosť v rozmedzí od 25 % do 41 %. S výnimkou dvoch zariadení s úrovňou účinnosti 25 % a 29 % majú všetky ostatné zariadenia úroveň účinnosti nad 33,5 %. Príkladom sú zariadenia uvedené do prevádzky v nedávnej dobe, ktoré dosahujú úrovne vyššie ako 36,5 % (napr. zariadenia 335, 336, 341).
- V prípade plynových turbín s otvoreným cyklom boli zaznamenané čisté konštrukčné elektrické účinnosti medzi 33 % a 41,5 %.
- V prípade CCGT, ktoré vyrábajú iba elektrickú energiu, 39 starších zariadení uviedlo čistú projektovú elektrickú účinnosť medzi 47 % a 59,7 % a tri zariadenia uvedené do prevádzky po roku 2010 uviedli účinnosť medzi 57 % a 60,5 %.
- V prípade zariadení CCGT KVET 12 starších zariadení hlásilo čistú projektovú celkovú účinnosť paliva medzi 67 % a 89 % a jedno zariadenie uvedené do prevádzky po roku 2010 hlásilo 81 %. V tomto prípade je potrebné poznamenať, že:
 - prevádzková účinnosť uvedená v predchádzajúcich číslach je niekedy komplexnejšia ako táto séria údajov;
 - v prípade zariadení, ktoré sú viac orientované na výrobu elektriny, sa očakáva rovnaká čistá elektrická účinnosť ako v prípade zariadení, ktoré vyrábajú iba elektrinu;
 - môže sa stať, že potenciálny miestny dopyt po teple je príliš nízky na to, aby sa dosiahli vysoké úrovne čistej projektovej celkovej spotreby paliva.
- Kombinované paroplynové zariadenia s výkonom medzi 50 MW_{th} a 600 MW_{th} sú o niečo menej efektívne ako zariadenia s výkonom nad 600 MW_{th}.
- Štyri kotly vykázali čistú projektovú celkovú účinnosť paliva medzi 87 % a 95 %.
- Zariadenie 186-1 uviedlo čistú projektovú celkovú účinnosť

hodnotu paliva 84,5 % [66, TWG Task Force on Energy Efficiency

2014]

7.1.3.1.2 Špecifické techniky na zvýšenie energetickej účinnosti činností súvisiacich s dodávkou a manipuláciou s palivom

7.1.3.1.2.1 Použitie expanznej turbíny

Opis

Použitie expanznej turbíny (turboexpandéra) na získavanie energie z dodávaného paliva pod tlakom.

Technický opis

Turboexpander je inštalovaný na potrubí dodávky zemného plynu (namiesto klasického škrtiaceho ventilu) na získavanie energie z expanzie vysokotlakového zemného plynu na dodávací tlak plynových turbín alebo plynových motorov. Škrtiaci ventil sa ponecháva ako záloha pre prípad, že turboexpander nie je k dispozícii.

Dosiahnutý environmentálny prínos

Zlepšenie celkovej energetickej účinnosti zariadenia prostredníctvom spätného získavania energie, ktorá by sa pri použití klasického škrtiaceho ventilu stratila.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Vysoká prevádzková skúsenosť.

Nasledujúce prevádzkové údaje týkajúce sa turboexpandéra pochádzajú zo zariadenia s výkonom 460 MW_{th} v Belgicku:

- Nominálny prietok plynu: 86 000 Nm³/h.
- Vyrobená energia: 2580 kW.
- Technické údaje:
 - Vysokotlaková časť:
 - Rýchlosť otáčania: 14 350 ot/min;
 - Vstupný tlak: 74,5 bar;
 - Vstupná teplota: 72 °C;
 - Výstupný tlak: 38,5 bar;
 - Výstupná teplota: 30,1 °C;
 - Nízkotlaková časť:
 - Otáčky: 14 350 ot/min;
 - Tlak na vstupe: 38,3 bar;
 - Vstupná teplota: 54 °C;
 - Tlak na výstupe: 18,5 bar;
 - Výstupná teplota: 15,1 °C.

Medzizložkové vplyvy

Je potrebné zohľadniť bezpečnostné otázky.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Teplota plynu na vstupe do turbíny musí byť vyššia ako v klasickom škrtiacom ventile, pretože pokles teploty je väčší v turboexpanéri (účinnosť závisí od poklesu tlaku) a je potrebné zabrániť riziku kondenzácie v expanznej turbíne. Z tohto dôvodu je potrebné plyn pred expanziou predhriať.

Hospodárska únosnosť

Doba návratnosti je približne päť rokov.

Hnacie sily implementácie

Optimálna účinnosť elektrárne.

Príklady zariadení

Spaľovacie zariadenia 11-1 a 11-2. [3, LCP TWG 2012]

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

7.1.3.1.3 Špecifické techniky na zvýšenie energetickej účinnosti turbín spaľujúcich zemný plyn

7.1.3.1.3.1 Pripravenosť KVET

Opis

Flexibilita pri návrhu spaľovacieho zariadenia umožňuje ďalšie jednoduché úpravy, napríklad zavedenie systému výroby tepla v zariadení, ktoré vyrába iba elektrickú energiu.

Technický opis

Nové CCGT zariadenia určené výlučne na výrobu elektrickej energie (t. j. zariadenia, ktoré neboli pôvodne postavené s KVET, napríklad z dôvodu chýbajúcich tepelných sietí) môžu mať vo svojej konštrukcii dostatočnú flexibilitu, aby sa mohli neskôr prispôbiť na dodávku tepla. Zariadenia postavené podľa tohto princípu sa označujú ako „pripravené na KVET“ (KVETR) a zabraňuje sa tak „blokácii KVET“ (kedy konštrukcia znemožňuje neskoršie odoberanie tepla).

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zlepšená celková tepelná účinnosť v strednodobom až dlhodobom horizonte.

Miera, do akej bude akákoľvek nové zariadenie CCGT využívať KVET, bude závisieť od konkrétnej lokality, a to na základe súčasných a potenciálnych budúcich možností dodávok tepla v danej oblasti.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pozri techniku KVET (oddiel 3.2.3.2).

Medzizložkové vplyvy

Žiadne.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Uplatniteľné na nové CCGT.

Presná metóda odoberania pary vo veľkej miere závisí od konštrukcie parnej turbíny (turbín) zariadenia. Vo všetkých prípadoch existujú obmedzenia množstva nízkotlakovej pary, ktorú je možné odoberať bez nutnosti ďalších úprav; napríklad môže byť potrebné prekrytie nízkotlakovej časti parnej turbíny (PT) s cieľom kompenzovať nižší prietok a/alebo môžu byť potrebné nové kryty PT, aby bolo možné odoberať paru z turbíny.

Je potrebné posúdiť technické a priestorové požiadavky, vrátane nasledujúcich:

- Je potrebné identifikovať miesta odberu pary a zabezpečiť dostatočný priestor pre prístup a vedenie potrubí. Tieto miesta nemusia byť nevyhnutne vybavené požadovanými prírubami, ventilmi a potrubiami od začiatku, ale musí byť možné ich namontovať v neskoršej fáze.
- Systémy zariadenia a systémy riadenia a merania by mali byť vhodné na neskoršie modernizácie, aby bolo možné vyhovieť dodatočným potrebám zariadenia súvisiacim s dodávkou tepla.
- Ak má byť para odvádzaná mimo areálu bez spätného vedenia kondenzátu, môže byť potrebné zväčšiť rozmery zariadenia na úpravu vody a demineralizáciu.
- Ak je modernizácia protitlakovej turbíny identifikovaná ako súčasť požiadaviek na dodávku tepla, je potrebné venovať náležitú pozornosť tomu, ako bude elektricky integrovaná a ako bude vrátený kondenzát.
- Priestor potrebný pre výmenník tepla alebo pre dodatočnú fázu demineralizácie vody, ak má byť para odvádzaná mimo areálu bez spätného vedenia kondenzátu.
- Priestor potrebný pre záložné kotly na dodávku tepla v prípade, že CCGT je mimo prevádzky. Takisto môže byť potrebné vyhradenie priestoru pre neskoršiu inštaláciu protitlakovej turbíny, ak je to vhodné.

Hospodárska únosnosť

Účinnosť systému KVET by mala byť dostatočná na dosiahnutie aspoň 10 % zníženia spotreby primárnej energie v porovnaní s oddelenou výrobou tepla a elektriny, ktorá sa podľa smernice 2012/27/EÚ považuje za vysoko účinnú. Na účely takéhoto porovnania sa úspory primárnej energie (PES) môžu vypočítať podľa nasledujúcej rovnice uvedenej v smernici o energetickej účinnosti 2012/27/EÚ:

$$PES = \left[-1 - \frac{1}{\frac{CHPH_s}{Ref H_\eta} + \frac{CHPE_\eta}{Ref E_\eta}} \right] \times 100$$

kde:

CHP H_η je tepelná účinnosť,

CHP E_η je elektrická účinnosť,

Ref H_η je referenčná tepelná účinnosť,

Ref E_η je referenčná elektrická účinnosť.

Náklady spojené s prípravou novej elektrárne na Kvet môžu byť značné. Bude to závisieť od mnohých faktorov, vrátane prevádzkových výdavkov, ako sú náklady na palivo spojené s neoptimálnou tepelnou účinnosťou pred pripojením tepelného zaťaženia, ako aj počiatočné kapitálové náklady spojené s nákupom zariadení na mieru namiesto štandardnejších konštrukcií dodávateľov zariadení. Akákoľvek prognóza potenciálnych budúcich možností dodávok tepla je však spojená s neistotami a je potrebné dbať na to, aby sa tento potenciál nepredpokladal nadmerne ani podhodnocoval. V každom prípade zostáva riziko, že by to mohlo a) spôsobiť neefektívnosť zariadenia tým, že by sa poskytla možnosť Kvet, o ktorú potenciálny budúci trh pravdepodobne nebude mať záujem, a b) spôsobiť počas jej životného cyklu ekonomické straty bez materiálneho alebo environmentálneho prínosu.

Hnacia sila implementácie

Smernica o energetickej účinnosti.

Príklady zariadení

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

[9, UK-TWG 2012]

7.1.3.1.3.2

Optimalizácia prietoku

Opis

Aerodynamická optimalizácia celej dráhy prúdenia systému plynových turbín (t. j. medzi vstupom vzduchu a výstupom výfukových plynov).

Technický opis

Do existujúcich zariadení je možné inštalovať vnútorné kefové tesnenia. Tieto tesnenia pozostávajú z balíka jemných kovových drôtov upevnených v ráme. Inštalujú sa do rôznych častí stroja, aby sa znížila úniková cesta vzduchu a horúcich plynov. Kefové tesnenie ľahko kompenzuje vyosenie, ktoré labyrintové konštrukcie zvyčajne netolerujú.

Pri modernizácii zariadenia 74 boli vykonané nasledujúce úpravy:

- Plášte 1. stupňa (rozpínací krúžok kolesa 1. stupňa): Pôvodný materiál bol zmenený s cieľom zlepšiť pevnosť materiálu a umožniť priaznivejšiu dobu zotrvania pri primeranej teplote. Konštrukcia dielov a tesnenia medzi dielmi boli zmenené s cieľom výrazne znížiť únik vzduchu z výstupu kompresora do cesty horúcich plynov, čo viedlo k zlepšeniu výkonu plynových turbín.
- Plášte druhého a tretieho stupňa: Nový dizajn s voštinovým materiálom. Tento abrazívny povlak znižuje medzeru medzi lopatkami a krytmi. Voštinové kryty tiež znižujú zhoršenie výkonu tým, že udržiavajú menšie medzery počas celej životnosti dielov.
- Tryska 1. stupňa (pohyblivé lopatky): Hlavnou konštrukčnou zmenou zahrnutou do vylepšeného chladenia trysky 1. stupňa bolo pridanie efektívnejšieho vzoru filmového chladenia. Konštrukcia tesnenia bola upravená (vylepšenia drážkového tesnenia a listového tesnenia) s cieľom znížiť únik do cesty horúceho plynu.
- Tryska 2. stupňa: Nová tryska 2. stupňa bola potiahnutá hliníkovým povlakom, aby poskytovala lepšiu odolnosť proti oxidácii pri vysokých teplotách. Ďalšie úpravy zahŕňali zmeny vnútorného jadra trysky 2. stupňa.

Úpravy jadra umožňujú efektívnejšie rozdelenie chladiaceho vzduchu a zníženie požiadaviek na chladenie trysky. Na tieto časti boli nainštalované niektoré kefové tesnenia, čím sa znížil únik.

- Vedrá 2. a 3. stupňa (pevné lopatky): Konštrukcia lopatiek zahŕňala niekoľko konštrukčných vylepšení, ktoré umožňujú prevádzku pri vyššej teplote spaľovania, najmä nový materiál a nové chladiace otvory. Na vrchole lopatiek boli tiež pridané niektoré rezný zuby. To umožnilo rezanie abrazívneho materiálu plášťa.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zvýšená tepelná účinnosť a výkon.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Implementácia interných kefových tesnení môže zvýšiť výkon o 2,75 percentuálneho bodu a účinnosť o 2 percentuálne body.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Všeobecne použiteľné pre nové a existujúce zariadenia.

Hospodárska únosnosť

- Nízke náklady, ak sa zahrnie do fázy projektovania nových elektrární.
- Nahlásené náklady pre závod 74: 3,9 milióna EUR.

Hnacie sily implementácie

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Spaľovacie zariadenie 74 (plynová turbína s otvoreným cyklom).

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

7.1.3.1.3.3

Chladenie privádzaného spaľovacieho vzduchu

Opis

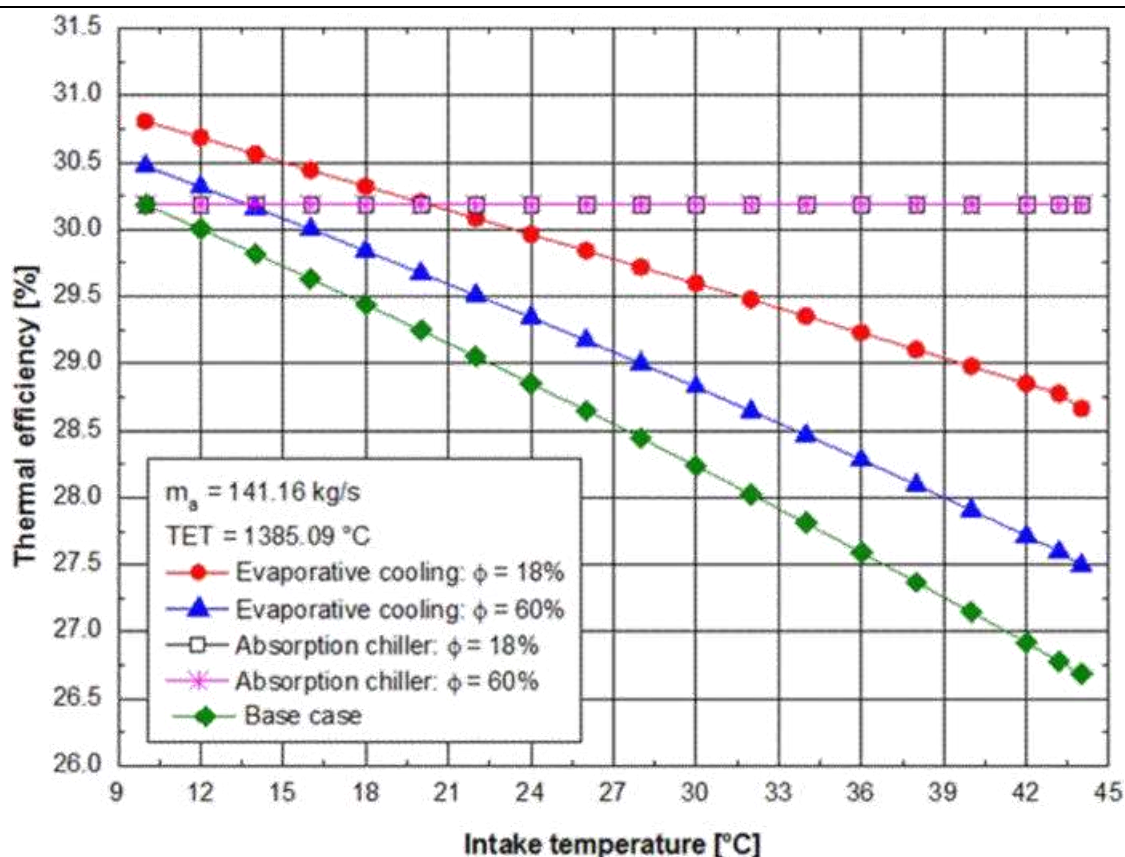
Chladenie vzduchu na vstupe do plynových turbín môže zvýšiť výkon a energetickú účinnosť plynových turbín tým, že ho premení na hustejší vzduch, čím sa zvýši hmotnostný prietok plynových turbín a zníži sa energia potrebná na jeho stlačenie kompresorom.

Technický opis

V súčasnosti sú k dispozícii dva základné systémy chladenia privádzaného vzduchu: odparovacie chladenie (najúspornejšie, ale obmedzené teplotou vlhkého teplomera) odparovaním vody obsiahnutej v prírodnom vzduchu a výmena tepla alebo chladenie pomocou výmenníkov tepla v prírodnom potrubí spaľovacieho vzduchu. Pri výbere chladiaceho systému, ktorý sa má implementovať, by sa malo zvážiť aj zníženie spotreby chladiaceho vzduchu použitím efektívnych chladiacich technológií, napr. konvekčné chladenie/metóda nárazu, filmové chladenie a transpiračné chladenie.

Obrázok 7.23 predstavuje správanie simulovanej plynovej turbíny s otvoreným cyklom, kde sa skúma implementácia dvoch

chladiacich systémov. V tomto grafe je ϕ relatívna vlhkosť okolia a základný prípad predstavuje plynovú turbínu bez akéhokoľvek systému chladenia privádzaného vzduchu. Tento graf ukazuje, že metóda chladenia poskytuje vyššiu tepelnú účinnosť pri vyšších teplotách okolia a že metóda odparovacieho chladenia poskytuje vyššiu tepelnú účinnosť, keď je teplota okolia nižšia ako 20 °C.



Zdroj: [336, dos Santos et al. 2012]

Obrázok 7.23: Vplyv teploty okolitého vzduchu na tepelnú účinnosť plynových turbín pri použití odparovacieho a absorpčného chladenia

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zvýšená tepelná účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Vysoká prevádzková skúsenosť.

Chladienie vstupného vzduchu môže v horúcich poveternostných podmienkach umožniť zvýšenie elektrickej účinnosti o približne 0,1 percentuálneho bodu na každý stupeň Celzia.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Všeobecne uplatniteľné na nové zariadenia.

Hospodárska únosnosť

- Nízke kapitálové náklady.
- Závisí od použitej technológie: relatívne náklady sa pohybujú od faktora 1 (odparovací chladič) do 10 (dvojstupňový absorpčný chladič s bromidom lítiovým).

Hnacie sily implementácie

Zvýšenie výkonu v regiónoch, kde sa počas teplých mesiacov vyskytuje významný dopyt po energii a najvyššie ceny elektrickej energie.

Príklad zariadenia

Spaľovacie zariadenie 292.

Referenčná literatúra

[46, dos SANTOS et al. 2012] [47, Donaldson Company 2005]

7.1.3.1.3.4

Rekuperačný cyklus plynových turbín

Opis

Rekuperácia tepla z spalín na predohrev spaľovacieho vzduchu v plynových turbínach s jednoduchým cyklom.

Technický opis

Účinnosť cyklu plynových turbín je možné zvýšiť úpravou jednoduchého cyklu tak, aby sa teplo z výfukových plynov plynových turbín získavalo späť pomocou regenerátora (výmenníka tepla), kde výfukové plyny predohrejú vzduch vystupujúci z kompresora pred spaľovaním.

Existuje niekoľko možností recirkulácie tepla na zlepšenie energetickej účinnosti plynových turbín: umiestnenie rekuperátora tepla medzi vysokotlakovou a nízkotlakovou turbínou, známe ako ARC (alternatívny rekuperačný cyklus), alebo na potrubí spalín, známe ako CRC (konvenčný rekuperačný plynový cyklus).

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zvýšená tepelná účinnosť.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Existuje príklad plynového turbínového motora Solar Mercury 50 s výkonom 4,6 MW_{th}, ktorý dosahuje elektrickú účinnosť 38,5 %. Takéto jednotky môžu v aplikáciách Kvet dosiahnuť 70 % využitie paliva bez doplnkového spaľovania a 90 % využitie paliva s doplnkovým spaľovaním.

Implementácia v starej 60 MW_{th} plynovej turbíne v Iráne s nízkou elektrickou účinnosťou (26 %) umožnila zvýšenie elektrickej účinnosti o 1,7 percentuálneho bodu.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Mnohé z nových účinných plynových turbín majú vysoký tlakový pomer, čo vedie k vysokej výstupnej teplote kompresora a nízkej teplote spalín plynových turbín. Preto nie je vo všeobecnosti možné prenášať teplo z výfukových plynov do výstupného prúdu vzduchu kompresora v prípade moderných plynových turbín. Táto technika sa teda uplatňuje na plynové turbíny s nízkym až stredným tlakovým pomerom.

Hospodárska únosnosť

Špecifické pre danú prevádzku.

Hnacie sily implementácie

Informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Informácie neboli poskytnuté.

Referenčná literatúra

[48, Sayyaadi et al. 2012]

7.1.3.2 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií NO_x a CO

7.1.3.2.1 Všeobecné techniky na prevenciu a zníženie emisií NO_x a CO z kotlov spaľujúcich zemný plyn

Informácie o všeobecných technikách na prevenciu a zníženie emisií NO_x, CO a NH₃ sú uvedené v oddiele 3.2. Tabuľka 7.10 a tabuľka 7.11 obsahujú informácie špecifické pre kotly spaľujúce zemný plyn, napr. o environmentálnych vlastnostiach a príkladoch zariadení.

Tabuľka 7.10: Všeobecné techniky na prevenciu a zníženie emisií NO_x a CO z kotlov spaľujúcich zemný plyn

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia	
Nízky prebytok vzduchu	Vstup vzduchu do spaľovacej komory v podstechiometrickom pomere – pozri oddiel 3.2.2.3.1	Zníženie NO _x a zvýšenie účinnosti	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	NA
Zníženie teploty spaľovacieho vzduchu	Pozri oddiel 3.2.2.3.4	Zníženie emisií NO _x	NA	Znížená energetická účinnosť	Všeobecne použiteľné v rámci obmedzení spojených s potrebami procesu		NA
Pokročilý systém riadenia	Táto technika sa často používa v kombinácii s inými technikami alebo sa môže používať samostatne pre spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne – pozri aj oddiel 3.2.3.8.	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť na starých jednotkách môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho a/alebo riadiaceho systému (systémov).	NA
Recirkulácia spalín (FGR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.3	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	FGR bol dodatočne inštalovaný v mnohých rôznych situáciách. Príklady zariadení uvedených do prevádzky v 80. a 90. rokoch v rôznych priemyselných odvetviach a dokonca aj jedno zariadenie uvedené do prevádzky v roku 1959 v odvetví rafinácie ropy (zariadenie 67) uvádzajú používanie FGR (napr. zariadenia 67, 325), vrátane zariadení prevádzkovaných < 500 h/rok (napr. zariadenie 203).

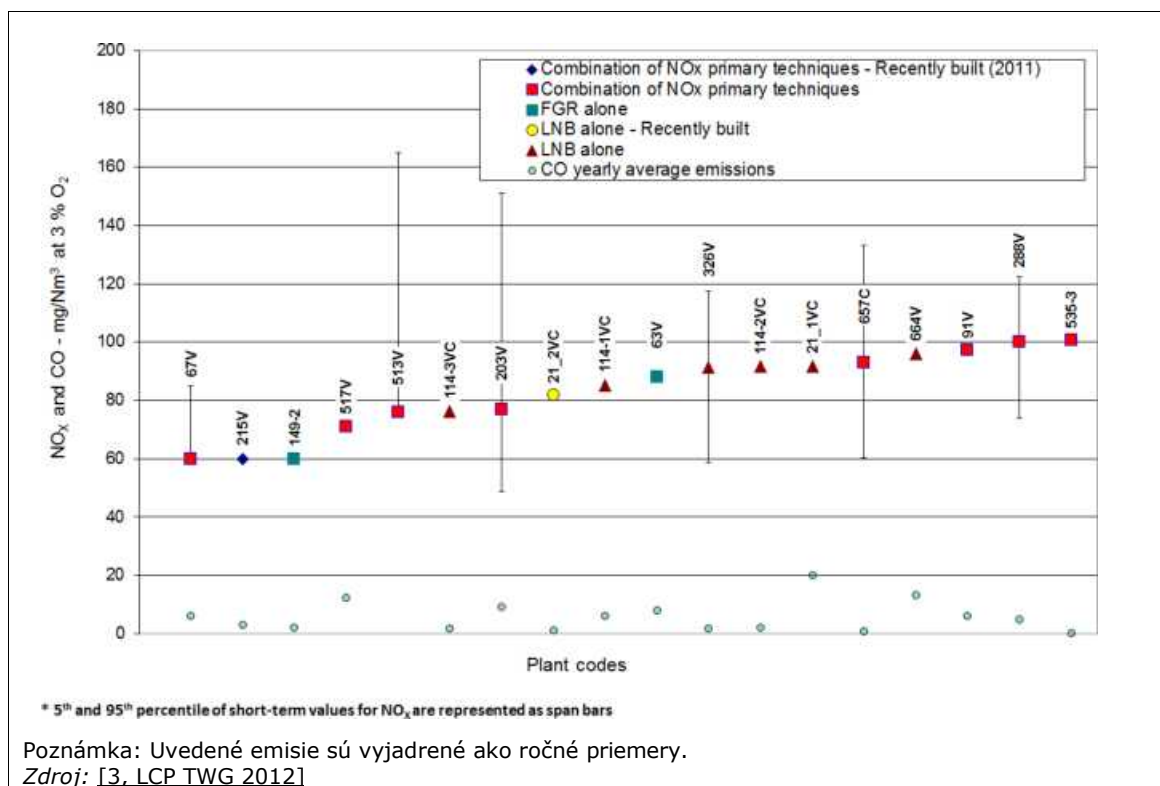
Horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB)	Pozri oddiel 3.2.2.3.5. Táto technika zahŕňa horáky s ultra nízkymi emisiami NO _x horáky (ULNB)	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť môže byť obmedzená v niektorých starších zariadeniach, spravidla < 50 MW _{th} , kde dĺžka plameňa moderných horákov s nízkymi emisiami NO _x nie je kompatibilná s konštrukciou kotla	25 zariadení z 32 plynových kotlov, ktoré predložili informácie na účely správy o preskúmaní BREF, uvádza používanie (U)LNB. Tieto existujúce zariadenia patria do veľmi odlišných odvetví (rafinácia ropy, chemický priemysel, diaľkové vykurovanie, potravinársky a nápojový priemysel, energetika, celulózový a papierenský priemysel). Príklad stredných elektrární s výkonom do 15 MW _{th} bol modernizovaný pomocou LNB (napr. elektráreň 65, ktorá bola uvedená do prevádzky v roku 1974)
Air staging	Pozri oddiel 3.2.2.3.2	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť môže byť obmedzená v prípade veľmi starých, malých kotlov (< 50 MW _{th}) z dôvodu nedostatočnej výšky alebo obmedzeného času zdržania pre úplné vyhorenie.	Zariadenia 513, 288
Fuel staging	Pozri oddiel 3.2.2.3.5	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	Zariadenia 215, 657
Prídavok pary/vody	Pozri oddiel 3.2.2.3.10	Zníženie emisií NO _x	NA	NA	Všeobecne platné	Všeobecne platné	NA
Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.12. Kombinácia s technikou „slip“ SCR môže pomôcť dokončiť proces redukcie NO _x , ak nie je doba zotrvania dostatočne dlhá.	Zníženie emisií NO _x	Príklad zariadenia so znížením emisií NO _x medzi 72 % a 91 % pri použití SNCR + SCR v potrubí	Únik amoniaku – bezpečnostný problém súvisiaci so skladovaním amoniaku (napr. v obytných oblastiach)	Všeobecne platné	Všeobecne platné	NA
					Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne s vysoko variabilným zaťažením kotla. Uplatniteľnosť môže byť obmedzená v prípade spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 a 1 500 hodinami ročne s vysoko variabilným zaťažením kotla.		

Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.11. Táto technika sa môže použiť aj v „redukovanej“ forme v kombinácii s SNCR, pričom celkové náklady sú nižšie ako pri použití úplného systému SCR.	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť. Príklad zariadenia so znížením emisií NO _x medzi 72 % a 91 % pri použití SNCR + SCR v potrubí.	Únik amoniaku – bezpečnostný problém súvisiaci so skladovaním amoniaku (napr. v obytných oblastiach), zvýšenie CO ₂ , tvorba odpadu	Všeobecne použiteľné	Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pri modernizácii existujúcich zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok. Všeobecne nie je ekonomicky rentabilné pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Všeobecne sa nevzťahuje na spaľovacie zariadenia s výkonom < 100 MW _{th}	NA
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie. Zdroj: [27, ICAC 2009]							

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje týkajúce sa emisií NO_x z dobre fungujúcich kotlov spaľujúcich zemný plyn

Obrázok 7.24 poskytuje prehľad emisií NO_x z dobre fungujúcich európskych kotlov pri použití techník uvedených v tabuľke 7.5. Uvedené kotly majú vo všeobecnosti výkon medzi 20 MW_{th} a 300 MW_{th}, s výnimkou zariadenia 203V (800 MW_{th}). Prevádzkujú sa v rôznych režimoch zaťaženia, od

< 500 h/rok (zariadenia 21-1V a 21-2V) až ≥ 4 000 h/rok (zariadenia 63V, 67V, 149-2, 513V, 517V a 657), s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia (EFL) medzi 9 % (závod 535-3) a viac ako 90 % (zariadenia 21-2V). Ročné koncentrácie emisií CO do ovzdušia sú vo všeobecnosti nižšie ako 15 mg/Nm³. Tieto zariadenia boli uvedené do prevádzky v rokoch 1966 (zariadenie 535V) až 2011 (zariadenie 215V). Kombinácia primárnych techník NO_x v grafe znamená, že v každom zo zariadení sa implementujú aspoň dve z nasledujúcich techník: LNB, recirkulácia spalín, air staging alebo fuel staging. Tieto zariadenia patria do rôznych sektorov a väčšina z nich nepretržite monitoruje svoje emisie NO_x a CO. Krátkodobé priemery (polhodinové až dvakrát denne) sa pohybujú od 45 mg/Nm³ do 165 mg/Nm³ za rok (5. až 95. ročný percentil). Zariadenie 67V (88 MW_{th}) bolo modernizované systémom LNB a zahŕňa recirkuláciu spalín. Úroveň emisií pred modernizáciou bola 480 mg/Nm³. Dosiahnutá účinnosť zníženia emisií NO_x je 88,5 %. Prípád zariadenia 91V je špecifický, pretože je vybavené predohrevom spaľovacieho vzduchu. Toto zariadenie používa na obmedzenie emisií NO_x hlavne LNB a obmedzenie zaťaženia (EFL 40 %).



Obrázok 7.24: Emisie NO_x do ovzdušia v roku 2010 z dobre fungujúcich európskych kotlov

Najnovšia generácia horákov s mimoriadne nízkymi emisiami NO_x umožňuje dosiahnuť úrovne emisií NO_x nižšie ako 30 mg/Nm³ v stovkách zariadení v USA [244, COEN 2012] až do 10 mg/Nm³ pri 3 % O₂, kde sú predpisy prísnejšie, a preto môžu predstavovať efektívne techniky ako pre nové zariadenia, tak aj pre modernizáciu existujúcich zariadení.

7.1.3.2.2 Všeobecné techniky prevencie a kontroly emisií NO_x a CO z turbín spaľujúcich zemný plyn

Informácie o všeobecných technikách prevencie a kontroly emisií NO_x, CO a NH₃ sú uvedené v oddiele 3.2.2.3. Tabuľky 7.11 až 7.13 a obrázky 7.25 až 7.30 obsahujú informácie špecifické pre turbíny spaľujúce zemný plyn, napr. o environmentálnych vlastnostiach, hospodárskej únosnosti a príkladoch zariadení.

Tabuľka 7.11: Všeobecné techniky prevencie a znižovania emisií NO_x a CO z turbín spaľujúcich zemný plyn

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálne vlastnosti a prevádzkové	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Priame vstrekovanie pary	Pozri oddiel 3.2.2.3.10	Zníženie emisií NO _x	Veľké množstvo prevádzkových skúseností. Výkonnosť týchto techník je obmedzená pomerom voda/palivo; technológia DLN umožňuje dosiahnuť oveľa nižšie úrovne emisií ako vstrekovanie vody/pary	Možné zvýšenie namáhania materiálu	Neplatí v odľahlých oblastiach bez prístupu k vode	Použiteľné len v KVG GT, nie v jednoduchých GT. Použiteľnosť môže byť obmedzená v závislosti od dostupnosti vody	NA	NA
Priame vstrekovanie vody		Zníženie emisií NO _x		Možné zvýšenie namáhania materiálu			NA	NA
Suché horáky s nízkymi emisiami NO _x	Pozri oddiel 3.2.2.3.7	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Všeobecne použiteľné	Modernizačné balíky sú v súčasnosti široko dostupné a len veľmi staré GT nemožno modernizovať. Modernizácia môže byť obmedzená aj v prípade inštalovaných systémov vstrekovania pary/vody	V prípadoch, keď je konverzia starých GT možná, môžu byť náklady veľmi vysoké, až 50 % nákladov na novú plynovú turbínu.	NA
Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.11 K dispozícii sú katalytické riešenia vrátane použitia v OCGT s vysokoteplotnými spalinami. Teplotné okno je dôležitým parametrom pre správne fungovanie tejto techniky. Existujú rôzne riešenia, ktoré umožňujú zariadeniu vyrovnať sa s teplotou, napríklad použitie SCR bypassu, keď je teplota príliš nízka, správne umiestnenie systému SCR a/alebo použitie špeciálnych katalyzátorov. [335, ICAC 2009]	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť	Únik amoniaku – bezpečnostný problém súvisiaci so skladovaním amoniaku (napr. v obytných oblastiach), zvýšením CO ₂ a produkciou odpadu	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť môže byť obmedzená nedostatkom priestoru. Všeobecne sa nevzťahuje na zariadenia s výkonom < 100 MW _{th}	Pozri tabuľku 7.13 Táto technika môže byť nákladná v prípade zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok a ešte nákladnejšia v prípade zariadení prevádzkovaných < 500 h/rok	NA

Oxidácia katalyzátorom	Pozri oddiel 3.2.2.7.2	Redukcia (premena) CO na CO ₂ a nespáleného uhlíka	Obmedzené prevádzkové skúsenosti s plynovými turbínami	Tvorba SO ₃ a NO; zvýšenie CO ₂ ; odpad (katalyzátor)	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť môže byť obmedzená nedostatkom priestoru, požiadavkami na zaťaženie a obsahom síry	Vysoké kapitálové náklady Nízke prevádzkové náklady	Zariadenia 162, 164
Chengov cyklus vstrekovania pary	Pozri oddiel 3.2.3.3	Súčasný zníženie emisií NO _x a zvýšenie energetickej účinnosti	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Katalytické spaľovanie	Pozri oddiel 11.6.1.4	Zníženie emisií NO _x . Žiadny únik amoniaku	Technológia katalytického spaľovania bola v dokumente LCP BREF z roku 2006 označená za veľmi sľubnú technológiu s veľmi nízkymi emisiami NO _x až do výšky približne 5 – 6 mg/Nm ³ . Táto technika je zatiaľ komerčne dostupná len pre plynové turbíny s nízkou účinnosťou [116, EUTurbines, 2013].	NA	Vo vývoji	NA	Investičné a prevádzkové náklady sú rovnaké ako v prípade SCR [116, EUTurbines, 2013]	NA
Pokročilý systém riadenia	Automatická regulácia hlavných parametrov spaľovania (pomer vzduchu a paliva v každom rade horáka, prebytok vzduchu, teplota spalín na výstupe zo spaľovacej komory atď.) – pozri aj oddiel 3.2.3.8	Zníženie emisií NO _x a CO a zvýšenie energetickej účinnosti	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť v starých spaľovacích zariadeniach môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho a/alebo riadiaceho systémov riadenia	NA	NA
Optimalizácia spaľovania	Pozri oddiel 3.2.2.7.1	Zníženie emisií NO _x a CO	NA	NA	Všeobecne platné	NA	NA	NA
Horáky s nízkymi emisiami NO _x pre doplnkové	Pozri oddiel 3.2.2.3.5	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	NA	NA	NA	NA
NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie.								

Dodatočné informácie o ekonomike použitia SCR v plynových turbínach**Tabuľka 7.12: Typické nákladové zložky pri použití SCR v plynových turbínach**

Náklady	Percentuálny podiel na celkovej investícii
Inštalácia: • skriňa reaktora • zásobovanie amoniakom (systémy skladovania, odparovania a vstrekovania) • potrubie pre spaliny • monitorovacie a kontrolné zariadenia • elektrotechnické inštalácie • izolácia, maľovanie atď.	30–40 %
Výstavba a spustenie	20–30
Plánovanie, licencovanie, nepredvídané výdavky	10
Prvé naplnenie katalyzátora	30

Tabuľka 7.13: Typické náklady na použitie SCR v plynových turbínach

Objem katalyzátora (prevádzkový rozsah 300–360 °C)	0,1 m ³ /MW _{th}
Cena katalyzátora	10 000 EUR/m ³
Zdroj: [116, EUTurbines 2013]	

Súvisiace prevádzkové náklady zahŕňajú náklady na spotrebu amoniaku, spotrebu pary, spotrebu elektrickej energie, výmenu katalyzátora, údržbu a opravy, poistenie a dane a prípadne náklady na personál, správu a likvidáciu katalyzátora. Pre CCGT s výkonom 800 MW_{th} sú prevádzkové náklady približne 300 000 EUR/rok pri 8 000 prevádzkových hodinách/rok bez zahrnutia nákladov spôsobených poklesom tlaku. To by znamenalo 0,2 milióna EUR na 1 mbar počas celej životnosti, t. j. približne 1 milión EUR pri typickom poklese tlaku 5 mbar.

[116, EUTurbines 2013]

Odhad nákladov na dodatočnú inštaláciu SCR do plynových turbín vo Veľkej Británii je uvedený v tabuľke 7.14. Táto prípadová štúdia sa týka zariadenia s výkonom 375 MW_e, do ktorej sa dodatočne inštaluje SCR do HRSG alebo do koncovej konfigurácie, prevádzkovej 6 000 hodín ročne počas 10-ročného amortizačného obdobia.

[186, Spojené kráľovstvo 2013]

Tabuľka 7.14: Náklady na dodatočnú inštaláciu systému SCR pre kombinovanú plynovú turbínu s výkonom 375 MW_e

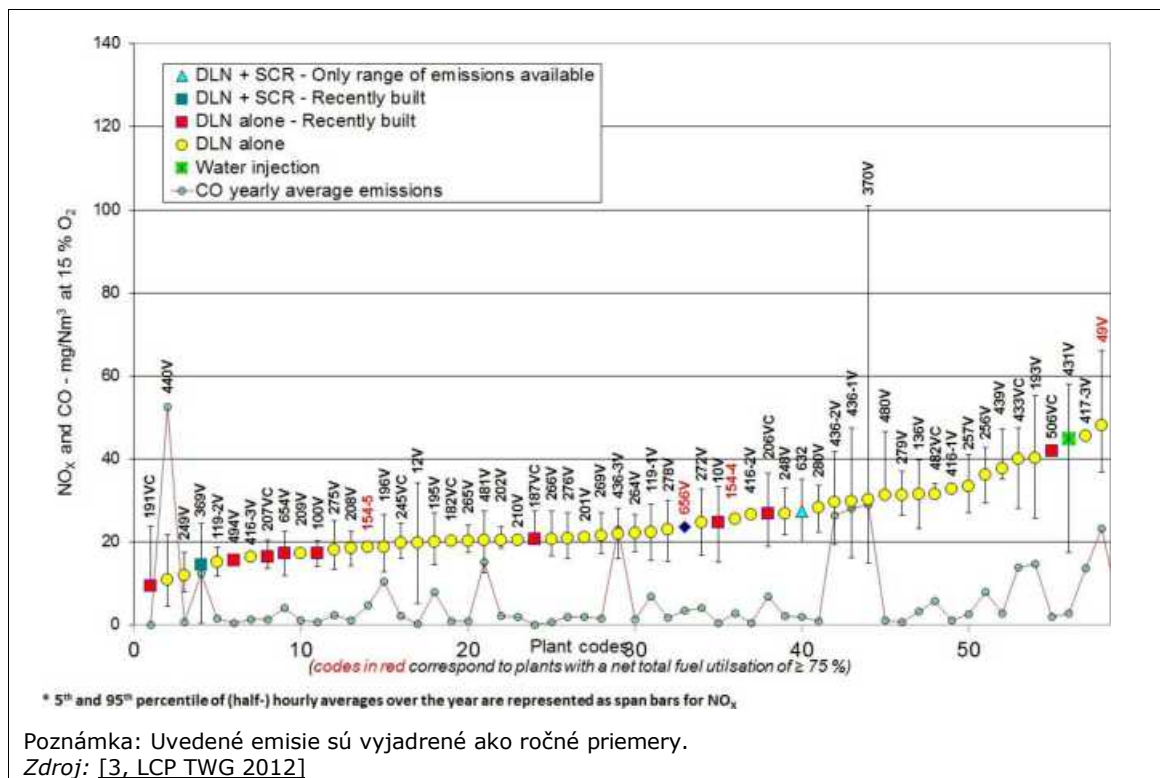
Technika	NO _x (mg/Nm ³)		Kapitálové náklady v mil. EUR	Špecifické náklady		Predpoklady / riziká
	Vstup	Výstup		EUR/t NO _x	EUR/MWh	
Koncový SCR	70	14	98	24 700	1,37	- Alternatíva, ak HRSG nemôže pojať SCR, plyn sa odoberá z komína a pred ohrevom v špeciálnom reaktore sa znovu zahrieva - Hodnota uhlia je upravená podľa prietoku s -20 % znížením pre Balance of Plant (BoP) a + 50 % pre problémy na konci (opätovné zahriatie atď.) - Predpokladaná strata výkonu 1 - Nezahŕňa náklady na opätovné ohriatie spalín
SCR v HRSG	70	14	15,8–47	4780–12 100	1,49–3,77	- Kapitálové náklady zvýšené na základe údajov od dodávateľa, nie verejných údajov 80 % nákladov je predpokladaná suma za úpravy kotla - Percentuálne zníženie dosiahnuteľné na jednociferné ppm - Neexistujú žiadne verejne dostupné údaje o SCR tohto druhu 0,5 % predpokladaná strata výkonu
Poznámka: Náklady sú uvedené v cenách z roku 2011.						

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje týkajúce sa emisií NO_x z dobre fungujúcich turbín spaľujúcich zemný plyn

Obrázky 7.25 až 7.30 poskytujú prehľad emisií NO_x z dobre fungujúcich európskych plynových turbín pri použití techník uvedených v tabuľke 7.11. Tieto zariadenia boli rozdelené do homogénnych skupín v závislosti od použitého spaľovacieho procesu (zariadenia s otvoreným alebo kombinovaným cyklom), účelu zariadenia (len výroba energie, kombinovaná výroba tepla a energie s úrovňou čistej celkovej spotreby paliva nižšou alebo vyššou ako 75 %, mechanický pohon atď.), prevádzkových podmienok (od zariadení prevádzkovaných $\geq 4\,000$ h/rok po zariadenia prevádzkované < 500 h/rok) alebo veľkosti zariadenia. Rozdiely medzi OCGT a CCGT sú spôsobené hlavne prevádzkovými režimami a typom plynových turbín, a nie zásadnými rozdielmi medzi otvoreným a kombinovaným cyklom. Takmer všetky CCGT nepretržite monitorujú emisie CO a NO_x, spravidla pri zaťažení od minimálneho stabilného zaťaženia nahor, a nielen pri zaťažení nad 70 %. Minimálne stabilné zaťaženie závisí od plynových turbín a môže byť oveľa nižšie ako 70 % v dôsledku nedávneho pokroku, ktorý v tejto oblasti dosiahli dodávateľia s cieľom vyhovieť súčasným potrebám elektrickej siete, najmä v dôsledku rastúceho využívania prerušovaných obnoviteľných zdrojov (pozri oddiel 7.1.3.2.4).

Obrázok 7.25 znázorňuje úrovne emisií z CCGT s výkonom ≥ 600 MW_{th}. Uvedené zariadenia majú vo všeobecnosti výkon medzi 650 MW_{th} a 750 MW_{th} a sú jednohriadeľové (jedna GT a jedna parná turbína z jedného HRSG) alebo modulárnej konštrukcie (napr. dve GT pre jednu parnú turbínu z jedného HRSG), postavené od začiatku 90. rokov do roku 2011. Uvedené zariadenia prevádzkujú medzi 1 000 h/rok a viac ako 8 000 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia (EFL) zvyčajne nad 70 % (s výnimkou zariadení 369, 433, 439 a 49, ktoré majú EFL až 40 %) a emisiami CO pod 30 mg/Nm³. Iba niekoľko z týchto zariadení je vybavených systémom SCR, zatiaľ čo ostatné používajú systém DLN a dosahujú rovnaké úrovne emisií NO_x. Jediná nahlásená hodnota úniku NH₃ (zariadenie 632) je nižšia ako 3 mg/Nm³, čo zodpovedá výkonu deklarovanému dodávateľmi systému SCR. Krátkodobé (od polhodinových po denné) priemery sa pohybujú od < 5 mg/Nm³ do približne 50 mg/Nm³ za rok (na základe 5. až 95. percentilu krátkodobých priemerov, s výnimkou jedného 95. percentilu, ktorý dosahuje 100 mg/Nm³) pri použití DLN samostatne alebo v kombinácii so systémom SCR.

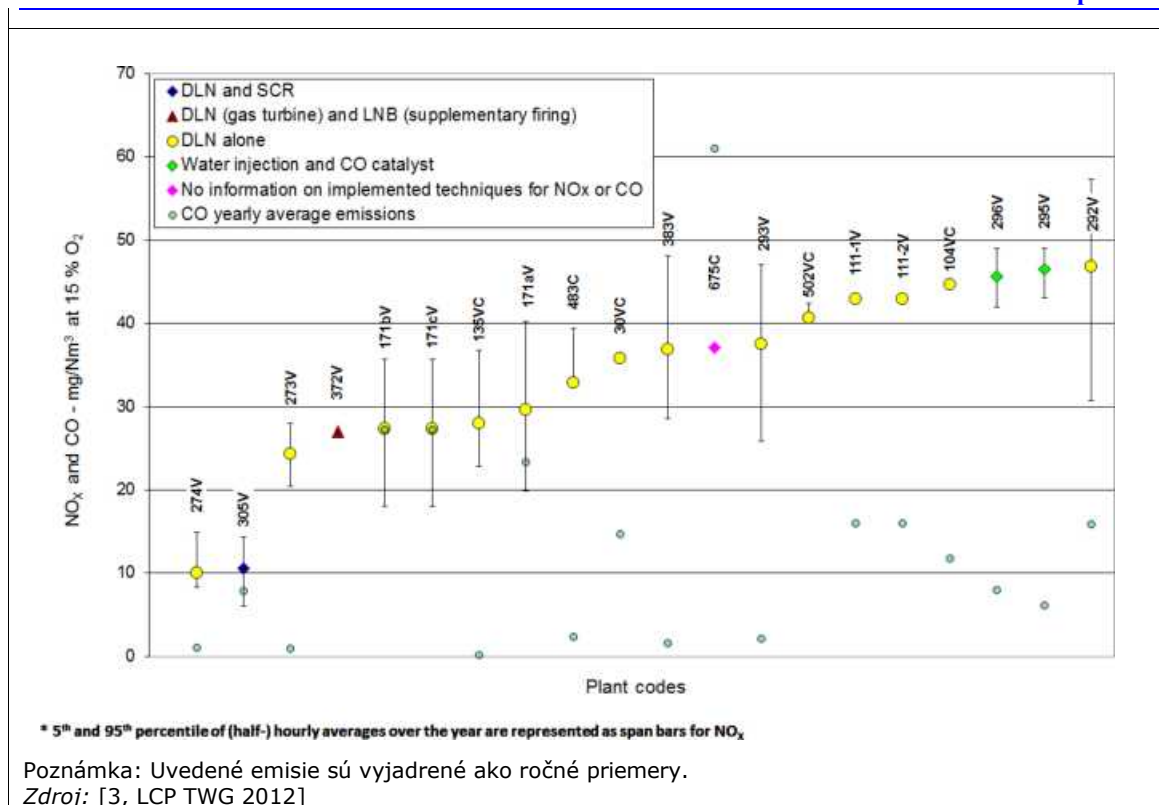
Z veľkého počtu zariadení, ktoré poskytli informácie, len veľmi málo zariadení s výkonom $\geq 600 \text{ MW}_{\text{th}}$ má čistú celkovú spotrebu paliva vyššiu ako 75 %. Tieto zariadenia s vysokou úrovňou dodávok tepla môžu mať vyššie emisie NO_x , ako ukazuje príklad zariadenia 49, ktoré dosahuje ročnú priemernú úroveň emisií NO_x 48 mg/Nm^3 pri prevádzkovej čistej celkovej spotrebe paliva 88,7 %.



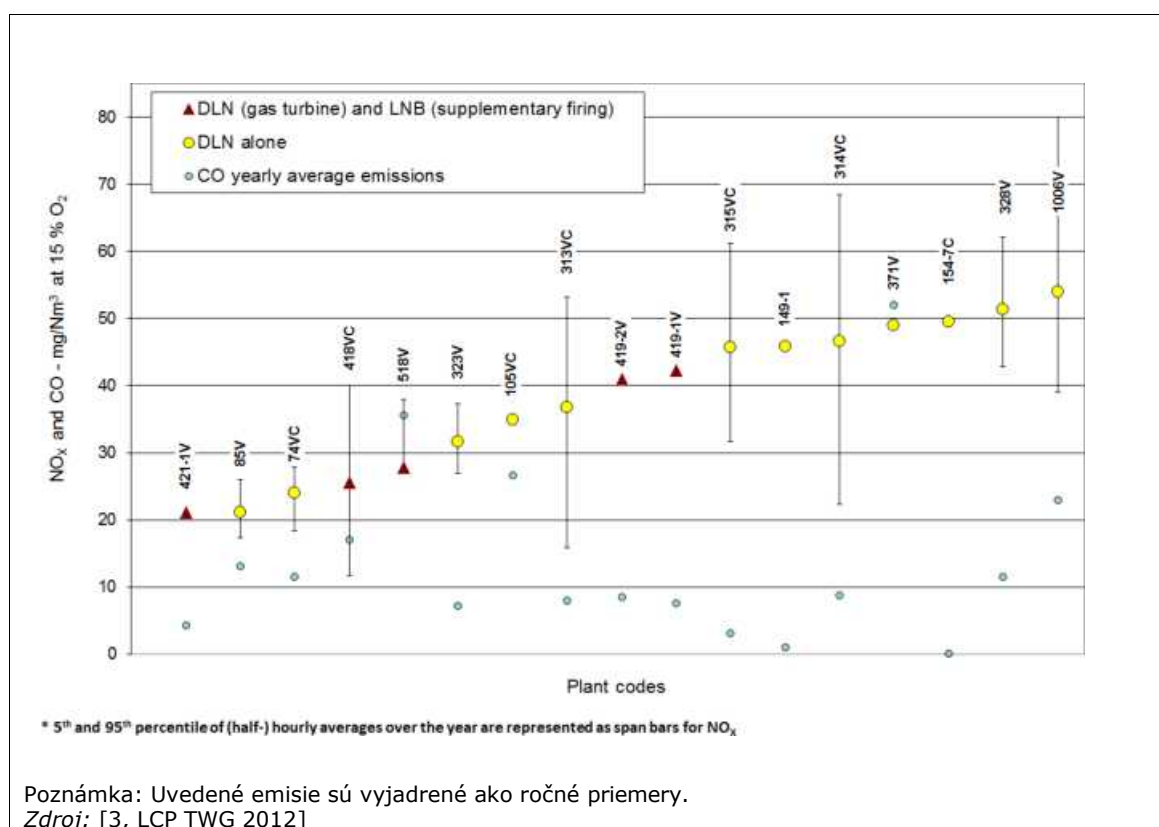
Obrázok 7.25: Emisie NO_x a CO do ovzdušia v roku 2010 z dobre fungujúcich európskych CCGT s výkonom $\geq 600 \text{ MW}_{\text{th}}$

V prípade menších CCGT (50–600 MW_{th}) môže byť úroveň emisií NO_x odlišná, ak sú zariadenia určené hlavne na výrobu tepla namiesto elektriny, ako je uvedené nižšie.

Obrázok 7.26 a obrázok 7.27 uvádzajú úrovne emisií NO_x z dobre fungujúcich európskych plynových turbín s výkonom od 90 MW_{th} do približne 500 MW_{th} , vyrobených od začiatku 90. rokov do roku 2011 a vybavených DLN, vstrekovaním pary/vody a/alebo LNB na doplnkové spaľovanie na úrovni HRSG. Uvedené zariadenia prevádzkujú medzi 1 000 h/rok a viac ako 8 000 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 45 % a emisiami CO vo všeobecnosti pod 30 mg/Nm^3 . Pre zariadenia, ktoré sa viac zameriavajú na využitie KVET (s čistým celkovým využitím paliva nad 75 % v režime KVET), a zariadenia, ktoré sa viac zameriavajú na výrobu elektrickej energie (s prevádzkovým čistým celkovým využitím paliva pod 75 %), sú uvedené dva samostatné grafy. Hodinové priemery emisií NO_x sa pohybujú od 5 mg/Nm^3 až 58 mg/Nm^3 v priebehu roka (5. až 95. ročný percentil) pre zariadenia s prevádzkovou čistou celkovou spotrebou paliva nižšou ako 75 % a od 12 mg/Nm^3 do 100 mg/Nm^3 pre zariadenia s prevádzkovou čistou celkovou spotrebou paliva vyššou ako táto úroveň.

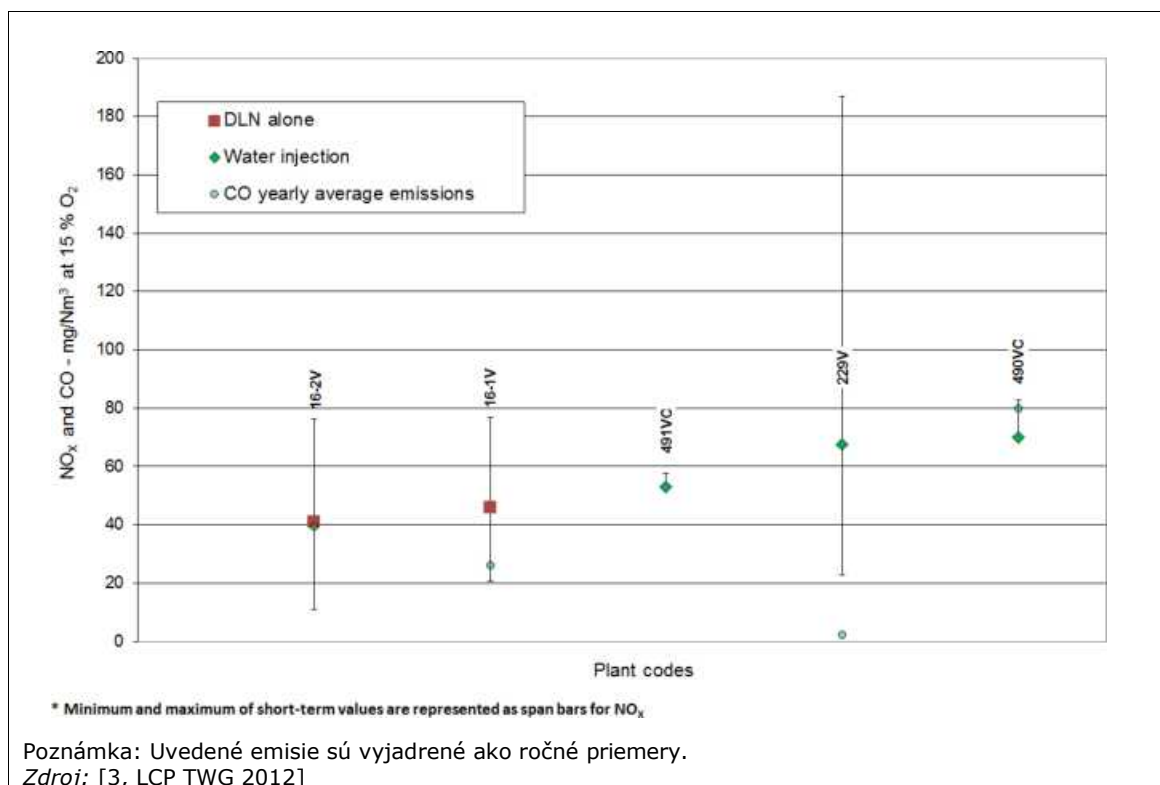


Obrázok 7.26: Emisie NO_x a CO do ovzdušia v roku 2010 z dobre fungujúcich európskych CCGT s výkonom 50 – 600 MW_{th} s čistou celkovou spotrebou paliva < 75 %



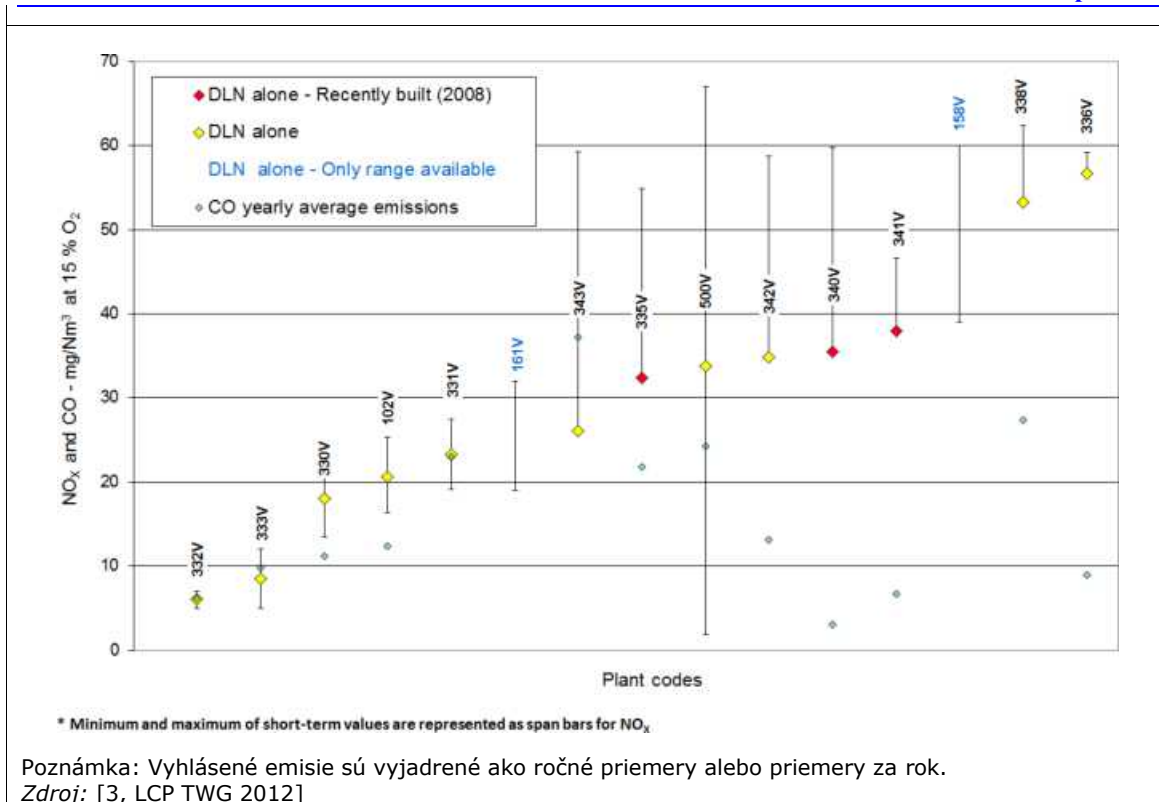
Obrázok 7.27: Emisie NO_x a CO do ovzdušia v roku 2010 z dobre fungujúcich európskych CCGT s výkonom 50– 600 MW_{th} s čistým celkovým využitím paliva ≥ 75 %

Hladiny emisií dosiahnuté dobre fungujúcimi plynovými turbínami s otvoreným cyklom spaľujúcimi zemný plyn a vybavenými DLN sú nižšie ako 50 mg/Nm^3 , ako uvádzajú zariadenia 16-1V a 16-2V (ročný priemer za rok 2010 je $41\text{--}46 \text{ mg/Nm}^3$), ktoré sú plynovými turbínami s otvoreným cyklom s výkonom približne $150 \text{ MW}_{\text{th}}$ uvedené do prevádzky v roku 2008. Tento typ zariadení sa zvyčajne používa na pokrytie špičkovej spotreby, ako je tomu v prípade zariadení 16-1V a 16-2V, ktoré sú v prevádzke medzi 500 h/rok a 1 000 h/rok s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 70 % a emisiami CO pod 40 mg/Nm^3 . Monitorovanie emisií NO_x a CO sa vykonáva prostredníctvom nepretržitého merania. Krátkodobé priemery sa pohybujú od 20 mg/Nm^3 do 60 mg/Nm^3 za rok (5. až 95. ročný percentil). Zariadenia 490, 491 a 229, ktoré boli uvedené do prevádzky v rokoch 1992 až 1997 a sú vybavené vstrekaním vody, sú tiež uvedené v správe, aby ilustrovali dosiahnuteľnú úroveň emisií NO_x pre tento druh závodu, napr. keď nie je možné dodatočne namontovať DLN a závody sú prevádzkované $< 1\,500 \text{ h/rok}$.



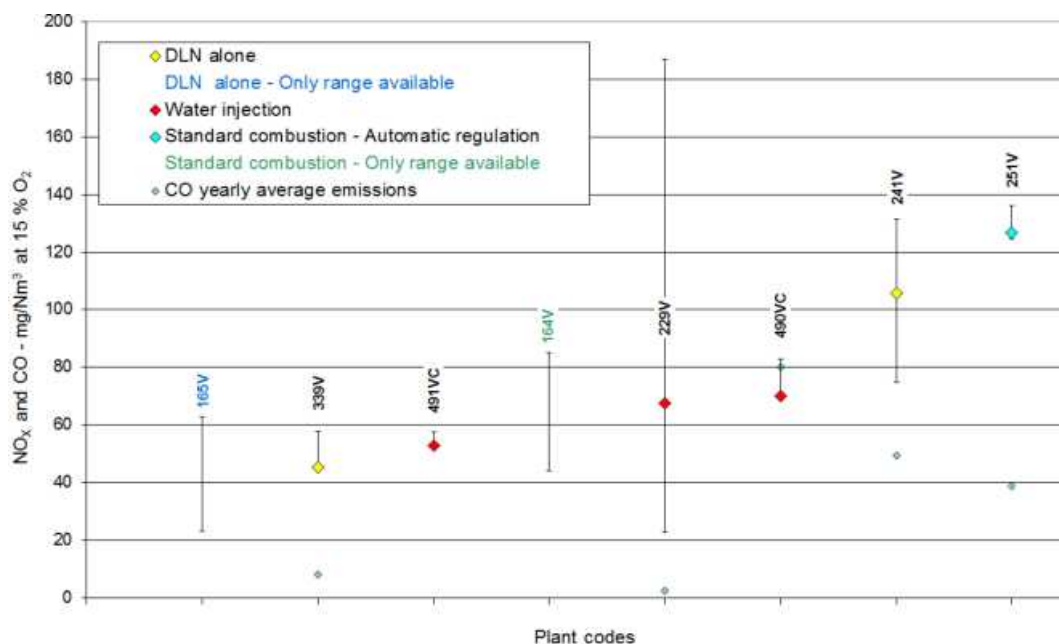
Obrázok 7.28: Emisie NO_x a CO do ovzdušia v roku 2010 z európskych plynových turbín s otvoreným cyklom s výnimkou turbín s mechanickým pohonom

Turbíny používané na mechanický pohon, hlavne na prepravu plynu v európskych potrubíach, sú špecifickým prípadom, kde emisie NO_x môžu byť mierne ovplyvnené v dôsledku zmien v dopyte po zaťažení. Obrázok 7.29 ukazuje emisie z tohto typu zariadení s výkonom medzi $13 \text{ MW}_{\text{th}}$ a $75 \text{ MW}_{\text{th}}$, ktoré boli uvedené do prevádzky v rokoch 1997 až 2008, pričom niektoré z nich boli modernizované. Uvedené zariadenia sú prevádzkované medzi 800 h/rok a 8 200 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 70 %, aj keď zaťaženie sa môže v závislosti od dopytu odberateľov plynu z hodiny na hodinu meniť pod túto úroveň, pričom zariadenie je niekedy prevádzkované v difúznom režime. Emisie CO sú podľa hlásení nižšie ako 40 mg/Nm^3 , pričom tieto zariadenia sú vybavené DLN a v jednom prípade aj katalyzátorom CO. V prípade zariadení s výkonom nad $50 \text{ MW}_{\text{th}}$ sa monitorovanie vykonáva hlavne prostredníctvom nepretržitého merania alebo prostredníctvom prediktívneho systému monitorovania emisií. Menšie zariadenia vykonávajú hlavne periodické merania a niekedy aj nepretržité merania. V prípade periodického monitorovania sa hlásené údaje vzťahujú na zaťaženie spaľovacieho zariadenia vyššie ako 70 %. V prípade nepretržitého monitorovania sa uvádzané údaje vzťahujú na zaťaženie spaľovacieho zariadenia rovné alebo vyššie ako minimálne stabilné zaťaženie. Krátkodobé priemery sa pohybujú od 5 mg/Nm^3 do 67 mg/Nm^3 za rok (maximálne polhodinové, hodinové alebo denné priemery alebo vzorky odobraté počas jedného roka).



Obrázok 7.29: Emisie NO_x a CO do ovzdušia v roku 2010 z dobre fungujúcich európskych plynových turbín s otvoreným cyklom prevádzkovaných ≥ 500 h/rok pre turbíny s mechanickým pohonom

Keď sú zariadenia v prevádzke len niekoľko hodín ročne, úroveň emisií NO_x je ovplyvnená takouto nízkou prevádzkou zariadenia, často s mnohými spúšťacími a vypínacími alebo pohotovostnými obdobiami, ktoré neumožňujú technológiám v existujúcich zariadeniach pracovať za projektovaných podmienok. Obrázok 7.30 ukazuje úrovne emisií dosiahnuté pre otvorené alebo kombinované plynové turbíny s výkonom medzi 35 MW_{th} a 800 MW_{th}, uvedené do prevádzky v rokoch 1974 až 2002 a vybavené rôznymi technikami: DLN, vstrekovanie vody, štandardné horáky s automatickou reguláciou spaľovania. Uvedené zariadenia prevádzkujú menej ako 500 hodín ročne a majú emisie o niečo vyššie ako podobné zariadenia prevádzkované v iných režimoch. Majú ekvivalentný faktor plného zaťaženia vyšší ako 60 % a emisie CO nižšie ako 80 mg/Nm³. Takmer všetky tieto zariadenia s výkonom nad 50 MW_{th} nepretržite monitorujú svoje emisie, zatiaľ čo menšie zariadenia (15–50 MW_{th}) vykonávajú periodické merania (od 4 do 30 hodinových periodických meraní pri zaťažení zariadenia > 70 %). Príslušné krátkodobé priemery (minimálne a maximálne polhodinové až 48-hodinové priemerné hodnoty za rok) sa pohybujú od 22 mg/Nm³ do 185 mg/Nm³.



* Minimum and maximum of short-term values are represented as span bars for NO_x

Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery alebo priemery za rok.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 7.30: Emisie NO_x a CO do ovzdušia v roku 2010 z dobre fungujúcich európskych plynových turbín prevádzkovaných < 500 h/rok

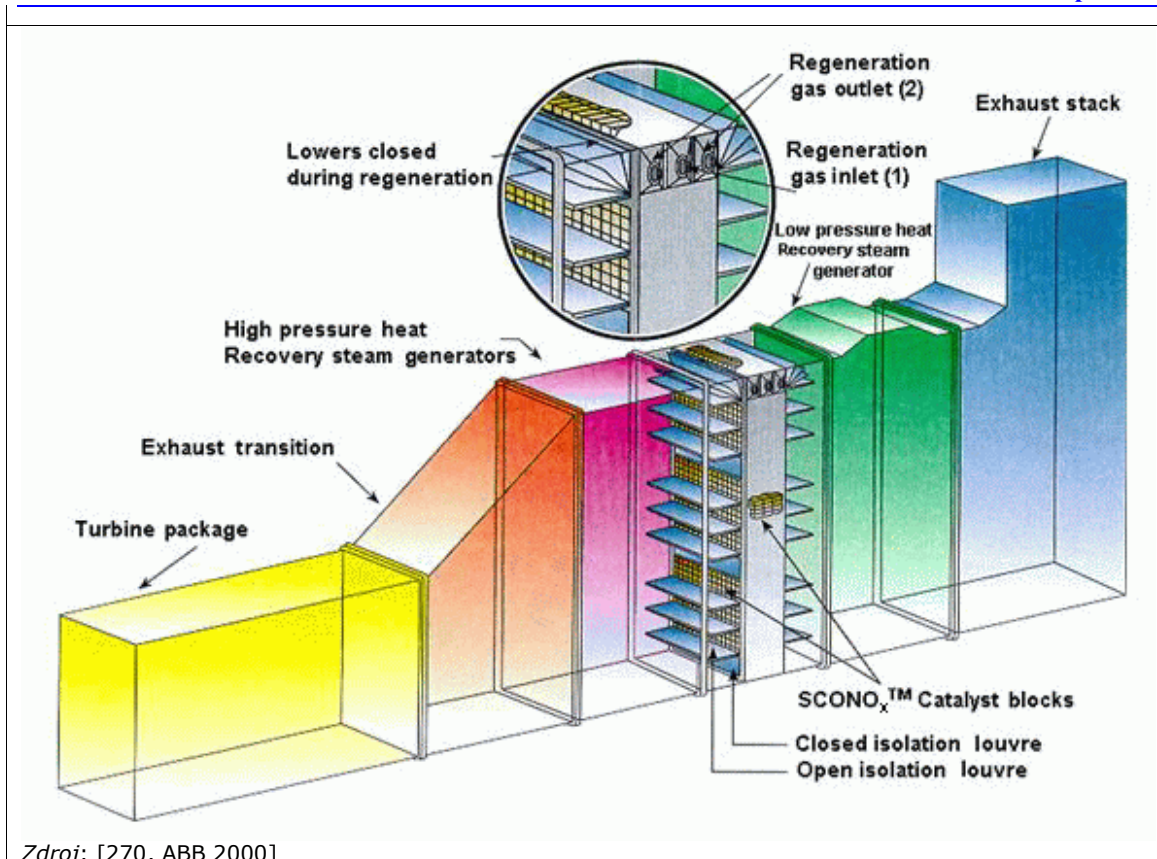
7.1.3.2.3 Špecifické techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO_x a CO z turbín spaľujúcich zemný plyn – Katalytická kontrola znečistenia Systém SCONOXTM

Opis

Použitie jediného katalyzátora, ktorý funguje tak, že súčasne oxiduje CO na CO₂, NO na NO₂ a potom absorbuje NO₂ na svoj povrch pomocou absorpčného povlaku z uhličitanu draselného. Táto technika nevyžaduje vstrekovanie amoniaku.

Technický opis

Táto technika používa jediný katalyzátor, ktorý pracuje v dvoch cykloch: oxidácia/absorpcia a regenerácia. Katalyzátor funguje tak, že súčasne oxiduje CO na CO₂ a NO na NO₂ a potom absorbuje NO₂ na svoj povrch pomocou absorpčného povlaku z uhličitanu draselného (K₂CO₃). Regenerácia katalyzátora sa dosahuje prechodom kontrolovanej zmesi regeneračných plynov cez povrch katalyzátora v neprítomnosti kyslíka. Regeneračné plyny sú para, vodík a oxid uhličitý. Nepoužíva sa amoniak a môže efektívne fungovať pri teplotách od 150 °C do 370 °C. Systém emituje CO₂, H₂O, N₂ a stopové množstvá SO₂ do komína. V dôsledku maskovania a otravy katalyzátora je potrebné katalyzátor každoročne čistiť deionizovanou vodou a roztokom K₂CO₃. Použité čistiace kvapaliny môžu byť neutralizované a likvidované prostredníctvom kanalizačného systému a sú neškodné pre vodu a pôdu. Príklad systému SCONOXTM je znázornený na obrázku 7.31.



Zdroj: [270, ABB 2000]

Obrázok 7.31: Schematické znázornenie systému SCONOX™ na kontrolu znečistenia katalyzátora

Dosiahnutý environmentálny prínos

Zníženie emisií NO_x, CO a NMVOC.

V spojení s katalyzátorom na odstraňovanie síry sa tento systém môže použiť aj na zníženie obsahu zlúčenín síry vo výfukových plynch.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

- Emisie NO_x nižšie ako 2 ppm (4 mg/Nm³ ako NO₂ za štandardných podmienok: 0 °C, 1013 mbar).
- Účinnosť premeny CO na CO₂ je 90 %.
- Účinnosť rozkladu NMVOC je vyššia ako 90 % pri 315 °C.
- Účinnosť zníženia emisií formaldehydu a acetaldehydu bola nameraná na úrovni 97 % a 94 % pri 150 °C.

Medzizložkové vplyvy

Katalyzátor SCONOX™ je náchylný na znečistenie sírou v spalínach. Vplyv síry možno minimalizovať pomocou katalyzátora SCOSO_x na absorpciu síry, ktorý je umiestnený pred katalyzátorom SCONOX.

Možno očakávať 0,3-percentný pokles výkonu a pokles výroby energie v dôsledku spotreby pary počas umývania.

Technické aspekty týkajúce sa použiteľnosti

Použiteľné pre nové aj modernizované aplikácie. Systém SCONOX™ je možné inštalovať na zadnej strane kotla alebo v spalinovom kotli, v priestore vyhradenom pre systém SCR.

Hospodárska únosnosť

Odhadované náklady uvedené nižšie sa vzťahujú na typické plynové zariadenie s výkonom 400 MW_e. Vychádzajú z 8 000 prevádzkových hodín ročne a zníženia emisií NO_x z 25 ppm na 5 ppm (50 mg/Nm³ na 10 mg/Nm³ ako NO₂ za štandardných podmienok: 0 °C, 1 013 mbar), čo zodpovedá približne 666 tonám NO_x odstráneného ročne. Do nákladov sú zahrnuté investičné náklady, prevádzkové a údržbové náklady a nepriame ročné náklady; všetky náklady sú odhadované v cenách z roku 2000.

<u>Investičné náklady:</u>	<u>19,2 milióna</u>
<u>EUR To zahŕňa:</u>	- zariadenia
	- dodávku
	- montáž
	- uvedenie do prevádzky/spustenie.

Ide o celkové náklady od dodávateľa.

Prevádzkové a údržbové náklady: 1,6 milióna EUR ročne

<u>To zahŕňa:</u>	- všeobecnú údržbu
	- spotrebu pary a zemného plynu v regeneračnom cykle
	- náklady na energiu v dôsledku poklesu tlaku v jednotke
	- priemerné ročné náklady na výmenu katalyzátora (životnosť katalyzátora je sedem rokov)
	- likvidácia/vrátenie

katalyzátora. Dodatočné nepriame ročné náklady pre dodávateľa nie sú zahrnuté.

Zníženie NO_x z 25 ppm na 2 ppm (50 mg/Nm³ na 4 mg/Nm³ ako NO₂ za štandardných podmienok: 0 °C, 1013 mbar) by zvýšilo investičné náklady z dôvodu potreby dodatočného katalyzátora a do určitej miery by zvýšilo prevádzkové a údržbové náklady z dôvodu zvýšenej spotreby zemného plynu a pary a z dôvodu zvýšeného poklesu tlaku.

Hnacie sily implementácie

Požiadavky na dosiahnutie veľmi nízkych emisií NO_x a dodržiavanie obmedzení stanovených pre používanie zariadení na kontrolu znečistenia ovzdušia využívajúcich amoniak, najmä pre zariadenia umiestnené v husto osídlených oblastiach.

Príklady zariadení

- 45 MW_e plynová turbína v mestskom zariadení Redding Electric (Spojené štáty).
- 32 MW_e federálne kogeneračné zariadenie Sunlaw (Spojené štáty).
- 5 MW_e zariadenie Wyeth Biopharma (Spojené štáty).
- 15 MW_e Kalifornská univerzita v San Diegu, kogeneračné zariadenie (Spojené štáty).

Referenčná literatúra

[270, ABB 2000] [49, DeCicco et al. 2004]

7.1.3.2.4 Prevencia a znižovanie emisií NO_x a CO z turbín spaľujúcich zemný plyn pri nízkom zaťažení

7.1.3.2.4.1 Bod prevádzky pri nízkom zaťažení (LLOP)

Opis

Prevádzka plynových turbín pri veľmi nízkom zaťažení pri zachovaní nízkych emisií NO_x a CO. To je možné vďaka systému dvojitého spaľovania, ktorý je možné odpojiť pri nízkom výkone, čím sa umožní prevádzka iba jednej rady horákov s príslušnými lopatkami plynových turbín.

Technický opis

Trh s elektrickou energiou sa vo všeobecnosti vyznačuje výraznými výkyvmi dopytu počas dňa a noci. V prípade CCGT to vedie k potrebe zvýšiť zaťaženie počas dňa a znížiť ho počas noci, alebo dokonca odstaviť jednotku. LLOP je užitočný v oboch podmienkach. Ak nie je požadované odstavenie, umožňuje jednotke pracovať pri nižšom zaťažení ako je bežné minimálne zaťaženie kompatibilné s výkonom plynových turbín počas komerčnej prevádzky, nazývané aj minimálne environmentálne zaťaženie (MEL), pričom sa udržiavajú emisie znečisťujúcich látok pod kontrolou. V prípade, že je potrebné odstavenie len na niekoľko hodín, udržanie turbíny v režime LLOP namiesto jej odstavenia môže viesť k nižším emisiám z elektrárne a menšiemu vplyvu na životnosť stroja.

LLOP sa dosahuje pomocou jedinečnej konfigurácie plynového turbínového motora, ktorý obsahuje dvojité spaľovacie stupne. Prvá rada horákov sa nachádza medzi vzduchovým kompresorom a prvým stupňom plynového turbínového motora. Za prvým stupňom plynového turbínového motora sa nachádza druhá rada horákov, za ktorou nasleduje zvyšná časť lopatiek plynového turbínového motora.

Pri normálnej prevádzke sú v prevádzke oba rady horákov a zemný plyn je medzi nimi rozdelený takmer rovnomerne. LLOP sa dosahuje vypnutím druhého radu horákov a prevádzkou stroja len s prvým radom. V tomto stave je účinnosť zariadenia mierne znížená, ale jednotka je schopná podporovať veľmi obmedzené zaťaženie (asi 17 % maximálneho zaťaženia).

Pri LLOP sú emisie udržiavané na nízkej úrovni. Emisie sú vyššie počas prechodu z MEL na LLOP, ale čas potrebný na tento prechod je veľmi krátky, čo má za následok obmedzené množstvo celkových emisií. V porovnaní s tým sú odstávky a spúšťanie charakterizované vysokými emisiami počas dlhšieho časového obdobia, čo v prípade krátkej (niekoľkohodinovej) odstávky zvyčajne vedie k vyšším celkovým emisiám ako pri udržiavaní zariadenia v režime LLOP počas rovnakého obdobia.

Pri LLOP je teplota spalín nižšia ako pri bežnej prevádzke, čo má za následok produkciu pary s nižšou teplotou. S cieľom obmedziť tepelné namáhanie parnej turbíny je potrebné počas prechodu z MEL na LLOP a naopak postupne regulovať teplotu pary pomocou ochladzovačov. Emisie počas prechodu z režimu MEL na LLOP sú vo všeobecnosti povolené ako prechodné emisie.

Dosiahnutý environmentálny prínos

V porovnaní s prevádzkou MEL umožňuje režim LLOP znížiť emisie znečisťujúcich látok aj spotrebu zemného plynu v obdobiach s nízkym alebo žiadnym dopytom po energii.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

V porovnaní s odstavením a následným spúšťacím cyklom vedie LLOP k nižším emisiám znečisťujúcich látok, ak je požadované obdobie odstavenia obmedzené len na niekoľko hodín.

Napríklad v prípade zariadenia Gissi (zariadenie 195: Taliansko, 720 MW_{th}) môžu emisie NO_x a CO počas odstávky a nasledujúceho cyklu spustenia dosiahnuť 215 kg, resp. 55 kg, zatiaľ čo v režime LLOP dosahujú emisie NO_x a CO 95 kg, resp. 25 kg.

Počas režimu LLOP sú koncentrácie znečisťujúcich látok NO_x a CO nižšie ako 30 mg/Nm³. V prípade tohto zariadenia by sa v roku 2011, ak by prevádzkovateľ použil režim LLOP namiesto odstávky nasledovanej cyklom spustenia, zabránilo emisiám 990 kg CO a 3960 kg NO_x.

Pokiaľ ide o spotrebu paliva, počas vypnutia a nasledujúceho cyklu spustenia sa spáli 45 000 m³ zemného plynu, zatiaľ čo v režime LLOP sa počas štyroch hodín spáli 84 000 m³.

Medzizložkové vplyvy

Vyššia spotreba zemného plynu v porovnaní s cyklami spúšťania/vypínania.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použiteľnosť tejto techniky môže byť obmedzená dostupnosťou vhodného modernizačného balíka pre inštalovanú plynovú turbínu.

Hospodárska únosnosť

Investície potrebné na implementáciu LLOP sa týkajú niektorých úprav riadiacej logiky a inštalácie väčších odparovačov pary v kotle.

V prípade zariadenia Gissi predstavovali dodatočné investície na implementáciu funkcií LLOP, keďže výstavba zariadenia už prebiehala, 3,25 milióna EUR na jednotku (720 MW_{th}). Táto technika si vyžaduje zanedbateľné dodatočné prevádzkové náklady, pretože v zariadení sa neinštalujú žiadne dodatočné komponenty. Jediným rozdielom je veľkosť komponentov v porovnaní s pôvodným návrhom (napr. väčší odparovač pary), ale požiadavky na údržbu zostávajú rovnaké.

Hnačou silou implementácie

- Úspory emisií v obdobiach nízkych cien elektrickej energie.
- Nižší vplyv na životnosť stroja v porovnaní s cyklami vypínania a spúšťania, ktoré vedú k vyššiemu namáhaniu materiálov.

Príklad zariadenia

Zariadenie 195.

7.1.3.2.4.2 Regulácia prietoku vzduchu s vylepšenými vstupnými usmerňovacími lopatkami (IGV)

Opis

Použitie špeciálne navrhnutých vstupných usmerňovacích lopatiek (IGV) umiestnených v dráhe spaľovania vzduchu na lepšiu reguláciu hladiny kyslíka v závislosti od zmien zaťaženia plynovou turbínou, čím sa umožňuje udržať rovnaké hladiny emisií CO a NO_x pri nižšom zaťažení.

Technický opis

Systém umožňuje zvýšiť schopnosť regulácie prietoku vzduchu a zároveň znížiť emisie CO a NO_x v rozsahu zaťaženia plynových turbín, ktorý je rozšírený na 43–45 %. Hlavnými úpravami sú nové IGV a prvé dva stupne profilov lopatiek a dýz kompresora, ako aj nový rýchly hydraulický pohon IGV.

V zariadení 191 umožňuje použitie troch stupňov variabilných usmerňovacích lopatiek na kompresore plynových turbín presné riadenie hmotnostného prietoku cez plynovú turbínu v celom rozsahu prevádzkového zaťaženia. To umožňuje optimalizovať prevádzkové podmienky pri čiastočnom zaťažení, takže sa udržiava vysoká teplota výfukových plynov. To zase poskytuje vynikajúcu tepelnú účinnosť pri čiastočnom zaťažení.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Táto technika umožňuje znížiť prevádzkové zaťaženie plynových turbín až na 43 – 45 %, čím sa znižuje spotreba paliva mimo špičky, pričom sa stále udržiavajú emisie NO_x a CO pod kontrolou. Dosiahnuteľné minimálne zaťaženie je obmedzené tvorbou CO, ktorú ovplyvňuje dôkladná regulácia prívodu vzduchu.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Hodinové emisie NO_x < 35 mg/Nm³ v celom rozsahu zaťaženia, s emisiami CO < 7 mg/Nm³.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použiteľné pre plynové turbíny s prstencovým spaľovacím komorou. Regulácia pomeru vzduchu a paliva je dôležitá pre všetky plynové turbíny (s prstencovým aj kanálovým spaľovacím komorou).

V plynových turbínach s prstencovým spaľovacím komorou sa tento problém môže zväčšiť v dôsledku skutočnosti, že spotrebu paliva nie je možné regulovať samostatne pre každú spaľovaciu komoru, zatiaľ čo kanálové GT umožňujú reguláciu spotreby paliva. Kanálové spaľovacie komory sú však zložitejšie.

Hospodárska únosnosť

Investičné náklady na túto techniku sú približne 1,5 milióna EUR na jednu plynovú turbínu. Doba návratnosti môže byť krátka, v závislosti od frekvencie a trvania podmienok na trhu s elektrickou energiou, ktoré odôvodňujú prevádzku jednotky pri minimálnom technickom zaťažení.

Hnacie sily implementácie

Lepšia účinnosť a flexibilita pri reagovaní na kolísania trhu s doplnkovými službami v oblasti energetiky.

Príklady zariadení

Zariadenia 191, 276 a 278.

7.1.3.2.4.3 Riadenie prebytku vzduchu na vstupe do plynových turbín prostredníctvom vypúšťacieho ventilu

Opis

Použitá technika je DLN, ktorá využíva riadenie prebytku vstupného vzduchu na optimalizáciu regulácie teploty plameňa.

Technický opis

Riadenie prebytku prírodného vzduchu sa dosahuje pomocou odvzdušňovacieho ventilu, ktorý podľa zaťaženia vypúšťa časť vzduchu z kompresora plynových turbín.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Výrazné zníženie emisií CO pri nízkom zaťažení pri zachovaní nízkych emisií NO_x.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

V prípade zariadenia 102 (24 MW_{th}, Francúzsko) sa hodinové priemerné koncentrácie CO pohybujú v priebehu roka od 1 mg/Nm³ do 195 mg/Nm³ a ročný priemer je 12 mg/Nm³.

Hodinový priemer emisií NO_x do ovzdušia sa pohybuje od 2 mg/Nm³ do 37 mg/Nm³, pričom ročný priemer je 28 mg/Nm³.

Medzizložkové vplyvy

Neexistujú žiadne súvisiace odpady a vplyv na energetickú účinnosť je zanedbateľný.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Táto technika nie je použiteľná pre všetky technológie typu DLN ani pre všetky konštrukcie/veľkosti plynových turbín. Použiteľnosť je vyššia pre menšie plynové turbíny a nižšia pre plynové turbíny odvodené z leteckých motorov pri nižších zaťaženiach.

Hospodárska únosnosť

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Hnacia sila

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

Príklady zariadení

Zariadenie 102.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

7.1.3.2.5 Všeobecné techniky prevencie a kontroly emisií NO_x a nespáleného uhlíka z motorov spaľujúcich zemný plyn

Informácie o všeobecných technikách prevencie a kontroly emisií NO_x, nespáleného uhlíka a NH₃ sú uvedené v oddiele 3.2.2.3. Tabuľka 7.15 obsahuje informácie špecifické pre motory spaľujúce zemný plyn. Podrobnejšie informácie o environmentálnych vlastností a prevádzkových údajoch, ekonomike, vplyvoch na rôzne médiá a hnacích silách sú uvedené za tabuľkou.

Tabuľka 7.15: Všeobecné techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO_x a nespáleného uhlíka zo stacionárnych motorov spaľujúcich zemný plyn

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení	Referenčná literatúra
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia			
Koncepcia chudobnej zmesi	Pozri oddiel 3.2.2.3.9	Zníženie emisií NO _x	NA	NA	Všeobecne platné	Nepoužiteľné	NA	NA	NA
Pokročilý riadiaci systém	Pozri oddiel 3.2.2.3.8	Zníženie emisií NO _x , CO, NMVOC, CH ₄	NA	NA	Všeobecne uplatniteľné	Použiteľnosť na staré spaľovacie zariadenia môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho a/alebo riadiaceho systému (systémov) .	NA	NA	NA
Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.11	Zníženie emisií NO _x	NA	Únik amoniaku – bezpečnostný problém súvisiaci so skladovaním amoniaku (napr. v obytných oblastiach)	Všeobecne platné	Použiteľné v rámci obmedzenia súvisiace s dostupnosťou priestoru	Špecifické pre zariadenia – pozri príklad v tabuľke 7.17 Táto technika môže byť nákladná v prípade zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok a ešte nákladnejšia v prípade zariadení prevádzkovaných menej ako 500 h/rok.	Zariadenia 353, 354	[250, Finkeldei 2000] [251, Krishnan 2002]

	NA	NA	NA	NA	Zariadenie, ktoré sa prevádzkuje len niekoľko hodín (napr. menej ako dve hodiny na zmenu) s mnohými spúšťaniami/vypínaniami (napr. jedno až tri za deň), môže mať ťažkosti dosiahnuť optimálnu účinnosť systému, ak sa zaťaženie výrazne mení. To by si vyžadovalo špeciálny dizajn katalyzátora, ktorý nemusí byť ekonomicky rentabilný pre zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.		NA	NA	NA
Oxidácia katalyzátora	Pozri oddiel 3.2.2.7.2 Účinnosť redukcie oxidácie katalyzátora pre NMVOC veľmi závisí od zloženia uhľovodíkov v spalínach, pričom etán a propán sú obzvlášť ťažko odstrániteľné.	Zníženie NMVOC a premena CO na CO ₂	< 100 mg/Nm ³ pre emisie CO		Všeobecne platné pre motory so zážihovým zapáľovaním a chudobnou zmesou (SG) a motory s dvojitým palivom (DF)	Použiteľné pre motory so zážihovým zapáľovaním a chudobnou zmesou (SG) a motory s dvojitým palivom (DF) v rámci obmedzení spojených s dostupným priestorom			Zariadenie 186-1
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.									

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje týkajúce sa emisií NO_x a nespáleného uhlíka z plynových motorov

Výkonné motory typu SG a DF dosahujú ročné emisie NO_x nižšie ako 100 mg/Nm³. Nedávne príklady, zariadenia 353V a 354V, uvedené do prevádzky v roku 2010, prevádzkované medzi 3 500 h/rok a 4 000 h/rok a vybavené koncepciou chudobnej zmesi a SCR, dosahujú ročné priemerné emisie NO_x 27–28 mg/Nm³ s maximálnymi hodinovými priemermi za rok až 105 – 110 mg/Nm³.

V tabuľke 7.16 sú uvedené hlavné výkonové parametre v prípade dvoch ďalších príkladov plynových motorových elektrární vybavených systémom SCR.

Tabuľka 7.16: Hladiny emisií dvoch plynových zariadení vybavených systémom SCR

Miesto	Zariadenie A	Zariadenie B
	USA	USA
Rok uvedenia do prevádzky	2002	2001
Typ zariadenia	Výroba elektrickej energie	Výroba energie
Palivo	Zemný plyn	Zemný plyn
Technika spaľovania	20 plynových motorov	5 plynových motorov
Kapacita	111 MW	14 MW
Sekundárna technika	SCR (Činidlo: vodný roztok močoviny)	SCR (Činidlo: vodný roztok močoviny)
NO _x bez SCR (mg/Nm ³)	159	187
NO _x s novým katalyzátorom SCR * (mg/Nm ³) pri 15 obj. % O ₂	5	13
Miera zníženia emisií NO _x cez SCR	88–97	93
Únik amoniaku (NH ₃) * (mg/Nm ³) pri 15 obj. % O ₂	2	<
* Tieto hodnoty NO _x a NH ₃ sa dosahujú za optimálnych podmienok pri použití nového a čerstvého katalyzátora a nie je možné očakávať, že sa budú dosahovať počas celej životnosti katalyzátora.		

Motory prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne dosahujú vo všeobecnosti rovnakú úroveň emisií NO_x ako motory prevádzkované v iných režimoch zaťaženia. Ak nie je možné použiť SCR v zariadeniach prevádzkovaných < 500 h/rok s mnohými spúšťaniami/vypínaniami a s vysoko variabilným zaťažením, očakávajú sa vyššie úrovne emisií, ako ukazuje zariadenie 186-1, ktoré nie je vybavené SCR a vykazuje úrovne emisií NO_x približne 175 mg/Nm³ ako maximum troch periodických vzoriek za rok.

Holandský príslušný orgán vykonal v rokoch 2007 (monitorovaných bolo 10 motorov) a 2009 (monitorovaných bolo 30 motorov) štúdiu malých motorov (< 5 MW_e, čo zodpovedá približne 11 MW_{th}) a v roku 2011 ju doplnil o ďalších 10 motorov. Štúdia uvádza emisie nespálených uhlíkovodíkov (priemer najmenej troch 30-minútových meraní pri plnom zaťažení) medzi 330 mg/Nm³ a 500 mg/Nm³ vyjadrené ako C pri MCR (maximálny trvalý výkon) a pri 15 % O₂. Kontrolu emisií nespálených uhlíkovodíkov je možné zlepšiť pôsobením na hlavné parametre procesu motora, ktoré ovplyvňujú podmienky vo valci relevantné pre emisie uhlíkovodíkov, ktorými sú pomer vzduchu a paliva, časovanie zapalovania a teplota scieho potrubia. Ďalším dôležitým parametrom, ktorý určuje základnú úroveň emisií nespálených uhlíkovodíkov, je veľkosť štrbín spaľovacej komory. [253, KEMA 2011]

Dánsky príslušný orgán vykonal v rokoch 2006 – 2007 štúdiu s cieľom získať prevádzkové informácie o účinnosti znižovania formaldehydu pomocou katalyzátorov oxidácie formaldehydu (monitorovalo sa päť testovaných motorov s výkonom od 2 MW_e do 5,1 MW_e). Formaldehyd vzniká čiastočnou oxidáciou zemného plynu a je karcinogénny. V závislosti od typu použitého katalyzátora bolo možné dosiahnuť účinnosť redukcie 95 %, ktorá po 10 000 hodinách prevádzky klesla na 85 % v prípade jedného typu katalyzátora, a 60 %, ktorá po rovnakom období prevádzky klesla na 40 % v prípade iného typu katalyzátora.

V terénnych testoch však bola zaznamenaná rýchlejšia degradácia katalyzátora v prevádzke na liberalizovanom trhu s elektrickou energiou s veľkým počtom štartov a zastavení. Konečná extrapolácia výsledkov testov ukázala, že emisie formaldehydu v rozmedzí 3,8 mg/Nm³ a 7,5 mg/Nm³ (15 % O₂) možno odhadnúť pre prevádzkové cykly medzi 20 000 a 40 000 hodinami s katalyzátorom s jednou alebo dvoma vrstvami, v závislosti od počiatočnej úrovne emisií pri referenčnej elektrickej účinnosti motorov 30 %. To znamená úrovne emisií medzi 6 mg/Nm³ a 11 mg/Nm³ (15 % O₂) pri elektrickej účinnosti motora 44 %. Štúdia dospela k záveru, že väčšina dánskych plynových motorov by bola schopná emitovať menej ako 20 mg/Nm³ pri 15 % O₂ a 30 % účinnosti, čo zodpovedá menej ako 11 mg/Nm³ pri 15 % O₂ a 44 % elektrickej účinnosti. Zníženie množstva nespáleného uhlíka (hlavne etánu a propánu) po 10 000 hodinách prevádzky by mohlo dosiahnuť 6 % a zníženie emisií CO by mohlo dosiahnuť 98 %. Štúdia tiež dospela k záveru, že je možné použiť alternatívne techniky (spaľovanie a rekuperačné katalyzátory UHC), ktoré by napriek vyšším nákladom tiež umožnili zníženie nespáleného uhlíka vo vysokej miere (> 98 %) [252, Kristensen 2007].

Medzizložkové vplyvy

Optimalizácia motora je kompromisom medzi emisiami NO_x, účinnosťou motora (spotrebou paliva, a tým emisiami CO₂) a inými emisiami (ako sú CO a uhľovodíky (HC)). Zníženie emisií NO_x pomocou primárnych techník sa dosahuje na úkor zvýšených emisií CO₂ (spotreba paliva), ako aj emisií nespálených látok, ako sú CO a HC, a môže tiež viesť k zlyhaniu zapalovania, čo môže nakoniec poškodiť motor. Pri použití SCR na zníženie emisií NO_x je možné optimalizovať pomer vzduchu a paliva pre dosiahnutie najlepšej palivovej účinnosti, čím sa môžu znížiť aj emisie nespálených látok. Moderné plynové motory sú obmedzené klepaním, a preto je potenciál prevádzky motorov v režime s bohatšou zmesou paliva pre zlepšenie účinnosti (a vyššie emisie NO_x) a nižšie emisie CO a HC obmedzený, keďže je potrebné rešpektovať ďalšie okrajové podmienky, ako je klepanie motora.

Keďže motor s chudobnou zmesou pracuje v chudobnejšom režime pri nižších úrovniach NO_x s vyššou špecifickou spotrebou paliva, teplota spalín klesá, čo má za následok zníženie využiteľného tepla, ktoré je možné získať zo spalín (napr. na výrobu pary v kogeneračnej elektrárni).

V motoroch vybavených systémom SCR sa ako činidlo používa hlavne močovina, čo môže mať za následok emisie určitého množstva amoniaku do ovzdušia. Katalyzátor je potrebné v určitých intervaloch vymieňať, aby sa zachovala účinnosť systému SCR, a použitý katalyzátor sa buď regeneruje, alebo sa likviduje ako odpad. [23, Fínsko 2012]

Hospodárska únosnosť

V Európe, ale v izolovaných systémoch, sa plynové motory zvyčajne prevádzkujú len počas časti roka (t. j. v zime, keď je potrebné kúrenie), zvyčajne do 3 500 – 4 000 h/rok a/alebo z dôvodu stability siete, a tiež na podporu zavádzania energie z obnoviteľných zdrojov. Zákazníkmi sú priemyselné podniky aj dodávatelia energií. V zariadeniach s premenlivými podmienkami zaťaženia je potrebné dbať na to, aby nedošlo k prehriatiu („prasknutiu“) katalyzátorov SCR. V krajinách ECCA sa mnoho plynových motorov používa aj v zariadeniach na kombinovanú výrobu elektriny a tepla.

Náklady uvedené v tabuľke 7.17 boli stanovené pre motor s výkonom približne 20 MW_{th} alebo 8,7 MW_e prevádzkovaný 4 000 hodín/rok. Na účely porovnateľnosti s inými sektormi sa na výpočet ročných nákladov zohľadňuje diskontovanie na 10 rokov s úrokovou sadzbou 4 % (treba však mať na pamäti, že hoci piestový motor v odľahlých oblastiach, napr. na ostrovoch, môže mať 10-ročnú dobu návratnosti, malé elektrárne na pevnine sú často súkromné, s oveľa kratšou dobou návratnosti, t. j. menej ako 5 rokov).

Tabuľka 7.17 uvádza podrobné náklady na inštaláciu SCR do referenčného motorového zariadenia.

Tabuľka 7.17: Náklady na inštaláciu systému SCR pre plynové motory s prevádzkou 4 000 h/rok

NO _x (mg/Nm ³) pri 15 % O ₂	35
Požadovaná účinnosť SCR (%)	8
Investícia (EUR)	356 700
Náklady na činidlo (močovina) (EUR/t)	300
Celkové ročné náklady EUR/rok	84 070
Náklady na odstránené NO _x (EUR/t NO _x znížené)	2 395
Dodatočné náklady na vyrobenú elektrickú energiu (EUR/MWh _{el})	2,42
Dodatočné náklady na vyrobenú elektrickú energiu (%)	3,45
<i>Zdroj: [254, Dohovor o cezhraničnom znečistení ovzdušia na veľké vzdialenosti z roku 2011]</i>	

Hnacia sila implementácie SCR

SCR sa používa hlavne tam, kde miestne normy kvality ovzdušia vyžadujú výrazné zníženie emisií NO_x alebo koncentrácií ozónu, napr. pri prevádzke v husto osídlených oblastiach alebo v oblastiach s mnohými priemyselnými podnikmi alebo mobilnými zdrojmi.

7.1.3.3 Techniky na prevenciu emisií do pôdy

V tabuľke 7.18 sú zhrnuté všeobecné techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT na prevenciu emisií do pôdy.

Tabuľka 7.18: Najlepšie dostupné techniky na prevenciu emisií do pôdy

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Medzi-zložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť	Hospodárska únosnosť
Ochrana pôdy	Inštalácia nepriepustnej dlažby (napr. betónovej) s odvodňovacími systémami (vrátane odlučovačov oleja, aby sa zabránilo kontaminácii vody a pôdy mazacím olejom) v oblastiach, kde sa vykonávajú činnosti, ktoré by mohli viesť ku kontaminácii pôdy, a pred spracovaním napríklad v usadzovacej nádrži.	Prevencia kontaminácie pôdy a podzemnej vody	Žiadne	Všeobecne platné	Vysoká prevádzková skúsenosť. Náklady na čistenie odpadových vôd

7.2 Spaľovanie bioplynu

Bioplyn sa najčastejšie používa na spaľovanie v SG motoroch. V niektorých prípadoch sa však bioplyn a kanalizačný plyn používajú na doplnkové spaľovanie v HRSG plynových turbín.

Charakteristika a príprava/predbežná úprava paliva

Čistenie palivového plynu môže byť potrebné pri použití oxidácie (napr. katalyzátory SCR) a pri spaľovaní bioplynu alebo skládkových plynov, ktoré môžu obsahovať katalyzátory, ako napr. NH_3 alebo H_2S .

[23, Fínsko 2012]

Energetická účinnosť zariadení na spaľovanie bioplynu

Tabuľka 7.19 uvádza rozsah elektrickej účinnosti dosiahnutej v malých plynových turbínach spaľujúcich bioplyn.

Tabuľka 7.19: Prehľad účinností plynových turbín spaľujúcich bioplyn

Plynová turbína s jednoduchým cyklom spaľujúca bioplyn	Maximálna veľkosť jednotky (MW_e)	Elektrická účinnosť (%)
	15	28
Poznámka: Tieto údaje boli získané pri prevádzke s plným zaťažením. Ak sa zaťaženie zníži, výrazne sa zníži aj tepelná účinnosť. Zdroj: [50, EUTurbines 2012]		

Emisie do ovzdušia

Keďže bioplyn obsahuje síru, jeho spaľovanie môže generovať vyššie emisie SO_x ako spaľovanie zemného plynu a použitie katalyzátorov CO môže byť obmedzené, čo spôsobuje vyššie emisie CO.

Okrem toho nečistoty v bioplyne môžu viesť k tvorbe usadenín na vnútorných komponentoch SG motora, čo môže obmedziť dosiahnuteľnú úroveň NO_x . Úrovně NO_x hlboko pod 190 mg/Nm^3 pri 15 % O_2 je ťažké dosiahnuť počas prevádzkovej životnosti motora kvôli odchýlkam emisií spôsobeným výslednými izolačnými účinkami a zmenou geometrie spaľovacej komory. [23, Fínsko 2012]

Príklady zariadení

Žiadne zariadenia spaľujúce hlavne bioplyn neposkytli údaje v rámci zberu údajov vykonaného v roku 2012 na účely preskúmania tohto dokumentu BREF.

Podľa dostupných informácií sú vo Francúzsku najväčšie plynové turbíny spaľujúce 100 % bioplyn v rozsahu 15 – 30 MW_{th} . V roku 2013 sa v blízkej budúcnosti neočakávalo žiadne nové zariadenie spaľujúce 100 % bioplyn s výkonom väčším ako 50 MW_{th} . Existujú však prípady, keď sa bioplyn spaľuje spolu s inými palivami, ako je zemný plyn (závody 65-1/2 a 421-3), pričom ročný priemerný podiel bioplynu v palivovej zmesi sa pohybuje medzi 6 % a 16 % (na základe tepelného výkonu).

7.3 Spaľovanie procesných plynov zo železiarskeho a oceliarskeho priemyslu

7.3.1 Použité procesy a techniky

V Európskej únii sa primárna výroba ocele uskutočňuje prostredníctvom vysokej pece (BF) a kyslíkovej konvertory (BOF). Oxidy železa sa redukujú vo vysokej peci pomocou plynov oxidu uhoľnatého (CO) a v menšej miere vodíka (H_2) pochádzajúcich z koksu a iných redukčných činidiel, ako je vstrekané uhlie, ropa, vlhkosť atď. CO vzniká vo vysokej peci oxidáciou koksu kyslíkom v kyslíkom obohatenom vzduchu. Aby sa redukcia oxidov železa mohla uskutočňovať komerčným tempom, plyny opúšťajúce vysokú pec musia obsahovať určité množstvo zvyškových redukčných plynov, CO a H_2 , spolu s významným množstvom N_2 a CO_2 . Výsledný vysokopečný plyn (BF plyn alebo BFG) bude mať teda pri úplnej oxidácii malý vykurovací potenciál. Horúce kovové zliatiny vyrobené vo vysokej peci obsahujú nečistoty, najmä uhlík, kremík a mangán, ktoré je potrebné odstrániť. To sa dosahuje oxidáciou v BOF; kremík a mangán sa odstraňujú v troskách, zatiaľ čo uhlík sa odstraňuje v plynnej forme. Počas oxidácie uhlíka v železe v BOF bude odpadový plyn obsahovať dostatočné množstvo CO, aby mohol byť použitý ako palivo (BOF plyn). Koks používaný vo vysokej peci sa často vyrába priamo na mieste pomocou rekuperačných koksární, v ktorých sa uhlie efektívne destiluje v prostredí bez kyslíka, čím sa vyrába koks a koksárenský plyn (COG). Koksárenský plyn obsahuje značné množstvo metánu a vodíka, takže po vyčistení ho možno využiť ako palivový plyn s vysokou výhrevnosťou.

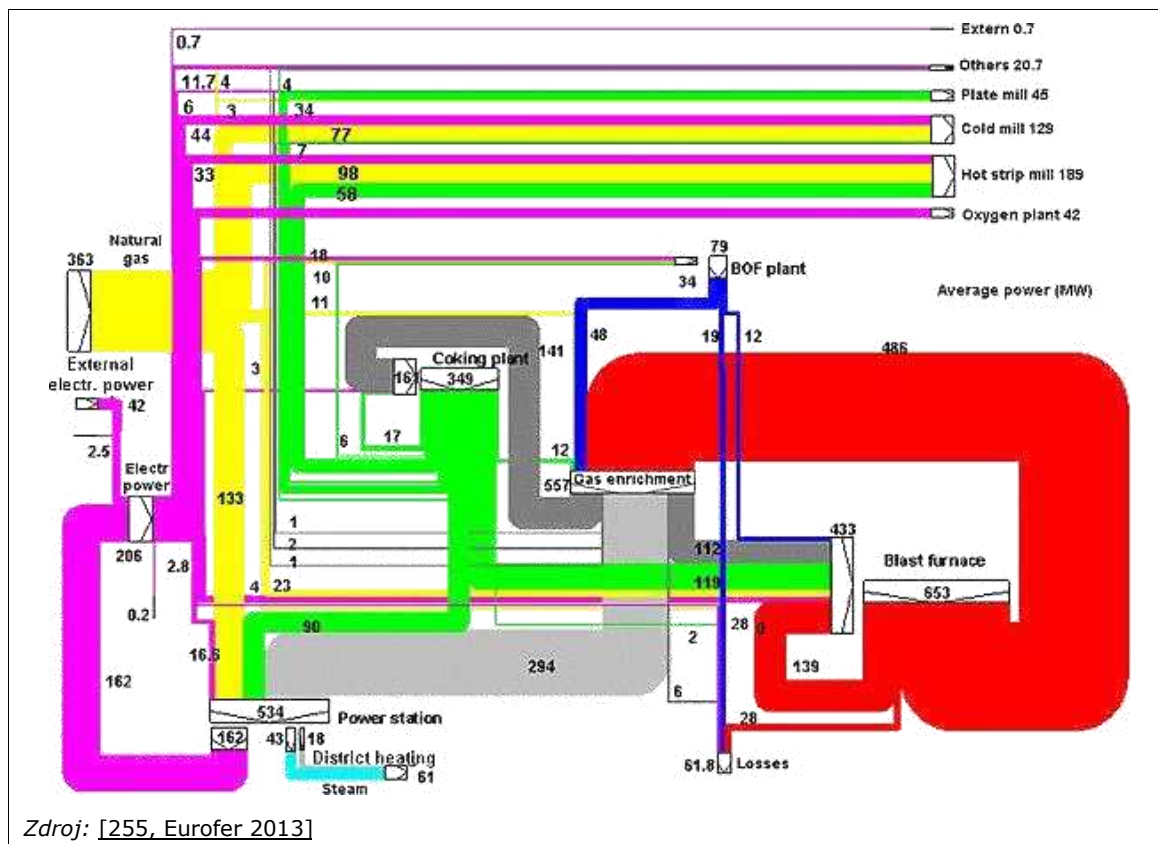
Počas celého výrobného procesu, od surovín až po hotovú oceľ, je uhlie základným zdrojom redukčného činidla a plynnej energie pre väčšinu procesov v integrovaných oceliarniach. Procesné plyny vznikajú v dôsledku prevádzky na výrobu metalurgického koksu (COG), výrobu horúceho kovu (železa) vo vysokej peci (BFG) a premenu tohto horúceho kovu na oceľ v kyslíkovej konvertore (BOF plyn).

Tri procesné plyny, koksárenský plyn (COG), vysokopečný plyn (BF plyn) a plyn z kyslíkovej konvertory (BOF plyn), majú výrazne odlišné zloženie a v dôsledku toho aj výhrevnosť. V krátkodobom horizonte (minúty až hodiny) a v dlhodobom horizonte (tyždne až roky) sa môžu procesné plyny výrazne líšiť v objeme, dostupnosti a zložení. Plyny sa vyrábajú v závodoch na rôznych miestach v rámci konkrétnej oceliarne, a preto môže byť ich distribúcia k používateľom komplikovaná. V integrovanej oceliarni sú tieto plyny cenným zdrojom energie, ale plánovaná alebo náhla strata buď závodu spotrebúvajúceho procesný plyn

napr. odstavenie valcovne za tepla, alebo závodu produkujúceho procesný plyn, napr. strata vysokej pece v závode s jednou alebo dvoma pecami, sa musí efektívne riadiť, aby sa minimalizovalo spaľovanie. V oceliarniach sú kotly a plynové turbíny používateľmi s najnižšou prioritou pred spaľovaním prebytočného plynu, a preto sú prvými, ktorí trpia vyčerpaním dodávok, keď je potrebný určitý plyn na uspokojenie procesnej potreby inde v závode. Preto sú kotly a plynové turbíny navrhnuté tak, aby boli v čo najväčšej miere schopné reagovať na tieto podmienky a zmierňovať vplyv týchto výkyvov na ostatné časti oceliarní a železiarní a minimalizovaním spaľovania plynov aj na životné prostredie.

Procesy používané pri výrobe ocele sú významnými spotrebiteľmi energie, preto je jej spotreba prísne riadená. To znamená, že toky energie v integrovaných oceliarniach môžu byť zložité, ako je znázornené na obrázku 7.32. Najvyššou prioritou energetického manažmentu v oceliarniach je optimalizácia celkovej energetickej účinnosti maximalizáciou využitia procesných plynov v samotných oceliarniach. Rôzne procesy vyžadujú plyny s rôznymi výhrevnosťami, aby bola dosiahnutá prijateľná úroveň palivovej účinnosti, napr. čím vyššia je požadovaná procesná teplota, tým väčšie množstvo plynov s vysokou výhrevnosťou je potrebné. Procesné plyny sa často miešajú, aby spĺňali tieto rôzne požiadavky, a systémy na vyrovnanie kolísania dostupnosti procesných plynov v krátkodobom horizonte (menej ako hodina) sa používajú na reguláciu kvality a množstva palivových plynov do určitej miery. Nadbytočné objemy procesných plynov sa využívajú v kombinovaných zariadeniach a teplárnach s primárnym účelom výroby pary na priame alebo nepriame použitie vo výrobných procesoch oceliarskeho priemyslu a s sekundárnym účelom výroby elektrickej energie, ak je k dispozícii dostatočné množstvo procesných plynov.

Výroba pary je dôležitou činnosťou v oceliarniach, pretože para sa vyžaduje na mnoho účelov. V integrovaných oceliarniach sa para často môže vyrábať prostredníctvom systémov na spätné získavanie tepla, napr. v chladiacich systémoch BOF alebo v ohrevných peciach valcovne za tepla. Na dosiahnutie stabilného dodávania pary je potrebné mať záložný systém na výrobu pary, aby bolo možné pokryť dopyt po pare, keď sú príslušné jednotky oceliarne mimo prevádzky, napríklad z dôvodu údržby.



Obrázok 7.32: Príklad tokov energie v integrovanej oceliarni

Na splnenie tejto úlohy a dodatočne na reguláciu tlaku v parnej sieti sa používajú kombinované zariadenia na výrobu tepla a elektriny. Najdôležitejšími spotrebiteľmi pary v oceliarniach sú prevádzky vysokých pecí, koksovňa (napr. parná turbína na odsávanie plynu) a vákuové spracovanie v oceliarni. V oceliarniach má zariadenie často za úlohu výrobu vysokopecného vzduchu s využitím pary a turbodúchadiel. Toto je najvyššia priorita zariadenia, keď sú dúchadlá poháňané parou. (Elektrodúchadlá nevyužívajú paru a sú považované za výhodnejšie ako turbodúchadlá.) Vyrobená para sa môže použiť aj na výrobu stlačeného vzduchu, čistiace procesy v zinkovacích a žihacích zariadeniach, predúpravu v moriacich zariadeniach a v prípade potreby na vykurovanie priestorov.

Na optimalizáciu využitia všetkých procesných plynov sa používajú riadiace systémy. Ciele sú zoradené podľa priority takto:

1. vnútorné využitie tepelného potenciálu plynov v procesoch výroby ocele;
2. minimalizácia využívania zemného plynu a iných palív ako pomocných palív pri obohatovaní procesných plynov a ako palív spaľovaných samostatne;
3. rozumné využívanie plynov pri výrobe pary a/alebo elektriny, aby sa energia neplytvala spaľovaním;
4. minimalizácia využívania palivového plynu prostredníctvom techník integrovaných do procesu;
5. vyhýbanie sa dovozu elektriny.

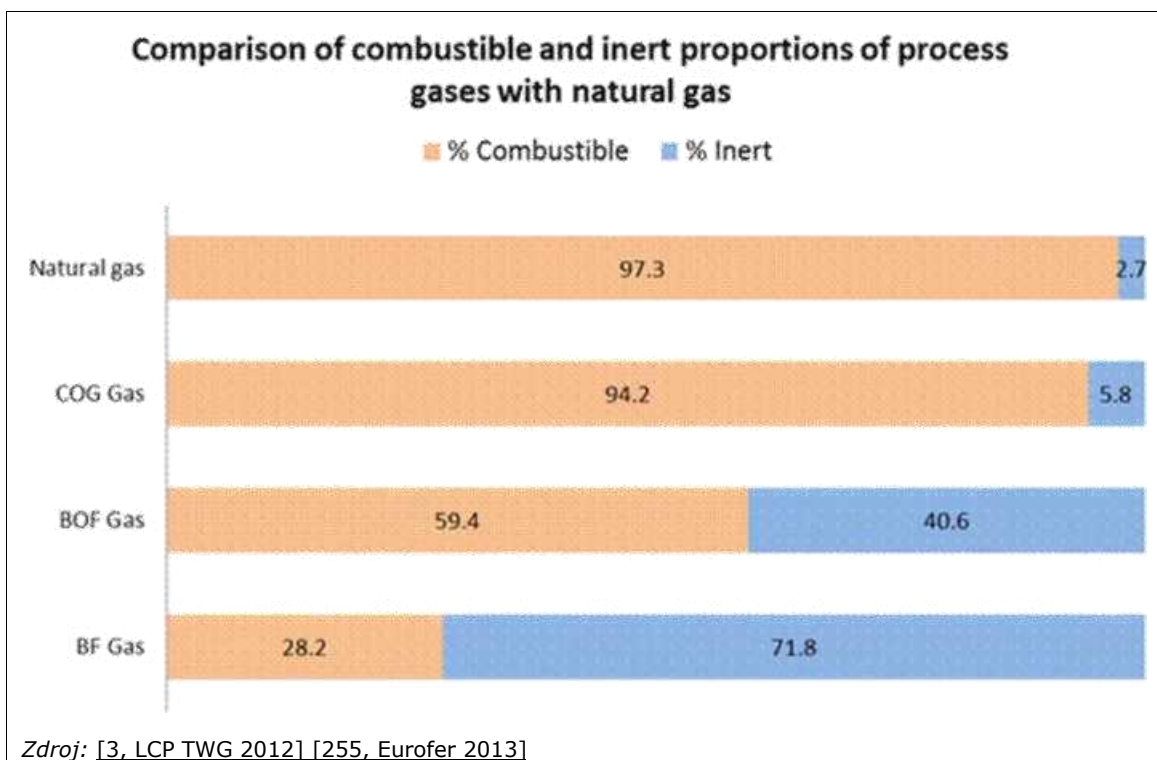
Procesy používané pri príprave procesných plynov na výrobu železa a ocele pred ich použitím sú opísané v IS BREF (2012).

Dobré usporiadanie zariadenia môže uľahčiť efektívnu distribúciu a využívanie procesných plynov a nakupovaných palív v integrovaných oceliarniach. COG, BF plyn a BOF plyn tvoria základ energetického systému v integrovaných oceliarniach. Väčšina energetickej spotreby je pokrytá týmito plynmi, zatiaľ čo zvyšná spotreba je vyvažovaná nakupovanou energiou, zvyčajne elektrickou energiou, spolu s pomocným palivom (ktoré môže zahŕňať zemný plyn, ropu, uhlie atď.) v závislosti od miestnej dostupnosti a podmienok. Tieto aspekty sú znázornené na obrázku 7.32. Napríklad valcovňa plechov čerpá veľkú časť svojej energetickej potreby z koksárenského plynu, časť z doplnkového zemného plynu a malé množstvo elektrickej energie, ktorá môže byť vyrábaná interne alebo niekedy externe. Iné oceliarne, ktoré nemajú prístup k zemnému plynu, môžu používať alternatívne pomocné palivá, ako je ropa a uhlie.

7.3.1.1 Charakteristika a príprava/predúprava paliva

Tri hlavné procesné plyny v oceliarskom priemysle, COG, BFG a BOF plyn, majú celkom odlišné vlastnosti, sú vyrábané rôznymi procesmi a môžu byť spotrebúvané v celom závode na mnoho účelov, v závislosti od vlastností plynu a dostupnosti z hľadiska výroby a umiestnenia v areáli.

Porovnanie troch procesných plynov a priemerného zemného plynu je uvedené na obrázku 7.33, kde časť inertného plynu zahŕňa dusík a oxid uhličitý.



Obrázok 7.33: Porovnanie procesných plynov používaných pri výrobe železa a ocele a zemného plynu

Koksárenský plyn (COG)

Koksárenský plyn sa získava suchou destiláciou (koksovaním) určitých druhov uhlia na výrobu koksovateľného uhlia, ktoré je základnou zložkou a hlavným redukčným činidlom vo vysokej peci na výrobu železa. Na koks sa dajú premeniť len určité druhy uhlia a na dosiahnutie požadovaných vlastností koksu sa môžu zmiešať viaceré druhy. Tieto vlastnosti koksu sú potrebné z prevádzkových dôvodov vysokej pece, čo môže ovplyvniť výsledné zloženie COG. V malých množstvách sa môžu použiť aj iné materiály, ktoré obsahujú uhlík. Pre lepšie zhutnenie uhlia sa pridávajú olej alebo olejové rezíduá.

Surový COG má relatívne vysokú výhrevnosť vďaka prítomnosti vodíka, metánu, oxidu uhoľnatého a uhľovodíkov. Surový koksárenský plyn obsahuje aj cenné produkty, ako sú decht, ľahký olej, síra a amoniak. COG sa pred použitím ako palivo spracúva spôsobom opísaným v IS BREF (2012). Čistenie zahŕňa odstránenie dechtu, naftalénu, ľahkého oleja, zlúčenín obsahujúcich síru a odstránenie alebo krakovanie (na vodík) amoniaku.

Na základe údajov zhromaždených na účely revízie LCP BREF (2012) a na základe dodatočných údajov zhromaždených organizáciou EUROFER má čistený COG používaný v spaľovacích zariadeniach zloženie uvedené v tabuľke 7.20.

Tabuľka 7.20: Vlastnosti vyčisteného COG

Parameter	Jednotka	Max.	Min.	Č. (1)
Nižšia výhrevnosť	MJ/Nm ³	19,65	16	16
Wobbeho index (nižší)	MJ/Nm ³	34,21	11	6
Chemická analýza				
H ₂ O	obj.	3	1	3
CH ₄	obj.	28,29	17	16
C ₂ H ₆	obj.	3,4	0,39	12
C ₂ H ₄	obj.	3	0	10
C ₃	obj.	1,6	0,05	6
C ₄	obj.	3	0 ⁽³⁾	9
H ₂	obj.	70	50	16
CO	obj.	10	4	16
Celkový obsah S	mg /Nm ³	350 až 780 ⁽²⁾)		
NH ₃	mg/Nm ³	0 ^(2,3)) – 48 ^(2,4))		
CO ₂	obj.	2,69	0,8	15
N ₂	obj.	7	1	16
Prach	mg/Nm ³	< 10		
Obsah siloxánu v prachu		Žiadny		
(1) Počet údajov v analýze. (2) Dodatočné údaje zhromaždené organizáciou EUROFER. (3) Hodnota nula znamená, že hladina je nižšia ako hladina detekcie pri použití bežných analytických techník. (4) Bodová vzorka. Zdroj: [3, LCP TWG 2012]				

Keďže COG je plyn s relatívne vysokou výhrevnosťou, je vhodný na použitie vo vysokoteplotných aplikáciách v oceliarniach a ako doplnok k plynom s nižšou výhrevnosťou pre vnútorné použitie v závode. Čistený plyn však môže stále obsahovať až 9 % inertných plynov, N₂ a CO₂.

Obsah H₂S v COG sa znižuje prostredníctvom odsírovania absorpčným systémom alebo mokrym oxidačným odsírením. Celkový obsah síry v COG je však vyšší v dôsledku prítomnosti organických zlúčenín síry, ktoré môžu pridať ďalších 200 – 300 mg S/Nm³. [279, COM 2013]

Využitie COG v integrovaných oceliarniach je mnohostranné a rozmanité. Hoci sa podrobnosti môžu v jednotlivých závodoch líšiť, využitie COG v kotloch a plynových turbínach závisí od jeho dostupnosti po uspokojení potrieb ostatných procesov, čo vedie k uprednostneniu výroby pary a elektrickej energie pred spaľovaním. Postavenie výroby pary a elektrickej energie v hierarchii závodu má vplyv na zaťaženie kotlov a plynových turbín, a tým aj na prevádzkovú účinnosť.

Vysokopecný plyn (BF plyn)

Vysoká pec produkuje približne 1 200 – 2 000 Nm³ BF plynu na tonu horúceho kovu. Energetický obsah BF plynu je zvyčajne 2,7 – 4,0 MJ/Nm³, v závislosti od koncentrácie oxidu uhoľnatého a obsahu vodíka, čo je len asi 10 % energetického obsahu zemného plynu. Napriek tomu je však vzhľadom na veľké množstvo vyprodukovaného BF plynu celkový energetický potenciál v GJ zďaleka najväčší zo všetkých troch procesných plynov produkovaných v integrovaných oceliarnach.

BF plyn sa skladá z horľavých látok (CO: 20–28 %, H₂: 1–5 %), inertných zlúčenín (N₂: 50–55 %, CO₂: 17–25 %) spolu s prachom, zlúčeninami síry, amoniakom a uhľovodíkmi. Aby mohol byť BF plyn použitý ako palivo, je spracovaný tak, aby spĺňal špecifikácie kvality, a potom sa často používa na rôzne procesy spaľovania, napríklad na výrobu vzduchu do vysokej pece alebo na spaľovanie v koksárňach.

Úprava BF plynu pozostáva z predúpravy na odstránenie hrubého prachu a následného mokrého čistenia na odstránenie jemného prachu a zlúčenín síry. V niektorých závodoch sa používa elektrostatická precipitácia. Po čistení obsahuje BF plyn menej ako 10 mg/Nm³ suchého prachu.

Analýza vyčisteného vysokopecného plynu používaného v spaľovniach je uvedená v tabuľke 7.21.

Tabuľka 7.21: Vlastnosti čisteného BF plynu (priemerné ročné údaje)

Parameter	Jednotka	Max.	Min.	Č. (1)
Nižšia výhrevnosť	MJ/Nm ³	4,52	2,7	18
Wobbeho index (nižší)	MJ/Nm ³	3,67	2,69	4
Chemická analýza	(suchá báza)			
CH ₄	obj.	8,08	1,00	5
C ₂ H ₆	obj.	0,61	001	4
C ₂ H ₄	obj.	0	0	1
H ₂	obj.	14	1	18
CO	obj.	29,7 0	19,3 8	18
Celkom S*	mg/Nm ³	19 (2,3) – 110 (2,4)		
CO ₂	obj.	26	12,7 0	18
N ₂	obj.	58	38,7 0	18
Prach	mg/Nm ³	< 10		

(1) Počet údajových bodov v analýze.

(2) Dodatočné údaje zhromaždené organizáciou EUROFER.

(3) Náhodný výber vzoriek.

(4) Ročný priemer na základe denného priemeru.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

BF plyn je procesný plyn v železiarskom a oceliarskom priemysle s najnižšou výhrevnosťou a teplotou plameňa. Údaje v tabuľke 7.21 ukazujú, že BFG je chudobný plyn (s priemernou nižšou výhrevnosťou iba 3,4 MJ/Nm³), pričom približne 72 % plynu je inertné a 28 % horľavé. Na podporu stabilného spaľovania je vo všeobecnosti potrebné dopĺňať BF plyn palivami s vyššou výhrevnosťou. Potreba doplnkového paliva závisí od obsahu vodíka v BF plyne. BF plyn sa väčšinou používa v nízkoteplotných procesoch, pričom zvyšný BF plyn sa používa v kotloch a plynových turbínach na výrobu procesnej pary a elektrickej energie; takmer vždy sa využíva v kombinácii s iným palivom, pričom väčšina závodov používa COG a/alebo BOF plyn. Z 61 európskych závodov, ktoré poskytli údaje pre preskúmanie LCP BREF, iba 2 prevádzkovali v roku podania správy bez akéhokoľvek BF plynu.

Konvertorový plyn (BOF plyn)

Horúce kovové (železné) materiály vyrobené vo vysokej peci sú nasýtené uhlíkom a obsahujú ďalšie prvky, ako je kremík, mangán, síra a fosfor. Obsah síry v horúcich kovových materiáloch sa často odstraňuje pred procesom BOF v stanici na predbežnú úpravu horúcich kovových materiálov. V podstate sa nežiaduce prvky odstraňujú v kyslíkovej konvertore oxidáciou pomocou prúdu vysoko čistého kyslíka, pričom uhlík sa väčšinou odstraňuje v plynnej forme (CO), zatiaľ čo kremík, mangán a fosfor sa oxidujú a odstraňujú ako škvara. Proces BOF je dávkový proces a fúkanie kyslíka trvá približne 15 minút v celkovom cykle 30 až 40 minút, v závislosti od prevádzkových podmienok. Vytváranie oxidu uhoľnatého je obmedzené na túto dobu fúkania. Ak je to však možné, plyn BOF sa zachytáva, čistí a krátkodobo skladuje pre následné použitie ako palivo. V niektorých prípadoch nie je ekonomicky realizovateľné zachytávať plyn BOF na použitie ako palivo inde v oceliarni, a plyn BOF sa potom spaľuje na mieste s vytváraním pary, horúcej vody alebo tepla.

Získavanie energetického potenciálu z BOF plynu zahŕňa efektívne využitie ako citlivého tepla, tak aj chemickej energie v BOF plyne. V minulosti bola väčšina chemickej energie rozptýlená spaľovaním. Plyn z BOF, ktorý vzniká pri vháňaní kyslíka, opúšťa BOF cez ústí konvertora a následne je zachytávaný primárnym výfukovým systémom. Tento plyn má teplotu približne 1 200 °C a prietok približne 50 – 100 Nm³/t ocele. Plyn obsahuje približne 70–80 % oxidu uhoľnatého (CO) pri opúšťaní BOF a má výhrevnosť 6–10 MJ/Nm³. Na získavanie energie z konvertorového plynu sa zvyčajne používajú dva systémy: čiastočné/úplné spaľovanie alebo potlačené spaľovanie.

Čistenie získaného BOF plynu sa dosahuje kombináciou nasledujúcich techník:

- použitie procesu potlačovaného spaľovania;
- predbežné odprašovanie na odstránenie hrubého prachu pomocou techník suchého oddeľovania (napr. deflektor, cyklón) alebo mokrých oddeľovačov;
- odstraňovanie prachu pomocou:
 - suchého odprašovania (napr. elektrostatický odlučovač) pre nové a existujúce zariadenia,
 - mokrého odprašovania (napr. mokrý elektrostatický odlučovač alebo pračka) pre existujúce zariadenia.

Zloženie BOF plynu sa líši v závislosti od použitého procesu, metódy regenerácie a konkrétne od objemu kyslíka. Po spracovaní má BOF plyn, ktorý je k dispozícii na použitie v spaľovacích zariadeniach, vlastnosti uvedené v tabuľke 7.22.

Tabuľka 7.22: Vlastnosti čisteného plynu z BOF (priemerné ročné údaje)

Parameter	Jednotka	Max.	Min.
Nižšia výhrevnosť	MJ/Nm ³	8,40	6,34
Wobbeho index (nižší)	MJ/Nm ³	8,5	7,98
Chemická analýza			
H ₂	obj.	4,00	0,47
CO	obj.	69,0 5	52,5 2
CO ₂	obj.	20,2 0	15,1 4
N ₂	obj.	26,9 0	13,9 2
Prach	mg/Nm ₃	< 10	
Poznámka: Zlúčeniny S v plyne BOF sú pod úrovňou detekcie pri použití bežných analytických techník. Zdroj: [3, LCP TWG 2012]			

Plyn BOF je z hľadiska výhrevnosti klasifikovaný ako chudobný plyn s priemernou nižšou výhrevnosťou $7,03 \text{ MJ/Nm}^3$ a priemerným Wobbeho indexom $8,40 \text{ MJ/Nm}^3$, ale z hľadiska spaľovacích vlastností (a najmä teploty spaľovania) patrí do skupiny bohatých plynov. Okrem toho sa považuje za relatívne čistý plyn s obsahom prachu $< 10 \text{ mg/Nm}^3$. Môže však obsahovať 29 – 47 obj. % inertných plynov N_2 a CO_2 a podľa I&S BREF [279, COM 2013] môže koncentrácia zvyškového prachu po vyrovnaní BOF plynu dosiahnuť až 50 mg/Nm^3 . Použitie BOF plynu v kombinácii s BF plynom a COG prináša podstatné výhody, ak umožňuje nahradiť značné množstvo primárnych energetických zdrojov, ako je zemný plyn alebo iné pomocné palivá. Z prevádzok zahrnutých do zberu údajov z roku 2012 v rámci revízie LCP BREF 10 používa BOF plyn ako obohacovací plyn s cieľom zlepšiť výhrevnosť BF plynu v oceliarnach. Porovnanie indexov LHV a Wobbe troch hlavných typov procesných plynov pre zariadenia zahrnuté do zberu údajov je uvedené v tabuľke 7.23.

Tabuľka 7.23: Porovnanie priemerných hodnôt LHV a Wobbeho indexu pre BF plyn, BOF plyn a zmiešaný BF + BOF plyn

	Jednotka	Plyn BF	Plyn BOF	Plyn BF + BOF
Nižšia výhrevnosť	MJ/Nm^3	3,41	7,10	3,94
Wobbeho index (nižší)	MJ/Nm^3	3,25	8,4	4,05
Zdroj: [3, LCP TWG 2012]				

Avšak ani samotné použitie BOF plynu nie je dostatočné na výrobu pary alebo elektrickej energie, a preto sa vo všetkých 10 zariadeniach používa zemný plyn (NG) a COG na ďalšie zlepšenie vlastností plynu.

Pomocné palivá

Používanie pomocných palív je bežnou praxou v zariadeniach, ktoré využívajú procesné plyny zo spracovania železa a ocele. Môžu byť potrebné najmä pri spúšťaní za studena, keď majú dostupné procesné plyny nedostatočnú výhrevnosť na to, aby kotol dosiahol prevádzkovú teplotu v primeranom časovom horizonte. Pomocné palivá sa používajú aj v prípade prerušenia bežných dodávok procesných plynov, aby sa zachovali kritické funkcie kotla (najmä procesná para). Príležitostne sa pomocné palivá môžu používať aj pri bežnej prevádzke kotolne.

Palivá používané pri spúšťaní zariadenia, ktoré sa spotrebúvajú vo veľmi malých množstvách, sú zvyčajne propán (LPG), zemný plyn, plynový olej alebo ťažký vykurovací olej. Výber týchto palív závisí do veľkej miery od ich dostupnosti. Napríklad ropa sa používa tam, kde nie je k dispozícii zemný plyn.

Ako pomocné palivá sa používajú zemný plyn, ľahké ropné oleje, ťažký vykurovací olej, decht a uhlie. Z nich sa najčastejšie používa zemný plyn.

Zemný plyn

Zemný plyn sa používa v približne 65 % spaľovacích zariadení v tejto sekcii. V niektorých zariadeniach nie je jeho použitie možné z dôvodu chýbajúcej infraštruktúry. Zemný plyn sa používa ako štartovacie, záložné a pomocné palivo v ročných množstvách od 0,1 % do 88,4 % na základe tepelného príkonu. Kvalita zemného plynu používaného v spaľovacích zariadeniach v oceliarnach sa veľmi líši, ako je uvedené v tabuľke 7.24.

Tabuľka 7.24: Zloženie zemného plynu používaného v spaľovacích zariadeniach na spaľovanie palív používaných v procesoch výroby železa a ocele

Parameter	Jednotka	Max.	Min	Č. (1)
Nižšia výhrevnosť	MJ/Nm ³	37,9	31,8	30
Wobbeho index (nižší)	MJ/Nm ³	54,5	11,3	20
Chemická analýza				
CH ₄	obj.	99	80	34
C ₂ H ₆	obj.	7,42	0,90	32
C ₂ H ₄	obj.	2,20	0	2
C ₃	obj.	1,90	0,06	31
C ₄	obj.	2,34	0,02	26
CO ₂	obj.	2,76	0,19	32
N ₂	obj.	11,8 1	0,60	33
(1) Počet dátových bodov v analýze. Zdroj: [3, LCP TWG 2012]				

Aj pri relatívne vysokých hladinách CO₂ a N₂ je priemerná hladina inertného plynu v porovnaní s plynom BF a plynom BOF nízka a je na podobnej úrovni ako v COG, ako je znázornené na obrázku 7.33.

Iné palivá

Iné palivá, vrátane plynového oleja, dechtu a uhlia, sa používajú len vo veľmi malom počte špecifických zariadení, väčšinou na udržanie prevádzkovej teploty alebo ako doplnok k hlavným procesným plynom. Uhlie sa používa aj ako dodatočné palivo v jednom zariadení uvedenom v tejto časti, a to v podiele 4,7 % s 95,3 % COG na základe tepelného príkonu. Na druhej strane, procesné plyny z výroby železa a ocele môžu nahradiť uhlie v zariadeniach spaľujúcich uhlie, ako je to v prípade viacerých zariadení v Európe, kde podiel uhlia predstavuje 37 % až 93 % (pozri oddiel 5.1 o spaľovaní uhlia a kapitolu 0 o spaľovaní kvapalných palív).

Použitie ťažkého oleja sa pohybuje od 0,4 % do 12,1 %. Na spodnej hranici sa používa ako štartovacie palivo (0,4 – 1,2 %), zatiaľ čo na hornej hranici sa používa ako doplnkové palivo k procesným plynom, kde nie je ľahko dostupný zemný plyn. Uhoľný decht sa používa za podobných okolností.

Vo všetkých prípadoch môže použitie týchto iných palív ovplyvniť emisie z kotlov a plynových turbín.

7.3.1.2 Znižovanie emisií do ovzdušia z kotlov

Úlohou kotlov v integrovaných oceliarnach je spotrebovať prebytočné procesné plyny a dodávať potrebnú paru a horúcu vodu do všetkých kľúčových procesov. Niektoré oceliarnie môžu tiež vyrábať elektrickú energiu s cieľom zhodnotiť procesné plyny. Ako bolo uvedené vyššie, keďže procesné palivá (plyn z vysokej pece, COG a konvertorový plyn) sa používajú aj v iných oblastiach integrovaných závodov, väčšina integrovaných oceliární musí nakupovať dodatočné palivá (napr. ropu, uhlie, zemný plyn). Dopyt po týchto dodatočných palivách sa môže v krátkom časovom horizonte meniť v závislosti od prevádzkovej dostupnosti spotrebných zariadení v oceliarnach. Zariadenia na výrobu pary a elektrickej energie môžu využívať plyny s nízkou aj vysokou výhrevnosťou a v závislosti od energetickej situácie zariadenia môže byť zariadenie nastavené na výrobu elektrickej energie, pary na použitie v rôznych situáciách a/alebo diaľkové vykurovanie. Kombinovaná výroba elektriny a tepla sa často používa na pokrytie dopytu po pare, keď sú špecializované kotly mimo prevádzky z dôvodu údržby, a môže sa dodatočne používať na reguláciu tlaku v parnej sieti.

Celková energetická účinnosť zariadenia integrovaného v oceliarni je vo všeobecnosti nižšia ako v komerčných zariadeniach a úrovne emisií, napr. SO_x a prachu, sú odlišné. Prevádzka zariadení integrovaných v oceliarniach, ktoré sú vykurované plynom BF/BOF a/alebo COG, závisí od výroby celej integrovanej oceliarne. Pri porovnávaní s komerčnými veľkými spaľovacími zariadeniami je potrebné zohľadniť rozdiely v množstve a zložení palív, ich horľavom a inertnom obsahu, včasnej dostupnosti týchto palív z procesov výroby železa a ocele a kvalitatívnu a kvantitatívnu variabilitu parametrov, ako je výhrevnosť.

Hlavnými látkami znečisťujúcimi ovzdušie, ktoré vypúšťajú kotly spaľujúce procesné plyny vznikajúce v oceliarniach, sú NO_x , CO, SO_x a prach.

NO_x

Vzhľadom na pomerne nízku teplotu plameňa pri spaľovaní BF plynu je tvorba termického NO_x nižšia ako pri iných procesných plynoch a zemnom plyne. Množstvo palivového NO_x závisí od dusíkatých zlúčenín. Keďže množstvo týchto dusíkatých zlúčenín, prevažne zvyškového amoniaku, ktoré zostáva v COG, môže byť značné (hoci údaje zozbierané organizáciou EUROFER naznačujú, že v náhodných vzorkách je to menej ako 50 mg/Nm^3), množstvo palivového NO_x vytvoreného z tohto zdroja môže byť tiež významné (pozri tabuľku 2.6 v IS BREF (2012)). Tvorba tepelného NO_x v dôsledku spaľovania a viacnásobného spaľovania COG so zemným plynom môže byť tiež vysoká v dôsledku vysokých teplôt spaľovania. Najčastejšie sa na zníženie tvorby tepelného NO_x používajú primárne techniky a za určitých miestnych podmienok sa na zníženie emisií termického aj palivového NO_x používajú sekundárne techniky.

Oxid uhoľnatý

CO tvorí viac ako 50 % plynu BOF a je tiež hlavnou horľavou zložkou plynu BF, zatiaľ čo v COG je to menej významná zložka. V zariadeniach, ktoré využívajú tieto procesné plyny, je cieľom dosiahnuť úplné spaľovanie, čo vedie k nízkym emisiám v spalínach. Kotly prevádzkované v oceliarniach sú však vystavené náhlym zmenám vstupných palív, čo môže negatívne ovplyvniť účinné spaľovanie plynov.

SO_x

Hlavným zdrojom SO_x v emisiách zariadení využívajúcich procesné plyny je oxidácia zvyškových zlúčenín síry obsiahnutých v COG a BFG, hlavne vo forme H_2S a organických zlúčenín síry. V zariadeniach, ktoré spaľujú hlavne tieto plyny, sa nepoužívajú žiadne ďalšie techniky.

Údaje zo zberu údajov uvádzajú priemerné ročné hodnoty H_2S v COG v rozmedzí 15 mg/Nm^3 až 300 mg/Nm^3 za rok 2010 [3, LCP TWG 2012]. Celkové množstvo síry v COG sa zvyčajne pohybuje v rozmedzí 350 mg/Nm^3 až 780 mg/Nm^3 , ale môže byť vyššie v dôsledku prítomnosti organických zlúčenín síry. V niektorých zariadeniach boli zaznamenané vyššie hladiny celkového S v COG. Hladiny celkovej síry v BFG sú podstatne nižšie, od 40 mg/Nm^3 do 110 mg/Nm^3 . [255, Eurofer 2013]

Prach

Plyn z BFG a plyn z BOF sa pred použitím v kotloch odprašujú, zatiaľ čo COG sa spracúva v závode na spracovanie vedľajších produktov, čo vedie k zníženiu obsahu prachu v porovnaní so surovým plynom. Znižuje sa aj obsah prekurzorov prachu, ako je síra. Výsledkom je pomerne nízky obsah zvyškového prachu v spalínach po spaľovaní. Kontrola emisií prachu do ovzdušia pri používaní procesných plynov z oceliarskeho priemyslu sa teda dosahuje hlavne odstraňovaním častíc pred spaľovaním, ako je opísané v IS BREF. [279, COM 2013]

7.3.1.3 Kontrola emisií do ovzdušia z plynových turbín

Plynové turbíny spaľujúce procesné plyny sa v Európe bežne nepoužívajú kvôli nízkej výhrevnosti plynov, obmedzenej schopnosti akceptovať zmeny výhrevnosti plynov v čase a zlému pomeru regulácie výkonu. Zemný plyn je palivom voľby pre plynové turbíny.

S cieľom zlepšiť energetickú účinnosť sú plynové turbíny často spojené s kotlom na rekuperáciu tepla, kde sa procesné plyny môžu použiť na dodávanie dodatočného tepla (pozri oddiel 3.2.3.2 tohto dokumentu a s. 29 – 30 dokumentu IS BREF (2012)). Keďže väčšina integrovaných oceliarní má prebytok tepla, interná spotreba je minimálna alebo žiadna. Ak nie sú k dispozícii žiadni súkromní alebo komerční spotrebitelia, ktorí by mohli využiť oddelené teplo, elektrárne spaľujú prebytočné plyny s cieľom maximalizovať množstvo elektrickej energie.

Z ôsmich európskych plynových turbínových elektrární alebo CCGT, ktoré využívajú procesné plyny z oceliarní a ktoré predložili údaje na preskúmanie LCP BREF, tri z nich používajú na prevádzku plynových turbín výlučne zemný plyn. Jedna samostatná plynová turbína pracuje na zmesi 59,4 % zemného plynu, 29,1 % BF plynu a 11,5 % COG, ale podľa potreby môže pracovať aj na 100 % NG s vstrekaním pary. Tri CCGT pracujú na zmesi zemného plynu, BF plynu, COG a BOF plynu a doplnkovými palivami kotlov sú zemný plyn a BF plyn (tieto zariadenia môžu tiež pracovať na 100 % zemnom plyne s vstrekaním pary). Ôsme zariadenie má samostatnú plynovú turbínu, ktorá pracuje na vysokej úrovni obzvlášť čistého BFG (96,5 % na základe tepelného príkonu). Zloženie BF plynu je v tomto prípade výnimočné, pretože vysoký obsah H_2 a CO mu dodáva vyššiu LHV $4,4 \text{ MJ/Nm}^3$ v porovnaní s priemernou hodnotou $3,4 \text{ MJ/Nm}^3$. Zostávajúcich 3,5 % tvorí 2,2 % BOF plynu, ktorý bol pridaný do BF plynu, a 1,3 % zemného plynu.

Tieto zariadenia kontrolujú emisie prachu a SO_x pomocou rovnakých techník predbežnej úpravy paliva, ako sa používajú pri spaľovaní procesných plynov v kotloch, a kontrolujú emisie NO_x pomocou suchých horákov s nízkymi emisiami NO_x , vstrekovania pary pri spaľovaní zemného plynu v plynových turbínach, horákov s nízkymi emisiami NO_x pre kotlovú časť alebo SCR. Jedna plynová turbína je tiež vybavená predohrevom paliva. V jednom prevádzkovom režime, pri ktorom sa procesné plyny používajú v plynových turbínach CCGT, sa COG upravuje s cieľom odstrániť stopy olejov a dechtu.

7.3.1.4 Čistenie vody a odpadových vôd

Využitie vody a čistenie všetkých odpadových vôd z čistenia procesných plynov z oceliarní a železiarní je podrobne opísané v IS BREF (2012).

Mnohé kotly využívajúce čistené procesné plyny zo železiarskeho a oceliarskeho priemyslu sa nachádzajú v blízkosti alebo v areáli oceliarní, ktoré tieto procesné plyny produkujú. V týchto situáciách sa spravidla centrálnie riadi využívanie vody a likvidácia odpadových vôd, pričom pre celú oceliareň sa používa spoločný systém odvodňovania a vypúšťania do miestnych vodných tokov. Prúdy vody z LCP nie sú v porovnaní s celkovými prúdmi v miestach vypúšťania v areáli významné a často nie sú individuálne dôsledne monitorované. Preto nie je vo všeobecnosti možné izolovať emisie do vody z jednotlivých LCP. Za týchto okolností sa uplatňujú povolenia na odber, používanie a vypúšťanie v areáli a vykonáva sa primerané monitorovanie.

V niektorých prípadoch malé množstvá relatívne čistej vody, ako je kondenzát, odluh z malých kotlov alebo odpadové vody z čerpadiel, nevyžadujú žiadne čistenie odpadových vôd a môžu sa vypúšťať priamo do vodného toku. Tieto vypúšťania často nepodliehajú regulácii ani monitorovaniu. Existujú však niektoré zariadenia, kde sa relatívne čistá voda, ktorá sa vypúšťa priamo do riek, monitoruje z hľadiska prietoku, teploty a amoniakálneho dusíka ($NH_3 - N$) a prostredníctvom systému povolení sa uplatňujú prahové hodnoty a limity. Iné zariadenia vypúšťajúce priamo do rieky majú podmienky povolenia týkajúce sa objemu, teploty, pH, amoniakálneho dusíka ($NH_3 - N$), celkových suspendovaných tuhých látok (TSS), fosforu a celkového organického uhlíka (TOC). Niektoré pobrežné vodné lokality sú povinné vykonávať náhodné kontroly obsahu určitých kovov.

V niekoľkých lokalitách vedie výroba deionizovanej vody k vzniku odpadovej vody, ktorá sa spracúva samostatne alebo najskôr v zariadení na čistenie odpadových vôd. Čistenie môže pozostávať z neutralizácie a sedimentácie, po ktorých môže byť voda vypúšťaná do životného prostredia. V tejto situácii sa uplatňujú osobitné podmienky vypúšťania týkajúce sa prietoku, teploty, pH, TSS a adsorbovateľných organických halogenidov (AOX).

7.3.2 Súčasné úrovne emisií a spotreby

7.3.2.1 Plyny používané pri spracovaní železa a ocele vo veľkých spaľovacích zariadeniach

Aby bolo možné lepšie pochopiť hodnoty účinnosti zariadení a emisií do ovzdušia v zariadeniach využívajúcich procesné plyny z oceliarní, je nevyhnutné zohľadniť rozsah využívania týchto plynov z hľadiska objemu, a nie len z hľadiska tepelného príkonu. Z tabuľky 7.25 vyplýva, že procesné plyny sú menej účinné palivá ako zemný plyn, a to do tej miery, že vo všeobecnom vyjadrení tepelného príkonu 1 objem zemného plynu zodpovedá približne 2,6 objemu COG, 6,5 objemu BOF plynu a 13,5 objemu BF plynu [3, LCP TWG 2012]. Tieto faktory sú zhrnuté v tabuľke 7.25 nižšie pre viac ako 50 európskych závodov.

Tabuľka 7.25: Objemy plynu, dodatočné množstvá paliva a tepelný príkon za 24 hodín pre spaľovacie zariadenia spaľujúce procesné plyny z výroby železa a ocele

Plyn/Dodatočné palivo	Celkové množstvá		Tepelný príkon/24 hodín (MW _{th})
BF plyn	139 763 766	Nm ³ /24 hodín	136 880
Plyn BOF	2 379 432	Nm ³ /24h	5 125
COG	9 492 597	Nm ³ /24h	45 391
COG + BF plyn	3 108 945	Nm ³ /24h	2 384
Plyn BF + plyn BOF	23 607 329	Nm ³ /24h	24 464
NG	4 505 974	Nm ³ /24h	45 983
Ľahká ropa	89	t/24h	1 027
HFO	146	t/24h	1 778
Koks	39	t/24h	402
Uhlie	30	t/24h	275
Zdroj: [3, LCP TWG 2012]			

Údaje v tabuľke 7.25 ukazujú význam BF plynu, a to ako z hľadiska tepelného príkonu, tak aj z hľadiska použitých objemov. Objemy použitého COG sú podstatne nižšie, ale vyššia výhrevnosť dopĺňa BF plyn, takže oba plyny sa často používajú zmiešané v rôznych pomeroch, ako napríklad zmes COG a BF plynu uvedená v tabuľke 7.25. Z hľadiska objemu množstvo použitého BOF plynu odzrkadľuje špecifiká procesu BOF, čistenie a skladovanie/uloženie procesného plynu vyrábaného v dávkach v dostatočných množstvách.

Použitie dechtu v roku 2010 ako pomocného paliva odzrkadľuje jeho dostupnosť v mieste použitia, ale táto prax bola teraz ukončená. Komerčné pomocné palivá, ako je zemný plyn, uhlie, plynový olej, zvyšujú náklady na výrobu pary a energie a výrobcovia ocele ich používajú opatrne, aby udržali výstupy a/alebo stabilizovali plameň, ale vo všeobecnosti nie na udržanie plného zaťaženia závodu.

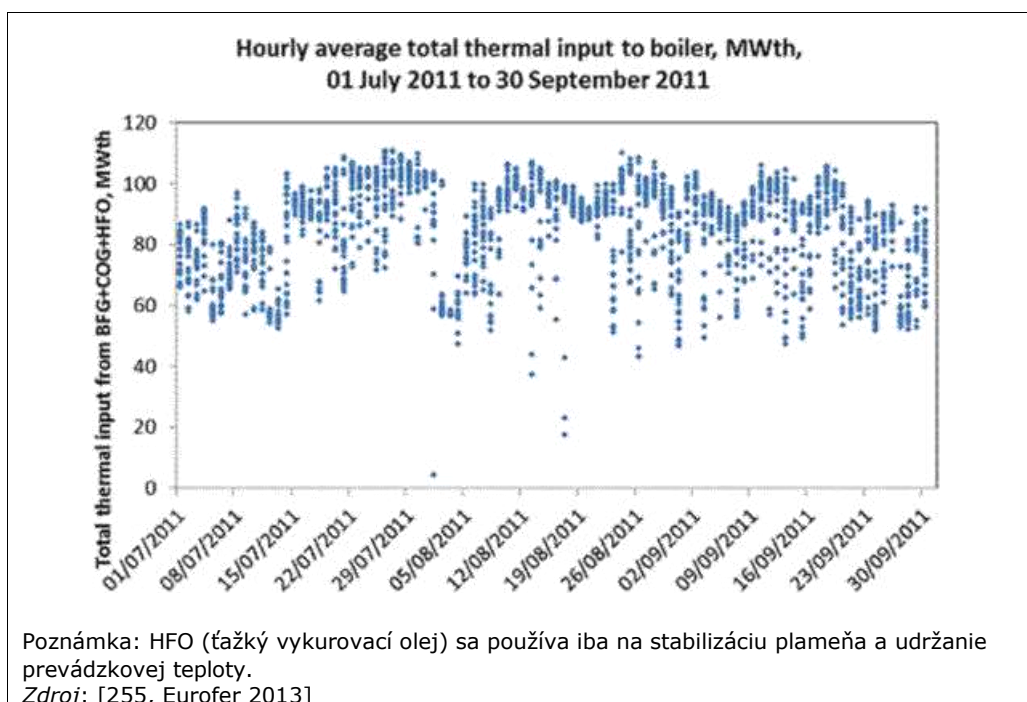
7.3.2.2 Energetická účinnosť spaľovacích zariadení na spracovanie železa a ocele spaľujúcich procesný plyn

Energetická účinnosť integrovaných spaľovacích zariadení oceliarní spaľujúcich procesné plyny je nižšia ako energetická účinnosť komerčných zariadení. Prevádzka takýchto zariadení závisí od výroby celého závodu a vykonáva sa tak, aby sa zabránilo spaľovaniu týchto plynov, čo by malo za následok plytvanie energetickým obsahom a bezcenné uvoľňovanie emisií do ovzdušia. Využitie procesných plynov na výrobu pary a elektrickej energie predstavuje z hľadiska celkovej účinnosti veľké zlepšenie oproti spaľovaniu. V existujúcich kotloch a plynových turbínach sa zlepšenia účinnosti zariadení pri premene plynov na užitočnú paru, horúcu vodu alebo elektrickú energiu dosahujú vďaka technologickým zlepšeniam. Uplatňovanie týchto nových technológií závisí od konfigurácie zariadenia a analýzy nákladov a prínosov.

Komerčné veľké spaľovacie zariadenia sú vo všeobecnosti optimalizované z hľadiska energetickej výstupnej kapacity, zatiaľ čo zariadenia v integrovaných oceliarniach alebo zariadenia s nimi spojené sú prevádzkované s cieľom využiť dostupné procesné plyny a musia sa prispôbovať zmenám v množstve a zložení palív, často vo veľmi krátkom čase (menej ako minúta). Výroba procesných plynov z koksovej a vysokej pece je nepretržitá a náhle prerušenia dodávok v dôsledku problémov v týchto zariadeniach sú spravidla zriedkavé; variabilita objemov dodávok vyplýva hlavne z kolísania dopytu zo strany užívateľov procesného plynu s vyššou prioritou v železiarňach a oceliarniach. To je obzvlášť dôležité pre COG vzhľadom na veľké objemy a vysokú výhrevnosť.

Napriek použitiu techník, ako sú rôzne horáky pre každý plyn, konštrukcia zariadenia prispôbená rôznym plynom s rôznou tepelnou kapacitou a v mnohých prípadoch rozsiahle riadiace systémy, neustále zmeny v procesných plynach môžu stále viesť k menej ako optimálnej účinnosti kotla. Účinnosť kotlov využívajúcich procesné plyny zo železiarní a oceliarní je ďalej znížená potrebou udržiavať teploty spalín nad ich rosným bodom.

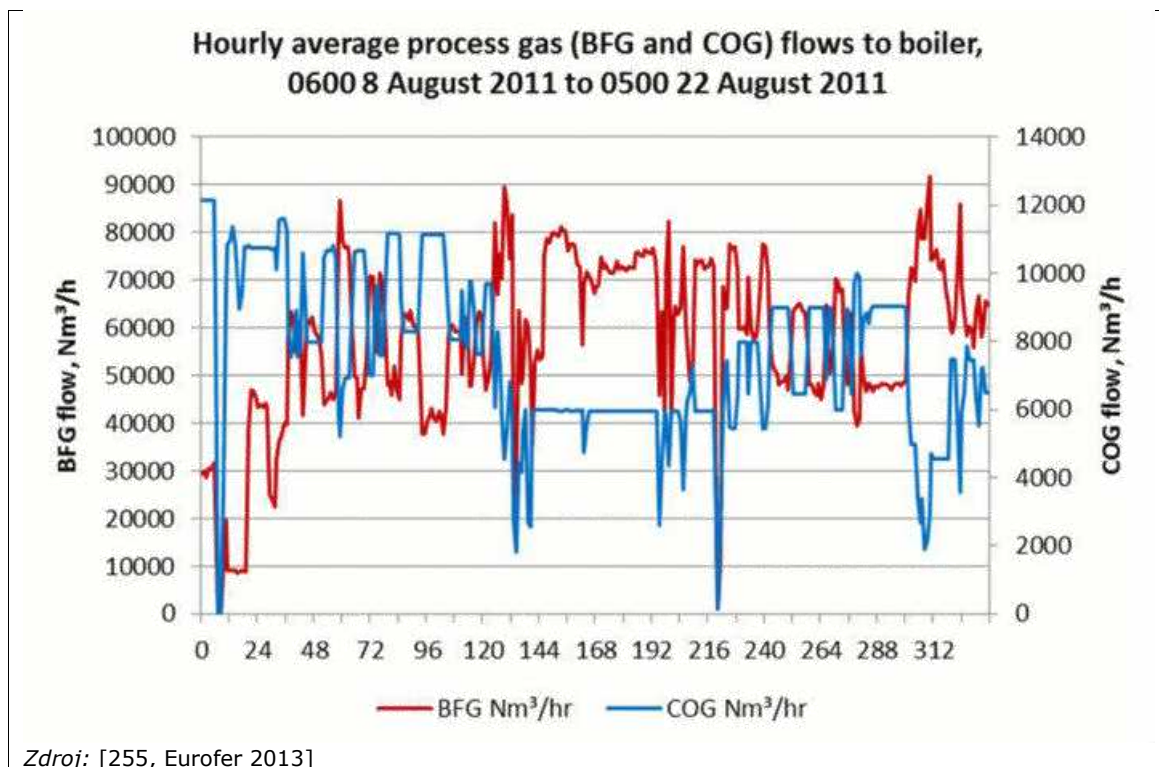
Niektoré z týchto aspektov prevádzky zariadenia sú znázornené na obrázku 7.34, kde je znázornený hodinový priemerný tepelný príkon za trojmesačné obdobie pre kotol s výkonom 108 MW_{th} navrhnutý tak, aby využíval prevažne BFG s pridaním COG na zvýšenie celkovej LHV, plus ťažký vykurovací olej (HFO) na stabilizáciu plameňa alebo ochranu zariadenia.



Obrázok 7.34: Hodinové priemerné údaje o tepelnom príkone kotla používajúceho plyn BF, COG a HFO za obdobie troch mesiacov

Väčšina zariadení prevádzkovaných na procesných plynoch z železiarní a oceliarní nepracuje blízko svojho celkového menovitého tepelného príkonu, čo je významný faktor ovplyvňujúci celkovú účinnosť.

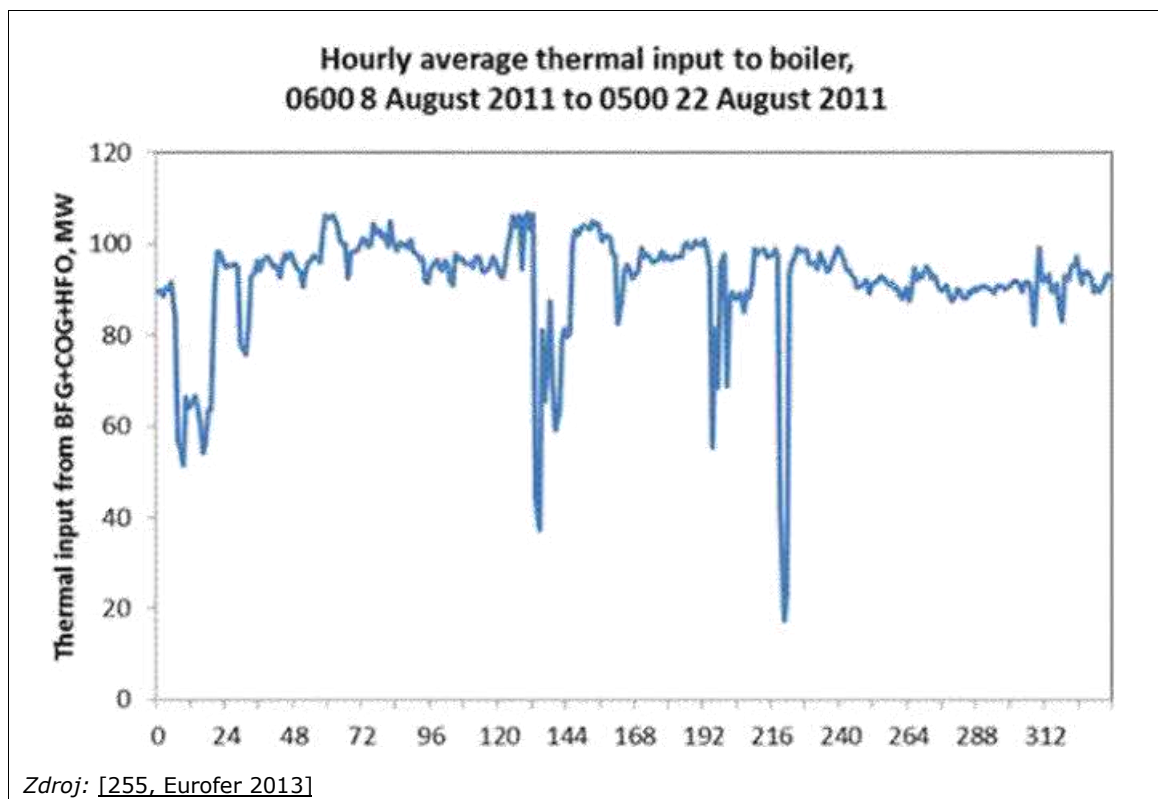
Obrázok 7.35 ukazuje, ako sa BFG a COG môžu meniť každú hodinu v priebehu dvoch týždňov.



Zdroj: [255, Eurofer 2013]

Obrázok 7.35: Hodinové priemerné vstupy BF plynu a COG do kotla počas dvojtýždňového obdobia

Napriek veľkým výkyvom v dostupnosti procesných plynov sa celkový tepelný príkon do kotla (obrázok 7.36) udržiava na úrovni približne 90 MW_{th}, keď je vysoká pec v stabilnej prevádzke. Pre 61 európskych zariadení, ktoré predložili údaje na preskúmanie LCP BREF, bol vypočítaný ročný odhad celkového tepelného príkonu. Táto analýza ukázala, že v priemere majú závody ekvivalentný faktor plného zaťaženia 73,7 %, s rozpätím medzi 97,5 % a 46,7 %.



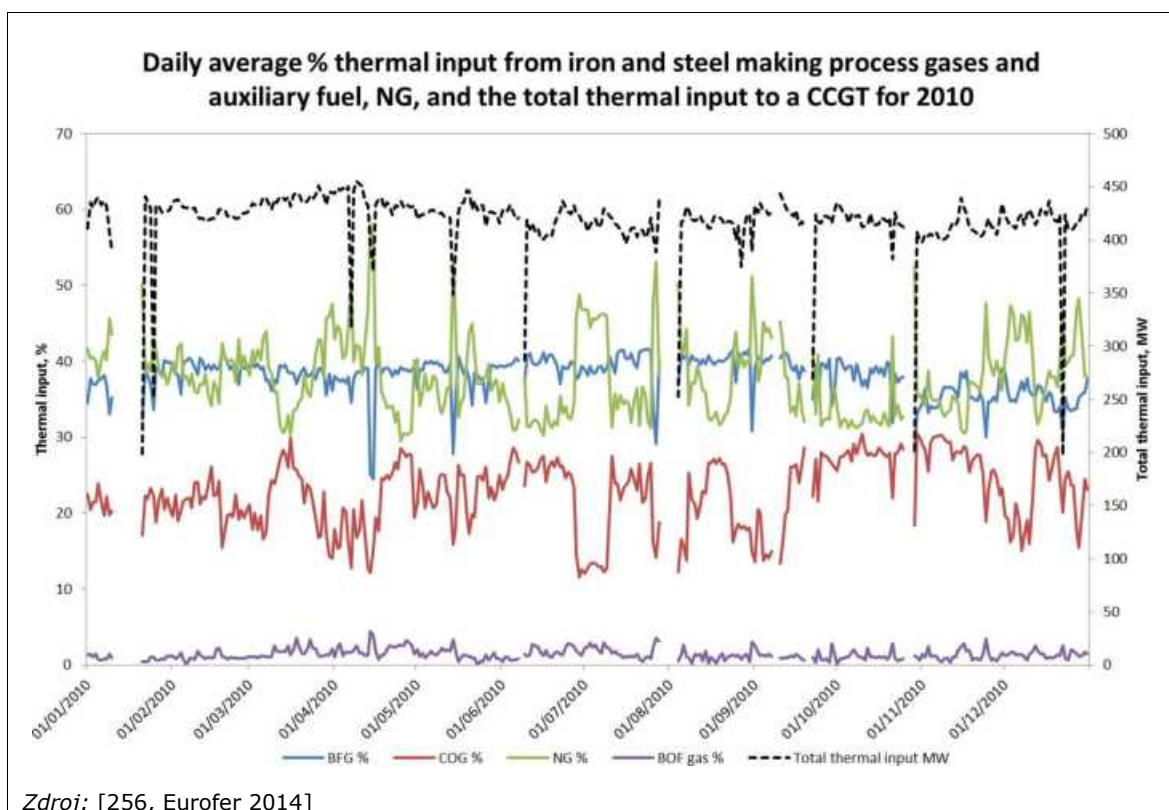
Obrázok 7.36: Hodinový priemer tepelného príkonu vysokopecného plynu, COG a HFO do kotla za obdobie dvoch týždňov

Zariadenia s nainštalovanými systémami DeNO_x alebo inými systémami na čistenie spalín majú nižšiu čistú energetickú účinnosť kvôli spotrebe energie týchto systémov na konci potrubia (pozri oddiel 2.7.10.1).

Údaje zhromaždené v [3, LCP TWG 2012] ukazujú, že priemerná čistá celková spotreba paliva je 52,1 %, s mediánovou hodnotou 46,0 %, medzi maximom 83,6 % a minimom 28,0 %. Čistá celková spotreba paliva je silne závislá od dostupnosti a typu procesných plynov, čo závisí od prevádzky oceliarní.

Obmedzenejšie údaje o CCGT naznačujú, že tieto zariadenia sú prevádzkované odlišne od kotlov. Priemerná prevádzková čistá celková spotreba paliva je 52,6 %, s mediánovou hodnotou 51,5 %, medzi maximom 82,2 % (väčšinou tepelný výkon) a minimom 40,5 % (celkový elektrický výkon).

Denné priemerné údaje pre jednu CCGT ilustrujú odlišný prístup k prevádzke v porovnaní s kotlami. Obrázok 7.37 ukazuje denný priemer celkového tepelného príkonu do CCGT, ktorý sa skladá z príspevkov plynu BFG, COG a BOF spolu s NG ako pomocným palivom. V tomto prípade je celkový tepelný príkon z COG a NG relatívne konštantný na úrovni približne 60 % celkového tepelného príkonu, t. j. NG sa zvyšuje, aby kompenzoval stratu v COG, a znižuje sa, keď sa zvýši dostupnosť COG.

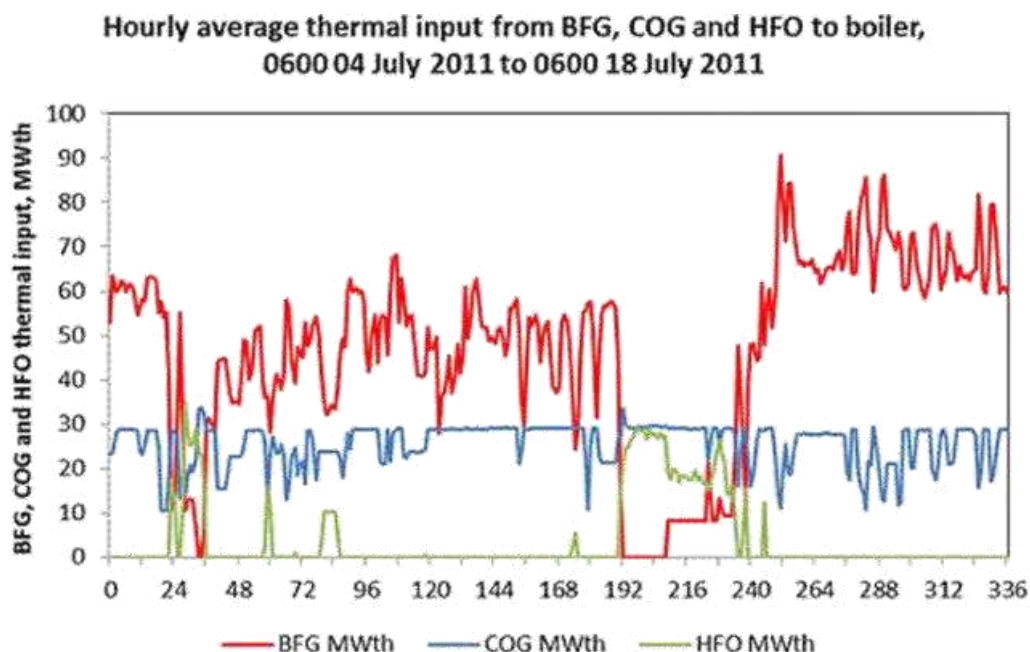


Obrázok 7.37: Denný priemerný tepelný príkon BFG, COG a BOF plynu plus pomocného paliva NG do CCGT v roku 2010

7.3.2.3 Emisie do ovzdušia

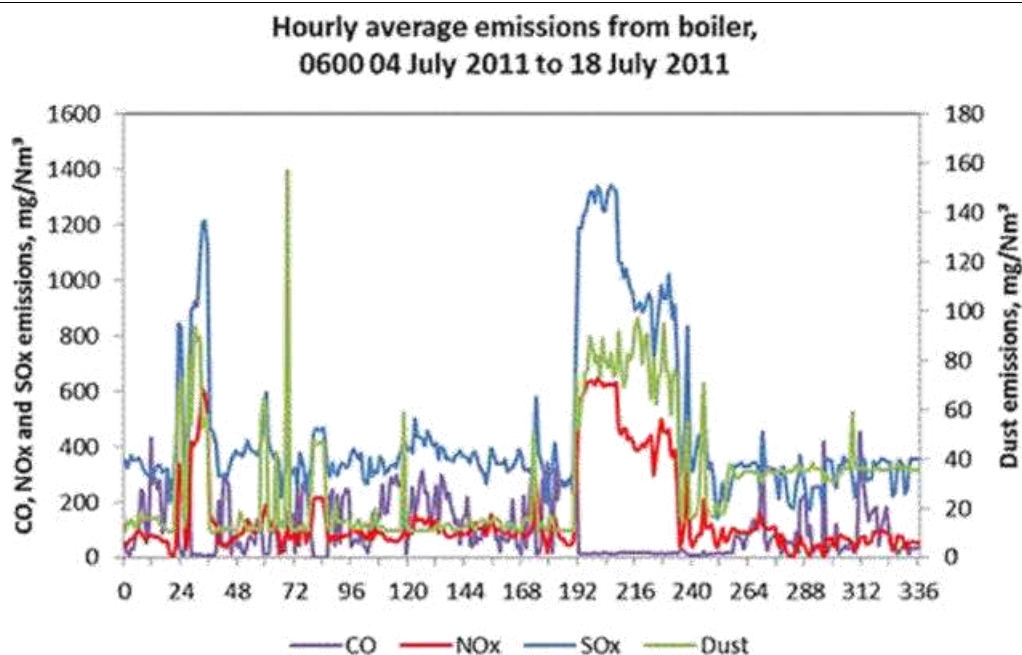
Veľmi široká škála rôznych kombinácií procesných plynov, ktoré je možné použiť, ovplyvňuje emisie SO_x , NO_x a častíc z kotla/elektrárne integrovanej oceliárne. Na ilustráciu vplyvu rôznych procesných plynov na emisie sú na obrázku 7.38 a obrázku

7.39. V porovnaní s tokmi procesných plynov, ktoré boli uvedené skôr, je tepelný príkon COG pozoruhodne stabilný, ale tepelný príkon z BF plynu vykazuje vysokú mieru variability. HFO sa používa, keď je príkon BF plynu veľmi nízky alebo nie je k dispozícii, a tiež keď kombinovaný tepelný príkon z BF plynu a COG nie je dostatočný na udržanie minimálneho tepelného príkonu.



Zdroj: [255, Eurofer 2013]

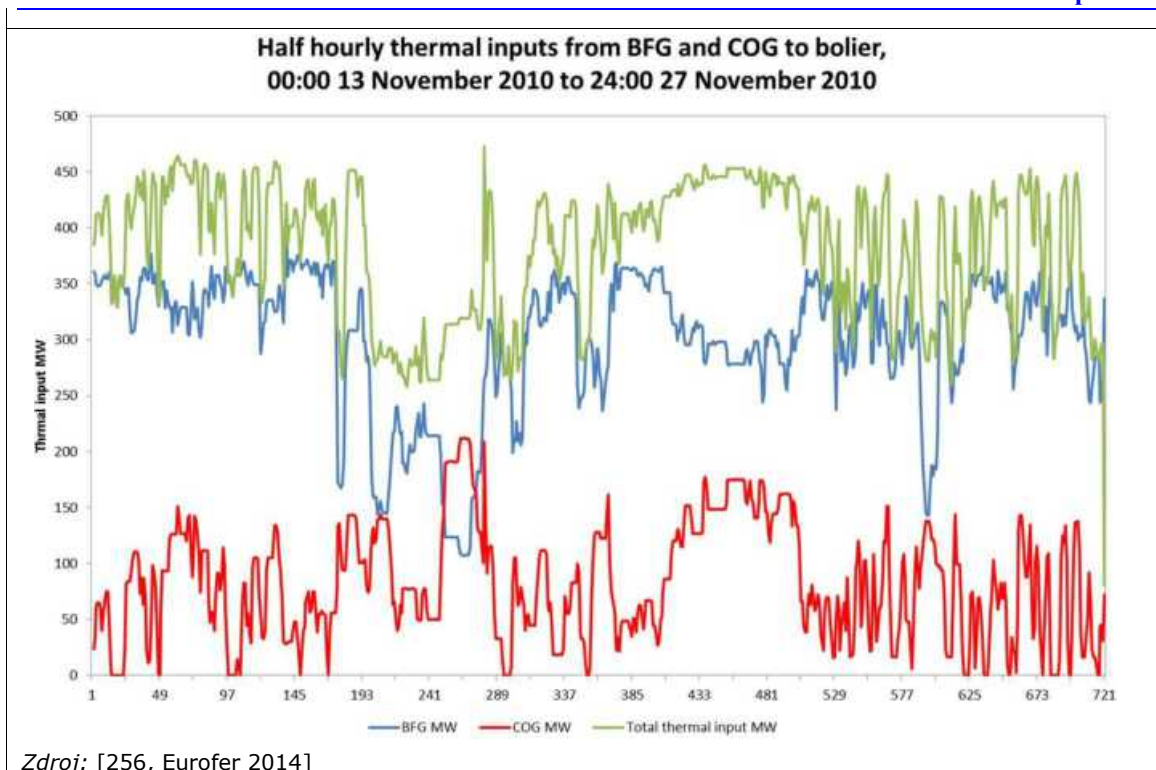
Obrázok 7.38: Hodinové priemerné tepelné vstupy BF plynu, COG a HFO do kotla počas dvojtýždňového obdobia



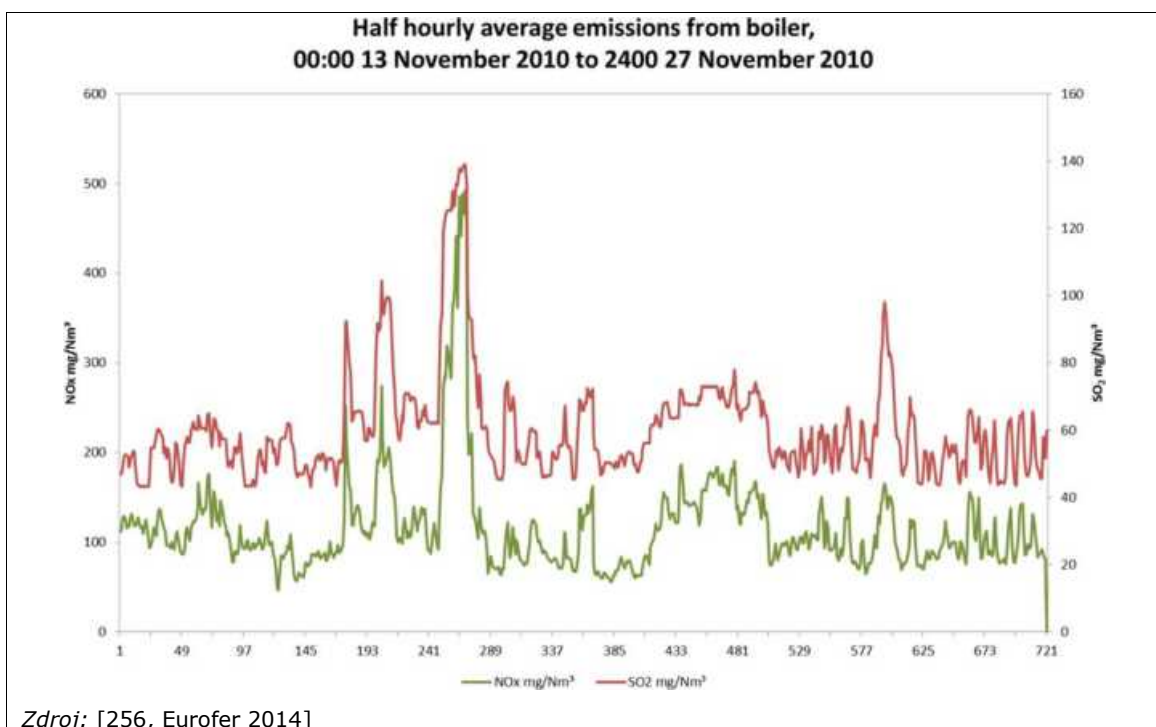
Zdroj: [255, Eurofer 2013] podľa obrázku 7.38

Obrázok 7.39: Hodinové priemerné emisie prachu, NO_x, SO_x a CO (referenčná hodnota 3 % O₂) z kotla spaľujúceho BF plyn a COG s pridaním HFO podľa potreby počas dvojtýždňového obdobia

Ďalší príklad je uvedený na obrázku 7.40 a obrázku 7.41, kde počas 25-dňového obdobia kotol zaznamenáva významné nezávislé kolísania v COG aj BFG, čo má za následok veľké kolísanie celkového tepelného príkonu kotla. Tieto obrázky ilustrujú vzťah medzi relatívnymi podielmi spaľovaných procesných plynov a úrovňou NO_x a SO_x, ktoré môže kotol produkovať.

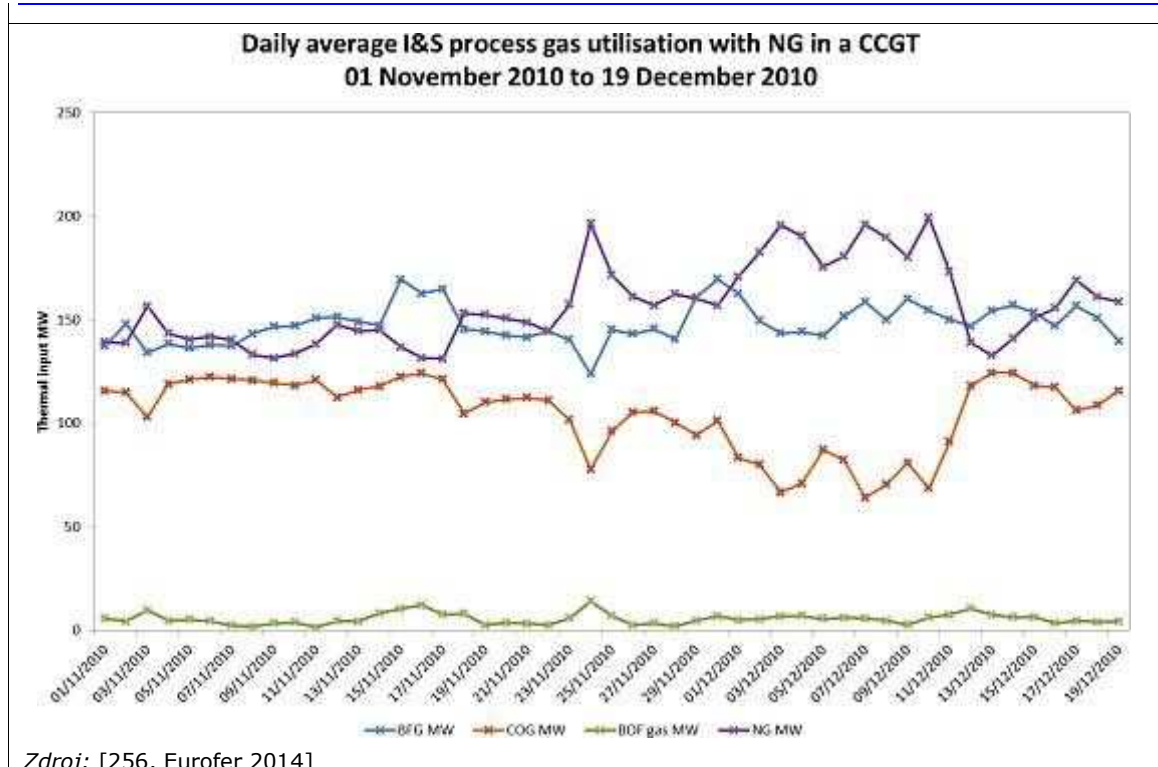


Obrázok 7.40: Polhodinové priemerné tepelné príkony BFG a COG a celkový tepelný príkon kotla za 25-dňové obdobie v novembri 2010

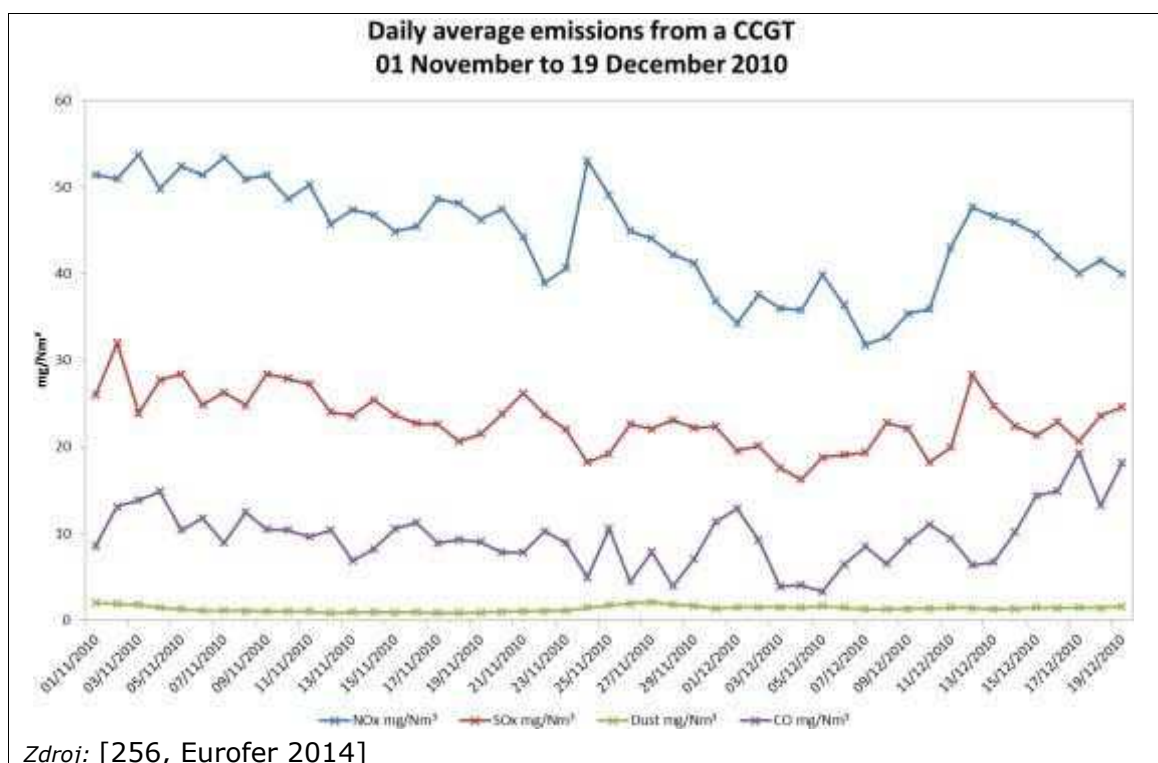


Obrázok 7.41: Polhodinové priemerné emisie NO_x a SO₂ (referenčná hodnota 3 % O₂) z kotla spaľujúceho BFG a COG počas 25-dňového obdobia v novembri 2010, podľa obrázku 7.40

Príklad vzťahu medzi spaľovanými procesnými plynmi I&S a výslednými úrovňami NO_x, CO, prachu a SO_x vyprodukovanými CCGT je uvedený na obrázku 7.42 a obrázku 7.43. V tomto prípade je korelácia menej jasná, pretože kolísanie vstupných plynov v CCGT je viac obmedzené požiadavkami na kvalitu paliva pre plynové turbíny.



Obrázok 7.42: Denné priemerné tepelné vstupy procesných plynov I&S plus zemný plyn a celkový tepelný vstup do CCGT za obdobie 50 dní



Obrázok 7.43: Denné priemerné emisie z CCGT za obdobie 50 dní, podľa obrázku 7.42

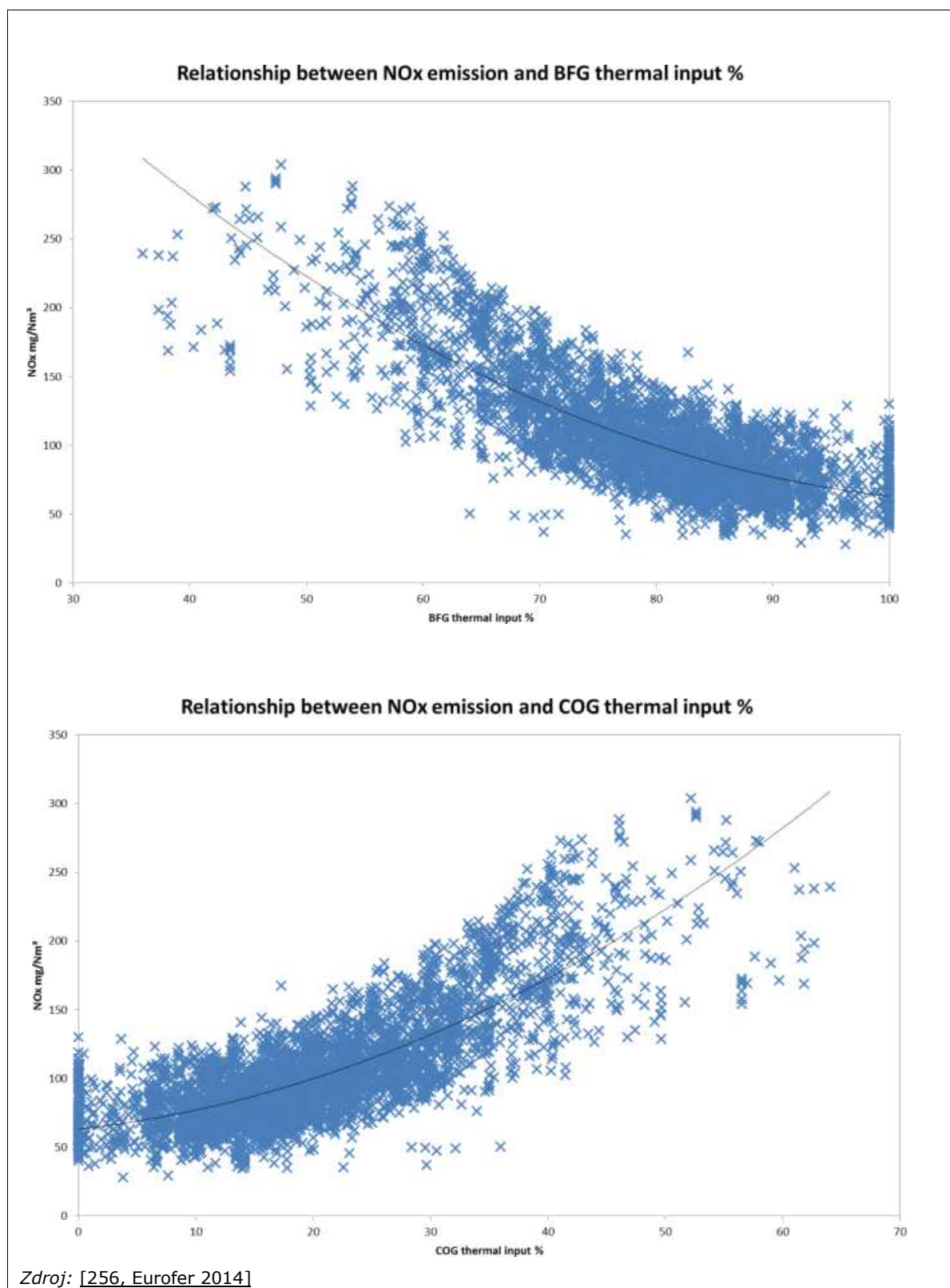
Emisie NO_x

Emisie NO_x sa spravidla monitorujú nepretržite. V prípade kotlov má 10 zariadení s najvyššími emisiami NO_x ročné priemerné emisie v rozmedzí od 130 mg/Nm³ do 294 mg/Nm³ (pri 3 % O₂) a za rok spotrebujú výrazne viac pomocného paliva (zemný plyn, ropa, uhlie) ako zariadenia s nižšou emisiou.

Zariadenia s najnižšími emisiami NO_x majú ročné priemerné emisie v rozmedzí od 20 mg/Nm^3 do 49 mg/Nm^3 (pri 3 % O_2) a vyznačujú sa vysokou úrovňou využívania BFG, v priemere 82,7 % BFG na základe tepelného príkonu. Najvyššia hodinová emisia je 1174 mg/Nm^3 (pri 3 % O_2).

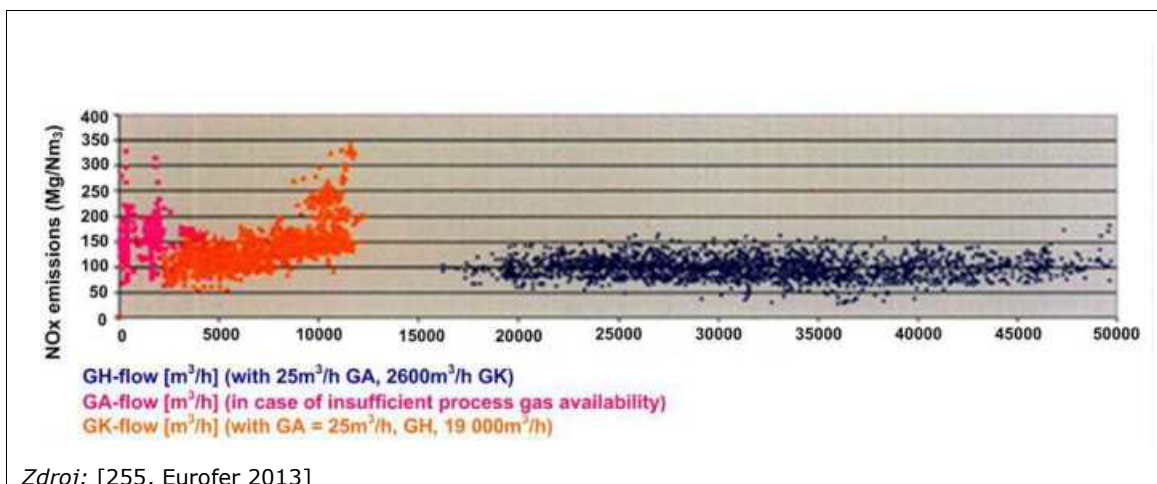
Zariadenia prevádzkované so systémami SCR De NO_x majú ročné priemerné emisie NO_x v rozmedzí od 30 mg/Nm^3 do 84 mg/Nm^3 (pri 3 % O_2) a maximálnu úroveň emisií 566 mg/Nm^3 (pri 3 % O_2) na polhodinovom priemere.

Vzťah medzi tvorbou NO_x a relatívnymi tepelnými vstupmi spaľovaného BFG a COG je možné vidieť na príklade na obrázku 7.44. Tento obrázok ukazuje nárast emisií NO_x pri poklese dostupnosti BFG, čo sa odzrkadľuje v zvýšenom percentuálnom podiele vstupu COG. Viac informácií o typických emisiách NO_x zo spaľovania COG bez akejkoľvek primárnej techniky je uvedených v oddiele 2.2.1.2.1.4 dokumentu BREF pre železo a oceľ.



Obrázok 7.44: Vzťah medzi emisiami NO_x a relatívnymi tepelnými vstupmi do kotla BFG a COG s použitím hodinových priemerných údajov za trojmesačné obdobie

Emisie NO_x z iného kotla sú uvedené na obrázku 7.45, kde sú znázornené zmeny emisií NO_x pri prevádzke kotla na plynnej zmesi s rôznymi pomermi základnej zmesi.

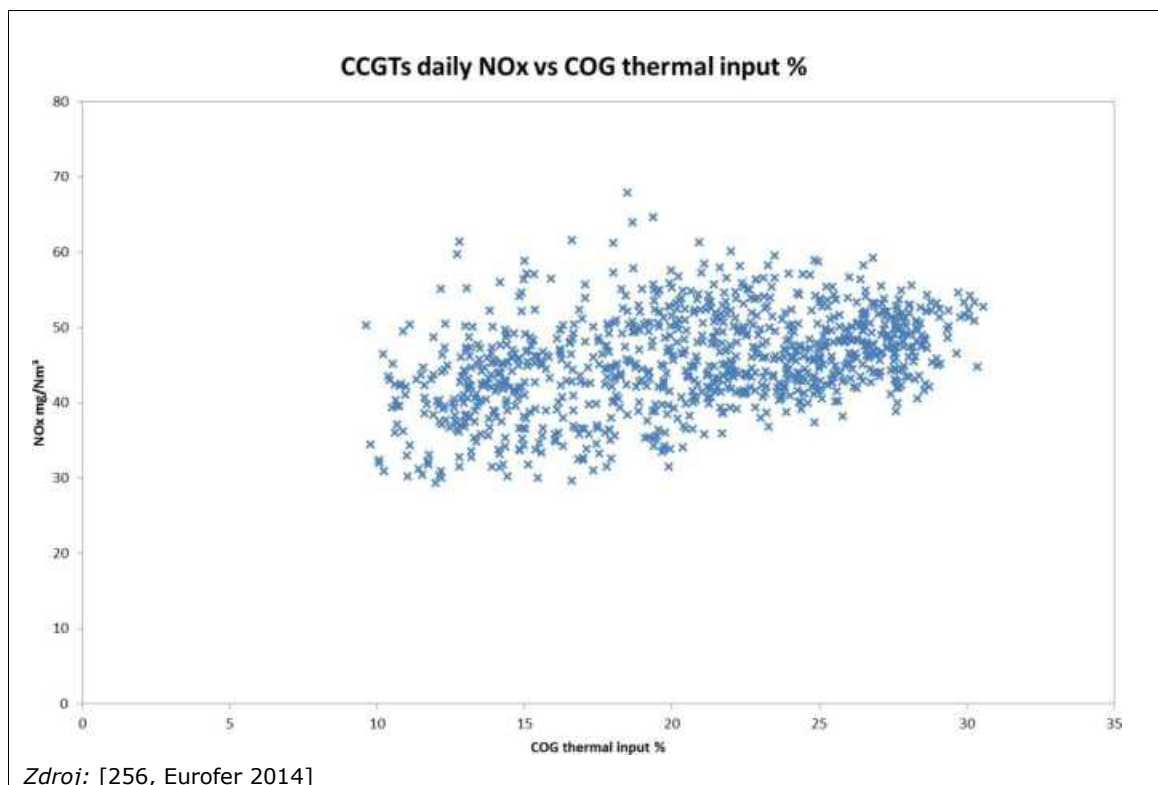


Obrázok 7.45: Emisie NO_x (mg/Nm³) v porovnaní s prietokom plynu (m³/h) pre kotol používajúci tri rôzne základné zloženia zmesi plynov

Na obrázku 7.45 údaje označené ružovými bodmi predstavujú situáciu, keď z mnohých prevádzkových dôvodov v oceliarniach nie je k dispozícii procesný plyn a na udržanie výroby pary sa používa zemný plyn (NG). Oranžové body označujú situáciu, keď základná zmes obsahuje 25 Nm³/h NG a 20 000 Nm³/h BF plynu a veľké množstvo COG (väčšie ako „štandardné množstvo“ označené modrými bodmi), čo je hlavný variant. Modré body označujú situáciu, keď základná zmes obsahuje minimálne množstvo NG, plus 2 500 Nm³/h COG a kotol spaľuje prevažne BF plyn.

Tento kotol bol navrhnutý tak, aby využíval prevažne BFG, a v tejto situácii (modré body) sú emisie NO_x v rozmedzí okolo 100 mg/Nm³. Horáky boli navrhnuté tak, aby fungovali najlepšie s touto zmesou plynov, ale v prípade potreby sú schopné spaľovať aj iné zmesi plynov. To vedie ku kompromisnému návrhu, kde emisie NO_x sú ovplyvnené väčším využívaním plynov s vyššou výhrevnosťou, COG a NG. Zvlášť je možné pozorovať nárast emisií NO_x s nárastom použitia COG (oranžové body). V prípade COG aj NG vysvetľuje nárast emisií NO_x zvýšenie teploty plameňa. V prípade COG je hlavnou príčinou zvýšených hladín NO_x veľký podiel vodíka.

V prípade ôsmich plynových turbín, ktoré poskytli údaje na účely preskúmania LCP BREF, sa ročný priemer emisií NO_x pohybuje v rozmedzí od 22 mg/Nm³ do 98 mg/Nm³ (pri 15 % O₂). Dve z plynových turbín sú vybavené SCR a vykazujú ročné priemerné emisie NO_x v rozmedzí od 22 mg/Nm³ do 55 mg/Nm³ (pri 15 % O₂). Plynové turbíny sa vo všeobecnosti prevádzkujú na vyšších úrovniach zemného plynu (priemerne 44,9 % na základe tepelného príkonu) ako kotly (7,9 % na základe tepelného príkonu). Maximálna úroveň emisií NO_x na hodinovom priemere je až 277 mg/Nm³ (pri 15 % O₂). Plynové turbíny vybavené SCR majú maximálnu hodinovú úroveň emisií NO_x 59 mg/Nm³ (pri 15 % O₂). Obrázok 7.46 predstavuje denné údaje kombinované pre tri CCGT, aby ilustroval vplyv COG na tvorbu NO_x. V tomto prípade sú odchýlky v zmesiach plynov menej výrazné a tam, kde sa na udržanie tepelného príkonu používa významné množstvo zemného plynu, nie je korelácia s emisiami NO_x jasná.



Obrázok 7.46: Emisie NO_x a relatívny tepelný príkon pre kombináciu troch CCGT spaľujúcich COG, s použitím denných priemerných údajov za rok 2010

CO

Kotly sa delia do dvoch skupín: tie, ktoré po roku 2000 prešli rozsiahlou modernizáciou alebo významnými zmenami konštrukcie horáka, a tie, ktoré takouto modernizáciou neprešli. Rozdiel medzi týmito dvoma skupinami z hľadiska ročnej priemernej úrovne emisií CO možno identifikovať na úrovni 65 mg/Nm³ (pri 3 % O₂). Priemerná úroveň emisií CO zariadení, ktoré emitujú menej ako táto úroveň emisií, je 10,7 mg/Nm³ a pre tie, ktoré sú vyššie, 170 mg/Nm³. Mediánová hodnota pre všetky údaje je 16,5 mg/Nm³. Na hodinovom alebo polhodinovom priemere majú dve zariadenia spaľujúce pomocné palivá, ktoré nie sú plynne, maximálnu hodnotu emisií CO okolo 1 500 mg/Nm³ (pri 3 % O₂). Bez týchto zariadení klesá maximálna hodnota na 500 mg/Nm³ (pri 3 % O₂) na hodinovom alebo polhodinovom priemere. Zariadenia, ktoré boli nedávno modernizované, majú maximálne emisné úrovne do 300 mg/Nm³ (pri 3 % O₂).

V prípade plynových turbín sa ročné priemerné emisie CO pohybujú v rozmedzí od 0,59 mg/Nm³ do 20 mg/Nm³ (pri 15 % O₂), s maximálnou hodnotou 376 mg/Nm³ (pri 15 % O₂) na hodinovej alebo polhodinovej báze.

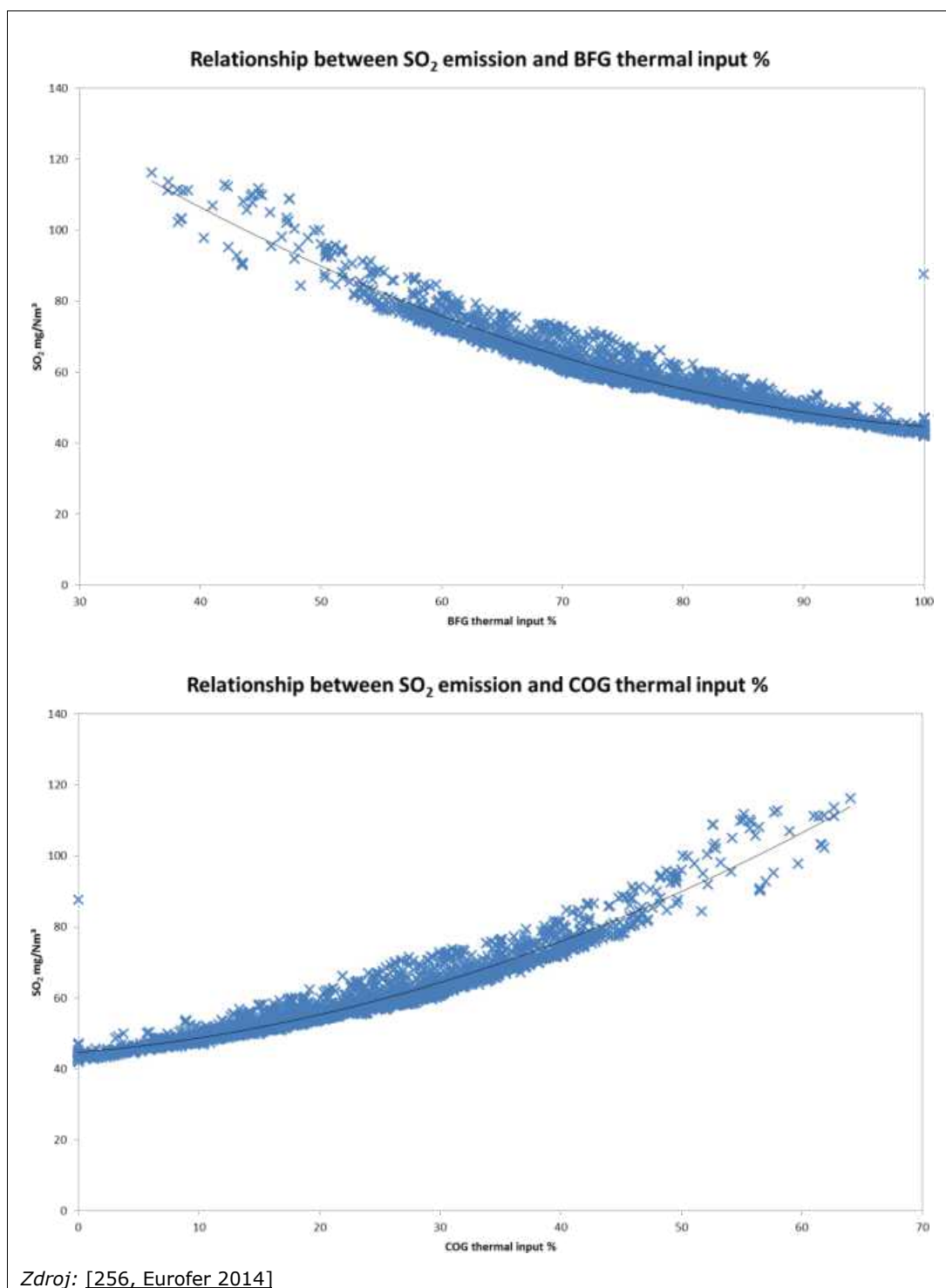
Zdá sa, že neexistuje žiadna korelácia medzi úrovňami tvorby CO a typmi používaných plynov. Vyššie emisie CO môžu byť výsledkom vyšších než normálnych tlakov v dodávke procesného plynu, čo spôsobuje, že procesný plyn s vysokým obsahom CO preniká do systému horáka a tým sa šíri po prúde v spalinách.

SO_x

Zatiaľ čo úroveň H₂S, ktorá môže byť obsiahnutá v COG, sa kontroluje pomocou techník opísaných v IS BREF (2012), celková úroveň S je v BFG nízka (pozri obrázok 7.21) a vo všeobecnosti sa vyskytuje len vo veľmi nízkych úrovniach v BOF plyne. Odsírovacie zariadenia v koksárňach vyžadujú pravidelnú údržbu, počas ktorej môže byť hladina S v COG vyššia ako pri prevádzke koksární. Okrem toho môžu problémy v odsírovanom zariadení spôsobiť narušenie emisií SO_x. Tieto situácie sa považujú za iné ako bežné prevádzkové podmienky.

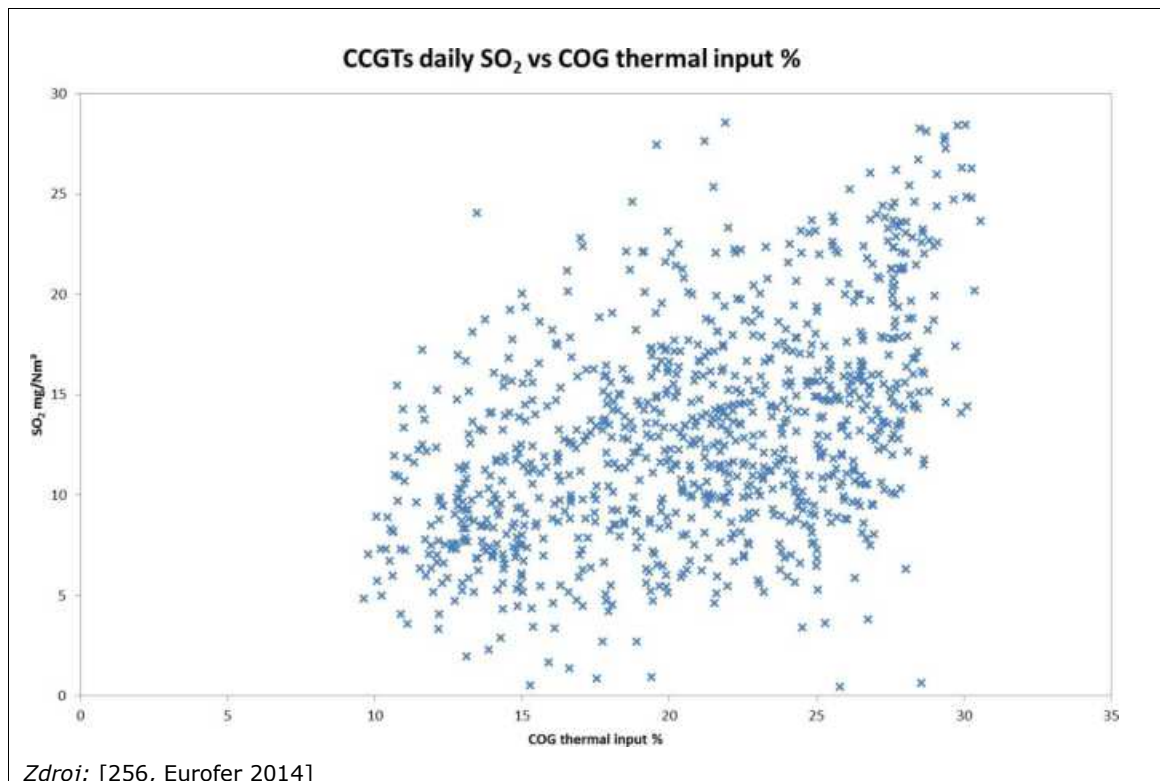
Vo veľmi všeobecnom zmysle sú vyššie emisie SO_x spojené so zariadeniami, ktoré pracujú s pomocnými palivami, ako je uhlie, plynový olej a/alebo ťažký vykurovací olej.

Vzťah medzi emisiami SO_2 a relatívnymi tepelnými vstupmi spaľovaného BFG a COG je možné vidieť na príklade na obrázku 7.47. Tento obrázok ukazuje nárast emisií SO_2 pri poklese dostupnosti BFG, čo sa odzrkadľuje v zvýšenom percentuálnom podiele vstupu COG.



Obrázok 7.47: Vzťah medzi emisiami SO_2 a relatívnymi tepelnými vstupmi do kotla BFG a COG na základe hodinových priemerných údajov za trojmesačné obdobie

Obrázok 7.48 predstavuje denné údaje kombinované pre tri CCGT, aby ilustroval vplyv COG na tvorbu SO₂. V tomto prípade nie je pozorovaná jasná korelácia medzi tepelným vstupom z COG a emisiami SO₂.



Obrázok 7.48: Vzťah medzi emisiami SO₂ a vstupmi COG do 3 CCGT s použitím denných priemerných údajov za rok 2010

Prach

Hladiny prachu obsiahnutého v procesných plynoch z výroby železa a ocele používaných v spaľovacích procesoch sú kontrolované pod hranicou 10 mg/Nm³ pre BFG a BOF plyn (< 50 mg/Nm³ v IS BREF (2012)), a techniky používané na získavanie cenných produktov v surovom COG zvyčajne zabezpečujú hladiny prachu v COG nižšie ako 10 mg/Nm³. Emisie prachu z kotlov spaľujúcich procesné plyny zo spracovania železa a ocele sú do veľkej miery definované týmito technikami. Je však potrebné poznamenať, že rozdiely v emisiách prachu môžu odzrkadľovať problémy, ktoré sa vyskytujú v procesoch výroby procesných plynov, napr. problém s vysokou pecou.

7.3.3 Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie plynov vznikajúcich pri spracovaní železa a ocele

V tejto časti sú opísané techniky (alebo ich kombinácie) a súvisiace monitorovanie, ktoré sa považujú za vhodné na dosiahnutie vysokej úrovne ochrany životného prostredia pri činnostiach, na ktoré sa vzťahuje tento dokument. Opísané techniky zahŕňajú ako použitú technológiu, tak aj spôsob, akým sú zariadenia navrhnuté, postavené, udržiavané, prevádzkované a vyradované z prevádzky.

Zahŕňa techniky integrované do procesu a techniky na konci potrubia. Zohľadňuje sa aj prevencia a nakladanie s odpadom, vrátane postupov minimalizácie a recyklovania odpadu. Okrem toho sa zaoberá technikami na zníženie spotreby surovín, vody a energie.

Príloha III k smernici o priemyselných emisiách uvádza rad kritérií na určenie BAT a informácie v tejto kapitole sa zaoberajú týmito hľadiskami. Pokiaľ je to možné, na opis informácií o každej technike sa používa štandardná štruktúra tabuľky 3.4, aby bolo možné porovnať techniky a posúdiť ich podľa definície BAT uvedenej v smernici o priemyselných emisiách.

Táto časť nemusí obsahovať vyčerpávajúci zoznam techník, ktoré by sa mohli v tomto sektore uplatňovať. Môžu existovať alebo môžu byť vyvinuté aj iné techniky, ktoré by sa mohli zohľadniť pri určovaní BAT pre jednotlivé zariadenia.

V tejto časti sú techniky, ktoré sa majú zväžiť, úplne opísané len vtedy, ak sú špecifické pre dané spaľované palivo alebo použitý proces spaľovania (spaľovanie procesných plynov zo spracovania železa a ocele). V skutočnosti sú všeobecné popisy väčšiny techník už uvedené v kapitole 3. Aby sa zabránilo opakovaniu, v prípade tých všeobecných techník, ktoré sú už opísané v kapitole 3, sa v súhrnných tabuľkách uvádzajú len doplňujúce informácie, ktoré sú špecifické pre spaľovanie procesných plynov zo spracovania železa a ocele.

Energetická bilancia integrovaných železiarní a oceliarní je zložitá, čo spolu s jedinečným usporiadaním závodov vedie k tomu, že každý závod má svoje vlastné systémy na optimalizáciu využívania energie a tým aj distribúcie plynu medzi spotrebiteľskými závodmi. Cieľom je maximalizovať produktívne využitie procesných plynov z výroby železa a ocele, minimalizovať používanie pomocných palív a optimalizovať špecifickú spotrebu energie v rámci vnútorných obmedzení systému. Na dosiahnutie tohto cieľa je zavedený adekvátny systém, ktorý súčasne rieši technické možnosti, ekonomické a organizačné otázky.

Kotly spaľujúce procesné plyny zo spracovania železa a ocele, ktoré boli použité na ilustráciu výkonu techník, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT, majú výkon medzi 50 MW_{th} a 1220 MW_{th} a boli uvedené do prevádzky prevažne v rokoch 1953 až 1992, pričom ďalšie štyri boli uvedené do prevádzky v rokoch 2002 až 2010. Všeobecne sú prevádzkované v rozmedzí 4 500 h/rok až 8 760 h/rok (dve výnimky tvoria zariadenia 009 a 630-1, ktoré boli v referenčnom roku prevádzkované 1 000 hodín, resp. 3 850 hodín), s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia v rozmedzí 42 % až 99 %.

Paroplynové elektrárne s kombinovaným cyklom, ktoré poskytli údaje použité na ilustráciu výkonnosti techník, ktoré sa majú zohľadniť pri určovaní BAT, majú výkon medzi 85 MW_{th} a 440 MW_{th} a boli uvedené do prevádzky v rokoch 1989 až 2001. Prevádzkujú sa spravidla medzi 6 500 h/rok a 8 200 h/rok (výnimkou je zariadenie 008, ktoré v referenčnom roku prevádzkovalo 1 400 hodín) s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia spravidla nad 90 % (výnimkou je zariadenie 616 s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia 65 %).

7.3.3.1 Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti

7.3.3.1.1 Všeobecné techniky na zvýšenie energetickej účinnosti

Všeobecné techniky, ktoré sa majú zohľadniť pri určovaní BAT na zvýšenie energetickej účinnosti zariadení spaľujúcich zemný plyn alebo uhoľných zariadení (tabuľka 7.9, tabuľka 5.27 a tabuľka 5.28), sa majú zohľadniť aj v kontexte spaľovacích zariadení spaľujúcich procesné plyny z výroby železa a ocele. Ďalšie podrobnosti o súvisiacej environmentálnych vlastností, prevádzkových údajoch a uplatniteľnosti alebo ekonomických obmedzeniach sú uvedené nižšie.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Energetická účinnosť zariadení spaľujúcich procesné plyny zo spracovania železa a ocele samostatne alebo v kombinácii s inými plynnými a/alebo kvapalnými palivami

Techniky ako predohrev spaľovacieho vzduchu a/alebo palivových plynov sa považujú za účinnú možnosť zvýšenia účinnosti. Tieto techniky sú relevantné pre všetky novo postavené spaľovacie zariadenia a v prípade vykonania podstatnej rekonštrukcie. Existujú rôzne metódy predohrevu procesných plynov. Môžu zahŕňať predohrev plynu výmenníkmi napájacej vody pred spaľovaním. Teplota napájacej vody sa znižuje v ekonomizéri kotla, čo umožňuje nižšiu konečnú teplotu spalín a vyššiu účinnosť. Predohrev procesných plynov je možné dosiahnuť aj využitím pary z nízkotlakovej fázy parnej turbíny a použitím horúcich spalín v predohrevných zariadeniach. Zariadenia 595V–596V, 621, 623V až 630V a 1V až 9V úspešne využívajú túto techniku.

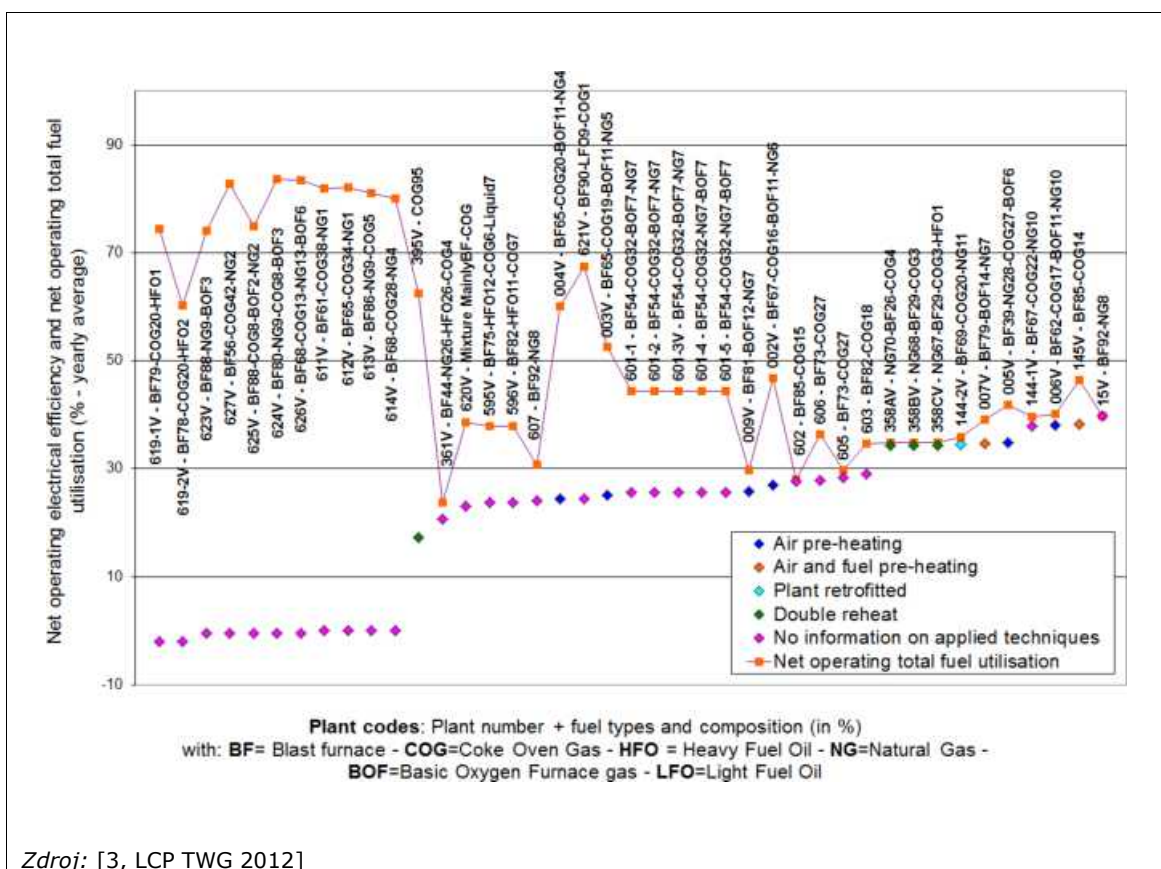
Boli zaznamenané aj zvýšenia účinnosti vďaka úpravám parnej turbíny. V jednom prípade (závod 607V) viedla modernizácia vysokotlakovej a nízkotlakovej parnej turbíny k zvýšeniu kapacity o viac ako 13 MW (približne 1,5 % zvýšenie kapacity). Náklady v roku 2008 boli približne 10 miliónov EUR a environmentálnym prínosom bol nižší vstup plynu na jednotku vyrobenej energie. Okrem toho došlo k pozitívnemu ekonomickému stimulu.

Inštalácia novej expanznej turbíny v zariadeniach 602V–606V v roku 2012, ktorá nahradila nadbytočný trojbarový prívod pary, uľahčila modernizáciu technológie riadenia turbíny, pričom prechod z konštantného tlaku na variabilný tlak viedol k úspornejšiemu procesu. Zavedenie novej technológie lambda-regulácie pre reguláciu spaľovania paliva a vzduchu pre všetky tri procesné plyny I&S tiež prispelo k zvýšeniu energetickej účinnosti znížením strát spalín.

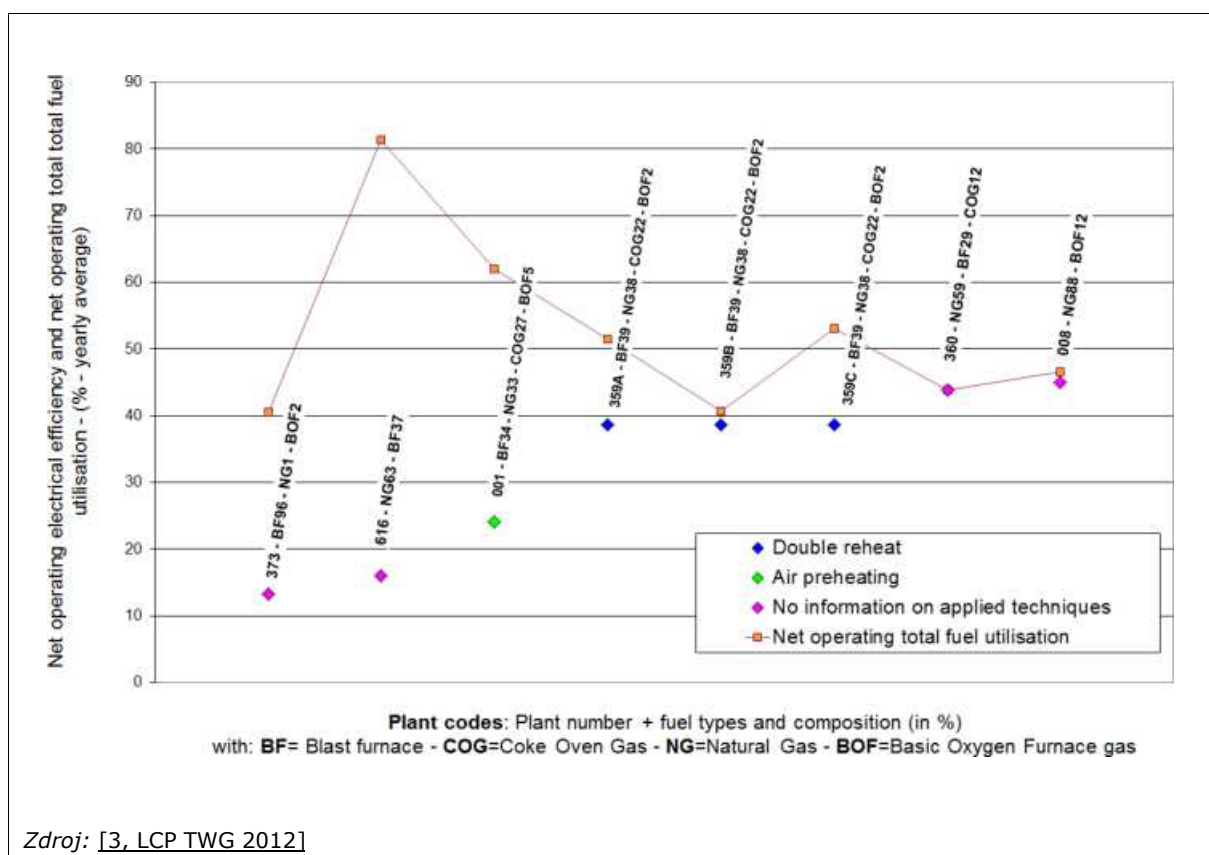
V prípade nových zariadení a modernizácie existujúcich zariadení, kde má inštalovaná plynová turbína dostatočnú kapacitu, by použitie kombinovaného cyklu (plynová turbína s parnou turbínou) mohlo zvýšiť účinnosť procesu a viesť k úsporám primárnej energie. Aby bol takýto vývoj finančne opodstatnený, musí existovať dopyt po dodatočnom teple, ako je to v prípade elektrárne 8V.

Výroba nízkotlakovej pary pre diaľkové vykurovanie je vhodná pre LCP v blízkosti mestských oblastí a tam, kde existuje dopyt zo strany tretej strany. Využitím nízkotlakovej pary extrahovanej z parnej turbíny na výrobu teplej vody je možné zvýšiť celkovú účinnosť, pretože nízkotlaková para by inak vyrábala elektrinu len s nízkou účinnosťou. Okrem väčšieho využitia energie paliva je možné generovať príjmy dodávkou diaľkového vykurovania a znížiť emisie do ovzdušia v danej oblasti. Zariadenia 1V až 9V v Rakúsku a závody 619 až 621 vo Švédsku dodávajú teplo do systémov diaľkového vykurovania.

Obrázok 7.49 a obrázok 7.50 zobrazujú prevádzkovú energetickú účinnosť kotlov a CCGT spaľujúcich procesné plyny z výroby železa a ocele. Druh vyrobenej energie závisí od potrieb daného miesta.



Obrázok 7.49: Prevádzková energetická účinnosť kotlov spaľujúcich procesné plyny z výroby železa a ocele v kombinácii s inými plynými/kvapalnými palivami za rok 2012



Obrázok 7.50: Prevádzková energetická účinnosť CCGT spaľujúcich procesné plyny zo železa a ocele v kombinácii s inými plynými palivami za rok 2012

Okrem týchto prevádzkových úrovní boli predložené informácie o projektovanej čistej elektrickej účinnosti s úrovňami medzi 32,5 % (jednotka 361) a 42,5 % (jednotka 15).

Pokiaľ ide o plynové turbíny spaľujúce procesné plyny zo železiarskeho a oceliarskeho priemyslu, bol uvedený len jeden príklad projektovanej čistej elektrickej energetickej účinnosti, a to blok 360 s 47 % v porovnaní s prevádzkovou ročnou hodnotou 43,9 % uvedenou v roku 2012. V porovnaní so spaľovaním zemného plynu sa očakáva, že projektová čistá elektrická energetická účinnosť bude pri spaľovaní procesných plynov zo železiarskeho a oceliarskeho priemyslu nižšia z dôvodu nižšej výhrevnosti.

[66, Pracovná skupina TWG pre energetickú účinnosť 2014]

7.3.3.1.2 Systém riadenia procesných plynov

Opis

Systémy riadenia procesných plynov sú navrhnuté tak, aby maximalizovali produktívne využitie procesných plynov z výroby železa a ocele. Umožňujú smerovať procesné plyny do spaľovacích zariadení v závislosti od ich dostupnosti, keďže sú distribuované podľa priority do spotrebných zariadení v oceliarnach.

Technický opis

Spaľovacie zariadenia využívajúce procesné plyny I&S sú integrované do akéhokoľvek systému navrhnutého tak, aby sa dosiahlo čo najefektívnejšie využitie týchto plynov vo všetkých spotrebných zariadeniach priemyselného komplexu. S cieľom optimalizovať energetickú účinnosť a emisie do životného prostredia sú tieto spaľovacie zariadenia zahrnuté do systému riadenia procesných plynov, ktorý zohľadňuje celý integrovaný areál, a nie každý proces ako samostatnú jednotku. Najdôležitejšie energetické toky a spaľovacie procesy sú monitorované online. Sofistikovanosť týchto systémov odzrkadľuje prevádzkovú zložitosť prác a zahŕňa technickú, ekonomickú a riadiacu logiku v rámci modelovo podporovaných systémov s rozsiahlymi úrovňami IT, integrovaných s meracími a riadiacimi technológiami. Vďaka systému riadenia procesných plynov môžu byť plyny využívané v poradí podľa priority v procesoch výroby železa a ocele a následne v spaľovacích zariadeniach, čím sa zabezpečuje zníženie strát všetkých procesných plynov pri fakľovom spaľovaní.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Čím konzistentnejšie a efektívnejšie sa procesné plyny využívajú v oceliarnach, tým pravidelnejšie sú toky plynov do spaľovacích zariadení, čo vedie k efektívnejšiemu využívaniu dostupných plynov pri výrobe pary a elektriny. To je obzvlášť dôležité v prípadoch, keď je výhrevnosť procesných plynov veľmi premenlivá.

Zvýšenie energetickej účinnosti znižuje emisné úrovne na každú jednotku využitej energie a môže prispieť k zníženiu využívania fosílnych palív pri výrobe pary, tepla a elektriny.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Systémy riadenia procesných plynov fungujú už mnoho rokov, často od uvedenia závodu do prevádzky. Zmenou je zložitosť výpočtov, ktoré je možné vykonať, a rýchlosť, s akou sa vykonávajú a sledujú. Ide o oblasť, v ktorej sa implementujú postupné zmeny, ale je nepravdepodobné, že zlepšenia povedú k jasne merateľným účinkom.

Medzizložkové vplyvy

Žiadne.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Použiteľné v integrovaných železiarňach a oceliarnach.

Hospodárska únosnosť

Súvisia s tým neustále náklady na údržbu, modernizáciu a renováciu meradiel a hardvéru spojených s uplatňovaním týchto systémov. Okrem toho sú s tým spojené náklady na údržbu a modernizáciu výpočtového hardvéru a softvéru spojených s prevádzkou riadiacich systémov.

Prevádzka týchto systémov však prináša ekonomické výhody v podobe nižšej spotreby energie v procesoch a nižších nákladov na dovážané palivá a elektrinu.

Hnacie sily implementácie

Optimalizácia využitia procesných plynov v celej sieti železiarní a oceliarní prináša ekonomické a energetické výhody.

Príklady zariadení

Všetky integrované železiarne a oceliarne využívajú nástroje na riadenie procesných plynov.

Referenčná literatúra

Referenčná literatúra nebola poskytnutá.

7.3.3.2 Techniky na prevenciu a/alebo znižovanie emisií NO_x a CO

7.3.3.2.1 Všeobecné techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO_x a CO pri spaľovaní procesných plynov v železiarňach a oceliarniach

Všeobecné techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT na prevenciu a znižovanie emisií NO_x a CO do ovzdušia zo zariadení spaľujúcich zemný plyn (tabuľka 7.10 a tabuľka 7.11), je potrebné zohľadniť v kontexte spaľovania procesných plynov pri výrobe železa a ocele. Ďalšie podrobnosti o súvisiacej environmentálnych vlastností, prevádzkových údajoch a uplatniteľnosti alebo ekonomických obmedzeniach sú uvedené nižšie.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pre emisie NO_x a CO zo zariadení spaľujúcich procesné plyny zo spracovania železa a ocele samostatne alebo v kombinácii s inými plynnými a/alebo kvapalnými palivami

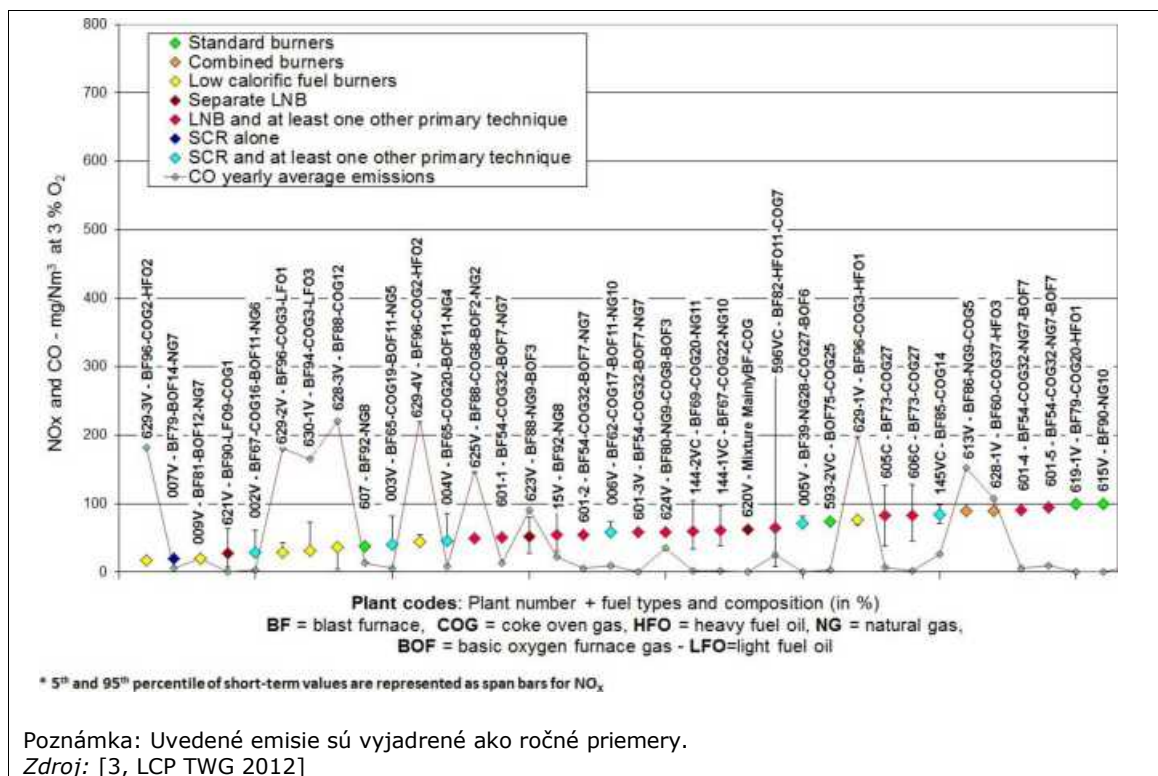
Obrázok 7.51 a obrázok 7.52 zobrazujú emisie NO_x z dobre fungujúcich kotlov a CCGT spaľujúcich palivá používané pri výrobe železa a ocele. Kotly sú vybavené kombináciou primárnych technológií, vrátane LNB a/alebo SCR. Kombinované paroplynové elektrárne sú vybavené technológiou DLN, vstrekováním pary pri použití zemného plynu a/alebo technológiou SCR. V prípade vysokého podielu COG v palivovej zmesi, ktorý by mohol viesť k vyšším hladinám NO_x na výstupe z kotla, je možné použiť vhodnú technológiu (kombináciu technológií) (napr. dodatočnú primárnu technológiu alebo technológiu SCR).

Príslušné emisie CO sa v prípade CCGT udržiavajú pod 20 mg/Nm³ a vo všeobecnosti pod 25–50 mg/Nm³, pričom niektoré zariadenia emitujú až 100 mg/Nm³ a niekoľko výnimiek až 225 mg/Nm³ v prípade kotlov. Pri použití SCR neboli hlásené žiadne zodpovedajúce hodnoty emisií NH₃.

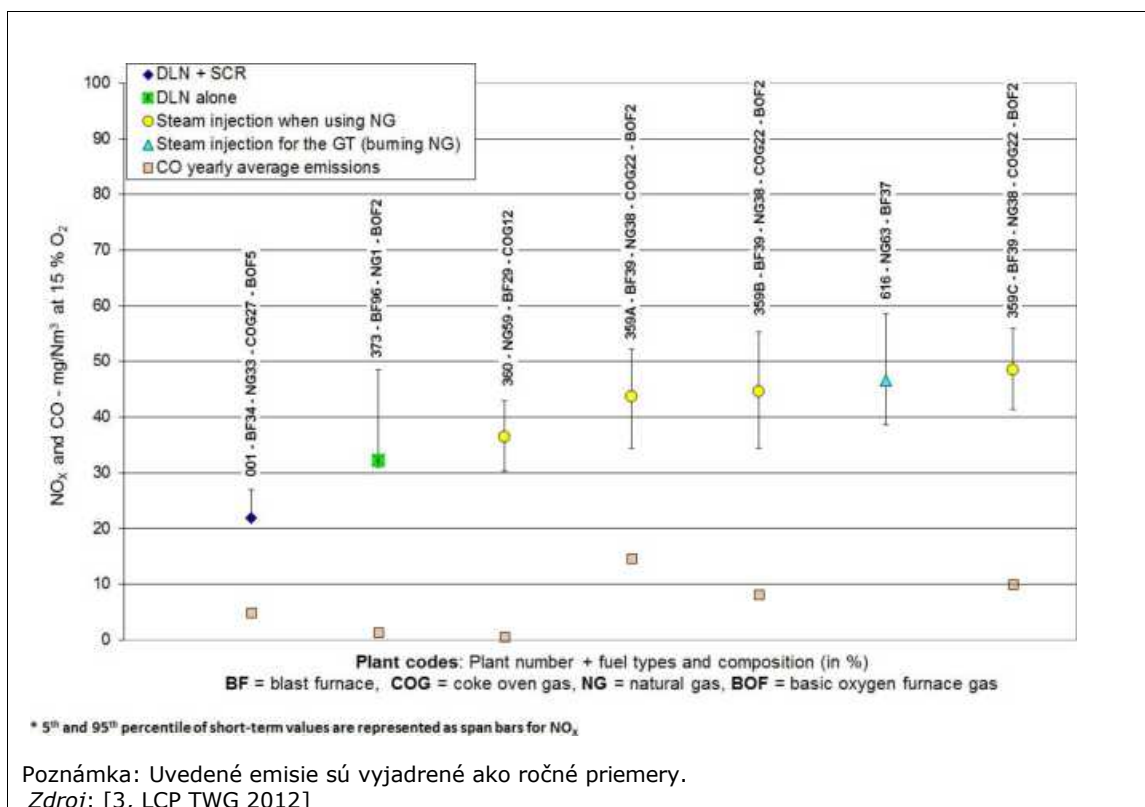
Zavedenie systému SCR do existujúceho zariadenia je z ekonomického aj praktického hľadiska náročný proces, keďže kotol, do ktorého sa bude montovať, musí byť na dlhú dobu vyradený z prevádzky. Okrem toho, ak sa ako pomocné palivo používa ťažký olej, teplota katalyzátora musí byť vyššia, blízko 500 °C (bežne 300 – 400 °C), čo môže byť v prípade existujúcich kotlov ťažké dosiahnuť.

S technikou SCR môže byť odstránenie NO_x až 80–95 %, ale tieto úrovne je možné dosiahnuť len v nových LCP, kde bol systém zahrnutý už vo fáze projektovania. Pri dodatočnej inštalácii do existujúceho LCP má jednotka spravidla nižšiu účinnosť, v rozmedzí až 65–75 %. Okrem toho, pri posudzovaní účinnosti systému SCR DeNO_x aplikovaného na kotol využívajúci procesné plyny I&S je potrebné si uvedomiť, že zmeny v relatívnych množstvách rôznych plynov spôsobujú významné rozdiely a kolísania v množstve produkovaného termického NO_x.

To môže viesť k neoptimálnej prevádzke systému, ak sa má zabrániť úniku amoniaku. SCR vyžaduje, aby reaktor bol buď v neustálej prevádzke, alebo aby bol vyhrievaný, keď zariadenie nie je v prevádzke. Kúrenie vyžaduje neustály prúd horúceho vzduchu, aby bolo možné reaktor v prípade potreby rýchlo spustiť, ale kúrenie je potrebné aj na ochranu katalyzátora pred kondenzáciou vody. Ak nie je možné udržať systém SCR v prevádzke po celý čas, náklady na investíciu, neustále kúrenie, prevádzku a údržbu katalyzátora a spotrebu energie na udržanie reaktivity systému SCR nemusia byť odôvodnené znížením emisií NO_x.



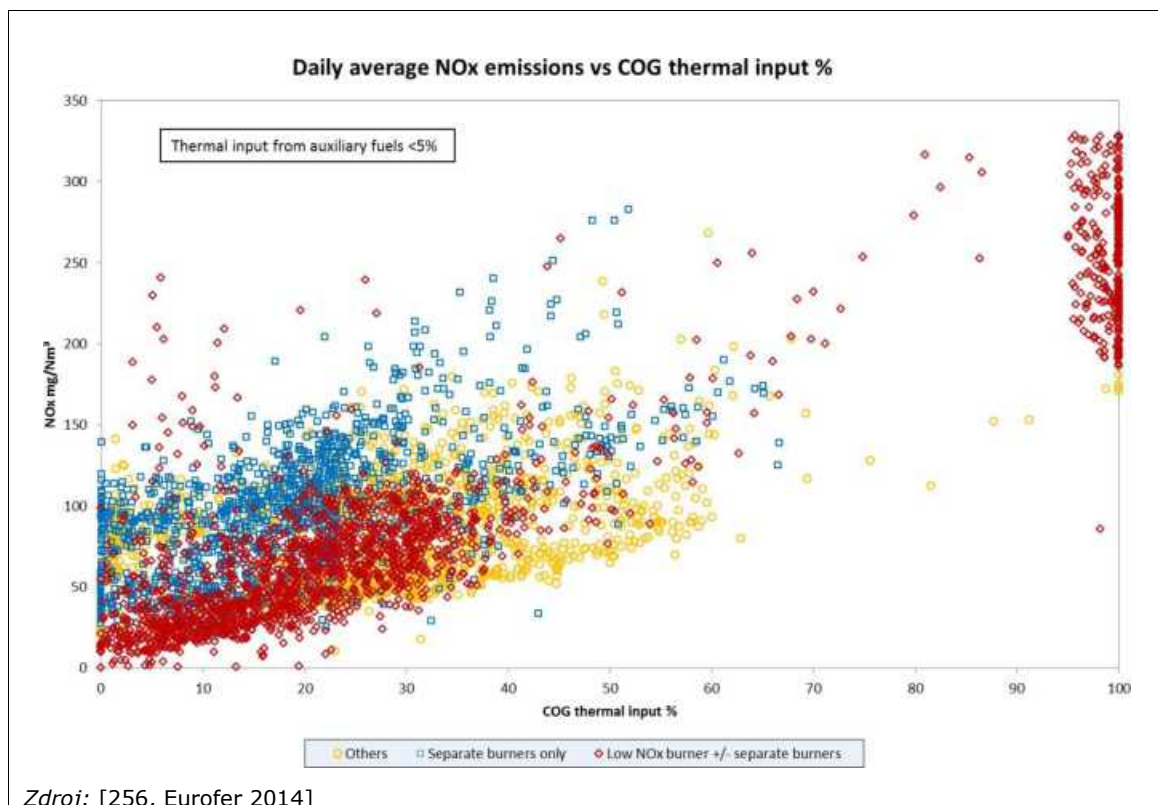
Obrázok 7.51: Emisie NO_x z dobre fungujúcich plynových kotlov spaľujúcich procesné plyny z výroby železa a ocele



Obrázok 7.52: Emisie NO_x z dobre fungujúcich CCGT spaľujúcich procesné plyny zo spracovania železa a ocele

Pokiaľ ide o krátkodobé emisie NO_x, tento sektor je špecifický, pretože zloženie a množstvo spaľovaných palív/plynov z procesov sa môže meniť z dňa na deň a v rámci jedného dňa z hodiny na hodinu a niekedy aj z minúty na minútu:

- Okrem 95. percentilu hodinových priemerov uvedených v obrázku 7.51 pre kotly, EUROFER v roku 2014 zhromaždil ďalšie údaje o denných priemeroch pre inú skupinu zariadení, ako je uvedené v obrázku 7.53.



Zdroj: [256, Eurofer 2014]

Obrázok 7.53: Vzťah medzi emisiami NO_x a tepelným príkonom COG (%) pre LCP využívajúce procesné plyny zo spracovania železa a ocele

Pri porovnaní tejto série údajov s údajmi zozbieranými v roku 2012 uvedenými v grafe 7.52 a pri zohľadnení len tých zariadení, ktoré sú vybavené kombináciou primárnych techník vrátane LNB a/alebo SCR, napr. závody 601-1, 606 alebo 601-5, ktoré spaľujú ročné priemerné množstvo COG > 32 %, možno konštatovať, že denné emisné hladiny pod 160 mg/Nm³ sa vo všeobecnosti dosahujú. Stále existuje niekoľko dní v roku, kedy je podiel COG veľmi vysoký a/alebo kedy je hladina H₂ v tomto COG veľmi vysoká, a hladiny emisií NO_x môžu byť v týchto zariadeniach až 220 mg/Nm³.

- Okrem 95. percentilu hodinových priemerov uvedených v grafe 7.52 pre CCGT, EUROFER v roku 2014 zhromaždil ďalšie údaje o denných priemeroch. Ak vezmeme do úvahy len tie zariadenia, ktoré sú vybavené DLN, vstrekovaním pary pri použití zemného plynu a/alebo SCR, napr. zariadenia 001 alebo 359B, ktoré spaľujú ročné priemerné hladiny COG > 22 %, možno konštatovať, že denné hladiny emisií pod 70 mg/Nm³ sa v tomto prípade dosahujú spravidla s oveľa menšou variabilitou v súvislosti s obsahom COG ako v prípade kotlov. To je očakávateľné, keďže väčšina CCGT používa zemný plyn pre turbínu, aby zabezpečila konzistentnú prevádzku, a kotlová časť je vykurovaná procesnými plynmi. Odchýlky v palive sú teda obmedzené na jednu časť prevádzky, čo vedie k menším odchýlkam v emisiách NO_x.

V prípade zariadení spaľujúcich kvapalné pomocné palivá s vyšším podielom sú úrovne emisií NO_x pri spaľovaní (samostatne alebo v kombinácii s procesnými plynmi zo spracovania železa a ocele) podobné tým, ktoré by emitovali zariadenia rovnakej veľkosti spaľujúce iba tieto palivá a prevádzkované napríklad menej ako 1 500 hodín ročne.

7.3.3.2.2 Špeciálne navrhnuté horáky s nízkymi emisiami NO_x v niekoľkých radoch podľa typu paliva alebo so špecifickými vlastnosťami pre spaľovanie viacerých palív

Opis

Použitie horákov s nízkymi emisiami NO_x prispôsobených typickým spaľovaným palivám a charakteristikám spaľovacej komory umožňuje kompromisnú kombináciu, ktorá najviac znižuje tvorbu NO_x počas spaľovania.

Technický opis

Každý kotol (alebo plynová turbína) využíva rôzne množstvá procesného plynu, takže špeciálne navrhnuté horáky sú kompromisným riešením založeným na najpravdepodobnejšej priemernej kombinácii plynov. Výsledkom sú konštrukcie horákov, ktoré zahŕňajú najnovšiu technológiu a konštrukciu špecifickú pre každý daný kotol. V čase modernizácie môžu byť zavedené aj ďalšie techniky (ak to umožňujú náklady a priestor), ako napríklad recirkulácia spalín.

Táto technika sa môže rozdeliť na jednotlivé horáky pre každý procesný plyn alebo palivo (vrátane palív s vysokou výhrevnosťou) alebo navrhnuté viacpalivové horáky na procesný plyn. Podľa vstupu paliva sa môžu použiť samostatné trysky pre COG a NG.

Používa sa niekoľko rôznych systémov, ktoré možno zoskupiť pod názvom horáky s nízkymi emisiami NO_x. Patria medzi ne:

- horáky s nízkymi emisiami NO_x pre COG;
- špecializované horáky pre pomocné palivá s vysokou výhrevnosťou;
- individuálne horáky pre každý procesný plyn;
- horáky na viacero palív pre procesný plyn;
- horáky na viacero palív pre procesný plyn a pomocné palivá.

Od roku 2000 sú k dispozícii viacpalivové horáky s nízkymi emisiami NO_x s recirkuláciou spalín, stupňovitým prívodom vzduchu a recirkuláciou spalín, ako aj kombinované horáky so stupňovitým prívodom vzduchu a paliva.

Dosiahnutý environmentálny prínos

Zníženie emisií NO_x. Rozsah zníženia závisí od odchýlky od konštrukčného rozsahu plynu.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pri modernizácii kotla v spoločnosti TKS Duisburg v roku 2002 boli inštalované horáky s nízkymi emisiami NO_x na simultánne vstrekovanie COG a NG prostredníctvom samostatných trysiek. Pred zavedením týchto dýz bol rozsah emisií NO_x 80–180 mg/Nm³ a po ich zavedení bolo možné dosiahnuť hodnoty pod 100 mg/Nm³ pri prevádzke s konštrukčným rozsahom procesných plynov. V roku 2005 bol ďalší kotol v TKS Duisburg dodatočne vybavený nízkymi horákmi NO_x, opäť pre COG a NG. V tomto prípade sa pri rovnakých podmienkach dosiahlo zníženie z 80–150 mg/Nm³ na < 100 mg/Nm³. Hodnota 100 mg/Nm³ sa dá dosiahnuť a udržať len vtedy, ak je tepelný príkon COG (a NG) udržiavaný na úrovni špecifikácie horáka; vyššie emisie vedú k vyšším hodnotám tepelného príkonu pre COG.

Pozri tiež obrázok 7.51.

Medzizložkové vplyvy

Emisie NO_x a CO sú vždy vzájomne prepojené a z technického hľadiska nemusia byť možné dosiahnuť súčasne nízke emisie NO_x a CO len pomocou primárnych techník.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Technológia horákov s nízkymi emisiami NO_x pre zemný plyn je ľahko dostupná. Musí byť k dispozícii dostatočný priestor na dodatočnú inštaláciu nových horákov s nízkymi emisiami NO_x.

Ako už bolo uvedené, každý kotol (alebo plynová turbína) využíva rôzne množstvá procesného plynu, takže nové horáky musia mať kompromisnú konštrukciu založenú na najpravdepodobnejšej priemernej kombinácii plynov. Výsledkom je konštrukcia horáka špecifická pre daný kotol.

Pokiaľ ide o CCGT, typické DLN používané v CCGT na zemný plyn nie sú použiteľné na spaľovanie procesných plynov zo železa a ocele a zemného plynu kvôli prítomnosti vysoko reaktívneho vodíka. Horáky s nízkymi emisiami NO_x musia byť špeciálne navrhnuté a pri prevádzke výlučne na zemný plyn vyžadujú pridanú vodu alebo paru.

Hospodárska únosnosť

Zloženie a rozsah používaných procesných plynov sa líšia od závodu k závodu, takže horáky s nízkymi emisiami NO_x musia byť navrhnuté a vyvinuté pre každú aplikáciu. Ekonomika montáže alebo dodatočnej inštalácie horákov s nízkymi emisiami NO_x musí byť posúdená v každom jednotlivom prípade. Systémy horákov s nízkymi emisiami NO_x majú vo všeobecnosti o 20 – 35 % vyššie investičné náklady ako bežné systémy horákov. V prípade novej inštalácie zariadenia 006V v roku 2010 s celkovou kapacitou 385 MW_{th} boli investičné náklady na systém kombinovaných horákov s nízkymi emisiami NO_x s recirkuláciou spalín, stupňovým prívodom vzduchu a stupňovým prívodom paliva 3,6 milióna EUR. V prípade modernizácie by investičné náklady mohli byť výrazne vyššie, ak je napríklad priestor pre horáky obmedzený.

Hnacou silou implementácie

Horáky s nízkymi emisiami NO_x je možné implementovať pri modernizácii zariadenia, napríklad na základe požiadavky na zníženie emisií NO_x .

Príklady zariadení

Zariadenia 006, 621, 625, 601-1/5, 144-1/2, 624, 625, 395, 596, 358 A/B/C.

Referenčná literatúra

Žiadne informácie neboli poskytnuté.

7.3.3.3 Techniky na prevenciu a/alebo kontrolu emisií SO_x

Úroveň emisií SO_x úzko súvisí s obsahom síry v rôznych palivách, ktoré sa spaľujú v spaľovacích zariadeniach.

COG je palivo používané v procesoch výroby železa a ocele, ktoré obsahuje najviac síry, ale vo spaľovniach sa zvyčajne používa v menšom množstve ako iné palivá. Informácie o technikách, ktoré je potrebné zvážiť pri odsírení COG (napr. mokré oxidačné procesy, absorpčné procesy s následným odstraňovaním), sú opísané v dokumente BREF o železe a oceli [279, COM 2013] – oddiely 5.1.4.4 a 5.3.12.4].

Procesné plyny z výroby železa a ocele môžu byť spaľované spolu s nasledujúcimi palivami:

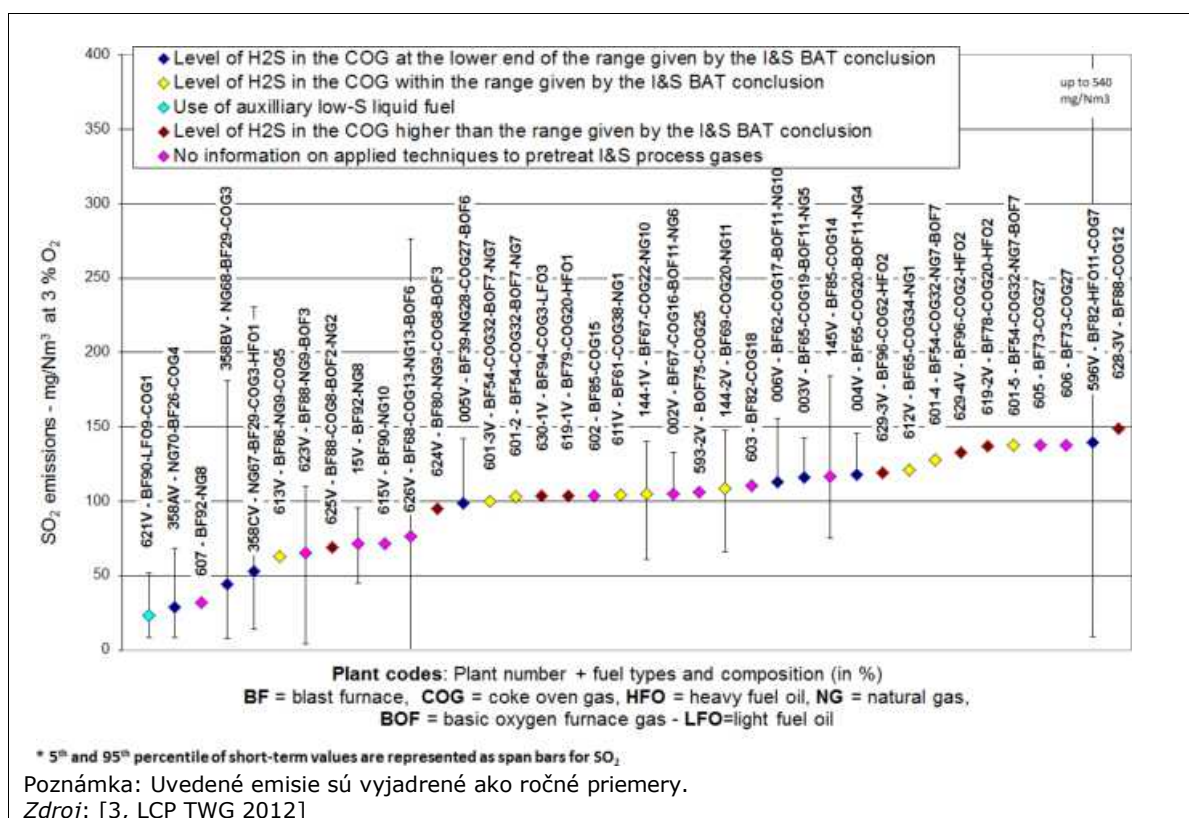
- Zemný plyn a/alebo kvapalné palivá ako pomocné palivá. Zemný plyn obsahuje veľmi nízke množstvo síry, a preto nie je potrebná žiadna technika na zníženie súvisiacich emisií SO_x . Kvapalné palivá môžu obsahovať značné množstvo síry, a preto je potrebné zvážiť všeobecné techniky uvedené v tabuľke 6.9 pre zariadenia spaľujúce kvapalné palivá, ak spaľovacie zariadenie spoluspaľuje značný podiel takýchto palív. Hlavnou technikou, ktorú je potrebné zvážiť, je však použitie palív s nízkym obsahom síry.
- Uhlie. Podiel uhlia sa zvyčajne pohybuje od 35 % do 100 % ročného príjmu paliva. Táto časť sa však zaoberá iba uhlím používaným ako pomocné palivo, teda v oveľa nižších podieloch. V takýchto prípadoch vybrané uhlie neprispieva k príjmu paliva väčším množstvom síry ako COG.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Pre emisie SO_x z viacpalivových spaľovacích zariadení spaľujúcich procesné plyny zo spracovania železa a ocele, samostatne alebo v kombinácii s inými plynými palivami a/alebo kvapalnými palivami v kotloch, alebo so zemným plynom v CCGT

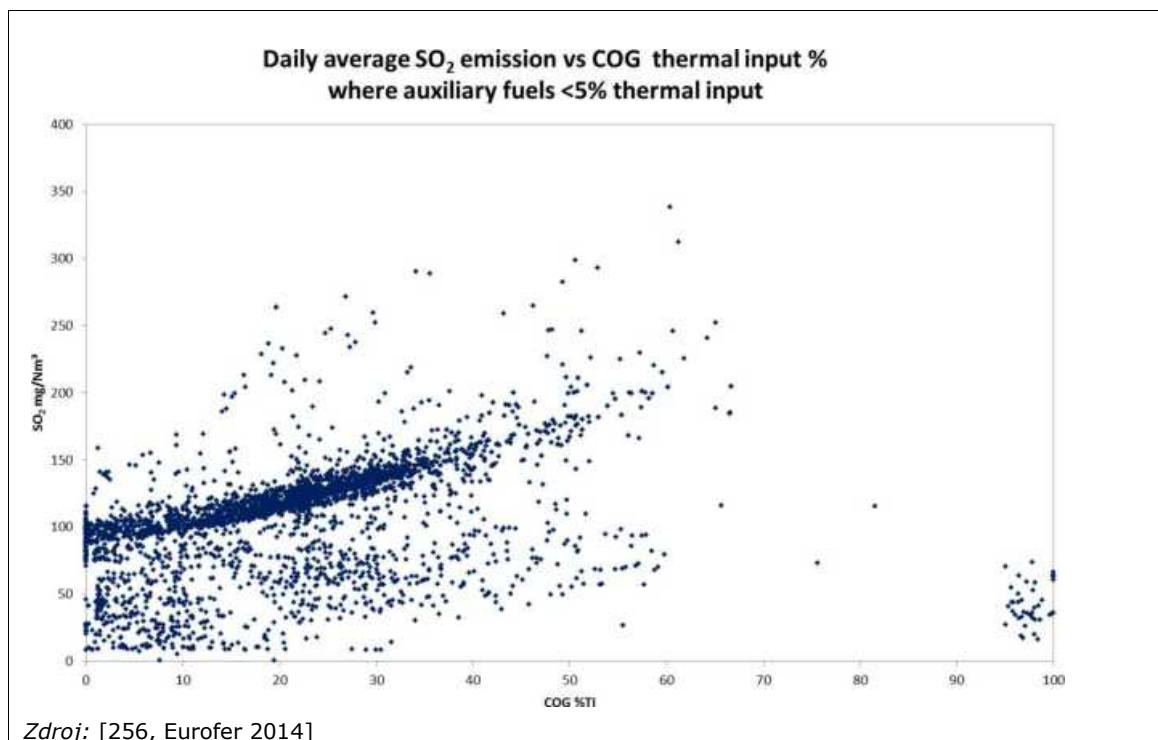
Kotly

Obrázok 7.54 znázorňuje emisie SO_2 z dobre fungujúcich plynových kotlov spaľujúcich procesné plyny zo spracovania železa a ocele, niekedy s kvapalnými palivami a/alebo zemným plynom ako pomocnými palivami. Plyn BFG aj BOF sa vyrába s nízkym obsahom síry a COG sa odsíruje, ako je opísané v IS BREF (2012). Obmedzené používanie pomocných palív umožňuje týmto zariadeniam prevádzku bez technológií na odstraňovanie síry na konci potrubia. V závislosti od dostupných procesných plynov pochádzajúcich z oceliarní a hutí tieto zariadenia spaľujú väčšinu BF plynu s nízkym obsahom síry v palivovej zmesi, alebo kombinujú odsírený COG s inými palivami, alebo používajú zemný plyn ako pomocné palivo alebo kvapalné palivá s nízkym obsahom síry. Monitorovanie sa vo všeobecnosti vykonáva prostredníctvom nepretržitého merania (57 % zariadení), potom prostredníctvom periodických meraní (s 8 až 52 meraniami ročne) a v niekoľkých prípadoch (16 %) prostredníctvom odhadov. Uvádzané krátkodobé priemery sa týkajú nepretržitého monitorovania s priemernými intervalmi od polhodinových po 48-hodinové. Krátkodobé najvyššie úrovne emisií SO_2 môžu nastať, keď sa vykonáva údržba zariadenia na odsírovanie COG alebo keď je potrebné použiť niektoré pomocné palivové oleje vo vyšších množstvách.



Obrázok 7.54: Emisie SO_2 z dobre fungujúcich kotlov spaľujúcich procesné plyny z výroby železa a ocele

Pokiaľ ide o krátkodobé emisie SO_x , tento sektor je špecifický, pretože zloženie a množstvo spaľovaných palív/plynov z výroby ocele sa môže meniť z dňa na deň a v rámci jedného dňa z hodiny na hodinu a niekedy aj z minúty na minútu. Okrem 95. percentilu hodinových priemerov uvedených na obrázku 7.54 zhromaždila organizácia EUROFER v roku 2014 ďalšie údaje o denných priemeroch, ako je znázornené na obrázku 7.55.

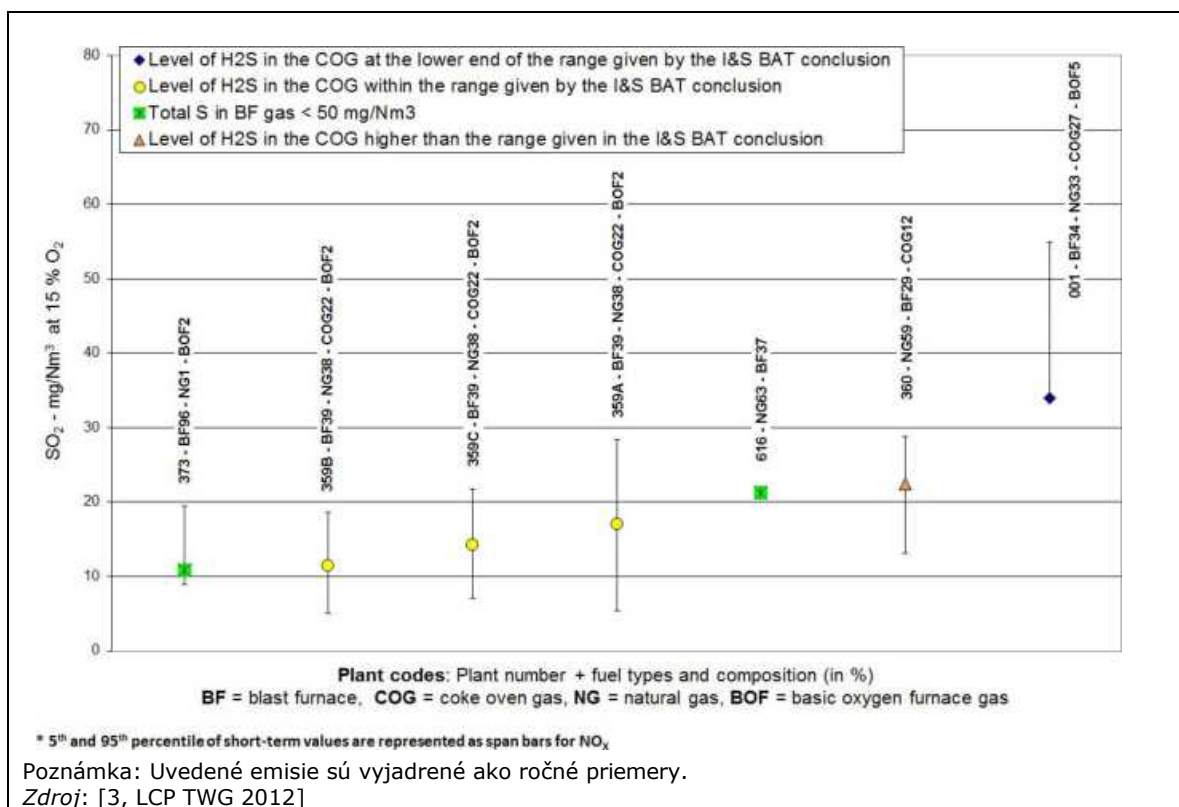


Obrázok 7.55: Vzťah medzi dennými priemernými emisiami SO₂ a tepelným príkonom COG (%) pre kotly využívajúce procesné plyny z výroby železa a ocele (tepelný príkon z pomocných palív < 5 %)

Pri porovnaní súboru údajov uvedených na obrázku 7.55, ktorý neuvádza typ techniky použitej na kontrolu emisií SO₂, a údajov zozbieraných v roku 2012 uvedených na obrázku 7.54, pričom sa zohľadnili len tie zariadenia, ktoré prevádzkujú v rámci úrovni environmentálnych vlastností definovaných v IS BREF (napr. zariadenia 144-1, 004, 596 alebo 612, ktoré spaľujú ročné priemerné úrovne COG > 20 %), možno konštatovať, že denné úrovne emisií pod 200 mg/Nm³, ale je niekoľko dní v roku, kedy môže byť podiel COG veľmi vysoký a/alebo kedy môže byť úroveň S v tomto COG veľmi vysoká a kedy môžu byť úrovne emisií SO₂ až 300 mg/Nm³. Jediné zariadenie, ktoré trvalo spaľuje vysoký podiel COG (zariadenie 395), je vybavené účinným systémom odsírovania, ktorý rieši prípadne vyššie úrovne SO_x, vďaka čomu sú denné úrovne emisií SO₂ zvyčajne výrazne nižšie ako 100 mg/Nm³.

CCGT

Obrázok 7.56 ukazuje emisie SO₂ z dobre fungujúcich CCGT, ktoré spaľujú procesné plyny z výroby železa a ocele v kombinácii so zemným plynom. V zariadeniach uvedených na tomto obrázku sa používa odsírovanie COG a vysoký podiel zemného plynu a vysokopecného plynu. Monitorovanie sa zvyčajne vykonáva nepretržitým meraním a krátkodobé priemerné obdobia, ktoré sa uvádzajú, sú od hodinových po 48-hodinové.



Obrázok 7.56: Emisie SO₂ z dobre fungujúcich CCGT spaľujúcich procesné plyny zo železiarstva a oceliarní

Okrem 95. percentilu hodinových priemerov uvedených v obrázku 7.56 zhromaždila organizácia EUROFER v roku 2014 ďalšie údaje o denných priemeroch. Porovnaním týchto dvoch súborov údajov pre tieto CCGT sa zistilo, že denné emisné úrovne pod 70 mg/Nm³ sa vo všeobecnosti dosahujú s oveľa menšou variabilitou súvisiacou s obsahom COG v tomto prípade ako v prípade kotlov.

7.3.3.4 Techniky na prevenciu a/alebo znižovanie emisií prachu

Emisie prachu súvisia s obsahom prachu/popola v rôznych palivách spaľovaných v spaľovniach.

BFG sa používa vo veľkých množstvách v železiarňach a oceliarniach a čistí sa na < 10 mg prachu/Nm³ pomocou techník, ktoré zahŕňajú odstraňovanie hrubého prachu a mokré čistenie na odstraňovanie jemného prachu a zlúčenín síry. V niektorých zariadeniach sa používajú elektrostatické odlučovače. Techniky, ktoré je potrebné zvážiť pri predbežnej úprave BF plynu, sú opísané v dokumente BREF pre železo a oceľ [279, COM 2013] – oddiel 6.3.4.

Plyn z konvertora sa využíva v oveľa menšom množstve ako plyn z vysokej pece a odprašuje sa pomocou rôznych techník vrátane cyklónov, Venturiho pračiek a suchých a mokrých elektrostatických odlučovačov. Techniky, ktoré je potrebné zvážiť pri odprašovaní plynu z konvertora, sú opísané v dokumente BREF pre železo a oceľ [279, COM 2013] – oddiel 7.3.1, kde je uvedený obsah zvyškového prachu v plyne BOF medzi 10 mg/Nm³ a 50 mg/Nm³.

Plyn produkovaný v koksárňach prechádza dôkladným čistením, aby mohol byť použitý v oceliarniach.

Plyny z výroby železa a ocele môžu byť spaľované spolu s nasledujúcimi látkami:

- Zemný plyn a/alebo kvapalné palivá ako pomocné palivá. Zemný plyn obsahuje veľmi nízke množstvo popola, a preto nie je potrebná žiadna technika na zníženie súvisiacich emisií prachu. Kvapalné palivá môžu

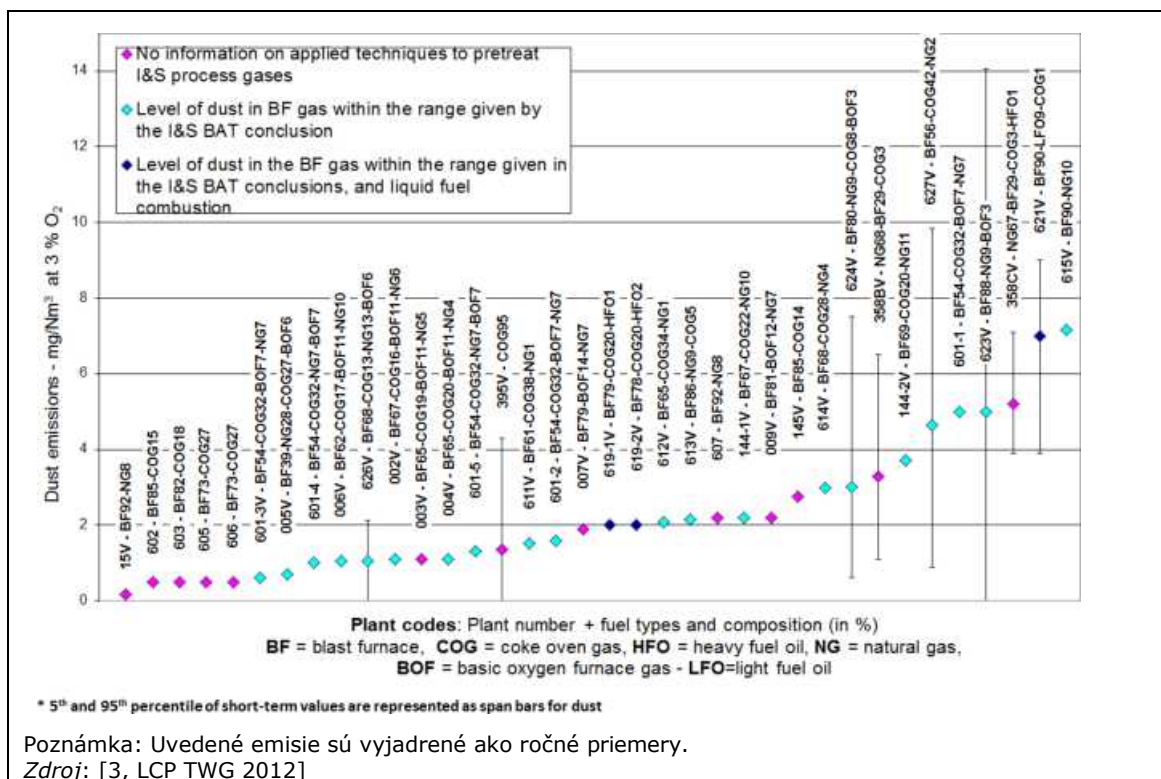
obsahovať značné množstvo popola, a preto môže byť potrebné zvážiť aj všeobecné techniky uvedené v tabuľke 6.10 pre zariadenia spaľujúce kvapalné palivá, ak spaľovacie zariadenie spoluspaľuje značný podiel takéhoto paliva. Hlavnou technikou, ktorú je však potrebné zvážiť, je použitie palivových olejov s nízkym obsahom popola.

- Uhlie. Podiel uhlia sa zvyčajne pohybuje od 35 % do 100 % ročnej spotreby paliva. Táto časť sa však zaoberá iba uhlím používaným ako pomocné palivo, teda v oveľa nižších podieloch (< 5 %). Tým sa zabezpečuje nízka emisia prachu. Ak sa používa vo vyšších podieloch, je potrebné zvážiť aj všeobecné techniky uvedené v tabuľke 5.31 pre elektrárne spaľujúce uhlie.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

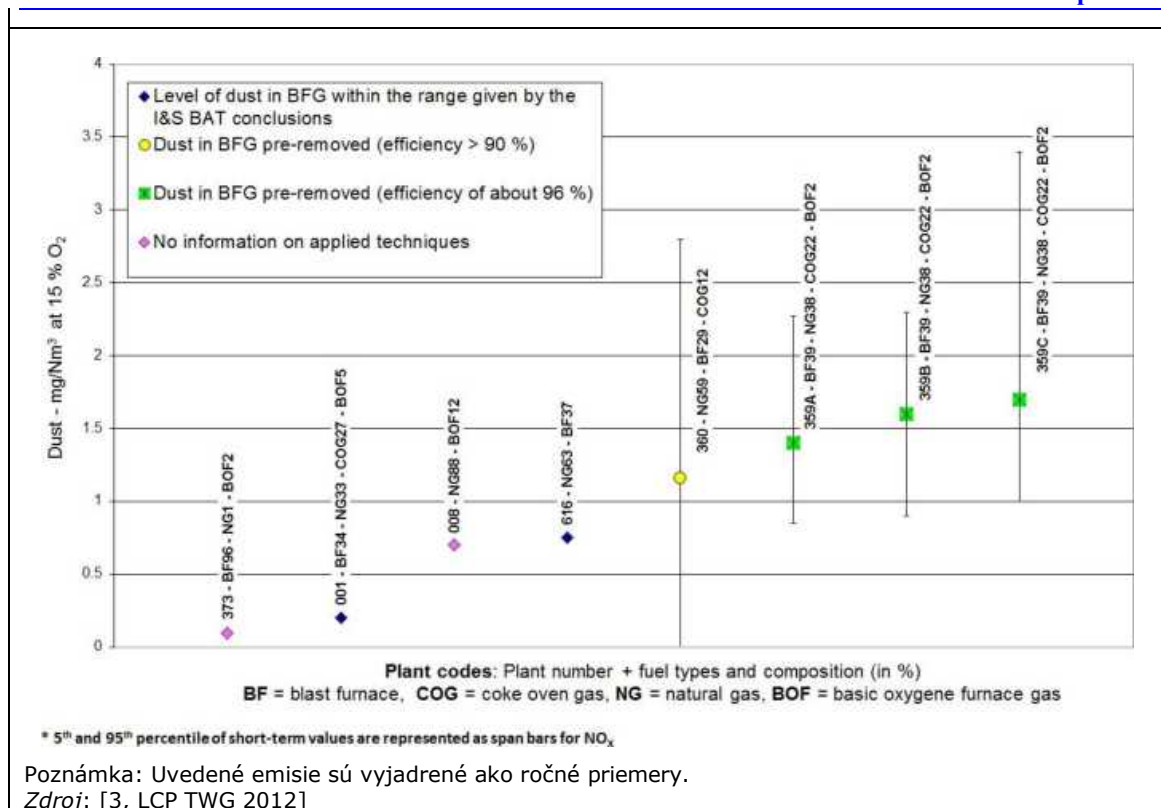
Pre emisie prachu z viacpalivových spaľovacích zariadení spaľujúcich procesné plyny zo spracovania železa a ocele, samostatne alebo v kombinácii s inými plynnými palivami a/alebo kvapalnými palivami v kotloch, alebo so zemným plynom v CCGT

Obrázok 7.57 ukazuje emisie prachu z dobre fungujúcich kotlov spaľujúcich procesné plyny zo železiarní a oceliarní, ktoré hlavne využívajú predbežnú úpravu vysokopecného plynu na úrovni železiarní a oceliarní a s obsahom paliva v prachu nižším ako 10 mg/Nm^3 . Krátkodobé hlásené hodnoty pochádzajú z nepretržitého monitorovania za priemerné obdobia od jednej hodiny do 48 hodín.



Obrázok 7.57: Emisie prachu z dobre fungujúcich kotlov spaľujúcich procesné plyny zo spracovania železa a ocele

Obrázok 7.58 znázorňuje emisie prachu z CCGT spaľujúcich procesné plyny zo železiarní a oceliarní, ktoré hlavne využívajú predbežnú úpravu BF plynu na úrovni železiarní a oceliarní.



Obrázok 7.58: Emisie prachu z dobre fungujúcich CCGT spaľujúcich procesné plyny zo železiarní a oceliarní

7.4 Spaľovanie plynu na ťažobných plošinách

7.4.1 Použité procesy a techniky

7.4.1.1 Spaľovacie zariadenia na ťažobných plošinách

Zariadenia na ťažbu ropy a zemného plynu vo Veľkej Británii, Nórsku alebo Dánsku v pobrežných oblastiach Severného mora zvyčajne využívajú plynové turbíny na výrobu elektrickej energie a kompresory s priamym pohonom. Vratné spaľovacie motory („dieselové motory“) sa môžu používať aj ako primárne záložné zdroje na výrobu elektrickej energie, keď nie je k dispozícii plyn, na núdzovú výrobu elektrickej energie a požiarné čerpadlá, ako aj na mnohé menšie úlohy. Väčšina z týchto spaľovacích zariadení s výkonom $\geq 50 \text{ MW}_{\text{th}}$, približne 270, sú primárne plynové turbíny poháňané zemným plynom vyrobeným z poľa, ktoré je v prevádzke. Súvisiaci plyn sa uprednostňuje na vývoz; spaľuje sa v plynových turbínach/motoroch; vstrekuje sa do vrtov na zvýšenie ťažby ropy alebo likvidáciu plynu a ak to nie je možné alebo sa dosiahla jeho hranica, prebytočný plyn sa môže spáliť alebo vypustiť do ovzdušia. Surový zemný plyn sa líši zložením aj výhrevnosťou, a to nielen medzi jednotlivými ložiskami, ale v priebehu času aj v rámci jedného ložiska [124, OGP, 2000].



Zdroj: [257, Marathon OIL 2000]

Obrázok 7.59: Ropná plošina v Severnom mori

Ťažobné plošiny nie sú vo väčšine prípadov pripojené k pevninskej alebo medziplatformovej elektrickej sieti. Na výrobu elektrickej energie sa preto vo väčšine prípadov používajú dvojité plynové turbíny, ktoré zabezpečujú nepretržité dodávky elektrickej energie na plošinu v prípade výpadku plynového zariadenia alebo zastavenia ťažby (nedostatok plynu). Alternatívnym palivom je často nafta. Existujú dva základné typy priemyselných plynových turbín používaných v pobrežných aplikáciách: plynové turbíny odvodené z leteckých motorov a plynové turbíny pre ťažké zaťaženie. Na pobrežnom trhu sa zvyčajne používa dvojité palivo (DF) s piestovým motorom. (Viac informácií o tomto type motora nájdete v oddiele 2.3.2.3.)

Plynová turbína odvodená z leteckého motora sa lepšie prispôsobuje premenlivým zaťaženiam ako ťažká turbína, a preto sa široko používa na čerpanie plynu a ropy, ako aj na výrobu elektrickej energie. Plynová turbína môže obsahovať viac ako jeden koncentrický hriadeľ, aby sa dosiahol optimálny výkon v rôznych fázach expanzie plynu a kompresie vzduchu.

Ťažké plynové turbíny sa používajú hlavne na výrobu elektrickej energie. Často sú konštruované ako jednohriadeľové stroje, kde kompresor, plynová turbína a výkonová turbína sú umiestnené na jednom hriadeľi. Pri spúšťaní musí byť celý rotor zrýchlený na samoudržateľnú rýchlosť, zvyčajne dieselovým motorom alebo elektromotorom. Pri použití na výrobu elektrickej energie dokážu udržiavať dobrú reguláciu otáčok aj v prípade straty elektrického zaťaženia. [306, DTI 2001]

Morské ropné a plynárenské zariadenia, hoci používajú niektoré spaľovacie zariadenia bežné v pobrežných aplikáciách, sú zložitejšie a potenciálne nebezpečnejšie prostredie ako napríklad pobrežné elektrárne, čo vedie k vyšším nákladom z nasledujúcich dôvodov:

- logistika súvisiaca s dopravou ľudí a zariadení na inštaláciu;
- obmedzená kapacita kabíny pre ďalšiu posádku počas úprav, čo môže znamenať buď predĺženie doby inštalácie, alebo potrebu prenajať si hotel (plávajúci hotel);
- vyššie sadzby za pracovnú silu;
- práce s tepelnými agregátmi v preplnených procesných oblastiach predstavujú bezpečnostné riziko; preto bude väčšina prác musieť byť vykonávaná v súlade s prísnyimi pravidlami (čo zvyšuje náklady) alebo počas úplného odstavenia (strata výroby);
- okrem úprav zariadení sa často musia upraviť aj rozsiahlejšie a sofistikovanejšie protipožiarne systémy;
- ak úpravy vyžadujú dodatočný priestor, je potrebné vykonať nákladné stavebné práce, ak je to vôbec možné;
- hodnota stratenej alebo odloženej výroby je často významnejšia ako v prípade zariadení na pevnine.

Okrem toho je priestor a hmotnosť na váhe, čo vedie k oveľa vyššej hustote zariadení, ako je bežné v pobrežných aplikáciách. Okrem toho sa na mori zvyčajne vyhýbajú akýmkoľvek zbytočným komplikáciám z dôvodu hmotnosti, priestoru a prevádzkovej spôsobilosti, vrátane bezpečnostných faktorov [306, DTI 2001]. Preto sa zložitejšie systémy, ako sú elektrárne s kombinovaným cyklom, používajú len vo veľmi málo prípadoch, rovnako ako systémy, ktoré vyžadujú významné použitie chemikálií alebo podporné zariadenia na mori, napr. zariadenia na čistenie spalín.

7.4.1.2 Znižovanie emisií do ovzdušia

Zohľadnenie mechanizmov tvorby oxidu dusnatého (pozri aj oddiel 1.3.2.2) ukazuje, že konštrukcia spaľovacieho zariadenia na zníženie jeho tvorby tepelnou cestou zahŕňa obmedzenie celkovej teploty a doby zdržania a minimalizáciu tvorby horúcich bodov optimalizáciou zmiešavania vzduchu a paliva.

Zlepšenie tepelnej účinnosti prevádzkou pri vyšších teplotách však má tendenciu zvyšovať koncentrácie oxidu dusíka, hoci sa môže znížiť uvoľňovanie hmoty v dôsledku zvýšenej energetickej účinnosti, ale tento jav je veľmi špecifický pre danú prevádzku. Emisie NO_x sa zvyčajne znižujú s klesajúcim zaťažením v dôsledku poklesu teploty plameňa. V prípade určitých suchých systémov s nízkymi emisiami NO_x však môžu byť emisie NO_x vyššie pri prevádzke v režime čiastočného zaťaženia. Za zmienku stojí aj vplyv na emisie CO pri nízkych zaťaženiach – v mnohých prípadoch môžu exponenciálne stúpať.

Vstrekovanie vody a pary je k dispozícii pre rad plynových turbín. To si vyžaduje úpravu trysiek paliva alebo inštaláciu samostatného rozdeľovača na vstrekovanie vody. Voda sa vstrekuje v prednastavenom pomere s palivom. Napríklad zariadenie s výkonom $50 \text{ MW}_{\text{th}}$ by potrebovalo približne 3 tony vody za hodinu, aby dosiahlo 65 % zníženie emisií NO_x . Dochádza k miernemu zvýšeniu výkonu, ale k miernemu zníženiu účinnosti turbíny. Stojí za zmienku, že voda používaná na vstrekovanie do turbín na zníženie emisií NO_x musí byť veľmi vysokej kvality. Voda tejto kvality musí byť vyrobená z morskej vody alebo dodávaná z pobrežia zásobovacími loďami. Energetické nároky v prvom prípade by boli značné. V druhom prípade by bolo potrebné dodávať vodu po celý rok, čo môže spôsobiť problémy v období nepriaznivého počasia. Pilotný projekt v plnom rozsahu týkajúci sa vstrekovania vody mal začať na jar 2014 na jednej z nórskech plošín očakával environmentálnu výkonnosť pre emisie NO_x bol približne $< 50 \text{ mg/Nm}^3$ pri spaľovaní plyného paliva a $< 84 \text{ mg/Nm}^3$ pri spaľovaní kvapalného paliva.

Vstrekovanie pary do spaľovacej komory plynových turbín má rovnaký účinok ako vstrekovanie vody, pokiaľ ide o chladenie spaľovacej komory a znižovanie emisií oxidov dusíka. V prípade zariadenia s výkonom $50 \text{ MW}_{\text{th}}$ by na dosiahnutie 65 % zníženia emisií NO_x bolo potrebných približne 4 tony pary za hodinu. Chengov cyklus vstrekovania pary na súčasné zníženie emisií NO_x a zvýšenie účinnosti, ktorý sa dá použiť aj na všetky plynové turbíny s konvenčným spaľovaním (technológia difúzneho plameňa), sa dá použiť aj na pobrežné turbíny. Klasické vstrekovanie pary do plynových turbín je opísané v oddiele 3.2.2.3.10, kde je možné dosiahnuť zníženie emisií NO_x o 40 % až 60 % bez výrazného zvýšenia emisií CO. Chengov cyklus vstrekovania pary však poskytuje riešenia, vďaka ktorým je táto technika zníženia emisií NO_x vhodnejšia ako klasické vstrekovanie pary. Systém Cheng poskytuje jedinečné zmiešavanie plyného paliva a pary, takže emisie NO_x je možné znížiť až o 95 %. Opäť platí, že vysokokvalitná voda potrebná na výrobu pary nie je v pobrežných zariadeniach zvyčajne ľahko dostupná. [306, DTI 2001]

Stále viac výrobcov turbín vyvíja technológiu suchých nízkoemisných horákov (DLE) s využitím zariadení na analýzu plynu a softvéru integrovaného do systému riadenia paliva a motora pre nové turbíny a pre modernizáciu zariadení. Vzhľadom na špeciálne obmedzenia na ťažobných plošinách (t. j. priestor, zložitost a hmotnosť) nie je vstrekovanie vody a pary veľmi praktickým riešením; technológia suchých nízkoemisných horákov sa v súčasnosti používa v približne 23 % (t. j. 41 zo 179) plynových turbín na nórskech plošinách. Turbíny DLE sa častejšie inštalujú v aplikáciách s mechanickým pohonom [259, Carstensen a Skorping 2000]. Použitie techniky s nízkymi emisiami NO_x je potrebné zvážiť vo vzťahu k otázkam hmotnosti, priestoru a spoľahlivosti, ako aj k vplyvu nízkeho zaťaženia (vrátane potreby rezervy pre otáčky).

Techniky dodatočného spaľovania, ako napríklad SCR, sa používajú v plynových turbínach v niekoľkých európskych krajinách a v častiach Japonska a Kalifornie s cieľom splniť prísne emisné normy pre oxidy dusíka. SCR je chemická redukcia oxidov dusíka redukčným činidlom, zvyčajne amoniakom. Vzhľadom na priestor a hmotnosť takéhoto systému a najmä na zdravotné a bezpečnostné problémy, ktoré vznikajú pri skladovaní a manipulácii s amoniakom, sa táto technika nepoužíva a v súčasnosti sa nepovažuje za zvlášť vhodnú pre pobrežné spaľovacie zariadenia.

Existujú rôzne techniky merania alebo monitorovania emisií z výfukových komínov, z ktorých systém prediktívneho monitorovania emisií (PEMS) a CEMS slúžia na nepretržité monitorovanie a fyzické periodické odber vzoriek sa používa ako alternatíva. PEMS sa v USA široko používa na monitorovanie NO_x. V USA môže prevádzkovateľ zariadenia požiadať o použitie PEMS namiesto CEMS, ak zariadenie preukáže, že nový PEMS má „rovnakú alebo lepšiu presnosť, spoľahlivosť, dostupnosť a včasnosť ako systémy nepretržitého monitorovania emisií“. PEMS sa implementuje aj na európskych platformách ako alternatíva k CEMS.

7.4.2 Súčasné úrovne emisií a spotreby

7.4.2.1 Spaľovanie nekonvenčných plynných palív

Plynové turbíny na ťažobných plošinách spaľujú surový zemný plyn dodávaný priamo z príľahlej ropnej oblasti. Tento plyn môže mať odlišné zloženie ako zemný plyn bežne používaný v pobrežných plynových turbínach. Príklad zloženia zemného plynu z ropného poľa v Severnom mori je uvedený v tabuľke 7.26, ale je potrebné poznamenať, že zloženie tohto plynu sa môže výrazne líšiť v rôznych zariadeniach a potenciálne aj počas životnosti zariadenia.

Tabuľka 7.26: Príklad zloženia surového zemného plynu z ropného poľa v Severnom mori

Zložka	Mol %	g/mol
Metán	68,69	46,18
CO ₂ ⁽¹⁾	14,65	27,01
Etán	8,18	10,31
Propán	4,45	8,22
n-Bután	1,19	2,9
Dusík	0,84	0,98
H ₂ O	0,7	0,52
i-bután	0,49	1,3
n-pentán	0,30	0,92
i-pentán	0,26	0,78
Hexán	0,089	0,32
Heptán	0,06	0,25
Oktan	0,033	0,15
H ₂ S	0,007	0,01
Hélium	0,0	0
⁽¹⁾ Obsah CO ₂ v surovom zemnom plyne sa v jednotlivých ložiskách značne líši, ale zriedka presahuje 10 %. Zdroj: [250, Finkeldei 2000]		

7.4.2.2 Účinnosť spaľovania nekonvenčných plynných palív v pobrežných plynových turbínach

V pobrežných zariadeniach sa z dôvodov priestoru, hmotnosti a prevádzkovej spôsobilosti väčšinou používajú konfigurácie s otvoreným alebo jednoduchým cyklom. Od najnovších veľkých plynových turbín sa dá očakávať tepelná účinnosť až do výšky približne 41 %. Pri existujúcich plynových turbínach za normálnych prevádzkových podmienok je však typickejšia tepelná účinnosť 30 – 35 %. Vyššia tepelná účinnosť môže viesť k vysokým teplotám spaľovania, čo môže zvýšiť produkciu NO_x, a preto je potrebné sofistikované konštrukcie spaľovacích komôr, aby sa dosiahla vysoká tepelná účinnosť a nízke emisie. [306, DTI 2001]

Účinnosť turbín je len jedným z faktorov celkovej energetickej účinnosti pobrežných zariadení. Aby bola výroba energie na plošinách efektívnejšia, je potrebné zohľadniť mnoho faktorov, medzi ktoré patrí:

- optimalizácia procesu s cieľom minimalizovať spotrebu energie a mechanické požiadavky;
- použitie pohonov s premenlivou rýchlosťou pre veľké rotačné zariadenia, ak sú zaťaženia premenlivé;
- optimalizácia veľkosti potrubí s cieľom znížiť tlakové straty, použitie expandérov a hydraulických čerpadel na využitie tlakových strát namiesto škrtiacej klapky;
- optimalizácia dimenzovania zariadení s cieľom zabrániť recyklácii a prevádzke s čiastočným zaťažením;
- optimalizácia a údržba vstupných a výstupných systémov tak, aby sa tlakové straty udržali na čo najnižšej možnej úrovni;
- využívanie odpadového tepla z plynových turbín na vykurovanie plošín;
- zohľadnenie životnosti profilov ťažby v teréne, a tým aj energetickej spotreby, ktorá sa môže výrazne líšiť počas 20- až 40-ročnej životnosti typického poľa; to má významný vplyv na zaťaženie a výber strojov, a tým aj na energetickú účinnosť.

7.4.3 Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie plynu na ťažobných plošinách

V tejto časti sú opísané techniky (alebo ich kombinácie) a súvisiace monitorovanie, ktoré sa považujú za techniky s potenciálom dosiahnuť vysokú úroveň ochrany životného prostredia pri činnostiach v rámci rozsahu pôsobnosti tohto dokumentu. Opísané techniky zahŕňajú ako použitú technológiu, tak aj spôsob, akým sú zariadenia navrhnuté, postavené, udržiavané, prevádzkované a vyradované z prevádzky.

Zahŕňa techniky integrované do procesu a techniky na konci potrubia. Zohľadňuje sa aj prevencia a nakladanie s odpadom, vrátane postupov minimalizácie a recyklovania odpadu. Okrem toho sa zaoberá technikami na zníženie spotreby surovín, vody a energie.

Príloha III k smernici o priemyselných emisiách uvádza rad kritérií na určenie BAT a informácie v tejto kapitole sa zaoberajú týmito hľadiskami. Pokiaľ je to možné, na opis informácií o každej technike sa používa štandardná štruktúra tabuľky 3.4, aby bolo možné porovnať techniky a posúdiť ich podľa definície BAT uvedenej v smernici o priemyselných emisiách.

Táto časť nemusí obsahovať vyčerpávajúci zoznam techník, ktoré by sa mohli v tomto sektore uplatňovať. Môžu existovať alebo môžu byť vyvinuté aj iné techniky, ktoré by sa mohli zohľadniť pri určovaní BAT pre jednotlivé zariadenia.

V tejto časti sú techniky, ktoré sa majú zvážiť, podrobne opísané len vtedy, ak sú špecifické pre dané spaľované palivo alebo uplatňovaný proces spaľovania (spaľovanie palív na pobrežných plošinách). V skutočnosti sú všeobecné opisy väčšiny techník už uvedené v kapitole 3. Aby sa zabránilo opakovaniu, v prípade všeobecných techník, ktoré sú už opísané v kapitole 3, sa v súhrnných tabuľkách uvádzajú len doplnujúce informácie, ktoré sú špecifické pre spaľovanie palív na ťažobných plošinách.

7.4.3.1 Techniky na zlepšenia environmentálneho profilu spaľovacích zariadení používaných na ťažobných plošinách

Na zníženie vplyvu pobrežných plynových turbín na životné prostredie sa zvažujú tieto techniky:

- v prípade nových zariadení výber turbín alebo motorov, ktoré dosahujú vysokú tepelnú účinnosť a nízke emisie;
- používanie turbín s dvojitým palivom len v prípade, ak je to prevádzkovo nevyhnutné;
- minimalizácia rezervnej kapacity;
- zabezpečenie dodávky palivového plynu z miesta v procese spracovania ropy a plynu na palube, ktoré ponúka minimálny rozsah parametrov spaľovania palivového plynu, napr. výhrevnosť;
- zabezpečenie dodávky palivového plynu z miesta v procese spracovania ropy a plynu na palube, ktoré ponúka minimálne koncentrácie sírových zlúčenín, aby sa minimalizovala tvorba SO_2 a primerane sa riešila otázka bezpečnosti, ktorá môže súvisieť s používaním nafty s veľmi nízkym obsahom síry v Európe v dôsledku pridávania biopaliva (FAME). Pri používaní kvapalných destilátových palív by sa mala uprednostňovať palivá s nízkym obsahom síry, pri ktorých sú bezpečnostné a prevádzkové dôsledky dobre známe a zvládnuteľné;
- prevádzka viacerých generátorov alebo kompresorov v bodoch zaťaženia, ktoré minimalizujú znečistenie;
- optimalizácia programov údržby a renovácie;
- optimalizácia a údržba vstupných a výstupných systémov spôsobom, ktorý udržiava tlakové straty na čo najnižšej úrovni;
- optimalizácia procesu s cieľom minimalizovať požiadavky na mechanický výkon a znečistenie;
- využitie odpadového tepla z plynových turbín na vykurovanie plošín, kde existuje vhodná a konzistentná potreba tepla a kde to dovoľujú hmotnostné a priestorové obmedzenia.

Moderné „dieselové“ motory sú k dispozícii s vysokotlakovým vstrekaním paliva riadeným elektronikou. Okrem toho boli vyvinuté optimalizované spaľovacie komory. Táto technológia môže viesť k zvýšeniu úspory paliva, zníženiu emisií NO_x a iných plyných emisií a zníženiu dymu, najmä počas zrýchľovania a štartovania.

Na zníženie vplyvu motorov používaných na mori na životné prostredie sa zvažujú nasledujúce techniky:

- Pri nových motoroch je potrebné vyberať dieselové motory, ktoré dosahujú vysokú tepelnú účinnosť a nízke emisie.
- Ak sa ako palivo používa procesný plyn, zabezpečiť dodávku z miesta v procese na palube, ktoré ponúka minimálne emisie SO_2 . V prípade kvapalných destilátových palív by sa mali uprednostňovať typy s nízkym obsahom síry, kde sú bezpečnostné a prevádzkové dôsledky dobre známe a zvládnuteľné.
- Pri väčších dieselových motoroch zvážiť plynové palivo so zapáľovacou náplňou do spaľovacej predkomory.
- Optimalizácia načasovania vstrekovania.
- Prevádzka viacerých generátorov alebo kompresorov v bodoch zaťaženia, ktoré minimalizujú znečistenie.
- Optimalizácia programov údržby a renovácií.

7.4.3.2 Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti

Informácie o všeobecných technikách na zvýšenie energetickej účinnosti spaľovacích jednotiek sú uvedené v oddiele 3.2.3. Tabuľka 7.27 obsahuje dodatočné informácie týkajúce sa spaľovania v pobrežných zariadeniach.

Tabuľka 7.27: Techniky, ktoré treba zohľadniť pri určovaní BAT na zvýšenie energetickej účinnosti ťažobných zariadení

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska úroveň
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia	
Kogenerácia tepla a elektriny (KVET)	Pozri oddiel 3.2.3.2	Zvýšená účinnosť	Obmedzené prevádzkové skúsenosti	NA	Všeobecne použiteľné, ak existuje dostatočná a konzistentná potreba procesného tepla	Obmedzená použiteľnosť. Okrem potreby tepla/pary musí byť k dispozícii potrebný priestor a je potrebné zohľadniť dodatočnú hmotnosť	Špecifické pre danú prevádzku
Integrácia energie z viacerých polí alebo plošín	Využívanie centrálného zdroja energie pre viacero zúčastnených platforiem umiestnených na rôznych plynových/rovných poliach	Lepšie využitie zariadení na výrobu energie a tým nižšie emisie	Obmedzené prevádzkové skúsenosti	NA	Použiteľnosť veľmi závisí od konkrétnej polohy pobrežných platforiem a plynového/rovného poľa, zosúladienia časových harmonogramov týkajúcich sa plánovania, spustenia a ukončenia ťažby, ako aj organizácie rôznych zúčastnených zariadení		Hlavné investičné náklady
Optimalizácia zariadení spotrebúvajúcich energiu	Kontrola a prispôbenie zdrojov energie potrebám zariadení a/alebo konštrukcie zariadení vykonávanej práci	Nižšia spotreba energie a tým aj nižšie emisie	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	NA
Využitie odpadového tepla	Využitie odpadového tepla z plynových turbín/motorov na vykurovanie plošín	Lepšie využitie zariadení na výrobu energie a tým nižšie emisie	NA	NA	NA	Použiteľnosť môže byť obmedzená úrovňou tepelnej spotreby usporiadaním spaľovacieho zariadenia (priestorom).	NA
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie.							

7.4.3.3 **Techniky na prevenciu a/alebo znižovanie emisií NO_x a CO**

Informácie o všeobecných technikách na prevenciu a kontrolu emisií NO_x, CO a NH₃ sú uvedené v oddiele 3.2. Tabuľka 7.28 obsahuje informácie špecifické pre pobrežné zariadenia.

Tabuľka 7.28: Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT na prevenciu a/alebo zníženie emisií NO_x a CO pre pobrežné zariadenia

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia	
Priame vstrekovanie pary	Pozri oddiel 3.2.2.3.10. Požiadavky na priestor, hmotnosť a úpravu vody si vyžadujú dôkladné zváženie.	Zvýšená efektívnosť	Obmedzené prevádzkové skúsenosti	NA	Všeobecne použiteľné	Obmedzená použiteľnosť. Okrem potreby tepla/pary musí byť k dispozícii potrebný priestor a je potrebné zohľadniť dodatočnú hmotnosť.	Špecifické pre danú prevádzku
Priame vstrekovanie vody		Zníženie emisií NO _x	NA	NA			NA
Zdokonalený kontrolný systém	Pozri oddiel 3.2.3.8	Zníženie emisií NO _x a CO a zvýšenie energetickej účinnosti	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť v starých spaľovacích zariadeniach môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacích a/alebo radiacích systémov	NA
PEMS (prediktívny systém monitorovania emisií)	Systém na určovanie koncentrácie emisií znečisťujúcej látky na základe jej vzťahu s viacerými charakteristickými nepretržite monitorovanými parametrami procesu (napr. spotreba paliva/plynu, pomer vzduch/palivo) a údajmi o kvalite paliva alebo suroviny (napr. obsah síry) zdroja emisií.	Lepšie monitorovanie. Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Všeobecne použiteľný	Všeobecne použiteľné	NA
Chengov cyklus vstrekovania pary Cheng	Pozri oddiel 3.2.3.3	Zníženie emisií NO _x a zvýšenie účinnosti	NA	NA	Všeobecne platné	Obmedzená použiteľnosť. Okrem potreby tepla/pary musí byť k dispozícii potrebný priestor a je potrebné zohľadniť dodatočnú hmotnosť.	NA

Suché horáky s nízkymi emisiami NO _x (DLN)	Pozri oddiel 3.2.2.3.7	Zníženie emisií NO _x	Technika DLN sa bežne používa v nových plynových turbínach prevádzkovaných na mori	Možné zníženie účinnosti pri čiastočnom zaťažení	Všeobecne použiteľné v rámci obmedzení spojených s kolísaním kvality paliva	Použiteľnosť môže byť obmedzená: dostupnosťou modernizačného balíka (pre prevádzku pri nízkom zaťažení), zložitou organizáciou plošiny a dostupnosťou priestoru; a/alebo obmedzená kolísaním kvality paliva	NA
Koncepcia chudobnej zmesi	Pozri oddiel 3.2.2.3.9	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť		Všeobecne použiteľné	Použiteľné, ak je k dispozícii modernizačný balík	NA
Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.11	Zníženie emisií NO _x	NA	Únik amoniaku	Všeobecne sa neuplatňuje z dôvodu problémov súvisiacich so zdravím a bezpečnosťou, nepretržitým zásobovaním, skladovaním amoniaku, nedostatkom priestoru a požiadavkami na zaťaženie hmotnosť.	Nepoužiteľné	Špecifické pre danú prevádzku
Oxidácia katalyzátory	Pozri oddiel 3.2.2.7.2	Redukcia (premena) CO na CO ₂	Obmedzené prevádzkové skúsenosti s turbínami	Zvýšenie CO ₂ a tvorba odpadu (katalyzátora)	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť môže byť obmedzená nedostatkom priestoru a požiadavkami na zaťaženie	Vysoké kapitálové náklady. Nízke prevádzkové náklady. Vo všeobecnosti nie je ekonomicky rentabilné pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne
Optimalizácia spaľovania	Pozri oddiel 3.2.2.7.1	Zníženie emisií NO _x a CO	NA	NA	Všeobecne použiteľné		NA
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.							

Environmentálne výkony a prevádzkové údaje týkajúce sa emisií NO_x a CO

Údaje z turbín nedávno uvedených do prevádzky v Dánsku [260, Dánsko 2015] na pobrežných plošinách ukazujú krátkodobé úrovne emisií NO_x približne 15–50 mg/Nm³ pri použití techniky DLN. Ak nie je možné technológiu DLN implementovať z dôvodu nízkej kvality paliva alebo prevádzky s nízkym zaťažením, emisie môžu dosiahnuť až 250 mg/Nm³ v prípade nových štandardných horákov a až 350 mg/Nm³ v prípade existujúcich optimalizovaných štandardných horákov s prstencovým spaľovaním (SAC). [260, Dánsko 2015] [262, Nórsko 2015]

8 SPAĽOVANIE VIACERÝCH PALÍV

8.1 Spaľovanie viacerých palív

Zavedenie spaľovania viacerých palív má významné prevádzkové dôsledky. Najmä pri spoločnom mletí musia byť palivá z biomasy dôkladne prispôbené individuálnym konštrukciám zariadení, aby sa dosiahol optimálny výkon, a väčšina spaľovacích zariadení, ktoré majú skúsenosti s komerčným spaľovaním viacerých palív, musela prekonať rad technických problémov. Medzi najdôležitejšie patrili zdravotné a bezpečnostné dôsledky spaľovania viacerých palív, ktoré sú reaktívnejšie, ako palivá, na ktoré bola zariadenie pôvodne navrhnuté. Ak technické problémy vedú k obmedzeniam flexibility alebo dostupnosti zariadenia, spaľovanie viacerých palív môže mať tiež nepriaznivý vplyv na obchodovanie s elektrinou alebo teplom vyrobeným zariadením.

Vplyv spoluspaľovania biomasy na prevádzku uhoľného spaľovacieho zariadenia závisí od typu zariadenia, najmä od konfigurácie mlyna, ak sa biomasa má pomlieť, od rozsahu uhlia, s ktorým sa biomasa má spoluspaľovať, a od vlastností biomasy. [1, [Eurelectric 2012](#)]

8.1.1 Použité procesy a techniky

8.1.1.1 Vykládka, skladovanie a manipulácia

Procesy a techniky používané na vykládku, skladovanie a manipuláciu s rôznymi tuhými palivami spaľovanými v rovnakých spaľovacích zariadeniach sú tie, ktoré sa používajú pre každé jednotlivé tuhé palivo, ako je už opísané v oddiele 2.8.

Veľká časť súčasného a pravdepodobného budúceho nárastu využívania biomasy bude spočívať v používaní peletizovaných palív, hlavne dreva. Proces peletizácie znižuje vlhkosť a premieňa biomasu na formu, ktorá sa oveľa ľahšie prepravuje, skladuje a manipuluje s ňou.

Niektoré zariadenia prešli úpravami, ktoré sú priamo spojené s miestnymi podmienkami a/alebo požiadavkami a zahŕňajú zmeny v systéme vykládky a dopravy železničných vagónov a v zariadeniach na miešanie, hlavne s cieľom minimalizovať emisie prachu a zabezpečiť primeranú kontrolu nad zmesou paliva spaľovaného v kotle.

V prípade viacpalivového spaľovania s ropným koksom sa do zariadenia môžu dovážať aj zmesi uhlia a ropným koksom, ak sa vykonajú primerané testy zloženia zmesi (napríklad) v prístave. Skladovanie ropného koksu je možné realizovať na bežných skladiskách uhlia buď ako 100 % ropný koks, alebo ako definovaná zmes uhlia a ropného koksu.

8.1.1.2 Charakteristika a predbežná úprava palív

Základné posúdenie akéhokoľvek nového materiálu z biomasy navrhnutého pre konkrétne zariadenie sa zvyčajne vykonáva kombináciou štandardných techník analýzy paliva, jednoduchých skúšok v mlyne a kompletných skúšok jednotky. [1, [Eurelectric 2013](#)]

Biomasa a uhlie majú ako palivá zásadne odlišné vlastnosti. Biomasa obsahuje väčšie množstvo alkalických a zemín alkalických prvkov (draslík, sodík, vápnik, horčík), fosforu a chlóru ako uhlie. Keďže všetky zložky biomasy vstupujú do kotla, vzniká niekoľko technických problémov. Vyšší obsah chlóru v palive môže viesť k väčšej korózii kotlov pri vysokých teplotách. Pri použití palív s vysokým obsahom draslíka môže dochádzať k urýchlenému zanášaniu a tvorbe škvary [51, [Jensen-Holm et al. 2010](#)].

Obsah vlhkosti v biomase a uhlí sa môže líšiť v závislosti od konkrétneho typu paliva. Peletizované palivá z biomasy majú zvyčajne obsah vlhkosti v rozmedzí 10 % hmotnosti, zatiaľ čo niektoré iné typy biomasy môžu mať oveľa vyšší obsah vlhkosti a môžu vyžadovať dodatočné sušenie.

8.1.1.3 Techniky zavádzania rôznych palív do procesu spaľovania

8.1.1.3.1 Zmiešavanie s hlavným palivom

Najbežnejším prístupom k spaľovaniu viacerých palív z biomasy, ktorý sa používa v uhoľných spaľovacích zariadeniach, je súčasné drvenie uhlia a biomasy v existujúcich drvičoch. Tento prístup sa nazýva „spoločné drvenie“ a umožňuje súčasné zmenšovanie veľkosti a sušenie biomasy aj uhlia pred spoločným spaľovaním oboch palív v peci. Aby sa zabránilo nepriaznivým vplyvom na výkon mlyna, môže byť spoločné mletie obmedzené na < 10 % celkového množstva paliva.

Ak sa použije spoločné mletie, biomasa a uhlie sa môžu zmiešať pred alebo po dodaní do spaľovacieho zariadenia. Prvá možnosť sa nazýva „zmiešavanie mimo miesta“ a výsledkom je jeden prúd paliva do spaľovacieho zariadenia, s ktorým sa dá zaobchádzať podobne ako s uhlím. Druhá možnosť sa označuje ako „zmiešavanie na mieste“, pri ktorom sa do spaľovacieho zariadenia dodávajú dve palivá a vyžadujú si samostatné prijímacie a manipulačné zariadenia až do bodu, kde sa oba prúdy paliva zmiešajú do jedného.

[1, Eurelectric 2013]

Keďže rozloženie veľkosti častíc je kľúčovým faktorom pre správne zapálenie a spaľovanie, jedným z najspoľahlivejších riešení je samostatné mletie a zmiešavanie paliva tesne pred vstupom do horáka. Toto riešenie umožňuje optimalizované rozprašovanie oboch palív. Rozprašované spaľovanie s použitím samostatných mlecích systémov sa v súčasnosti vo veľkej miere používa na spaľovanie širokej škály palív, od lesných rezíduí po poľnohospodárske rezíduá a energetické plodiny. Palivo sa zvyčajne peletizuje mimo prevádzky a do závodu sa dopravuje po ceste, loďou alebo železnicou. V závode sa pelety rozdrvia pomocou špeciálnych kladivových mlynov alebo v uhoľných mlynoch, ktoré boli prerobené tak, aby vyhovovali rôznym charakteristikám mletia. Ukázalo sa, že kotly fungujú v celom rozsahu úrovni spoluspaľovania, od nízkych úrovni (nahradenie jednej súpravy mlynov) až po úplnú konverziu, pri ktorej boli všetky uhoľné mlyny a horáky nahradené alebo upravené.

8.1.1.3.2 Vyhradené horáky

Biomasa – spaľovanie uhlia

„Priame vstrekovanie“ ponúka alternatívny spôsob dodávania spoluspaľovanej biomasy do kotla na uhlie. To zahŕňa vstrekovanie biomasy do kotla ako samostatného prúdu prostredníctvom špeciálnych horákov na biomasu. To poskytuje niekoľko výhod oproti spoločnému mletiu, z ktorých najvýznamnejšou je, že biomasa neovplyvňuje tok, mletie a klasifikáciu uhlia a že sa zabráni obmedzeniam jednotkovej záťaže, ktoré môžu nastať pri spoločnom mletí s uhlím s nízkou výhrevnosťou alebo biomasou. Tento typ inštalácie je však oveľa kapitálovo náročnejší ako obmedzené úpravy potrebné pre spoločné mletie. Inštalácie pre systémy priameho vstrekovania sa pohybujú od jednoduchého zásobníka, ktorý napája pneumatickú dopravnú linku vedúcu priamo do pece, až po zložité zariadenie na štiepanie/drvenie, ktoré napája samostatné horáky na biomasu s kompletným systémom riadenia horáka.

Samostatná manipulácia s biomasou tiež umožňuje spoluspaľovanie v zariadení, ktoré má prísne obmedzenia týkajúce sa obsahu prchavých látok v uhlí. Biopalivá zvyčajne obsahujú okolo 80 % prchavých látok (na základe „suchého popola bez obsahu popola“), zatiaľ čo uhoľné spaľovacie zariadenia sú navrhnuté tak, aby prijímali uhlie s obsahom prchavých látok bez obsahu popola menej ako 45 % v prípade bituminózneho uhlia a 10 % v prípade antracitového uhlia.

Toto oddelené spracovanie má tiež tú výhodu, že problémy, ktoré by vznikli pri prechode materiálov s nevhodnými vlastnosťami mletia cez mlyn, je možné efektívne obísť.

[1, Eurelectric 2013]

8.1.1.4 Procesy spaľovania viacerých palív

8.1.1.4.1 Spoluspaľovanie biomasy a fosílnych palív

Jedným z hlavných dôvodov vývoja a zavedenia spoluspaľovania biomasy, napríklad spolu s rašelinou alebo uhlím, bolo zníženie emisií SO_2 a CO_2 , pretože nahradenie primárneho fosílného paliva znižuje emisie fosílného CO_2 , zatiaľ čo obnoviteľný CO_2 pochádzajúci z biomasy sa považuje za uhlíkovo neutrálny. Údaje nemeckého orgánu pre obchodovanie s emisiami ukazujú, že v roku 2010 štyri zariadenia spaľujúce hnedé uhlie a päť zariadení spaľujúcich čierne uhlie vykonávali v Nemecku spoluspaľovanie drevnej biomasy (štiepky, pelety atď.) s použitím celkovo 30 000 ton dreva, čím sa zabránilo emisiám približne 33 000 ton CO_2 v porovnaní s emisiami spojenými s využívaním hlavného paliva, ktoré bolo nahradené (dosiahnutý stupeň spoluspaľovania bol 1 – 12 %).

Vzhľadom na nižšiu počiatočnú teplotu tavenia popola v prípade biomasy je potrebné znížiť teplotu plynu na výstupe z pece. V prípade modernizácie môže byť výkon kotla zodpovedajúcim spôsobom znížený.

Biomasa vo všeobecnosti vyžaduje nižšiu teplotu primárneho vzduchu na mletie a vyšší prebytok vzduchu na správne spaľovanie. Výsledkom je často, najmä v prípade modernizácií, že spaliny opúšťajúce kotol nemožno ochladiť na rovnakú úroveň ako pri spaľovaní čistého uhlia, čo môže ovplyvniť účinnosť kotla a vyžaduje kontrolu existujúcich filtrov z hľadiska teplotnej tolerancie. Tieto účinky možno zmierniť napríklad inštaláciou chladiča primárneho vzduchu alebo chladiča spalín.

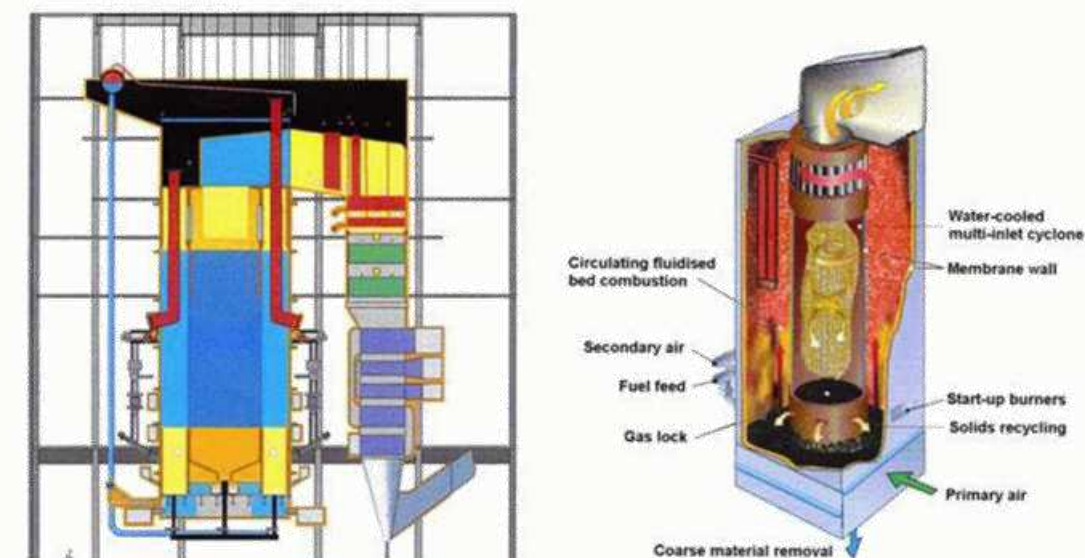
V mnohých prípadoch sú množstvá biomasy, ktoré sú k dispozícii za primeranú cenu na jednom mieste, príliš malé na to, aby bolo spaľovacie zariadenie založené výlučne na biomase ekonomicky realizovateľné. Hospodárska únosnosť využívania týchto miestne dostupných palív sa môže výrazne zlepšiť, ak ich možno spaľovať spolu s komerčným palivom v existujúcom spaľovacom zariadení. Existujú však značné technické a environmentálne obmedzenia týkajúce sa palív, ktoré možno spaľovať spolu s inými palivami. Spaľovanie viacerých palív z biomasy sa úspešne uplatňuje v mnohých fínskych zariadeniach s cirkulujúcim vrstveným spaľovaním, kde hlavným palivom je rašelina, uhlie alebo drevné rezíduá z celulózového a papierenského priemyslu.

Vďaka svojim vlastnostiam je rašelina vhodná na spaľovanie viacerých palív spolu s drevom a v existujúcich elektrárnach môže pomôcť znížiť problémy s koróziou a znečistením, ktoré môžu nastať pri spaľovaní iba biomasy. Schopnosť spaľovať rašelinu tiež zabezpečuje nepretržité dodávky paliva v oblastiach, kde dostupnosť drevného paliva nestačí na pokrytie dopytu po palive.

Ak miestne palivo nemožno z technických dôvodov spaľovať spolu s hlavným komerčným palivom, je potrebné zvoliť iný prístup. V takomto prípade sa pre miestne palivo vybuduje špecializovaná spaľovňa s napojením na väčšie spaľovacie zariadenie. V Dánsku bolo vybudovaných niekoľko samostatných spaľovacích jednotiek na spaľovanie slamy s napojením na veľké spaľovne na uhlie alebo plyn.

Proces spaľovania vo fluidnom lôžku (FBC) poskytuje výhody z hľadiska schopnosti spaľovať širokú škálu rôznych palív.

Kotly s cirkulujúcim FBC (CFBC) môžu byť navrhnuté ako kotly na viacero palív, t. j. plná kapacita môže byť dosiahnutá len s uhlím, kombinovaným spaľovaním alebo len s biomasou. Pri spaľovaní viacerých palív, ako je uhlie a biomasa, existujú samostatné, nezávislé systémy dodávania paliva vzhľadom na rôzne druhy manipulácie s palivom. Tieto systémy sú potrebné aj na zabezpečenie flexibilnej a plynulej prevádzky pre všetky možné kombinácie palív.



Zdroj: [307, Kvaerner Pulping Oy 2001]

Obrázok 8.1: Priemyselný CFB kotol s cyklónom s viacerými vstupmi používaný na spaľovanie viacerých druhov paliva

V procese s bublinkovým fluidným lôžkom (BFB) sa znižuje rýchlosť fluidizácie a nedochádza k návratu jemných častíc prostredníctvom cyklónového systému. Proces BFB je vhodný na spaľovanie nehomogénnej biomasy a rašelinových palív vrátane spaľovania viacerých palív.

Niektoré technické problémy pozorované v počiatočných skúsenostiach s viacpalivovým spaľovaním biomasy a iných palív, hlavne čierneho uhlia a hnedého uhlia, sú uvedené nižšie:

1. V zariadení v Dánsku sa spolu spaľovalo až 20 % dreva. Ide o kotol s predným spaľovaním s prirodzenou cirkuláciou a kapacitou 125 MW_e. Rozomleté drevo sa spaľovalo v dvoch špeciálne upravených horákoch. Neboli zaznamenané žiadne negatívne účinky a očakávalo sa, že by malo byť možné dosiahnuť vyššie percentá spoluspaľovania. Emisie NO_x klesli o 35 %. Slamou a v menšej miere drevom z energetických plodín (vrbá) sú najdôležitejšími palivami z biomasy v Dánsku. Vysoký obsah chloridu draselného v slame môže spôsobiť problémy so striekaním a koróziou.
2. Testovanie slamy sa vykonalo v inom dánskom zariadení (150 MW_e). V kampaniach trvajúcich od 4 týždňov do 4 mesiacov sa testovalo spoluspaľovanie až do 25 %. Hlavné závery boli nasledovné:
 - Emisie NO_x a SO₂ klesli, emisie HCl a prachu stúpili
 - Bolo zaznamenané malé zvýšenie rýchlosti korózie prehrievača. Celková dĺžka testov bola príliš krátka na to, aby sa to dalo kvantifikovať (odhadovalo sa, že pri 10 % podiele spoluspaľovania by došlo k 50 % zvýšeniu).
 - Pri spoluspaľovaní viac ako 10 % slamy obsah alkálií v popolčeku prekračuje limit pre použitie v cementu. Pri použití v betóne sú obmedzenia týkajúce sa obsahu alkálií menej prísne a stupeň spoluspaľovania slamy môže byť vyšší ako 20 %.
 - Vzorky katalyzátora DeNO_x vystavené spalinám vykazujú rýchly pokles aktivity.
3. Brikety z biomasy boli spoluspaľované v zariadení spaľujúcej hnedé uhlie v Nemecku (280 MW_e). Pri spaľovaní množstiev do 10 % hmotnosti nevznikli žiadne problémy.
4. Až 7 % hmotnosti lisovaných olivových kôstok bolo spoluspaľovaných v zariadení v Grécku, ktorá pozostáva z troch jednotiek spaľujúcich hnedé uhlie s celkovou inštalovanou kapacitou 550 MW_{th} počas obdobia približne šiestich mesiacov.

Oproti surovému hnedému uhliu mali lisované olivové kôstky tieto špeciálne vlastnosti: oveľa vyššiu výhrevnosť, výrazne nižší obsah vlhkosti a popola a vyšší obsah prchavých látok. Pokiaľ ide o zloženie popola, oveľa vyššia koncentrácia oxidov alkalických kovov a nižšia koncentrácia zlúčenín kremíka a oxidu hlinitého viedli k nižšej teplote topenia. Experimenty nepreukázali žiadne zmeny v prevádzkových parametroch pary (hmotnostný prietok, teplota a tlak), tvorbe škvary a obsahu nespáleného paliva v popole. Vďaka výrazne nižšiemu obsahu síry v lisovaných olivových kôstkach došlo k zníženiu emisií SO_2 .

Spoluspaľovanie biomasy v kotloch na práškové palivo je ekonomicky životaschopné v rámci režimov obnoviteľnej energie niektorých krajín a potenciálny rozsah uľahčil rozvoj rozsiahlych dodávateľských reťazcov (pre drevo aj poľnohospodárske rezíduá) a riadenie technických obmedzení palív, ktoré je možné použiť. Spoluspaľovanie biomasy sa úspešne uplatňuje v niekoľkých zariadeniach na práškové palivo (vo Veľkej Británii, Holandsku, Belgicku a Dánsku), kde hlavným palivom bolo pôvodne uhlie. Konečným výsledkom spoluspaľovania biomasy s uhlím môže byť úplná konverzia uhoľného kotla na biomasu. V tomto prípade sú na zvládnutie odlišných vlastností biomasy v porovnaní s uhlím (napr. alkalita) potrebné väčšie technické úpravy ako v prípade spoluspaľovania obmedzeného percenta biomasy.

Vo Veľkej Británii boli zariadenia upravené na spoluspaľovanie biomasy s priepustnosťou jeden milión ton ročne alebo viac. Po vykonaní skúšok spaľovania je teraz zavedený program, v rámci ktorého sa niekoľko elektrární úplne premení na biomasu s plánovanou priepustnosťou až 8 miliónov ton drevených peliet ročne.

Viac informácií o zariadeniach premenených z uhlia na biomasu je uvedených v oddiele 5.2.

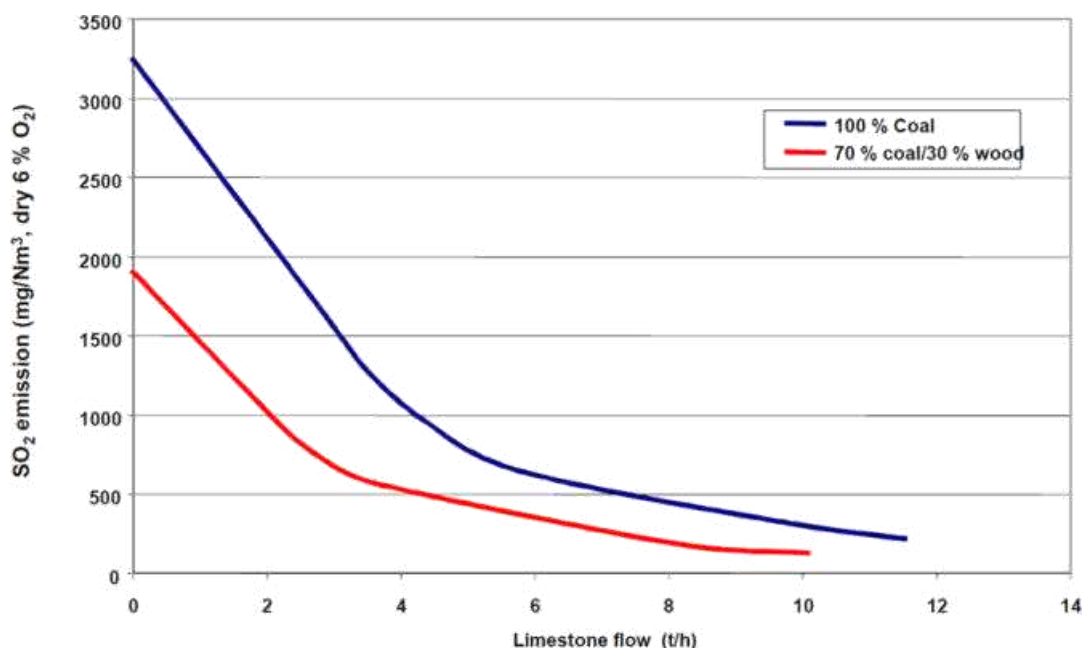
Existujú osobitné prípady, keď je spaľovanie viacerých palív, ako je uhlie a určité druhy biomasy, úzko spojené s miestnou dostupnosťou konkrétnych zdrojov biomasy. Je to napríklad prípad troch kotlov s roštovým spaľovaním s výkonom 116 MW_{th} až 128 MW_{th} , ktoré boli uvedené do prevádzky na ostrovoch La Réunion a Guadeloupe v rokoch 1992 až 1998 (zariadenia 684, 686 a 688 v zbere údajov za rok 2012). Tieto zariadenia sú postavené v blízkosti cukrovarov, od ktorých nakupujú cukrovú trstinu ako palivo a ktorým predávajú paru na priemyselné účely. Spaľujú uhlie a cukrovú trstinu v rôznych pomeroch (v roku 2012 až 68 % cukrovej trstiny) v závislosti od dostupnosti cukrovej trstiny a výrobných potrieb (potreby elektriny na ostrove a potreby tepla na priemyselné účely). Obe kritériá sa menia v závislosti od ročného obdobia.

Ropný koks sa tiež dá úspešne spaľovať spolu s uhlím v zmesiach až do 20 % podľa tepelného výkonu. Vo Veľkej Británii dve zariadenia (2 000 MW_{th} a 4 000 MW_{th}) používajú ropný koks bez znateľných negatívnych vplyvov od roku 2004.

8.1.1.5 Znižovanie emisií do ovzdušia v spaľovacích zariadeniach na spoluspaľovanie tuhých palív

Kotly s fluidným lôžkom

Nízke teploty pece pri spaľovaní vo fluidnom lôžku v kombinácii s postupným prívodom vzduchu vedú k emisiám NO_x zvyčajne pod 200 mg/Nm^3 . Na ďalšie zníženie emisií NO_x je možné ľahko nainštalovať systém vstrekovania amoniaku (SNCR), ktorý dokáže dosiahnuť emisné úrovne do 100 mg/Nm^3 (suché, 6 % O_2) alebo nižšie. Emisie SO_x je možné regulovať vstrekaním vápenca do pece, kde sú podmienky na odsirowanie priaznivé. Viacpalivové spaľovanie biopaliva s uhlím ďalej zníži emisie SO_x a spotrebu vápenca. V porovnaní so spaľovaním výlučne uhlia dosahuje viacpalivové spaľovanie uhlia a biomasy nižšie primárne emisie NO_x a SO_x a znižuje špecifické emisie CO_2 úmerne k množstvu použitej biomasy.



Poznámka: Príklad zariadenia: 500 MWth, 1,2 % S v uhlí

Zdroj: [307, Kvaerner Pulpinq Oy 2001]

Obrázok 8.2: Vplyv spoluspaľovania biomasy na emisie SO₂

Kotly na práškové palivo

Biomasa sa zmieša s čiernym uhlím/hnedým uhlím v skladovacom priestore, čo môže spôsobiť pomerne vysoké emisie prachu, alebo sa zavádza samostatne do spaľovacej komory.

Typické dôsledky spaľovania viacerých palív, ako je biomasa a uhlie, v prípade kotlov PC konfigurovaných tak, ako je uvedené vyššie, zahŕňajú nasledujúce:

- Koncentrácie NO₂ v surovom spalinovom plyne sa mierne znižujú.
- Koncentrácia prachu v spalínach po ESP sa zvyšuje, pravdepodobne v dôsledku vyššej koncentrácie jemných častíc; oddelenie prachu v FGD zabezpečuje nízke koncentrácie v čistených spalínach.
- Obsah síry v palivách z biomasy je vo všeobecnosti asi desať- až stokrát nižší ako v uhlí, čo vedie k zníženiu koncentrácií SO_x. Emisie HCl sa naopak môžu pri spaľovaní viacerých palív zvýšiť v dôsledku vysokého obsahu chlóru v určitých typoch biomasy, ale zvyčajne zostávajú nízke, ak je podiel biomasy v palivovej zmesi obmedzený. Zvýšené hladiny halogenidov môžu v dlhodobom horizonte spôsobiť aj problémy s koróziou v systéme FGD.

Na prevádzku systémov SCR má vplyv spaľovanie viacerých palív, ako je biomasa a uhlie, v kotloch určených na spaľovanie uhlia. Katalyzátory SCR sú náchylné na otravu v dôsledku kondenzácie prchavých anorganických látok na povrchu katalyzátora. Tvorba usadenín na báze síranov alebo fosfátov na povrchu katalyzátora alebo reakcia s aktívnymi látkami katalyzátora môže výrazne znížiť aktivitu katalyzátora, čo má za následok skrátenie jeho životnosti.

Spaľovanie viacerých palív, ako je biomasa a uhlie, alebo vstrekovanie popolčeka z uhlia sa ukázalo ako účinné opatrenie na obmedzenie deaktivácie katalyzátora SCR, pretože plyné látky draslíka a fosforu uvoľňované z biomasy ľahko reagujú s popolčekom z uhlia a vytvárajú oveľa stabilnejšie zlúčeniny a väčšie častice popola, ktoré môže byť potrebné odfiltrovať predtým, ako spaliny vstúpia do SCR.

Deaktivácia katalyzátora SCR s vysokým obsahom prachu je jedným z kritických problémov spaľovania viacerých palív zo slamy.

Vzhľadom na nízku teplotu spaľovania nemusí pri roštovom spaľovaní biomasy dôjsť k odparovaniu alkalických kovov a uvoľňovaniu soli vo forme aerosólov v rovnakom rozsahu ako pri spaľovaní práškoveho paliva alebo CFB, a preto by deaktivácia katalyzátora SCR mohla byť pri roštovom spaľovaní menším problémom ako pri iných typoch kotlov.

Referenčná literatúra

[51, Jensen-Holm et al. 2010], [308, Schmidt et al. 1999], [309, Kindler et al. 2000]

8.1.2 Súčasné úrovne emisií a spotreby

8.1.2.1 Miera spaľovania viacerých palív v LCP

V EÚ možno nájsť mnoho príkladov spaľovacích zariadení rôznych typov a veľkostí, ktoré využívajú spaľovanie viacerých palív, ako je biomasa, čierne uhlie a hnedé uhlie, v rôznej miere, dokonca aj vo viac ako 50 %. Dosiahnutá výkonnosť a úrovne emisií týchto zariadení sú uvedené v oddiele 5.1.3 v prípade zariadení, v ktorých palivom poskytujúcim väčšinu tepelného výkonu je čierne uhlie alebo hnedé uhlie, a v oddiele 5.2.3 v prípade, ak tepelný výkon poskytovaný palivom z biomasy prekračuje tepelný výkon čierneho uhlia alebo hnedého uhlia, alebo ak hlavným palivom je rašelina.

Nasledujúci zoznam príkladov zariadení poskytuje prehľad o rôznych typoch a veľkostiach zariadení a o pozorovaných stupňoch spaľovania viacerých palív:

- Zariadenie 381V je 180 MW_{th} DBB spaľujúce 5 % drevnej a bylinnej biomasy spolu s uhlím;
- Zariadenie 390-6V je 611 MW_{th} CFB kotol spaľujúci 7 % drevnej a bylinnej biomasy spolu s hnedým uhlím;
- Zariadenie 479V je CFB kotol s výkonom 1 600 MW_{th}, ktorý spaľuje 7 % drevnej biomasy spolu s uhlím;
- Zariadenie 385V je CFB kotol s výkonom 396 MW_{th}, ktorý spaľuje 11 % bylinnú biomasu spolu s uhlím;
- Zariadenie 414VC je 78 MW_{th} DBB spaľujúci 12 % drevnej biomasy spolu s hnedým uhlím;
- Zariadenie 693 je 674 MW_{th} CFB kotol spaľujúci 14 % drevnej biomasy spolu s uhlím;
- Zariadenie 367V je 1384 MW_{th} WBB kotol spaľujúci 15 % drevnej biomasy spolu s uhlím;
- Zariadenie 22_1V je 157 MW_{th} CFB kotol spaľujúci 40 % drevnej biomasy spolu s hnedým uhlím;
- Zariadenie 379V je 186 MW_{th} DBB spaľujúci 43 % drevnej biomasy spolu s uhlím;
- Zariadenie 688 je 124 MW_{th} roštový kotol spaľujúci 46 % bylinnú biomasu spolu s uhlím;
- Zariadenie 684 je kotol s roštovým spaľovaním s výkonom 116 MW_{th}, ktorý spaľuje 64 % bagasy z cukrovej trstiny spolu s 36 % uhlia;
- Zariadenia 489-1V a 489-2V sú kotly CFB s výkonom 92 MW_{th}, ktoré spaľujú 94 % drevnej biomasy a lesných rezíduí spolu s 5 % uhlia.

8.1.2.2 Vplyv spaľovania viacerých palív na výkon a účinnosť zariadenia

Typické dôsledky spaľovania viacerých palív, ako je biomasa a uhlie, zahŕňajú zvýšenie teploty spalín o 5 – 10 °C a takmer dvojnásobné zvýšenie podielu horľavých látok, čo súvisí s rozložením veľkosti častíc v popole. Obsah popola je však desatina obsahu uhlia. Hoci tieto účinky môžu viesť k zníženiu účinnosti kotla, štúdie vykonané v niekoľkých spaľovacích zariadeniach uvádzajú zanedbateľný vplyv na výkon kotla pri spoluspaľovaní biomasy v množstve až 5 – 10 % na tepelnej báze.

Spaľovanie viacerých palív s ropným koksom nevyžaduje žiadne úpravy kotla ani prevádzkových parametrov zariadenia v porovnaní s prevádzkou len na uhlie. Zvýšený obsah síry v ropnom kokse však môže vyžadovať buď preferenčné zmiešavanie s uhlím s nízkym obsahom síry, alebo zvýšený výkon príslušnej jednotky odsírovania spalín. Celkovo monitorovacie údaje ukázali, že vplyv zariadenia spaľujúceho zmes uhlia a ropného koksu na životné prostredie je podobný vplyvu rovnakého zariadenia spaľujúceho iba uhlie. [170, DEBCO 2013]

8.1.2.3 Vplyv spaľovania viacerých palív na emisie do ovzdušia

Ako sa uvádza v oddiele 8.1.1.5, spaľovanie viacerých palív, ako je biomasa a uhlie, môže v porovnaní s čisto uhoľným spaľovaním spôsobiť mierne zníženie emisií SO_x a NO_x a zvýšenie emisií HCl. Obmedzením rozsahu spaľovania viacerých palív a/alebo použitím správne implementovaných techník však dobre fungujúce zariadenia dosahujú podobné úrovne emisií ako porovnateľné zariadenia, ktoré nespália spolu s uhlím biomasu.

Obrázok 5.32 ukazuje emisie SO_2 z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 300 MW_{th} . Zo zobrazených zariadení zariadenia 17V, 366V a 367V spaľujú biomasu v rozsahu od 5 % do 30 %. Všetky tieto zariadenia sú vybavené mokrým odsiřovaním a dosahujú porovnateľné úrovne emisií SO_2 ako iné podobné zariadenia, ktoré nespávajú biomasu.

Obrázok 5.34 ukazuje emisie HCl z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom

> 100 MW_{th} . Zo zobrazených zariadení zariadenia 17V, 367V, 390-5V, 390-6V, 224V a 479V spoluspaľujú biomasu v rozsahu od 5 % do 17 %. Všetky tieto zariadenia sú vybavené buď mokrým odsiřovaním alebo vstrekaním sorbentu do kotla a dosahujú porovnateľné úrovne emisií HCl ako iné podobné zariadenia, ktoré nespotrebúvajú biomasu.

Obrázok 5.37 a obrázok 5.38 ukazujú emisie NO_x z dobre fungujúcich spaľovacích zariadení čierne uhlie a hnedé uhlie s výkonom viac ako 300 MW_{th} . Zo zobrazených zariadení len dve zariadenia (zariadenia 367V a 224V) spoluspaľujú biomasu.

8.1.2.4 Vplyv spaľovania viacerých palív na kvalitu rezíduí po spaľovaní

Kvalita rezíduí (popolček, popol z kotlov, sadrovcový kal) je v prípade spaľovania viacerých palív zvyčajne ovplyvnená len minimálne. Likvidácia týchto rezíduí spoločne v povrchových baniach ako stabilizovaného materiálu je možná aj v prípade spoluspaľovania.

Zloženie popolčeka, lôžkového popola pece a sadrovca z jednotky, ktorá spoluspaľuje až 20 % ropného koksu, zvyčajne zostáva v rámci špecifikácií pre ďalší predaj.

Kvalita rezíduí je ovplyvnená obsahom popola v spoluspaľovanom palive. Normy EN pre popolček na betónové pokrytie sa vzťahujú na popolček s obsahom spoluspaľovaného materiálu až do 40 % hmotnosti (50 % v prípade zeleného dreva). [308, Schmidt et al. 1999], [309, Kindler et al. 2000]

8.1.3 Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pri spaľovaní viacerých palív v tuhom stave

Zariadenia spaľujúce viacero palív, ako je čierne uhlie, hnedé uhlie, biomasu a/alebo rašelina, uplatňujú techniky, ktoré sú uvedené v kapitole 3 a opísané ako techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia v oddiele 5.1.3 a pre spaľovanie biomasy a/alebo rašelinového uhlia v oddiele 5.2.3. Výkonnosť dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich viacero druhov palív (tuhé palivá) je uvedená v grafoch a tabuľkách v týchto častiach a pohybuje sa v rozmedzí pozorovanom u dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie a u dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu. Okrem záverov uvedených v oddiele 5.1.3 a oddiele 5.2.3 sa nevyvodzujú žiadne ďalšie závery.

Vyššie uvedené techniky nemusia nevyhnutne predstavovať vyčerpávajúci zoznam techník, ktoré by sa mohli v tomto sektore uplatňovať. Môžu existovať alebo môžu byť vyvinuté aj iné techniky, ktoré by sa mohli zohľadniť pri určovaní BAT pre jednotlivé zariadenia.

8.2 Spaľovanie kvapalných a plyných procesných palív z chemického priemyslu

Táto časť sa týka spaľovacích zariadení spaľujúcich kvapalné a plyné procesné palivá z chemického priemyslu. Kým všeobecný popis spaľovania kvapalných alebo plyných palív v kotloch je uvedený v kapitolách 0 a 7, táto časť sa zaoberá aj špecifickými charakteristikami kotlov, ktoré sa bežne používajú v chemickom priemysle. [3, LCP TWG 2012] [52, CEFIC 2012]

8.2.1 Použité procesy a techniky

Rezíduá z (petro)chemických procesov sa používajú ako plyné a/alebo kvapalné palivá (procesné palivá) spaľované v kotloch, často súčasne, na výrobu pary a/alebo v niektorých prípadoch elektrickej energie ako užitočná alternatíva k spaľovaniu v atmosfére alebo spaľovaniu. Rezíduá chemických závodov majú rôzne zloženie a v niektorých prípadoch ich zloženie nemusí byť známe.

Existujúce veľké spaľovacie zariadenia umiestnené v chemických zariadeniach alebo v ich blízkosti, ktoré spaľujú procesné palivá, majú typický tepelný príkon v rozmedzí 100 – 300 MW_{th}. Para sa vyrába v kotloch, ktoré pracujú s premenlivým zaťažením počas celého roka, aby podporovali výrobný proces vo všetkých situáciách, ktoré môžu nastať počas priemyselnej prevádzky. Prevádzkové charakteristiky týchto zariadení sú kľúčové pre výrobu chemických zariadení, ako aj pre bezpečnú prevádzku.

Konštrukcia a prevádzka spaľovacích zariadení v chemickom priemysle sa môžu v niektorých ohľadoch líšiť od sektora výroby elektrickej energie. Okrem paliva je hlavnou charakteristikou, ktorú treba zohľadniť, režim zaťaženia. Obrázok 8.3 ukazuje dve spaľovacie zariadenia integrované do chemického zariadenia.



Zdroj: [52, CEFIC 2012]

Obrázok 8.3: Kotly na výrobu energie v chemických zariadeniach

8.2.1.1 Prevádzkové podmienky

Spaľovacie zariadenia v priemysle pracujú pri nepretržitom alebo premenlivom zaťažení na podporu priemyselných procesov a sú navrhnuté tak, aby dodávali energiu a/alebo paru do priemyselných zariadení vo všetkých situáciách, v ktorých zariadenie môže pracovať, napríklad pri odstávke procesu, spúšťaní, čistení a fúkaní sadzí, testoch alebo poruchách. Prevádzkové zaťaženie sa preto môže líšiť od menovitého zaťaženia spaľovacej jednotky.

Kotly v chemickom priemysle majú nasledujúce prevádzkové špecifiká, ktoré môžu ovplyvniť koncentrácie znečisťujúcich látok v surových spalín:

- Zaťaženie nie je konštantné počas celého roka a kotol často pracuje v blízkosti menovitého zaťaženia len počas krátkeho časového obdobia, čo môže ovplyvniť hladiny koncentrácií znečisťujúcich látok v surových spalín.
- Kotol môže spaľovať rôzne palivá, samostatne alebo v režime spaľovania viacerých palív, čo môže ovplyvniť úroveň koncentrácií v surových spalín.
- Kotol môže spaľovať špecifické procesné palivá, ktorých zloženie nie je počas roka konštantné, čo môže následne ovplyvniť koncentráciu surových emisií.

V dôsledku toho môže byť rozdiel medzi ročným priemerom a maximálnymi emisiami väčší ako v prípade iných kotlov, ktoré spaľujú palivo s konštantným zložením a väčšinu času pracujú blízko svojho menovitého zaťaženia.

8.2.1.2 Kontrola NO_x, NH₃ a CO

Pri hodnotení techník na znižovanie emisií NO_x z kotlov spaľujúcich procesné palivá v chemických zariadeniach je potrebné zohľadniť dva dôležité parametre:

- obsah vodíka (H₂) v plynnom palive (až do 75 %), ktorý môže podporovať tvorbu NO_x;
- obsah dusíka v plynnom alebo kvapalnom palive (až 26 %), ktorý má významný vplyv na tvorbu NO_x.

Keďže zloženie procesných palív závisí od procesu a keďže kotly v chemických zariadeniach sú veľmi často flexibilné z hľadiska paliva, výber paliva a riadenie procesu sú najčastejšie používané techniky na kontrolu emisií NO_x.

Úžitkové kotly často nie sú navrhnuté ako samostatné spaľovacie jednotky, ale sú postavené ako súčasť chemického zariadenia; preto môže byť priestor na implementáciu dodatočných zariadení v existujúcich zariadeniach obmedzený.

Ďalšími implementovanými možnosťami sú SNCR a SCR. V oboch prípadoch existujú logistické požiadavky pri modernizácii existujúceho závodu a v prípade SCR je potrebný aj značný priestor. Navyše v chemickom priemysle môžu byť kotly inštalované v blízkosti chemických jednotiek alebo reaktorov, ktoré v prítomnosti amoniaku môžu potenciálne vytvárať výbušnú atmosféru a vyvolať definíciu nebezpečných zón. Pridanie zariadení pre tieto techniky si preto môže vyžadovať osobitné opatrenia.

8.2.1.3 Kontrola iných znečisťujúcich látok

Emisie SO_x a prachu zvyčajne nie sú veľkým problémom pri prevádzke kotlov na plynne palivá v chemických zariadeniach, preto sa techniky kontroly okrem NO_x nevyužívajú vo veľkej miere na iné znečisťujúce látky. Ak však kotly na plynne palivá pracujú na kvapalné palivá, v závislosti od zloženia paliva môže dochádzať k tvorbe viacerých znečisťujúcich látok.

V existujúcich zariadeniach nemusí byť dostatok priestoru na inštaláciu systémov na čistenie spalín, ako je mokré FGD.

Spaľovacie zariadenia uvedené v [3, LCP TWG 2012] boli v mnohých prípadoch postavené pred rokom 1980, s niekoľkými výnimkami, ako napríklad niekoľko zariadení postavených nedávno v Nemecku, ktoré spaľujú plynné palivá bohaté na H_2 .

8.2.2 Súčasné úrovne emisií a spotreby

8.2.2.1 Spotreba plynných a kvapalných procesných palív z chemického priemyslu

Typicky môže kotol spaľovať rôzne plynné a kvapalné procesné palivá samostatne alebo v režime spoluspaľovania, aj s inými palivami, ako je zemný plyn alebo ťažký vykurovací olej, ktoré sa môžu používať aj ako záložné palivá, ak chýbajú procesné palivá.

Najdôležitejšie vlastnosti procesných palív sú nasledovné:

- Premennivé zloženie, čo vedie k širokému rozsahu koncentrácií neupravených spalín (napr. NO_x) v priebehu roka. Koncentrácia NO_x v surových spalinách sa môže líšiť najmenej dvojnásobne, niekedy aj na krátke obdobia.
- Vysoký obsah vodíka (H_2) v procesnom palive, ktorý môže výrazne zvýšiť adiabatickú teplotu plameňa, a tým zvýšiť koncentráciu NO_x v surových spalinách. Obsah H_2 sa môže pohybovať v rozmedzí až 75 obj. %. Okrem toho môžu palivá z petrochemického priemyslu obsahovať iné ľahké organické látky (napr. z radu etánu alebo propánu), ktoré môžu ovplyvňovať emisie (koncentrácie surového NO_x pri spaľovaní plynného paliva sa môžu v porovnaní so zemným plynom pohybovať v rozmedzí dvojnásobku).
- Vysoký obsah dusíka (N) v kvapalnom procesnom palive, ktorý môže výrazne zvýšiť obsah NO_x v palive. Obsah N môže dosiahnuť hodnotu až 26 hmotnostných %, v závislosti od procesu. Preto sa koncentrácia NO_x v surovom spalinovom plyne pri spaľovaní kvapalného procesného paliva môže líšiť až trojnásobne v porovnaní s ťažkým vykurovacím olejom, alebo ešte viac v prípade procesných palív s extrémne vysokým obsahom N, ako sú napríklad rezíduá bohaté na nitrily.
- Iné znečisťujúce látky v kvapalnom procesnom palive (napr. obsah síry a popola môže byť vysoký), ktoré môžu vytvárať znečisťujúce látky v surových spalinách (napr. SO_x , prach).

8.2.2.1.1 Energetická účinnosť

Spaľovanie procesných palív z chemického priemyslu v spaľovacích zariadeniach umožňuje získať vnútornú energiu týchto palív a zároveň sa zabráni spaľovaniu alebo zapaľovaniu takýchto procesných palív. Celkový rozsah využitia paliva pozorovaný v kotloch spaľujúcich takéto procesné palivá je 14 – 92 % v závislosti od úrovne spätného získavania tepla; rozsah prevádzkovej elektrickej účinnosti je 10 – 18 % (ročný priemer, na základe LHV).
[3, LCP TWG 2012].

Tieto rozsahy väčšinou odzrkadľujú výkonnosť kotlov, ktorých hlavným účelom je výroba pary a ktoré sú prevádzkované za premenlivých podmienok zaťaženia. Rozpätia zahŕňajú aj staršie zariadenia uvedené do prevádzky v 60. rokoch 20. storočia. Všeobecne možno povedať, že vzhľadom na spaľovacie vlastnosti a vysokú výhrevnosť plynných a kvapalných procesných palív v chemickom priemysle možno očakávať, že moderné zariadenia s dobrým výkonom dosahujú úroveň energetickej účinnosti podobnú úrovni zariadení spaľujúcich komerčné plynné a kvapalné palivá prevádzkovaných za podobných podmienok.

8.2.2.2 Emisie

Tabuľka 8.1 uvádza rozsah emisií do ovzdušia z procesných spaľovacích zariadení na palivá spojených s chemickými zariadeniami. Údaje predstavujú konkrétne príklady zariadení z [3, LCP TWG 2012]; vzhľadom na variabilitu procesných palív tieto údaje nemusia nevyhnutne pokrývať celý rozsah emisií pozorovaných v existujúcich zariadeniach. Vzhľadom na obmedzenia v počte monitorovaných znečisťujúcich látok, ktoré uvádzajú viaceré zariadenia zahrnuté v rozsahoch uvedených v tabuľke 8.1, sú v niektorých prípadoch uvedené rozsahy spojené len s obmedzeným počtom zariadení. To platí najmä pre emisie HCl a HF, kovov a dioxínov a furánov. Vo všeobecnosti sú dostupné monitorovacie údaje pre tieto emisie v rozsahu emisií hlásených pre iné typy zariadení, ako sú zariadenia na spoluspaľovanie odpadu opísané v kapitole 9, ktoré tiež spaľujú palivá s premenlivým obsahom znečisťujúcich látok. Emisie chlorovodíka a dioxínov a furánov sú relevantné len pre spaľovanie procesných palív, ktoré pochádzajú z prúdov obsahujúcich chlór.

Tabuľka 8.1: Rozpätia hlásených emisií do ovzdušia z kotlov spaľujúcich procesné palivá z chemického priemyslu

Menovitý tepelný príkon	Typické techniky kontroly	Emisie do ovzdušia										
		Prach	SO _x	NO _x	CO	NH ₃	HF	HCl	TVOC	Hg	Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	Cd+Ti
MW _{th}		mg/Nm ₃										
85–350	LNB/OPT/ SNCR/ SCR	< 1–36	< 1–1 400	70–450	0,2–18	0,3–4	0,4	0,1–21	1–13	0,0005–0,01	0,04–0,2	0,0012–0,06

Poznámka:
LNB: Horáky s nízkymi emisiami NO_x. OPT: Iné primárne techniky na zníženie NO_x. SCR: Selektívna katalytická redukcia NO_x. SNCR: Selektívna nekatalytická redukcia NO_x.
Uvedené údaje predstavujú ročné priemery krátkodobých hodnôt (prach, SO_x, NO_x, CO) alebo priemery krátkodobých vzoriek za jeden rok (ostatné znečisťujúce látky) bez odpočítania neistoty, a to pre suché spaliny a referenčnú hladinu kyslíka 3 %.
Zdroj: [52, CEFIC 2012]

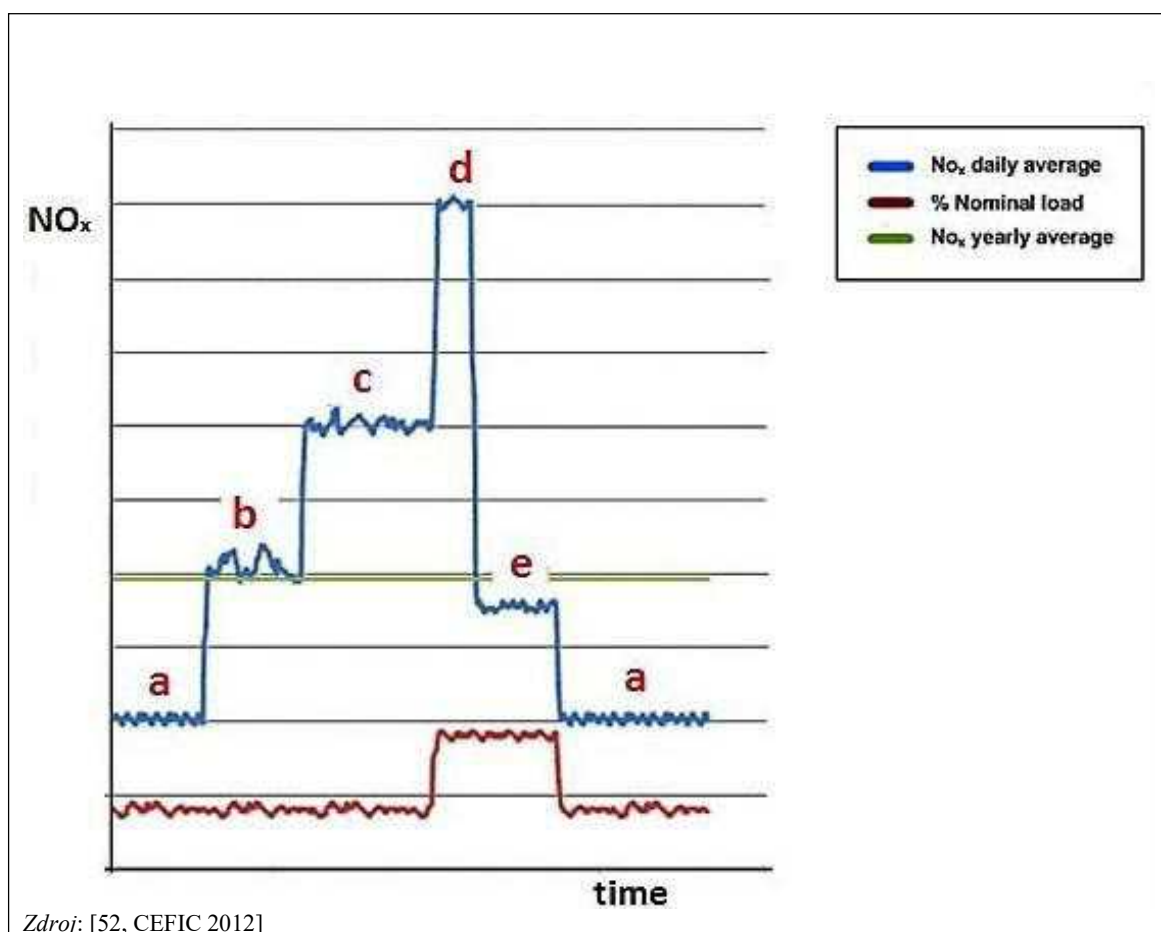
8.2.2.2.1 Variabilita emisií NO_x

Hodinové a denné priemerné koncentrácie NO_x môžu vykazovať odchýlky od ročného priemeru v závislosti od zaťaženia a typu použitého paliva.

Počas jedného roka sa kotol na výrobu energie bežne prevádzkuje v nasledujúcich režimoch:

- Bežný režim, keď kotol spaľuje plynné procesné palivo.
- Bežný režim, keď kotol spaľuje plynné a kvapalné palivá v režime spoluspaľovania.
- Bežný režim, keď kotol spaľuje kvapalné palivo.
- Mimoriadny režim, keď kotol spaľuje kvapalné procesné palivo pri nominálnom zaťažení.
- Výnimočný režim, keď kotol spaľuje plynné palivo v blízkosti menovitého zaťaženia.

Obrázok 8.4 ilustruje vyššie uvedené typické prípady prevádzky kotla, kde sú uvedené denné priemerné emisie NO_x počas celého roka pre kotol, ktorý implementuje iba primárne opatrenia. Obrázok 8.4 neuvádza skutočné namerané údaje, ale ukazuje, že emisie NO_x podliehajú kolísaniu, ktoré môže byť podstatné v závislosti od viacerých parametrov.



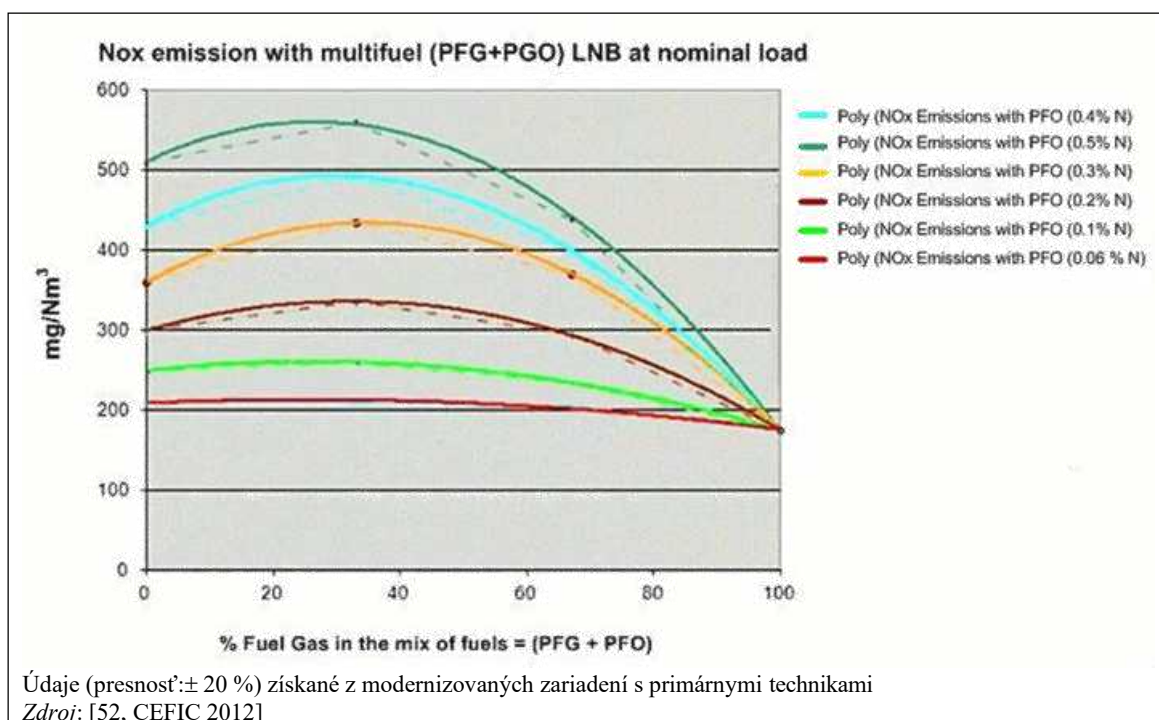
Obrázok 8.4: Schéma emisií NO_x ako funkcia dennej prevádzky kotla, ktorý nie je vybavený opatreniami na konci potrubia (hodnoty nie sú prevzaté zo skutočných inštalácií)

S prihliadnutím na charakteristiky procesných palív a kotlov na výrobu energie obrázok 8.5 znázorňuje parametrický graf, ktorý poskytuje prehľad dosiahnutých emisií NO_x pri plnom zaťažení (menovitom) pre existujúce zariadenia, ktoré implementujú iba primárne opatrenia samostatne alebo v kombinácii a spaľujú:

- kvapalné procesné palivo (= procesný palivový olej (PFO)) s vysokým obsahom dusíka (ľavá strana horizontálnej osi);
- plyné procesné palivo (= procesný plyn (PFG)) s typickým zložením (H_2 + iné druhy) v bežnom petrochemickom procese (pravá strana horizontálnej osi);
- plyné procesné palivo a kvapalné procesné palivo (= procesný plyn a procesný olej (PFG + PFO)), súčasne v niekoľkých pomeroch.

Obrázok 8.5 je založený na meraniach emisií NO_x dosiahnutých pri menovitom zaťažení s implementáciou primárnych techník v modernizovaných kotloch v chemickom priemysle. Obrázok 8.5 tiež ilustruje nasledujúce účinky:

- Emisie NO_x nemajú lineárny vývoj pre rôzne zmesi PFG a PFO, ale jasne ukazujú vrchol pri 33 % podiele procesného palivového plynu na celkovom príkone paliva v MW_{th} . Tento konkrétny účinok, dobre známy výrobcom horákov s nízkymi emisiami NO_x (LNB), je spôsobený tým, že palivový plyn sa zapáli rýchlejšie ako palivový olej a potom prenáša svoje adiabatické teplo na palivový olej. Olej sa zapáli neskôr, čo spôsobuje väčšie množstvo NO_x pri vyššej úrovni oxidácie. To vysvetľuje, prečo kombinácia dvoch rôznych plameňov môže zvýšiť emisie NO_x a prečo nie je možné použiť lineárnu extrapoláciu.
- Emisie NO_x pri spaľovaní vykurovacieho oleja veľmi závisia od obsahu dusíka v palive: vyšší obsah dusíka vedie k vyššiemu „vrcholovému efektu“. Koncentrácia NO_x v surovom spalinovom plyne sa zvyšuje o 70–80 mg/Nm^3 na 0,1 % obsahu dusíka pri 3 % O_2 .
- Modernizácia kotla s cieľom umožniť flexibilitu paliva poskytuje nové možnosti kontroly emisií NO_x prostredníctvom prevádzkových úprav. Preto môže byť súčasťou výkonu zníženia NO_x aj modernizácia horáka, ktorá umožňuje flexibilitu paliva, a modernizačné práce môžu zahŕňať aj nové palivové sklzy.



Obrázok 8.5: Vzor koncentrácie NO_x v surovom spalinovom plyne ako funkcia zmesi palív pri menovitom zaťažení

8.2.3 **Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spaľovanie procesných palív z chemického priemyslu**

V tejto časti sú opísané techniky (alebo ich kombinácie) a súvisiace monitorovanie, ktoré sa považujú za vhodné na dosiahnutie vysokej úrovne ochrany životného prostredia pri činnostiach, na ktoré sa vzťahuje tento dokument. Opísané techniky zahŕňajú použitú technológiu aj spôsob, akým sú zariadenia navrhnuté, postavené, udržiavané, prevádzkované a vyradované z prevádzky.

Zahŕňa techniky integrované do procesov a techniky na konci potrubia. Zohľadňuje sa aj prevencia a nakladanie s odpadom, vrátane postupov minimalizácie a recyklovania odpadu. Okrem toho sa zaoberá technikami na zníženie spotreby surovín, vody a energie.

Príloha III k smernici o priemyselných emisiách uvádza rad kritérií na určenie BAT a informácie v tejto kapitole sa zaoberajú týmito hľadiskami. Pokiaľ je to možné, na opis informácií o každej technike sa používa štandardná štruktúra tabuľky 3.4, aby bolo možné porovnať techniky a posúdiť ich podľa definície BAT uvedenej v smernici o priemyselných emisiách.

Táto časť nemusí obsahovať vyčerpávajúci zoznam techník, ktoré by sa mohli v tomto sektore uplatňovať. Môžu existovať alebo môžu byť vyvinuté aj iné techniky, ktoré by sa mohli zohľadniť pri určovaní BAT pre jednotlivé zariadenia.

V tejto časti sú techniky, ktoré sa majú zväziť, úplne opísané len vtedy, ak sú špecifické pre dané spaľované palivo alebo uplatňovaný proces spaľovania (spaľovanie procesných palív z chemického priemyslu). V skutočnosti sú všeobecné popisy väčšiny techník už uvedené v kapitole 3. Aby sa zabránilo opakovaniu, v prípade tých všeobecných techník, ktoré sú už opísané v kapitole 3, sa v súhrnných tabuľkách uvádzajú len dopĺňujúce informácie, ktoré sú špecifické pre spaľovanie procesných palív z chemického priemyslu.

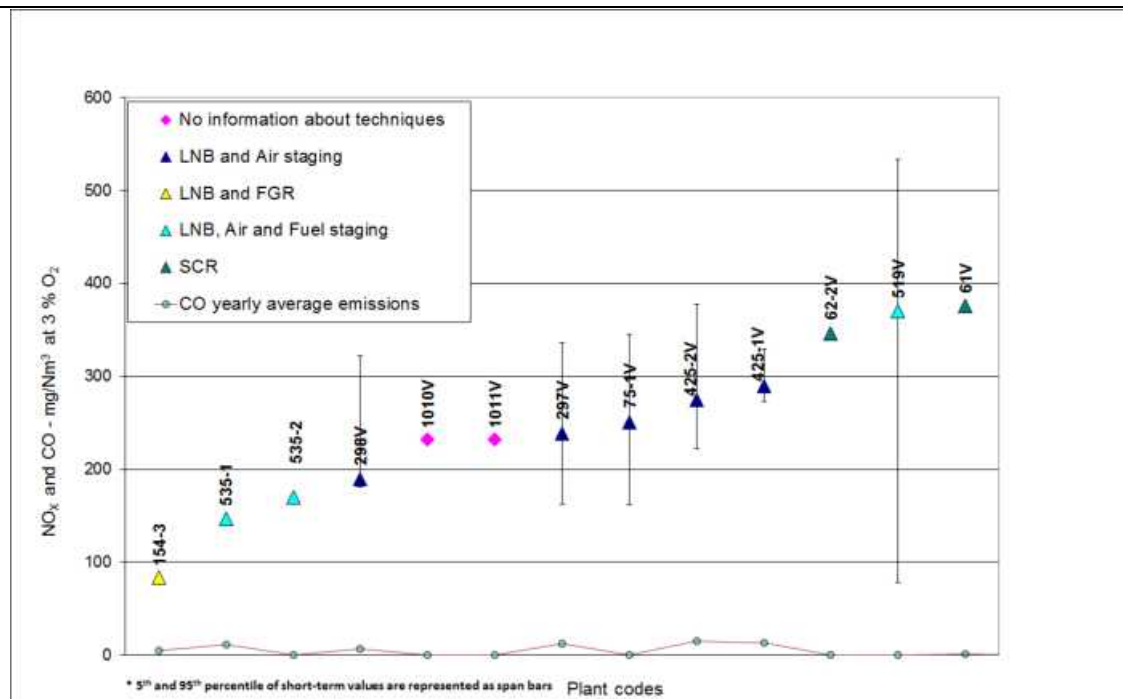
8.2.3.1 **Techniky na prevenciu a/alebo znižovanie emisií NO_x, CO a NH₃**

Informácie o všeobecných technikách vrátane informácií o úplnom spaľovaní, na prevenciu a kontrolu emisií NO_x, CO a NH₃ sú uvedené v oddiele 3.2.2.3. Tabuľka 8.2 obsahuje informácie špecifické pre spaľovanie procesných palív, napr. o použiteľnosti, environmentálnych vlastnostiach a príkladoch zariadení. Nakoniec, obrázok 8.9 ukazuje dodatočnú inštaláciu primárnej techniky OFA v kotle v chemickom zariadení.

Tabuľka 8.2: Techniky na prevenciu a kontrolu emisií NO_x

Technika	Technický opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Primárne techniky								
Pokročilý kontrolný systém	Využitie počítačového automatizovaného systému na riadenie účinnosti spaľovania a podporu znižovania emisií, aj prostredníctvom vysoko výkonného monitorovania	Zníženie emisií NO _x a CO	NA	Zlepšenie tepelnej účinnosti	Všeobecne použiteľné	Niektoré kotly v chemickom priemysle pochádzajú ešte zo 60. rokov 20. storočia. Staré spaľovacie zariadenia môžu tiež vyžadovať modernizáciu spaľovacích a/alebo riadiacich systémov.	NA	NA
Voľba paliva	Používanie palív s nízkym obsahom chemického dusíka (chemický NO _x)	Zníženie emisií NO _x	NA	NA	V chemických zariadeniach môže byť dôležitejším obmedzením pri výbere paliva ako dostupnosť alternatívnych palív dostupnosť alternatívnych spôsobov (iných ako spaľovanie) pre procesné palivo.		NA	NA
Fuel staging (opakované spaľovanie)	Pozri oddiel 3.2.2.3.6. Pri použití zmesí kvapalných palív môže byť na fuel staging potrebná špeciálna konštrukcia horáku.	Zníženie emisií NO _x a CO	NA	NA	Všeobecne použiteľné		Špecifické pre zariadenia	Zariadenia 519, 535-1, 535-2
Air staging	Pozri oddiel 3.2.2.3.2. Prekurovací vzduch (OFA): LNB pracujú pri nízkej stechiometrii vzduchu, pričom úplné spaľovanie sa dosahuje vstrekaním dodatočného vzduchu nad horáky v hornej časti kotla.	Zníženie emisií NO _x a CO	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Všeobecne použiteľné		Špecifické pre zariadenie	Zariadenia 75-1, 297, 298, 425-1, 425-2

Recirkulácia spalín (FGR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.3. Adiabatická teplota plameňa LNB sa môže znížiť recirkuláciou časti spalín so spaľovacím vzduchom v komore horáka. To môže spôsobiť, že FGR nebude efektívna technika pre spaľovanie oleja. Dodatočná montáž vyžaduje nový dizajn horáka.	Zníženie emisií NO _x	Táto technika je efektívnejšia pri spaľovaní plynného paliva. Pri spaľovaní vykurovacieho oleja môže zlé spaľovanie a nestabilita plameňa spôsobiť poruchy a zvýšenie emisií prachu.	Znížená tepelná účinnosť	Všeobecne platné	Môžu existovať obmedzenia týkajúce sa dodatočnej montáže súvisiace s bezpečnosťou chemického zariadenia.	Špecifické pre zariadenie	Zariadenia 154-3, 157-1, 157-2, 364
Horáky s nízkymi emisiami NO _x	Pozri oddiel 3.2.2.3.5	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Všeobecne použiteľné		Špecifické pre zariadenie	Väčšina kotlov zo zoznamu údajov
Prídavok vody/pary	Pozri oddiel 3.2.2.3.10	Zníženie emisií NO _x	NA	Znížená tepelná účinnosť. Emisie CO sa môžu zvýšiť	Použiteľnosť môže byť obmedzená dostupnosťou vody		Špecifické pre zariadenie	NA
Sekundárne techniky								
Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.12	NA	Výkon SNCR závisí od konfigurácie a geometrie pece s viacerými horákmi.	Únik amoniaku, možné problémy s koróziou povlaku na rúrkach vodnej steny kotla	Všeobecne platné	Bezpečnostné hľadiská vyplývajúce z blízkosti iných zariadení, ktoré by mohli potenciálne vytvárať výbušnú atmosféru. V prípade SCR aj dostupnosť priestoru, veľkosť a konfigurácia potrubia na zásah do optimálneho teplotného okna.	V príklade celkové kapitálové výdavky: 3,5 – 4 milióny EUR. Zníženie NO _x : 62 t/rok	Zariadenie 75–2
Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri oddiel 3.2.2.3.11	NA	NA	Únik amoniaku (menší ako pri SNCR)			NA	Zariadenia 61, 62
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné konkrétne informácie.								



Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

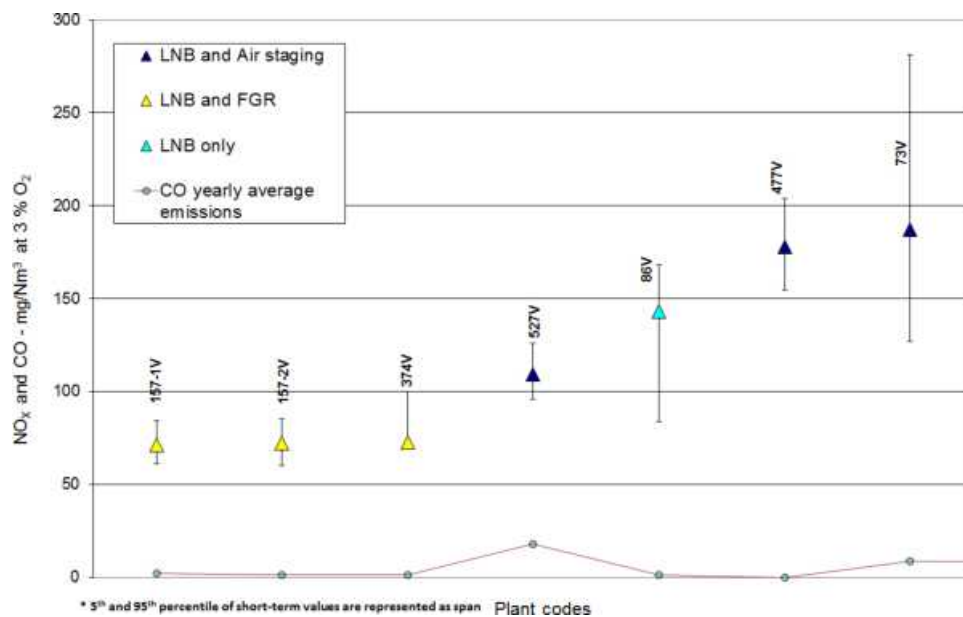
Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 8.6: Emisie NO_x a CO z príkladových kotlov spaľujúcich zmesi plyných a kvapalných procesných palív z chemického priemyslu

Obrázok 8.6 znázorňuje úrovne emisií NO_x a CO dosiahnuté vysoko výkonnými kotlami spaľujúcimi zmesi plyných a kvapalných procesných palív z chemického priemyslu. Zariadenia v tomto grafe majú výkon medzi 110 MW_{th} a 870 MW_{th} a prevádzkujú sa medzi 4 000 h/rok a 8 700 h/rok, s ekvivalentnými faktormi plného zaťaženia nad 30 %, s výnimkou závodu 535-2, ktorý uviedol ekvivalentný faktor plného zaťaženia 14 %. Väčšina týchto zariadení je vybavená primárnymi technikami a dosahuje úrovne emisií NO_x v rámci 290 mg/Nm³ ako ročný priemer. Zariadenia, ktoré vykazujú emisie nad touto úrovňou, spaľujú palivá s vysokým obsahom chemického dusíka (0,6 % v prípade zariadenia 519V a až 23 – 26 % v prípade zariadení 62-2V a 61V, ktoré spaľujú vysoký podiel nitrilov a využívajú SCR). Vo všetkých prípadoch sú emisie CO v rámci 15 mg/Nm³ ako ročný priemer. Všetky tieto zariadenia boli uvedené do prevádzky v rokoch 1964 až 1980 a monitorujú svoje emisie NO_x nepretržite alebo pravidelne (70 až 390-krát ročne).

Obrázok 8.7 znázorňuje úrovne emisií NO_x a CO dosiahnuté vysoko výkonnými kotlami, ktoré spaľujú iba plyné palivá z chemického priemyslu. Závody v tomto grafe majú výkon medzi 140 MW_{th} a 285 MW_{th} a prevádzkujú sa medzi 1 600 h/rok a 8 700 h/rok, s ekvivalentnými faktormi plného zaťaženia medzi 17 % a 72 %. Všetky tieto zariadenia sú vybavené iba primárnymi technikami a dosahujú úrovne emisií NO_x v rámci 180 mg/Nm³ ako ročný priemer. Zariadenia 157-1V a 157-2V spaľujú vysoký podiel vodíka (75 %) a dosahujú ročné priemerné úrovne NO_x v poradí 70 mg/Nm³. Vo všetkých prípadoch sú emisie CO nižšie ako 20 mg/Nm³ ako ročný priemer. Všetky tieto zariadenia boli uvedené do prevádzky v rokoch 1964 až 2010 a nepretržite monitorujú svoje emisie NO_x.

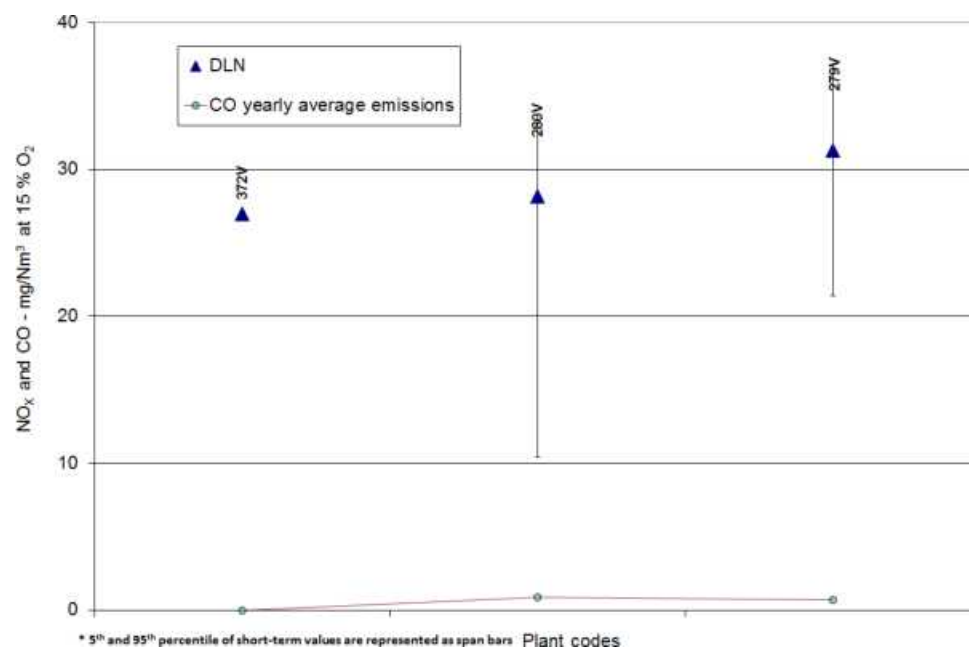
Obrázok 8.8 ukazuje úrovne emisií NO_x a CO dosiahnuté dobre fungujúcimi plynovými turbínami spaľujúcimi procesné palivá z chemického priemyslu. Zariadenia 279V a 280V sú nové zariadenia s výkonom 685 MW_{th} uvedené do prevádzky v rokoch 2005 až 2007. Ide o turbíny, ktoré pracujú približne 8 000 hodín ročne s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia okolo 84 %. Sú vybavené systémom DLN a nepretržite monitorujú emisie NO_x, pričom dosahujú ročné priemerné emisné hladiny blízke sa 30 mg/Nm³ pre NO_x a 1 mg/Nm³ pre CO. Zariadenie 372V má výkon 150 MW_{th} a dosahuje podobné emisné hladiny NO_x.



Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 8.7: Emisie NO_x a CO z príkladových kotlov spaľujúcich plyné palivá z chemického priemyslu



Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 8.8: Emisie NO_x a CO z príkladových plynových turbín spaľujúcich palivá z chemického priemyslu



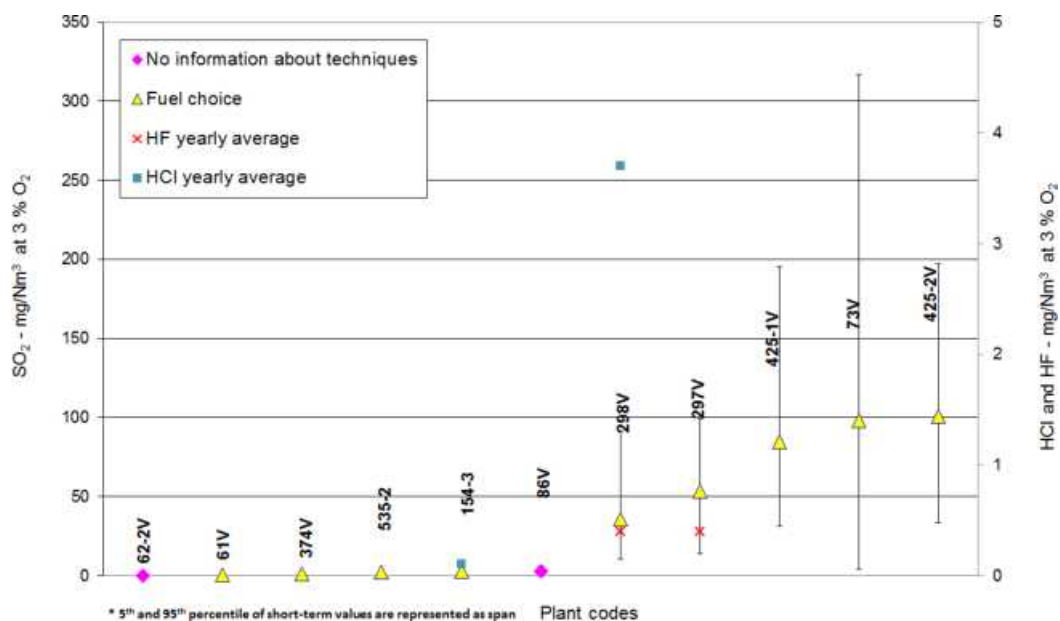
Zdroj: [52, CEFIC 2012]

Obrázok 8.9: Technika nadmerného prívodu vzduchu dodatočne inštalovaná v kotle v chemickom zariadení

8.2.3.2 Techniky na prevenciu a/alebo zníženie emisií iných znečisťujúcich látok

Procesné palivá z chemického priemyslu môžu obsahovať prach a síru, ako aj halogenidy. Tieto palivá sa často spaľujú spolu s inými palivami (napr. zemný plyn, ťažký vykurovací olej) v spaľovacích zariadeniach, ktoré sú vybavené predovšetkým primárnymi technikami na znižovanie emisií prachu, SO_x , HCl a HF; sekundárne techniky sa častejšie používajú na znižovanie emisií NO_x a môžu sa používať na znižovanie emisií prachu a kyslých plynov, ak primárne techniky nie sú dostatočné. Úrovně výkonu sú uvedené na obrázku 8.10 (emisie SO_x , HCl a HF) a obrázku 8.11 (emisie prachu).

Obrázok 8.10 ukazuje úrovne emisií SO_2 , HCl a HF dosiahnuté v dobre fungujúcich zariadeniach spaľujúcich zmesi plyných a kvapalných procesných palív z chemického priemyslu. Závody v tomto grafe majú veľkosť medzi 110 MW_{th} a 370 MW_{th} a prevádzkujú sa medzi 4 000 h/rok a 8 700 h/rok, s ekvivalentnými faktormi plného zaťaženia medzi 14 % a 85 %. Žiadna z týchto elektrární nie je vybavená sekundárnymi technikami na znižovanie emisií SO_x a vo všeobecnosti využívajú výber paliva na dosiahnutie ročných úrovní emisií v rozmedzí 100 mg/Nm^3 pre SO_2 . Všetky tieto zariadenia boli uvedené do prevádzky v rokoch 1964 až 1980 a monitorujú emisie SO_2 buď nepretržite, alebo pravidelne (12 až 70-krát ročne). Niekoľko zariadení, ktoré hlásia emisie HCl alebo HF, ich monitoruje pravidelne tri až šesťkrát ročne.



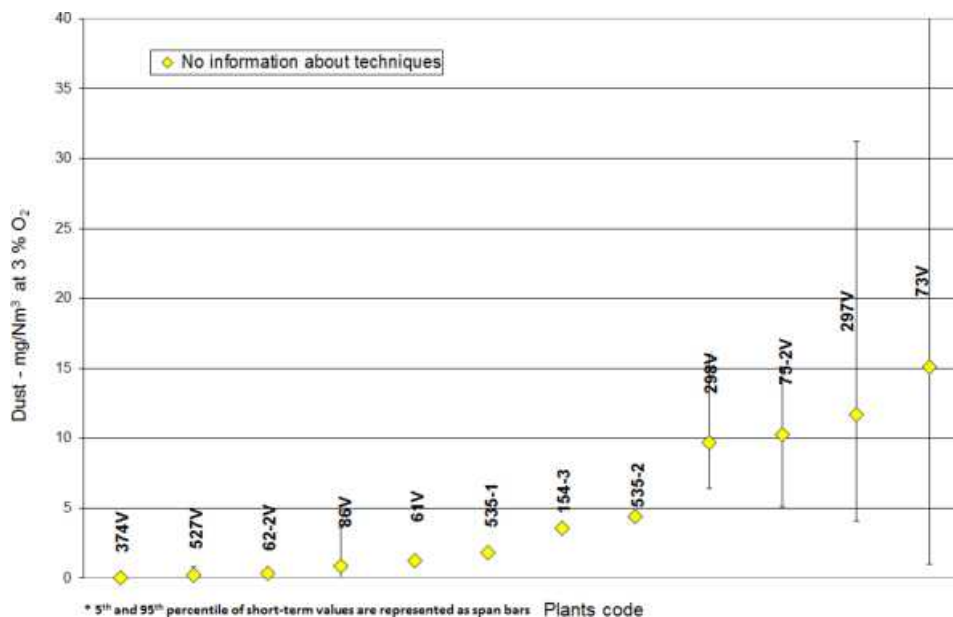
Poznámka: Uvádzané emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 8.10: Emisie SO₂, HCl a HF z príkladových zariadení spaľujúcich zmesi plyných a kvapalných palív z chemického priemyslu

Dodatočná inštalácia určitých technológií (najmä sekundárnych technológií na znižovanie emisií SO_x, HCl a HF) do existujúcich kotlov v chemických zariadeniach môže byť zložitá vzhľadom na veľkosť a konfiguráciu komína alebo nedostatok priestoru v blízkosti kotla.

Obrázok 8.11 ukazuje úrovne emisií prachu dosiahnuté dobre fungujúcimi zariadeniami spaľujúcimi zmesi plyných a kvapalných palív z chemického priemyslu. Zariadenia v tomto grafe majú výkon medzi 110 MW_{th} a 370 MW_{th} a prevádzkujú sa medzi 4 000 h/rok a 8 700 h/rok, s ekvivalentnými faktormi plného zaťaženia medzi 13 % a 72 %. Všetky tieto zariadenia dosahujú ročné priemerné úrovne emisií prachu do 15 mg/Nm³. Tieto zariadenia boli uvedené do prevádzky v rokoch 1964 až 1978 a všetky okrem jedného monitorujú svoje emisie prachu nepretržite.



Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 8.11: Emisie prachu z príkladových zariadení spaľujúcich zmesi plyných a kvapalných palív z chemického priemyslu

Informácie o všeobecných technikách prevencie a kontroly emisií prachu a častíc viazaných kovov a SO_x sú uvedené v oddieloch 3.2.2.1, 3.2.2.2 a 3.2.2.5.

Niektoré techniky predbežnej úpravy paliva sú opísané v referenčnom dokumente BAT o spoločných systémoch úpravy/nakladania s odpadovými vodami a odpadovými plynmi v chemickom priemysle (CWW BREF) a v ďalších dokumentoch BREF pre chemický priemysel.

9 SPAĽOVANIE ODPADOV

Táto kapitola sa zameriava hlavne na vplyvy spoluspaľovania odpadových materiálov vo veľkých spaľovacích zariadeniach (kotly na čierne uhlie, hnedé uhlie, rašelinové uhlie a drevo). V súčasnosti sú tri hlavné faktory, ktoré ovplyvňujú spoluspaľovanie odpadu vo veľkých spaľovacích zariadeniach.

- Medzi ciele právnych predpisov EÚ v oblasti odpadov patrí zníženie využívania zdrojov a minimalizácia množstva likvidovaného odpadu. V tejto súvislosti právne predpisy v niektorých členských štátoch odrádzajú od likvidácie odpadu a odpadu z biomasy s vysokou výhrevnosťou (napr. > 6 000 kJ/kg sušiny). Alternatívne možnosti spracovania týchto frakcií odpadu zahŕňajú napríklad spoluspaľovanie, spaľovanie a mechanicko-biologické spracovanie.
- Podľa požiadaviek Kjótskeho protokolu je potrebné celosvetovo znížiť emisie skleníkových plynov. Spoluspaľovanie odpadu z biomasy a/alebo iných frakcií odpadu s nižšími emisiami CO₂ ako palivo, ktoré nahrádzajú, je jednou z možností, ako znížiť emisie skleníkových plynov.
- Liberalizácia trhu s energiou zvyšuje ekonomický tlak na výrobcov energie. Spoluspaľovanie odpadu môže poskytnúť ďalšie obchodné príležitosti, ktoré môžu zvýšiť ekonomickú atraktivnosť prevádzky niektorých veľkých spaľovní.

Spoluspaľovanie odpadu zahŕňa materiály, ktoré sú v súčasnosti v literatúre známe ako odpad, tuhé palivo z odpadu (SRF), palivo z komunálneho odpadu (RDF) alebo palivo z biomasy a odpadu. Niektoré z týchto materiálov možno klasifikovať ako nebezpečné, pretože môžu byť kontaminované nebezpečnými látkami. Viacpalivové spaľovanie (neodpadovej) biomasy, ako je definované v IED, je uvedené v oddiele 8.1. Kľúčové otázky v oblasti spoluspaľovania odpadu sú:

- kvalita a vlastnosti odpadu;
- konštrukcia kotla;
- manipulácia s odpadom a jeho doprava do kotla;
- tvorba škvary alebo spekanie lôžka (kotel s fluidným lôžkom);
- znečistenie povrchov na prenos tepla;
- tepelná korózia;
- vplyv na emisné hladiny v porovnaní s emisiami, ktoré vznikajú pri použití iba konvenčného paliva;
- vlastnosti popola, odstraňovanie lôžkového popola;
- skladovanie odpadu; možnosti využitia a/alebo likvidácie tuhého odpadu/rezíduí zo spoluspaľovania.

V zariadeniach na spaľovanie odpadov sa môže spoluspaľovať široká škála materiálov. Príloha II (oddiel 13.2) obsahuje zoznam materiálov, ktoré sa v súčasnosti spoluspaľujú v zariadeniach na spaľovanie odpadov v EÚ.

V rámci tejto kapitoly sa predpokladá, že spoluspaľovaný odpad je (predbežne) prijatý a následne predbežne upravený, čo zvyčajne zahŕňa oddelenie horľavých častí od nehorľavých častí. Na lepšie pochopenie otázok, ako je predbežné prijatie/prijatie, spaľovanie alebo predbežná úprava odpadu, pozri BREF týkajúce sa odpadu, najmä nasledujúce:

- Spracovanie odpadu (WT): tento dokument BREF opisuje procesy a techniky, ktoré sa zaoberajú transformáciou odpadu s cieľom jeho použitia ako paliva v akoľvek spaľovacom procese (napríklad vo veľkých spaľovacích zariadeniach, cementárňach, chemických závodoch, železiarňach/oceliarňach atď.). Tieto predbežné úpravy zahŕňajú triedenie, drvenie, prípravu atď.

- Spalovanie odpadu (WI): tento dokument BREF sa zaoberá spaľovaním a zahŕňa typy zariadení, na ktoré sa vzťahuje kapitola IV smernice IED, alebo činnosti uvedené v bode 5.2 prílohy I k smernici IED.

9.1 Používané procesy a techniky

Využívanie odpadu ako paliva vo veľkých spaľovacích zariadeniach si vyžaduje použitie určitých procesov a techník. Techniky súvisiace s týmito činnosťami sú opísané v tejto časti. V prípade potreby sa uvádzajú odkazy na iné kapitoly a dokumenty BREF.

9.1.1 Postupy prijímania a predbežného prijímania

Tieto postupy sú zavedené s cieľom zabezpečiť, aby odpad podliehal primeranému technickému posúdeniu, ktoré zaručí jeho vhodnosť na navrhované použitie ako palivo. Je potrebné zohľadniť ochranu zdravia zamestnancov a iných osôb, ktoré môžu prísť do kontaktu s odpadom. Podrobné informácie o týchto postupoch pred prijatím a prijatí možno nájsť v dokumente BREF pre odvetvie spracovania odpadu.

9.1.2 Vykládka, skladovanie a manipulácia

Spôsob vykládky, skladovania alebo manipulácie s odpadom závisí od stavu jeho agregácie a fyzikálnych vlastností.

Plynné odpady sa zvyčajne dopravujú do zariadení potrubiami a bez skladovania sa priamo vháňajú do horákov. Techniky používané pre tieto materiály sa nelíšia od techník používaných pre plynne palivá v priemysle (pozri kapitolu 7).

Tekuté odpady môžu byť dodávané loďou, vlakom, nákladným autom alebo potrubím, v závislosti od dostupnosti dopravných systémov v mieste, kde sa odpad produkuje. Tekuté odpady môžu byť skladované v nádržiach na mieste alebo vháňané priamo do kotla.

Skladovanie a manipulácia s **tuhým odpadom** závisí vo veľkej miere od jeho fyzikálnych vlastností, napríklad:

- Sušený kal (granulát) môže byť dodávaný loďou, vlakom alebo nákladným autom a skladuje sa v silách alebo uzavretých bunkroch, aby sa zabránilo úniku prachu. Sušený kal by sa mal okamžite spaľovať kvôli jeho hygroskopickým vlastnostiam.
- Tvorba metánu v silách alebo bunkroch na kal sa musí kontrolovať pravidelnou výmenou vzduchu. Ako spaľovací vzduch by sa mal používať vzduch obsahujúci metán alebo zápachové zlúčeniny. Počas odstávky kotla musí byť zaručená výmena vzduchu a vhodné čistenie spalín.
- Zápachový kal sa musí prepravovať a skladovať v silách alebo uzavretých bunkroch, aby sa zabránilo emisiám zápachu.
- Mokry kal sa môže rozprestrieť na uhlie v uhoľnej skládke, ale je potrebné zohľadniť možnú tvorbu emisií zápachu a riedenie v systéme čistenia odpadových vôd.
- Pokiaľ ide o osobitné ustanovenia týkajúce sa skladovania a manipulácie s biomasou, pozri oddiel 2.8.

9.1.3 Charakteristika a predbežná úprava tokov odpadu

V tejto časti sú opísané procesy (napr. mletie, splyňovanie a pyrolýza), ktoré sa používajú na prípravu odpadu na spaľovanie vo forme plyného, kvapalného alebo práškoveho tuhého paliva. Toto predbežné spracovanie je potrebné na zabezpečenie dostatočného vyhorenia v kotle vzhľadom na krátku dobu zdržania paliva v peci. Najpriamejšou metódou spoluspaľovania je zmiešanie s hlavným palivom. Nižšie sú opísané nasledujúce techniky predbežného spracovania:

- mletie;
- sušenie (pozri dokument BREF pre spracovanie odpadov);
- pyrolýza (pozri dokument BREF pre spaľovanie odpadov);
- splyňovanie (pozri kapitolu 4 a dokument BREF pre spaľovanie odpadov);
- metanizácia (pozri dokument BREF pre spracovanie odpadov).

Je dôležité poznamenať, že niektoré z týchto techník predbežnej úpravy sú už opísané v BREF pre spracovanie odpadu a spaľovanie odpadu. Z tohto dôvodu nie je v tejto časti uvedený žiadny ďalší popis.

9.1.3.1 Mletie

Mletie sa používa na zníženie veľkosti tuhých odpadov na veľkosť, ktorá je vhodná na použitie v zariadení. Napríklad v kotloch s fluidným lôžkom nie je veľkosť častíc zvyčajne väčšia ako 100 mm a v kotloch spaľujúcich práškové palivo zvyčajne menšia ako 75 μm . Informácie o type mletia používanom pri tuhých palivách sú uvedené v časti 5.1.1.2.

9.1.3.2 Sušenie

Odpad, ktorý je príliš vlhký na to, aby sa dal sušiť v uholňom mlyne, je potrebné sušiť inde (predbežne spracovať), než sa zmieša s hlavným palivom. Typickými príkladmi odpadu, ktorý môže byť potrebné sušiť, sú **čistiarenské kaly** a **hnoj** (napr. podstielka pre hydinu) s obsahom vlhkosti presahujúcim 50 %.

Sušenie vlhkého odpadu sa môže uskutočňovať v zariadení alebo v mieste, kde sa odpad produkuje, zhodnocuje alebo zbiera. To vo veľkej miere závisí od miestnej infraštruktúry a druhu odpadu. Sušenie odpadu je založené na fyzikálnych a fyzikálno-chemických procesoch prenosu hmoty a tepla, čo vedie k odparovaniu vlhkosti z paliva. Teplo potrebné na odparenie vlhkosti môže byť dodávané konvekciou alebo vedením. Keďže sušenie odpadu nie je špecifické pre veľké spaľovacie zariadenia, tieto procesy nie sú v tomto dokumente ďalej rozoberané. Viac informácií nájdete v dokumente BREF o spracovaní odpadu.

9.1.3.3 Pyrolýza

Pyrolýza je termochemický proces, pri ktorom sa odpad pri vysokej teplote a bez prítomnosti kyslíka premieňa na plynne, kvapalné alebo tuhé produkty. Existujú dva typy pyrolytických procesov:

- **rýchle pyrolytické procesy**, pri ktorých sa surovina rýchlo zahreje na procesnú teplotu, ktoré boli vyvinuté na výrobu pyrolytického oleja alebo špecifických zložiek tohto oleja;
- **karbonizačné procesy**, pri ktorých sa surovina pomaly zahrieva na pyrolytickú teplotu, čo vedie k relatívne vysokej produkcii tuhých látok.

Pevný produkt tohto procesu (uhlie) obsahuje vysoký podiel uhlíka a môže sa použiť ako uhlie. Keďže vzniknuté kvapalné a pevné materiály sa môžu skladovať pred spoluspaľovaním, odpad sa môže predspracovať nezávisle od prevádzky zariadenia. Vzniknuté plyny sa často používajú na dodávanie tepla potrebného na endotermický proces premeny.

Keďže pyrolýza nie je špecifická pre veľké spaľovacie zariadenia, tieto procesy nie sú v tomto dokumente ďalej rozoberané. Viac informácií nájdete v dokumente BREF pre spaľovanie odpadu.

Pyrolýza sa používa pri spoluspaľovaní v zariadeniach spaľujúcich práškové uhlie alebo hnedé uhlie, keď čierne uhlie alebo hnedé uhlie nemožno rozomlieť na požadované rozmery.

9.1.3.4 Splyňovanie

Niektoré odpady obsahujú nečistoty, ako je chlór, alkálie alebo kovy (napr. hliník, ťažké kovy) v takom množstve, že si vyžadujú primerané čistenie pred spoluspaľovaním v kotle. Zaujímavou možnosťou môže byť splyňovanie týchto materiálov. Plyn vznikajúci pri splyňovaní sa môže spaľovať priamo v LCP alebo sa môže pred použitím v LCP alebo plynovom turbínovom motore vyčistiť. Viac informácií nájdete v kapitole 4 a v dokumente BREF o spaľovaní odpadu.

9.1.3.5 Metanizácia

Odpad sa môže metanizovať aj anaeróbnym rozkladom. Táto technika premieňa organickú hmotu na plyn (hlavne metán), ktorý sa môže neskôr použiť v LCP. Keďže metanizácia odpadu nie je špecifická pre LCP, tieto procesy sa v tomto dokumente ďalej neriešia. Viac informácií nájdete v dokumente BREF o spracovaní odpadu.

9.1.4 Techniky zavádzania odpadu do procesu spaľovania

Keď sa odpady spoluspaľujú v procese spaľovania, je potrebné uplatňovať určité postupy, aby sa zabezpečilo správne spaľovanie. Na dosiahnutie správneho zmiešania možno použiť viacero techník, napríklad odpad sa môže zmiešať s hlavným palivom počas manipulácie a spaľovať spolu s ním. Existujú však aj iné techniky, pri ktorých sa odpad zavádza do spaľovacej komory prostredníctvom iných prírodných potrubí ako hlavné palivo. Rôzne techniky sú opísané v oddieloch 9.1.4.1 až 9.1.4.4.

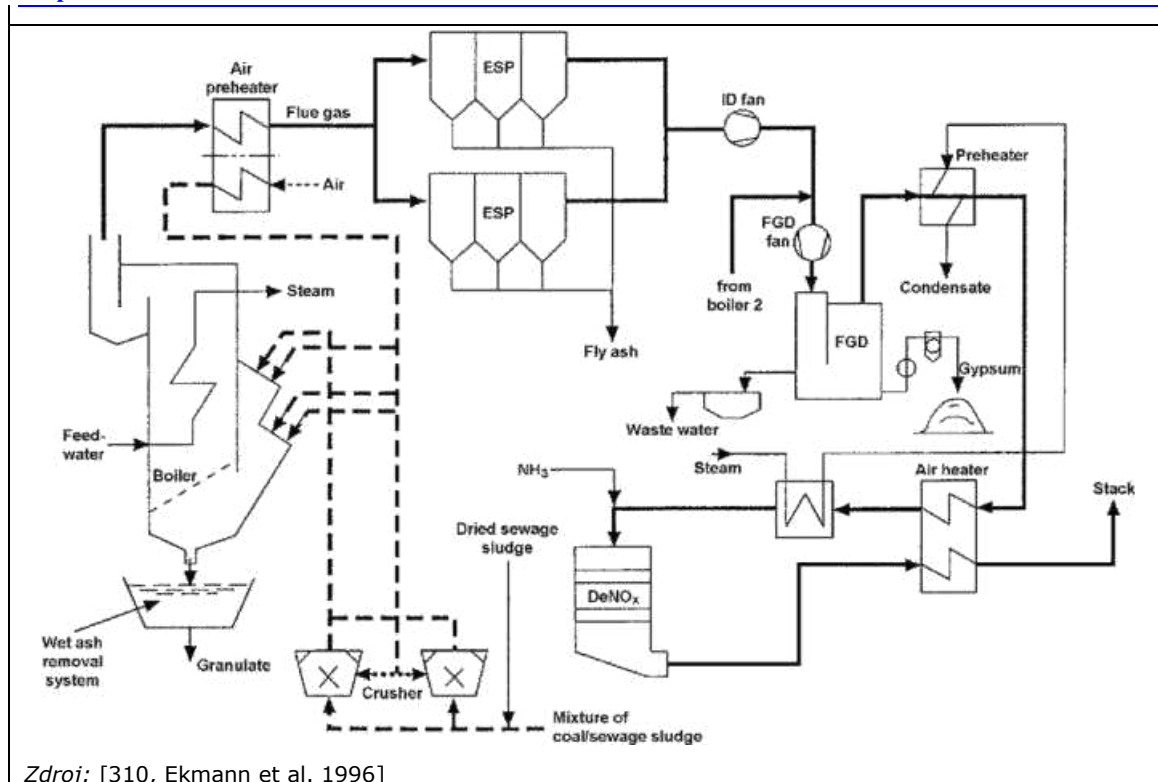
9.1.4.1 Zmiešavanie s hlavným palivom

Najjednoduchší spôsob zavedenia odpadu do procesu spaľovania je jeho zmiešanie s hlavným palivom a spálenie v spaľovacej komore alebo kotle. To môže viesť k technickým obmedzeniam a/alebo environmentálnym obmedzeniam v spaľovacom zariadení, súvisiacim s kapacitou mletia a sušenia existujúcich mlynov na tuhé palivá (ak sa odpad suší a drví spolu s hlavným palivom) a s podávaním odpadu.

V kotle na tuhé palivo je možné miešanie paliva a odpadu na nasledujúcich miestach:

- na palivovom pásovom dopravníku;
- v palivovom bunkri;
- v podávači paliva;
- v mlyne na palivo;
- na potrubíach s práškovým palivom.

V prvých troch prípadoch sa odpad rozptýli na hlavné tuhé palivo, aby sa dosiahlo primerané zmiešanie prúdov paliva a odpadu. Výsledkom je drvenie odpadu spolu s hlavným palivom v uhoľnom mlyne, ako je znázornené na obrázku 9.1 na príkladovej uhoľnej elektrárni. Vzhľadom na obmedzenia týkajúce sa drvenia sa táto technika zvyčajne používa len v prípade sušeného kalu.



Zdroj: [310, Ekmann et al. 1996]

Obrázok 9.1: Spoluspaľovanie uhlia a čistiarenského kalu

Túto techniku je možné použiť len vtedy, ak sú vlastnosti mletia paliva a odpadu viac-menej rovnaké alebo ak je množstvo odpadu v porovnaní s hlavným tokom paliva veľmi malé. Odpad, ktorý je drvený oddelene od hlavného paliva, môže byť vstrekaný do mlyna na palivo alebo do potrubia na práškové uhlie medzi mlynom na uhlie a kotlom.

Iné odpady môžu byť tiež vstrekané do mlyna na palivo spolu s hlavným tuhým palivom, hoci nemôžu byť drvené. V takýchto prípadoch je možné použiť rošt na dne kotla, aby sa umožnilo úplné spaľovanie väčších častíc odpadu.

Tekuté odpady sa zvyčajne zmiešavajú s tekutými palivami pred použitím zmesi.

9.1.4.2 Samostatné horáky alebo upravené existujúce horáky

Na spracovanie odpadu, ktorý nemožno alebo nie je žiaduce zmiešať s hlavným palivom, alebo na zvýšenie percentuálneho podielu odpadu, sú potrebné samostatné trysky alebo upravené existujúce horáky (samostatné podávanie odpadu do horákov). K tomu dochádza, ak má odpad odlišné fyzikálne vlastnosti (napr. viskozitu a veľkosť častíc) alebo môže predstavovať zdravotné riziko (čistiarenský kal). To sa týka napríklad:

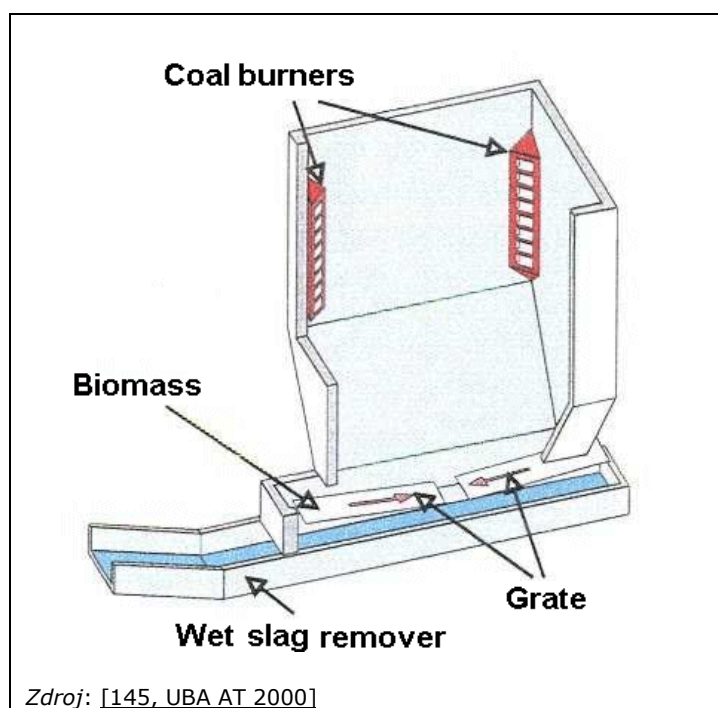
- plyné palivá alebo prúdy plyných produktov z procesov splyňovania, pyrolýzy alebo predbežného spaľovania, ktoré sa majú spaľovať spolu s tuhým alebo kvapalným palivom;
- kvapalné palivá alebo kvapalné produkty z procesov pyrolýzy;
- práškové tuhé palivá.

Horáky musia byť špeciálne navrhnuté pre konkrétne palivo/odpad, aby sa dosiahlo dobré zapálenie, stabilný plameň a dobré zmiešanie s plameňom hlavného paliva v kotle. Umiestnenie týchto horákov vo vzťahu k hlavným horákom je dôležité pre dokonalé spálenie paliva.

9.1.4.3 Špeciálne rošty

Špeciálne pohyblivé rošty na dne zásobníka kotla, ktoré sa používajú na vkladanie odpadu, predlžujú dobu zotrvania odpadu v peci. Takéto systémy zvyčajne eliminujú potrebu predbežnej úpravy odpadu.

Obrázok 9.2 znázorňuje schematický náčrt roštov ($2 \times 5 \text{ MW}_{\text{th}}$) na dne kotla spolu s horákmi na uhlie v prípade zariadenia v Rakúsku. V tomto prípade sa odpad z biomasy vkladá do kotla na malých predných stranách roštov, ktoré počas spaľovania dopravujú palivo do stredu kotla. Popol z biomasy a popol zo spaľovania uhlia s obsahom menej ako 5 % nespáleného uhlíka padá do odstraňovača škvary pod roštami. Výsledné spaliny z roštu stúpajú priamo do pece bez akýchkoľvek tepelných strát.



Obrázok 9.2: Vnútorne rošty v kotle spaľujúcom práškové uhlie

9.1.4.4 Vkladanie odpadu do kotla s fluidným lôžkom

Pri spaľovaní paliva vo fluidnom lôžku nie je potrebné palivo vopred drviť, ale stačí ho rozdrviť na častice s veľkosťou zvyčajne menšou ako 5 – 20 mm, hoci sú prípustné aj hrubšie fragmenty s veľkosťou až do 100 mm. Táto flexibilita paliva je výhodou pri spoluspaľovaní odpadu. Veľké inertné predmety, ako sú kamene alebo sklo, by sa však mali odstrániť a je potrebné prijať ďalšie opatrenia, ako je opísané nižšie.

Pri spoluspaľovaní vo fluidnom lôžku je jedným z najdôležitejších faktorov pre dobrý prevádzku správne vkladanie hlavného paliva a odpadu. Ďalšími dôležitými faktormi sú dobrá kvalita a nízka úroveň nečistôt (kovy, sklo atď.) v zmesi paliva.

Veľmi dôležitá je aj dobrá prevádzka a údržba zariadení na triedenie a drvenie. Praktické problémy môžu nastať, ak sa do kotla na krátku dobu dodávajú väčšie množstvá odpadu, ktorý má inú kvalitu ako primárne palivo. To môže spôsobiť narušenie procesu spaľovania a ovplyvniť aj zaťaženie kotla. Pri spaľovaní vo fluidnom lôžku môžu nastať problémy so spekaním.

V dopravníkoch môžu nastať niektoré prevádzkové problémy, napríklad v dôsledku upchania spôsobeného dlhými kúskami kôry alebo plastov. Týmto problémom sa dá predísť správnou údržbou drviaceho systému.

Odpad by mal byť pred vkladáním do kotla riadne zmiešaný s hlavným palivom, alebo by mal existovať samostatný systém vkladania odpadu, aby bolo možné v prípade akýchkoľvek problémov vkladanie rýchlo zastaviť.

9.1.5 Znižovanie emisií do ovzdušia zo spoluspaľovania odpadu

Procesy a techniky čistenia spalín používané pri spoluspaľovaní odpadu sa nemusia nevyhnutne líšiť od techník čistenia spalín zo spaľovania tuhých, kvapalných alebo plyných palív, ako je opísané v kapitolách 5 až 7. V závislosti od vlastností odpadu, najmä obsahu kovov vrátane napríklad ortuti, sa niekedy používajú dodatočné opatrenia, ako napríklad vstrekovanie aktívneho uhlíka.

Znečisťujúce látky SO_x , NO_x a prach sú účinne kontrolované v zariadeniach, ktoré sú správne navrhnuté a dobre prevádzkované. Vyšší vstup týchto znečisťujúcich látok do spaľovacieho systému môže byť vyvážený (samozrejme v určitých medziach) prispôbením systému čistenia spalín a zvyčajne nevedie k vyšším emisiám.

Zníženie emisií HCl a HF úzko súvisí so znížením emisií SO_x . Prísun chlórovaných zlúčenín obmedzuje prevádzkovateľ elektrárne aj s cieľom zabrániť korózii pri vysokých teplotách.

9.1.6 Vznik a čistenie odpadových vôd

Vodné emisie vznikajú pri procesoch, ako je mokré čistenie, kondicionovanie dymu, mokré odstraňovanie škvary a skladovanie a predbežná úprava odpadu (napr. sušenie čistiarenskeho kalu). Na odstránenie kontaminantov z vyprodukovaných vodných tokov môže byť potrebná neutralizácia, usadzovanie a fyzikálno-chemické úpravy. Systémy čistenia vody a odpadových vôd používané pri spoluspaľovaní odpadu sa nelíšia od techník čistenia vody a odpadových vôd z LCP spaľujúcich plyné, kvapalné alebo tuhé palivá, ako je opísané v oddieloch 3.1.10 a 3.2.4. V prípade potreby je možné existujúce systémy čistenia odpadových vôd prispôbiť na odstraňovanie vyšších množstiev znečisťujúcich látok (napr. Cl, F, Hg).

9.1.7 Nakladanie s rezíduami zo spaľovania

Spracovanie rezíduí zo spaľovania pri spoluspaľovaní odpadu sa nelíši od techník spracovania rezíduí spaľovania z LCP spaľujúcich plyné, kvapalné alebo tuhé palivá, ako je opísané v oddieloch 3.1.11 a 3.2.5. Pri spaľovaní vznikajú popolček a lôžkový popol.

Zatiaľ čo zariadenia na spaľovanie odpadu sú zvyčajne vybavené komplexnými kombináciami techník čistenia spalín, ktoré sú schopné zvládnuť široké chemické zloženie odpadu, niektoré kategórie spaľovacích zariadení často nie sú vybavené systémami určenými na zníženie obsahu kovov a najmä ortuti (ako sú jedno- alebo dvojstupňové mokré práčky a systémy s aktívnym uhlím). Ak sa preto neprijmú ďalšie opatrenia, emisie týchto znečisťujúcich látok do ovzdušia sa môžu zvýšiť (v závislosti od vstupov), rovnako ako ich koncentrácia v popolčeku, sadrovcí alebo iných tuhých rezíduách z odsírovania spalín. Ak sa sadrovec premyje, môžu sa zvýšiť aj emisie do vody.

Keďže využitie alebo likvidácia tuhých rezíduí zo spaľovania je dôležitým ekonomickým faktorom, prevádzkovatelia zariadení starostlivo kontrolujú ich kvalitu, aby nestratili zavedené spôsoby využitia

(väčšinou obmedzením vstupu odpadu do spaľovacieho systému). Dôležitými parametrami sú obsah alkálií, síranov, chloridov, kremičitanov, nespáleného uhlíka a kovov (v závislosti od konkrétnej situácie). Ak sa pevný odpad zo spoluspaľovania musí skládkovať, je potrebné merať napríklad koncentráciu kovov a tiež parametre výluhu.

9.2 Súčasné úrovne emisií a spotreby

9.2.1 Prehľad odpadu spoluspaľovaného v LCP

Spoluspaľovanie odpadu má vplyv na energetickú účinnosť zariadenia, na emisie do ovzdušia a vody a ovplyvňuje aj kvalitu rezíduí zo spaľovania.

Úroveň vplyvu závisí od toho, do akej miery sa vlastnosti odpadu líšia od vlastností hlavného paliva, a od použitých techník znižovania/odstraňovania emisií. Hlavné fyzikálno-chemické vlastnosti, ktoré opisujú kvalitu paliva, sú:

- výhrevnosť;
- obsah popola;
- obsah vody;
- prchavé látky; a
- chemické zloženie (najmä z hľadiska C, H, O, N, S, Al, K, Na, P, Cl, F, ako aj Hg a iných kovov).

Hlavné druhy odpadu, ktoré sa používajú na spoluspaľovanie vo veľkých zariadeniach na spaľovanie odpadu, sú uvedené v prílohe II (oddiel 13.2), pričom z hľadiska objemu sú najdôležitejšie čistiarenské kaly, papierenské kaly a rezíduá, palivá vyrobené z odpadu pochádzajúceho zo spracovania komunálneho a priemyselného odpadu, odpad zo živočíšnych tkanív a upravený odpad z dreva.

Palivá vyrobené z odpadu sú prevažne tuhé alebo kvapalné s významným obsahom popola. Z tohto dôvodu je spoluspaľovanie viac-menej obmedzené na použitie v kotloch na tuhé palivá. Niektoré z týchto materiálov možno klasifikovať ako nebezpečné, pretože môžu byť kontaminované nebezpečnými látkami. Tabuľky 9.1 až 9.3 uvádzajú príklady odpadov spoluspaľovaných v spaľovacích zariadeniach na uhlie a ich zloženie. V tejto súvislosti sa odkazuje aj na tabuľky 5.1 a 5.2 uvedené v kapitole 5 týkajúcej sa spaľovania čierneho uhlia a hnedého uhlia.

Tabuľka 9.1: Príklad zloženia čierneho uhlia/hnedého uhlia a niektorých typických zložiek čistiarenských kalov

Parameter	Jednotky	Rozsah (hnedé uhlie a čierne uhlie)	Rozsah (čistiarenský kal; komunálny – priemyselný)
Obsah vody	hmotnostné %	3	65
Výhrevnosť H_u	MJ/kg sušiny	7–38	9–12
Obsah popola	hmotnostné % sušiny	3	40
Prchavé látky	hmotnostné % sušiny	17	13
Fixný uhlík	hmotnostné % sušiny	19	1
C	hmotnostné % sušiny	60	30
H	hmotnostné % sušiny	3	4
N	hmotnostné % sušiny	0,5	2–4,7
S	hmotnostné % sušiny	0,5	0,5–2
Cl	mg/kg sušiny	200–300	500–3 000
F	mg/kg sušiny	16	100–350
A	mg/kg sušiny	0,4–18	4–9,2
B	mg/kg sušiny	Žiadne údaje	30
Ba	mg/kg sušiny	Žiadne údaje	300–500
Be	mg/kg sušiny	0	0,9–2
Pb	mg/kg sušiny	0,4–50	15–412
Cd	mg/kg sušiny	0	0,6–6,5
Co	mg/kg sušiny	0,6–21	2–13,4
Cr	mg/kg sušiny	1,4–39,1	40–108,6
Cu	mg/kg sušiny	1	30–456
K	mg/kg sušiny	Žiadne údaje	1 500–2 300
Mn	mg/kg sušiny	88	210–1 000
Na	mg/kg sušiny	Žiadne údaje	1 100–4 400
Ni	mg/kg sušiny	1,6–40,5	30
Hg	mg/kg sušiny	0,1–0,3	0,2–4,5
Se	mg/kg sušiny	Žiadne údaje	< 5
Sb	mg/kg sušiny	1	2,4–8,5
Th	mg/kg sušiny	0,1–0,3	1,2–2
V	mg/kg sušiny	1–105	9–35,4
Sn	mg/kg sušiny	4	10
Zn	mg/kg sušiny	5–60	420–1 600
AOX	mg/kg sušiny	Žiadne údaje	350

Zdroj: [145, UBA AT 2000] [3, LCP TWG 2012]

Vzhľadom na rôzny pôvod sekundárneho drevného paliva, ako je odpadové drevo, drevo z demolácií (s ochrannými prostriedkami na drevo aj bez nich) a rezíduá lisovaných dosiek, môžu sa úrovne nečistôt a kontaminácie výrazne líšiť. Tabuľka 9.2 ukazuje rozdiely v nečistotách a kontaminácii rôznych príkladov odpadového dreva, z ktorých niektoré obsahujú drevo ošetrené ochrannými prostriedkami na drevo (napr. drevo z demolácií).

Tabuľka 9.2: Príklady zloženia druhov odpadového dreva používaného v LCP

Prvok	Jednotky	Odpadové drevo A	Odpadové drevo B	Odpadové drevo C	Demolačné drevo
Dusík	(mg/kg)	NA	7 600	7 300	2 400
Síra	(mg/kg)	1 000	< 20	5 500	1 700
Chlorid	(mg/kg)	2 000	200	320	1 184
Fluorid	(mg/kg)	120	3	50	88
Cd	(mg/kg)	10	1	NA	4,1
Hg	(mg/kg)	1	< 0,5	NA	1,5
Ako	(mg/kg)	2	1	NA	4
Co	(mg/kg)	2	NA	NA	4,1
Cu	(mg/kg)	1 000	16	23	1 388
Cr	(mg/kg)	120	19	32	48
Mn	(mg/kg)	10	NA	NA	NA
Ni	(mg/kg)	20	4	5	15,8
Pb	(mg/kg)	1 000	140	510	762
Sb	(mg/kg)	10	NA	NA	11,8
Zn	(mg/kg)	20	12	NA	23,5
Poznámka: NA: Nedostupné. Zdroj: [311, Hein et al. 2000]					

Tabuľka 9.3: Rozdiely v obsahu nečistôt v rôznych zmesiach dreva a odpadu

Látka	Jednotky	Kôra	Smrekovec + štiepky	Kôra + štiepky + sušený čistiarenský kal	Kôra + štiepky + drevo z demolácie	Kôra + štiepky + plasty	Kôra + lisovaná doska + plasty z recyklácie elektronického odpadu
Uhlie	%	49,7	51,01	47,06	48,69	50,64	50,43
Vodík	%	5,41	6,10	5,59	5,77	5,73	5,75
Kyslík	%	36,98	42,28	30,06	36,17	36,85	34,95
Dusík	%	0,45	0,21	2,82	1,48	0,70	1,42
Celkový obsah síry	%	0	0,02	0,40	0,12	0,05	0,09
Popol	%	7,34	0,38	14,07	7,77	6,03	7,37
Horľaviny	%	92,66	99,62	85,93	92,23	93,97	92,63
Prchavé látky	%	69,06	83,04	66,70	72,71	71,39	70,56
H _o	kJ/kg	19 658	20 380	19 111	19 601	20 112	20 351
H _u	kJ/kg	18 478	19 050	17 891	18 343	18 862	19 097
Chlorid	% Cl	0	0	0,112	0,035	0,071	0,135
Fluorid	% F	0	0	0,012	0,003	0,004	0,004
Zdroj: [145, UBA AT 2000]							

9.2.2 Podiel odpadov spoluspaľovaných v LCP

Všeobecne platí, že podiel odpadu na spoluspaľovanie v spaľovacích zariadeniach je nižší ako 10 % na základe tepelnej hodnoty. Referencie s vyšším podielom odpadu sa zvyčajne týkajú kotlov s fluidným lôžkom alebo spoluspaľovania samostatne spráškovaného dreveného odpadu v kotloch spaľujúcich práškové uhlie. Vo Švédsku sa zariadenia spaľujúce až 100 % odpadu (hlavne odpad z biomasy) považujú za zariadenia so spoluspaľovaním.

Od začiatku 90. rokov sa vykonávali veľké ukážkové zariadenia s čistiarenskými kalmi a drevnou štiepkou. Po kríze BSE (bovinnej spongiformnej encefalopatie) v roku 2000 sa osobitný dôraz kládol na možnosti spoluspaľovania odpadu zo živočíšnych tkanív a kostnej múčky v zariadeniach. V reakcii na smernicu EÚ o skládkach odpadov sa od roku 2005 kladie čoraz väčší dôraz na energetické zhodnocovanie organických zložiek komunálneho, komerčného a priemyselného odpadu. V súčasnosti je spoluspaľovanie čistiarenských kalov, kalov a rezíduí z celulózového a papierenského priemyslu, palív vyrobených z odpadu, odpadu z živočíšnych tkanív a iného priemyselného odpadu a rezíduí z procesov bežnou praxou v mnohých veľkých spaľovniach na uhlie a/alebo hnedé uhlie v celej Európe.

Tabuľka 9.4 obsahuje prehľad niektorých elektrární, v ktorých sa spoluspaľujú odpady.

Tabuľka 9.4: Skúsenosti so spoluspaľovaním odpadu v niektorých veľkých spaľovniach v niektorých členských štátoch EÚ

Kraj	Hlavný typ paliva	Spoluspaľovanie odpadových tokov	Typ kotla	Celkový menovitý tepelný príkon (MW)	Hrubý elektrický výkon (MW)	Stupeň spoluspaľovania (tepelný)	Poznámky / nakladanie s odpadom
Rakúsko	Čierne uhlie	Čistiarenský kal	WBB	543	246	0,1	
Francúzsko	Biomasa	Papierenský kal a rezíduá, odpadové drevo, čistiarenský kal	CFBC	85	9	Rôzne	Stupeň spoluspaľovania nad 25 %
Francúzsko	Čierne uhlie	Mäsokostná múčka, biomasa	CFBC	81	12	9,3	
Fínsko	Rašelina, drevná biomasa, (uhlie)	Palivo z odpadu	CFBC	206	65	8,4	Spoločné spaľovanie viacerých palív – rašeliny, čierneho uhlia, biomasy a odpadu
Fínsko	Rašelina, čierne uhlie, biomasa	Palivo z odpadu	CFBC	65	NA	NA	
Nemecko	Hnedé uhlie	Čistiarenský kal	DBB	2 × 2465	2 × 920	1,5 %	Zmiešanie s hnedým uhlím pred rozomletím
Nemecko	Čierne uhlie	Kanalizačný kal, mäsokostná múčka	WBB	2100	83	1,0	Zmiešanie odpadu s hlavným palivom pred spoločným privodom do palivového mixu
Nemecko	Čierne uhlie	Čistiarenský kal	DBB	1370	550	0,1	
Nemecko	Hnedé uhlie	Papierenský kal, palivo z odpadu, vopred zmiešaný odpad	DBB	2 × 2100	2 × 800	1,9 % / 1,6	Zmiešanie s hnedým uhlím pred rozomletím
Nemecko	Hnedé uhlie	Palivo z odpadu	DBB	4 × 762	2160	2,2–3,5	Zmiešanie s hnedým uhlím pred rozomletím
Nemecko	Čierne uhlie	Čistiarenský kal, ropný koks	DBB	1870	824	< 5	
Nemecko	Čierne uhlie	Palivo z odpadu	WBB	1528	658	3,9	Zmiešavanie odpadu s hlavným palivom pred spoločným podávaním
Nemecko	Čierne uhlie	Tekutý odpad a odpadové plyny z chemického priemyslu	WBB	710	247	< 10	Integrácia chemickej výroby a výroby pary/energie
Nemecko	Hnedé uhlie	Čistiarenský kal, mäsokostná múčka	DBB	1524	500	< 2	Zmiešanie s hnedým uhlím pred rozomletím
Nemecko	Čierne uhlie	Čistiarenský kal	DBB	1125	474	< 5	

Nemecko	Čierne uhlie	Mäsokostná múčka, palivo z odpadu	WBB	856	320	2	
Nemecko	Čierne uhlie	Čistiarenský kal, palivo z odpadu, mäsokostná múčka	WBB	887	320	1	
Nemecko	Čierne uhlie	Palivo z odpadu	CFBC	80	30	5	
Nemecko	Čierne uhlie	Palivo z odpadu, drevná štiepka	CFBC	3 × 118	3 × 36	13–17	
Nemecko	Čierne uhlie	Palivo z odpadu, papierenský kal, čistiarenský kal	CFBC	89	20	< 20	
Nemecko	Hnedé uhlie	Čistiarenský kal, palivo z odpadu, odpadové drevo a biomasa	CFBC	550	107	< 25	2 kotly CFBC
Nemecko	Hnedé uhlie	Čistiarenský kal	CFBC	732	201	< 25 %	
Taliansko	Čierne uhlie	Mäsokostná múčka, biomasa	DBB	418	165	6,0	
Taliansko	Čierne uhlie	Mäsokostná múčka, biomasa	DBB	433	171	6,3	
Taliansko	Čierne uhlie	Palivo z odpadu	DBB	793	320	2,4	
Švédsko	Biomasa, rašelina	Pevné palivá z odpadu	CFBC	138	45	8,0	
Švédsko	Čierne uhlie	Gumový odpad, drevná štiepka	GF	74	16	45,3	
Švédsko	Biomasa	Odpadové drevo, tuhý odpad	Ostatné	74	16	Rôzne	Stupeň spoluspaľovania nad 25 %
Švédsko	Rašelina, biomasa	Odpadové drevo, vedľajšie živočíšne produkty	CFBC	50	6	Rôzne	Stupeň spoluspaľovania nad 25 %
Švédsko	Biomasa	Gumový odpad	CFBC	146	40	20	
Spojené kráľovstvo	Biomasa	Palivo z tuhého odpadu	DBB	69	11	24	
Poznámka: DBB: kotol so suchým lôžkom; WBB: kotol s mokrým lôžkom; CFBC: spaľovanie v cirkulujúcom fluidnom lôžku; GF: spaľovanie na rošte. Zdroj: [3, LCP TWG 2012]							

V Nemecku je spoluspaľovanie odpadu beľnou praxou v mnohých zariadeniach spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie od začiatku 90. rokov. V súčasnosti existuje v sektore verejnej energetiky a v sektore ťaľby čierneho uhlia a hnedého uhlia pribliľne 40 zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie, ktoré spoluspaľujú odpad s podielom spoluspaľovania až 25 % menovitého tepelného príkonu. V roku 2009 bolo v nemeckých zariadeniach spoluspaľovaných pribliľne 2,8 milióna ton odpadu, z toho pribliľne 1,3 milióna ton čistiarenského kalu, 0,5 milióna ton kalov z celulózového a papierenského priemyslu, 0,6 milióna ton palív vyrobených z odpadu pochádzajúceho zo spracovania domového a komerčného odpadu, ako aj 0,4 milióna ton odpadu zo živočíšnych tkanív, kontaminovaného odpadového dreva a iných priemyselných odpadových materiálov. [63, BDEW 2013]

Okrem toho mnoho priemyselných výrobcov v celulózovom a papierenskom, drevospracovateľskom, chemickom a rafinérskom priemysle spoluspaľuje priemyselný odpad a rezíduá pochádzajúce okrem iného z interných výrobných procesov vo veľkých spaľovniach na výrobu elektriny, tepla a pary.

V roku 2009 nahlásilo 63 zariadení spoluspaľovanie odpadu v rámci systému obchodovania s emisiami EÚ (ETS). Z týchto zariadení ETS dosiahlo 54 zariadení zníženie emisií skleníkových plynov prostredníctvom spoluspaľovania odpadu namiesto hlavného paliva. Kombinované zníženie emisií CO₂ prostredníctvom spoluspaľovania v Nemecku bolo podľa výpočtov nemeckého orgánu pre obchodovanie s emisiami v roku 2008 vo výške 1,8 milióna ton CO₂ a v roku 2009 vo výške 2,1 milióna ton. [86, Eurelectric 2013]

9.2.3 Vplyv spoluspaľovania odpadu na energetickú účinnosť zariadení

Keď je zariadenie vykurované zmesou paliva a odpadu, je potrebné zohľadniť účinnosť premeny energie z jednotlivých tokov paliva a odpadu na výstupnú energiu. To znamená, že na charakterizovanie vplyvu spoluspaľovania na energetickú účinnosť zariadenia je potrebné určiť ako účinnosť premeny odpadu na výstupnú energiu, tak aj vplyv spoluspaľovania na účinnosť premeny hlavného paliva.

Účinnosť premeny odpadu na energiu ovplyvňujú:

- obsah vlhkosti v odpade;
- reaktivita odpadu;
- meliteľnosť odpadu;
- účinnosťou požadovaných procesov pedspracovania pred spaľovaním;
- požadované zaťaženie zariadenia na manipuláciu a predbeľné spracovanie odpadu;
- výhrevnosť;
- obsah popola.

Spoluspaľovanie odpadu môže ovplyvniť premenu hlavného paliva na energetický výstup nasledujúcimi spôsobmi:

- na zabezpečenie správneho spaľovania môže byť potrebný nadbytok vzduchu;
- teplota a prietok spalín v kotle sa môžu zmeniť;
- v popolčeku môže byť zvýšený obsah nespáleného uhlíka;
- môžu sa zmeniť teploty pary;
- čistá energetická účinnosť môže byť ovplyvnená spotrebou energie na čistenie odpadu na mieste jeho spaľovania alebo mimo neho.

9.2.4 Všeobecné účinky spoluspaľovania odpadu v LCP

Spracovanie odpadu, a najmä jeho spaľovanie, môže viesť k ďalším problémom, ktoré môžu ovplyvniť úrovně emisií, energetickú účinnosť a dostupnosť zariadenia, ako aj množstvo a kvalitu rezíduí, vedľajších produktov a odpadových vôd. Tieto účinky sú ovplyvnené povahou odpadu, najmä pokiaľ ide o:

- toxicitu (aj patogénnych baktérií);
- riziko výbuchu (plynné palivá a výbuchy prachu);
- horľavosť (kvapalné palivá);
- obsah vlhkosti;
- samovoľné zahrievanie (biomasa);
- zápach;
- tekutosť (pre kal a tuhé látky);
- meliteľnosť.

Tieto aspekty je potrebné zohľadniť pri výbere odpadu, aby bolo možné zabezpečiť správne a bezpečné spoluspaľovanie.

9.2.5 Vplyv spoluspaľovania odpadu na výkonnosť zariadenia

Okrem možného vplyvu vlhkosti alebo obsahu popola na energetickú účinnosť zariadenia môže spoluspaľovanie ovplyvniť aj výkonnosť zariadenia. To môže mať za následok zníženie menovitého zaťaženia alebo rýchlosti regulácie zaťaženia zariadenia v dôsledku kapacitných obmedzení komponentov. Napríklad kapacita ventilátorov s indukovaným ťahom môže obmedziť stupeň spoluspaľovania mokrého odpadu. Výkon (a dostupnosť) zariadenia môže byť ovplyvnený aj koróziou (v dôsledku obsahu síry a chlóru v odpade), eróziou, tvorbou škvary alebo zanášaním (v dôsledku obsahu alkálií v popole) kotla. Prispôsobenie zariadenia LCP na predbežnú úpravu alebo predbežnú konverziu odpadu alebo obmedzenie stupňa spoluspaľovania pomáha zabrániť poklesu výkonu zariadenia.

Energetická účinnosť a výkonnosť zariadenia môžu byť čoraz viac ovplyvňované tým, čím viac sa odpad odchyľuje od pôvodného paliva (palív) kotla. Medzi otázky, ktoré môžu byť relevantné pri zvažovaní takýchto vplyvov, patria:

- existujúca projektovaná kapacita zariadení spaľovne (napr. v dôsledku požiadavky na vyšší prietok mokrých spalín pri spoluspaľovaní mokrého odpadu);
- spaľovacie vlastnosti odpadu, ako napríklad vznietenie, stabilita plameňa, teplota plameňa, tvorba NO_x a vyhorenie, ktoré sa môžu líšiť od vlastností hlavného paliva;
- tvorba škvary a zanášanie, ovplyvnené chemickým zložením popola (najmä obsahom draslíka, sodíka a síry) a správaním popola pri jeho tavení;
- tepelné správanie kotla, najmä výmena tepla sálaním alebo prúdením;
- korózia a erózia častí kotla spôsobená soľami (spôsobená zlúčeninami síry a chlóru v odpade a prevádzkovými podmienkami pri spaľovaní v kotle, napr. znížením množstva vzduchu);
- kvalita a správanie vedľajších produktov a rezíduí zo spaľovania;
- emisie do ovzdušia spôsobené sírou, chlóróm, ťažkými kovmi, organickými látkami atď. obsiahnutými v odpade;

- emisie do vody spôsobené sírou, chlóróm, ťažkými kovmi, organickými látkami atď. obsiahnutými v odpade;
- vplyvy na systémy čistenia spalín v dôsledku zmien v zložení spalín (najmä deaktivácia katalyzátorov DeNO_x zásadami, As, P alebo F; zvýšené oddeľovanie popolčeka elektrickými prachovými filtrami; vplyvy na FGD);
- emisie do ovzdušia a vody z predbežného spracovania odpadu (napr. sušenie čistiarenských kalov).

Tieto vplyvy je možné riešiť obmedzením rozsahu spoluspaľovania len na malú časť hlavného paliva a/alebo riadnym predspracovaním odpadu.

9.2.6 Vplyv spoluspaľovania odpadu na emisie do ovzdušia

Chemické zloženie spoluspaľovaného odpadu je hlavným faktorom, ktorý určuje vplyv na emisie do ovzdušia. Koncentrácie určitých prvkov, ako je ortuť, môžu byť v odpade vyššie ako v hlavnom palive, čo môže viesť k vyšším koncentráciám týchto prvkov v surovom spalinovom plyne. Vyšším emisiám týchto znečisťujúcich látok do ovzdušia sa však dá zabrániť výberom odpadu a opatreniami na predbežné spracovanie, ako aj (dodatocnými) primárnymi alebo sekundárnymi technikami kontroly emisií do ovzdušia.

9.2.6.1 Prach

Emisie prachu z komína sa môžu pri spoluspaľovaní meniť v dôsledku odlišného fyzikálneho a chemického zloženia popola, čo môže ovplyvniť najmä výkon ESP. Suchý tuhý odpad, ktorý má tendenciu uvoľňovať veľmi jemné častice, môže spôsobiť únik emisií prachu, najmä v priestoroch na manipuláciu a skladovanie.

Prach je prítomný v spalínach z viacerých dôvodov. Časť z neho súvisí s popolom unášaným v spalínach turbulentnými podmienkami v spaľovacej komore. Obzvlášť náchylné na to sú ľahké odpady. Podobne môžu spaliny unášať čiastočne spálený odpad.

Zlúčeniny a kovy, ako je kadmium a najmä ortuť, ktoré sa v spaľovacej komore odparujú, sa môžu pri poklese teploty po spaľovaní kondenzovať na tuhé častice. Tento materiál môže vytvárať submikrónový dym, ktorý je ťažké odstrániť. Tuhé častice môžu vznikať aj pri bežnom online čistení, napríklad pri odstraňovaní sadzí.

9.2.6.2 Kyslé plyny

V závislosti od typu spoluspaľovaného odpadu môžu vzniknúť vyššie emisie kyslých plynov. Tieto plyny sú chlorovodík, oxid siričitý, fluorovodík a oxidy dusíka. Koncentrácie rôznych zlúčenín v odpade určujú hladiny príslušných kyslých plynov v surových spalínach a tým aj techniky znižovania emisií, ktoré sa majú použiť.

9.2.6.3 Oxidy uhlíka

Špecifické emisie CO₂ zo spaľovacích zariadení využívajúcich fosílna palivá sa môžu výrazne znížiť, ak sa spolu spaľujú obnoviteľné sekundárne palivá, odpady s vysokým obsahom biogénnych látok alebo iné odpady s nižším špecifickým emisným faktorom CO₂ ako hlavné palivo, za predpokladu, že spoluspaľovanie nemá nepriaznivý vplyv na celkovú účinnosť zariadenia. V kontexte politiky zmierňovania zmeny klímy je to jeden z hlavných cieľov, najmä v zariadeniach na spaľovanie odpadov, ktoré podliehajú európskemu systému obchodovania s emisiami, široko uplatňovaného spaľovania viacerých palív z odpadov z biomasy a sekundárnych palív s vysokým obsahom biogénnych látok, keďže nahradenie primárneho fosílného paliva znižuje emisie fosílného CO₂, zatiaľ čo obnoviteľný CO₂ pochádzajúci z biogénnych zložiek odpadu sa nezohľadňuje.

Emisie oxidu uhoľnatého môžu byť ovplyvnené, pretože spoluspaľovanie odpadu môže mať vplyv na určité charakteristiky spaľovania (napr. stabilitu plameňa). Konštrukčné a prevádzkové opatrenia potrebné na dosiahnutie správneho spaľovania odpadu by však mali zabrániť významnému zvýšeniu emisií oxidu uhoľnatého pri spoluspaľovaní.

9.2.6.4 Halogenidy

Emisie halogenidov môžu byť vyššie pri spoluspaľovaní odpadu s vysokým obsahom Cl a/alebo F. Keďže chlorid a fluorid nie sú nevyhnutne úplne odstránené typickými zariadeniami na čistenie spalín v zariadeniach spaľujúcich tuhé palivá, emisie týchto látok môžu byť vyššie ako v špecializovaných spaľovniach odpadu, ak sa neprijmú ďalšie opatrenia. Najmä v prípade fluoridov sú emisie zvyčajne vyššie, ak sa na ohrev vyčistených spalín z FGD používa plynový výmenník tepla.

9.2.6.5 Oxidy dusíka

Odpadové palivo môže mať priaznivý alebo nepriaznivý vplyv na emisie NO_x v závislosti od toho, do akej miery je odpadové alebo zhodnocované palivo podobné palivu, s ktorým sa spolu spaľuje. Vysoko prchavé uhlie môže zvýšiť teplotu plameňa, čím sa môže vytvoriť viac NO_x . Odpad s vysokým obsahom vlhkosti sa zapáli pomaly s nízkou adiabatickou teplotou plameňa, čím sa vytvorí menej NO_x . Zariadenia s technikami znižovania NO_x majú väčšiu flexibilitu pri prijímaní odpadu s vyšším obsahom dusíka v palive.

9.2.6.6 Oxidy síry

Odpad s oveľa vyšším obsahom síry ako hlavné palivo (čierne uhlie, hnedé uhlie, biomasa, rašelina) môže v niektorých prípadoch spôsobiť vyššie emisie SO_x , hoci obmedzený podiel spoluspaľovania a použitie vhodných techník odstraňovania SO_x by mali udržať takéto zvýšenie emisií na minimálnej úrovni. V každom prípade je bežnejšie, že odpad má nižší obsah síry ako primárne palivo, čo vedie k nižším celkovým emisiám zlúčenín síry.

9.2.6.7 TOC, VOC a dioxíny

Prchavé organické zlúčeniny (VOC) v spalínach predstavujú nespálené palivo. Spoluspaľovanie môže viesť k zvýšeniu emisií VOC. Emisie uhľovodíkov, VOC a PAH sa však pri spoluspaľovaní výrazne nemenia, ak sa dosiahne dobré vyhorenie. [123, Eurelectric 2001]

Dioxíny a látky, ktoré sú prekursorami dioxínov, sa môžu v malých množstvách vyskytovať v odpadoch, ako je drevo z demolácií a palivo vyrobené z odpadu (RDF), a sú zničené v spaľovacej komore. Následne sa však môžu znovu vytvoriť procesom *de novo* syntézy z prekursorov, ako sú chlorované benzény, PCB alebo nechlórované prekursory, ak je k dispozícii prísun anorganického chlóru. Mechanizmus ich opätovného vzniku nie je úplne známy, ale predpokladá sa, že prítomnosť medi, sadzí a popolčeka môže pomáhať v tomto procese, ktorý prebieha prevažne pri teplotách medzi 200 °C a 450 °C. V dôsledku týchto účinkov sa zistilo, že spoluspaľovanie určitých druhov odpadu môže viesť k vyšším emisiám dioxínov. Emisie dioxínov je možné znížiť pomocou špecifických techník, ako je vstrekovanie aktívneho uhlíka do spalín.

Emisie dioxínov a furánov z uhoľných spaľovacích zariadení sú zvyčajne nízke vďaka ich špecifickým spaľovacím charakteristikám a obsahu síry v palive, ktorý bráni tvorbe týchto zlúčenín. To sa nemení ani pri spoluspaľovaní, a to ani v prípade odpadu s vysokým obsahom chlóru.

9.2.6.8 Kovy (Cd+Tl; Hg; Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V)

Kovy (napr. ťažké a toxické kovy) sú už do určitej miery prítomné ako prírodné prvky v fosílnych palivách. Niektoré odpady, ako napríklad čistiarenské kaly a palivá získané z odpadu alebo demolácie drevených konštrukcií, môžu obsahovať kovy, ako je uvedené v tabuľke 9.1 a tabuľke 9.2, vo väčšom množstve ako konvenčné palivá.

Niektoré kovy zostávajú v lôžkovom popole pece, zatiaľ čo iné sa v spaliniach môžu kondenzovať za spaľovacou komorou, kde sa tvoria častice. Niektoré vysoko prchavé kovové zlúčeniny, ako je kadmium, ortuť, tálium a selén, zostávajú v parnej fáze alebo v ultrajemnom dyme. Pokiaľ ide o zloženie odpadu, koncentrácia Hg je zvyčajne jednou z najkritickejších zo všetkých prvkov kvôli jej prchavosti [123, Eurelectric 2001]. Vzhľadom na všeobecné obmedzenia vstupu odpadu (len niekoľko percent z celkového tepelného vstupu zariadenia zvyčajne pochádza zo spoluspaľovaného odpadu) a vzhľadom na porovnateľné koncentrácie Hg v surovom plyne zariadení spaľujúcich čisté uhlie sa koncentrácia Hg v surovom plyne výrazne nezvyšuje. Emisné zaťaženie sa však môže zvýšiť v dôsledku vyšších objemov spalín. V prípade iných kovov môže dôjsť k určitému zvýšeniu emisií v dôsledku možných vyšších koncentrácií Pb, Co, Tl a Se. [123, Eurelectric 2001]

9.2.6.9 Dym

Odpad s vysokým obsahom vlhkosti, ako je napríklad hydínový trus, má tendenciu vytvárať viditeľný dym. Existujú tri všeobecné techniky úpravy spalín, ktoré zabráňujú vytváraniu viditeľného dymu z komína:

- zahrievanie spalín;
- kondenzácia spalín;
- regulácia teploty spalín.

Techniky kondenzácie produkujú veľké množstvá kvapaliny na likvidáciu, ktorá môže byť kontaminovaná znečisťujúcimi látkami a môže vyžadovať neutralizáciu.

9.2.6.10 Zápach

Skladovanie a manipulácia s odpadom, ako je zapáchajúci kal, môže spôsobiť emisie zápachu. Najmä sušiacie zariadenia musia používať techniky proti emisiám zápachu, ako je uvedené v dokumente BREF o emisiách zo skladovania. V závislosti od odpadu a miestnych podmienok sa skladovanie, preprava a manipulácia môžu uskutočňovať v uzavretých priestoroch.

9.2.7 Vplyv spoluspaľovania odpadu na emisie do vody

Spoluspaľovanie odpadu môže ovplyvňovať emisie do vody. Väčšina zdrojov odpadových vôd, ako napríklad chladiaca voda, kondenzát alebo demineralizovaná odpadová voda, však nie je spoluspaľovaním ovplyvnená. Zdroje odpadových vôd, ktoré môžu byť ovplyvnené, sú uvedené nižšie:

- Voda z oplachovania skladov odpadu a povrchový odtok (dažďová voda).
- Spoločným faktorom všetkých procesov odvodňovania (sušenia) je to, že oddelená voda (filtrát alebo odstredená voda) je v rôznej miere znečistená. To platí najmä pri odvodňovaní pri vyšších teplotách a môže predstavovať významný zdroj sekundárneho znečistenia pre zariadenia na čistenie odpadových vôd.

- Ako je opísané v kapitole 3, odsírovanie spalín je hlavným zdrojom odpadových vôd, pretože odstraňuje SO_2 ako aj iné znečisťujúce látky, napríklad ťažké kovy, zo spalín. Hoci koncentrácia kovov v odpadových vodách zo zariadenia na čistenie odpadových vôd súvisí s koncentraciami v prítokových vodách, dá sa do určitej miery upraviť úpravou druhu a množstva používaných chemikálií a spoluspaľovanie by malo mať na ňu len malý vplyv.
- Použitie vody na znižovanie emisií prachu v otvorených skladiskách paliva môže viesť k vzniku odpadovej vody, ak táto voda nie je interne spracovaná, čo je bežný prípad pri skladovaní uhlia. Ak odpad nie je správne skladovaný alebo spracovaný, môže dôjsť k zbytočnému znečisteniu dažďovej vody. „Dobrá starostlivosť“ zabráni rozliatiu látok a ich preniknutiu do kanalizácie.
- Techniky kondenzácie používané na úpravu dymu produkujú veľké množstvá kvapaliny na likvidáciu, ktorá môže byť kontaminovaná znečisťujúcimi látkami a môže vyžadovať čistenie odpadových vôd.
- Skladovanie a manipulácia s kvapalnými odpadmi môže predstavovať riziko riedenia v systéme čistenia odpadových vôd. Použitie mokrého kalu rozptýleného na uhlí v uhoľnej skládke môže tiež predstavovať riziko riedenia v systéme čistenia odpadových vôd.

9.2.8 Vplyv spoluspaľovania odpadu na kvalitu rezíduí zo spaľovania

Kľúčovým základom spoluspaľovania je zabrániť zníženiu kvality spalín. To sa musí dosiahnuť predbežnou úpravou odpadu alebo obmedzením stupňa spoluspaľovania. Kvalita spalín má dva aspekty: technickú a environmentálnu kvalitu.

- Technická kvalita je vyjadrením rôznych parametrov, ktoré spolu do veľkej miery určujú použiteľnosť rezíduí ako vedľajšieho produktu. Okrem čisto fyzikálnych vlastností (napr. tuhosť, pórovitosť, veľkosť častíc, obsah vlhkosti) je dôležitý aj obsah prvkov, ako sú chlorid, fosfor, síran a uhlík. To platí najmä pre popol v betóne a cementu.
- Environmentálna kvalita vedľajšieho produktu súvisí s tým, ako sa látky škodlivé pre ľudské zdravie alebo životné prostredie môžu vylúhovať z produktu, v ktorom sú použité, do životného prostredia. Okrem technických vlastností určujú vlastnosti vylúhovania, či vedľajšie produkty môžu byť použité na zamýšľané účely.

Vplyv spoluspaľovania na kvalitu vedľajších produktov bol podrobne skúmaný a zaznamenaný v niektorých krajinách, napríklad v Holandsku. Vzhľadom na vysokú mieru odstraňovania prachu pomocou techník kontroly prachu, ktoré sa bežne používajú vo veľkých spaľovacích zariadeniach, sa viac ako 99 % prvkov nachádza v popole. Zmeny v zložení paliva spravidla vedú k zodpovedajúcim zmenám v zložení popola. V závislosti od prchavosti prvkov môže dôjsť k redistribúcii, čo má za následok rozdielne koncentrácie v popolčeku a lôžkovom pople.

Spoluspaľovanie spôsobuje, že zloženie popola sa mení v závislosti od zloženia odpadu. Zloženie prvkov vedľajších produktov spoluspaľovania je možné predpovedať do tej miery, že je možné určiť hranice, kedy a v akých množstvách je možné odpad spoluspaľovať.

Kovy v rôznej miere predstavujú riziko vyplavovania do životného prostredia po tom, čo boli veľmi dlho vystavené vode. Vlastnosti vyplavovania sú menej dôležité pre popolček, ak sa používa v imobilizovaných aplikáciách v cementárskom a betónovom priemysle.

Spodný popol, ktorý sa však používa napríklad ako vrstva pod cestou, môže v dlhodobom horizonte vylúhovať niektoré prvky. Zmena zloženia mikroprvkov a vylúhovanie môžu predstavovať obmedzenie pre použitie spodného popola zo spoluspaľovania.

Sadrovec je zmenou zloženia paliva ovplyvnený len minimálne. Riziko vylúhovania je malé, pretože produkt sa používa hlavne vo vnútri budov, kde nedochádza k kontaktu s vodou. V závislosti od požiadaviek na kvalitu sa sadrovec môže pravidelne umývať predtým, ako opustí spaľovacie zariadenie.

Popol z filtračných procesov predbežnej úpravy, ako je splyňovanie, je vo všeobecnosti ťažšie použiteľný a môže byť potrebné ho odoslať na likvidáciu. Techniky na imobilizáciu mikroprvkov však môžu otvoriť možnosti pre niektoré použitia.

Pri celkovom hodnotení vplyvu koncentrácií kovov na životné prostredie by sa mala zohľadniť imobilizácia a stabilizácia kovov v rezíduách, ako aj výpočet celkového obsahu. Rozsah imobilizácie sa dá vypočítať z koncentrácií kovov v eluáte.

Tabuľka 9.5 a tabuľka 9.6 ukazujú vplyv spoluspaľovania na rezíduá spaľovania, ako sú rezíduá suchej sorpcie a hrubý popol, v porovnaní s bežným palivom. Je zrejmé, že koncentrácie Hg (dvojnásobne), Pb (trojnásobne) a Cd (štvornásobne) sú zvýšené v rezíduách suchej sorpcie popolčeka. V hrubom popole sú zvýšené koncentrácie Pb, Zn, Cu a Cr, avšak na vylúhovanie to nemá výrazný vplyv.

Tabuľka 9.5: Vplyv spoluspaľovania na rezíduá zo spaľovania (rezíduá po suchej sorpcii)

	Rezíduá zo suchej sorpcie			
	Celkový obsah (mg/kg)		Obsah eluátu (mg/kg)	
	Uhlie	Spoluspaľovanie približne 10 % čistiarenskeho kalu	Uhlie	Spoluspaľovanie približne 10 % čistiarenskeho kalu
Al	2,9	3,4	12	8
A	34	31–37	< 0,2	< 0,2
Cd	< 2	4–7	< 0,1	< 0,1
Cr	49	55–64	0,91	0,81–0,85
Cu	135	80–140	< 0,1	< 0,1
Hg	0,6	0,6–1,3	< 0,01	< 0,01
Ni	91	93–100	< 0,2	< 0,2
Pb	230	228–650	< 0,3	< 0,3
Zn	140	245–570	< 0,2	< 0,2

Zdroj: [145, UBA AT 2000]

Tabuľka 9.6: Vplyv spoluspaľovania na rezíduá zo spaľovania (hrubý popol)

	Hrubý popol			
	Celkový obsah (mg/kg)		Obsah eluátu (mg/kg)	
	Uhlie	Spoluspaľovanie približne 10 % čistiarenskeho kalu	Uhlie	Spoluspaľovanie približne 10 % čistiarenskeho kalu
Al	4,4	4,8–5,9	21	8
A	11	11–13	< 0,2	< 0,2
Cd	< 2	< 2	< 0,1	< 0,1
Cr	59	86–260	0,11	< 0,1–0,12
Cu	80	590–7 800	0	0,1–0,23
Hg	< 0,2	< 0,2	< 0,01	< 0,01
Ni	70	130–290	< 0,2	< 0,2
Pb	57	130–3 400	< 0,3	< 0,3–1,7
Zn	100	190–5 590	< 0,2	0,2–1,1

Zdroj: [145, UBA AT 2000]

Tabuľka 9.5 a tabuľka 9.6 ukazujú, že riziko mobilizácie kovov v rezíduách zo spoluspaľovania je vo všeobecnosti relatívne nízke v dôsledku vysokých teplôt v kotle (efekt vitrifikácie) a kompaktnej povahy rezíduí po zvlhčení. V dôsledku toho sa nezistilo žiadne zvýšenie koncentrácie v eluáte, najmä ak boli rezíduá stabilizované.

9.3 Techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre spalovanie odpadu

V tejto časti sú opísané techniky (alebo ich kombinácie) a súvisiace monitorovanie, ktoré sa považujú za vhodné na dosiahnutie vysokej úrovne ochrany životného prostredia pri činnostiach, na ktoré sa vzťahuje tento dokument. Opísané techniky zahŕňajú použitú technológiu aj spôsob, akým sú zariadenia navrhnuté, postavené, udržiavané, prevádzkované a vyradované z prevádzky.

Zahŕňa techniky integrované do procesu a techniky na konci procesu. Zohľadňuje sa aj prevencia a nakladanie s odpadom, vrátane postupov minimalizácie a recyklácie odpadu.

Príloha III k smernici o priemyselných emisiách uvádza rad kritérií na určenie BAT a informácie v tejto kapitole sa zaoberajú týmito hľadiskami. Pokiaľ je to možné, na opis informácií o každej technike sa používa štandardná štruktúra tabuľky 3.4, aby bolo možné porovnať techniky a posúdiť ich podľa definície BAT uvedenej v smernici o priemyselných emisiách.

Táto časť nemusí obsahovať vyčerpávajúci zoznam techník, ktoré by sa mohli v tomto sektore uplatňovať. Môžu existovať alebo môžu byť vyvinuté aj iné techniky, ktoré by sa mohli zohľadniť pri určovaní BAT pre jednotlivé zariadenia.

V tejto časti sú techniky, ktoré sa majú zvážiť, úplne opísané len vtedy, ak sú špecifické pre dané spaľované palivo alebo uplatňovaný proces spaľovania (spalovanie odpadu). V skutočnosti sú pre väčšinu techník všeobecné opisy už uvedené v kapitole

3. Aby sa zabránilo opakovaniu, v prípade tých všeobecných techník, ktoré sú už opísané v kapitole 3, sa v súhrnných tabuľkách uvádzajú len doplňujúce informácie, ktoré sú špecifické pre spalovanie odpadu.

9.3.1 Techniky na kontrolu difúzných emisií a zápachov zo skladovania a manipulácie s prašným a zápachajúcim odpadom

V tabuľke 9.7 sú zhrnuté všeobecné techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre skladovanie a manipuláciu s odpadom určeným na spalovanie.

Tabuľka 9.7: Všeobecné techniky skladovania a manipulácie s odpadom určeným na spalovanie

Technika	Opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické aspekty relevantné pre použiteľnosť
					Nové a existujúce zariadenia
Preprava a manipulácia s odpadom					
Preprava v uzavretých systémoch	Preprava prašného a/alebo zápachajúceho odpadu, ako je kal, v uzavretých alebo zakrytých kontajneroch	Zníženie emisií zápachu a fugitívnych emisií	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Všeobecne použiteľné
Vykládka v uzavretých priestoroch	Vykládka prašného a/alebo zápachajúceho odpadu v uzavretých priestoroch, napr. vybavených odsávacími zariadeniami, ktoré odvádzajú zápachajúci vzduch priamo do spaľovacej komory alebo horáka, kde môže byť použitý ako spaľovací vzduch	Zníženie emisií zápachu a fugitívnych emisií			
Uzatvorené skladovanie odpadu	Skladovanie prašného a/alebo zápachajúceho odpadu v uzavretých silách alebo bunkroch	Zníženie zápachových a fugitívnych emisií			
Úprava vzduchu zo skladovania čistiarenského kalu	Použitie odsávacích zariadení a následných čistiacich zariadení v silách, bunkroch a násypkách, v ktorých sa skladujú kaly z čistiarní odpadových vôd. Zápachajúci vzduch môže byť vedený priamo do spaľovacej komory alebo horáka, kde môže byť použitý ako spaľovací vzduch. Bez odsávacích zariadení môže byť riziko výbuchu v dôsledku vysokej koncentrácie metánu vysoké. K produkcii metánu môže dochádzať najmä vo vnútri násypky pre mechanicky sušené kaly v dôsledku ich vysokého obsahu vody	Nízke emisie do okolitého ovzdušia a nízke koncentrácie metánu vo vnútri násypiek, čím sa znižuje riziko výbuchu.			

9.3.2 Techniky predbežnej úpravy odpadu

V tabuľke 9.8 sú zhrnuté všeobecné techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre predbežnú úpravu odpadu.

Tabuľka 9.8: Všeobecné techniky predbežnej úpravy odpadu určeného na spoluspaľovanie

Technika	Opis	Dosiahnutý environmentálny prínos	Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje	Medzizložkové vplyvy	Technické aspekty relevantné pre použiteľnosť		Hnacie sily implementácie
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia	
Sušenie	Pozri dokument BREF pre spracovanie odpadu	Udržiava dobrý výkon kotla	Vysoká prevádzková skúsenosť	Na sušenie je potrebná dodatočná energia. Hoci vysoký obsah vlhkosti v odpade negatívne ovplyvňuje výkon kotla, v niektorých prípadoch sú náklady a energetické nároky tepelného sušenia také, že je ekonomickejšie spaľovať mechanicky sušený čistiarenský kal s vysokým obsahom vody.	Použiteľnosť môže byť obmedzená nedostatočným množstvom tepla, ktoré je možné z procesu získať, požadovanými podmienkami spaľovania alebo obsahom vlhkosti v odpade		Odpad s vysokým obsahom vlhkosti je možné po vysušení použiť
Solárne sušenie čistiarenskeho kalu	Pozri dokument BREF pre spracovanie odpadu	Udržiava dobrý výkon kotla	Vysoká prevádzková skúsenosť	Tendencia k tvorbe zápachových emisií	Použiteľnosť môže byť obmedzená dostupným priestorom		Zníženie celkovej energetickej náročnosti zariadenia
Pyrolýza	Predbežná úprava pyrolýzou môže zabezpečiť dostatočné spálenie v kotle vďaka krátkej dobe zotrvania paliva v peci	Vplyv odpadu na výkon kotla je znížený	Obmedzené prevádzkové skúsenosti	Pyrolytický reaktor vyžaduje dodatočnú energiu	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť môže závisieť od konštrukcie hlavného kotla.	Pyrolýza môže byť atraktívnou možnosťou pre odpad, ktorý nie je možné rozomlieť v mlyne na tuhé palivá na rozmery požadované pre spoluspaľovanie v spaľovni na práškové tuhé palivá. Možno použiť veľké množstvo rôznych druhov odpadu

Anaeróbna digestia	Odpad musí byť biologicky rozložiteľný. Reaktor pracuje pri nízkych teplotách takmer bez korózie. Pozri aj dokument BREF pre spracovanie odpadu	Metanizácia odpadu má niekoľko výhod, pretože produkty sa ľahko vkladajú do kotla.	Vysoká prevádzková skúsenosť	NA	Všeobecná použiteľnosť		Možno použiť veľké množstvo rôznych druhov odpadu. Táto technika je vhodná pre odpad s vysokým obsahom vody.
Splyňovanie	Pozri kapitolu 4. Pozri aj dokument BREF pre spaľovanie odpadu	NA	Obmedzené prevádzkové skúsenosti	NA	Všeobecne použiteľné	Použiteľnosť môže závisieť od konštrukcie hlavného kotla	Veľké množstvá odpadu s vysokou koncentráciou kovov (napr. Hg) môžu byť spoluspaľované po splyňovaní a čistení syntézneho plynu
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.							

9.3.3 Techniky zavádzania odpadu do spaľovacieho procesu

V tabuľke 9.9 sú zhrnuté všeobecné techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT pre zavádzanie odpadu do spaľovacieho procesu.

Tabuľka 9.9: Všeobecné techniky na zavádzanie odpadu do spaľovacieho procesu

Technika	Opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje	Medi-zložkové vplyvy	Technické aspekty relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Príklady zariadení
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Zmiešavanie s hlavným palivom	Heterogénny alebo zle zmiešaný prúd paliva alebo nerovnomerné rozloženie môžu ovplyvniť zapáľovanie a spaľovanie v kotle, a preto je potrebné tomu zabrániť.	Udržiava stabilné podmienky spaľovania	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Miešanie je možné len vtedy, ak je mletie správanie hlavného paliva a odpadu viacmenej rovnaké alebo ak je množstvo odpadu veľmi malé v porovnaní s prietokom hlavného paliva.		Špecifické pre zariadenie	Zariadenia 121, 142
Spoločný prívod hlavného paliva a odpadu	NA	Dobrý výkon kotla s fluidným ložom	NA	Žiadne	Všeobecne použiteľné	Všeobecne použiteľné	NA	NA
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.								

9.3.4 Techniky na prevenciu a/alebo znižovanie emisií do ovzdušia zo spoluspaľovania odpadov v zariadeniach na spaľovanie odpadov

Pri spoluspaľovaní odpadu je potrebné zohľadniť techniky, ktoré sa brali do úvahy pri určovaní BAT v kapitolách venovaných konkrétnym palivám. Spoluspaľovanie odpadu však môže mať tieto účinky:

- zmena objemu a zloženia spalín s dôsledkami na systémy prenosu tepla a čistenia spalín (napr. deaktivácia katalyzátora SCR azbestom, fosforom, fluórom a alkalickými kovmi) a rušenie systémov FGD;
- je potrebné zabezpečiť dobré a rovnomerné podmienky spaľovania (vrátane stability plameňa, teploty plameňa, tvorby oxidačnej atmosféry na povrchoch kotla a zabránenia tvorbe „vlákien“);
- môžu sa zvýšiť emisie do ovzdušia (najmä emisie Hg, kovov, dioxínov a furánov, HCl, HF, nespáleného uhlíka a CO).

Okrem uvedených techník sú v tabuľke 9.10 a tabuľke 9.11 zhrnuté všeobecné a špecifickejšie techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT na prevenciu a zníženie emisií do ovzdušia zo spoluspaľovania odpadu v spaľovniach.

Ďalšie podrobnosti o environmentálnych vlastností a prevádzkových údajoch týkajúcich sa emisií do ovzdušia z európskych spaľovní, ktoré spoluspaľujú odpad a uplatňujú techniky uvedené v týchto tabuľkách, sú uvedené za tabuľkami.

Tabuľka 9.10: Všeobecné techniky na prevenciu a znižovanie emisií do ovzdušia zo spalovania odpadu v spaľovacích zariadeniach

Technika	Opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje	Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť	Hospodárska únosnosť
Prach					
ESP	Pozri oddiel 3.2.2.1.1	Zníženie emisií prachu a kovov	Vysoká prevádzková skúsenosť	Všeobecne použiteľné	Špecifické pre zariadenie
Vrecový filter	Pozri oddiel 3.2.2.1.2	Zníženie emisií prachu a kovov	Vysoká prevádzková skúsenosť	Všeobecne použiteľné	Špecifické pre zariadenie
SO_x					
Techniky mokrého, polosuchého alebo suchého odstraňovania síry	Pozri oddiel 3.2.2.2	Zníženie emisií SO _x , HCl, HF, prachu a kovov	Vysoká prevádzková skúsenosť	Pozri hlavné kapitoly venované konkrétnym palivám Ďalšie podrobnosti o použiteľnosti jednotlivých techník	Špecifické pre zariadenie
NO_x					
Kombinácia primárnych a/alebo sekundárnych techník	Pozri oddiel 3.2.2.3	Zníženie emisií NO _x	Vysoká prevádzková skúsenosť	Pozri hlavné kapitoly venované konkrétnym palivám Ďalšie podrobnosti o použiteľnosti jednotlivých techník	Špecifické pre zariadenia
Kovy a iné látky, ako napríklad VOC a dioxíny					
Odlučovač kovov v prívodnom potrubí	Pozri oddiel 3.2.2.5.5	Zníženie množstva kovov vo vzduchu, vode a rezíduách	Vysoká prevádzková skúsenosť	Všeobecne použiteľné	Špecifické pre danú prevádzku
ESP alebo vrecový filter, mokré, polosuché alebo suché techniky FGD a ako dodatočná možnosť vstrekovanie aktívneho uhlíka a/alebo halogénovaných prísad	Pozri oddiel 3.2.2.5	Zníženie SO _x , HCl, HF, prachu a kovov (najmä Hg), ako aj VOC a dioxínov	Vysoká prevádzková skúsenosť	Ďalšie podrobnosti o použiteľnosti jednotlivých techník nájdete v hlavných kapitolách venovaných konkrétnym palivám	Špecifické pre zariadenie
Selektívna katalytická redukcia (SCR)	SCR zvyčajne vyžaduje väčší viacvrstvový katalyzátor ako len pre funkciu DeNO _x . Pozri aj oddiel 3.2.2.3.11	Zníženie plynných PCDD/F (nie viazaných na častice)	NA	Ďalšie podrobnosti o použiteľnosti jednotlivých techník nájdete v hlavných kapitolách venovaných konkrétnym palivám.	NA
Mokrú práčku	Mokrú práčku umožňuje rýchle ochladenie spalín z ich teploty spaľovania na teplotu pod 100 °C, čím obmedzuje tvorbu dioxínov pri ochladzovaní spalín. Pozri aj oddiel 3.2.2.1.4.	Zníženie PCDD/F	NA	Ďalšie podrobnosti o použiteľnosti jednotlivých techník nájdete v hlavných kapitolách venovaných konkrétnym palivám.	NA
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.					

Tabuľka 9.11: Špecifické techniky na prevenciu a znižovanie emisií do ovzdušia zo spalovania odpadov v spaľovacích zariadeniach

Technika	Opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje	Medzi-zložkové vplyvy	Technické aspekty relevantné pre použiteľnosť		Hospodárska únosnosť	Hnacie sily implementácie
					Nové zariadenia	Existujúce zariadenia		
Starostlivý výber odpadu na spalovanie	Presná znalosť pôvodu odpadu, fyzikálno-chemických parametrov a potenciálnej nebezpečnosti. Odpady sa pravidelne analyzujú s cieľom skontrolovať ich kvalitu na spalovanie. Komplexná analýza odpadu pri dodaní môže zahŕňať: meno a adresu dodávateľa, hmotnosť, vlastníka a pôvod odpadu, obsah vody a popola, výhrevnosť, obsah chloridov, fluoridov, síry a kovov	Lepšia znalosť odpadu pomáha predchádzať neočakávaným špičkám znečisťujúcich látok a zabraňuje poškodeniu kotla v dôsledku korózie	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne	Všeobecne platné	Všeobecne platné	Špecifické pre rastliny	NA
Obmedzenie percentuálneho podielu odpadu, ktorý sa spaluje	NA	Obmedzenie dodatočného vplyvu na životné prostredie	Vysoká prevádzková skúsenosť	Žiadne		Všeobecne uplatniteľné	Špecifické pre zariadenie	NA
Splyňovanie	Pozri kapitolu 4. Pozri aj dokument BREF pre spalovanie odpadu	NA	Obmedzené prevádzkové skúsenosti	NA		Použiteľnosť môže závisieť od konštrukcie hlavného kotla	Špecifické pre zariadenie	Veľké množstvá odpadu s vysokou koncentráciou kovov (vrátane Hg) môžu byť spalované po splyňovaní a čistení vyprodukovaného plynu
Poznámka: NA: Nie sú k dispozícii žiadne relevantné špecifické informácie.								

Environmentálny profil a prevádzkové údaje: emisie do ovzdušia zo spaľovacích zariadení, ktoré používajú všeobecné techniky uvedené v tabuľke 9.10 a tabuľke 9.11

Zariadenia na spoluspaľovanie odpadu sa celkovo delia do dvoch skupín v závislosti od referenčného paliva:

1. Spaľovacie zariadenie na čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie, ktoré spoluspaľujú odpad

Na základe údajov zhromaždených na úrovni zariadení v celej EÚ za rok 2010 sú v oddiele 5.1 uvedené dosiahnuté úrovne emisií NO_x , SO_x , HCl, HF, prachu a ortuti, ako aj energetická účinnosť zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie, ktoré spoluspaľujú odpad, spolu s emisiami zo zariadení, ktoré spaľujú rovnaké hlavné palivá bez spoluspaľovania. V nasledujúcich odsekoch sú uvedené ďalšie kontextové informácie s cieľom zdôrazniť možný vplyv spoluspaľovania odpadu na dosiahnuté úrovne emisií. Keďže tento dokument BREF posudzuje energetickú účinnosť na základe projektových hodnôt, nie je možné poskytnúť ďalšiu relevantnú analýzu na úrovni zariadení s cieľom charakterizovať vplyv spoluspaľovania odpadu na energetickú účinnosť. Ďalšie grafy predstavujú emisie kovov (Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V a Cd+Tl), TVOC a PCDD/F zo zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie vrátane zariadení spoluspaľujúcich odpad.

Emisie SO_2

Obrázok 5.32 ukazuje úrovne emisií SO_2 dosiahnuté v dobre fungujúcich zariadení s výkonom viac ako 300 MW_{th} spaľujúcich čierne uhlie a/alebo iné než miestne hnedé uhlie. Zo zariadení uvedených v grafe spaľujú zariadenia 123 a 662 0,1 % resp. 0,2 % čistiarenskeho kalu; zariadenia 211 a 212 spaľujú 2 % živočíšnej múčky, 2 % rezíduí zo spracovania rastlinných potravín a 2 % pilín; zariadenie 146 spaľuje 6 % kvapalného odpadu a 2 % tuhého odpadu; Zariadenie 219 spaľuje 2 % RDF; zariadenie 142 spaľuje 4 % komerčného a komunálneho tuhého odpadu. Zo zariadení spaľujúcich iné než miestne hnedé uhlie uvedených na obrázku 5.33 približne polovica spoluspaľuje odpad v rozsahu od 2 % do 3 %. Všetky tieto zariadenia, rovnako ako ostatné zariadenia uvedené v tabuľkách, sú vybavené mokkými systémami FGD a dosahujú úrovne emisií SO_2 v rovnakom rozsahu.

Emisie HCl a HF

Obrázok 5.34 ukazuje úrovne emisií HCl dosiahnuté v dobre fungujúcich zariadeniach spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 100 MW_{th} . Tabuľka 9.12 sumarizuje mieru spoluspaľovania v týchto zariadeniach a ich výkonnosť z hľadiska emisií HCl.

Tabuľka 9.12 ukazuje, že zariadenia spaľujúce čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie, ktoré spoluspaľujú odpad, dosahujú ročné priemerné emisie HCl v rovnakom rozsahu ako zariadenia, ktoré odpad nespolu spaľujú. Spolu spaľovanie odpadu však môže byť spojené s krátkodobými špičkami emisií, ktoré sú v tabuľke uvedené ako „horná hranica“. Zariadenia 211V a 212V (420–435 MW_{th}) napríklad dosahujú ročné priemerné hodnoty HCl pod 0,5 mg/Nm^3 , ale s krátkodobými vrcholmi 94 mg/Nm^3 a 46 mg/Nm^3 . Obe zariadenia sú kotly PC spaľujúce uhlie s priemerným obsahom chlóru 73 mg/kg a 6 % odpadu, s priemerným obsahom chlóru medzi 1 000 mg/kg a 5 000 mg/kg , čo môže vysvetľovať výskyt vrcholov emisií HCl. Zariadenie 17V, ktoré dosahuje najlepšie výsledky, nespolu spaľuje odpad, ale spaľuje uhlie s priemerným obsahom chlóru 60 mg/kg s malým podielom biomasy s obsahom chlóru približne 950 mg/kg .

Tabuľka 9.12: Miera spoluspaľovania a dosiahnuté emisie HCl v zariadeniach na spaľovanie čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia s výkonom viac ako 100 MW_{th} s dobrými výsledkami (pozri obrázok 5.34)

Kód zariadenia	Stupeň spoluspaľovania (podľa tepelného príkonu)	Ročný priemer HCl (mg/Nm ³)	HCl horná hranica rozsahu ¹ (mg/Nm ³)	Kód zariadenia	Podiel spoluspaľovania (podľa tepelného príkonu)	Ročný priemer HCl (mg/Nm ³)	HCl horná hranica rozsahu ¹ (mg/Nm ³)
17V	-	0,12	38,7	77	-	1,20	NA
221VC	-	0,23	0,3	441-1V	-	1,33	NA
23V	-	0,29	NA	367V	-	1,35	4,8
212V	6	0,30	94,0	117 1VC	3	1,35	3,4
415-2V	-	0,37	0,7	478-2	-	1,40	2,9
690	-	0,4	NA	25-1V	-	1,5	NA
415-1V	-	0,42	0,8	390-6V	-	1,56	NA
124bV C	-	0,50	0,7	390-1V	-	1,60	NA
211V	6	0,50	46,0	390-2V	-	1,67	NA
141V	-	0,50	NA	390-5 V	-	1,92	NA
101V	-	0,52	NA	224V	-	1,97	NA
34V	-	0,57	NA	662V	0,20	2,00	3,0
146V	6	0,60	NA	286 V	-	2,2	NA
213V	-	0,7	NA	132VC	-	2,17	NA
117-2VC	3	0,70	0,8	390-3V	-	2,19	NA
253V	-	0,76	1,0	197VC	-	2,23	3,6
128-3VC	2	0,80	1,2	478-1	-	2,27	2,3
128-4VC	2	0,80	1,2	442V	-	2,52	29,7
123 VC	0,10	0,85	4,6	479V	-	2,88	NA
689	-	0,9	NA	131V	-	3,05	7,5
547V	-	0,89	1,1	390-4V	-	3,10	NA
121VC	1	1,00	NA	368V	-	3,20	23,0
128 1VC	3 %	1,00	1,7	198VC	-	3,24	4,3
127-2VC	2	1,00	1,7	441-2V	-	3,67	NA
128-2VC	3	1,00	1,7	391V	-	3,88	NA
127-1VC	2	1,00	1,7	219VC	2	4,20	23,8
69V	-	1,00	NA	388NV	-	4,46	NA
223V	-	1,15	NA	18-2V	-	4,77	NA

(¹) Horná hranica rozsahu zodpovedá ročnému maximu hodinových priemerov alebo maximu vzoriek získaných počas roka.
Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 5.35 znázorňuje úrovne emisií HF dosiahnuté v dobre fungujúcich zariadeniach spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 100 MW_{th}. Tabuľka 9.17 sumarizuje mieru spoluspaľovania v týchto zariadeniach a ich výkonnosť z hľadiska emisií HF. Hoci v zásade platia rovnaké úvahy ako v prípade HCl, vo väčšine prípadov nie je obsah fluóru v odpade spaľovanom v zariadeniach uvedených v tabuľke výrazne vyšší ako v hlavnom palive a dosiahnuté úrovne emisií HF sú podobné v zariadeniach, ktoré spoluspaľujú odpad, aj v tých, ktoré to nerobia.

Tabuľka 9.13: Miera spoluspaľovania a dosiahnuté priemerné ročné emisie HF v dobre fungujúcich zariadeniach spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 100 MW_{th} (pozri obrázok 5.35)

Kód zariadenia	Stupeň spoluspaľovania (podľa tepelného príkonu)	Ročný priemer HF (mg/Nm ³)	Horná hranica rozsahu HF ¹ (mg/Nm ³)	Kód zariadenia	Stupeň spoluspaľovania (podľa tepelného príkonu)	Ročný priemer HF (mg/Nm ³)	HF horná hranica rozsahu ¹ (mg/Nm ³)
662V	0,20	0	0,01	142VC	4	0,86	NA
253V	-	0,04	0	390-1V	-	0,94	NA
224V	-	0,06		221 VC	-	0,95	1,3
123VC	-	0,07		1005V	-	1,00	NA
23	-	0,10		1000 V	-	1,0	NA
212 V	6 %	0,10	4,1	415-1V	-	1,10	1,4
141V	-	0,10		415-2V	-	1,15	1,4
25-1V	-	0,1		18-2V	-	1,19	NA
34V	-	0,12		388NV	-	1,42	NA
17V	-	0,13	1,8	390-5V	-	1,54	NA
22_1V	-	0,1	0,1	390-4V	-	1,59	NA
146V	6	0,15		121VC	-	1,63	NA
197VC	-	0,22	0,9	479V	-	1,66	NA
213V	-	0,3		547V	-	1,85	1,9
211V	6	0,30	1,3	444V	-	1,90	9,6
390-3 V	-	0,34		77V	-	2,10	NA
184V	-	0,39		441-1V	-	2,10	NA
286V	-	0,5		124VC	-	2,10	2,5
367V	-	0,47		385 V	-	2,25	NA
198 VC	-	0,58	1,0	18-1V	-	2,48	NA
99 V	-	0,58		368V	-	2,60	5,0
441-2V	-	0,67		390-2V	-	2,62	NA
124bVC	-	0,74	1,0	223V	-	2,80	NA

(¹) Horná hranica rozsahu zodpovedá ročnému maximu hodinových priemerov alebo maximu vzoriek získaných počas roka.
Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Emisie NO_x

Obrázok 5.37 a obrázok 5.38 ukazujú úrovne emisií NO_x dosiahnuté v dobre fungujúcich zariadeniach spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 300 MW_{th}. Z 24 zariadení uvedených v oboch grafoch spoluspaľuje zariadenie 219 2 % RDF, zariadenie 662 spaľuje 0,2 % čistiarenského kalu a zariadenie 377 spaľuje 8 % kalu. Tieto zariadenia sú vybavené podobnými technikami ako ostatné zariadenia na obrázkoch a dosahujú podobné úrovne emisií NO_x.

Emisie prachu

Obrázok 5.28 a obrázok 5.29 ukazujú úrovne emisií prachu dosiahnuté v dobre fungujúcich zariadeniach spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom medzi 300 MW_{th} a 1 000 MW_{th} a nad 1 000 MW_{th}.

Z 24 zariadení uvedených na obrázku 5.28 spaľuje zariadenie 219 2 % RDF, zariadenie 662 spaľuje 0,2 % čistiarenského kalu a zariadenie 146 spaľuje približne 9 % tuhého a kvapalného odpadu spolu. Z 34 zariadení uvedených na obrázku 5.29 je deväť zariadení (127-2VC, 127-1 VC, 117-2VC, 117-1VC, 123VC, 142VC, 121VC, 128-4VC, 128-2VC) majú stupeň spoluspaľovania medzi 0,1 % a 4 %. V prípade oboch obrázkov sú spoluspaľovacie zariadenia vybavené podobnými technikami ako ostatné zariadenia na obrázku a dosahujú podobné úrovne emisií prachu.

Emisie ortuti

Obrázok 5.30 a obrázok 5.31 ukazujú úrovne emisií ortuti dosiahnuté v dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a hnedé uhlie.

Z 52 zariadení uvedených na obrázku 5.30 je 12 zariadení (211V, 156V, 462V, 662V, 81V, 219VC, 212V, 121VC, 142VC, 123VC, 146V, 377V) majú stupeň spalovania medzi

0,1 % a 37 %. Žiadne zo zariadení nie je vybavené špeciálnymi technológiami na odstraňovanie ortuti okrem všeobecných technológií na odstraňovanie NO_x, SO_x, prachu a súvisiacich znečisťujúcich látok. Úrovne emisií ortuti dosiahnuté v spaľovacích zariadeniach sú v rovnakom rozsahu ako v iných zariadeniach, hoci vo väčšine prípadov údaje nepreukázali, aká časť ortuti pochádza z uhlia a aká z odpadu.

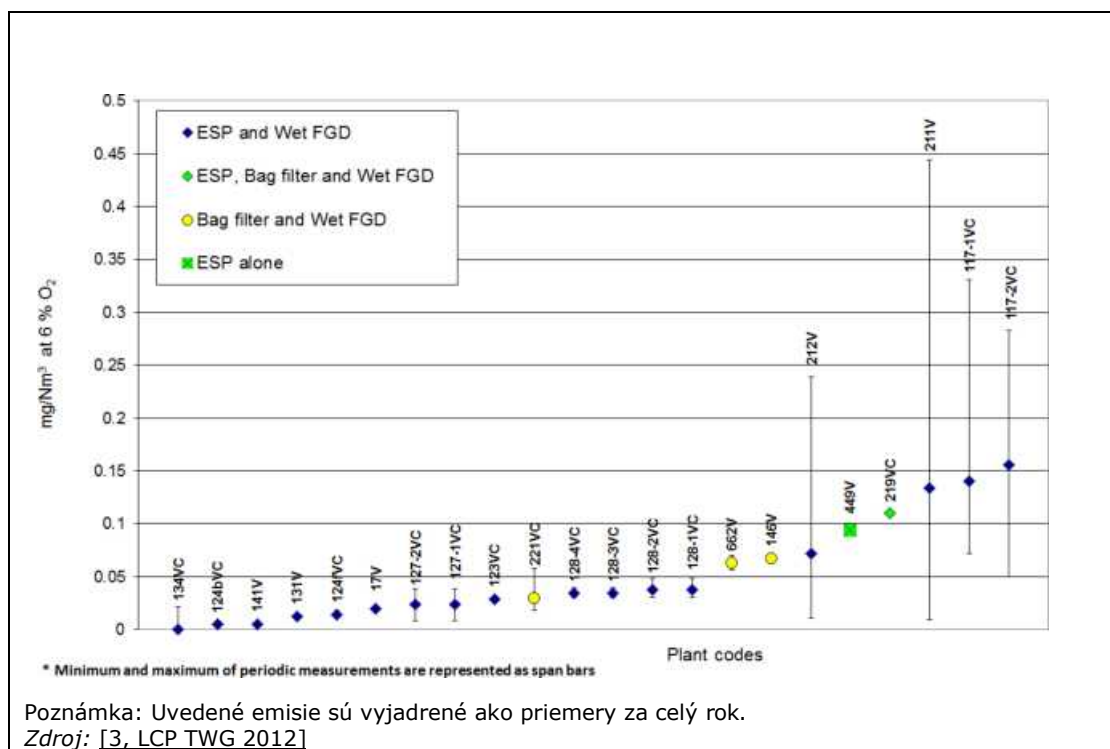
Z 23 zariadení uvedených na obrázku 5.31 je šesť zariadení (127-2VC, 127-1VC, 128-4VC, 128-1VC, 128-3VC, 128-2VC) s mierou spalovania odpadu medzi 1,5 % a 3 %. Žiadne zo zariadení nie je vybavené špeciálnymi technikami na odstraňovanie ortuti okrem všeobecných techník na odstraňovanie SO_x, prachu a súvisiacich znečisťujúcich látok. Hoci úrovne emisií ortuti dosiahnuté zariadeniami so spalovaním odpadu sú vo všeobecnosti na hornej hranici rozsahu uvedeného na obrázku, hlásené úrovne sú v rovnakom rozsahu ako úrovne podobných zariadení, ktoré odpad nespalsujú. To je napríklad prípad zariadení 129-1VC a 129-2VC, ktoré sú technicky identické so zariadeniami 128-1VC až 128-4VC (1525 MW_{th} DBB spaľujúce práškové hnedé uhlie, vybavené mokrým FGD a ESP), ale nespalsujú odpad, a ktoré vykazujú rovnaké úrovne emisií ortuti.

Emisie kovov viazaných na častice

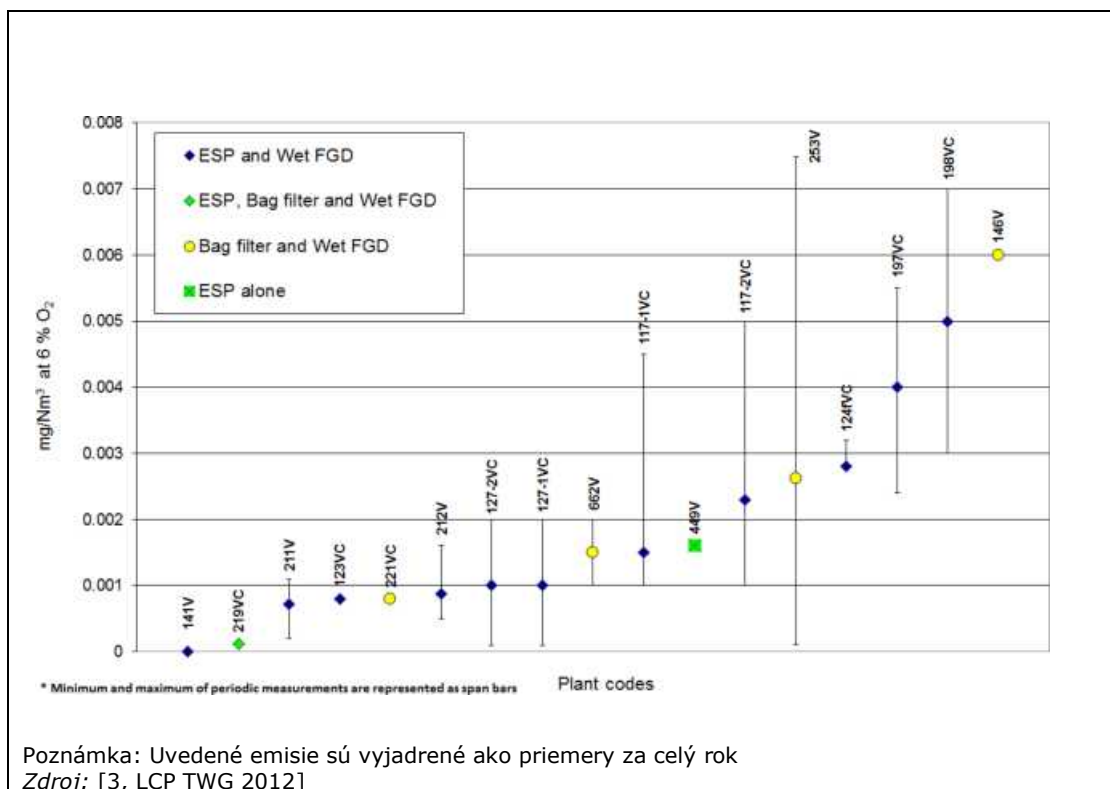
Obrázok 9.3 a obrázok 9.4 ukazujú úrovne emisií kovov dosiahnuté v dobre fungujúcich spaľovacích zariadeniach na čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom > 300 MW_{th}. Uvedené zariadenia majú výkon od 380 MW_{th} do 2 500 MW_{th}, prevádzkujú sa v rozmedzí od 4 300 h/rok do 8 700 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 56 %. Dve tretiny týchto zariadení (15 z 22 v obrázku 9.3 a 11 z 17 v obrázku 9.4) spalujú odpad v množstve od 0,1 % do 6 % (na základe LHV). Konkrétne, zariadenia 128-1VC až 128-4VC spalujú 2 % až 3 % tuhého odpadu s priemerným obsahom kovov 1 400 mg/kg a dosahujú priemerné emisie Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V pod 0,04 mg/Nm³ ako priemer vzoriek za rok s nízkou disperziou (pod 0,05 mg/Nm³ ako ročné maximum). V ostatných prípadoch sa ukázalo, že spalovanie odpadu je spojené s väčšími krátkodobými výkyvmi, ako v zariadeniach 117-1V a 117-2V, ktoré spalujú 3 % čistiarenskeho kalu s priemerným obsahom kovov 1 900 mg/kg. Zariadenia 211V a 212V tiež spalujú až 6 % tuhého odpadu. Všetky hlásené Cd+Tl emisie pod 0,006 mg/Nm³ ako priemer vzoriek za rok a nižšie ako 0,0075 mg/Nm³ ako maximum.

Všetky tieto zariadenia boli uvedené do prevádzky v rokoch 1965 až 2010 a pravidelne monitorujú emisie kovov (od dvakrát ročne do deväťkrát ročne, s výnimkou zariadenia 146V, ktoré uviedlo iba jedno meranie). Ich ročné priemerné emisie prachu sa pohybujú medzi 1 mg/Nm³ a 12 mg/Nm³.

Iba niekoľko dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom menším ako 300 MW_{th} uviedlo významný stupeň spalovania odpadu. Medzi nimi je maximálna uvádzaná úroveň emisií Cd+Tl počas obdobia odberu vzoriek okolo 0,011 mg/Nm³.



Obrázok 9.3: Emisie Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom nad 300 MW_{th} vrátane elektrární spoluspaľujúcich odpad

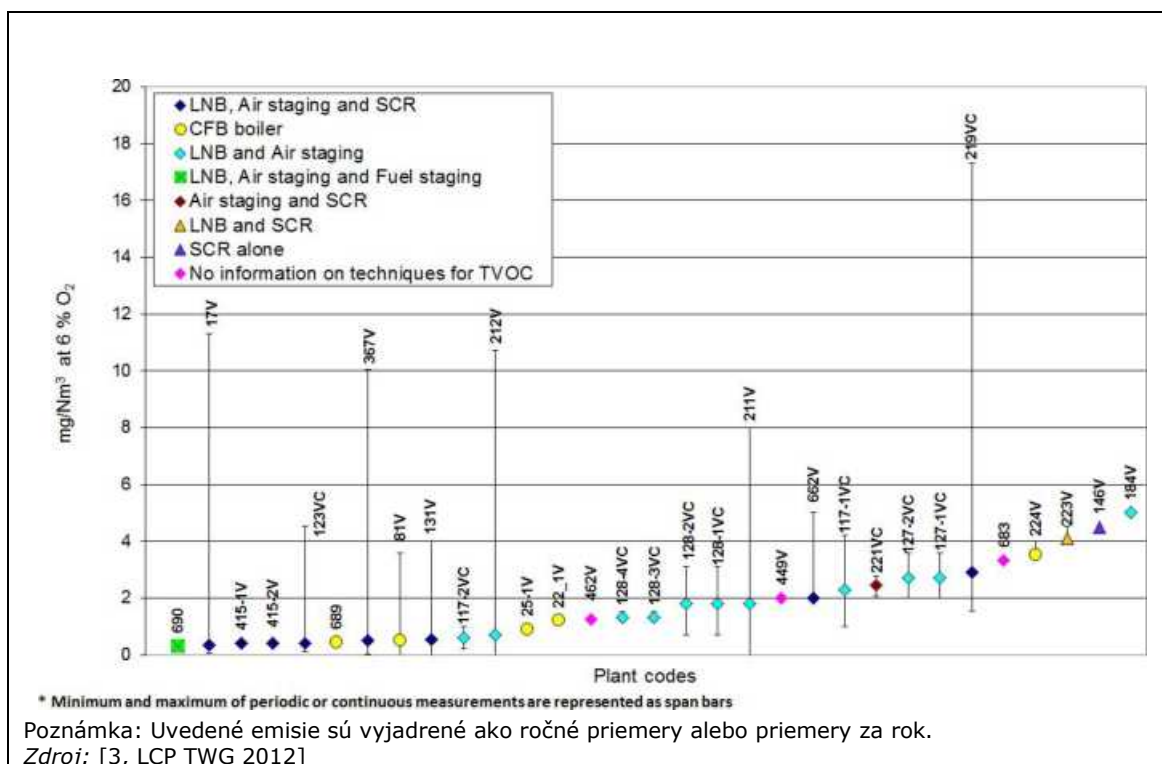


Obrázok 9.4: Emisie Cd+Tl z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a hnedé uhlie s výkonom viac ako 300 MW_{th} vrátane zariadení spoluspaľujúcich odpad (priemer za rok)

Emisie TVOC

Obrázok 9.5 ukazuje úrovne emisií TVOC dosiahnuté vo výkonných zariadeniach spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom medzi 74 MW_{th} a 2 500 MW_{th}, ktoré prevádzkujú medzi 4 000 h/rok a 8 700 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 56 %, s výnimkou zariadenia 224V, ktorá uviedla ekvivalentný faktor plného zaťaženia 25 %. Polovica z týchto zariadení (16 z 31) spolu spaľuje odpad v množstve od 0,1 % do 37 % (na základe LHV). Všetky uvádzajú emisie TVOC pod 5 mg/Nm³ ako ročný priemer alebo priemer vzoriek za rok. Vo väčšine prípadov sú krátkodobé maximá dosiahnuté týmito zariadeniami hlboko pod 10 mg/Nm³. Zariadenia 17V, 212V a 219VC uvádzajú maximá nad 10 mg/Nm³ a až 17 mg/Nm³ ako maximálny polhodinový priemer za rok. Z nich zariadenia 212V a 219 VC spolu spaľujú 6 % resp. 2 % odpadu.

Všetky tieto zariadenia boli uvedené do prevádzky v rokoch 1964 až 2006 a monitorujú svoje emisie TVOC nepretržite alebo pravidelne (od jedenkrát ročne do deväťkrát ročne).

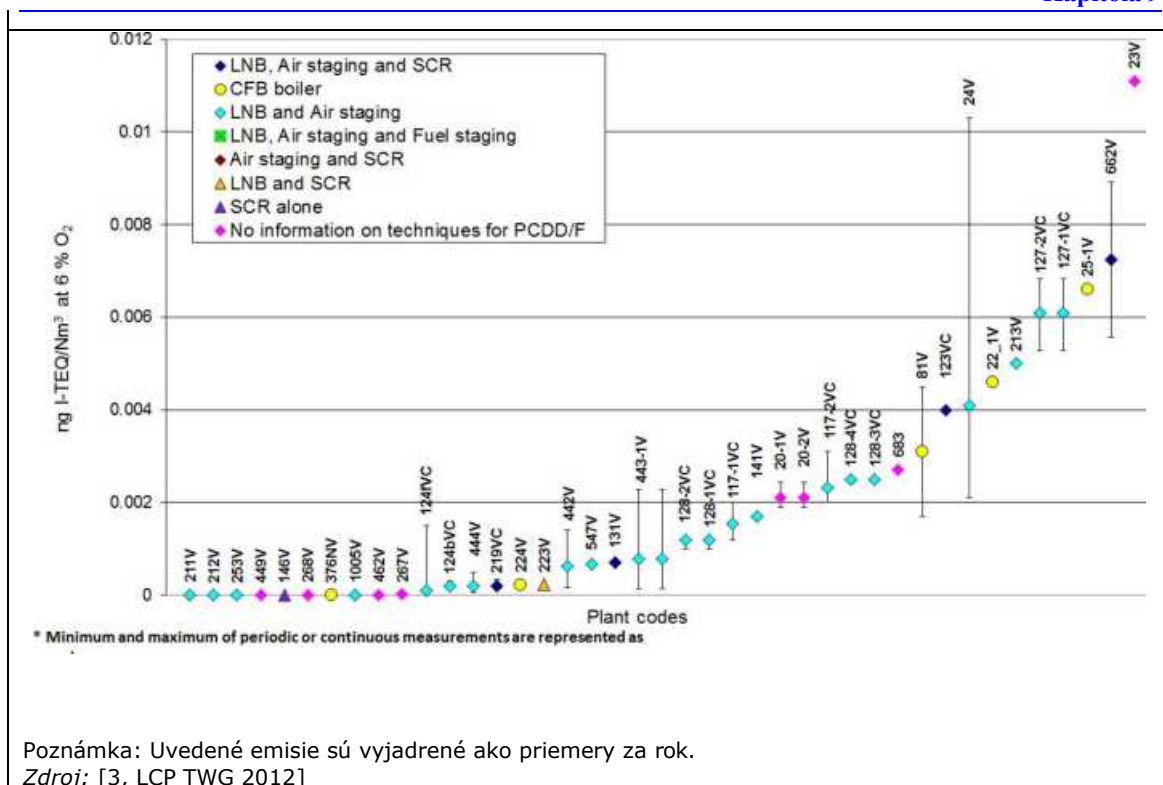


Obrázok 9.5: Emisie TVOC z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a hnedé uhlie, vrátane zariadení spolu spaľujúcich odpad

Emisie PCDD/F

Obrázok 9.6 ukazuje úrovne emisií PCDD/F dosiahnuté vo výkonných zariadeniach spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom medzi 42 MW_{th} a 3 800 MW_{th}, prevádzkovaných medzi 2 000 h/rok a 8 700 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 56 %. Približne polovica týchto zariadení (16 z 41) spolu spaľuje odpad v množstve od 0,1 % do 37 % (na základe LHV). Všetky uvádzajú emisie PCDD/F pod 0,012 ng I-TEQ/Nm³ ako priemer vzoriek za rok, tak aj ako priemer za jednotlivé obdobia odberu vzoriek.

Všetky tieto zariadenia boli uvedené do prevádzky v rokoch 1964 až 2006 a pravidelne monitorujú svoje emisie PCDD/F (od jedenkrát ročne do 11-krát ročne).



Obrázok 9.6: Emisie PCDD/F z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie s výkonom viac ako 300 MW_{th} vrátane zariadení spoluspaľujúcich odpad

2. Zariadenia spaľujúce biomasu a/alebo rašelinu, ktoré spoluspaľujú odpad

Na základe údajov zozbieraných na úrovni zariadení v celej EÚ za rok 2010 sú v oddiele 5.2 uvedené dosiahnuté úrovne emisií NO_x, SO_x, HCl, HF, prachu a ortuti, ako aj energetická účinnosť zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu, ktoré spoluspaľujú odpad, spolu s emisiami zariadení, ktoré spaľujú rovnaké hlavné palivá bez spoluspaľovania. V nasledujúcich odsekoch sú uvedené ďalšie kontextové informácie, ktoré poukazujú na možný vplyv spoluspaľovania odpadu na dosiahnuté úrovne emisií. Keďže tento dokument BREF hodnotí energetickú účinnosť na základe projektových hodnôt, nie je možné poskytnúť ďalšiu relevantnú analýzu na úrovni zariadení, ktorá by charakterizovala vplyv spoluspaľovania odpadu na energetickú účinnosť. Ďalšie grafy predstavujú emisie kovov (Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V a Cd+Ti), TVOC a PCDD/F zo zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu vrátane zariadení spoluspaľujúcich odpad.

Emisie SO₂

Obrázok 5.45 a obrázok 5.46 ukazujú úrovne emisií SO₂ dosiahnuté v dobre fungujúcich zariadeniach spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom menej ako 100 MW_{th} a medzi 100 MW_{th} a 300 MW_{th}. Približne tretina zariadení uvedených v oboch grafoch spaľuje odpad v rôznej miere (až do 100 %, ak sa zahrnie odpad z biomasy), vrátane zariadení 671V, 464V, 672V, 470V, 108-1/2VC, 455V, 476V, 46V, 673V. Všetky tieto zariadenia sú vo všeobecnosti vybavené sekundárnymi technikami, ako sú kondenzátor FG, mokrý systém FGD, SDA, DSI alebo práčky, a dosahujú úrovne emisií SO₂ v rovnakom rozsahu ako ostatné zariadenia, ktoré nespolu spaľujú odpad a ktoré často nie sú vybavené špecifickými technikami na kontrolu emisií SO₂. Zariadenie 476V spaľuje 20 % odpadu z pneumatík s obsahom síry 1,6 % a vykazuje väčšie hodinové výkyvy ako ostatné zariadenia na obrázku 5.46. Žiadne zo zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinou s výkonom viac ako 300 MW_{th} na obrázku 5.47 nespolu spaľuje odpad.

Emisie HCl a HF

Obrázok 5.51 a obrázok 5.52 ukazujú úrovne emisií HCl dosiahnuté v dobre fungujúcich zariadeniach spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom menej ako 100 MW_{th} a medzi 100 MW_{th} a 300 MW_{th}. Približne tretina zariadení uvedených v oboch grafoch spaľuje odpad v rôznej miere (až do 100 %, ak sa zahrnie odpad

z biomasy), vrátane zariadení 672V, 470V, 464V, 489-3, 108- 1/2VC, 667V, 476V. Tieto zariadenia sú vo všeobecnosti častejšie vybavené sekundárnymi technikami na znižovanie emisií HCl ako ostatné zariadenia uvedené v tých istých grafoch a dosahujú úrovně emisií HCl v rovnakom rozsahu ako ostatné zariadenia, ktoré nespolutpalia odpad. Žiadne zo zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom viac ako 300 MW_{th} [3, LCP TWG 2012] nespolutpaluje odpad.

Obrázok 5.53 a obrázok 5.54 ukazujú úrovně emisií HF dosiahnuté v dobre fungujúcich zariadeniach spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom menej ako 100 MW_{th} a medzi 100 a 300 MW_{th}. Iba niekoľko zariadení uvedených v oboch grafoch spaľuje odpad vrátane zariadení 470V (spaľujúcej 25 % tuhého odpadu živočíšneho pôvodu) a 46V (spaľujúcej 8 % SRF). Tieto zariadenia sú zvyčajne vybavené sekundárnymi technikami znižovania emisií a dosahujú ročné priemerné úrovně emisií HF v rovnakom rozsahu ako ostatné zariadenia, ktoré nespolutpalujú odpad, hoci s relatívne vysokými krátkodobými výkyvmi. Žiadne zo zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom viac ako 300 MW_{th} [3, LCP TWG 2012] nespolutpaluje odpad.

Emisie NO_x

Obrázok 5.45 a obrázok 5.46 ukazujú úrovně emisií NO_x dosiahnuté v dobre fungujúcich zariadeniach spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom menej ako 100 MW_{th} a medzi 100 MW_{th} a 300 MW_{th}. Približne tretina zariadení uvedených v oboch grafoch spaľuje odpad v rôznej miere (až do 100 %, ak sa zahrnie odpad z biomasy), vrátane zariadení 470, 464V, 672, 671, 655VC, 108-1VC, 455, 476V, 674, 667, 673, 678. Zariadenia v týchto grafoch sú väčšinou vybavené primárnymi technikami a/alebo SNCR a hoci zariadenia vybavené sekundárnymi technikami znižovania emisií dosahujú väčšinou nižšie úrovně emisií ako zariadenia vybavené iba primárnymi technikami, nie je možné odvodiť jasnú koreláciu medzi úrovnami NO_x a mierou spolutpalovania odpadu. Žiadne zo zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinou s výkonom viac ako 300 MW_{th} na obrázku 5.47 nespolutpaluje odpad.

Emisie prachu

Obrázok 5.55 a obrázok 5.56 ukazujú úrovně emisií prachu dosiahnuté v dobre fungujúcich zariadeniach spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom menej ako 100 MW_{th} a medzi 100 a 300 MW_{th}. Približne tretina zariadení uvedených v oboch grafoch spaľuje odpad v rôznej miere (až do 100 %, ak sa zahrnie odpad z biomasy) vrátane zariadení 672, 671, 108-2VC, 489-3V, 464V, 655VC, 455, 667, 476V, 678, 46V. V prípade oboch grafov sú spolutpalovacie zariadenia vybavené podobnými technikami ako ostatné zariadenia v grafoch a dosahujú podobné úrovně emisií prachu. Žiadne zo zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu s výkonom viac ako 300 MW_{th} v grafe 5.57 nespolutpaluje odpad.

Emisie ortuti

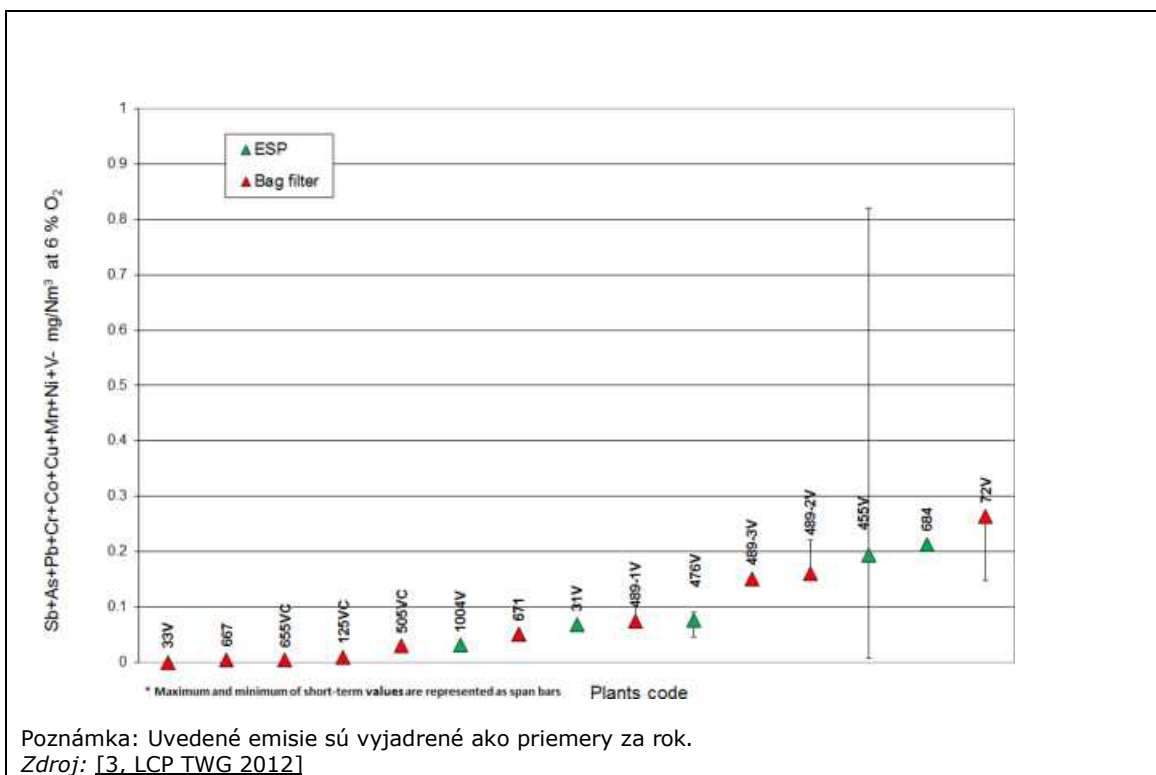
Obrázok 5.58 ukazuje úrovně emisií ortuti dosiahnuté v dobre fungujúcich zariadeniach spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu. Približne polovica z 22 uvedených zariadení (46V, 476V, 464V, 655VC, 667, 470V, 671, 455V, 672) spolutpaluje odpad v rozsahu až 100 %, ak sa zahrnie odpad z biomasy. Tretina týchto zariadení (46V, 655VC, 470V) je vybavená vstrekománím aktívneho uhlíka spolu s vrecovým filtrom. Väčšina týchto zariadení pravidelne monitoruje svoje emisie (od jedenkrát ročne do 16-krát ročne), pričom tri zariadenia monitorujú ortuť nepretržite. Všetky dosahujú úrovně emisií ortuti v rozmedzí 4 µg/Nm³ ako priemer vzoriek za rok alebo ročný priemer a v rozmedzí 5 µg/Nm³ ako priemer za vzorkovacie obdobie alebo ako 95. percentil krátkodobých priemerov v prípade nepretržitého monitorovania.

Emisie kovov viazaných na častice

Obrázok 5.55 a obrázok 5.56 ukazujú úrovně emisií kovov dosiahnuté v dobre fungujúcich spaľovacích zariadení na biomasu a/alebo rašelinu s výkonom medzi 50 MW_{th} a 365 MW_{th}, prevádzkované medzi 4 600 h/rok a 8 500 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 44 %. Tretina týchto zariadení (667, 671, 476V, 489-3V, 455V, 72V, 655VC, 470V) spolutpaluje odpad v množstve od 2 % do 100 %, ak sa započítava odpad z biomasy.

Všetky tieto zariadenia vykazujú emisie Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V nižšie ako 0,3 mg/Nm³ a emisie Cd+Tl nižšie ako 0,003 mg/Nm³ ako priemer vzoriek za rok. Pokiaľ ide o kolísanie emisií, niektoré zariadenia spoluspaľujúce odpad vykazujú ročné maximá buď Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V, alebo Cd+Tl, ktoré sú niekoľkonásobne vyššie ako ich priemer. Je to napríklad prípad zariadenia 455V, ktoré spoluspaľuje 8 % recyklovaného dreva s obsahom kovov okolo 600 mg/kg, a zariadenia 489-3V, ktoré spoluspaľuje 55 % tuhého odpadu.

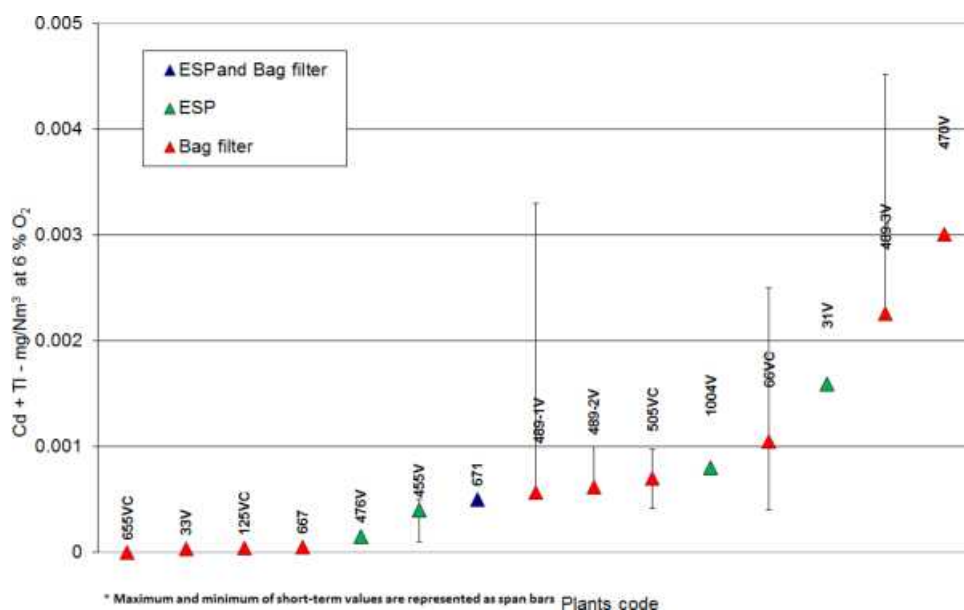
Všetky tieto zariadenia pravidelne monitorujú svoje emisie kovov (od jedenkrát ročne do 16-krát ročne).



Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako priemery za rok.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 9.7: Emisie Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu vrátane zariadení spoluspaľujúcich odpad



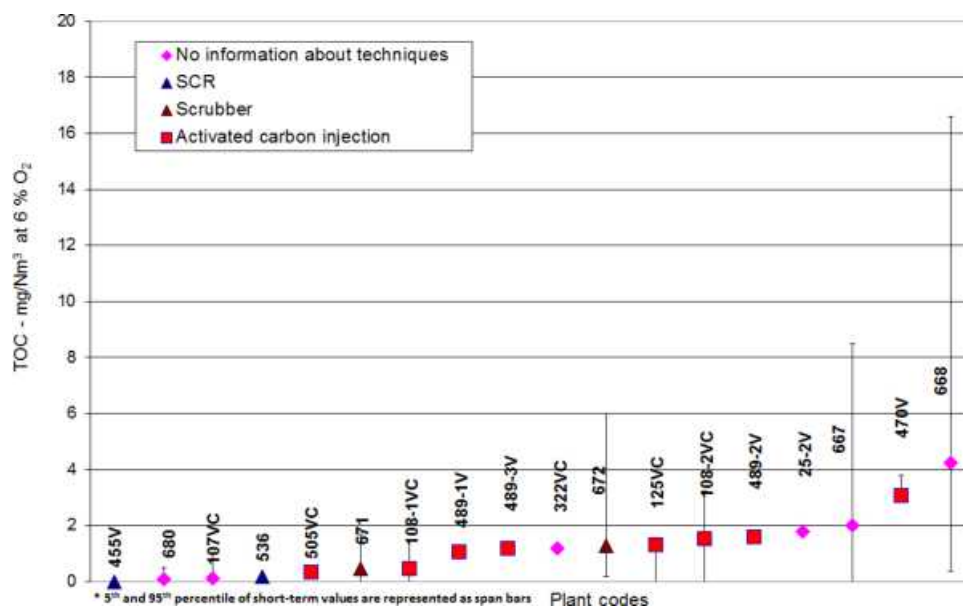
Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako priemery za celý rok.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 9.8: Emisie Cd+TI z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu vrátane zariadení spoluspaľujúcich odpad

Emisie TVOC

Obrázok 9.5 znázorňuje úrovne emisií TVOC dosiahnuté vo výkonných spaľovacích zariadeniach na biomasu a/alebo rašelinu s výkonom medzi 50 MW_{th} a 200 MW_{th}, prevádzkované medzi 4 600 h/rok a 8 500 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 44 %. Z 18 týchto zariadení 8 (zariadenia 455V, 671, 108-1/2VC, 489-3V, 672, 667, 470V) spoluspaľuje odpad v množstve od 2 % do 100 %, ak sa započítava odpad z biomasy. Všetky uvádzajú emisie TVOC pod 5 mg/Nm³ ako ročný priemer. Vo väčšine prípadov sú krátkodobé maximá dosiahnuté týmito zariadeniami hlboko pod hranicou 10 mg/Nm³. Všetky tieto zariadenia nepretržite monitorujú svoje emisie TVOC.



Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako ročné priemery.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

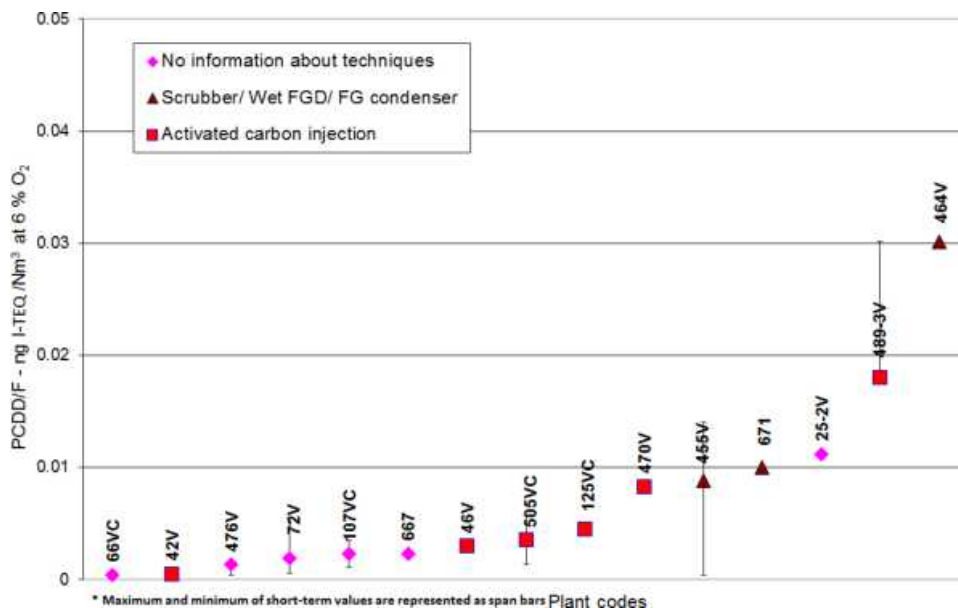
Obrázok 9.9: Emisie TVOC z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu vrátane zariadení spoluspaľujúcich odpad

Emisie PCDD/F

Obrázok 9.10 znázorňuje úrovne emisií PCDD/F dosiahnuté v dobre fungujúcich spaľovacích zariadeniach na biomasu a/alebo rašelinu s výkonom medzi 50 MW_{th} a 400 MW_{th}, prevádzkované medzi 5 700 h/rok a 8 500 h/rok, s ekvivalentným faktorom plného zaťaženia nad 44 %. Z týchto 15 zariadení 9 (zariadenia 476V, 72V, 667, 46V, 470V, 455V, 671, 489-3V, 464V) spoluspaľuje odpad v množstve od 2 % do 100 %, ak sa započítava odpad z biomasy. Všetky uvádzajú emisie PCDD/F nižšie ako

0,03 ng I-TEQ/Nm³ ako priemer vzoriek za rok, tak aj ako priemer za jednotlivé obdobia odberu vzoriek.

Všetky tieto zariadenia pravidelne monitorujú svoje emisie PCDD/F (od jeden do päťkrát ročne).



Poznámka: Uvedené emisie sú vyjadrené ako priemery za rok.

Zdroj: [3, LCP TWG 2012]

Obrázok 9.10: Emisie PCDD/F z dobre fungujúcich zariadení spaľujúcich biomasu a/alebo rašelinu vrátane zariadení spoluspaľujúcich odpad

9.3.5 Techniky na zníženie vplyvu spoluspaľovania odpadu na vznikajúce rezíduá

V tabuľke 9.14 sú zhrnuté všeobecné techniky, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT na minimalizáciu vplyvu spoluspaľovania odpadu na vznikajúce rezíduá.

Tabuľka 9.14: Všeobecné techniky na zníženie vplyvu spoluspaľovania odpadu na vznikajúce rezíduá

Technika	Opis	Dosiahnuté environmentálne prínosy	Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje	Technické aspekty relevantné pre použiteľnosť
				Nové a existujúce zariadenia
Predbežná úprava odpadu	Udržiavať kvalitu sadrovca, popola a škvary na rovnakej úrovni ako v prípade, keby sa odpad nespáľoval spolu s iným odpadom	Obmedzenie vplyvu spoluspaľovania odpadu na možné zhodnocovanie rezíduí	Vysoká prevádzková skúsenosť	Všeobecná použiteľnosť
Obmedzenie množstva odpadu, ktorý sa má spoluspaľovať				
Proces spaľovania prispôbenie spoluspaľovanému odpadu				
Starostlivá manipulácia a preprava popolčeka a lôžkového popola	Starostlivá manipulácia a preprava popolčeka a lôžkového popola vznikajúceho v procese a likvidovaného na mieste alebo mimo miesta	Prevenia rozliatia, uvoľňovania prachu alebo vzniku zápachu	Vysoká prevádzková skúsenosť	Všeobecne použiteľné

10 ZÁVERY TÝKAJÚCE SA NAJLEPŠÍCH DOSTUPNÝCH TECHNÍK (BAT)

Rozsah pôsobnosti

Tieto závery BAT sa týkajú nasledujúcich činností uvedených v prílohe I k smernici 2010/75/EÚ:

- 1.1: Spaľovanie palív v zariadeniach s celkovým menovitým tepelným príkonom 50 MW alebo viac, len ak sa táto činnosť vykonáva v spaľovacích zariadeniach s celkovým menovitým tepelným príkonom 50 MW alebo viac.
- 1.4: Splyňovanie uhlia alebo iných palív v zariadeniach s celkovým menovitým tepelným príkonom 20 MW alebo viac, len ak táto činnosť priamo súvisí so spaľovacím zariadením.
- 5.2: Likvidácia alebo zhodnocovanie odpadu v zariadeniach na spoluspaľovanie odpadov, ktoré nie sú nebezpečné, s kapacitou presahujúcou 3 tony za hodinu, alebo nebezpečných odpadov s kapacitou presahujúcou 10 ton za deň, len ak sa táto činnosť vykonáva v spaľovacích zariadeniach, na ktoré sa vzťahuje bod 1.1.

Tieto závery BAT sa vzťahujú najmä na činnosti v predchádzajúcich a nasledujúcich fázach, ktoré priamo súvisia s uvedenými činnosťami, vrátane uplatňovaných techník prevencie a znižovania emisií.

Palivá, ktoré sa zohľadňujú v týchto záveroch BAT, sú akékoľvek tuhé, kvapalné a/alebo plynne horľavé materiály vrátane:

- tuhých palív (napr. čierne uhlie, hnedé uhlie, rašelina);
- biomasy (ako je definovaná v článku 3 ods. 31 smernice 2010/75/EÚ);
- kvapalných palív (napr. ťažký vykurovací olej a plynový olej);
- plyných palív (napr. zemný plyn, plyn obsahujúci vodík a syntézny plyn);
- palív špecifických pre dané odvetvie (napr. vedľajšie produkty z chemického a železiarskeho a oceliarskeho priemyslu);
- odpad s výnimkou zmiešaného komunálneho odpadu podľa definície v článku 3 ods. 39 a s výnimkou iného odpadu uvedeného v článku 42 ods. 2 písm. a) bode ii) a iii) smernice 2010/75/EÚ.

Tieto závery BAT sa netýkajú nasledujúcich činností a zariadení:

- spaľovanie palív v zariadeniach s menovitým tepelným príkonom menším ako 15 MW;
- spaľovacie zariadenia, na ktoré sa vzťahuje výnimka z dôvodu obmedzenej životnosti alebo výnimka pre diaľkové vykurovanie podľa článkov 33 a 35 smernice 2010/75/EÚ, a to až do uplynutia platnosti výnimiek stanovených v ich povoleniach, pokiaľ ide o BAT-AEL pre znečisťujúce látky, na ktoré sa vzťahuje výnimka, ako aj pre iné znečisťujúce látky, ktorých emisie by boli znížené technickými opatreniami, ktoré sa výnimkou obchádzajú;
- splyňovanie palív, ak nie je priamo spojené so spaľovaním výsledného syntézneho plynu;
- splyňovanie palív a následné spaľovanie syntézneho plynu, ak priamo súvisí s rafináciou minerálnych olejov a plynu;
- predchádzajúce a nasledujúce činnosti, ktoré nie sú priamo spojené so spaľovaním alebo splyňovaním;
- spaľovanie v procesných peciach alebo ohrievačoch;

- spaľovanie v zariadeniach na dodatočné spaľovanie;
- spaľovanie odpadového plynu v poľných horákoch;
- spaľovanie v rekuperačných kotloch a horákoch s celkovým zníženým obsahom síry v zariadeniach na výrobu celulózy a papiera, keďže toto je zahrnuté v záveroch BAT pre výrobu celulózy, papiera a lepenky;
- spaľovanie rafinérskych palív v rafinérii, keďže toto je zahrnuté v záveroch BAT pre rafináciu minerálnych olejov a plynu;
- likvidácia alebo zhodnocovanie odpadu v:
 - zariadeniach na spaľovanie odpadov (ako sú definované v článku 3 ods. 40 smernice 2010/75/EÚ),
 - zariadeniach na spoluspaľovanie odpadov, kde viac ako 40 % výsledného tepla pochádza z nebezpečného odpadu,
 - zariadeniach na spoluspaľovanie odpadov, ktoré spaľujú iba odpady, okrem prípadov, keď sú tieto odpady aspoň čiastočne zložené z biomasy, ako je definované v článku 3 ods. 31 písm. b) smernice 2010/75/EÚ,
 - pretože na to sa vzťahujú závery BAT pre spaľovanie odpadov.

Ďalšie závery BAT a referenčné dokumenty, ktoré by mohli byť relevantné pre činnosti, na ktoré sa vzťahujú tieto závery BAT, sú nasledujúce:

- Spoločné systémy čistenia odpadových vôd a plynov a nakladanie s nimi v chemickom priemysle (CWW);
- séria dokumentov BREF o chemikáliách (LVOC atď.);
- hospodárska únosnosť a medzizložkové vplyvy (ECM);
- emisie zo skladovania (EFS);
- energetická účinnosť (ENE);
- priemyselné chladiace systémy (ICS);
- výroba železa a ocele (IS);
- monitorovanie emisií do ovzdušia a vody zo zariadení podľa smernice IED (ROM);
- výroba celulózy, papiera a lepenky (PP);
- rafinácia minerálnych olejov a plynu (REF);
- spaľovanie odpadu (WI);
- spracovanie odpadu (WT).

Vymedzenie pojmov

Na účely týchto záverov BAT sa používa toto **vymedzenie pojmov**:

Použitý termín	Vymedzenie pojmov
Všeobecné pojmy	
Kotol	Akékoľvek spaľovacie zariadenie s výnimkou motorov, plynových turbín a procesných pecí alebo ohrievačov
Kombinovaná plynová turbína (CCGT)	CCGT je spaľovacie zariadenie, v ktorej sa využívajú dva termodynamické cykly (t. j. Br Aytonov a Rankinov cyklus). V CCGT sa teplo zo spalín plynových turbín (pracujúcich podľa Braytonovho cyklu na výrobu elektriny) premieňa na užitočnú energiu v parnom generátore s rekuperáciou tepla (HRSG), kde sa využíva na výrobu pary, ktorá sa potom rozťahuje v parnej turbíne (pracujúcej podľa Rankinovho cyklu na výrobu dodatočnej elektriny). Na účely týchto záverov BAT zahŕňa CCGT konfigurácie s doplnkovým spaľovaním HRSG aj bez neho.
Spaľovacie zariadenie	Akékoľvek technické zariadenie, v ktorom sa palivá oxidujú s cieľom využiť takto vyrobené teplo. Na účely týchto záverov BAT kombinácia pozostávajúca z: - dvoch alebo viacerých samostatných spaľovacích zariadení, kde sú spaliny vypúšťané spoločným komínom, alebo - samostatných spaľovacích zariadení, ktorým bolo udelené povolenie po prvýkrát 1. júla 1987 alebo po tomto dátume, alebo pre ktoré prevádzkovatelia podali kompletnú žiadosť o povolenie v tento deň alebo po tomto dátume, ktoré sú inštalované takým spôsobom, že s prihliadnutím na technické a ekonomické faktory by podľa posúdenia príslušného orgánu mohli byť ich spaliny vypúšťané spoločným komínom. sa považuje za jedno spaľovacie zariadenie. Na výpočet celkového menovitého tepelného príkonu takejto kombinácie sa spočítajú výkony všetkých príslušných jednotlivých spaľovacích zariadení, ktoré majú menovitý tepelný príkon najmenej 15 MW.
Spaľovacie zariadenie	Jednotlivé spaľovacie zariadenia
Neprerušované meranie	Meranie pomocou automatizovaného meracieho systému nainštalovaného natrvalo na mieste
Priamy výtok	Vypúšťanie (do prijímajúceho vodného útvaru) v mieste, kde emisie opúšťajú zariadenie bez ďalšieho spracovania po prúde
Systém odsírovania spalín (FGD)	Systém pozostávajúci z jednej alebo kombinácie techník znižovania emisií, ktorých účelom je znížiť úroveň emisií SO _x vypúšťaných spaľovacím zariadením
Systém odsírovania spalín (FGD) – existujúci	Systém odsírovania spalín (FGD), ktorý nie je novým systémom FGD
Systém odsírovania spalín (FGD) – nový	Systém odsírovania spalín (FGD) v novom zariadení alebo systém FGD, ktorý zahŕňa aspoň jednu techniku znižovania emisií zavedenú alebo úplne nahradenú v existujúcom zariadení po uverejnení týchto záverov BAT
Motorová nafta	Akékoľvek kvapalné palivo pochádzajúce z ropy, ktoré patrí do číselných znakov KN 2710 19 25, 2710 19 29, 2710 19 47, 2710 19 48, 2710 20 17 alebo 2710 20 19. Alebo akékoľvek kvapalné palivo odvodené z ropy, z ktorého menej ako 65 obj. % (vrátane strát) destiluje pri 250 °C a z ktorého najmenej 85 obj. % (vrátane strát) destiluje pri 350 °C podľa metódy ASTM D86.
Ťažký vykurovací olej (HFO)	Akékoľvek kvapalné palivo pochádzajúce z ropy, ktoré patrí do číselných znakov CN 2710 19 51 až 2710 19 68, 2710 20 31, 2710 20 35, 2710 20 39. Alebo akékoľvek kvapalné palivo pochádzajúce z ropy, okrem plynového oleja, ktoré vzhľadom na svoje destilačné limity patrí do kategórie ťažkých olejov určených na použitie ako palivo a z ktorého menej ako 65 obj. % (vrátane strát) destiluje pri 250 °C podľa metódy ASTM D86. Ak destiláciu nie je možné určiť metódou ASTM D86, ropný produkt sa tiež zaradi do kategórie ťažkého vykurovacieho oleja.

Čistá elektrická účinnosť (spaľovacia jednotka a IGCC)	Pomer medzi čistým elektrickým výkonom (elektrina vyrobená na strane vysokého napätia hlavného transformátora mínus dodaná energia – napr. pre spotrebu pomocných systémov) a vstupnou energiou paliva/suroviny (ako dolná výhrevnosť paliva/suroviny) na hranici spaľovacej jednotky za dané časové obdobie
Čistá mechanická energetická účinnosť	Pomer medzi mechanickým výkonom pri pripojení záťaže a tepelným výkonom dodávaným palivom
Čisté celkové využitie paliva (spaľovacia jednotka a IGCC)	Pomer medzi čistou vyrobenou energiou (elektrina, horúca voda, para, vyrobená mechanická energia mínus dodaná elektrická a/alebo tepelná energia (napr. pre spotrebu pomocných systémov)) a vstupnou energiou paliva (ako dolná výhrevnosť paliva) na hranici spaľovacej jednotky za dané časové obdobie
Čisté celkové využitie paliva (splyňovacia jednotka)	Pomer medzi čistou vyrobenou energiou (elektrina, teplá voda, para, vyrobená mechanická energia a syntézny plyn (ako dolná výhrevnosť syntézneho plynu)) mínus dodaná elektrická a/alebo tepelná energia (napr. pre spotrebu pomocných systémov)) a vstupnou energiou paliva/suroviny (ako dolná výhrevnosť paliva/suroviny) na hranici jednotky na splyňovanie za dané časové obdobie.
Prevádzkové hodiny	Čas vyjadrený v hodinách, počas ktorého je spaľovacie zariadenie, v celom alebo v časti, v prevádzke a vypúšťa emisie do ovzdušia, s výnimkou období spúšťania a vypínania.
Periodické meranie	Určenie meranej veličiny (konkrétnej veličiny, ktorá je predmetom merania) v stanovených časových intervaloch.
Zariadenie – existujúce	Spaľovacie zariadenie, ktoré nie je novým zariadením
Zariadenie – nové	Spaľovacie zariadenie, ktorého prevádzka bola povolená po prvýkrát po zverejnení týchto záverov BAT, alebo úplná výmena spaľovacieho zariadenia na existujúcich základoch po zverejnení týchto záverov BAT.
Zariadenie na dodatočné spaľovanie	Systém navrhovaný na čistenie spalín spaľovaním, ktorý nie je prevádzkovaný ako samostatné spaľovacie zariadenie, napríklad termický oxidátor (t. j. zariadenie na spaľovanie odpadových plynov), používaný na odstraňovanie znečisťujúcich látok (napr. VOC) zo spalín s využitím alebo bez využitia tepla v nich vznikajúceho. Techniky stupňovitého spaľovania, pri ktorých je každý stupeň spaľovania ohraničený samostatnou komorou, ktorá môže mať odlišné charakteristiky spaľovacieho procesu (napr. pomer paliva a vzduchu, teplotný profil), sa považujú za integrované do spaľovacieho procesu a nepovažujú sa za zariadenia na dodatočné spaľovanie. Podobne, ak sa plyny vznikajúce v procesnom ohrievači/peci na spaľovanie paliva alebo v inom spaľovacom procese následne oxidujú v samostatnom spaľovacom zariadení s cieľom získať ich energetickú hodnotu (s využitím alebo bez využitia pomocného paliva) na výrobu elektriny, pary, horúcej vody/oleja alebo mechanickej energie, toto zariadenie sa nepovažuje za zariadenie na dodatočné spaľovanie.
Prediktívny systém monitorovania emisií (PEMS)	Systém používaný na nepretržité určovanie koncentrácie emisií znečisťujúcej látky zo zdroja emisií na základe jej vzťahu s viacerými charakteristickými nepretržite monitorovanými parametrami procesu (napr. spotreba palivového plynu, pomer vzduchu a paliva) a údajmi o kvalite paliva alebo suroviny (napr. obsah síry).
Procesné palivá z chemického priemyslu	Plynné a/alebo kvapalné vedľajšie produkty vznikajúce v (petro)chemickom priemysle a používané ako nekomerčné palivá v spaľovacích zariadeniach
Procesné pece alebo ohrievače	Procesné pece alebo ohrievače sú: • spaľovacie zariadenia, ktorých spaliny sa používajú na tepelné spracovanie predmetov alebo vstupného materiálu prostredníctvom mechanizmu priameho kontaktného ohrevu (napr. cementové a vápenné pece, sklárske pece, asfaltové pece, sušiacie procesy, reaktory používané v (petro)chemickom priemysle, pece na spracovanie železných kovov), alebo • spaľovacie zariadenia, ktorých sálavé a/alebo vodivé teplo sa prenáša na predmety alebo vstupný materiál prostredníctvom pevnej steny bez použitia sprostredkovateľskej tepelonosnej kvapaliny (napr. koksárenská batéria, ohrievač vetru vysokých pecí, pece alebo reaktory ohrievajúce prechádzajúci materiál používané v (petro)chemickom priemysle, ako sú pece krakovacej jednotky, procesné ohrievače používané na spätné splyňovanie skvapalneného zemného plynu (LNG) v termináloch LNG).

	V dôsledku uplatňovania osvedčených postupov v oblasti zhodnocovania energie môžu mať procesné ohrievače/pece pridružený systém na výrobu pary/elektrickej energie. To sa považuje za neoddeliteľnú konštrukčnú črtu procesného ohrievača/pece, ktorú nemožno posudzovať izolovane.
Ropné palivá	Pevné, kvapalné alebo plynné horľavé materiály vznikajúce pri destilácii a konverzii ropy. Príkladmi sú rafinérsky palivový plyn (RFG), syntézny plyn, rafinérské oleje a petrokoks.
Rezíduá	Látky alebo predmety vznikajúce pri činnostiach, na ktoré sa vzťahuje tento dokument, ako odpad alebo vedľajšie produkty.
Obdobie spustenia a odstavenia	Obdobie prevádzky zariadenia určené podľa ustanovení vykonávacieho rozhodnutia Komisie 2012/249/EÚ zo 7. mája 2012 o určení období spúšťania a odstávky na účely smernice Európskeho parlamentu a Rady 2010/75/EÚ o priemyselných emisiách.
Jednotka – existujúca	Spaľovacia jednotka, ktorá nie je novou jednotkou
Jednotka – nová	Spaľovacie zariadenie, ktoré bolo po prvýkrát povolené v spaľovacom zariadení po uverejnení týchto záverov BAT, alebo úplná náhrada spaľovacieho zariadenia na existujúcich základoch spaľovacieho zariadenia po uverejnení týchto záverov BAT
Platný (hodinový priemer)	Hodinový priemer sa považuje za platný, ak nedošlo k údržbe alebo poruche automatizovaného meracieho systému

Použitý termín	Definícia
Znečisťujúce látky / parametre	
As	Celkové množstvo arzénu a jeho zlúčenín, vyjadrené ako As
C ₃	Uhlíkovodíky s počtom atómov uhlíka rovným trom
C ₄ ⁺	Uhlíkovodíky s počtom atómov uhlíka štyri alebo viac
Cd	Celkové množstvo kadmia a jeho zlúčenín, vyjadrené ako Cd
Cd+Tl	Celkové množstvo kadmia, tália a ich zlúčenín, vyjadrené ako Cd+Tl
CH ₄	Metán
CO	Oxid uhoľnatý
CHSK	Chemická spotreba kyslíka. Množstvo kyslíka potrebné na úplnú oxidáciu organickej hmoty na oxid uhličitý.
COS	Karbonylsulfid
Cr	Celkové množstvo chrómu a jeho zlúčenín, vyjadrené ako Cr
Cu	Celkové množstvo medi a jej zlúčenín, vyjadrené ako Cu
Prach	Celkové množstvo tuhých častíc (v ovzduší)
Fluorid	Rozpustené fluoridy, vyjadrené ako F ⁻
H ₂ S	Sírovodík
HCl	Všetky anorganické plynné zlúčeniny chlóru, vyjadrené ako HCl
HCN	Kyanovodík
HF	Všetky anorganické plynné zlúčeniny fluóru, vyjadrené ako HF
Hg	Celkové množstvo ortuti a jej zlúčenín, vyjadrené ako Hg
N ₂ O	Oxid dusíka (oxid dusný)
NH ₃	Amoniak
Ni	Celkové množstvo niklu a jeho zlúčenín, vyjadrené ako Ni
NO _x	Celkové množstvo oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO ₂), vyjadrené ako NO ₂
Pb	Celkové množstvo olova a jeho zlúčenín, vyjadrené ako Pb
PCDD/F	Polychlórované dibenzo-p-dioxíny a -furány
RCG	Koncentrácia suroviny v spalinách. Koncentrácia SO ₂ v surových spalinách ako ročný priemer (za štandardných podmienok uvedených v všeobecných úvahách) na vstupe do systému na znižovanie SO _x , vyjadrená pri referenčnom obsahu kyslíka 6 obj. % O ₂
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	Celkové množstvo antimónu, arzénu, olova, chrómu, kobaltu, medi, mangánu, niklu, vanádu a ich zlúčenín, vyjadrené ako Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V
SO ₂	Oxid siričitý
SO ₃	Oxid sírový
SO _x	Celkové množstvo oxidu siričitého (SO ₂) a oxidu sírového (SO ₃), vyjadrené ako SO ₂
Síran	Rozpustené síranové soli, vyjadrené ako SO ₄ ²⁻
Sulfid, ľahko uvoľniteľný	Súčet rozpusteného sulfidu a nerozpustných sulfidov, ktoré sa ľahko uvoľňujú pri okyslení, vyjadrený ako S ²⁻
Sulfid	Rozpustný sulfid, vyjadrený ako SO ₃ ²⁻
TOC	Celkový organický uhlík, vyjadrený ako C (vo vode)
TSS	Celkové množstvo suspendovaných tuhých látok. Hmotnostná koncentrácia všetkých suspendovaných tuhých látok (vo vode), meraná filtráciou cez sklenené vláknové filtre a gravimetriou
TVOC	Celkový obsah prchavého organického uhlíka, vyjadrený ako C (vo vzduchu)
Zn	Celkové množstvo zinku a jeho zlúčenín, vyjadrené ako Zn.

Skratky

Na účely týchto záverov BAT sa používajú tieto **skratky**:

Skratka	Definícia
ASU	Jednotka na dodávku vzduchu
CCGT	Kombinovaná plynová turbína s doplnkovým spaľovaním alebo bez neho
CFB	Cirkulačné fluidné lôžko
KVET	Kombinovaná výroba tepla a elektriny
COG	Koksárenský plyn
COS	Sulfid karbonylový
DLN	Suché horáky s nízkymi emisiami NO _x
DSI	Vstrekovanie sorbentu do potrubia
ESP	Elektrostatický odlučovač
FBC	Spaľovanie vo fluidnom lôžku
FGD	Odsírovanie spalín
HFO	Ťažký vykurovací olej
HRSG	Generátor pary s rekuperáciou tepla
IGCC	Integrovaný kombinovaný cyklus splyňovania
LHV	Nižšia výhrevnosť
LNB	Horáky s nízkymi emisiami NO _x
LNG	Skvapalnený zemný plyn
OCGT	Plynová turbína s otvoreným cyklom
OTNOC	Iné ako bežné prevádzkové podmienky
PC	Spaľovanie práškoveho paliva
PEMS	Prediktívny systém monitorovania emisií
SCR	Selektívna katalytická redukcia
SDA	Polosuché odsírenie
SNCR	Selektívna nekatalytická redukcia

Všeobecné úvahy

Najlepšie dostupné techniky

Techniky uvedené a opísané v týchto záveroch o BAT nie sú ani normatívne, ani vyčerpávajúce. Možno použiť aj iné techniky, ktoré zabezpečujú aspoň rovnakú úroveň ochrany životného prostredia.

Pokiaľ nie je uvedené inak, tieto závery BAT sú všeobecne platné.

Úrovně emisií spojené s najlepšou dostupnou technikou (BAT-AEL)

Ak sú úrovne emisií spojené s najlepšou dostupnou technikou (BAT-AEL) uvedené pre rôzne priemerné obdobia, musia byť splnené všetky tieto BAT-AEL.

BAT-AEL uvedené v týchto záveroch BAT sa nemusia vzťahovať na turbíny a motory spaľujúce kvapalné palivá a plyny určené na núdzové použitie, ktoré sú v prevádzke menej ako 500 hodín ročne, ak takéto núdzové použitie nie je zlučiteľné s plnením BAT-AEL.

BAT-AEL pre emisie do ovzdušia

Hladiny emisií spojené s najlepšou dostupnou technikou (BAT-AEL) pre emisie do ovzdušia uvedené v týchto BAT záveroch sa vzťahujú na koncentrácie vyjadrené ako hmotnosť emitovanej látky na objem spalín za nasledujúcich štandardných podmienok: suchý plyn pri teplote 273,15 K, a tlaku 101,3 kPa, a sú vyjadrené v jednotkách mg/Nm³, µg/Nm³ alebo ng I-TEQ/Nm³.

Monitorovanie spojené s BAT-AEL pre emisie do ovzdušia je uvedené v BAT 4

Referenčné podmienky pre kyslík používané na vyjadrenie BAT-AEL v tomto dokumente sú uvedené v tabuľke nižšie.

Činnosť	Referenčná úroveň kyslíka (O _R)
Spaľovanie tuhých palív	6 obj.
Spaľovanie tuhých palív v kombinácii s kvapalnými a/alebo plynými palivami els	
Spoluspaľovanie odpadu	
Spaľovanie kvapalných a/alebo plyných palív, ak sa neuskutočňuje v plynovom turbínovom motore alebo motore	3 obj.
Spaľovanie kvapalných a/alebo plyných palív, ak prebieha v plynovom turbínovom alebo spaľovacom motore	15 obj.
Spaľovanie v zariadeniach IGCC	

Rovnica na výpočet koncentrácie emisií pri referenčnej úrovni kyslíka je:

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} \times E_M$$

Kde:

E_R : koncentrácia emisií pri referenčnej úrovni kyslíka

O_R; O_R : referenčná úroveň kyslíka v obj.

E_M : nameraná koncentrácia emisií;

O_M : nameraná hladina kyslíka v obj.
Pre obdobia priemerných hodnôt platia nasledujúce **definície**:

Obdobie priemerných hodnôt	Definícia
Denný priemer	Priemer za obdobie 24 hodín platných hodinových priemerov získaných nepretržitými meraniami
Ročný priemer	Priemer za obdobie jedného roka platných hodinových priemerov získaných nepretržitými meraniami
Priemer za obdobie odberu vzoriek	Priemerná hodnota troch po sebe idúcich meraní, z ktorých každé trvalo najmenej 30 minút ⁽¹⁾
Priemer vzoriek získaných počas jedného roka	Priemer hodnôt získaných počas jedného roka periodických meraní vykonávaných s frekvenciou monitorovania stanovenou pre každý parameter
⁽¹⁾ Pre každý parameter, pri ktorom je z dôvodu obmedzení vzorkovania alebo analýzy 30-minútové meranie nevhodné, sa použije vhodné vzorkovacie obdobie. Pre PCDD/F sa používa vzorkovacie obdobie 6 až 8 hodín.	

BAT-AEL pre emisie do vody

Hladiny emisií spojené s najlepšou dostupnou technikou (BAT-AEL) pre emisie do vody uvedené v týchto záveroch BAT sa vzťahujú na koncentrácie vyjadrené ako hmotnosť emitovanej látky na objem vody a vyjadrené v $\mu\text{g/l}$, mg/l alebo g/l . BAT-AEL sa vzťahujú na denné priemery, t. j. 24-hodinové kompozitné vzorky proporcionálne k prietoku. ké zložené vzorky proporcionálne k času sa môžu použiť za predpokladu, že je možné preukázať dostatočnú stabilitu prietoku.

Monitorovanie súvisiace s BAT-AEL pre emisie do vody je uvedené v BAT 5.

Úrovně energetickej účinnosti spojené s najlepšou dostupnou technikou (BAT-AEEL)

Úroveň energetickej účinnosti spojená s najlepšou dostupnou technikou (BAT-AEEL) sa vzťahuje na pomer medzi čistým výkonom spaľovacej jednotky a vstupom energie paliva/suroviny do spaľovacej jednotky pri skutočnom návrhu jednotky. Čistý výkon sa stanovuje na hraniciach spaľovacej, splyňovacej alebo IGCC jednotky, vrátane pomocných systémov (napr. systémov na čistenie spalín), a pre jednotku prevádzkovanú pri plnom zaťažení.

V prípade zariadení s kombinovanou výrobou elektriny a tepla (KVET):

- čistá celková úžitková hodnota paliva BAT-AEEL sa vzťahuje na spaľovaciu jednotku prevádzkovanú pri plnom zaťažení a nastavenú tak, aby maximalizovala primárne dodávku tepla a sekundárne zostávajúcu energiu, ktorú je možné vyrobiť;
- čistá elektrická účinnosť BAT-AEEL sa vzťahuje na spaľovaciu jednotku, ktorá pri plnom zaťažení vyrába iba elektrickú energiu.

BAT-AEEL sa vyjadrujú v percentách. Príkon energie z paliva/suroviny sa vyjadruje ako dolná výhrevnosť (LHV).

Monitorovanie súvisiace s BAT-AEEL je uvedené v BAT 2.

Kategorizácia spaľovacích zariadení/jednotiek podľa ich celkového menovitého tepelného príkonu

Na účely týchto záverov BAT, ak je uvedený rozsah hodnôt celkového menovitého tepelného príkonu, treba to chápať ako „rovnaké alebo väčšie ako dolná hranica rozsahu a menšie ako horná hranica rozsahu“. Napríklad kategória zariadení 100 – 300 MW_{th} sa má chápať ako: spaľovacie zariadenia s celkovým menovitým tepelným príkonom rovným alebo väčším ako 100 MW a menším ako 300 MW.

Ak sa časť spaľovacieho zariadenia, ktorá vypúšťa spaliny prostredníctvom jedného alebo viacerých samostatných potrubí v rámci spoločného komína, prevádzkuje menej ako 1 500 hodín ročne, táto časť zariadenia sa na účely týchto záverov BAT môže posudzovať samostatne. Pre všetky časti zariadenia sa BAT-AEL uplatňujú vo vzťahu k celkovému menovitému tepelnému príkonu zariadenia. V takýchto prípadoch sa emisie cez každý z týchto kanálov monitorujú samostatne.

10.1 Všeobecné závery o BAT

Závery o BAT pre konkrétne palivá uvedené v oddieloch 10.2 až 10.7 sa uplatňujú navyše k všeobecným záverom o BAT v tomto oddiele.

10.1.1 Systémy environmentálneho manažérstva

BAT 1. Najlepšou dostupnou technikou umožňujúcou zlepšiť celkový environmentálny profil je zaviesť a dodržiavať systém environmentálneho manažérstva (EMS), ktorý zahŕňa všetky tieto prvky:

- i. angažovanosť vedúcich pracovníkov vrátane vrcholového vedenia;
 - ii. definícia environmentálnej politiky vedením, ktorá zahŕňa neustále zlepšovanie environmentálnych vlastností zariadenia;
 - iii. plánovanie a zavádzanie potrebných postupov, cieľov a úloh v spojení s finančným plánovaním a investíciami;
 - iv. implementácia postupov s osobitným dôrazom na:
 - (a) štruktúru a zodpovednosť
 - (b) nábor, školenie, informovanosť a kompetentnosť
 - (c) komunikáciu
 - (d) zapojenie zamestnancov
 - (e) dokumentáciu
 - (f) efektívnu kontrolu procesov
 - (g) plánované programy pravidelnej údržby
 - (h) pripravenosť a reakciu na núdzové situácie
 - (i) zabezpečenie súladu s environmentálnymi predpismi;
 - v. kontrola výkonu a prijímanie nápravných opatrení, s osobitným dôrazom na:
 - (a) monitorovanie a meranie (pozri aj referenčnú správu JRC o monitorovaní emisií do ovzdušia a vody zo zariadení podľa smernice IED – ROM)
 - (b) nápravné a preventívne opatrenia
 - (c) vedenie záznamov
 - (d) nezávislý (ak je to možné) interný a externý audit s cieľom určiť, či EMS zodpovedá plánovaným opatreniam a či bol riadne implementovaný a udržiavaný;
 - vi. preskúmaním EMS a jeho pokračujúcej vhodnosti, primeranosti a účinnosti zo strany vrcholového manažmentu;
 - vii. sledovanie vývoja čistejších technológií;
 - viii. zohľadnenie vplyvov na životné prostredie vyplývajúcich z prípadného vyradenia zariadenia z prevádzky vo fáze projektovania nového zariadenia a počas celej doby jeho prevádzky vrátane:
 - (a) nepoužívania podzemných konštrukcií
 - (b) začlenenia prvkov, ktoré uľahčujú demontáž
 - (c) výberu povrchových úprav, ktoré sa ľahko dekontaminujú
 - (d) použitia konfigurácie zariadenia, ktorá minimalizuje zachytenie chemikálií a uľahčuje odvodňovanie alebo čistenie
 - (e) navrhovanie flexibilného, samostatného zariadenia, ktoré umožňuje postupné uzatváranie
 - (f) používanie biologicky rozložiteľných a recyklovateľných materiálov, kde je to možné
 - ix. pravidelné porovnávanie s odvetvovými referenčnými hodnotami.
- Konkrétne pre tento sektor je tiež dôležité zohľadniť nasledujúce charakteristiky EMS, opísané v príslušných BAT:

- x. programy zabezpečenia kvality/kontroly kvality s cieľom zabezpečiť, aby boli vlastnosti všetkých palív úplne stanovené a kontrolované (pozri BAT 9);
- xi. plán riadenia s cieľom znížiť emisie do ovzdušia a/alebo vody za iných ako bežných prevádzkových podmienok, vrátane období spúšťania a vypínania (pozri BAT 10 a BAT 11);
- xii. plán riadenia odpadu s cieľom zabezpečiť, aby sa odpadu zabránilo, aby bol pripravený na opätovné použitie, recyklovaný alebo inak zhodnotený, vrátane použitia techník uvedených v BAT 16;
- xiii. systematická metóda na identifikáciu a riešenie potenciálnych nekontrolovaných a/alebo neplánovaných emisií do životného prostredia, najmä:
 - (a) emisie do pôdy a podzemných vôd pri manipulácii a skladovaní palív, prísad, vedľajších produktov a odpadov
 - (b) emisie spojené so samovznietením a/alebo samovznietením paliva pri skladovaní a manipulácii;
- xiv. plán riadenia prachu na prevenciu alebo, ak to nie je možné, na zníženie difúzných emisií pri nakladaní, vykladaní, skladovaní a/alebo manipulácii s palivami, rezíduami a prísadami;
- xv. plán riadenia hluku, ak sa očakáva alebo pretrváva rušenie citlivých receptorov hlukom, vrátane:
 - (a) protokolu na vykonávanie monitorovania hluku na hranici závodu
 - (b) programu znižovania hluku
 - (c) protokolu na reakciu na hlukové incidenty obsahujúci vhodné opatrenia a harmonogramy
 - (d) prehľadu historických hlukových incidentov, nápravných opatrení a šírenie informácií o hlukových incidentoch dotknutým stranám;
- xvi. v prípade spaľovania, splyňovania alebo spoluspaľovania zápachových látok plán riadenia zápachu, ktorý obsahuje:
 - (a) protokol na vykonávanie monitorovania zápachu
 - (b) v prípade potreby program eliminácie zápachu na identifikáciu a elimináciu alebo zníženie emisií zápachu
 - (c) protokol na zaznamenávanie incidentov súvisiacich so zápachom a príslušné opatrenia a harmonogramy
 - (d) prehľad historických prípadov zápachu, nápravných opatrení a šírenie informácií o prípadoch zápachu dotknutým stranám.

Ak z posúdenia vyplynie, že niektorý z prvkov uvedených v bodoch x až xvi nie je potrebný, vyhotoví sa záznam o rozhodnutí vrátane odôvodnenia.

Použitelnosť

Rozsah (napr. úroveň podrobnosti) a povaha EMS (napr. štandardizovaný alebo neštandardizovaný) sú vo všeobecnosti spojené s povahou, rozsahom a zložitou zariadenia a rozsahom environmentálnych vplyvov, ktoré môže mať.

10.1.2 Monitorovanie

BAT 2. BAT má určiť čistú elektrickú účinnosť a/alebo čistú celkovú spotrebu paliva a/alebo čistú mechanickú energetickú účinnosť jednotiek na splyňovanie, IGCC a/alebo spaľovanie vykonaním výkonnostnej skúšky pri plnom zaťažení ⁽¹⁾ podľa noriem EN po uvedení jednotky do prevádzky a po každej úprave, ktorá by mohla významne ovplyvniť čistú elektrickú účinnosť a/alebo čistú celkovú spotrebu paliva a/alebo čistú mechanickú energetickú účinnosť jednotky. Ak normy EN nie sú k dispozícii, BAT má používať normy ISO, národné alebo iné medzinárodné normy, ktoré zabezpečujú poskytovanie údajov rovnocennej vedeckej kvality.

⁽¹⁾ V prípade jednotiek KVVET, ak z technických dôvodov nie je možné vykonať výkonnostnú skúšku s jednotkou prevádzkovanou pri plnom zaťažení na dodávku tepla, skúšku možno doplniť alebo nahradiť výpočtom s použitím parametrov plného zaťaženia.

BAT 3. BAT má monitorovať kľúčové parametre procesu relevantné pre emisie do ovzdušia a vody, vrátane tých, ktoré sú uvedené nižšie.

Prúd	Parametre	Monitorovanie
Spaliny	Prúdenie	Periodické alebo kontinuálne meranie
	Obsah kyslíka, teplota a tlak	Periodické alebo nepretržité meranie
	Obsah vodnej pary ⁽¹⁾	
Odpadová voda z čistenia spalín	Prúdenie, pH a teplota	Kontinuálne meranie
⁽¹⁾ Nepretržité meranie obsahu vodnej pary v spalinách nie je potrebné, ak sa odobraté vzorky spalín pred analýzou vysušia.		

BAT 4. BAT je monitorovať emisie do ovzdušia aspoň s nižšie uvedenou frekvenciou a v súlade s normami EN. Ak normy EN nie sú k dispozícii, BAT má používať normy ISO, národné alebo iné medzinárodné normy, ktoré zabezpečujú poskytovanie údajov rovnocennej vedeckej kvality.

Látka/ parameter	Palivo/proces/typ spaľovacieho zariadenia	Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia	Norma(-y) (¹)	Minimálna frekvencia monitorovania (²)	Monitorovanie súvisiace s
NH ₃	• Keď sa používa SCR a/alebo SNCR	Všetky veľkosti	Všeobecné normy EN	Kontinuálne (³) (⁴)	BAT 7
NO _x	• Čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie vrátane spoluspaľovania odpadu • Pevná biomasa a/alebo rašelina vrátane spoluspaľovania odpadu • Kotly a motory spaľujúce ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej • Plynové turbíny na plynový olej • Kotly, motory a turbíny spaľujúce zemný plyn • Plyny používané pri spracovaní železa a ocele • Procesné palivá z chemického priemyslu • IGCC zariadenia	Všetky veľkosti	Všeobecné normy EN	Kontinuálne (³) (⁵)	BAT 20 BAT 24 BAT 28 BAT 32 BAT 37 BAT 41 BAT 42 BAT 43 BAT 47 BAT 48 BAT 56 BAT 64 BAT 65 BAT 73
	• Spaľovacie zariadenia na ťažobných plošinách	Všetky veľkosti	EN 14792	Raz ročne (⁶)	BAT 53
N ₂ O	• Čierne hlie a/alebo hnedé uhlie v kotloch s cirkulujúcim fluidným lôžkom • Tuhá biomasa a/alebo rašelina v kotloch s cirkulačným fluidným lôžkom	Všetky veľkosti	EN 21258	Raz ročne (⁷)	BAT 20 BAT 24

CO	- Čierne hlie a/alebo hnedé uhlie vrátane spoluspaľovania odpadu - Tuhá biomasa a/alebo rašelina vrátane spoluspaľovania odpadu - Kotly a motory spaľujúce ťažký vykurovací olej a/alebo plyn - Plynové turbíny na plynový olej - Kotly, motory a turbíny na zemný plyn - Plyny používané pri spracovaní železa a ocele - Procesné palivá z chemického priemyslu - IGCC zariadenia	Všetky veľkosti	Všeobecné normy EN	Kontinuálne ⁽³⁾ ⁽⁵⁾	BAT 20 BAT 24 BAT 28 BAT 33 BAT 38 BAT 44 BAT 49 BAT 56 BAT 64 BAT 65 BAT 73
	Spaľovacie zariadenia na ťažobných plošinách	Všetky veľkosti	EN 15058	Raz ročne ⁽⁶⁾	BAT 54
SO ₂	- Čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie vrátane spoluspaľovania odpadu - Pevná biomasa a/alebo rašelina vrátane spoluspaľovania odpadu - Kotly na ťažký vykurovací olej a/alebo plyn - Motory spaľujúce ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej - Plynové turbíny na plynový olej - Plyny používané pri spracovaní železa a ocele - Procesné palivá z chemického priemyslu v kotloch - Závody IGCC	Všetky veľkosti	Všeobecné normy EN a EN 14791	Kontinuálne ⁽³⁾ ⁽⁸⁾ ⁽⁹⁾	BAT 21 BAT 25 BAT 29 BAT 34 BAT 39 BAT 50 BAT 57 BAT 66 BAT 67 BAT 74
SO ₃	Pri použití SCR	Všetky veľkosti	Nie EN štandardne k dispozícii	Raz ročne	—
Plynné chloridy, vyjadrené ako HCl	- Čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie - Procesné palivá z chemického priemyslu v kotloch	Všetky veľkosti	EN 1911	Raz za tri mesiace ⁽³⁾ ⁽¹⁰⁾ ⁽¹¹⁾	BAT 21 BAT 57
	Tuhá biomasa a/alebo rašelina	Všetky veľkosti	Všeobecné normy EN	Kontinuálne ⁽¹²⁾ ⁽¹³⁾	BAT 25
	Spoluspaľovanie odpadu	Všetky veľkosti	Všeobecné normy EN	Kontinuálne ⁽³⁾ ⁽¹³⁾	BAT 66 BAT 67
HF	- Čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie - Procesné palivá z chemického priemyslu v kotloch	Všetky veľkosti	Žiadna norma EN k dispozícii	Raz za tri mesiace ⁽³⁾ ⁽¹⁰⁾ ⁽¹¹⁾	BAT 21 BAT 57
	Tuhá biomasa a/alebo rašelina	Všetky veľkosti	Žiadna norma EN k dispozícii	Raz ročne	BAT 25

	Spoluspaľovanie odpadu	Všetky veľkosti	Všeobecné normy EN	Kontinuálne ⁽³⁾⁽¹³⁾	BAT 66 BAT 67
Prach	- Čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie - Tuhá biomasa a/alebo rašelina - Kotly na ťažký vykurovací olej a/alebo plyn - Plyny z výroby železa a ocele - Procesné palivá z chemického priemyslu v kotloch - IGCC zariadenia - Motory spaľujúce ťažký vykurovací olej a/alebo plyn - Plynové turbíny na plyn a olej	Všetky veľkosti	Všeobecné normy EN a EN 13284-1 a EN 13284-2	Kontinuálne ⁽³⁾⁽¹⁴⁾	BAT 22 BAT 26 BAT 30 BAT 35 BAT 39 BAT 51 BAT 58 BAT 75
	Spoluspaľovanie odpadu	Všetky veľkosti	Všeobecné normy EN a EN 13284-2	Kontinuálne	BAT 68 BAT 69
Kovy a polokovy okrem ortuti (As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, V, Zn)	- Čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie - Tuhá biomasa a/alebo rašelina - Kotly a motory spaľujúce ťažký vykurovací olej a/alebo plyn	Všetky veľkosti	EN 14385	Raz ročne ⁽¹⁵⁾	BAT 22 BAT 26 BAT 30
	Spoluspaľovanie odpadu	< 300 MW _{th}	EN 14385	Raz za šesť mesiacov ⁽¹⁰⁾	BAT 68 BAT 69
		≥ 300 MW _{th}	EN 14385	Raz za tri mesiace ⁽¹⁶⁾ ⁽¹⁰⁾	
	IGCC elektrárne	≥ 100 MW _{th}	EN 14385	Raz ročne ⁽¹⁵⁾	BAT 75
Hg	Čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie vrátane spoluspaľovania odpadu	< 300 MW _{th}	EN 13211	Raz za tri mesiace ⁽¹⁰⁾ ⁽¹⁷⁾	BAT 23
		≥ 300 MW _{th}	Všeobecné normy EN a EN 14884	Kontinuálne ⁽¹³⁾⁽¹⁸⁾	
	Tuhá biomasa a/alebo rašelina	Všetky veľkosti	EN 13211	Raz ročne ⁽¹⁹⁾	BAT 27
	Spoluspaľovanie odpadu s pevnou biomasou a/alebo rašelinou	Všetky veľkosti	EN 13211	Raz za tri mesiace ⁽¹⁰⁾	BAT 70
	IGCC zariadenia	≥ 100 MW _{th}	EN 13211	Raz ročne ⁽²⁰⁾	BAT 75
TVOC	- Motory spaľujúce ťažký vykurovací olej a/alebo plyn - Spracovanie palív z chemického priemyslu v kotloch	Všetky veľkosti	EN 12619	Raz za šesť mesiacov ⁽¹⁰⁾	BAT 33 BAT 59
	Spoluspaľovanie odpadu s čiernym uhlím, hnedým uhlím, tuhou biomasou a/alebo rašelinou	Všetky veľkosti	Všeobecné normy EN	Kontinuálne	BAT 71

Formaldehyd	Zemný plyn v zážihových motoroch s chudobnou zmesou a dvojítm palivom	Všetky veľkosti	Žiadna norma EÚ k dispozícii	Raz ročne	BAT 45
CH ₄	• Motory na zemný plyn	Všetky veľkosti	EN ISO 25139	Raz ročne ⁽²¹⁾	BAT 45
PCDD/F	• Procesné palivá z chemického priemyslu v kotloch • Spoluspaľova nie odpadu	Všetky veľkosti	EN 1948-1, EN 1948-2, EN 1948-3	Raz za šesť mesiacov ⁽¹⁰⁾⁽²²⁾	BAT 59 BAT 71

(1) Všeobecné normy EN pre nepretržité merania sú EN 15267-1, EN 15267-2, EN 15267-3 a EN 14181. Normy EN pre periodické merania sú uvedené v tabuľke.

(2) Frekvencia monitorovania sa neuplatňuje v prípadoch, keď by prevádzka zariadenia slúžila výlučne na vykonávanie merania emisií.

(3) V prípade zariadení s menovitým tepelným príkonom < 100 MW prevádzkovaných < 1 500 h/rok môže byť minimálna frekvencia monitorovania najmenej raz za šesť mesiacov. V prípade plynových turbín sa periodické monitorovanie vykonáva pri zaťažení spaľovacieho zariadenia > 70 %. Pri spoluspaľovaní odpadu s čiernym uhlím, hnedým uhlím, tuhou biomasou a/alebo rašelinou sa pri frekvencii monitorovania musí zohľadniť aj časť 6 prílohy VI k smernici IED.

(4) V prípade použitia SCR môže byť minimálna frekvencia monitorovania najmenej raz ročne, ak sa preukáže, že úrovne emisií sú dostatočne stabilné.

(5) V prípade turbín spaľujúcich zemný plyn s menovitým tepelným príkonom < 100 MW prevádzkovaných < 1 500 h/rok alebo v prípade existujúcich OCGT sa namiesto toho môže použiť PEMS.

(6) Namiesto toho sa môže použiť PEMS.

(7) Vykonávajú sa dve sady meraní, jedna pri prevádzke zariadenia pri zaťažení > 70 % a druhá pri zaťažení < 70 %.

(8) Ako alternatíva k nepretržitému meraniu v prípade zariadení spaľujúcich olej so známym obsahom síry, ktoré nie sú vybavené systémom odsiřovania spalín, sa na stanovenie emisií SO₂ môžu použiť periodické merania aspoň raz za tri mesiace a/alebo iné postupy zabezpečujúce poskytovanie údajov rovnocennej vedeckej kvality.

(9) V prípade procesných palív z chemického priemyslu sa frekvencia monitorovania môže upraviť pre zariadenia s výkonom < 100 MW_{th} po počiatočnej charakterizácii paliva (pozri BAT 5) na základe posúdenia relevantnosti emisií znečisťujúcich látok (napr. koncentrácia v palive, použité čistenie spalín) do ovzdušia, ale v každom prípade aspoň vždy, keď zmena vlastností paliva môže mať vplyv na emisie.

(10) Ak sa preukáže, že úrovne emisií sú dostatočne stabilné, pravidelné merania sa môžu vykonávať vždy, keď zmena vlastností paliva a/alebo odpadu môže mať vplyv na emisie, ale v každom prípade najmenej raz ročne. V prípade spoluspaľovania odpadu s uhlím, hnedým uhlím, tuhou biomasou a/alebo rašelinou sa pri frekvencii monitorovania musí zohľadniť aj časť 6 prílohy VI k smernici IED.

(11) V prípade procesných palív z chemického priemyslu sa frekvencia monitorovania môže upraviť po počiatočnej charakterizácii paliva (pozri BAT 5) na základe posúdenia relevantnosti emisií znečisťujúcich látok (napr. koncentrácia v palive, použité čistenie spalín) do ovzdušia, ale v každom prípade aspoň vždy, keď zmena vlastností paliva môže mať vplyv na emisie.

(12) V prípade zariadení s menovitým tepelným príkonom < 100 MW prevádzkovaných < 500 h/rok môže byť minimálna frekvencia monitorovania aspoň raz ročne. V prípade zariadení s menovitým tepelným príkonom < 100 MW prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok môže byť frekvencia monitorovania znížená na aspoň raz za šesť mesiacov.

(13) Ak sa preukáže, že úrovne emisií sú dostatočne stabilné, pravidelné merania sa môžu vykonávať vždy, keď zmena vlastností paliva a/alebo odpadu môže mať vplyv na emisie, v každom prípade však najmenej raz za šesť mesiacov.

(14) V prípade zariadení spaľujúcich procesné plyny zo spracovania železa a ocele môže byť minimálna frekvencia monitorovania najmenej raz za šesť mesiacov, ak sa preukáže, že úrovne emisií sú dostatočne stabilné.

(15) Zoznam monitorovaných znečisťujúcich látok a frekvencia monitorovania sa môžu upraviť po počiatočnej charakterizácii paliva (pozri BAT 5) na základe posúdenia relevantnosti emisií znečisťujúcich látok (napr. koncentrácia v palive, použitá úprava spalín) do ovzdušia, ale v každom prípade aspoň vždy, keď zmena vlastností paliva môže mať vplyv na emisie.

(16) V prípade zariadení prevádzkovaných menej ako 1 500 hodín ročne môže byť minimálna frekvencia monitorovania najmenej raz za šesť mesiacov.

(17) V prípade zariadení prevádzkovaných menej ako 1 500 hodín ročne môže byť minimálna frekvencia monitorovania aspoň raz ročne.

(18) Ako alternatíva k nepretržitým meraniam sa môže použiť nepretržité odoberanie vzoriek v kombinácii s časťou analýzou časovo integrovaných vzoriek, napr. štandardizovanou metódou monitorovania sorbentovou pascou.

(19) Ak sa preukáže, že emisné hladiny sú dostatočne stabilné vďaka nízkej obsahu ortuti v palive, pravidelné merania sa môžu vykonávať len vtedy, ak zmena vlastností paliva môže mať vplyv na emisné hladiny.

(20) Minimálna frekvencia monitorovania sa nevzťahuje na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.

(21) Merania sa vykonávajú pri prevádzke zariadenia pri zaťažení > 70 %.

(22) V prípade procesných palív z chemického priemyslu sa monitorovanie uplatňuje len vtedy, ak palivá obsahujú chlórované látky.

BAT 5. BAT spočíva v monitorovaní emisií do vody z čistenia spalín najmenej s nižšie uvedenou frekvenciou a v súlade s normami EN. Ak normy EN nie sú k dispozícii, BAT používa normy ISO, národné alebo iné medzinárodné normy, ktoré zabezpečujú poskytovanie údajov rovnocennej vedeckej kvality.

Látka/parameter		Norma(-y)	Minimálna frekvencia monitorovania	Monitorovanie súvisiace s
Celkový organický uhlík (TOC) ⁽¹⁾		EN 1484	Raz za mesiac	BAT 15
Chemická spotreba kyslíka (CHSK) ⁽¹⁾		Neexistuje žiadna norma EN		
Celkový obsah suspendovaných tuhých látok (TSS)		EN 872		
Fluorid (F ⁻)		EN ISO 10304-1		
Síran (SO ₄ ²⁻)		EN ISO 10304-1		
Sulfid, ľahko uvoľniteľný (S ²⁻)		Žiadna norma EN k dispozícii		
Sulfid (SO ²⁻)		EN ISO 10304-3		
Kovy a polokovy	A	K dispozícii sú rôzne normy EN (napr. EN ISO 11885 alebo EN ISO 17294-2)		
	Cd			
	Cr			
	Cu			
	Ni			
	Pb			
	Zn			
	Hg	K dispozícii sú rôzne normy EN (napr. EN ISO 12846 alebo EN ISO 17852)		
Chlorid (Cl ⁻)		K dispozícii sú rôzne normy EN (napr. EN ISO 10304-1 alebo EN ISO 15682)	—	
Celkový dusík		EN 12260	—	

⁽¹⁾ Monitorovanie TOC a monitorovanie CHSK sú alternatívy. Monitorovanie TOC je preferovanou možnosťou, pretože nie je závislé od použitia veľmi toxických zlúčenín.

10.1.3 Celkový environmentálny profil a priebeh spaľovania

BAT 6. S cieľom zlepšiť všeobecnú environmentálne vlastnosti spaľovacích zariadení a znížiť emisie CO a nespálených látok do ovzdušia je BAT zabezpečiť optimalizované spaľovanie a používať vhodnú kombináciu nižšie uvedených techník.

Technika		Popis	Použitelnosť
a	Miešanie a zmiešavanie palív	Zabezpečenie stabilných podmienok spaľovania a/alebo zníženie emisií znečisťujúcich látok zmiešaním rôznych kvalít rovnakého typu paliva	Všeobecne použiteľné
b	Údržba spaľovacieho systému	Pravidelná plánovaná údržba podľa odporúčaní dodávateľov.	
c	Zdokonalený kontrolný systém	Pozri popis v oddiele 10.8.1	Použitelnosť v starých spaľovacích zariadeniach môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho systému a/alebo riadiaceho systému.
d	Dobrá návrh spaľovacieho zariadenia	Dobrá návrh pece, spaľovacích komôr, horákov a súvisiacich zariadení	Všeobecne použiteľné pre nové spaľovacie zariadenia.
e	Voľba paliva	Vyberte alebo prejdite úplne y alebo čiastočne na iné palivo (palivá) s lepším environmentálnym profilom (napr. s nízkym obsahom síry a/alebo ortuti) spomedzi dostupných palív, a to aj v situáciách spúšťania alebo pri použití záložných palív.	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou vhodných druhov paliva s celkovo lepším environmentálnym profilom, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu alebo integrovaná palivová bilancia zariadenia v prípade spaľovania palív používaných v priemyselných procesoch. V prípade existujúcich spaľovacích zariadení môže byť typ zvoleného paliva obmedzený konfiguráciou a konštrukciou zariadenia.

BAT 7. S cieľom znížiť emisie amoniaku do ovzdušia pri používaní selektívnej katalytickej redukcie (SCR) a/alebo selektívnej nekatalytickej redukcie (SNCR) na znižovanie emisií NO_x je BAT optimalizovať konštrukciu a/alebo prevádzku SCR a/alebo SNCR (napr. optimalizovaný pomer číidla k NO_x, homogénne rozdelenie číidla a optimálna veľkosť kvapiek číidla).

Úrovně emisií súvisiace s BAT

Úroveň emisií spojená s BAT (BAT-AEL) pre emisie NH₃ do ovzdušia pri použití SCR a/alebo SNCR je < 3–10 mg/Nm³ ako ročný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek. Dolná hranica rozsahu sa môže dosiahnuť pri použití SCR a horná hranica rozsahu sa môže dosiahnuť pri použití SNCR bez mokrých techník znižovania emisií. V prípade zariadení spaľujúcich biomasu a pracujúcich pri premenlivom zaťažení, ako aj v prípade motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej, je horná hranica rozsahu BAT-AEL 15 mg/Nm³.

BAT 8. S cieľom zabrániť emisiám do ovzdušia alebo ich znížiť za normálnych prevádzkových podmienok sa BAT má zabezpečiť prostredníctvom vhodného návrhu, prevádzky a údržby, aby sa systémy znižovania emisií používali s optimálnou kapacitou a dostupnosťou.

BAT 9. S cieľom zlepšiť celkovú environmentálne vlastnosti spaľovacích a/alebo splynovacích zariadení a znížiť emisie do ovzdušia, BAT má ako súčasť systému environmentálneho manažérstva (pozri BAT 1) zahrnúť do programov zabezpečenia kvality/kontroly kvality pre všetky používané palivá nasledujúce prvky:

- i. Počiatočná úplná charakteristika použitého paliva vrátane aspoň parametrov uvedených nižšie a v súlade s normami EN. Normy ISO, národné alebo iné medzinárodné normy sa môžu použiť, ak zabezpečujú poskytovanie údajov rovnocennej vedeckej kvality;
- ii. Pravidelné testovanie kvality paliva s cieľom overiť, či je v súlade s počiatočnou charakteristikou a špecifikáciami konštrukcie zariadenia. Frekvencia testovania a parametre vybrané z nižšie uvedenej tabuľky sa zakladajú na variabilite paliva a posúdení relevantnosti emisií znečisťujúcich látok (napr. koncentrácia v palive, použitá úprava spalín);
- iii. Následné úpravy nastavení zariadenia podľa potreby a možností (napr. integrácia charakteristiky paliva a kontroly do pokročilého kontrolného systému (pozri popis v oddiele 10.8.1)).

Opis

Počiatočnú charakterizáciu a pravidelné testovanie paliva môže vykonávať prevádzkovateľ a/alebo dodávateľ paliva. Ak ich vykonáva dodávateľ, úplné výsledky sa poskytujú prevádzkovateľovi vo forme špecifikácie a/alebo záruky dodávateľa produktu (paliva).

Palivo (palivá)	Látky/parametre podliehajúce charakterizácii
Biomasa/rašelina	- LHV - vlhkosť
	- Popol - C, Cl, F, N, S, K, Na - Kovy a polokovy (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn)
Čierne uhlie/hnedé uhlie	- LHV - Vlhkosť - Prchavé látky, popol, pevný uhlík, C, H, N, O, S
	Br, Cl, F
	Kovy a polokovy (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl, V, Zn)
HFO	- Popol - C, S, N, Ni, V
Plynový olej	- Popol - N, C, S
Zemný plyn	- LHV - CH₄, C₂H₆, C₃, C₄ +, CO₂, N₂, Wobbeho index
Procesné palivá z chemického priemyslu ⁽¹⁾	- Br, C, Cl, F, H, N, O, S - Kovy a polokovy (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl, V, Zn)
Plyny používané pri spracovaní železa a ocele	LHV, CH₄ (pre COG), C_xH_y (pre COG), CO₂, H₂, N₂, celkový obsah síry, prach, Wobbeho index
Odpad ⁽²⁾	- LHV - Vlhkosť - Prchavé látky, popol, Br, C, Cl, F, H, N, O, S - Kovy a polokovy (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl, V, Zn)

(1) Zoznam charakterizovaných látok/parametrov možno zredukovať len na tie, ktorých prítomnosť v palive (palivách) možno na základe informácií o surovinách a výrobných procesoch rozumne očakávať.

(2) Táto charakterizácia sa vykonáva bez toho, aby bola dotknutá uplatňovanie postupu predbežného prijatia a prijatia odpadu stanoveného v BAT 60 písm. a), ktorý môže viesť k charakterizácii a/alebo kontrole iných látok/parametrov okrem tých, ktoré sú uvedené v tomto zozname.

BAT 10. S cieľom znížiť emisie do ovzdušia a/alebo vody za iných ako bežných prevádzkových podmienok (OTNOC) sa BAT má zaviesť a implementovať plán riadenia ako súčasť systému environmentálneho manažérstva, ktorý zodpovedá významu potenciálnych únikov znečisťujúcich látok a zahŕňa tieto prvky:

- vhodný návrh systémov, ktoré sa považujú za relevantné z hľadiska spôsobenia OTNOC a ktoré môžu mať vplyv na emisie do ovzdušia, vody a/alebo pôdy (napr. koncepcie návrhu s nízkym zaťažením na zníženie minimálneho zaťaženia pri spúšťaní a vypínaní pre stabilnú výrobu v plynových turbínach);
- vytvorenie a implementácia konkrétneho plánu preventívnej údržby pre tieto relevantné systémy;
- preskúmanie a zaznamenávanie emisií spôsobených OTNOC a súvisiacich okolností a v prípade potreby vykonanie nápravných opatrení;
- pravidelné hodnotenie celkových emisií počas OTNOC (napr. frekvencia udalostí, trvanie, kvantifikácia/odhad emisií) a vykonávanie nápravných opatrení, ak je to potrebné.

BAT 11. BAT má primerane monitorovať emisie do ovzdušia a/alebo do vody počas OTNOC.

Opis

Monitorovanie sa môže vykonávať priamym meraním emisií alebo monitorovaním náhradných parametrov, ak sa ukáže, že má rovnakú alebo lepšiu vedeckú kvalitu ako priame meranie emisií. Emisie počas spúšťania a vypínania (SU/SD) sa môžu posudzovať na základe podrobného merania emisií vykonaného pre typický postup SU/SD najmenej raz ročne a s využitím výsledkov tohto merania na odhad emisií pre každé SU/SD počas celého roka.

10.1.4 Energetická účinnosť

BAT 12. S cieľom zvýšiť energetickú účinnosť spaľovacích, splyňovacích a/alebo IGCC jednotiek prevádzkovaných $\geq 1\,500$ h/rok sa BAT má používať vhodná kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Optimalizácia spaľovania	Pozri opis v oddiele 10.8.2. Optimalizáciou spaľovania sa minimalizuje obsah nespálených látok v spalínach a v pevných rezíduách po spaľovaní.	Všeobecne platné
b	Optimalizácia podmienok pracovného média	Prevádzkujte pri najvyššom možnom tlaku a teplote pracovného média (plynu alebo pary) v rámci obmedzení spojených napríklad s kontrolou emisií NO _x alebo charakteristikami požadovanej energie	
c	Optimalizácia parného cyklu	Prevádzka s nižším výstupným tlakom turbíny využitím najnižšej možnej teploty chladiacej vody kondenzátora v rámci konštrukčných podmienok.	
d	Minimalizácia spotreby energie	Minimalizácia vnútornej spotreby energie (napr. vyššia účinnosť čerpadla napájacej vody)	
e	Predohrev spaľovacieho vzduchu	Opätovné využitie časti tepla získaného zo spalín na predohrev vzduchu u používaného pri spaľovaní	Všeobecne použiteľné v rámci obmedzení súvisiacich s potrebou regulovať emisie NO _x
f	Predohrev paliva	Predohrev paliva pomocou získaného tepla	Všeobecne použiteľné v rámci obmedzení spojených s konštrukciou kotla a potrebou znižovať emisie NO _x
g	Pokročilý systém riadenia	Pozri popis v oddiele 10.8.2. Počítačové riadenie hlavných parametrov spaľovania umožňuje zlepšiť účinnosť spaľovania	Všeobecne použiteľné pre nové jednotky. Použitelnosť pre staré jednotky môže byť obmedzená potrebou modernizácie spaľovacieho systému a/alebo riadiaceho systému.
h	Predohrev napájacej vody pomocou spätne získaného tepla	Predohrev vody vychádzajúcej z parného kondenzátora pomocou spätne získaného tepla, predtým ako ju znovu použijete v kotle.	Použiteľné len pre parné okruhy, nie pre horúce kotly. Použitelnosť na existujúce jednotky môže byť obmedzená v dôsledku obmedzení spojených s konfiguráciou zariadenia a množstvom využiteľného tepla.
i	Získavanie tepla kogeneráciou (KVET)	Získavanie tepla (hlavne z parného systému) na výrobu horúcej vody/pary, ktoré sa používajú v priemyselných procesoch/činnostiach alebo vo verejnej sieti na diaľkové vykurovanie. Dodatočné získavanie tepla je možné z: • chladenia spalín • chladenia roštu • cirkulujúceho fluidného lôžka	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s miestnou spotrebou tepla a elektrickej energie. Použitelnosť môže byť obmedzená v prípade plynových kompresorov s nepredvídateľným prevádzkovým teplotným profilom.
j	Pripravenosť na KVET	Pozri popis v oddiele 10.8.2.	Použiteľné len pre nové jednotky, kde existuje reálny potenciál pre budúce využitie tepla v blízkosti jednotky.
k	Kondenzátor spalín	Pozri popis v oddiele 10.8.2.	Všeobecne platí pre jednotky KVET za predpokladu, že existuje dostatočný dopyt po nízko teplotnom teple.

l	Akumulácia tepla	Akumulácia tepla v režime KVET	Platí len pre zariadenia KVET. Použitelnosť môže byť obmedzená v prípade nízkej spotreby tepla.
m	Mokrý komín	Pozri popis v oddiele 10.8.2.	Všeobecne platí pre nové a existujúce jednotky vybavené mokrým odsiňovaním.
n	Výpust z chladiacej veže	Uvoľňovanie emisií do ovzdušia cez chladiacu vežu a nie cez špeciálny komín.	Platí len pre jednotky vybavené mokrým FGD, kde je pred vypúšťaním potrebné opätovné zahriatie spalín a kde je chladiacim systémom jednotky chladiaca veža.
o	Predsúšenie paliva	Zníženie obsahu vlhkosti v palive pred spaľovaním s cieľom zlepšiť podmienky spaľovania	Platí pre spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny v rámci obmedzení spojených s rizikami samovznietenia (napr. obsah vlhkosti v rašeline sa počas celého dodávateľského reťazca udržiava nad 40 %). Modernizácia existujúcich zariadení môže byť obmedzená dodatočnou výhrevnosťou, ktorú možno získať sušením, a obmedzenými možnosťami modernizácie, ktoré ponúkajú niektoré konštrukcie kotlov alebo konfigurácie zariadení.
p	Minimalizácia tepelných strát	Minimalizácia zvyškových tepelných strát, napr. strát vznikajúcich cez škvary alebo strát, ktoré možno znížiť izoláciou zdrojov sálenia	Platí len pre spaľovacie jednotky na tuhé palivá a pre jednotky na splyňovanie/IGCC.
q	Pokrokové materiály	Použitie pokrokových materiálov, ktoré preukázali schopnosť odolávať vysokým prevádzkovým teplotám a tlakom, a tým dosahovať vyššiu účinnosť parného/spaľovacieho procesu.	Platí len pre nové zariadenia.
r	Modernizácia parných turbín	Zahrňa techniky, ako je zvýšenie teploty a tlaku stredotlakovej pary, pridanie nízkotlakovej turbíny a úpravy geometrie lopatiek rotora turbíny.	Použitelnosť môže byť obmedzená dopytom, podmienkami pary a/alebo obmedzenou životnosťou zariadenia.
s	Superkritické a ultra-superkritické podmienky pary	Použitie parného okruhu, vrátane systémov opätovného ohrevu pary, v ktorom môže para dosiahnuť tlaky nad 220,6 bar a teploty nad 374 °C v prípade superkritických podmienok a nad 250 – 300 bar a teploty nad 580 – 600 °C v prípade ultra-superkritických podmienok.	Platí len pre nové jednotky s výkonom $\geq 600 \text{ MW}_{\text{th}}$ prevádzkované $> 4\,000$ h/rok. Neplatí, ak je účelom jednotky výroba pary s nízkou teplotou a/alebo tlakom v spracovateľskom priemysle. Nevzťahuje sa na plynové turbíny a motory vyrábajúce paru v režime KVET. V prípade jednotiek spaľujúcich biomasu môže byť uplatniteľnosť obmedzená koróziou pri vysokých teplotách v prípade určitých druhov biomasy.

10.1.5 Spotreba vody a emisie do vody

BAT 13. S cieľom znížiť spotrebu vody a objem vypúšťanej kontaminovanej odpadovej vody sa BAT má použiť jedna alebo obe nižšie uvedené techniky.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Recyklácia vody	Zvyšné vodné toky vrátane odtokovej vody, zo závodu sa opätovne využívajú na iné účely. Miera recyklácie je obmedzená požiadavkami na kvalitu prijímajúceho vodného toku a vodnou bilanciou závodu.	Nevzťahuje sa na odpadovú vodu z chladiacich systémov, ak sú prítomné chemikálie na úpravu vody a/alebo vysoké koncentrácie solí z morskej vody.
b	Spracovanie suchého popolčeka	Suchý popol a horúci popol padajú z pece na mechanický dopravný systém a ochladzujú sa okolitým vzduchom. V tomto procese sa nepoužíva voda.	Platí len pre zariadenia spaľujúce tuhé palivá. Môžu existovať technické obmedzenia, ktoré bránia dodatočnej inštalácii do existujúcich spaľovacích zariadení.

BAT 14. S cieľom zabrániť kontaminácii nekontaminovaných odpadových vôd a znížiť emisie do vody je BAT oddelovať prúdy odpadových vôd a spracovávať ich oddelene v závislosti od obsahu znečisťujúcich látok.

Opis

Prúdy odpadových vôd, ktoré sa zvyčajne oddeľujú a čistia, zahŕňajú povrchovú odtokovú vodu, chladiacu vodu a odpadovú vodu z čistenia spalín.

Použitelnosť

Použitelnosť môže byť v prípade existujúcich zariadení obmedzená konfiguráciou odvodňovacích systémov.

BAT 15. S cieľom znížiť emisie do vody z čistenia spalín je BAT používať vhodnú kombináciu nižšie uvedených techník a používať sekundárne techniky čo najbližšie k zdroju, aby sa zabránilo riedeniu.

Technika		Typické znečisťujúce látky, ktorým sa zabraňuje/ktorých obsah sa znižuje	Použitelnosť
Primárne techniky			
a	Optimalizované spaľovanie (pozri BAT 6) a systémy na úpravu spalín (napr. SCR/SNCR, pozri BAT 7)	Organické zlúčeniny, amoniak (NH_3)	Všeobecne použiteľné
Sekundárne techniky ⁽¹⁾			
b	Adsorpcia na aktívnom uhlí	Organické zlúčeniny, ortuť (Hg)	Všeobecne použiteľné
c	Aeróbne biologické čistenie	Biologicky rozložiteľné organické zlúčeniny, amónium (NH_4^+)	Všeobecne použiteľné na spracovanie organických zlúčenín. Aeróbne biologické spracovanie amónia (NH_4^+) nemusí byť v prípade vysokých koncentrácií chloridov (t. j. okolo 10 g/l)
d	Anoxické/anaeróbne biologické spracovanie	ortuť (Hg), dusičnany (NO_3^-), dusitaný (NO_2^-)	Všeobecne použiteľné
e	Koagulácia a flokulácia	Suspendované tuhé látky	Všeobecne platné
f	Kryštalizácia	Kovy a polokovy, síran (SO_4^{2-}), fluorid (F^-)	Všeobecne platné
g	Filtrácia (napr. piesková filtrácia, mikrofiltrácia, ultrafiltrácia)	Suspendované tuhé látky, kovy	Všeobecne použiteľné
h	Flotácia	Suspendované tuhé látky, voľný olej	Všeobecne použiteľné
i	Iónová výmena	Kovy	Všeobecne použiteľné
j	Neutralizácia	Kyseliny, zásady	Všeobecne platné
k	Oxidácia	Sulfid (S^{2-}), sulfit (SO_3^{2-})	Všeobecne platné
l	Zrážanie	Kovy a polokovy, síran (SO_4^{2-}), fluorid (F^-)	Všeobecne použiteľné
m	Sedimentácia	Suspendované tuhé látky	Všeobecne platné
n	Odstraňovanie	Amoniak (NH_3)	Všeobecne použiteľné
⁽¹⁾ Popisy techník sú uvedené v oddiele 10.8.6			

BAT-AEL sa vzťahujú na priame vypúšťanie do prijímajúceho vodného útvaru v mieste, kde emisie opúšťajú zariadenie.

Tabuľka 10.1: BAT-AEL pre priame vypúšťanie do prijímajúceho vodného útvaru z čistenia spalín

Látka/parameter		BAT-AEL
		Denný priemer
Celkový organický uhlík (TOC)		20–50 mg/l ⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾
Chemická spotreba kyslíka (CHSK)		60–150 mg/l ⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾
Celkové suspendované tuhé látky (TSS)		10–30 mg/l
Fluorid (F ⁻)		10–25 mg/l ⁽³⁾
Siran (SO ₄ ²⁻)		1,3–2,0 g/l ⁽³⁾ ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾
Sulfid (S ²⁻), ľahko uvoľniteľný		0,1–0,2 mg/l ⁽³⁾
Siran (SO ₃ ²⁻)		1–20 mg/l ⁽³⁾
Kovy a polokovy	Ako	10–50 µg/l
	Cd	2–5 µg/l
	Cr	10–50 µg/l
	Cu	10–50 µg/l
	Hg	0,2–3 µg/l
	Ni	10–50 µg/l
	Pb	10–20 µg/l
	Zn	50–200 µg/l
(1) Uplatňuje sa buď BAT-AEL pre TOC, alebo BAT-AEL pre CHSK. TOC je preferovanou možnosťou, pretože jeho monitorovanie nie je závislé od použitia veľmi toxických zlúčenín. (2) Táto BAT-AEL sa uplatňuje po odpočítaní vstupného zaťaženia. (3) Táto BAT-AEL sa vzťahuje iba na odpadovú vodu z používania mokrého FGD. (4) Táto BAT-AEL sa uplatňuje iba na spaľovacie zariadenia, ktoré používajú zlúčeniny vápnika pri čistení spalín. (5) Horná hranica rozsahu BAT-AEL sa nemusí uplatňovať v prípade vysoko slaných odpadových vôd (napr. koncentrácie chloridov ≥ 5 g/l) z dôvodu zvýšenej rozpustnosti síranu vápenatého. (6) Táto BAT-AEL sa nevzťahuje na vypúšťanie do mora alebo do brakických vodných útvarov.		

10.1.6 Nakladanie s odpadom

BAT 16. S cieľom znížiť množstvo odpadu odovzdávaného na likvidáciu z procesu spaľovania a/alebo splyňovania a technológií na znižovanie emisií je BAT organizovať prevádzku tak, aby sa v poradí podľa priority a s ohľadom na životný cyklus maximalizovalo:

- predchádzanie vzniku odpadu, napr. maximalizovať podiel odpadu, ktorý vzniká ako vedľajší produkt;
- prípravu odpadu na opätovné použitie, napr. podľa konkrétnych požadovaných kritérií kvality;
- recykláciu odpadu;
- iné zhodnocovanie odpadu (napr. energetické zhodnocovanie),

prostredníctvom implementácie vhodnej kombinácie techník, ako napríklad:

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Výroba sadry ako vedľajšieho produktu	Optimalizácia kvality reakčných rezíduí na báze vápnika vznikajúcich pri mokrom odsírovaní, aby mohli byť použité ako náhrada za ťažený sadrovec (napr. ako surovina v priemysle sadrokartónových dosiek). Kvalita vápenca použitého pri mokrom odsírovaní ovplyvňuje čistotu vyrobeného sadrovca.	Všeobecne použiteľné v rámci obmedzení spojených s požadovanou kvalitou sadry, zdravotnými požiadavkami spojenými s každým konkrétnym použitím a podmienkami trhu.
b	Recyklácia alebo zhodnocovanie rezíduí v stavebnom sektore	Recyklácia alebo zhodnocovanie rezíduí (napr. z polosuchých procesov odsírovania, popolčeka, lôžkového popola) ako stavebného materiálu (napr. pri výstavbe ciest, ako náhrada piesku pri výrobe betónu alebo v cementárskom priemysle).	Všeobecne použiteľné v rámci obmedzení spojených s požadovanou kvalitou materiálu (napr. fyzikálne vlastnosti, obsah škodlivých látok) spojených s každým konkrétnym použitím a podmienkami na trhu.
c	Zhodnocovanie energie využívaním odpadu v palivovej zmesi	Zvyšná energia obsiahnutá v popole a kaloch bohatých na uhlík, ktoré vznikajú spaľovaním uhlia, hnedého uhlia, ťažkého vykurovacieho oleja, rašeliny alebo biomasy, sa môže zhodnocovať napríklad zmiešaním s palivom.	Všeobecne použiteľné v prípadoch, keď zariadenia môžu prijímať odpad v palivovej zmesi a sú technicky schopné dodávať palivá do spaľovacej komory.
d	Príprava použitého katalyzátora na opätovné použitie	Príprava katalyzátora na opätovné použitie (napr. až štyrikrát v prípade katalyzátorov SCR) obnovuje časť alebo celú pôvodnú výkonnosť, čím sa predlžuje životnosť katalyzátora o niekoľko desiatok rokov. Príprava použitého katalyzátora na opätovné použitie je integrovaná do systému riadenia katalyzátorov.	Použitelnosť môže byť obmedzená mechanickým stavom katalyzátora a požadovaným výkonom s ohľadom na reguláciu emisií NO _x a NH ₃

10.1.7 Emisie hluku

BAT 17. Na zníženie emisií hluku sa BAT má použiť jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Prevádzkové opatrenia	Medzi ne patria: • zlepšenie kontroly a údržby zariadení • zatváranie dverí a okien uzavretých priestorov, ak je to možné • obsluhu zariadení skúseným personálom • vyhýbanie sa hlučným činnostiam v noci, ak je to možné • opatrenia na kontrolu hluku počas údržbových činností	Všeobecne platné
b	Nízko hlučné zariadenia	Sem môžu patriť kompresory, čerpadlá a disky	Všeobecne platné, ak je zariadenie nové alebo vymenené
c	Tlmenie hluku	Šírenie hluku je možné znížiť vložením prekážok medzi zdroj a prijímač. Vhodnými prekážkami sú ochranné steny, násypy a budovy.	Všeobecne platné pre nové zariadenia. V prípade existujúcich zariadení môže byť vkladanie prekážok obmedzené nedostatkom priestoru.
d	Zariadenia na tlmenie hluku	Patria sem: • tlmiče hluku • izoláciu zariadení • uzavretie hlučných zariadení • zvukovú izoláciu budov	Použitelnosť môže byť obmedzená nedostatkom priestoru
e	Vhodné umiestnenie zariadení a budov	Hlučnosť možno znížiť zvýšením vzdialenosti medzi zdrojom a prijímačom a použitím budov ako protihlukových clôn	Všeobecne použiteľné pre nové zariadenia. V prípade existujúcich zariadení môže byť presun zariadení a výrobných jednotiek obmedzený nedostatkom priestoru alebo nadmernými nákladmi.

10.2 Závery BAT pre spaľovanie tuhých palív

10.2.1 Závery BAT pre spaľovanie čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia

Pokiaľ nie je uvedené inak, závery BAT uvedené v tejto časti sa všeobecne vzťahujú na spaľovanie uhlia a/alebo hnedého uhlia. Uplatňujú sa okrem všeobecných záverov BAT uvedených v oddiele 10.1.

10.2.1.1 Všeobecné environmentálne vlastnosti

BAT 18. S cieľom zlepšiť všeobecné environmentálne vlastnosti spaľovania čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia a okrem BAT 6 sa má použiť technika uvedená nižšie.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Integrovaný proces spaľovania zabezpečujúci vysokú účinnosť kotla a zahŕňajúci primárne techniky na znižovanie emisií NO _x (napr. air staging, fuel staging, horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB) a/alebo recirkulácia spalín)	Tento integrovaný proces umožňuje spaľovacie procesy, ako je spaľovanie práškoveho paliva, spaľovanie vo fluidnom lôžku alebo spaľovanie na pohyblivom rošte.	Všeobecne použiteľné

10.2.1.2 Energetická účinnosť

BAT 19. S cieľom zvýšiť energetickú účinnosť spaľovania čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia sa BAT má používať vhodná kombinácia techník uvedených v BAT 12 a nižšie.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Manipulácia so suchým popolom	Suchý horúci popol z lôžka pece padá na mechanický dopravný systém a po presmerovaní späť do pece na opätovné spaľovanie sa ochladzuje okolitým vzduchom. Užitočná energia sa získava ako z opakovaného spaľovania popola, tak aj z jeho chladenia.	Môžu existovať technické obmedzenia, ktoré bránia dodatočnej inštalácii do existujúcich spaľovacích jednotiek.

Tabuľka 10.2: Úrovně energetickej účinnosti súvisiace s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia

Typ spaľovacej jednotky	BAT-AEEL ⁽¹⁾ ⁽²⁾		
	Čistá elektrická účinnosť (%) ⁽³⁾		Čisté celkové využitie paliva (%) ⁽³⁾ ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾
	Nové zariadenie ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾	Existujúca jednotka ⁽⁶⁾ ⁽⁸⁾	Nová alebo existujúca jednotka
Na čierne uhlie, $\geq 1\,000\text{ MW}_{\text{th}}$	45	33,5–44	75
Na hnedé uhlie, $\geq 1\,000\text{ MW}_{\text{th}}$	42–44 ⁽⁹⁾	33,5	75
Na čierne uhlie, $< 1\,000\text{ MW}_{\text{th}}$	36,5–41,5 ⁽¹⁰⁾	32,5–41,5	75
Na hnedé uhlie, $< 1\,000\text{ MW}_{\text{th}}$	36,5–40 ⁽¹¹⁾	31,5–39,5	75

(1) Tieto BAT-AEEL sa neuplatňujú v prípade jednotiek prevádzkovaných $< 1\,500$ h/rok.

(2) V prípade jednotiek KVET sa uplatňuje len jedna z dvoch BAT-AEEL „Čistá elektrická účinnosť“ alebo „Čisté celkové využitie paliva“, v závislosti od konštrukcie jednotky KVET (t. j. buď viac orientovanej na výrobu elektriny, alebo na výrobu tepla) .

(3) Dolná hranica rozsahu môže zodpovedať prípadom, keď je dosiahnutá energetická účinnosť negatívne ovplyvnená (až o štyri percentuálne body) typom použitého chladiaceho systému alebo geografickou polohou jednotky.

(4) Tieto úrovne nemusia byť dosiahnuteľné, ak je potenciálny dopyt po teple príliš nízky.

(5) Tieto BAT-AEEL sa nevzťahujú na zariadenia, ktoré vyrábajú iba elektrinu.

(6) Dolné hranice rozsahov BAT-AEEL sa dosahujú v prípade nepriaznivých klimatických podmienok, jednotiek spaľujúcich nízkokvalitné hnedé uhlie a/alebo starých jednotiek (prvýkrát uvedených do prevádzky pred rokom 1985).

(7) Vyššia úroveň rozsahu BAT-AEEL sa dá dosiahnuť pri vysokých parametroch pary (tlak, teplota).

(8) Dosiahnuteľné zlepšenie elektrickej účinnosti závisí od konkrétnej jednotky, ale zvýšenie o viac ako tri percentuálne body sa považuje za odraz použitia BAT pre existujúce jednotky, v závislosti od pôvodnej konštrukcie jednotky a od už vykonaných modernizácií.

(9) V prípade jednotiek spaľujúcich hnedé uhlie s dolnou výhrevnosťou pod 6 MJ/kg je dolná hranica rozsahu BAT-AEEL 41,5 %.

(10) Horná hranica rozsahu BAT-AEEL môže dosiahnuť až 46 % v prípade jednotiek s výkonom $\geq 600\text{ MW}_{\text{th}}$ využívajúcich superkritické alebo ultra-superkritické podmienky pary.

(11) Horná hranica rozsahu BAT-AEEL môže dosiahnuť až 44 % v prípade jednotiek s výkonom $\geq 600\text{ MW}_{\text{th}}$ využívajúcich superkritické alebo ultra-superkritické podmienky pary.

10.2.1.3 Emisie NO_x, N₂O a CO do ovzdušia

BAT 20. S cieľom zabrániť emisiám NO_x do ovzdušia alebo ich znížiť a zároveň obmedziť emisie CO a N₂O do ovzdušia zo zariadenia na spaľovanie čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia sa ako BAT má použiť jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Optimalizácia spaľovania	Pozri opis v oddiele 10.8.3. Všeobecne sa používa v kombinácii s inými technikami.	Všeobecne použiteľné
b	Kombinácia iných primárnych techník na zníženie emisií NO _x (napr. air staging, fuel staging, recirkulácia spalín, horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB))	Pozri popis v oddiele 10.8.3 pre každú jednotlivú techniku. Výber a výkon (kombinácie) vhodných primárnych techník môže ovplyvniť konštrukcia kotla	
c	Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)	Pozri popis v oddiele 10.8.3. Možno použiť s „kĺzavým“ SCR	Použitelnosť môže byť obmedzená v prípade kotlov s vysokou prierezovou plochou, ktorá bráni homogénemu zmiešavaniu NH ₃ a NO _x . Použitelnosť môže byť obmedzená v prípade spaľovacích zariadení prevádzkovaných < 1 500 h/rok s vysoko variabilným zaťažením kotla
d	Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri popis v oddiele 10.8.3	Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia s výkonom < 300 MW _{th} prevádzkované < 500 h/rok. Všeobecne sa nevzťahuje na spaľovacie zariadenia s výkonom < 100 MW _{th} . Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre dodatočné vybavenie existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok a pre existujúce spaľovacie zariadenia ≥ 300 MW _{th} prevádzkované < 500 h/rok
e	Kombinované techniky na znižovanie emisií NO _x a SO _x	Pozri opis v oddiele 10.8.3	Použiteľné v jednotlivých prípadoch v závislosti od vlastností paliva a procesu spaľovania

Tabuľka 10.3: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO_x do ovzdušia zo spaľovania čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL (mg/Nm ³)			
	Ročný priemer		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúca zariadenie ⁽¹⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽²⁾ ⁽³⁾
< 100	100	100	155	165–330
100	50–100	100	80–130	155–210
≥ 300, kotol FBC spaľujúci čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie a kotol PC spaľujúci hnedé uhlie	50	< 85–150 ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾	80	140–165 ⁽⁶⁾
≥ 300, kotol PC spaľujúci uhlie	65–85	65–150	80–125	< 85–165 ⁽⁷⁾

(1) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(2) V prípade uhoľných kotlov PC uvedených do prevádzky najneskôr 1. júla 1987, ktoré sú prevádzkované < 1 500 h/rok a na ktoré sa nevzťahuje SCR a/alebo SNCR, je horná hranica rozsahu 340 mg/Nm³.
(3) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.
(4) Dolná hranica rozsahu sa považuje za dosiahnuteľnú pri použití SCR.
(5) Horná hranica rozsahu je 175 mg/Nm³ pre kotly s cirkulujúcim lôžkom uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 a pre kotly na hnedé uhlie.
(6) Horná hranica rozsahu je 220 mg/Nm³ pre kotly FBC uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 a pre kotly PC spaľujúce hnedé uhlie.
(7) V prípade zariadení uvedených do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu 200 mg/Nm³ pre zariadenia prevádzkované ≥ 1 500 h/rok a 220 mg/Nm³ pre zariadenia prevádzkované < 1 500 h/rok.

Orientačne, ročné priemerné úrovne emisií CO pre existujúce spaľovacie zariadenia prevádzkované
≥ 1 500 h/rok alebo pre nové spaľovacie zariadenia budú vo všeobecnosti nasledovné:

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	Indikatívna úroveň emisií CO (mg/Nm ³)
< 300	< 30–140
≥ 300, kotol FBC spaľujúci čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie a kotol PC spaľujúci hnedé uhlie	< 30–100 ⁽¹⁾
≥ 300, kotol PC spaľujúci uhlie	< 5–100 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Horná hranica rozsahu môže dosiahnuť až 140 mg/Nm³ v prípade obmedzení vyplývajúcich z konštrukcie kotla a/alebo v prípade kotlov s fluidným lôžkom, ktoré nie sú vybavené sekundárnymi technológiami na znižovanie emisií NO_x.

10.2.1.4 Emisie SO_x, HCl a HF do ovzdušia

BAT 21. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie SO_x, HCl a HF do ovzdušia pri spaľovaní čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia sa BAT má použiť jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Vstrekovanie sorbentu do kotla (do pece alebo do lôžka)	Pozri popis v oddiele 10.8.4	Všeobecne použiteľné
b	Vstrekovanie sorbentu do potrubia (DSI)	Pozri popis v oddiele 10.8.4. Táto technika sa môže použiť na odstraňovanie HCl/HF, ak nie je implementovaná žiadna špecifická technika FGD na konci potrubia.	
c	Rozprašovací suchý absorbér (SDA)	Pozri popis v oddiele 10.8.4.	
d	Suchý práčkový filter s cirkulujúcim fluidným lôžkom (CFB)		
e	Mokrý vypieranie	Pozri popis v oddiele 10.8.4. Tieto techniky sa môžu použiť na odstraňovanie HCl/HF, ak nie je implementovaná žiadna špecifická technika FGD na konci potrubia.	
f	Mokrý odsírovanie spalín (mokrý FGD)	Pozri popis v oddiele 10.8.4	Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre uplatňovanie tejto techniky v spaľovacích zariadeniach s výkonom < 300 MW _{th} a pre modernizáciu existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok
g	FGD s morskou vodou		Použiteľné v jednotlivých prípadoch v závislosti od vlastností paliva a procesu spaľovania.
h	Kombinované techniky na znižovanie emisií NO _x a SO _x		
i	Výmena alebo odstránenie ohrievača plynu umiestneného za mokrou FGD	Nahradenie plynového ohrievača za mokrou FGD viacpásmovým odvodom tepla alebo odstránenie a vypúšťanie spalín cez chladiacu vežu alebo mokrý komín	Použiteľné len v prípade, ak je potrebné vymeniť alebo nahradiť výmenník tepla v spaľovacích zariadeniach vybavených mokrou FGD a plynovým ohrievačom za mokrou FGD
j	Voľba paliva	Pozri popis v oddiele 10.8.4. Použitie paliva s nízkym obsahom síry (napr. až do 0,1 hmotnostného percenta, v suchom stave), chlóru alebo fluóru	Uplatniteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych druhov palív, na ktorú môže mať vplyv energetická politika členského štátu. Uplatniteľnosť môže byť obmedzená z dôvodu konštrukčných obmedzení v prípade spaľovacích zariadení spaľujúcich vysoko špecifické domáce palivá

Tabuľka 10.4: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie SO₂ do ovzdušia zo spaľovania čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL (mg/Nm ³)			
	Ročný priemer		Denný priemer	Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie (1)	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie (2)
< 100	150	15	170–220	170
100	80–150	95–200	135–200	135–220 (3)
≥ 300, PC kotol	10–75	10–130 (4)	25–110	25–165 (5)
≥ 300, kotol s fluidným lôžkom (6)	20	20	25	50

(1) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(2) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.
(3) V prípade zariadení uvedených do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu BAT-AEL 250 mg/Nm³.
(4) Dolná hranica rozsahu sa dá dosiahnuť použitím palív s nízkym obsahom síry v kombinácii s najmodernejšími konštrukciami mokrých systémov na znižovanie emisií.
(5) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 220 mg/Nm³ v prípade zariadení uvedených do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 a prevádzkovaných < 1 500 h/rok. Pre ostatné existujúce zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu BAT-AEL 205 mg/Nm³.
(6) V prípade kotlov s cirkulujúcim fluidným lôžkom je možné dosiahnuť dolnú hranicu rozsahu použitím vysokoúčinného mokrého odsirovania. Hornú hranicu rozsahu je možné dosiahnuť použitím vstrekovania sorbentu do lôžka kotla.

Pre spaľovacie zariadenia s celkovým menovitým tepelným príkonom viac ako 300 MW, ktoré sú špeciálne navrhnuté na spaľovanie domácich hnedouhoľných palív a ktoré môžu preukázať, že z technicko-ekonomických dôvodov nemôžu dosiahnuť BAT-AEL uvedené v tabuľke 10.4, sa denné priemerné BAT-AEL uvedené v tabuľke 10.4 neuplatňujú a horná hranica ročného priemerného rozsahu BAT-AEL je nasledovná:

(i) pre nový systém FGD: $RCG \times 0,01$ s maximom 200 mg/Nm³;

(ii) pre existujúci systém FGD: $RCG \times 0,03$ s maximom 320 mg/Nm³;

kde RCG predstavuje koncentráciu SO₂ v surovom spalínovom plyne ako ročný priemer (za štandardných podmienok uvedených vo všeobecných úvahách) na vstupe do systému na znižovanie SO_x, vyjadrenú pri referenčnom obsahu kyslíka 6 obj. % O₂.

(iii) Ak sa ako súčasť systému FGD používa vstrekovanie sorbentu do kotla, RCG možno upraviť zohľadnením účinnosti zníženia SO₂ tejto techniky (η_{BSI}) takto: $RCG \text{ (upravená)} = RCG \text{ (meraná)} / (1 - \eta_{BSI})$.

Tabuľka 10.5: Úrovně emisí svisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie HCl a HF do ovzdušia zo spaľovania čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia

Znečisťujúca látka	Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL (mg/Nm ³)	
		Ročný priemer alebo priemer vzoriek získaných počas jedného roka	
		Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽¹⁾
HCl	< 100	1	2–10 ⁽²⁾
	≥ 100	1–3	1–5 ⁽²⁾ ⁽³⁾
HF	< 100	< 1–3	< 1–6 ⁽⁴⁾
	≥ 100	< 1–2	< 1–3 ⁽⁴⁾

(1) Dolná hranica týchto rozsahov BAT-AEL môže byť ťažko dosiahnuteľná v prípade zariadení vybavených mokrým odsiňovaním a následným plynovým ohrievačom.

(2) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 20 mg/Nm³ v týchto prípadoch: zariadenia spaľujúce palivá s priemerným obsahom chlóru 1 000 mg/kg (suché) alebo vyšším; zariadenia prevádzkované < 1 500 h/rok; kotly FBC. Pre zariadenia prevádzkované < 500 h/rok sú tieto úrovne orientačné.

(3) V prípade zariadení vybavených mokrou odsiňovacou technológiou s následným plynovým ohrievačom je horná hranica rozsahu BAT-AEL 7 mg/Nm³.

(4) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 7 mg/Nm³ v nasledujúcich prípadoch: zariadenia vybavené mokrým odsiňovacím systémom s následným ohrievačom plynu; zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne; kotly s cirkulujúcim ohrevom. Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.

10.2.1.5 Emisie prachu a kovov viazaných na častice do ovzdušia

BAT 22. S cieľom znížiť emisie prachu a kovov viazaných na častice do ovzdušia zo spaľovania čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia sa ako BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Elektrostatický odľučovač (ESP)	Pozri opis v oddiele 10.8.5	Všeobecne použiteľné
b	Vrecový filter		
c	Vstrekovanie sorbentu do kotla (do pece alebo do lôžka)	Pozri opisy v oddiele 10.8.5. Techniky sa používajú hlavne na znižovanie emisií SO _x , HCl a/alebo HF	
d	Suchý alebo polosuchý systém FGD		
e	Mokrý odsírovanie spalín (mokrý FGD)		Pozri použiteľnosť v BAT 21

Tabuľka 10.6: Úrovně emisí svisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie prachu do ovzdušia zo spaľovania čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL (mg/Nm ³)			
	Ročný priemer		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽¹⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽²⁾
< 100	2	2	4–16	4–22 ⁽³⁾
100–300	2–5	2–14	3–15	4–22 ⁽⁴⁾
300–1 000	2–5	2–10 ⁽⁵⁾	3–10	3–11 ⁽⁶⁾
≥ 1 000	2–5	2–8	3–10	3–11 ⁽⁷⁾

(1) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.

(2) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.

(3) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 28 mg/Nm³ pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014.

(4) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 25 mg/Nm³ pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014.

(5) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 12 mg/Nm³ pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014.

(6) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 20 mg/Nm³ pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014.

(7) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 14 mg/Nm³ pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014.

10.2.1.6 Emisie ortuti do ovzdušia

BAT 23. S cieľom zabrániť emisiám ortuti do ovzdušia zo spaľovania čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia alebo ich znížiť sa má BAT používať jednu alebo kombináciu nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
Súvisiaci prínos z techník používaných primárne na zníženie emisií iných znečisťujúcich látok			
a	Elektrostatický odlučovač (ESP)	Pozri opis v oddiele 10.8.5. Vyššia účinnosť odstraňovania ortuti sa dosahuje pri teplotách spalín nižších ako 130 °C. Technika „ „ sa používa hlavne na kontrolu prachu.	Všeobecne použiteľné
b	Vrecový filter	Pozri opis v oddiele 10.8.5. Táto technika sa používa hlavne na kontrolu prachu.	
c	Suchý alebo polosuchý systém FGD	Pozri opisy v oddiele 10.8.5. Tieto techniky sa používajú hlavne na znižovanie emisií SO _x , HCl a/alebo HF	
d	Mokrý odsívovanie spalín (mokrý FGD)		Pozri použiteľnosť v BAT 21
e	Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri opis v oddiele 10.8.3. Používa sa iba v kombinácii s inými technikami na zvýšenie alebo zníženie oxidácie ortuti pred zachytením v následnom systéme FGD alebo odprašovaní. Táto technika sa používa hlavne na kontrolu NO _x	Pozri použiteľnosť v BAT 20
Špecifické techniky na zníženie emisií ortuti			
f	Vstrekovanie uhlíkového sorbentu (napr. aktívneho uhlíka alebo halogénovaného aktívneho uhlíka) do spalín	Pozri opis v oddiele 10.8.5. Všeobecne sa používa v kombinácii s ESP/vrecovým filtrom. Použitie tejto techniky môže vyžadovať ďalšie kroky spracovania na ďalšie oddelenie frakcie obsahujúcej ortuť pred ďalším opätovným použitím popolčeka	Všeobecne použiteľné
g	Použitie halogénovaných prísad v palive alebo vstrekovanie do pece	Pozri opis v oddiele 10.8.5	Všeobecne použiteľné v prípade nízkeho obsahu halogénov v palive
h	Predbežná úprava paliva	Preplachovanie, miešanie a zmiešavanie paliva s cieľom obmedziť/znížiť obsah ortuti alebo zlepšiť zachytávanie ortuti zariadením na kontrolu znečistenia	Použitelnosť podlieha predchádzajúcemu prieskumu na charakterizovanie paliva a odhad potenciálnej účinnosti techniky
i	Výber paliva	Pozri opis v oddiele 10.8.5	Použiteľné v rámci obmedzení súvisiacich s dostupnosťou rôznych druhov paliva, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu.

Tabuľka 10.7: Úrovně emisí spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie ortuti do ovzdušia zo spaľovania čierneho uhlia a hnedého uhlia

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL (µg/Nm ³)			
	Ročný priemer alebo priemer vzoriek získaných počas jedného roka			
	Nové zariadenie		Existujúce zariadenie ⁽¹⁾	
	uhlie	hnedé uhlie	uhlie	hnedé uhlie
< 300	< 1-3	< 1-5	< 1-9	< 1-10
≥ 300	< 1-2	< 1-4	< 1-4	< 1-7

⁽¹⁾ Dolná hranica rozsahu BAT-AEL sa dá dosiahnuť pomocou špecifických techník na znižovanie obsahu ortuti.

10.2.2 Závěry BAT pre spaľovanie tuhej biomasy a/alebo rašeliny

Pokiaľ nie je uvedené inak, závery BAT uvedené v tejto časti sa všeobecne vzťahujú na spaľovanie tuhej biomasy a/alebo rašeliny. Platia okrem všeobecných záverov BAT uvedených v oddiele 10.1.

10.2.2.1 Energetická účinnosť

Tabuľka 10.8: Úrovně energetickej účinnosti súvisiace s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie tuhej biomasy a/alebo rašeliny

Typ spaľovacej jednotky	BAT-AEEL ⁽¹⁾			
	⁽²⁾			
	Čistá elektrická účinnosť (%) ⁽³⁾		Celkové čisté využitie paliva (%) ^{(4) (5)}	
	Nová jednotka ⁽⁶⁾	Existujúca jednotka	Nová jednotka	Existujúca jednotka
Kotol na tuhú biomasu a/alebo rašelinu	33,5–až > 38	28–38	73	73–99

(1) Tieto BAT-AEEL sa neuplatňujú v prípade jednotiek prevádzkovaných < 1 500 h/rok.
(2) V prípade jednotiek KVET sa uplatňuje len jedna z dvoch BAT-AEEL „Čistá elektrická účinnosť“ alebo „Čisté celkové využitie paliva“, v závislosti od konštrukcie jednotky KVET (t. j. buď viac orientovanej na výrobu elektriny, alebo na výrobu tepla).
(3) Dolná hranica rozsahu môže zodpovedať prípadom, keď je dosiahnutá energetická účinnosť negatívne ovplyvnená (až o štyri percentuálne body) typom použitého chladiaceho systému alebo geografickou polohou jednotky.
(4) Tieto úrovne nemusia byť dosiahnuteľné, ak je potenciálny dopyt po teple príliš nízky.
(5) Tieto BAT-AEEL sa nevzťahujú na zariadenia, ktoré vyrábajú iba elektrickú energiu.
(6) Dolná hranica rozsahu môže byť až 32 % v prípade jednotiek s výkonom < 150 MW_{th} spaľujúcich palivá z biomasy s vysokým obsahom vlhkosti.

10.2.2.2 Emisie NO_x, N₂O a CO do ovzdušia

BAT 24. S cieľom zabrániť emisiám NO_x do ovzdušia alebo ich znížiť a zároveň obmedziť emisie CO a N₂O do ovzdušia zo spaľovania tuhej biomasy a/alebo rašeliny sa ako BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Optimalizácia spaľovania	Pozri opisy v oddiele 10.8.3	Všeobecne platné
b	Horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB)		
c	Stupňovanie vzduchu		
d	Regulácia paliva		
e	Recirkulácia spalín		
f	Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)	Pozri opis v oddiele 10.8.3. Možno použiť so „slip“ SCR	Neplatí pre spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne s vysoko variabilným zaťažením kotla. Použitelnosť môže byť obmedzená v prípade spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok s vysoko variabilným zaťažením kotla. Pre existujúce spaľovacie zariadenia, použiteľné v rámci obmedzení spojených s požadovaným teplotným rozsahom a dobou zotrvania vstrekaných reaktantov.
g	Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri opis v oddiele 10.8.3. Použitie palív s vysokým obsahom alkálií (napr. slama) môže vyžadovať inštaláciu SCR za systémom na znižovanie emisií oxidu dusičitého a prachu.	Neplatí pre spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Môžu existovať ekonomické obmedzenia pre dodatočnú inštaláciu do existujúcich spaľovacích zariadení s výkonom < 300 MW _{th} . Všeobecne sa nevzťahuje na existujúce spaľovacie zariadenia s výkonom < 100 MW _{th}

Tabuľka 10.9: Úrovně emisií spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO_x do ovzdušia zo spaľovania tuhej biomasy a/alebo rašeliny

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovne (MW _{th})	BAT-AEL (mg/Nm ³)			
	Ročný priemer		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽¹⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽²⁾
50	70–150 ⁽³⁾	70–225 ⁽⁴⁾	120–200 ⁽⁵⁾	120–275 ⁽⁶⁾
100–300	50–140	50–180	100–200	100–220
≥ 300	40–140	40–150 ⁽⁷⁾	65–150	95–165 ⁽⁸⁾

(1) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(2) Pre spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.
(3) Pre zariadenia spaľujúce palivá, ktorých priemerný obsah draslíka je 2 000 mg/kg (suché) alebo vyšší a/alebo priemerný obsah sodíka je 300 mg/kg alebo vyšší, je horná hranica rozsahu BAT-AEL 200 mg/Nm³.
(4) Pre zariadenia spaľujúce palivá, ktorých priemerný obsah draslíka je 2 000 mg/kg (suché) alebo vyšší a/alebo priemerný obsah sodíka je 300 mg/kg alebo vyšší, je horná hranica rozsahu BAT-AEL 250 mg/Nm³.
(5) Pre zariadenia spaľujúce palivá, ktorých priemerný obsah draslíka je 2 000 mg/kg (suché) alebo vyšší a/alebo priemerný obsah sodíka je 300 mg/kg alebo vyšší, je horná hranica rozsahu BAT-AEL 260 mg/Nm³.
(6) Pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014, ktoré spaľujú palivá s priemerným obsahom draslíka 2 000 mg/kg (suché) alebo vyšším a/alebo priemerným obsahom sodíka 300 mg/kg alebo vyšším, je horná hranica rozsahu BAT-AEL 310 mg/Nm³.
(7) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 160 mg/Nm³ pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014.
(8) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 200 mg/Nm³ pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014.

Ako orientačná hodnota, priemerné ročné emisie CO budú vo všeobecnosti:

- < 30–250 mg/Nm³ pre existujúce spaľovacie zariadenia s výkonom 50–100 MW_{th} prevádzkované ≥ 1 500 h/rok alebo nové spaľovacie zariadenia s výkonom 50–100 MW_{th};
- < 30–160 mg/Nm³ pri existujúcich spaľovacích zariadeniach s výkonom 100–300 MW_{th} prevádzkovaných ≥ 1 500 h/rok, alebo nové spaľovacie zariadenia s výkonom 100–300 MW_{th};
- < 30–80 mg/Nm³ pre existujúce spaľovacie zariadenia s výkonom ≥ 300 MW_{th} prevádzkované ≥ 1 500 h/rok, alebo nové spaľovacie zariadenia s výkonom ≥ 300 MW_{th}.

10.2.2.3 Emisie SO_x, HCl a HF do ovzdušia

BAT 25. S cieľom zabrániť emisiám SO_x, HCl a HF do ovzdušia zo spaľovania tuhej biomasy a/alebo rašeliny alebo ich znížiť sa ako BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Vstrekovanie sorbentu do kotla (do pece alebo do lôžka)	Pozri opisy v oddiele 10.8.4	Všeobecne platné
b	Vstrekovanie sorbentu do potrubia (DSI)		
c	Suché odsírenie (SDA)		
d	Suché odsírenie s cirkulujúcim fluidným lôžkom (CFB)		
e	Mokrú vypieranie		
f	Kondenzátor spalín		
g	Mokrú odsírovanie spalín (mokrú FGD)		Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre dodatočnú inštaláciu do existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok.
h	Voľba paliva		Uplatniteľné v rámci obmedzení súvisiacich s dostupnosťou rôznych druhov paliva, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu.

Tabuľka 10.10: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie SO₂ do ovzdušia zo spaľovania tuhej biomasy a/alebo rašeliny

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovne (MW _{th})	BAT-AEL pre SO ₂ (mg/Nm ³)			
	Ročný priemer		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽¹⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽²⁾
< 100	15	15	30–175	30
100–300	< 10–50	< 10–70 ⁽³⁾	< 20–85	< 20–175 ⁽⁴⁾
≥ 300	< 10–35	< 10–50 ⁽³⁾	< 20–70	< 20–85 ⁽⁵⁾

(1) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(2) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto hodnoty orientačné.
(3) Pre existujúce zariadenia spaľujúce palivá s priemerným obsahom síry 0,1 hmotnostného percenta (suché) alebo vyšším je horná hranica rozsahu BAT-AEL 100 mg/Nm³.
(4) Pre existujúce zariadenia spaľujúce palivá s priemerným obsahom síry 0,1 hmotnostného percenta (suché) alebo vyšším je horná hranica rozsahu BAT-AEL 215 mg/Nm³.
(5) Pre existujúce zariadenia spaľujúce palivá s priemerným obsahom síry 0,1 hmotnostného percenta (suché) alebo vyšším je horná hranica rozsahu BAT-AEL 165 mg/Nm³ alebo 215 mg/Nm³, ak boli tieto zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 a/alebo sú to kotly FBC spaľujúce rašelinu.

Tabuľka 10.11: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie HCl a HF do ovzdušia zo spaľovania tuhej biomasy a/alebo rašeliny

Spaľovacie zariadenie celkový menovitý tepelný príkon (MW _{th})	BAT-AEL pre HCl (mg/Nm ³) ⁽¹⁾ ⁽²⁾				BAT-AEL pre HF (mg/Nm ³)	
	Ročný priemer alebo priemer vzoriek získaných počas jedného roka		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek		Priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽³⁾ ⁽⁴⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽⁵⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽⁵⁾
< 100	1–7	1	1–12	1	< 1	< 1,5
100–300	1–5	1–9	1	1–12	< 1	< 1
≥ 300	1–5	1–5	1–12	1–12	< 1	< 1

(1) Pre zariadenia spaľujúce palivá s priemerným obsahom chlóru ≥ 0,1 hmotnostného percenta (suché) alebo pre existujúce zariadenia, ktoré spoluspaľujú biomasu s palivom bohatým na síru (napr. rašelina) alebo používajú prísady na premenu chloridov alkalických kovov (napr. elementárna síra), je horná hranica rozsahu BAT-AEL pre ročný priemer pre nové zariadenia 15 mg/Nm³, horná hranica rozsahu BAT-AEL pre ročný priemer pre existujúce zariadenia je 25 mg/Nm³. Denný priemer rozsahu BAT-AEL sa na tieto zariadenia nevzťahuje.
(2) Rozsah denného priemeru BAT-AEL sa nevzťahuje na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne. Horná hranica rozsahu BAT-AEL pre ročný priemer pre nové zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne je 15 mg/Nm³.
(3) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(4) Dolná hranica týchto rozsahov BAT-AEL môže byť ťažko dosiahnuteľná v prípade zariadení vybavených mokrym odsiřovaním a následným plynovým ohrievačom.
(5) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín za rok sú tieto úrovne orientačné.

10.2.2.4 Emisie prachu a kovov viazaných na častice do ovzdušia

BAT 26. S cieľom znížiť emisie prachu a častíc viazaných kovov do ovzdušia zo spaľovania tuhej biomasy a/alebo rašeliny sa BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Elektrostatický odlučovač (ESP)	Pozri opis v oddiele 10.8.5	Všeobecne použiteľné
b	Vrecový filter		
c	Suchý alebo polosuchý systém FGD	Pozri opisy v oddiele 10.8.5 Techniky sa používajú hlavne na znižovanie emisií SO _x , HCl a/alebo HF	Pozri použiteľnosť v BAT 25
d	Mokrý odsírovanie spalín (mokré FGD)		
e	Voľba paliva	Pozri opis v oddiele 10.8.5	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych druhov paliva, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu

Tabuľka 10.12: Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie prachu do ovzdušia zo spaľovania tuhej biomasy a/alebo rašeliny

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL pre prach (mg/Nm ³)			
	Ročný priemer		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽¹⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽²⁾
< 100	2	2	2	2–22
10 0–300	2–5	2–12	2–10	2–18
≥ 300	2–5	2–10	2–10	2–16

(1) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(2) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.

10.2.2.5 Emisie ortuti do ovzdušia

BAT 27. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie ortuti do ovzdušia zo spaľovania tuhej biomasy a/alebo rašeliny sa BAT má použiť jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
Špecifické techniky na zníženie emisií ortuti			
a	Vstrekovanie sorbentu uhlíka (napr. aktívneho uhlíka alebo halogénovaného aktívneho uhlíka) do spalín	Pozri opisy v oddiele 10.8.5	Všeobecne použiteľné
b	Použitie halogénovaných prísad v palive alebo vstrekovaných do pece		Všeobecne použiteľné v prípade nízkeho obsahu halogénov v palive
c	Voľba paliva		Uplatniteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych druhov palív, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu
Súvisiaci prínos z techník používaných primárne na zníženie emisií iných znečisťujúcich látok			
d	Elektrostatický odlučovač (ESP)	Pozri opisy v oddiele 10.8.5. Techniky sa používajú hlavne na znižovanie emisií prachu.	Všeobecne použiteľné
e	Vrecový filter		
f	Suchý alebo polosuchý systém FGD		
g	Mokrý odsírovanie spalín (mokrý FGD)	Tieto techniky sa používajú hlavne na znižovanie emisií SO _x , HCl a/alebo HF.	Pozri použiteľnosť v BAT 25

Úroveň emisií spojená s BAT (BAT-AEL) pre emisie ortuti do ovzdušia zo spaľovania tuhej biomasy a/alebo rašeliny je < 1–5 µg/Nm³ ako priemer za obdobie odberu vzoriek.

10.3 Závery BAT pre spaľovanie kvapalných palív

Závery BAT uvedené v tejto časti sa nevzťahujú na spaľovacie zariadenia na pobrežných plošinách; tie sú uvedené v oddiele 10.4.3.

10.3.1 Kotly spaľujúce ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Pokiaľ nie je uvedené inak, závery BAT uvedené v tejto časti sa všeobecne vzťahujú na spaľovanie HFO a/alebo plynového oleja v kotloch. Uplatňujú sa okrem všeobecných záverov BAT uvedených v oddiele 10.1.

10.3.1.1 Energetická účinnosť

Tabuľka 10.13: Úrovně energetickej účinnosti súvisiace s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v kotloch

Typ spaľovacej jednotky	BAT-AEEL ⁽¹⁾			
	Čistá elektrická účinnosť ⁽²⁾ (%)		Čisté celkové využitie paliva (%) ⁽³⁾	
	Nové zariadenie	Existujúca jednotka	Nová jednotka	Existujúca jednotka
Kotol na HFO a/alebo plynový olej	> 36,4	35,6 – 37,4	80	80–96

(1) Tieto BAT-AEEL sa nevzťahujú na jednotky prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
 (2) V prípade jednotiek KVET sa uplatňuje len jedna z dvoch BAT-AEEL „Čistá elektrická účinnosť“ alebo „Čisté celkové využitie paliva“, v závislosti od konštrukcie jednotky KVET (t. j. buď viac orientovanej na výrobu elektriny, alebo na výrobu tepla).
 (3) Tieto úrovne nemusia byť dosiahnuteľné, ak je potenciálny dopyt po teple príliš nízky.

10.3.1.2 Emisie NO_x a CO do ovzdušia

BAT 28. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie NO_x do ovzdušia a zároveň obmedziť emisie CO do ovzdušia zo spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v kotloch sa BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Stupňovanie vzduchu	Pozri opisy v oddiele 10.8.3	Všeobecne platné
b	Fázy paliva		
c	Recirkulácia spalín		
d	Horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB)		
e	Prídavok vody/pary		Použiteľné v rámci obmedzení dostupnosti vody
f	Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)	Pozri opisy v oddiele 10.8.3.	Neplatí pre spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne s vysoko variabilným zaťažením kotla. Použitelnosť môže byť obmedzená v prípade spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok s vysoko variabilným zaťažením kotla.
g	Selektívna katalytická redukcia (SCR)		Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín za rok. Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre dodatočné vybavenie existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok. Všeobecne sa nevzťahuje na spaľovacie zariadenia s výkonom < 100 MW _{th}
h	Pokročilý systém riadenia		Všeobecne sa vzťahuje na nové spaľovacie zariadenia. Použitelnosť na staré spaľovacie zariadenia môže byť obmedzená potrebou modernizácie spaľovacieho systému a/alebo radiaceho systému.
i	Voľba paliva		Použiteľné v rámci obmedzení súvisiacich s dostupnosťou rôznych druhov paliva, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu.

Tabuľka 10.14: Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO_x do ovzdušia zo spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v kotloch

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL (mg/Nm ³)			
	Ročný priemer		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽¹⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽²⁾
< 100	75	150–270	100–215	210–330 ⁽³⁾
≥ 100	45	45–100 ⁽⁴⁾	85–100	85–110 ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾

(1) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(2) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.
(3) Pre priemyselné kotly a zariadenia na diaľkové vykurovanie uvedené do prevádzky najneskôr 27. novembra 2003, ktoré sú prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne a na ktoré sa nevzťahuje SCR a/alebo SNCR, je horná hranica rozsahu BAT-AEL 450 mg/Nm³.
(4) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 110 mg/Nm³ pre zariadenia s výkonom 100–300 MW_{th} a zariadenia s výkonom ≥ 300 MW_{th}, ktoré boli uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014.
(5) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 145 mg/Nm³ pre zariadenia s výkonom 100 – 300 MW_{th} a zariadenia s výkonom ≥ 300 MW_{th}, ktoré boli uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014.
(6) Pre priemyselné kotly a zariadenia na diaľkové vykurovanie s výkonom > 100 MW_{th} uvedené do prevádzky najneskôr 27. novembra 2003, ktoré sú prevádzkované < 1 500 h/rok a pre ktoré sa nemôže použiť SCR a/alebo SNCR, je horná hranica rozsahu BAT-AEL 365 mg/Nm³.

Orientačne budú ročné priemerné úrovne emisí CO vo všeobecnosti:

- 10–30 mg/Nm³ pre existujúce spaľovacie zariadenia s výkonom < 100 MW_{th} prevádzkované ≥ 1 500 h/rok alebo nové spaľovacie zariadenia s výkonom < 100 MW_{th};
- 10–20 mg/Nm³ pre existujúce spaľovacie zariadenia s výkonom ≥ 100 MW_{th} prevádzkované ≥ 1 500 h/rok alebo nové spaľovacie zariadenia s výkonom ≥ 100 MW_{th}.

10.3.1.3 Emisie SO_x, HCl a HF do ovzdušia

BAT 29. S cieľom zabrániť emisiám SO_x, HCl a HF do ovzdušia zo spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v kotloch alebo ich znížiť sa ako BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Vstrekovanie sorbentu do potrubia (DSI)	Pozri opis v oddiele 10.8.4	Všeobecne použiteľné
b	Suché odsírenie (SDA)		
c	Kondenzátor spalín		
d	Mokrý odsírovanie spalín (mokrý FGD)		Na použitie tejto techniky v spaľovacích zariadeniach s výkonom < 300 MW _{th} môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia. Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre dodatočnú inštaláciu do existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok
e	FGD s morskou vodou		Na použitie tejto techniky v spaľovacích zariadeniach s výkonom < 300 MW _{th} môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia. Neplatí pre spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre dodatočnú inštaláciu do existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok
f	Voľba paliva		Uplatniteľné v rámci obmedzení súvisiacich s dostupnosťou rôznych druhov paliva, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu.

Tabuľka 10.15: Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie SO₂ do ovzdušia zo spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v kotloch

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL pre SO ₂ (mg/Nm ³)			
	Ročný priemer		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽¹⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽²⁾
< 300	50	50	150–200	150–200 ⁽³⁾
≥ 300	35	50	50–120	150–165 ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾

(1) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(2) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.
(3) Pre priemyselné kotly a zariadenia na diaľkové vykurovanie uvedené do prevádzky najneskôr 27. novembra 2003 a prevádzkované < 1 500 h/rok je horná hranica rozsahu BAT-AEL 400 mg/Nm³.
(4) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 175 mg/Nm³ pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014.
(5) Pre priemyselné kotly a teplárne uvedené do prevádzky najneskôr 27. novembra 2003, ktoré sú prevádzkované < 1 500 h/rok a pre ktoré nie je možné použiť mokré odsírovanie, je horná hranica rozsahu BAT-AEL 200 mg/Nm³.

10.3.1.4 Emisie prachu a kovov viazaných na častice do ovzdušia

BAT 30. S cieľom znížiť emisie prachu a kovov viazaných na častice do ovzdušia zo spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v kotloch sa BAT má použiť jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použiteľnosť
a	Elektrostatický odľučovač (ESP)	Pozri opis v oddiele 10.8.5	Všeobecne použiteľné
b	Vrecový filter		
c	Multicyklóny	Pozri opis v oddiele 10.8.5. Multicyklóny môžu byť použité v kombinácii s inými technikami odprašovania	
d	Suchý alebo polosuchý systém FGD	Pozri opisy v oddiele 10.8.5. Táto technika sa používa hlavne na znižovanie emisií SO _x , HCl a/alebo HF	
e	Mokrý odsirowanie spalín (mokrý FGD)	Pozri opis v oddiele 10.8.5. Táto technika sa používa hlavne na znižovanie emisií SO _x , HCl a/alebo HF	Pozri použiteľnosť v BAT 29
f	Voľba paliva	Pozri opis v oddiele 10.8.5	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych druhov paliva, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu

Tabuľka 10.16: Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie prachu do ovzdušia zo spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v kotloch

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL pre prach (mg/Nm ³)			
	Ročný priemer		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽¹⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽²⁾
< 300	2	2	7	7–22 ⁽³⁾
≥ 300	2–5	2–10	7–10	7–11 ⁽⁴⁾

(1) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(2) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.
(3) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 25 mg/Nm³ pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014.
(4) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 15 mg/Nm³ pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014.

10.3.2 Motory spaľujúce ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej

Pokiaľ nie je uvedené inak, závery BAT uvedené v tejto časti sa vo všeobecnosti vzťahujú na spaľovanie ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja vo vzájomných motoroch. Uplatňujú sa okrem všeobecných záverov BAT uvedených v oddiele 10.1.

Pokiaľ ide o motory spaľujúce ťažký vykurovací olej a/alebo plynový olej, sekundárne techniky znižovania emisií NO_x, SO₂ a prachu nemusia byť použiteľné pre motory na ostrovoch, ktoré sú súčasťou malého izolovaného systému ⁽¹⁾ alebo mikroizolovaného systému ⁽²⁾ z dôvodu technických, ekonomických a logistických/infraštruktúrnych obmedzení, kým nebudú prepojené s pevninskou elektrickou sieťou alebo nebudú mať prístup k dodávkam zemného plynu. BAT-AEL pre takéto motory sa preto uplatňujú v malých izolovaných systémoch a mikroizolovaných systémoch od 1. januára 2025 pre nové motory a od 1. januára 2030 pre existujúce motory.

(1) Ako je definované v článku 2 ods. 26 smernice 2009/72/ES.

(2) V zmysle článku 2 ods. 27 smernice 2009/72/ES.

10.3.2.1 Energetická účinnosť

BAT 31. S cieľom zvýšiť energetickú účinnosť spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v piestových motoroch je BAT použitie vhodnej kombinácie techník uvedených v BAT 12 a nižšie.

Technika	Opis	Použitelnosť
a Kombinovaný cyklus	Pozri opis v oddiele 10.8.2	Všeobecne platné pre nové jednotky prevádzkované $\geq 1\,500$ h/rok. Použiteľné na existujúce jednotky v rámci obmedzení spojených s konštrukciou parného cyklu a dostupným priestorom. Nevzťahuje sa na existujúce jednotky prevádzkované $< 1\,500$ h/rok

Tabuľka 10.17: Úrovně energetickej účinnosti spojené s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v piestových motoroch

Typ spaľovacej jednotky	BAT-AEEL ⁽¹⁾	
	Čistá elektrická účinnosť (%) ⁽²⁾	
	Nová jednotka	Existujúca jednotka
HFO a/alebo plynový olejový piestový motor – jednocyklový	41,5–44,5 ⁽³⁾	38,3–44,5 ⁽³⁾
HFO a/alebo plynový olejový piestový motor – kombinovaný cyklus	> 48 ⁽⁴⁾	Žiadne BAT-AEEL

(1) Tieto BAT-AEEL sa nevzťahujú na jednotky prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(2) Čistá elektrická účinnosť BAT-AEEL sa vzťahuje na jednotky KVET, ktorých konštrukcia je zameraná na výrobu elektrickej energie, a na jednotky, ktoré vyrábajú iba elektrickú energiu.
(3) Tieto úrovne môžu byť ťažko dosiahnuteľné v prípade motorov vybavených energeticky náročnými sekundárnymi technikami znižovania emisií.
(4) Táto úroveň môže byť ťažko dosiahnuteľná v prípade motorov, ktoré používajú radiátor ako chladiaci systém v suchých a horúcich geografických lokalitách.

10.3.2.2 Emisie NO_x, CO a prchavých organických zlúčenín do ovzdušia

BAT 32. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie NO_x do ovzdušia zo spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v piestových motoroch sa ako BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Koncepcia spaľovania s nízkymi emisiami NO _x v dieselových motoroch	Pozri opisy v oddieloch 10.8.3	Všeobecne použiteľné
b	Recirkulácia výfukových plynov (EGR)		Neplatí pre štvorvalcové motory
c	Prídavok vody/pary		Použiteľné v rámci obmedzení dostupnosti vody. Použitelnosť môže byť obmedzená, ak nie je k dispozícii žiadny modernizačný balík.
d	Selektívna katalytická redukcia (SCR)		Neplatí pre spaľovacie zariadenia až prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre modernizáciu existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok. Modernizácia existujúcich spaľovacích zariadení môže byť obmedzená dostupnosťou dostatočného priestoru.

BAT 33. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie CO a prchavých organických zlúčenín do ovzdušia pri spaľovaní ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v piestových motoroch sa ako BAT používa jedna alebo obe nižšie uvedené techniky.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Optimalizácia spaľovania	Pozri opisy v oddiele 10.8.3	Všeobecne platné
b	Oxidačné katalyzátory		Neplatí uplatniteľné na spaľovacích zariadeniach prevádzkovaných menej ako 500 hodín ročne. Použitelnosť môže byť obmedzená obsahom síry v palive

Tabuľka 10.18: Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO_x do ovzdušia zo spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v piestových motoroch

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL (mg/Nm ³)			
	Ročný priemer		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽¹⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽²⁾⁽³⁾
≥ 50	115–190 ⁽⁴⁾	125–625	145–300	150–750

Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne ani na zariadenia, ktoré nemožno vybaviť sekundárnymi technikami znižovania emisií.

(2) Rozsah BAT-AEL je 1 150–1 900 mg/Nm³ pre zariadenia prevádzkované < 1 500 h/rok a pre zariadenia, ktoré nemožno vybaviť sekundárnymi technikami znižovania emisií.

(3) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.

(4) Pre zariadenia vrátane jednotiek s výkonom < 20 MW_{th} spaľujúcich ťažký vykurovací olej je horná hranica rozsahu BAT-AEL platná pre tieto jednotky 225 mg/Nm³.

Orientačne platí, že pre existujúce spaľovacie zariadenia spaľujúce výlučne HFO a prevádzkované $\geq 1\,500$ h/rok alebo nové spaľovacie zariadenia spaľujúce výlučne HFO

- ročné priemerné emisie CO budú vo všeobecnosti dosahovať 50 – 175 mg/Nm³;
- priemerná hodnota emisií TVOC za obdobie odberu vzoriek bude spravidla 10 – 40 mg/Nm³.

10.3.2.3 Emisie SO_x, HCl a HF do ovzdušia

BAT 34. S cieľom zabrániť emisiám SO_x, HCl a HF do ovzdušia zo spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v piestových motoroch alebo ich znížiť sa ako BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Voľba paliva	Pozri opisy v oddiele 10.8.4	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych druhov paliva, ktoré môžu byť ovplyvnené energetickou politikou členského štátu
b	Vstrekovanie sorbentu do potrubia (DSI)		V prípade existujúcich spaľovacích zariadení môžu existovať technické obmedzenia. Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne.
c	Mokrý odsírovanie spalín (mokrý FGD)		Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre uplatňovanie tejto techniky v spaľovacích zariadeniach s výkonom < 300 MW _{th} . Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre modernizáciu existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok

Tabuľka 10.19: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie SO₂ do ovzdušia zo spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v piestových motoroch

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL pre SO ₂ (mg/Nm ³)			
	Ročný priemer		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽¹⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽²⁾
Všetky veľkosti	45	100–200 ⁽³⁾	60–110	105–235 ⁽³⁾

(1) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
 (2) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.
 (3) Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 280 mg/Nm³, ak nie je možné použiť žiadnu sekundárnu techniku znižovania emisií. To zodpovedá obsahu síry v palive 0,5 hmotnostného percenta (suché).

10.3.2.4 Emisie prachu a častíc viazaných kovov do ovzdušia

BAT 35. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie prachu a kovových častíc viazaných na častice zo spaľovania ťažkého vykurovacieho oleja a/alebo plynového oleja v piestových motoroch sa BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Voľba paliva	Pozri opisy v oddiele 10.8.5	Použiteľné v rámci obmedzení súvisiacich s dostupnosťou rôznych druhov palív, na ktorú môže mať vplyv energetická politika členského štátu.
b	Elektrostatický odlučovač (ESP)		Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne
c	Vrecový filter		

Tabuľka 10.20: Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie prachu do ovzdušia zo spaľovania HFO a/alebo plynového oleja v piestových motoroch

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovne (MW_{th})	BAT-AEL pre prach (mg/Nm^3)			
	Ročný priemer		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie (1)	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie (2)
≥ 50	5	5	10	10–45

(1) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(2) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.

10.3.3 Plynové turbíny spaľujúce plynový olej

Pokiaľ nie je uvedené inak, závery BAT uvedené v tejto časti sa všeobecne vzťahujú na spaľovanie plynového oleja v plynových turbínach. Uplatňujú sa okrem všeobecných záverov BAT uvedených v oddiele 10.1.

10.3.3.1 Energetická účinnosť

BAT 36. S cieľom zvýšiť energetickú účinnosť spaľovania plynového oleja v plynových turbínach sa BAT má použiť vhodná kombinácia techník uvedených v BAT 12 a nižšie.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Kombinovaný cyklus	Pozri opis v oddiele 10.8.2	Všeobecne platné pre nové jednotky prevádzkované $\geq 1\,500$ h/rok. Použiteľné na existujúce jednotky v rámci obmedzení spojených s konštrukciou parného cyklu a dostupným priestorom. Nevzťahuje sa na existujúce jednotky prevádzkované $< 1\,500$ h/rok

Tabuľka 10.21: Úrovně energetickej účinnosti súvisiace s BAT (BAT-AEEL) pre plynové turbíny spaľujúce plyn a ropu

Typ spaľovacej jednotky	BAT-AEEL ⁽¹⁾	
	Čistá elektrická účinnosť (%) ⁽²⁾	
	Nové zariadenie	Existujúca jednotka
Plynová turbína s otvoreným cyklom spaľujúca plyn a naftu	> 33	25–35,7
Plynová turbína s kombinovaným cyklom spaľujúca plyn a naftu	> 40	33–44
(1) Tieto BAT-AEEL sa nevzťahujú na jednotky prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne. (2) Čistá elektrická účinnosť BAT-AEEL sa vzťahujú na jednotky KVET, ktorých konštrukcia je orientovaná na kombinovanú výrobu elektriny a tepla, a na jednotky vyrábajúce iba elektrinu.		

10.3.3.2 Emisie NO_x a CO do ovzdušia

BAT 37. S cieľom zabrániť emisiám NO_x do ovzdušia zo spaľovania plynového oleja v plynových turbínach alebo ich znížiť sa ako BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Prídavok vody/pary	Pozri opis v oddiele 10.8.3	Použitelnosť môže byť obmedzená v závislosti od dostupnosti vody
b	Horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB)		Platí len pre modely turbín, pre ktoré sú na trhu dostupné horáky s nízkymi emisiami NO _x
c	Selektívna katalytická redukcia (SCR)		Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre modernizáciu existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok. Modernizácia existujúcich spaľovacích zariadení môže byť obmedzená dostupnosťou dostatočného priestoru.

BAT 38. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie CO do ovzdušia zo spaľovania plynového oleja v plynových turbínach je BAT použiť jednu alebo kombináciu nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Optimalizácia spaľovania	Pozri opis v oddiele 10.8.3	Všeobecne použiteľné
b	Oxidácia katalyzátorov		Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Dodatočná montáž do existujúcich spaľovacích zariadení môže byť obmedzená dostupnosťou dostatočného priestoru

Orientačne platí, že úroveň emisií NO_x do ovzdušia zo spaľovania plynového oleja v dvojpalivových plynových turbínach pre núdzové použitie prevádzkovaných menej ako 500 hodín ročne bude vo všeobecnosti 145 – 250 mg/Nm³ ako denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek.

10.3.3.3 Emisie SO_x a prachu do ovzdušia

BAT 39. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie SO_x a prachu do ovzdušia pri spaľovaní plynového oleja v plynových turbínach sa BAT používa technika uvedená nižšie.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Voľba paliva	Pozri opis v oddiele 10.8.4	Použiteľné v rámci obmedzení súvisiacich s dostupnosťou rôznych druhov paliva, na ktoré môže mať vplyv energetická politika členského štátu

Tabuľka 10.22: Úrovně emisií súvisiace s BAT pre emisie SO₂ a prachu do ovzdušia zo spaľovania plynového oleja v plynových turbínach, vrátane plynových turbín s dvojitém palivom

Typ spaľovacieho zariadenia	BAT-AEL (mg/Nm ³)			
	SO ₂		Prach	
	Ročný priemer ⁽¹⁾	Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek ⁽²⁾	Ročný priemer ⁽¹⁾	Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek ⁽²⁾
Nové a existujúce zariadenia	35–60	50–66	2	2

(1) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na existujúce zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(2) Pre existujúce zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.

10.4 Závery BAT pre spaľovanie plyných palív

10.4.1 Závery BAT pre spaľovanie zemného plynu

Pokiaľ nie je uvedené inak, závery BAT uvedené v tejto časti sa všeobecne vzťahujú na spaľovanie zemného plynu. Uplatňujú sa okrem všeobecných záverov BAT uvedených v oddiele 10.1. Nevzťahujú sa na spaľovacie zariadenia na pobrežných plošinách; tie sú uvedené v oddiele 10.4.3.

10.4.1.1 Energetická účinnosť

BAT 40. S cieľom zvýšiť energetickú účinnosť spaľovania zemného plynu sa BAT má používať vhodná kombinácia techník uvedených v BAT 12 a nižšie.

Technika	Opis	Použitelnosť
a Kombinovaný cyklus	Pozri opis v oddiele 10.8.2	Všeobecne platné pre nové plynové turbíny a motory, okrem prípadov, keď sú prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne. Použiteľné na existujúce plynové turbíny a motory v rámci obmedzení spojených s konštrukciou parného cyklu a dostupným priestorom. Nevzťahuje sa na existujúce plynové turbíny a motory prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne. Nevzťahuje sa na plynové turbíny s mechanickým pohonom prevádzkované v prerušovanom režime s veľkými výkyvmi zaťaženia a častým spúšťaním a vypínaním. Nevzťahuje sa na kotly

Tabuľka 10.23: Úrovně energetickej účinnosti súvisiace s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie zemného plynu

Typ spaľovacej jednotky	BAT-AEEL ⁽¹⁾				
	Čistá elektrická účinnosť (%)		Čisté celkové využitie paliva (%) ⁽³⁾⁽⁴⁾	Čistá mechanická energetická účinnosť (%) ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	
	Nové zariadenie	Existujúca jednotka		Nová jednotka	Existujúca jednotka
Plynový motor	39,5–44 ⁽⁶⁾	35–44 ⁽⁶⁾	56–85 ⁽⁶⁾	Žiadna BAT-AEEL.	
Plynový kotol	39–42,5	38–40	78	Žiadna BAT-AEEL.	
Plynová turbína s otvoreným cyklom, $\geq 50 \text{ MW}_{\text{th}}$	36–41,5	33–41,5	Nie BAT-AEEL	36,5–41	33
Kombinovaná plynová turbína (CCGT)					
CCGT, $50\text{--}600 \text{ MW}_{\text{th}}$	53–58,5	46–54	Nie BAT-AEEL	Nie BAT-AEEL	
CCGT, $\geq 600 \text{ MW}_{\text{th}}$	57–60,5	50	Žiadne BAT-AEEL	Nie BAT-AEEL	
KVET CCGT, $50\text{--}600 \text{ MW}_{\text{th}}$	53–58,5	46	65	Nie BAT-AEEL	
KVET CCGT, $\geq 600 \text{ MW}_{\text{th}}$	57–60,5	50	65	Žiadne BAT-AEEL	

(1) Tieto BAT-AEEL sa nevzťahujú na jednotky prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(2) V prípade jednotiek KVET sa uplatňuje len jedna z dvoch BAT-AEEL „Čistá elektrická účinnosť“ alebo „Čisté celkové využitie paliva“, v závislosti od konštrukcie jednotky KVET (t. j. buď viac orientovanej na výrobu elektriny, alebo na výrobu tepla).
(3) BAT-AEEL pre čisté celkové využitie paliva nemusí byť dosiahnuteľné, ak je potenciálny dopyt po teple príliš nízky.
(4) Tieto BAT-AEEL sa nevzťahujú na zariadenia, ktoré vyrábajú iba elektrinu.
(5) Tieto BAT-AEEL sa vzťahujú na jednotky používané na mechanické pohony.
(6) Tieto úrovne môžu byť ťažko dosiahnuteľné v prípade motorov naladených tak, aby dosahovali úrovne NO_x nižšie ako 190 mg/Nm^3 .

10.4.1.2 Emisie NO_x, CO, NMVOC a CH₄ do ovzdušia

BAT 41. S cieľom zabrániť emisiám NO_x do ovzdušia zo spaľovania zemného plynu v kotloch alebo ich znížiť sa ako BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Stupňovanie vzduchu a/alebo paliva	Pozri opisy v oddiele 10.8.3. Regulácia prívodu vzduchu sa často spája s horákmi s nízkymi emisiami NO _x	Všeobecne použiteľné
b	Recirkulácia spalín	Pozri popis v oddiele 10.8.3	
c	Horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB)		
d	Pokročilý systém riadenia	Pozri opis v oddiele 10.8.3. Táto technika sa často používa v kombinácii s inými technikami alebo sa môže používať samostatne pre spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne.	Použitelnosť v starých spaľovacích zariadeniach môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho systému a/alebo radiaceho systému.
e	Zníženie teploty spaľovacieho vzduchu	Pozri opis v oddiele 10.8.3	Všeobecne použiteľné v rámci obmedzení spojených s potrebami procesu.
f	Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)		Nie je možné použiť na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne s vysoko variabilným zaťažením kotlov. Použitelnosť môže byť obmedzená v prípade spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok s vysoko variabilným zaťažením kotla
g	Selektívna katalytická redukcia (SCR)		Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Všeobecne sa nevzťahuje na spaľovacích zariadení s výkonom < 100 MW _{th} . Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre modernizáciu existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok

BAT 42. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie NO_x do ovzdušia zo spaľovania zemného plynu v plynových turbínach je BAT použiť jednu alebo kombináciu nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Zdokonalený kontrolný systém	Pozri opis v oddiele 10.8.3. Táto technika sa často používa v kombinácii s inými technikami alebo sa môže používať samostatne pre spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne.	Použitelnosť v starých spaľovacích zariadeniach môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho systému a/alebo riadiaceho systému.
b	Prídavok vody/pary	Pozri popis v oddiele 10.8.3.	Použitelnosť môže byť obmedzená dostupnosťou vody.
c	Suché horáky s nízkymi emisiami NO _x (DLN)		Použitelnosť môže byť obmedzená v prípade turbín, kde nie je k dispozícii modernizačný balík alebo ak sú nainštalované systémy na pridávanie vody/pary.
d	Koncepcia návrhu s nízkym zaťažením	Úprava riadenia procesu a súvisiacich zariadení s cieľom zachovať dobrú účinnosť spaľovania pri kolísaní dopytu po energii, napr. zlepšením schopnosti regulovať prívod vzduchu alebo rozdelením procesu spaľovania na oddelené fázy spaľovania.	Použitelnosť môže byť obmedzená konštrukciou plynových turbín.
e	Horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB)	Pozri popis v oddiele 10.8.3	Všeobecne platné pre doplnkové spaľovanie v parných generátoroch na rekuperáciu tepla (HRSG) v prípade spaľovacích zariadení s kombinovaným cyklom plynových turbín (CCGT)
f	Selektívna katalytická redukcia (SCR)		Neplatí v prípade spaľovacích zariadení prevádzkovaných menej ako 500 hodín ročne. Všeobecne sa neuplatňuje na existujúce spaľovacie zariadenia s výkonom < 100 MW _{th} . Modernizácia existujúcich spaľovacích zariadení môže byť obmedzená dostupnosťou dostatočného priestoru. Pri modernizácii existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia.

BAT 43. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie NO_x do ovzdušia zo spaľovania zemného plynu v motoroch sa BAT má použiť jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika	Opis	Použitelnosť
a Pokročilý systém riadenia	Pozri opis v oddiele 10.8.3. Táto technika sa často používa v kombinácii s inými technikami alebo sa môže používať samostatne pre spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne.	Použitelnosť v starých spaľovacích zariadeniach môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho systému a/alebo riadiaceho systému.
b Koncepcia chudobnej zmesi	Pozri opis v oddiele 10.8.3. Všeobecne sa používa v kombinácii s SCR.	Použiteľné iba pre nové plynové motory.
c Pokročilý koncept chudobnej zmesi	Pozri opis v oddiele 10.8.3	Platí len pre nové motory so zapáľovaním zapáľovacou sviečkou
d Selektívna katalytická redukcia (SCR)		Dodatočná montáž do existujúcich spaľovacích zariadení môže byť obmedzená dostupnosťou dostatočného priestoru. Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Pri modernizácii existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia.

BAT 44. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie CO do ovzdušia zo spaľovania zemného plynu je BAT zabezpečiť optimalizované spaľovanie a/alebo používať oxidačné katalyzátory.

Opis

Pozri opisy v oddiele 10.8.3.

Tabuľka 10.24: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO_x do ovzdušia zo spaľovania zemného plynu v plynových turbínach

Typ spaľovacieho zariadenia	Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL (mg/Nm ³) ⁽¹⁾ ⁽²⁾	
		Ročný priemer ⁽³⁾ ⁽⁴⁾	Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek
Plynové turbíny s otvoreným cyklom (OCGT) ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾			
Nový OCGT	≥ 50	15–35	25–50
Existujúce OCGT (okrem turbín pre mechanické pohony) – všetky okrem zariadení prevádzkovaných < 500 h/rok	≥ 50	15	25–55 ⁽⁷⁾
Kombinované plynové turbíny (CCGT) ⁽⁵⁾ ⁽⁸⁾			
Nové CCGT	≥ 50	10–30	15–40
Existujúce CCGT s čistým celkovým využitím paliva < 75 %	≥ 600	10	18
Existujúce CCGT s čistým celkovým využitím paliva ≥ 75 %	≥ 600	10	18–55 ⁽⁹⁾
Existujúce CCGT s čistým celkovým využitím paliva < 75 %	50–600	10	35
Existujúce CCGT s čistým celkovým využitím paliva ≥ 75 %	50	25–50 ⁽¹⁰⁾	35–55 ⁽¹¹⁾
Otvorené a kombinované plynové turbíny			
Plynová turbína uvedená do prevádzky najneskôr 27. novembra 2003 alebo existujúca plynová turbína na núdzové použitie a prevádzkovaná < 500 h/rok	≥ 50	Žiadna BAT-AEL	60–140 ⁽¹²⁾ ⁽¹³⁾
Existujúca plynová turbína pre mechanické pohony – všetky okrem zariadení prevádzkovaných < 500 h/rok	≥ 50	15–50 ⁽¹⁴⁾	25–55 ⁽¹⁵⁾

(1) Tieto BAT-AEL sa vzťahujú aj na spaľovanie zemného plynu v turbínach s dvojitém palivom.

(2) V prípade plynových turbín vybavených DLN sa tieto BAT-AEL uplatňujú len vtedy, ak je prevádzka DLN účinná.

(3) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na existujúce zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.

(4) Optimalizácia fungovania existujúcej techniky na ďalšie zníženie emisií NO_x môže viesť k emisiám CO na hornej hranici orientačného rozsahu emisií CO uvedeného v tejto tabuľke.

(5) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na existujúce turbíny pre mechanické pohony ani na zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne.

(6) V prípade zariadení s čistou elektrickou účinnosťou (EE) vyššou ako 39 % sa môže na hornú hranicu rozsahu uplatniť korekčný faktor, ktorý zodpovedá [horná hranica] x EE / 39, kde EE je čistá elektrická účinnosť alebo čistá mechanická účinnosť zariadenia stanovená za podmienok základného zaťaženia podľa ISO.

(7) Horná hranica rozsahu je 80 mg/Nm³ v prípade zariadení, ktoré boli uvedené do prevádzky najneskôr 27. novembra 2003 a prevádzkujú sa medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok.

(8) V prípade zariadení s čistou elektrickou účinnosťou (EE) vyššou ako 55 % sa môže na hornú hranicu rozsahu BAT-AEL uplatniť korekčný faktor, ktorý zodpovedá [horná hranica] x EE / 55, kde EE je čistá elektrická účinnosť elektrárne stanovená za podmienok základného zaťaženia ISO.

(9) Pre existujúce zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu BAT-AEL 65 mg/Nm³.

(10) Pre existujúce zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu BAT-AEL 55 mg/Nm³.

(11) Pre existujúce zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu BAT-AEL 80 mg/Nm³.

(12) Dolná hranica rozsahu BAT-AEL pre NO_x sa dá dosiahnuť pomocou horákov DLN.

(13) Tieto úrovne sú orientačné.

(14) Pre existujúce zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu BAT-AEL 60 mg/Nm³.

(15) Pre existujúce zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu BAT-AEL 65 mg/Nm³.

Orientačne budú ročné priemerné úrovne emisií CO pre každý typ existujúceho spaľovacieho zariadenia prevádzkovaného $\geq 1\,500$ h/rok a pre každý typ nového spaľovacieho zariadenia vo všeobecnosti nasledovné:

- Nové OCGT s výkonom $\geq 50\text{ MW}_{\text{th}}$: $< 5\text{--}40\text{ mg/Nm}^3$. V prípade zariadení s čistou elektrickou účinnosťou (EE) vyššou ako 39 % sa na hornú hranicu tohto rozsahu môže uplatniť korekčný faktor, ktorý zodpovedá [horná hranica] $\times$ EE / 39, kde EE je čistá elektrická účinnosť alebo čistá mechanická účinnosť zariadenia stanovená za podmienok základného zaťaženia ISO.
- Existujúce OCGT $\geq 50\text{ MW}_{\text{th}}$ (okrem turbín pre mechanické pohony): $< 5\text{--}40\text{ mg/Nm}^3$. Horná hranica tohto rozsahu bude vo všeobecnosti 80 mg/Nm^3 v prípade existujúcich elektrární, ktoré nemožno vybaviť suchými technikami na znižovanie NO_x , alebo 50 mg/Nm^3 v prípade zariadení, ktoré pracujú pri nízkom zaťažení.
- Nové CCGT $\geq 50\text{ MW}_{\text{th}}$: $< 5\text{--}30\text{ mg/Nm}^3$. V prípade zariadení s čistou elektrickou účinnosťou (EE) vyššou ako 55 % sa na hornú hranicu rozsahu môže uplatniť korekčný faktor zodpovedajúci [horná hranica] $\times$ EE / 55, kde EE je čistá elektrická účinnosť zariadenia stanovená za podmienok základného zaťaženia ISO.
- Existujúce CCGT $\geq 50\text{ MW}_{\text{th}}$: $< 5\text{--}30\text{ mg/Nm}^3$. Horná hranica tohto rozsahu bude vo všeobecnosti 50 mg/Nm^3 pre zariadenia, ktoré pracujú pri nízkom zaťažení.
- Existujúce plynové turbíny $\geq 50\text{ MW}_{\text{th}}$ pre aplikácie s mechanickým pohonom: $< 5\text{--}40\text{ mg/Nm}^3$. Horná hranica rozsahu bude vo všeobecnosti 50 mg/Nm^3 , ak zariadenia pracujú pri nízkom zaťažení.

V prípade plynových turbín vybavených horákmi DLN tieto orientačné úrovne zodpovedajú situácii, keď je prevádzka DLN účinná.

Tabuľka 10.25: Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO_x do ovzdušia zo spaľovania zemného plynu v kotloch a motoroch

Typ spaľovacieho zariadenia	BAT-AEL (mg/Nm^3)			
	Ročný priemer ⁽¹⁾		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽²⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽³⁾
Kotol	10	50–100	30–85	85–110
Motor ⁽⁴⁾	20–75	20–100	55	55–110 ⁽⁵⁾

(1) Optimalizácia fungovania existujúcej techniky s cieľom ďalej znížiť emisie NO_x môže viesť k emisiám CO na hornej hranici orientačného rozsahu emisií CO uvedeného v tabuľke.
(2) Tieto BAT-AEL sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(3) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.
(4) Tieto BAT-AEL sa vzťahujú iba na motory so zážihovým zapáľovaním a motory na dvojité palivo. Nevzťahujú sa na plynové a dieselové motory.
(5) V prípade motorov na núdzové použitie prevádzkovaných menej ako 500 hodín ročne, pri ktorých nie je možné uplatniť koncepciu chudobnej zmesi alebo použiť SCR, je horná hranica orientačného rozsahu 175 mg/Nm^3 .

Orientačné ročné priemerné úrovne emisií CO budú vo všeobecnosti:

- $< 5\text{--}40\text{ mg/Nm}^3$ pre existujúce kotly prevádzkované $\geq 1\,500$ h/rok;
- $< 5\text{--}15\text{ mg/Nm}^3$ pre nové kotly;
- $30\text{--}100\text{ mg/Nm}^3$ pre existujúce motory prevádzkované $\geq 1\,500$ h/rok a pre nové motory.

BAT 45. S cieľom znížiť emisie nemetánových prchavých organických zlúčenín (NMVOC) a metánu (CH₄) do ovzdušia zo spaľovania zemného plynu v zážihových motoroch s chudobnou zmesou je BAT zabezpečiť optimalizované spaľovanie a/alebo používať oxidačné katalyzátory.

Opis

Pozri opisy v oddiele 10.8.3. Oxidačné katalyzátory nie sú účinné pri znižovaní emisií nasýtených uhľovodíkov obsahujúcich menej ako štyri atómy uhlíka.

Tabuľka 10.26: Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie formaldehydu a CH₄ do ovzdušia pri spaľovaní zemného plynu v zážihových plynových motoroch s chudobnou zmesou

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL (mg/Nm ³)		
	Formaldehyd	CH ₄	
	Priemer za obdobie odberu vzoriek		
	Nové alebo existujúce zariadenie	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie
≥ 50	5–15 ⁽¹⁾	215–500 ⁽²⁾	215–560 ⁽¹⁾⁽²⁾
(1) Pre existujúce zariadenia prevádzkované < 500 h/rok sú tieto úrovne orientačné.			
(2) Táto BAT-AEL je vyjadrená ako C pri prevádzke pri plnom zaťažení.			

10.4.2 Závery BAT pre spaľovanie procesných plynov zo spracovania železa a ocele

Pokiaľ nie je uvedené inak, závery BAT uvedené v tejto časti sa všeobecne vzťahujú na spaľovanie procesných plynov zo železiarstva a oceliarstva (plyn z vysokej pece, koksárenský plyn, plyn z kyslíkových konvertorov), samostatne, v kombinácii alebo súčasne s inými plynnými a/alebo kvapalnými palivami. Platia okrem všeobecných záverov BAT uvedených v oddiele 10.1.

10.4.2.1 Energetická účinnosť

BAT 46. S cieľom zvýšiť energetickú účinnosť spaľovania procesných plynov zo železa a ocele sa BAT má používať vhodná kombinácia techník uvedených v BAT 12 a nižšie.

Technika	Opis	Použitelnosť
a Systém riadenia procesného plynu	Pozri opis v oddiele 10.8.2	Platí len pre integrované oceliarne

Tabuľka 10.27: Úrovně energetickej účinnosti súvisiace s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie procesných plynov zo spracovania železa a ocele v kotloch

Typ spaľovacej jednotky	BAT-AEEL ⁽¹⁾ ⁽²⁾	
	Čistá elektrická účinnosť (%)	Čisté celkové využitie paliva (%) ⁽³⁾
Existujúci plynový kotol na viacero palív	30	50–84
Nový plynový kotol na viacero palív ⁽⁴⁾	36	50
(1) Tieto BAT-AEEL sa neuplatňujú v prípade jednotiek prevádzkovaných menej ako 1 500 hodín ročne.		
(2) V prípade jednotiek KVET sa uplatňuje len jedna z dvoch BAT-AEEL „Čistá elektrická účinnosť“ alebo „Čisté celkové využitie paliva“, v závislosti od konštrukcie jednotky KVET (t. j. buď viac orientovanej na výrobu elektriny, alebo na výrobu tepla).		
(3) Tieto BAT-AEEL sa nevzťahujú na zariadenia, ktoré vyrábajú iba elektrinu.		
(4) Široký rozsah energetickej účinnosti jednotiek KVET vo veľkej miere závisí od miestneho dopytu po elektrickej energii a teple.		

Tabuľka 10.28: Úrovně energetickej účinnosti spojené s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie procesných plynov zo spracovania železa a ocele v CCGT

Typ spaľovacej jednotky	BAT-AEEL ⁽¹⁾ ⁽²⁾		
	Čistá elektrická účinnosť (%)		Čisté celkové využitie paliva (%) ⁽³⁾
	Nové zariadenie	Existujúca jednotka	
KVET CCGT	> 47	40	60
CCGT	> 47	40–48	Žiadne BAT-AEEL

(1) Tieto BAT-AEEL sa neuplatňujú v prípade jednotiek prevádzkovaných menej ako 1 500 hodín ročne.
(2) V prípade jednotiek KVET sa uplatňuje len jedna z dvoch BAT-AEEL „Čistá elektrická účinnosť“ alebo „Čisté celkové využitie paliva“, v závislosti od konštrukcie jednotky KVET (t. j. buď viac orientovanej na výrobu elektriny, alebo na výrobu tepla).
(3) Tieto BAT-AEEL sa nevzťahujú na zariadenia, ktoré vyrábajú iba elektrickú energiu.

10.4.2.2 Emisie NO_x a CO do ovzdušia

BAT 47. S cieľom zabrániť emisiám NO_x do ovzdušia zo spaľovania procesných plynov zo spracovania železa a ocele v kotloch alebo tieto emisie znížiť sa má BAT použiť jednu alebo kombináciu nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB)	Pozri opis v oddiele 10.8.3. Špeciálne navrhnuté horáky s nízkymi emisiami NO _x v niekoľkých radoch podľa typu paliva alebo so špecifickými vlastnosťami pre spaľovanie viacerých palív (napr. viacero špeciálnych dýz na spaľovanie rôznych palív alebo vrátane predzmiešavania palív)	Všeobecne použiteľné
b	Stupňovanie vzduchu	Pozri opisy v oddiele 10.8.3	
c	Fázy dodávky paliva		
d	Recirkulácia spalín		
e	Systém riadenia procesného plynu	Pozri opis v oddiele 10.8.2.	Všeobecne použiteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych typov paliva.
f	Pokročilý systém riadenia	Pozri popis v oddiele 10.8.3. Táto technika sa používa v kombinácii s inými technikami.	Použitelnosť v starých spaľovacích zariadeniach môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho systému a/alebo riadiaceho systému.
g	Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)	Pozri popis v oddiele 10.8.3	Neplatí pre spaľovacie zariadenia prevádzkované < 500 h/rok
h	Selektívna katalytická redukcia (SCR)		Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Všeobecne sa nevzťahuje na spaľovacie zariadenia s výkonom < 100 MW _{th} . Modernizácia existujúcich spaľovacích zariadení môže byť obmedzená dostupnosťou dostatočného priestoru a konfiguráciou spaľovacieho zariadenia

BAT 48. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie NO_x do ovzdušia zo spaľovania procesných plynov zo spracovania železa a ocele v CCGT sa BAT má použiť jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Systém riadenia procesných plynov	Pozri opis v oddiele 10.8.2	Všeobecne použiteľný v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych typov paliva
b	Pokročilý systém riadenia	Pozri opis v oddiele 10.8.3. Táto technika sa používa v kombinácii s inými technikami.	Použitelnosť v starých spaľovacích zariadeniach môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho systému a/alebo riadiaceho systému.
c	Prídavok vody/pary	Pozri opis v oddiele 10.8.3. V dvojpalivových plynových turbínach, ktoré používajú DLN na spaľovanie procesných plynov zo spracovania železa a ocele, sa prídavok vody/pary zvyčajne používa pri spaľovaní zemného plynu.	Použitelnosť môže byť obmedzená v závislosti od dostupnosti vody.
d	Suché horáky s nízkymi emisiami NO _x (DLN)	Pozri opis v oddiele 10.8.3. DLN, ktoré spaľujú procesné plyny zo železa a ocele, sa líšia od tých, ktoré spaľujú iba zemný plyn.	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s reaktivitou procesných plynov zo spracovania železa a ocele, ako je koksárenský plyn. Použitelnosť môže byť obmedzená v prípade turbín, kde nie je k dispozícii modernizačný balík alebo ak sú nainštalované systémy na pridávanie vody/pary.
e	Horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB)	Pozri opis v oddiele 10.8.3	Použiteľné iba na doplnkové spaľovanie pre generátory pary na rekuperáciu tepla (HRSG) spaľovacích zariadení s kombinovaným cyklom plynových turbín (CCGT).
f	Selektívna katalytická redukcia (SCR)		Modernizácia existujúcich spaľovacích zariadení môže byť obmedzená dostupnosťou dostatočného priestoru.

BAT 49. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie CO do ovzdušia zo spaľovania plynov vznikajúcich pri spracovaní železa a ocele sa ako BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Optimalizácia spaľovania	Pozri opisy v oddiele 10.8.3	Všeobecne platné
b	Oxidácia katalyzátorov		Platí len pre CCGT. Použitelnosť môže byť obmedzená nedostatkom priestoru, požiadavkami na zaťaženie a obsahom síry v palive.

Tabuľka 10.29: Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO_x do ovzdušia zo spaľovania 100 % procesných plynov z výroby železa a ocele

Typ spaľovacieho zariadenia	Referenčná úroveň O ₂ (obj.-%)	BAT-AEL (mg/Nm ³) ⁽¹⁾	
		Ročný priemer	Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek
Nový kotol	3	15	22
Existujúci kotol	3	20–100 ⁽²⁾ ⁽³⁾	22–110 ⁽²⁾ ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾
Nový CCGT	15	20–35	30
Existujúca CCGT	15	20–50 ⁽²⁾ ⁽³⁾	30–55 ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾

(1) Zariadenia spaľujúce zmes plynov s ekvivalentnou nižšou výhrevnosťou > 20 MJ/Nm³ by mali emitovať na hornej hranici rozsahov BAT-AEL.
(2) Dolná hranica rozsahu BAT-AEL sa dá dosiahnuť pri použití SCR.
(3) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne sa tieto BAT AEL neuplatňujú.
(4) V prípade zariadení uvedených do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu BAT-AEL 160 mg/Nm³. Okrem toho môže byť horná hranica rozsahu BAT-AEL prekročená, ak nie je možné použiť SCR a ak sa používa vysoký podiel COG (napr. > 50 %) a/alebo pri spaľovaní COG s relatívne vysokou hladinou H₂. V tomto prípade je horná hranica rozsahu BAT-AEL 220 mg/Nm³.
(5) Pre zariadenia prevádzkované < 500 h/rok sú tieto úrovne orientačné.
(6) V prípade zariadení uvedených do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu BAT-AEL 70 mg/Nm³.

Orientačne budú ročné priemerné úrovne emisií CO vo všeobecnosti:

- < 5–100 mg/Nm³ pre existujúce kotly prevádzkované ≥ 1 500 h/rok;
- < 5–35 mg/Nm³ pre nové kotly;
- < 5–20 mg/Nm³ pre existujúce CCGT prevádzkované ≥ 1 500 h/rok alebo nové CCGT.

10.4.2.3 Emisie SO_x do ovzdušia

BAT 50. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie SO_x do ovzdušia zo spaľovania plynov vznikajúcich pri spracovaní železa a ocele sa BAT má používať kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika	Opis	Použitelnosť
a	Systém riadenia procesných plynov a výber pomocného paliva Pozri opis v oddiele 10.8.2. V rozsahu, ktorý umožňujú oceliarne a hutné závody, maximalizovať využívanie: • väčšinu vysokopecného plynu s nízkym obsahom síry v palivovej zmesi; • kombinácie palív s nízkym priemerným obsahom síry, napr. jednotlivých procesných palív s veľmi nízkym obsahom S, ako sú: ○ vysokopecný plyn s obsahom síry < 10 mg/Nm³; ○ koksárenský plyn s obsahom síry < 300 mg/Nm³; • a pomocné palivá, ako napríklad: ○ zemný plyn; ○ kvapalné palivá s obsahom síry ≤ 0,4 % (v kotloch). Použitie obmedzeného množstva palív s vyšším obsahom síry	Všeobecne platné v rámci obmedzenia súvisiace s dostupnosťou rôznych druhov palív
b	Predbežná úprava koksárenského plynu v železiarňach a oceliarniach Použitie jednej z nasledujúcich techník: • odsírovanie absorpčnými systémami; • mokré oxidačné odsírovanie	Platí len pre zariadenia na spaľovanie koksárenského plynu

Tabuľka 10.30: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie SO₂ do ovzdušia zo spaľovania 100 % procesných plynov z výroby železa a ocele

Typ spaľovacieho zariadenia	Referenčná úroveň O ₂ (%)	BAT-AEL pre SO ₂ (mg/Nm ³)	
		Ročný priemer ⁽¹⁾	Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek ⁽²⁾
Nový alebo existujúci kotol	3	25	50–200 ⁽³⁾
Nový alebo existujúci CCGT	15	10–45	20

(1) Pre existujúce zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne sa tieto BAT AEL neuplatňujú.
(2) Pre existujúce zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.
(3) Pri použití vysokého podielu COG (napr. > 50 %) môže byť prekročená horná hranica rozsahu BAT-AEL. V tomto prípade je horná hranica rozsahu BAT-AEL 300 mg/Nm³.

10.4.2.4 Emisie prachu do ovzdušia

BAT 51. S cieľom znížiť emisie prachu do ovzdušia zo spaľovania procesných plynov pri výrobe železa a ocele sa BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Výber/správa paliva	Použitie kombinácie procesných plynov a pomocných palív s nízkym priemerným obsahom prachu alebo popola	Všeobecne použiteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych typov paliva
b	Predbežná úprava vysokopecného plynu v železiarňach a oceliarniach	Použitie jedného alebo kombinácie suchých odprašovacích zariadení (napr. deflektory, lapače prachu, cyklóny, elektrostatické odlučovače) a/alebo následné odstraňovanie prachu (Venturiho práčky, práčky so zmenou smeru prúdenia, práčky s kruhovými medzerami, mokré elektrostatické odlučovače, drviče)	Platí len v prípade spaľovania vysokopecného plynu
c	Predbežná úprava konvertorového plynu v železiarňach a oceliarniach	Použitie suchého (napr. ESP alebo vrecového filtra) alebo mokrého (napr. mokrého ESP alebo práčky) odprašovania. Ďalšie popisy sú uvedené v dokumente BREF pre železiarne a oceliarne	Platí len v prípade spaľovania plynu zo základnej kyslíkovej pece
d	Elektrostatický odlučovač (ESP)	Pozri popisy v oddiele 10.8.5	Platí len pre spaľovacie zariadenia, ktoré spaľujú významný podiel pomocných palív s vysokým obsahom popola.
e	Vrecový filter		

Tabuľka 10.31: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie prachu do ovzdušia zo spaľovania 100 % procesných plynov zo spracovania železa a ocele

Typ spaľovacieho zariadenia	BAT-AEL pre prach (mg/Nm ³)	
	Ročný priemer ⁽¹⁾	Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek ⁽²⁾
Nový alebo existujúci kotol	2–7	2–10
Nový alebo existujúci CCGT	2	2–5

(1) Pre existujúce elektrárne prevádzkované < 1 500 h/rok sa tieto BAT-AEL neuplatňujú.
(2) Pre existujúce zariadenia prevádzkované < 500 h/rok sú tieto úrovne orientačné.

10.4.3 Závery BAT pre spaľovanie plyných a/alebo kvapalných palív na ťažobných plošinách

Pokiaľ nie je uvedené inak, závery BAT uvedené v tejto časti sa všeobecne vzťahujú na spaľovanie plyných a/alebo kvapalných palív na pobrežných plošinách. Uplatňujú sa okrem všeobecných záverov BAT uvedených v oddiele 10.1.

BAT 52. S cieľom zlepšiť celkovú environmentálne vlastnosti spaľovania plyných a/alebo kvapalných palív na pobrežných plošinách sa BAT má používať jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Techniky		Opis	Použitelnosť
a	Optimalizácia procesu	Optimalizujte proces s cieľom minimalizovať požiadavky na mechanický výkon	Všeobecne použiteľné
b	Kontrolujte tlakové straty	Optimalizujte a udržiavajte vstupné a výstupné systémy tak, aby boli tlakové straty čo najnižšie.	
c	Regulácia zaťaženia	Prevádzkujte viacero generátorov alebo kompresorov v bodoch zaťaženia, ktoré minimalizujú emisie.	
d	Minimalizujte „rezervu na otáčky“.	Pri prevádzke s rotujúcou rezervou z dôvodov prevádzkovej spoľahlivosti sa počet dodatočných turbín minimalizuje, o ktorých výnimočných okolností.	
e	Voľba paliva	Zabezpečte dodávku palivového plynu z miesta v procese spracovania ropy a plynu, ktoré ponúka minimálny rozsah parametrov spaľovania palivového plynu, napr. výhrevnosť a minimálne koncentrácie sírových zlúčenín, aby sa minimalizovala tvorba SO ₂ . V prípade kvapalných destilátových palív sa uprednostňujú palivá s nízkym obsahom síry	
f	Načasovanie vstrekovania	Optimalizujte načasovanie vstrekovania v motoroch.	Všeobecne použiteľné v nových spaľovacích zariadeniach. V existujúcich spaľovacích zariadeniach môže byť použiteľnosť obmedzená úrovňou tepelnej spotreby a usporiadaním spaľovacieho zariadenia (priestorom).
g	Využitie tepla	Využitie odpadového tepla z plynových turbín/motorov na vykurovanie plošín	
h	Integrácia energie z viacerých plynových/rovných polí	Využitie centrálného zdroja energie na zásobovanie viacerých zúčastnených plošín umiestnených na rôznych plynových/rovných poliach	Použitelnosť môže byť obmedzená v závislosti od umiestnenia rôznych plynových/rovných polí a od organizácie rôznych zúčastnených plošín vrátane zosúladenia časových harmonogramov týkajúcich sa plánovania, spustenia a ukončenia ťažby.

BAT 53. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie NO_x do ovzdušia zo spaľovania plyných a/alebo kvapalných palív na pobrežných plošinách sa BAT má použiť jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika	Opis	Použitelnosť
a Pokročilý kontrolný systém	Pozri opisy v oddiele 10.8.3.	Použitelnosť v starých spaľovacích zariadeniach môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho systému a/alebo radiaceho systému.
b Suché horáky s nízkymi emisiami NO _x (DLN)		Použiteľné pre nové plynové turbíny (štandardné vybavenie) v rámci obmedzení spojených s kolísaním kvality paliva. Použitelnosť môže byť obmedzená pre existujúce plynové turbíny: dostupnosťou modernizačného balíka (pre prevádzku s nízkym zaťažením), komplexnosťou organizácie platformy a dostupnosťou priestoru.
c Koncepcia chudobnej zmesi		Použiteľné iba pre nové plynové motory
d Horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB)		Platí iba pre kotly

BAT 54. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie CO do ovzdušia zo spaľovania plyných a/alebo kvapalných palív v plynových turbínach na pobrežných plošinách sa BAT má použiť jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika	Opis	Použitelnosť
a Optimalizácia spaľovania	Pozri opisy v oddiele 10.8.3	Všeobecne platné
b Oxidácia katalyzátorov		Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Modernizácia existujúcich spaľovacích zariadení môže byť obmedzená dostupnosťou dostatočného priestoru a hmotnostnými obmedzeniami

Tabuľka 10.32 Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO_x do ovzdušia zo spaľovania plyných palív v plynových turbínach s otvoreným cyklom na pobrežných plošinách

Typ spaľovacieho zariadenia	BAT-AEL (mg/Nm ³) ⁽¹⁾
	Priemer za obdobie odberu vzoriek
Nová plynová turbína spaľujúca plyné palivá ⁽²⁾	15–50 ⁽³⁾
Existujúca plynová turbína spaľujúca plyné palivá ⁽²⁾	< 50–350 ⁽⁴⁾
⁽¹⁾ Tieto BAT-AEL sa zakladajú na > 70 % základného zaťaženia dostupného v daný deň. ⁽²⁾ To zahŕňa plynové turbíny s jedným palivom a s dvoma palivami. ⁽³⁾ Horná hranica rozsahu BAT-AEL je 250 mg/Nm ³ , ak nie je možné použiť horáky DLN. ⁽⁴⁾ Dolná hranica rozsahu BAT-AEL sa dá dosiahnuť s horákmi DLN.	

Ako orientačná hodnota, priemerné úrovne emisí CO počas obdobia odberu vzoriek budú vo všeobecnosti:

- < 100 mg/Nm³ pre existujúce plynové turbíny spaľujúce plyné palivá na pobrežných plošinách prevádzkovaných ≥ 1 500 h/rok;
- < 75 mg/Nm³ pre nové plynové turbíny spaľujúce plyné palivá na pobrežných plošinách

10.5 Závery o BAT pre zariadenia spaľujúce viacero palív

10.5.1 Závery o BAT pre spaľovanie procesných palív z chemického priemyslu

Pokiaľ nie je uvedené inak, závery BAT uvedené v tejto časti sa všeobecne vzťahujú na spaľovanie procesných palív z chemického priemyslu, samostatne, v kombinácii alebo súčasne s inými plynými a/alebo kvapalnými palivami. Uplatňujú sa okrem všeobecných záverov BAT uvedených v oddiele 10.1.

10.5.1.1 Všeobecné environmentálne vlastnosti

BAT 55. S cieľom zlepšiť všeobecné environmentálne vlastnosti spaľovania procesných palív z chemického priemyslu v kotloch sa BAT má používať vhodná kombinácia techník uvedených v BAT 6 a nižšie.

Technika	Opis	Použiteľnosť
a Predbežná úprava procesného paliva z chemického priemyslu	Predbežná úprava paliva v spaľovacom zariadení alebo mimo neho s cieľom zlepšiť environmentálne vlastnosti spaľovania paliva	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s vlastnosťami procesného paliva a dostupným priestorom

10.5.1.2 Energetická účinnosť

Tabuľka 10.33: Úrovně energetickej účinnosti spojené s BAT (BAT-AEEL) pre spaľovanie procesných palív z chemického priemyslu v kotloch

Typ spaľovacieho zariadenia	BAT-AEEL ⁽¹⁾ ⁽²⁾			
	Čistá elektrická účinnosť (%)		Čisté celkové využitie paliva (%) ⁽³⁾ ⁽⁴⁾	
	Nové zariadenie	Existujúca jednotka	Nová jednotka	Existujúca jednotka
Kotol využívajúci kvapalné palivá z chemického priemyslu, vrátane palív zmiešaných s ťažkým vykurovacím olejom, plynovým olejom a/alebo inými kvapalnými palivami	> 36,4	35,6–37,4	80	80
Kotol využívajúci plyné procesné palivá z chemického priemyslu, vrátane zmesi so zemným plynom a/alebo inými plynými palivami	39–42,5	38	78	78

(1) Tieto BAT-AEEL sa nevzťahujú na jednotky prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.
(2) V prípade jednotiek KVET sa uplatňuje len jedna z dvoch BAT-AEEL „Čistá elektrická účinnosť“ alebo „Čisté celkové využitie paliva“, v závislosti od konštrukcie jednotky KVET (t. j. buď viac orientovanej na výrobu elektriny, alebo na výrobu tepla).
(3) Tieto BAT-AEEL nemusia byť dosiahnuteľné, ak je potenciálny dopyt po teple príliš nízky.
(4) Tieto BAT-AEEL sa nevzťahujú na zariadenia, ktoré vyrábajú iba elektrinu.

10.5.1.3 Emisie NO_x a CO do ovzdušia

BAT 56. S cieľom zabrániť emisiám NO_x do ovzdušia alebo ich znížiť a zároveň obmedziť emisie CO do ovzdušia zo spaľovania palív používaných v chemickom priemysle sa ako BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB)	Pozri opisy v oddiele 10.8.3.	Všeobecne platné
b	Vzduchové stupňovanie		
c	Fázy paliva		
d	Recirkulácia spalín	Pozri opis v oddiele 10.8.3.	Všeobecne platné pre nové spaľovacie zariadenia. Platí pre existujúce spaľovacie zariadenia v rámci obmedzení súvisiacich s chemickou bezpečnosťou zariadení.
e	Prídavok vody/pary		Použitelnosť môže byť obmedzená v závislosti od dostupnosti vody.
f	Voľba paliva		Použitelné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych druhov paliva a/alebo alternatívnym využitím paliva v procese.
g	Pokročilý systém riadenia		Použitelnosť v starých spaľovacích zariadeniach môže byť obmedzená nutnosťou modernizácie spaľovacieho systému a/alebo riadiaceho systému.
h	Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)		Platí pre existujúce spaľovacie zariadenia v rámci obmedzení spojených s bezpečnosťou chemických zariadení. Nevzťahuje sa na spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Použitelnosť môže byť obmedzená v prípade spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok s častými zmenami paliva a častými zmenami zaťaženia.
i	Selektívna katalytická redukcia (SCR)		Uplatniteľné na existujúce spaľovacie zariadenia v rámci obmedzení spojených s konfiguráciou potrubia, dostupnosťou priestoru a bezpečnosťou chemických zariadení. Neplatí pre spaľovacie zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre dodatočnú inštaláciu do existujúcich spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok. Všeobecne sa nevzťahuje na spaľovacie zariadenia s výkonom < 100 MW _{th}

Tabuľka 10.34: Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO_x do ovzdušia zo spaľovania 100 % procesných palív z chemického priemyslu v kotloch

Fáza paliva používaná v spaľovacej prevádzke	BAT-AEL (mg/Nm ³)			
	Ročný priemer		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽¹⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽²⁾
Zmes plynov a kvapalín	30	8 0–290 ⁽³⁾	50	100–330 ⁽³⁾
Iba plyny	20–80	70–100 ⁽⁴⁾	30–100	85–110 ⁽⁵⁾

(1) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne sa tieto BAT AEL neuplatňujú.
(2) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.
(3) Pre existujúce zariadenia s výkonom ≤ 500 MW_{th} uvedené do prevádzky najneskôr 27. novembra 2003, ktoré používajú kvapalné palivá s obsahom dusíka vyšším ako 0,6 hmotnostného percenta, je horná hranica rozsahu BAT-AEL 380 mg/Nm³.
(4) Pre existujúce zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu BAT-AEL 180 mg/Nm³.
(5) Pre existujúce zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu BAT-AEL 210 mg/Nm³.

Orientačne, ročné priemerné emisie CO existujúcich zariadení prevádzkovaných ≥ 1 500 h/rok a pre nové zariadenia bude vo všeobecnosti < 5–30 mg/Nm³.

10.5.1.4 Emisie SO_x, HCl a HF do ovzdušia

BAT 57. S cieľom znížiť emisie SO_x, HCl a HF do ovzdušia zo spaľovania procesných palív z chemického priemyslu v kotloch sa BAT má použiť jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Voľba paliva	Pozri opisy v oddiele 10.8.4	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych druhov paliva a/alebo alternatívnym využitím procesného paliva
b	Vstrekovanie sorbentu do kotla (do pece alebo do ložiska)		Použiteľné v existujúcich spaľovacích zariadeniach v rámci obmedzení spojených s konfiguráciou potrubia, dostupnosťou priestoru a bezpečnosťou chemických zariadení. Mokrý FGD a FGD s morskou vodou nie sú použiteľné v spaľovacích zariadeniach prevádzkovaných menej ako 500 hodín ročne.
c	Vstrekovanie sorbentu do potrubia (DSI)		
d	Suché odsírovanie (SDA)		
e	Mokrý vypieranie	Pozri opis v oddiele 10.8.4. Mokrý vypieranie sa používa na odstraňovanie HCl a HF, ak sa na znižovanie emisií SO _x nepoužíva mokrý FGD.	Môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia pre použitie mokrého FGD alebo FGD s morskou vodou v spaľovacích zariadeniach s výkonom < 300 MW _{th} a pre dodatočné vybavenie spaľovacích zariadení prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok mokrou FGD alebo FGD s morskou vodou
f	Mokrý odsírovanie spalín (mokrý FGD)	Pozri opisy v oddiele 10. 8.4	
g	FGD s morskou vodou		

Tabuľka 10.35: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie SO₂ do ovzdušia zo spaľovania 100 % procesných palív z chemického priemyslu v kotloch

Typ spaľovania zariadenia	BAT-AEL (mg/Nm ³)	
	Ročný priemer ⁽¹⁾	Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek ⁽²⁾
Nové a existujúce kotly	10	90

(1) Pre existujúce zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne sa tieto BAT-AEL neuplatňujú.
(2) Pre existujúce zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.

Tabuľka 10.36: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie HCl a HF do ovzdušia zo spaľovania procesných palív z chemického priemyslu v kotloch

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL (mg/Nm ³)			
	HCl		HF	
	Priemer vzoriek získaných počas jedného roka			
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽¹⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽¹⁾
< 100	1-7	2-15 ⁽²⁾	< 1-3	< 1-6 ⁽³⁾
≥ 100	1-5	1-9 ⁽²⁾	< 1-2	< 1-3 ⁽³⁾

(1) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.

(2) V prípade zariadení prevádzkovaných < 1 500 h/rok je horná hranica rozsahu BAT-AEL 20 mg/Nm³.

(3) V prípade zariadení prevádzkovaných < 1 500 h/rok je horná hranica rozsahu BAT-AEL 7 mg/Nm³.

10.5.1.5 Emisie prachu a kovov viazaných na častice do ovzdušia

BAT 58. S cieľom znížiť emisie prachu, kovov viazaných na častice a stopových látok do ovzdušia pochádzajúcich zo spaľovania procesných palív z chemického priemyslu v kotloch sa ako BAT má použiť jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Elektrostatický odlučovač (ESP)	Pozri opisy v oddiele 10.8.5	Všeobecne použiteľné
b	Vrecový filter		
c	Voľba paliva	Pozri opis v oddiele 10.8.5. Použitie kombinácie procesných palív z chemického priemyslu a pomocných palív s nízkym priemerným obsahom prachu alebo popola	Použiteľné v rámci obmedzení spojených s dostupnosťou rôznych typov palív a/alebo alternatívnym využitím procesného paliva
d	Suchý alebo polosuchý systém FGD	Pozri opis v oddiele 10.8.5. Táto technika sa používa hlavne na kontrolu SO _x , HCl a/alebo HF	Pozri použiteľnosť v BAT 57
e	Mokrý odsírovanie spalín (mokré FGD)		

Tabuľka 10.37: Úrovně emisí spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie prachu do ovzdušia zo spaľovania zmesí plynov a kvapalín zložených zo 100 % procesných palív z chemického priemyslu v kotloch

Celkový menovitý tepelný príkon spaľovacieho zariadenia (MW_{th})	BAT-AEL pre prach (mg/Nm^3)			
	Ročný priemer		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽¹⁾	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie ⁽²⁾
< 300	2–5	2	2–10	2–22 ⁽³⁾
≥ 300	2–5	2–10 ⁽⁴⁾	2–10	2–11 ⁽³⁾

(1) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne sa tieto BAT-AEL neuplatňujú.
(2) Pre zariadenia prevádzkované menej ako 500 hodín ročne sú tieto úrovne orientačné.
(3) Pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu BAT-AEL 25 mg/Nm^3 .
(4) Pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu BAT-AEL 15 mg/Nm^3 .

10.5.1.6 Emisie prchavých organických zlúčenín a polychlórovaných dibenzodioxínov a -furánov do ovzdušia

BAT 59. S cieľom znížiť emisie prchavých organických zlúčenín a polychlórovaných dibenzodioxínov a -furánov do ovzdušia pochádzajúce zo spaľovania procesných palív z chemického priemyslu v kotloch sa ako BAT má použiť jedna alebo kombinácia techník uvedených v BAT 6 a nižšie.

Technika	Opis	Použitelnosť
a Vstrekovanie aktívneho uhlíka	Pozri opis v oddiele 10.8.5	Platí len pre spaľovacie zariadenia, ktoré používajú palivá získané chemickými procesmi zahŕňajúcimi chlórované látky.
b Rýchle chladenie pomocou mokrého vypierania/kondenzátora spalín	Pozri opis mokrého vypierania/kondenzátora spalín v oddiele 10.8.4	
c Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri opis v oddiele 10.8.3. Systém SCR je upravený a väčší ako systém SCR používaný iba na zníženie emisií NO_x	Použitelnosť SCR a rýchleho chladenia pozri BAT 56 a BAT 57

Tabuľka 10.38: Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie PCDD/F a TVOC do ovzdušia zo spaľovania 100 % procesných palív z chemického priemyslu v kotloch

Znečisťujúca látka	Jednotka	BAT-AEL
		Priemer za obdobie odberu vzoriek
PCDD/F ⁽¹⁾	ng I-TEQ/ Nm^3	< 0,012–0,036
TVOC	mg/ Nm^3	0,6–12

⁽¹⁾ Tieto BAT-AEL sa vzťahujú len na zariadenia, ktoré používajú palivá získané chemickými procesmi zahŕňajúcimi chlórované látky.

10.6 Závěry o BAT pre spoluspaľovanie odpadu

Pokiaľ nie je uvedené inak, závery BAT uvedené v tejto časti (Spoločné spaľovanie odpadu) sa vo všeobecnosti vzťahujú na spoluspaľovanie odpadu v spaľovniach. Uplatňujú sa okrem všeobecných záverov BAT uvedených v oddiele 10.1.

Pri spoluspaľovaní odpadu sa BAT-AEL uvedené v tejto časti vzťahujú na celý objem vzniknutých spalín.

Okrem toho, ak sa odpad spaľuje spolu s palivami uvedenými v oddiele 10.2, BAT-AEL stanovené v oddiele 10.2 sa uplatňujú aj i) na celý objem vzniknutých spalín a ii) na objem spalín vznikajúci pri spaľovaní palív, na ktoré sa vzťahuje táto časť, s použitím vzorca pre pravidlo miešania uvedeného v prílohe VI (časť 4) k smernici 2010/75/EÚ, v ktorom sa BAT-AEL pre objem spalín vznikajúci pri spaľovaní odpadu stanovujú na základe BAT 61.

10.6.1 Všeobecné environmentálne vlastnosti

BAT 60. S cieľom zlepšiť všeobecné environmentálne vlastnosti spoluspaľovania odpadu v spaľovacích zariadeniach, zabezpečiť stabilné podmienky spaľovania a znížiť emisie do ovzdušia sa ako BAT používa technika BAT 60 a) uvedená nižšie a kombinácia techník uvedených v BAT 6 a/alebo iných techník uvedených nižšie.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Vstupná kontrola parametrov a prijímanie odpadu	Zaviesť postup prijímania akéhokoľvek odpadu v spaľovacom zariadení podľa príslušnej BAT z dokumentu BREF pre spracovanie odpadu. Kritériá prijatia sú stanovené pre kritické parametre, ako je výhrevnosť a obsah vody, popola, chlór a fluór, síry, dusíka, PCB, kovov (prchavých (napr. Hg, Tl, Pb, Co, Se) a neprchavých (napr. V, Cu, Cd, Cr, Ni)), fosforu a alkálií (pri použití vedľajších živočíšnych produktov). Na každú dodávku odpadu sa uplatňujú systémy zabezpečenia kvality, aby sa zaručili vlastnosti spoluspaľovaných odpadov a kontrolovali hodnoty definovaných kritických parametrov (napr. EN 15358 pre nebezpečné tuhé palivá získané z odpadu).	Všeobecne platné
b	Výber/obmedzenie odpadu	Starostlivý výber druhu odpadu a hmotnostného toku spolu s obmedzením percenta najviac znečisteného odpadu, ktorý možno spoluspaľovať. Obmedziť podiel popola, síry, fluóru, ortuti a/alebo chlór v odpade vstupujúcom do spaľovacieho zariadenia. Obmedzenie množstva odpadu, ktorý sa má spoluspaľovať	Uplatniteľné v rámci obmedzení spojených s politikou odpadového hospodárstva členského štátu
c	Zmiešavanie odpadu s hlavným palivom	Účinné zmiešavanie odpadu a hlavného paliva, pretože heterogénny alebo zle zmiešaný prúd paliva alebo nerovnomerné rozloženie môžu ovplyvniť zapálenie a spaľovanie v kotle a malo by sa tomu zabrániť.	Zmiešavanie je možné len vtedy, ak je správanie hlavného paliva a odpadu podobné pri mletí alebo ak je množstvo odpadu v porovnaní s hlavným palivom veľmi malé.

d	Sušenie odpadu	Predsúšenie odpadu pred jeho zavedením do spaľovacej komory s cieľom zachovať vysoký výkon kotla.	Použitelnosť môže byť obmedzená nedostatočným množstvom tepla získateľného z procesu, požadovanými podmienkami spaľovania alebo obsahom vlhkosti v odpade.
e	Predbežná úprava odpadu	Pozri techniky opísané v dokumente BREF pre spracovanie odpadu a spaľovanie odpadu, vrátane mletia, pyrolýzy a splyňovania.	Pozri použiteľnosť v dokumente BREF o spracovaní odpadu a v dokumente BREF o spaľovaní odpadu.

BAT 61. S cieľom zabrániť zvýšeným emisiám zo spoluspaľovania odpadu v spaľovniach sa BAT má prijať vhodné opatrenia na zabezpečenie toho, aby emisie znečisťujúcich látok v časti spalín pochádzajúcich zo spoluspaľovania odpadu neboli vyššie ako emisie vyplývajúce z uplatňovania záverov BAT pre spaľovanie odpadu.

BAT 62. S cieľom minimalizovať vplyv na recykláciu rezíduí zo spoluspaľovania odpadu v spaľovacích zariadeniach BAT spočíva v zachovaní dobrej kvality sadrovca, popola a škvary, ako aj iných rezíduí, v súlade s požiadavkami stanovenými pre ich recykláciu, keď zariadenie nespolutpáli odpad, a to použitím jednej alebo kombinácie techník uvedených v BAT 60 a/alebo obmedzením spoluspaľovania na frakcie odpadu s koncentraciami znečisťujúcich látok podobnými tým, ktoré sa nachádzajú v iných spaľovaných palivách.

10.6.2 Energetická účinnosť

BAT 63. S cieľom zvýšiť energetickú účinnosť spoluspaľovania odpadu je BAT používať vhodnú kombináciu techník uvedených v BAT 12 a BAT 19 v závislosti od hlavného typu použitého paliva a konfigurácie zariadenia.

Úrovně energetickej účinnosti súvisiace s BAT (BAT-AEEL) sú uvedené v tabuľke 10.40 pre spoluspaľovanie odpadu s biomasou a/alebo rašelinou a v tabuľke 10.39 pre spoluspaľovanie odpadu s čiernym uhlím a/alebo hnedým uhlím.

10.6.3 Emisie NO_x a CO do ovzdušia

BAT 64. S cieľom zabrániť emisiám NO_x do ovzdušia alebo ich znížiť a zároveň obmedziť emisie CO a N₂O zo spoluspaľovania odpadu s čiernym uhlím a/alebo hnedým uhlím sa BAT má použiť jedna alebo kombinácia techník uvedených v BAT 20.

BAT 65. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie NO_x do ovzdušia a zároveň obmedziť emisie CO a N₂O zo spoluspaľovania odpadu s biomasou a/alebo rašelinou sa BAT má použiť jedna alebo kombinácia techník uvedených v BAT 24.

10.6.4 Emisie SO_x, HCl a HF do ovzdušia

BAT 66. S cieľom predchádzať alebo znižovať emisie SO_x, HCl a HF do ovzdušia zo spalovania odpadu s čiernym uhlím a/alebo hnedým uhlím sa ako BAT používa jedna alebo kombinácia techník uvedených v BAT 21.

BAT 67. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie SO_x, HCl a HF do ovzdušia zo spalovania odpadu s biomasou a/alebo rašelinou sa BAT má použiť jedna alebo kombinácia techník uvedených v BAT 25.

10.6.5 Emisie prachu a kovov viazaných na častice do ovzdušia

BAT 68. S cieľom znížiť emisie prachu a kovov viazaných na častice do ovzdušia zo spalovania odpadu s čiernym uhlím a/alebo hnedým uhlím sa BAT používa jedna alebo kombinácia techník uvedených v BAT 22.

Tabuľka 10.39: Úrovně emisií spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie kovov do ovzdušia zo spalovania odpadu s čiernym uhlím a/alebo hnedým uhlím

Celkový menovitý tepelný príkon spalovacieho zariadenia (MW _{th})	BAT-AEL		Priemerné obdobie
	Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V (mg/Nm ³)	Cd+Tl (µg/Nm ³)	
< 300	0,005–0,5	5–12	Priemer za obdobie odberu vzoriek
≥ 300	0,005–0,2	5	Priemer vzoriek získaných počas jedného roka

BAT 69. S cieľom znížiť emisie prachu a kovov viazaných na častice do ovzdušia zo spalovania odpadu s biomasou a/alebo rašelinou sa BAT má použiť jedna alebo kombinácia techník uvedených v BAT 26.

Tabuľka 10.40: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie kovov do ovzdušia zo spalovania odpadu s biomasou a/alebo rašelinou

BAT-AEL (priemer vzoriek získaných počas jedného roka)	
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V (mg/Nm ³)	Cd+Tl (µg/Nm ³)
0,075–0,3	< 5

10.6.6 Emisie ortuti do ovzdušia

BAT 70. S cieľom znížiť emisie ortuti do ovzdušia zo spalovania odpadu s biomasou, rašelinou, čiernym uhlím a/alebo hnedým uhlím sa BAT má použiť jedna alebo kombinácia techník uvedených v BAT 23 a BAT 27.

10.6.7 Emisie prchavých organických zlúčenín a polychlórovaných dibenzodioxínov a -furánov do ovzdušia

BAT 71. S cieľom znížiť emisie prchavých organických zlúčenín a polychlórovaných dibenzodioxínov a -furánov do ovzdušia pri spalovaní odpadu s biomasou, rašelinou, čiernym uhlím a/alebo hnedým uhlím sa BAT má používať kombinácia techník uvedených v BAT 6, BAT 26 a nižšie.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Vstrekovanie aktívneho uhlíka	Pozri opis v oddiele 10.8.5. Tento proces je založený na adsorpcii molekúl znečisťujúcich látok aktívnym uhlíkom.	Všeobecne použiteľné
b	Rýchle ochladenie pomocou mokrého čistenia/kondenzátora spalín	Pozri opis mokrého čistenia/kondenzátora spalín v oddiele 10.8.4.	
c	Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri opis v oddiele 10.8.3. Systém SCR je prispôsobený a väčší ako systém SCR používaný iba na zníženie emisií NO _x	Pozri použiteľnosť v BAT 20 a BAT 24.

Tabuľka 10.41: Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie PCDD/F a TVOC do ovzdušia zo spalovania odpadu s biomasou, rašelinou, čiernym uhlím a/alebo hnedým uhlím

Typ spaľovacieho zariadenia	BAT-AEL		
	PCDD/F (ng I-TEQ/Nm ³)	TVOC (mg/Nm ³)	
	Priemer za obdobie odberu vzoriek	Ročný priemer	Denný priemer
Spaľovacie zariadenie na biomasu, rašelinu, čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie	< 0,01–0,03	< 0,1–5	0,5–10

10.7 Závěry o BAT pre splyňovanie

Pokiaľ nie je uvedené inak, závery o BAT uvedené v tejto časti sa vo všeobecnosti vzťahujú na všetky zariadenia na splyňovanie priamo spojené so spaľovacími zariadeniami a na zariadenia IGCC. Uplatňujú sa okrem všeobecných záverov o BAT uvedených v oddiele 10.1.

10.7.1 Energetická účinnosť

BAT 72. S cieľom zvýšiť energetickú účinnosť jednotiek IGCC a splyňovania sa ako BAT má používať jedna alebo kombinácia techník uvedených v BAT 12 a nižšie.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Získavanie tepla z procesu splyňovania	Kedže syntézny plyn je potrebné ochladiť, aby mohol byť ďalej čistený, je možné získať energiu na výrobu dodatočnej pary, ktorá sa pridá do cyklu parnej turbíny, čím sa umožní výroba dodatočnej elektrickej energie.	Platí len pre jednotky IGCC a jednotky splyňovania priamo spojené s kotlami s predbežnou úpravou syntézneho plynu, ktorá vyžaduje ochladenie syntézneho plynu.
b	Integrácia procesov splyňovania a spaľovania	Jednotka môže byť navrhnutá s úplnou integráciou jednotky na dodávku vzduchu (ASU) a plynovou turbínou, pričom všetok vzduch dodávaný do ASU je dodávaný (odoberaný) z kompresora plynovou turbínou.	Použitelnosť je obmedzená na jednotky IGCC z dôvodu potreby flexibility integrovaného zariadenia, aby mohlo rýchlo dodávať do siete elektrickú energiu z obnoviteľných zdrojov, keď nie sú k dispozícii zariadenia využívajúce obnoviteľné zdroje energie.
c	Systém suchého dávkovania suroviny	Použitie suchého systému na podávanie paliva do splyňovacieho zariadenia s cieľom zlepšiť energetickú účinnosť procesu splyňovania.	Použitelné len pre nové jednotky.
d	Splyňovanie pri vysokej teplote a tlaku	Využitie techniky splyňovania s vysokými prevádzkovými parametrami teploty a tlaku s cieľom maximalizovať účinnosť konverzie energie	Platí len pre nové jednotky
e	Konštrukčné vylepšenia	Konštrukčné vylepšenia, ako napríklad: - úpravy žiaruvzdorného materiálu a/alebo chladiaceho systému splyňovacieho zariadenia; - inštalácia expandéra na získavanie energie z poklesu tlaku syntézneho plynu pred spaľovaním	Všeobecne platné pre jednotky IGCC

Tabuľka 10.42: Úrovně energetickej účinnosti súvisiace s BAT (BAT-AEEL) pre jednotky na splyňovanie a IGCC

Typ konfigurácie spaľovacej jednotky	BAT-AEEL		Čisté celkové využitie paliva (%) novej alebo existujúcej jednotky na splyňovanie
	Čistá elektrická účinnosť (%) jednotky IGCC		
	Nová jednotka	Existujúca jednotka	
Zariadenie na splyňovanie priamo spojené s kotlom bez predch. úpravy syntézneho plynu	Žiadna BAT-AEEL		> 98
Zariadenie na splyňovanie priamo spojené s kotlom s predchádzajúcou úpravou syntézneho plynu	Žiadna BAT-AEEL		> 91
Jednotka IGCC	Žiadna BAT-AEEL	34	> 91

10.7.2 Emisie NO_x a CO do ovzdušia

BAT 73. S cieľom predchádzať a/alebo znižovať emisie NO_x do ovzdušia a zároveň obmedzovať emisie CO do ovzdušia zo zariadení IGCC sa ako BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika		Opis	Použitelnosť
a	Optimalizácia spaľovania optimalizácia	Pozri opis v oddiele 10.8.3	Všeobecne použiteľné
b	Prídavok vody/pary	Pozri opis v oddiele 10.8.3. Na tento účel sa opätovne využíva časť pary stredného tlaku z parnej turbíny.	Použiteľné len pre časť IGCC zariadenia s plynovou turbínou. Použitelnosť môže byť obmedzená v závislosti od dostupnosti vody.
c	Suché horáky s nízkymi emisiami NO _x (DLN)	Pozri opis v oddiele 10.8.3	Použiteľné iba pre časť IGCC zariadenia s plynovou turbínou. Všeobecne použiteľné pre nové IGCC zariadenia. Platí individuálne pre existujúce IGCC zariadenia v závislosti od dostupnosti modernizačného balíka. Nepoužiteľné pre syntézny plyn s obsahom vodíka > 15 %.
d	Riedenie syntézneho plynu odpadovým dusíkom z jednotky na oddelenie dusíka od vzduchu (t, ASU)	ASU oddeľuje kyslík od dusíka vo vzduchu, aby dodával vysokokvalitný kyslík do splyňovacieho zariadenia. Odpadový dusík z ASU sa opätovne používa na zníženie teploty spaľovania v plynovom turbínovom motore tým, že sa pred spaľovaním zmieša so syntéznym plynom.	Platí len v prípade, ak sa ASU používa na proces splyňovania.
e	Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Pozri opis v oddiele 10.8.3.	Neplatí pre zariadenia IGCC prevádzkované menej ako 500 hodín ročne. Modernizácia existujúcich zariadení IGCC môže byť obmedzená dostupnosťou dostatočného priestoru. Pri modernizácii existujúcich zariadení IGCC prevádzkovaných medzi 500 h/rok a 1 500 h/rok môžu existovať technické a ekonomické obmedzenia.

Tabuľka 10.43: Úrovně emisí spojené s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO_x do ovzdušia zo zariadení IGCC

Celkový menovitý tepelný príkon zariadenia IGCC (MW _{th})	BAT-AEL (mg/Nm ³)			
	Ročný priemer		Denný priemer alebo priemer za obdobie odberu vzoriek	
	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie	Nové zariadenie	Existujúce zariadenie
≥ 100	10	12–45	1–35	1–60

Ako orientačná hodnota, priemerné ročné emisie CO pre existujúce zariadenia prevádzkované ≥ 1 500 h/rok a pre nové zariadenia budú vo všeobecnosti < 5–30 mg/Nm³.

10.7.3 Emisie SO_x do ovzdušia

BAT 74. S cieľom znížiť emisie SO_x do ovzdušia zo zariadení IGCC sa ako BAT používa technika uvedená nižšie.

Technika	Opis	Použitelnosť
a Odstraňovanie kyselých plynov	Zložky síry zo suroviny procesu splyňovania sa odstraňujú zo syntézneho plynu prostredníctvom odstraňovania kyselých plynov, napr. vrátane reaktora na hydrolýzu COS (a HCN) a absorpcie H ₂ S pomocou rozpúšťadla, ako je metyl-dietanolamín. Síra sa potom získava buď ako kvapalná alebo tuhá elementárna síra (napr. prostredníctvom Clausovej jednotky), alebo ako kyselina sírová, v závislosti od požiadaviek trhu.	V prípade zariadení IGCC na biomasu môže byť použiteľnosť obmedzená kvôli veľmi nízkej obsahu síry v biomase.

Úroveň emisií spojená s BAT (BAT-AEL) pre emisie SO₂ do ovzdušia zo zariadení IGCC s výkonom $\geq 100 \text{ MW}_{\text{th}}$ je 3–16 mg/Nm³, vyjadrená ako ročný priemer.

10.7.4 Emisie prachu, kovov viazaných na častice, amoniaku a halogénov do ovzdušia

BAT 75. S cieľom zabrániť alebo znížiť emisie prachu, kovov viazaných na častice, amoniaku a halogénov do ovzdušia z elektrární IGCC sa ako BAT používa jedna alebo kombinácia nižšie uvedených techník.

Technika	Opis	Použitelnosť
a Filtrácia syntézneho plynu	Odprašovanie pomocou cyklónov na popolček, vrecových filtrov, ESP a/alebo sviečkové filtre na odstraňovanie popolčeka a nepremeného uhlíka. Vreckové filtre a ESP sa používajú v prípade teplôt syntézneho plynu do 400 °C	Všeobecne použiteľné
b Recirkulácia dechtu a popola zo syntézneho plynu do splyňovacieho zariadenia	Decht a popol s vysokým obsahom uhlíka vytvorené v surovom syntéznom plyne sa oddeľujú v cyklónoch a recirkulujú sa do splyňovača, v prípade nízkej teploty syntézneho plynu na výstupe zo splyňovača (< 1 100 °C)	
c Preplachovanie syntézneho plynu	Syntézny plyn prechádza cez mokrá práčku, za ďalšími technikami odprašovania, kde sa oddeľujú chloridy, amoniak, častice a halogenidy	

Tabuľka 10.44: Úrovně emisií súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie prachu a kovov viazaných na častice do ovzdušia zo zariadení IGCC

Celkový menovitý tepelný príkon elektrárne IGCC (MW _{th})	BAT-AEL		
	Sb+As+Pb+Cr+Co + Cu+Mn+Ni+V (mg/Nm ³) (Priemer za obdobie odberu vzoriek)	Hg (µg/Nm ³) (priemer za obdobie odberu vzoriek)	Prach (mg/Nm ³) (ročný priemer)
≥ 100	< 0,025	< 1	< 2,5

10.8 Opis techník

10.8.1 Všeobecné techniky

Technika	Opis
Pokročilý kontrolný systém	Použitie počítačového automatického systému na riadenie účinnosti spaľovania a podporu prevencie a/alebo znižovania emisií. Zahŕňa to aj použitie vysoko výkonného monitorovania.
Optimalizácia spaľovania	Opatrenia prijaté na maximalizáciu účinnosti premeny energie, napr. v peci/kotle, pri súčasnom minimalizovaní emisií (najmä CO). To sa dosahuje kombináciou techník vrátane dobrého návrhu spaľovacieho zariadenia, optimalizácie teploty (napr. efektívne zmiešavanie paliva a spaľovacieho vzduchu) a doby zdržania v spaľovacej zóne, ako aj použitia pokročilého riadiaceho systému.

10.8.2 Techniky na zvýšenie energetickej účinnosti

Technika	Opis
Zdokonalený kontrolný systém	Pozri oddiel 10.8.1
Pripravenosť KVET	Opatrenia prijaté s cieľom umožniť neskorší vývoz užitočného množstva tepla do vonkajšej tepelnej záťaže spôsobom, ktorý dosiahne aspoň 10 % zníženie spotreby primárnej energie v porovnaní s oddelenou výrobou elektriny a tepla. To zahŕňa identifikáciu a zachovanie prístupu k špecifickým bodom v parnom systéme, z ktorých je možné odoberať paru, ako aj vytvorenie dostatočného priestoru na neskoršiu inštaláciu prvkov, ako sú potrubia, výmenníky tepla, dodatočná kapacita na demineralizáciu vody, záložný kotol a protitlakové turbíny. Systémy Balance of Plant (BoP) a systémy riadenia/inštrumentácie sú vhodné na modernizáciu. Neskôr je možné pripojiť aj protitlakovú turbínu (turbínu).
Kombinovaný cyklus	Kombinácia dvoch alebo viacerých termodynamických cyklov, napr. Braytonovho cyklu (plynová turbína/spaľovací motor) s Rankinovým cyklom (parná turbína/kotol), na premenu tepelnej straty z spalín prvého cyklu na užitočnú energiu v nasledujúcich cykloch.
Optimalizácia spaľovania	Pozri oddiel 10.8.1
Kondenzátor spalín	Výmenník tepla, v ktorom je voda predohriata spalínami pred tým, ako je ohrievaná v kondenzátore pary. Obsah pary v spalínach sa tak kondenzuje, keď je ochladzovaný ohrievanou vodou. Kondenzátor spalín sa používa na zvýšenie energetickej účinnosti spaľovacej jednotky ako aj na odstraňovanie znečisťujúcich látok, ako je prach, SO _x , HCl a HF, zo spalín.
Systém riadenia procesného plynu	Systém, ktorý umožňuje smerovať procesné plyny z výroby železa a ocele, ktoré môžu byť použité ako palivá (napr. plyny z vysokej pece, koksovne, kyslíkových vysokopečných pecí), do spaľovacích zariadení v závislosti od dostupnosti týchto palív a typu spaľovacích zariadení v integrovaných oceliarnach.
Podmienky superkritickej pary	Použitie parného okruhu, vrátane systémov na opätovné ohrev pary, v ktorých môže para dosiahnuť tlaky nad 220,6 bar a teploty > 540 °C.
Ultra-superkritické podmienky pary	Použitie parného okruhu, vrátane systémov ohrevu, v ktorom môže para dosiahnuť tlaky nad 250–300 barov a teploty nad 580–600 °C.
Mokrú komínovú konštrukciu	Konštrukcia komína, ktorá umožňuje kondenzáciu vodnej pary zo syteného spalín a tým sa zabráni použitiu ohrevu spalín po mokrom FGD.

10.8.3 Techniky na zníženie emisií NO_x a/alebo CO do ovzdušia

Technika	Opis
Pokročilé riadenie systému	Pozri oddiel 10.8.1
Vzduchové stupňovanie	Vytvorenie viacerých spaľovacích zón v spaľovacej komore s rôznym obsahom kyslíka na zníženie emisií NO _x a zabezpečenie optimalizovaného spaľovania. Táto technika zahŕňa primárnu spaľovaciu zónu s podstechiometrickým spaľovaním (t. j. s nedostatkom vzduchu) a druhú spaľovaciu zónu na opätovné spaľovanie (pracujúcu s nadbytkom vzduchu) na zlepšenie spaľovania. Niektoré staré, malé kotly môžu vyžadovať zníženie kapacity, aby sa vytvoril priestor na stupňovanie vzduchu.
Kombinované techniky na zníženie emisií NO _x a SO _x	Použitie komplexných a integrovaných techník znižovania emisií na kombinované znižovanie emisií NO _x , SO _x a často aj iných znečisťujúcich látok z spalín, napr. procesy s aktívnym uhlím a DeSONO _x . Môžu sa používať samostatne alebo v kombinácii s inými primárnymi technikami v kotloch na spaľovanie uhlia.
Optimalizácia spaľovania	Pozri oddiel 10.8.1
Suché horáky s nízkymi emisiami NO _x (DLN)	Plynové turbínové horáky, ktoré zahŕňajú predzmiešanie vzduchu a paliva pred vstupom do spaľovacej zóny. Zmiešaním vzduchu a paliva pred spaľovaním sa dosiahne homogénne rozloženie teploty a nižšia teplota plameňa, čo vedie k nižším emisiám NO _x .
Recirkulácia spalín alebo výfukových plynov (FGR/EGR)	Recirkulácia časti spalín do spaľovacej komory s cieľom nahradiť časť čerstvého spaľovacieho vzduchu, s dvojitým účinkom ochladenia teploty a obmedzenia obsahu O ₂ pre oxidáciu dusíka, čím sa obmedzuje tvorba NO _x . Znamená to prívod spalín z pece do plameňa s cieľom znížiť obsah kyslíka a tým aj teplotu plameňa. Použitie špeciálnych horákov alebo iných opatrení je založené na vnútornej recirkulácii spalín, ktoré ochladzujú korene plameňov a znižujú obsah kyslíka v najteplejšej časti plameňov.
Voľba paliva	Použitie paliva s nízkym obsahom dusíka.
Stupňovanie paliva	Táto technika je založená na znížení teploty plameňa alebo lokalizovaných horúcich bodov vytvorením viacerých spaľovacích zón v spaľovacej komore s rôznymi úrovňami vstrekovania paliva a vzduchu. Modernizácia môže byť v menších zariadeniach menej efektívna ako vo väčších zariadeniach.
Koncepcia chudobnej zmesi a pokročilá koncepcia chudobnej zmesi	Regulácia maximálnej teploty plameňa prostredníctvom podmienok chudobnej zmesi je primárnym prístupom k spaľovaniu s cieľom obmedziť tvorbu NO _x v plynových motoroch. Chudobné spaľovanie znižuje pomer paliva a vzduchu v zónach, kde vzniká NO _x , takže maximálna teplota plameňa je nižšia ako stechiometrická adiabatická teplota plameňa, čím sa znižuje tvorba termického NO _x . Optimalizácia tohto konceptu sa nazýva „pokročilý koncept chudobnej zmesi“.
Horáky s nízkymi emisiami NO _x (LNB)	Táto technika (vrátane ultra- alebo pokročilých horákov s nízkym obsahom NO _x) je založená na princípoch znižovania maximálnych teplôt plameňa; horáky kotlov sú navrhnuté tak, aby spomaľovali, ale zlepšovali spaľovanie a zvyšovali prenos tepla (zvyšovaná emisivita plameňa). Zmiešavanie vzduchu a paliva znižuje dostupnosť kyslíka a znižuje maximálnu teplotu plameňa, čím spomaľuje premenu dusíka viazaného v palive na NO _x a tvorbu termického NO _x , pričom zachováva vysokú účinnosť spaľovania. Môže to súvisieť s upravenou konštrukciou spaľovacej komory pece. Konštrukcia horákov s ultra nízkymi emisiami NO _x (ULNB) zahŕňa st (vzduch/palivo) a recirkuláciu plynov z ohniska (interná recirkulácia spalín). Výkon tejto techniky môže byť ovplyvnený konštrukciou kotla pri modernizácii starých zariadení.
Koncepcia spaľovania s nízkymi emisiami NO _x v dieselových motoroch	Táto technika spočíva v kombinácii vnútorných úprav motora, napr. optimalizácii spaľovania a vstrekovania paliva (veľmi neskoré vstrekovanie paliva v kombinácii s predčasným uzavretím sacieho ventilu), turbodúchadlom alebo Millerovým cyklom.
Oxidácia katalyzátorov	Použitie katalyzátorov (ktoré zvyčajne obsahujú drahé kovy, ako je paládium alebo platina) na oxidáciu oxidu uhoľnatého a nespálených uhľovodíkov kyslíkom za vzniku CO ₂ a vodnej pary.

Zníženie teploty spaľovacieho vzduchu	Použitie spaľovacieho vzduchu pri teplote okolia. Spaľovací vzduch nie je predhrievaný v regeneratívnom predhrievači vzduchu.
Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Selektívna redukcia oxidov dusíka pomocou amoniaku alebo močoviny za prítomnosti katalyzátora. Technika je založená na redukcii NO_x na dusík v katalytickom lôžku reakciou s amoniakom (zvyčajne vo vodnom roztoku) pri optimálnej prevádzkovej teplote okolo 300 – 450 °C. Môže sa použiť niekoľko vrstiev katalyzátora. Vyššia redukcia NO_x sa dosahuje použitím viacerých vrstiev katalyzátora. Konštrukcia techniky môže byť modulárna a na zvládnutie nízkych zaťažení alebo širokého teplotného rozsahu spalín sa môžu použiť špeciálne katalyzátory a/alebo predohrev. „In-duct“ alebo „slip“ SCR je technika, ktorá kombinuje SNCR s downstream SCR, čím sa znižuje únik amoniaku z jednotky SNCR.
Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)	Selektívna redukcia oxidov dusíka pomocou amoniaku alebo močoviny bez katalyzátora. Technika je založená na redukcii NO_x na dusík reakciou s amoniakom alebo močovinou pri vysokej teplote. Pre optimálnu reakciu sa prevádzková teplota udržiava v rozmedzí 800 °C až 1 000 °C.
Prídavok vody/pary	Voda alebo para sa používa ako riedidlo na zníženie teploty spaľovania v plynových turbínach, motoroch alebo kotloch, a tým aj na zníženie tvorby tepelného NO_x . Pred spaľovaním sa buď zmieša s palivom (palivová emulzia, zvlhčovanie alebo saturácia), alebo sa priamo vstrekuje do spaľovacej komory (vstrekovanie vody/pary).

10.8.4 Techniky na zníženie emisií SO_x, HCl a/alebo HF do ovzdušia

Technika	Opis
Vstrekovanie sorbentu do kotla (do pece alebo do ložiska)	Priame vstrekovanie suchého sorbentu do spaľovacej komory alebo pridávanie adsorbentov na báze horčíka alebo vápnika do lôžka kotla s fluidným lôžkom. Povrch častíc sorbentu reaguje s SO ₂ v spalínach alebo v kotle s fluidným lôžkom. Používa sa väčšinou v kombinácii s technikou odstraňovania prachu.
Suchá práčka s cirkulujúcim fluidným lôžkom (CFB)	Spaliny z predohrievača vzduchu kotla vstupujú do absorbéra CFB v spodnej časti a tečú vertikálne nahor cez Venturiho sekciu, kde sa do prúdu spalín samostatne vstrekuje pevný sorbent a voda. Používa sa väčšinou v kombinácii s technikou odstraňovania prachu.
Kombinované techniky na zníženie emisií NO _x a SO _x	Pozri oddiel 10.8.3
Vstrekovanie sorbentu do potrubia (DSI)	Vstrekovanie a rozptyl suchého práškoveho sorbentu do prúdu spalín. Sorbent (napr. uhličitan sodný, hydrogenuhličitan sodný, hydratované vápno) reaguje s kyslými plynmi (napr. plynnými formami síry a HCl) a vytvára tuhú látku, ktorá sa odstraňuje technikami na znižovanie obsahu prachu (vrecový filter alebo elektrostatický odlučovač). DSI sa väčšinou používa v kombinácii s vrecovým filtrom.
Kondenzátor spalín	Pozri oddiel 10.8.2.
Voľba paliva	Použitie paliva s nízkym obsahom síry, chlóru a/alebo fluóru
Systém riadenia procesného plynu	Pozri oddiel 10.8.2
FGD s morskou vodou	Špecifický neregeneratívny typ mokrého vypierania využívajúci prirodzenú alkalitu morskej vody na absorpciu kyslých zlúčenín v spalínach. Všeobecne vyžaduje predchádzajúce odstránenie prachu.
Suché odsírovanie (SDA)	Suspenzia/roztok alkalického činidla sa vstrekuje a rozptyľuje v prúde spalín. Látka reaguje s plynnými formami síry a vytvára tuhú látku, ktorá sa odstraňuje technikami odstraňovania prachu (vrecový filter alebo elektrostatický odlučovač). SDA sa väčšinou používa v kombinácii s vrecovým filtrom.
Mokré odsírovanie spalín (mokré FGD)	Technika alebo kombinácia techník čistenia, pomocou ktorých sa oxidy síry odstraňujú z spalín prostredníctvom rôznych procesov, ktoré zvyčajne zahŕňajú alkalický sorbent na zachytávanie plynného SO ₂ a jeho premenu na tuhú látku. V procese mokrého vypierania sa plynné zlúčeniny rozpúšťajú vo vhodnej kvapaline (vode alebo alkalickom roztoku). Je možné dosiahnuť súčasné odstraňovanie pevných a plynných zlúčenín. Za mokrou práčkou sú spaliny nasýtené vodou a pred ich vypustením je potrebné oddelenie kvapôčok. Kvapalina vznikajúca pri mokrom čistení sa odosiela do zariadenia na čistenie odpadových vôd a nerozpustné látky sa zachytávajú sedimentáciou alebo filtráciou.
Mokré vypieranie	Použitie kvapaliny, zvyčajne vody alebo vodného roztoku, na zachytávanie kyslých zlúčenín zo spalín absorpciou.

10.8.5 Techniky na zníženie emisií prachu, kovov vrátane ortuti a/alebo PCDD/F do ovzdušia

Technika	Opis
Vrecový filter	Vrecové alebo textilné filtre sú vyrobené z poréznej tkaniny alebo plsti, cez ktorú prechádzajú plyny, aby sa odstránili častice. Použitie vrecového filtra vyžaduje výber tkaniny, ktorá je vhodná pre vlastnosti spalín a maximálnu prevádzkovú teplotu.
Vstrekovanie sorbentu do kotla (do pece alebo do lôžka)	Pozri všeobecný opis v oddiele 10.8.4. Existujú vedľajšie prínosy v podobe zníženia emisií prachu a kovov.
Vstrekovanie uhlíkového sorbentu (napr. aktívneho uhlíka alebo halogénovaného aktívneho uhlíka) do spalín	Adsorpcia ortuti a/alebo PCDD/F uhlíkovými sorbentmi, ako je (halogénovaný) aktívny uhlík, s chemickou úpravou alebo bez nej. Systém vstrekovania sorbentu možno vylepšiť pridaním doplnkového vrecového filtra.
Suchý alebo polosuchý systém FGD	Pozri všeobecný opis každej techniky (t. j. suché odsírenie (SDA), vstrekovanie sorbentu do potrubia (DSI), suchý práčkový filter s cirkulujúcim fluidným lôžkom (CFB)) v oddiele 10.8.4. Existujú vedľajšie prínosy v podobe zníženia emisií prachu a kovov.
Elektrostatický odlučovač (ESP)	Elektrostatické odlučovače fungujú tak, že častice sa nabíjajú a oddeľujú pod vplyvom elektrického poľa. Elektrostatické odlučovače sú schopné fungovať v širokom spektre podmienok. Účinnosť odstraňovania znečistenia závisí zvyčajne od počtu polí, doby zdržania (veľkosti), vlastností katalyzátora a zariadení na odstraňovanie častíc na vstupe. ESP zvyčajne obsahujú dva až päť polí. Najmodernejšie (vysoko výkonné) ESP majú až sedem polí.
Voľba paliva	Použitie paliva s nízkym obsahom popola alebo kovov (napr. ortuti).
Multicyklóny	Súbor systémov na kontrolu prachu založených na odstredivej sile, pri ktorých sa častice oddeľujú od nosného plynu a zhromažďujú sa v jednom alebo viacerých uzavretých priestoroch.
Použitie halogénovaných prísad v palive alebo vstrekovaných do pece	Prídavok halogénových zlúčenín (napr. brómovaných prísad) do pece na oxidáciu elementárnej ortuti na rozpustné alebo časticové formy, čím sa zvýši odstraňovanie ortuti v následných systémoch na znižovanie emisií.
Mokrý odsirovanie spalín (mokrý FGD)	Pozri všeobecný opis v oddiele 10.8.4. Existujú vedľajšie prínosy v podobe zníženia emisií prachu a kovov.

10.8.6 Techniky na zníženie emisií do vody

Technika	Opis
Adsorpcia na aktívnom uhlí	Zadržanie rozpustných znečisťujúcich látok na povrchu pevných, vysoko poréznych častíc (adsorbentu). Aktívne uhlie sa zvyčajne používa na adsorpciu organických zlúčenín a ortuti.
Aeróbne biologické čistenie	Biologická oxidácia rozpustených organických znečisťujúcich látok kyslíkom pomocou metabolizmu mikroorganizmov. V prítomnosti rozpusteného kyslíka – vstrekaného vo forme vzduchu alebo čistého kyslíka – sa organické zložky mineralizujú na CO oxid uhličitý a vodu alebo sa transformujú na iné metabolity a biomasu. Za určitých podmienok dochádza aj k aeróbnej nitrifikácii, pri ktorej mikroorganizmy oxidujú amónium (NH_4^+) na Medziprodukt dusitan (NO_2^-), ktorý sa ďalej oxiduje na dusičnan (NO_3^-).
Anoxické/anaeróbne biologické čistenie	Biologická redukcia znečisťujúcich látok pomocou metabolizmu mikroorganizmov (napr. dusičnan (NO_3^-) sa redukuje na elementárny plyný dusík, oxidované formy ortuti sa redukujú na elementárnu ortuť). Anoxické/anaeróbne čistenie odpadových vôd z mokrých systémov odstraňovania znečistenia sa zvyčajne vykonáva v bioreaktoroch s pevným filmom, ktoré používajú ako nosič aktívne uhlie. Anoxické/anaeróbne biologické spracovanie na odstraňovanie ortuti sa používa v kombinácii s inými technikami.
Koagulácia a flokulácia	Koagulácia a flokulácia sa používajú na oddelenie suspendovaných tuhých látok z odpadových vôd a často sa vykonávajú v po sebe nasledujúcich krokoch. Koagulácia sa vykonáva pridaním koagulantov s nábojmi opačnými ako náboje suspendovaných tuhých látok. Flokulácia sa vykonáva pridaním polymérov, takže zrážky mikroflokových častíc spôsobujú ich spájanie, čím vznikajú väčšie floky.
Kryštalizácia	Odstraňovanie iónových znečisťujúcich látok z odpadovej vody ich kryštalizáciou na nosnom materiáli, ako je piesok alebo minerály, v procese fluidného lôžka.
Filtrácia	Oddelenie tuhých látok z odpadovej vody prechodom cez porézne médium. Zahŕňa rôzne typy techník, napr. pieskovú filtráciu, mikrofiltráciu a ultrafiltráciu.
Flotácia	Oddelenie pevných alebo kvapalných častíc z odpadovej vody ich pripojením k jemným plynovým bublinám, zvyčajne vzduchu. Vznášajúce sa častice sa hromadia na povrchu vody a zbierajú sa zberačmi.
Iónová výmena	Zadržanie iónových znečisťujúcich látok z odpadovej vody a ich nahradenie prijateľnejšími iónmi pomocou iónovej výmennej živice. Znečisťujúce látky sú dočasne zadržané a následne uvoľnené do regeneračnej alebo spätnej preplachovacej kvapaliny.
Neutralizácia	Úprava pH odpadovej vody na neutrálnu úroveň pH (približne 7) pridaním chemikálií. Na zvýšenie pH sa zvyčajne používa hydroxid sodný (NaOH) alebo hydroxid vápenatý ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), zatiaľ čo na zníženie pH sa zvyčajne používa kyselina sírová (H_2SO_4), kyselina chlorovodíková (HCl) alebo oxid uhličitý (CO_2). Počas neutralizácie môže dôjsť k zrážaniu niektorých znečisťujúcich látok.
Oddelovanie oleja a vody	Odstraňovanie voľného oleja z odpadovej vody gravitačnou separáciou pomocou zariadení, ako je odlučovač American Petroleum Institute, vlnitý doskový lapač alebo paralelný doskový lapač. Po separácii oleja a vody zvyčajne nasleduje flotácia podporená koaguláciou/flokuláciou. V niektorých prípadoch môže byť pred separáciou oleja a vody potrebné rozbitie emulzie.
Oxidácia	Premena znečisťujúcich látok chemickými oxidačnými činidlami na podobné zlúčeniny, ktoré sú menej nebezpečné a/alebo ľahšie odstrániteľné. V prípade odpadových vôd z používania mokrých systémov odstraňovania znečistenia sa môže použiť vzduch na oxidáciu sulfítov (SO_3^{2-}) na sírany (SO_4^{2-}).
Zrážanie	Premena rozpustených znečisťujúcich látok na nerozpustné zlúčeniny pridaním chemických zrážadiel. Vytvorené tuhé zrazeniny sa následne oddelia sedimentáciou, flotáciou alebo filtráciou. Typické chemikálie používané na zrážanie kovov sú vápno, dolomit, hydroxid sodný, uhličitan sodný, sulfid sodný a organosulfidy. Na zrážanie síranov alebo fluoridov sa používajú vápenaté soli (okrem vápna).

Sedimentácia	Oddelenie suspendovaných tuhých látok gravitačným usadzovaním.
Stripovanie	Odstraňovanie odstrániteľných znečisťujúcich látok (napr. amoniaku) z odpadových vôd kontaktom s vysokým prietokom prúdu plynu s cieľom preniesť ich do plynnej fázy. Znečisťujúce látky sa odstraňujú zo stripovacieho plynu v ďalšom spracovaní a môžu sa potenciálne znovu použiť.

11 NOVÉ TECHNIKY

11.1 Bežné procesy a techniky na výrobu energie

11.1.1 Vysokoteplotné a vysokotlakové uhol'né spaľovacie zariadenia so superkritickými parametrami

Účinnosť > 50 % je možné dosiahnuť pri podmienkach pary 320–330 bar, 630–650 °C priamej pary a 650–680 °C ohriatej pary. Európsky výskumný projekt Advanced (700 °C) PF Power Plant s parnými podmienkami 350/700/720 (tlak v bare, °C živá a ohriata para) dosahuje účinnosť v rozmedzí 52–55 %.

Dostupnosť týchto zariadení závisí od finančne prijateľnej dostupnosti špecifických zliatin potrebných na výrobu konštrukčných materiálov kotla, ktorý môže pracovať pri týchto vysokých teplotách a tlakoch (oddiel 4.1.6 [54, UK-TWG 2012]).

11.2 Bežné technické procesy spaľovania

11.2.1 Techniky na zníženie emisií oxidov síry

11.2.1.1 Bublínková technológia

Systémy odsírovania na konci potrubia (mokré FGD) využívajúce bublinkovú technológiu (alebo kombináciu bublinkovej a rozprašovacej technológie) namiesto cirkulačných čerpadiel vyvinulo viacero spoločností, vrátane Alstom, Chiyoda, AE&E a ďalších.

Medzi uvádzané výhody spojené s elimináciou recyklačných čerpadiel, rozprašovacích dýz, rozvodov, samostatných oxidačných nádrží a zahusťovačov patria: kompaktná konštrukcia pri dosiahnutí vysokej miery odsírovania, nízke kapitálové náklady a znížená spotreba energie.

Tieto systémy sú v súčasnosti implementované v niektorých ropných a uhoľných zariadeniach [37, EGTEI 2012]

11.2.2 Kombinované techniky na zníženie emisií oxidu síry a oxidu usíka

11.2.2.1 Nové katalytické procesy s použitím plynu/tuhých látok

Niektoré procesy, ktoré sa v súčasnosti vyvíjajú, sú proces „Parsons Flue-gas Clean-up“ a proces „Lurgi CFB“. Tieto procesy boli inštalované len v pilotnej prevádzke, a preto nie sú uvedené v tejto kapitole.

11.2.2.2 Vstrekovanie alkálií

Tento proces využíva priame vstrekovanie jedného alebo viacerých suchých sorbentov, ako je hydrogenuhličitan sodný, do prúdu spalín. Testy preukázali schopnosť vstrekovania alkálií do pece, potrubia alebo suchého odsírovania na kombinované znížovanie SO_2 a NO_x , ako aj na odstraňovanie iných kyslých plynov (napr. HCl). Mechanizmus, ktorým k tomu dochádza, nie je úplne známy, ale tieto procesy môžu výrazne znížiť NO_x . Dosiahlo sa zníženie NO_x až o 90 %, v závislosti od faktorov, ako je pomer SO_2 k NO_x v spalínach, reakčná teplota, granulometria sorbentu a doba zotrvania. Okrem neistoty týkajúcej sa účinnosti redukcie NO_x je problémom vstrekovania alkálií to, že vyššie koncentrácie NO_2 môžu spôsobiť hnedo-oranžové sfarbenie spalín. Keďže tento proces je stále v demonštračnej fáze, nie je možné poskytnúť žiadne informácie o jeho všeobecnej účinnosti.

11.2.2.3 Mokrá práčka s prísadami na dosiahnutie odstraňovania NO_x

Tieto procesy sú vo všeobecnosti založené na existujúcich technikách mokrého vypierania na odstraňovanie SO_2 (vápencové alebo vápenné kaly) s prísadami používanými na dosiahnutie odstraňovania NO_x . Prísady ako Fe(II) , EDTA a žltý fosfor preukázali rôznu účinnosť odstraňovania NO_x v laboratórnych podmienkach alebo v pilotných zariadeniach. V komerčnom meradle bolo prevádzkovaných približne 10 mokrých kombinovaných zariadení na odstraňovanie SO_2 a NO_x s kapacitou 10 000 – 200 000 m^3/h . Tieto procesy používajú ClO_2 alebo O_3 ako oxidačné činidlo, ktoré sa pridáva do plynu pred tým, ako je podrobený mokrému vypieraniu sodíkom, aby sa odstránilo 30–80 % NO_x a viac ako 90 % SO_2 . Okrem toho sa viac ako 95 % ortuti odstraňuje sodíkovou práčkou s použitím NaClO ako prísady. Tieto procesy nie sú vhodné na spracovanie veľkých objemov plynu kvôli vysokým nákladom na oxidačné činidlo a problémom s likvidáciou odpadových vôd obsahujúcich dusitany a dusičnany. Vzhľadom na nedostatok informácií o tom, či sa tento proces skutočne používa vo veľkých spaľovacích zariadeniach, nie je možné poskytnúť žiadne informácie o jeho všeobecnej výkonnosti.

11.2.3 Techniky na zníženie emisií kovov

11.2.3.1 Membránová filtrácia na zníženie obsahu kovov v odpadovej vode z práčok

Opis

Čistenie odpadovej vody z mokrých práčok (kondenzát zo spalín pece) pomocou keramických membrán z karbidu kremíka (SiC). Opísaná technika je založená na príklade poskytnutom spoločnosťou LiqTech. [88, Dánsko 2013]

Technický opis

Membránová filtrácia s keramickými membránami z karbidu kremíka je separačný proces poháňaný tlakom zvnútra von. Keramické membrány pracujú v takzvanom režime pričného toku. Filtrácia pričným tokom je metóda filtrácie, pri ktorej je prúd prívodu tangenciálny k povrchu membrány, aby sa odstránili odmietnuté častice a rozpustené látky. Prívodná tekutina sa separuje na dva produktové prúdy, permeát, ktorý je zbavený odmietnutých častíc, a retentát (alebo koncentrát), ktorý je obohatený o tieto častice. Keramické membrány sa čistia pomocou spätného preplachovania, spätného pulzovania a čistenia na mieste (CIP) a/alebo chemicky vylepšeného spätného preplachovania (CEB).

Dosiahnutý environmentálny prínos

Prevádzkové náklady a vplyv na životné prostredie možno výrazne znížiť opätovným použitím upravenej vody z práčok v uzavretom okruhu, t. j. znečistená kvapalina prechádza cez SiC membrány a následne cez membrány reverznej osmózy. Opätovným použitím upravenej vody možno dosiahnuť odhadované zníženie spotreby čistej vody o 80 %; vypúšťanie odpadových vôd a nakladanie s chemickým kalom a s tým súvisiace náklady by sa tiež mohli znížiť o 90 %.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Výsledky zariadenia v Dánsku týkajúce sa odstraňovania ťažkých kovov z odpadovej vody z práčok pomocou SiC membrán sú uvedené v tabuľke nižšie.

Tabuľka 11.1: Odstraňovanie ťažkých kovov a iných znečisťujúcich látok z odpadovej vody z práčok

	Prívod	Permeát	Redukcia
Vodivosť	118 mS/m	36,5 mS/m	69
Arzén	0,0003 ppm	0,0002 ppm	33
Bárium	0,033 ppm	0,0097 ppm	71 %
Olovo	0,004 ppm	0,0001 ppm	97,5
Kadmium*	0,0038 ppm	0,00005 ppm	99
Ortuť	0,0007 ppm	< 0,00005 ppm	93
Nikel	0,0042 ppm	0,0006 ppm	86
Chróom	0,0033 ppm	0,001 ppm	70
Meď	0,0026 ppm	0,002 ppm	23
Mangán	0,103 ppm	0,031 ppm	70
Selen	0,0014 ppm	0,0003 ppm	79
Chlorid	85 ppm	16 ppm	81
Síran	210 ppm	43 ppm	80
Dusičnan	20 ppm	12 ppm	40
Sodík	54,7 ppm	18 ppm	67
Vápnik	42,2 ppm	8,89 ppm	79
TOC	0,5 ppm	0,2 ppm	60

Medzizložkové vplyvy

Žiadne.

Technické hľadiská relevantné pre použiteľnosť

Technológia membránovej filtrácie SiC sa vo všeobecnosti môže používať v odpadových vodách, ktoré vyžadujú odstránenie suspendovaných kovov. Membrány SiC zvládajú extrémne prostredia vďaka svojej vysokej tepelnej a chemickej odolnosti.

Hospodárska únosnosť

Príkladové údaje pre ultrafiltračnú stanicu s membránami SiC s kapacitou 25 m³/h sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 11.2: Ekonomické parametre pre príklad ultrafiltračnej stanice s membránami SiC

Kapacita	25 m ³ /h
Prúd na m ²	350–400 LMH
Počet membránových prvkov SiC	10 ks
Celkové investičné náklady na zariadenie – Capex	300 000–400 000 EUR
Celkové prevádzkové náklady – Opex za rok	50 000
Typická úspora vody (80 %)	20 m ³ /h za hodinu vynásobené miestnou cenou vody
Typická úspora vypúšťania (90 %) – Odhadovaný poplatok za vypúšťanie 3 EUR za m ³	3 EUR za m ³ /h = 22,5 m ³ h*24*365*3 EUR = 591 300 EUR
Doba návratnosti	< 1 rok
Zdroj: [88, Dánsko 2013]	

Hnacia sila implementácie

- Vyššie poplatky za vypúšťanie odpadových vôd obsahujúcich ťažké kovy.
- Zníženie spotreby vody a opätovné využívanie vody.
- Nahradenie viacerých technológií jedným filtračným krokom.
- Súlad s novými normami kvality vypúšťania odpadových vôd.

Príklady zariadení

- Zariadenie Randers, Dánsko (pilotný experiment v priemyselnom meradle 2012).
- Zariadenie, Nemecko (pilotný experiment v priemyselnom meradle 2013) a prebiehajúci projekt na zavedenie systému v plnom rozsahu, ktorý má byť spustený v roku 2014.
- Zariadenie, Nemecko (pilotný experiment v priemyselnom meradle 2013+2014).

11.2.4 Procesy zachytávania CO₂

S cieľom znížiť emisie CO₂ nad úroveň, ktoré je možné dosiahnuť maximalizáciou tepelnej účinnosti procesov a techník na výrobu energie, je možné zachytávať emisie CO₂ zo zariadení spaľujúcich fosílna palivá a následne ich transportovať a ukladať pod zemou.

Prídavné zariadenie na zachytávanie uhlíka vyžaduje dodatočnú spotrebu energie, napr. na ohrev potrebný na desorpciu CO₂. Procesy zachytávania CO₂ preto vedú k strate účinnosti odhadovanej na 8 – 12 percentuálnych bodov v prípade existujúcich zariadení spaľujúcich uhlie. Vzhľadom na pokles účinnosti u spojený so zachytávaním CO₂ je prvým krokom zvýšenie účinnosti zariadení spaľujúcich fosílna palivá. Súbežne sú prioritami zlepšenie energetickej účinnosti procesov zachytávania CO₂ a optimalizácia parného cyklu pre tepelné požiadavky zachytávania CO₂. [54, UK- TWG 2012]

Vývoj technológií zachytávania CO₂ je predmetom záujmu globálnych dodávateľov zariadení v spolupráci s energetickými spoločnosťami, akademickou obcou a vládami, najmä v Európe, Severnej Amerike a Austrálii. V súčasnosti sa vyvíja niekoľko riešení. Zvyčajne sa klasifikujú ako procesy zachytávania po spaľovaní, s použitím kyslíka a pred spaľovaním:

[280, EPPSA 2012]

- Post-spaľovacie procesy spočívajú v extrakcii CO₂, ktorý je rozptýlený v spalínach. Post-spaľovanie je v súčasnosti najpokročilejšou technológiou. Rozpúšťadlá pre zachytávanie CO₂ post-spaľovaním môžu byť fyzikálne, chemické alebo intermediárne. Najčastejšie sa používajú chemické rozpúšťadlá, ako sú amíny. Ďalšími riešeniami zachytávania po spaľovaní sú absorpcia (nové rozpúšťadlá γ, chladený amoniak), adsorpcia, antisublímácia a membrány.
- Procesy spaľovania kyslíkom spočívajú v spaľovaní paliva v kyslíku. Plyny vznikajúce pri procese spaľovania kyslíkom sú hlavne voda a CO₂, z ktorých CO₂ možno na konci procesu ľahko odstrániť.
- Procesy pred spaľovaním zahŕňajú premenu (splyňovanie alebo čiastočnú oxidáciu) paliva na syntézny plyn (oxid uhoľnatý a vodík), ktorý potom reaguje s parou v reaktore na premenu CO na CO₂ alebo inú organickú látku. Tento proces produkuje vysoko koncentrovaný CO₂, ktorý sa dá ľahko odstrániť fyzikálnymi absorbentmi. H₂ sa potom môže spaľovať v plynovom turbínovom motore. V súčasnosti žiadna z existujúcich uhoľných elektrární IGCC nezahŕňa konverziu so zachytávaním CO₂.

Požadovaná úroveň čistoty CO₂ určuje výber techník na znižovanie znečistenia. Úroveň a povaha nečistôt v prúde CO₂ môže ovplyvniť niektoré procesy zachytávania CO₂, ktoré sú citlivé na znečisťujúce látky, a môže byť dôležitý aj pre transport a skladovanie CO₂. Napríklad NO₂ a SO₂ z spalín reagujú s amínmi (zachytávanie po spaľovaní) a vytvárajú stabilné, neregenerovateľné soli, čím dochádza k strate niektorých amínov. Pri amínoch je špecifikácia SO₂ zvyčajne stanovená na < 40 mg/Nm³ a špecifikácia NO₂ na < 50 mg/Nm³ (na základe denného priemeru, štandardných podmienok a hladiny O₂ 6 %. V závislosti od použitého chemického rozpúšťadla sa špecifikácie môžu líšiť). Limity pre SO_x je možné dosiahnuť pomocou niektorých technológií FGD. Skúsenosti ukazujú, že zariadenia FGD na báze vápenca a sadry je možné navrhnuť tak, aby znížili emisie SO₂ na 10 mg/Nm³ s nárastom kapitálových nákladov o približne 7 % a nárastom prevádzkových nákladov o 27 %. Limity pre NO_x sú technicky dosiahnuteľné použitím horákov s nízkymi emisiami NO_x a SCR.

Existujú aj iné typy technológií CCS, ale nie sú ešte dostatočne vyspelé na použitie vo veľkých spaľovacích zariadeniach.

Zachytávanie a ukladanie CO₂ v zariadeniach sa v súčasnosti demonštruje v niekoľkých malých pilotných zariadeniach. Prvé veľké demonštračné zariadenie je v prevádzke od októbra 2014 v bloku 3 (160 MW uhoľné zariadenie) zariadenia Boundary Dam v Estevene, Saskatchewan, Kanada. Pri celkových nákladoch zariadenia vo výške približne 1,5 miliardy CAD prvé finančné analýzy odhadujú, že dosiahnuté náklady na CCS sú stále podstatne vyššie ako cieľ na rok 2020, ktorý je nižší ako 25 EUR/tona odlúčeného CO₂.

Neexistuje konsenzus o tom, ktorá možnosť (post-, pre- alebo oxy-spaľovanie) bude v budúcnosti najmenej nákladná; každá z nich má svoje klady a zápory a náklady sa zdajú byť porovnateľné. Účinnosť zachytávania CO₂ bude v budúcich zariadeniach nižšia.

Medzi možnosti zachytávania uhlíka, ktoré sa zvažujú pre uhlie, patrí predspaľovanie uhlia, spaľovanie kyslíkom a postspaľovanie. V súčasnosti sa testuje viacero metód postspaľovacieho čistenia. [36, EGTEI 2012] [37, EGTEI 2012]

Medzizložkové vplyvy

Ak je na dosiahnutie potrebnej čistoty prúdu CO₂ potrebné dodatočné znižovanie SO₂, kompenzuje to vyššie emisie SO₂ vyplývajúce z relatívne vysokej straty účinnosti pri zachytávaní uhlíka. Je však možné očakávať, že emisie NO_x a prachu sa zvýšia o hodnotu úmernú strate paliva pri prevádzke CCS. Priame emisie NH₃ sa môžu tiež zvýšiť v dôsledku degradácie amínov používaných v technológiách zachytávania po spaľovaní. [317, EEA 2011]

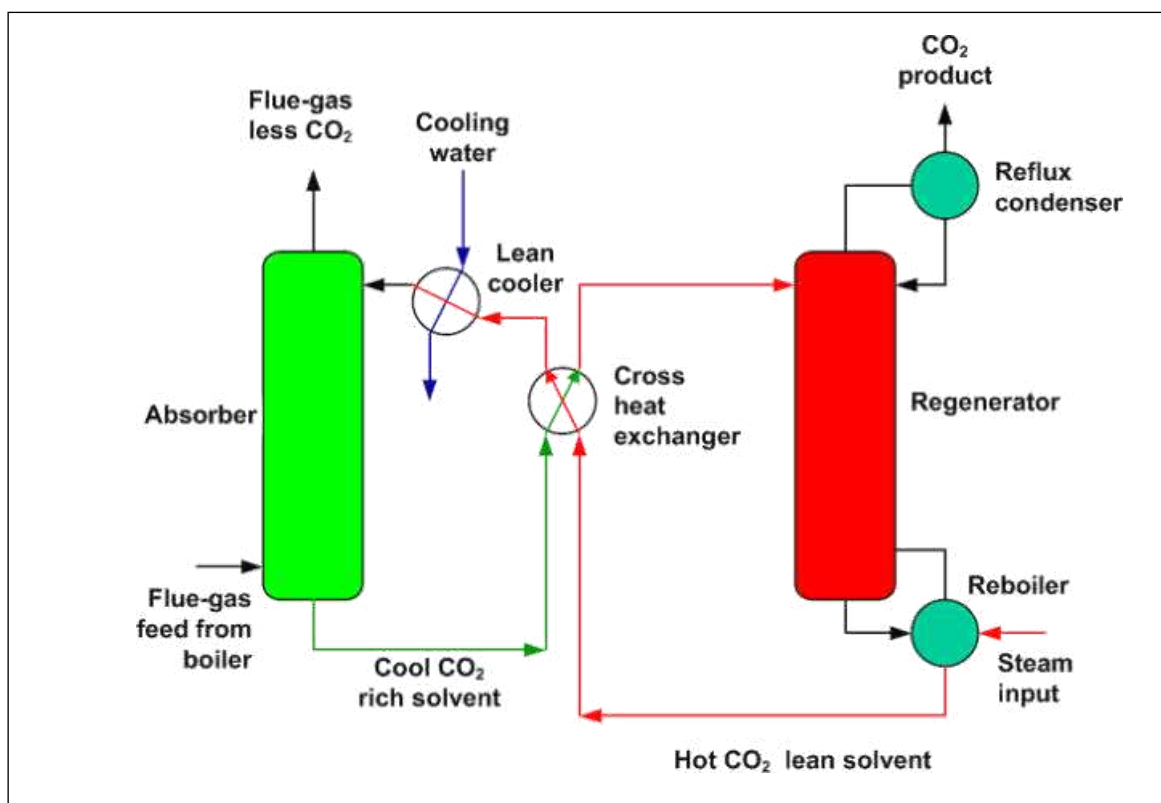
11.2.4.1 Procesy zachytávania CO₂ po spaľovaní

[280, EPPSA 2012]

11.2.4.1.1 Amínový proces

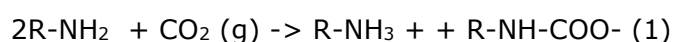
V amínovom procese zachytávania oxidu uhličitého zo spalín zo zariadení sa spaliny upravujú vodným roztokom amínu, ktorý reaguje s CO₂. Zvýšením teploty sa reakcia zvráti a CO₂ sa uvoľní. Roztok sa recykluje na opätovné použitie. V posledných rokoch bolo v prevádzke niekoľko pilotných zariadení vybavených amínovým procesom. Hoci nasledujúci popis procesu predpokladá použitie v kotloch na spaľovanie uhlia, amínový proces je možné podľa potreby modifikovať na odstraňovanie CO₂ po spaľovaní z mnohých rôznych procesov spaľovania v priemysle a energetike.

Všeobecná schéma amínového procesu je znázornená na obrázku 11.1.



Obrázok 11.1: Amínový proces s použitím UCARSOL™ FGC 3000 (Alstom a Dow Chemical)

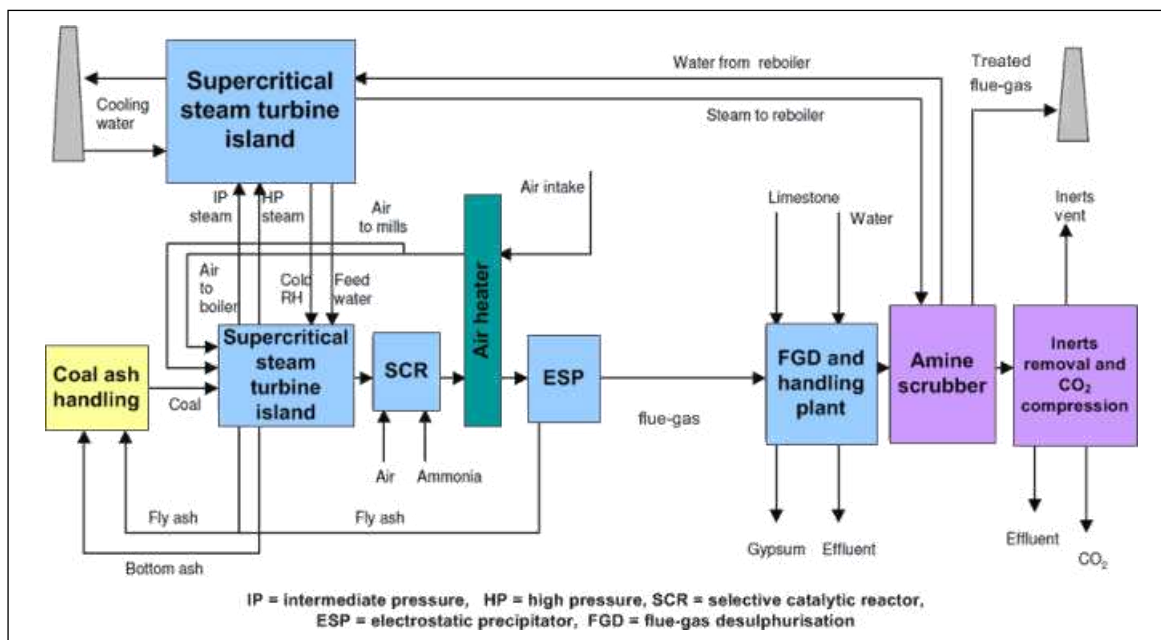
Amínový proces je založený na chémii systému amín- CO_2 - H_2O a schopnosti amínového roztoku absorbovať CO_2 pri nízkych teplotách a uvoľňovať CO_2 pri mierne zvýšených teplotách. CO_2 a voda vytvárajú kyselinu uhličitú, ktorá reaguje s amínovým roztokom v absorpčnej kolóne, čím vznikajú chemické zlúčeniny (karbamát alebo bikarbonát) a dochádza k odstraňovaniu CO_2 z toku plynu. V príklade procesu znázornenom na obrázku 11.1 je CO_2 absorbovaný v roztoku amínu pri teplote okolo $50\text{ }^\circ\text{C}$ ($120\text{ }^\circ\text{F}$) a pri atmosférickom tlaku. Primárna absorpčná reakcia je opísaná v iontovej forme takto:



R-NH_2 predstavuje amín použitý v procese.

Typická cieľová účinnosť odstraňovania CO_2 je 90 %, hoci v dobre navrhnutých absorbéroch je možné dosiahnuť účinnosť až 99 %.

Obrázok 11.2 znázorňuje zjednodušená schéma procesu zariadenia s zachytávaním CO_2 po spaľovaní.



Obrázok 11.2: Zjednodušená schéma procesu zariadenia s zachytávaním CO₂ po spaľovaní

Spaliny z kotla sa zachytávajú za zariadením na kontrolu kvality vzduchu (AQCS). Koncentrácie NO₂ (oxid dusíka), SO₂, SO₃ (oxidy síry), HCl (kyselina chlorovodíková), ortuti a tuhých častíc (PM) musia byť udržiavané na relatívne nízkej úrovni, aby sa zabránilo koabsorpcii a degradácii amínového roztoku. Koncentrácie SO_x by mali byť v ideálnom prípade udržiavané pod 20 ppmv. NO₂, časť NO_x, ktorá reaguje s amínovým roztokom, by mala byť udržiavaná pod 10 ppmv. Teplota spalín vstupujúcich do absorbéra CO₂ by mala byť nižšia ako 50 °C (120 °F). Na splnenie týchto požiadaviek môže byť potrebné inštalovať ďalšie zariadenia AQCS.

Posilňovacie ventilátory kompenzujú tlakovú stratu spojenú s nádržami a potrubím zariadenia. Spaliny sa dopravujú do absorpčného systému CO₂ na spracovanie a potom do komína na uvoľnenie do atmosféry. Monitorovacie zariadenie (analyzátor CO₂) meria obsah CO₂ v spalín vstupujúcich do absorpčného systému CO₂, ako aj hladinu CO₂ opúšťajúcu absorpčný systém. Tieto informácie určujú účinnosť absorbéra.

Spaliny opúšťajúce hornú časť absorbéra, ktoré obsahujú hlavne dusík, kyslík, vodu a nízku koncentráciu CO₂, sú odvádzané do existujúceho výstupného potrubia. Za normálnych podmienok nevyžadujú žiadne opätovné zahrievanie.

Roztok bohatý na CO₂, ktorý opúšťa absorbér CO₂, obsahuje 3–10 mol % CO₂ v roztoku. Prúd roztoku bohatého na amíny z absorpčného zariadenia CO₂ sa zahrieva vo výmenníkoch tepla bohatý/chudobný a prostredníctvom jedného alebo viacerých napájacích bodov sa posiela do regenerátora. V niektorých procesoch polovica napájania prechádza jedným výmenníkom a posiela sa do stredu regenerátora.

Regenerácia zvráti absorpčné reakcie pomocou tepla. Kolóna regenerátora obsahuje zariadenia na prenos hmoty (podnosy alebo náhodné plnenie). Tam bohatý roztok tečie kolónou proti prúdu pary produkovanej vriacou časťou chudobného roztoku, ktorý vystupuje zo spodnej časti kolóny regenerátora.

Prúd chudobného roztoku je úplne alebo čiastočne odoslaný do prehrievača regenerátora, kde sa časť roztoku (hlavne voda) odparí a zároveň poskytuje energiu na odstránenie CO₂ (teplo desorpcie) z roztoku. Táto para podporuje riedenie potrebné na odstránenie CO₂ z bohatého roztoku. Zvyšok chudobného roztoku, ktorý sa neodparí, vstupuje do zbernej nádrže regenerátora, kde sa čerpá späť do hornej časti absorbéra CO₂ cez výmenníky tepla bohatého/chudobného roztoku a chladič chudobného roztoku.

Horúci chudobný roztok sa ochladzuje v krížových výmenníkoch a získané teplo ohrieva bohatý roztok prichádzajúci z absorbéra CO_2 . Para nasýtená CO_2 opúšťa vrchol regeneračných kolón po prechode vysokoúčinným odlučovačom hmly, ktorý minimalizuje prenášanie vody a amínov.

Systém kompresie CO_2 môže zahŕňať použitie integrovaných odstredivých kompresorov s viacerými kompresnými stupňami. Kompresory sú vybavené medzichladičmi a dochladičmi, kde sa CO_2 ochladzuje pomocou kondenzátu z parného/vodného cyklu ako chladiaceho média. Na odstránenie vlhkosti z produktu CO_2 je k dispozícii sušiaci jednotka CO_2 . Používajú sa štandardné sušiacie technológie, ako je trietylénglykol (TEG) alebo molekulárne sitové adsorbéry (MSA).

Filtrácia amínového roztoku je potrebná na zníženie množstva penenia v absorpčnej kolóne a na udržanie optimálneho absorpčného potenciálu amínového roztoku CO_2 . Nerozpustné kontaminanty sa zvyčajne dajú odstrániť mechanickou filtráciou. Rozpustné kontaminanty, ktoré sú povrchovo aktívne, sa dajú do určitej miery odstrániť filtráciou aktívnym uhlím. Pred vstupom do absorbéra CO_2 preteká 10 % prúd chudobného roztoku – v závislosti od množstva prachu – cez mechanické kazetové filtre a prípadne aj cez filter s aktívnym uhlíkom, aby sa znížila nečistota v roztoku amínu. Odstraňujú tuhé častice z rozpúšťadla a jemné častice uhlíka, ktoré môžu uniknúť z uhlíkového lôžka.

Amín sa používa vo vodnom roztoku na selektívne zachytávanie CO_2 zo spalín (zmes plynov N_2 , CO_2 , O_2 a iných stopových plynov) chemickou absorpciou v kontaktnej veži plyn-kvapalina (absorbér) pri relatívne nízkych teplotách a CO_2 -zaťažený amín sa odstraňuje (chemická desorpcia) pri relatívne vyššej teplote, aby sa oddelil CO_2 a regeneroval sa roztok amínu na opätovné použitie. V procese, v dôsledku cyklického vystavenia amínu premenlivým procesným podmienkam, hlavne teplote, O_2 a stopám silných kyslých plynov, malá časť amínu prejde nevratnou chemickou zmenou. V procese s nepretržitým uzavretým okruhom sa tieto stopové zlúčeniny hromadia. Účelom regenerátora je oddelenie aktívnej časti roztoku amínu od neaktívnych stabilných organických solí, ktoré sú vedľajšími produktmi.

V Nórsku sa preukázalo, že proces absorpcie amínom po spaľovaní je schopný zvládnuť veľké a rýchle zmeny zaťaženia spaľovacieho zariadenia a podmienky spúšťania/vypínania.

Príklady pilotných zariadení

South Charleston, Západná Virgínia (USA). Pilotné zariadenie dimenzované na približne 5 ton CO_2 denne z bočného prúdu priemyselného kotla na uhlie.

C2A2, Le Havre (Francúzsko). Pilotné zariadenie dimenzované na približne 25 ton CO_2 denne zachyteného z vedľajšieho prúdu spalín s objemom 6,5 ton za hodinu z uhoľného kotla s výkonom 600 MW_e . Testovací program zachytávania uhlíka bol v prevádzke od júla 2013 do marca 2014.

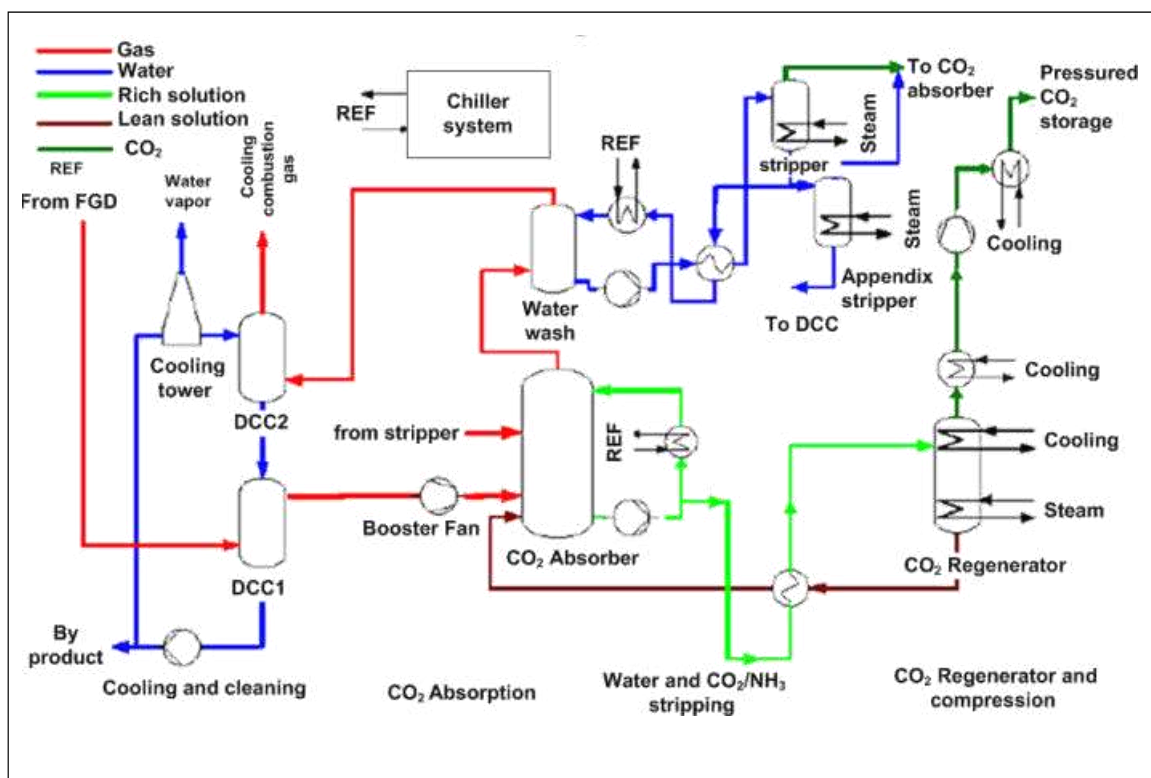
Pilotné zariadenie Maasvlakte (MPP 3) Electrabel, E.ON – Hitachi Power Europe (Holandsko).

Predpokladá sa, že za rok sa zachytí ~1,1 Mt CO_2 , čo predstavuje celkom 5 Mt CO_2 počas demonštračnej fázy projektu v uhoľnom zariadení s výkonom 1 100 MW_e (ekvivalent 250 MW_e pre zariadenie na zachytávanie uhlíka).

11.2.4.1.2 Proces s použitím chladeného amoniaku

Spaliny opúšťajúce systém WFGD sa ochladzujú a posielajú do absorbéra CO_2 , kde CO_2 v spalínach reaguje s uhličitanom amónnym a vytvára hydrogenuhličitan amónny (ABC). Prúd spalín, z ktorého bola odstránená väčšina CO_2 , sa vracia do existujúceho komína na vypúšťanie a odoberatý prúd sa posielajú do systému čistenia odpadových vôd zariadenia na čistenie. Koncentrovaný roztok hydrogenuhličitanu amónneho (ABC) sa pod tlakom posielajú do regeneračnej kolóny. V regeneračnom zariadení sa pridáva teplo, aby sa oddelil CO_2 a roztok uhličitanu amónneho (AC) sa vrátil do absorbéra CO_2 na opätovné použitie. Prúd CO_2 sa prečistí, aby sa odstránil prebytočný amoniak, potom sa stlačí a dopraví do skladovacieho systému.

V procese s chladeným amoniakom (CAP) sa CO₂ absorbuje v amoniakovom roztoku pri teplotách nižších ako je výstupná teplota systému odsírovania spalín. Chladenie spalín je preto nevyhnutným krokom v rámci procesu, čo vedie ku kondenzácii vlhkosti zo spalín. Plynňý amoniak (NH₃) sa uvoľňuje z amoniakového roztoku počas absorpcie CO₂. Aby sa minimalizovali emisie plynňého NH₃, absorpcia CO₂ sa vykonáva pri nižších teplotách spalín. Nižšia absorpčná teplota vo všeobecnosti vedie k nižším emisiám amoniaku z absorbera CAP a vyššej spotrebe energie pre chladiace zariadenia. Vodný uhličitan amónny ((NH₄)₂CO₃) sa tvorí pri teplote, ktorá optimalizuje spotrebu energie na chladenie, účinnosť odstraňovania oxidu uhličitého a obsah amoniakových pár v spalínach. Regenerčná nádoba produkuje prúd plynňého CO₂ reverznou reakciou pomocou tepla. Prúd produktu CO₂ opúšťa regeneračnú nádobu CAP pri vyššom tlaku ako v iných procesoch CO₂. Výsledkom je menej stupňov následného kompresného zariadenia CO₂. Produkty reakcie amoniaku a vody sa odstraňujú a kondenzujú z výsledného prúdu plynu, aby sa mohli použiť ako činidlo a rozpúšťadlo na čistenie spalín. Podrobný diagram procesu je znázornený na obrázku 11.3.



Obrázok 11.3: Schéma procesu s chladeným amoniakom

Časť spalín z výstupu predchádzajúceho mokrého odsírovania spalín (WFGD) je smerovaná na spracovanie do procesu s použitím chladeného amoniaku. Prúd spalín obsahuje v závislosti od výkonu a prevádzky zariadenia 10 % až 13 % CO₂. Prevádzková teplota spalín je približne 52–57 °C (125–135 °F) a sú nasýtené vlhkosťou. Prítomné sú aj zvyškové kontaminanty, ako sú SO₂, SO₃, HCl a tuhé častice (PM).

Systém úpravy spalín sa skladá z dvoch sekcií s náplňou, priameho kontaktného chladiča 1 (DCC1) a priameho kontaktného chladiča 2 (DCC2) a cirkulačného okruhu cez odparovaciu chladiacu vežu (pozri obrázok 11.3).

Spaliny sa ochladzujú v DCC1 na účely kondenzácie a odstránenia vlhkosti. Hodnota pH roztoku v okruhu DCC1/DCC2 sa reguluje s cieľom dosiahnuť vysokú účinnosť zachytávania SO₂ v DCC1 a vysokú účinnosť zachytávania NH₃ v DCC2.

Využitie prichádzajúceho SO_2 a kyslých plynov je efektívne pri odstraňovaní amoniaku, keďže 1 mol SO_2 zavedený do DCC2 reaguje s 2 molmi NH_3 vystupujúcimi z vodného prúdu a vytvára produkt síran amónny.

V závislosti od prevádzkovej teploty absorbéra a koncentrácie amoniaku v iontovom roztoku obsahujú upravené spaliny opúšťajúce systém absorbéra rôzne množstvá plyného amoniaku. Tento amoniak v spalinách musí byť zachytený a vrátený späť do procesu, aby sa minimalizovali straty amoniaku zo systému, kontrolovali emisie amoniaku do životného prostredia a udržali stabilné prevádzkové podmienky. Kolóna na vodné premývanie NH_3 je navrhnutá tak, aby absorbovala väčšinu prichádzajúceho amoniaku a vrátila ho späť do procesu.

Bohatý amoniakálny roztok sa čerpá z absorbéra do regenerátora cez rad výmenníkov tepla, aby sa získalo teplo z chudobného amoniakálneho prúdu, ktorý opúšťa dno regenerátora. V kolóne regenerátora sa pri dodávaní tepla z bohatého roztoku uvoľňuje CO_2 . Zloženie parného prúdu opúšťajúceho regenerátor je funkciou teploty, tlaku a relatívnych koncentrácií CO_2 , amoniaku a vody v roztoku.

Pri mierne zvýšených teplotách sa tlak pary CO_2 v roztoku s obsahom amoniaku rýchlo zvyšuje, zatiaľ čo tlak pary amoniaku a vody zostáva relatívne nízky. V dôsledku toho sa CO_2 vypúšťa z regenerátora pri vysokom tlaku, čo je významná vlastnosť tejto technológie. Vyšší tlak prúdu produktu CO_2 výrazne znižuje výkon a veľkosť kompresora CO_2 na výstupe. Okrem toho CO_2 z regenerátora obsahuje veľmi nízke koncentrácie amoniaku (< 50 ppm) a vodnej pary ($< 0,3$ mol %), čo vedie k nízkej celkovej spotrebe tepla. Prúd produktu CO_2 sa dá ľahko prepláchnuť a ochladiť, čím sa získa extrémne čistý prúd plynu CO_2 .

Súčasťou je odlučovač na spätné získavanie amoniaku, ktorý odlučuje amoniak z amoniakálnej vody. Na základe skúseností získaných v pilotných zariadeniach sa odporúča konštrukcia založená na nízkotlakovom odlučovaní amoniaku.

Popis systému kompresie CO_2 nájdete v príslušnej časti oddielu 11.2.4.11.

Príklady pilotných zariadení

Zariadenie We Energies Pleasant Prairie P4, Wisconsin (USA). Jednotka s kapacitou približne

15 000 ton CO_2 ročne, začala prevádzku v júni 2008.

E.ON Karlshamn Field Validation Unit (Švédsko). Pilotná jednotka, navrhnutá na zachytávanie 15 000 ton CO_2 ročne pri plnej kapacite, bola uvedená do prevádzky v roku 2009 a prevádzkovaná približne 2000 hodín, pričom dosiahla 90 % mieru zachytávania.

AEP Mountaineer Product Validation Facility, Západná Virgínia (USA). 30 MW vírivý prúd zo zariadenia s výkonom 1 300 MW, čo zodpovedá 0,1 Mt/rok CO_2 . V období od októbra 2009 do decembra 2010 bolo zachytených 21 000 ton CO_2 s mierou zachytávania > 90 % a 15 000 ton bolo uložených. Dostupnosť procesu dosiahla takmer 100 % ako v prípade zachytávania, tak aj v prípade skladovania.

11.2.4.1.3 Biokatalytické techniky na odstraňovanie CO_2 z spalín

Najnovším vývojom v oblasti techník zachytávania uhlíka je použitie enzýmov na odstraňovanie CO_2 zo spalín. Príkladom je patentovaný systém vyvinutý spoločnosťou Akermis, Inc., ktorý obsahuje karboanhydrázu ako biokatalyzátor na urýchlenie separácie CO_2 podporovaním hydratácie CO_2 na bikarbonát rýchlosťou podstatne vyššou ako v prípade amínov. V tomto systéme bol problém nízkej stability enzýmu pri vysokom pH, teplote a šmykových silách vyriešený vložením enzýmu do tenkej polymérovej fólie v bezprostrednej blízkosti rozhrania plyn-kvapalina.

Medzi uvádzané výhody tejto techniky patria: nízke investičné náklady vďaka eliminácii pomocných komponentov (napr. leštiaci čistič, chladiaci systém s priamym kontaktom, umývacie kolóny, zariadenia na regeneráciu rozpúšťadiel); menšia plocha systému; zabránenie emisiám rozpúšťadiel; minimálne požiadavky na výmenu roztoku; nižšie požiadavky na údržbu.

Príklady pilotných zariadení

Pilotná jednotka spoločnosti Akermin v Národnom centre pre zachytávanie uhlíka v Wilsonville, Alabama. V roku 2013 bolo oznámené, že toto zariadenie absolvovalo 1 600 prevádzkových hodín, počas ktorých zachytávalo CO₂ zo spalín uhoľného zariadenia.

Zariadenie na čistenie odpadových vôd Biofos v Kodani, Dánsko. Ako prvý komerčný demonštračný projekt svojho druhu je toto zariadenie určené na odstraňovanie CO₂ z bioplynu s cieľom vyrobiť až 2,6 milióna kubických metrov biometánu vhodného pre distribučnú sieť.

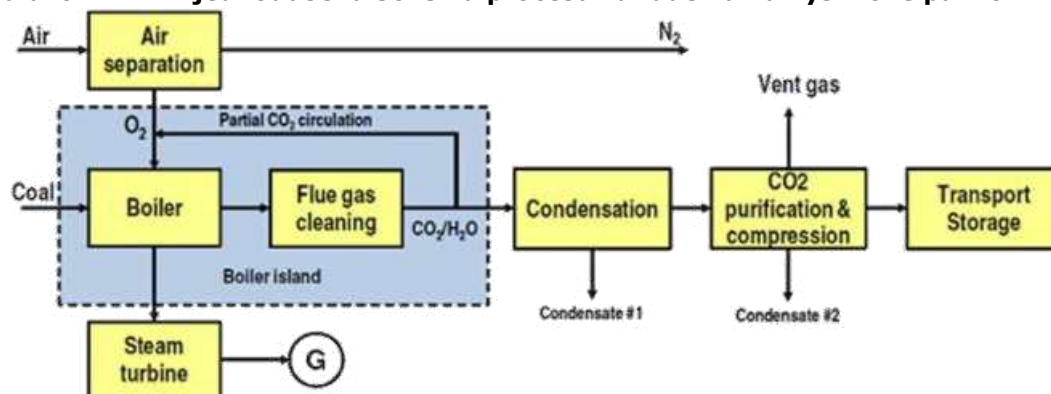
11.2.4.2 Spaľovanie kyslíkom

Systémy spaľovania kyslíkom na zachytávanie CO₂ sa vyznačujú spaľovaním uhlia relatívne čistým O₂, zriedeným upravenými alebo neupravenými recyklovanými spalínami. Za týchto podmienok sú primárnymi produktmi spaľovania voda (H₂O) a vysoká koncentrácia CO₂. CO₂ sa oddeľuje kondenzáciou H₂O. Spaľovanie čistým kyslíkom by viedlo k príliš vysokej teplote plameňa, preto sa zmes riedi recyklovaným spalín. Recyklované spaliny sa môžu použiť aj na dopravu paliva do kotla. Spaľovanie kyslíkom produkuje približne o 75 % menej spalín ako spaľovanie vzduchom a produkuje výfukové plyny pozostávajúce hlavne z CO₂ a H₂O. Po kondenzácii H₂O sa vysoko koncentrovaný CO₂ čistí a komprimuje do kvapalného alebo superkritického stavu, v závislosti od spôsobu dopravy.

Na odstránenie ďalších menších zložiek plynu, ako sú N₂, O₂ a argón, môže byť potrebná dodatočná fáza čistenia vysoko koncentrovaného CO₂, aby sa vytvoril prúd CO₂, ktorý spĺňa požiadavky na potrubie a skladovanie. Vzhľadom na vysokú koncentráciu CO₂ a znížený objem plynu by tento krok čistenia mal byť relatívne lacný.

Proces spaľovania kyslíkom je v podstate založený na konvenčnom procese zariadenia a využíva komponenty, ktoré sú z väčšej časti technicky vyspelé. Hlavnými dodatočnými komponentmi sú jednotka na separáciu vzduchu (ASU), kondenzátor spalín a systémy na čistenie a kompresiu CO₂. Dodatočnými konštrukčnými prvkami kotla sú systémy recirkulácie spalín a zmiešavania kyslíka. Materiály vybrané pre rôzne komponenty musia byť vhodné pre podmienky spaľovania kyslíkom. Systémy separácie vzduchu a kompresie CO₂ vyžadujú dodatočnú energiu zo zariadenia, čo má za následok zníženie jej čistej účinnosti. Obrázok 11.4 znázorňuje schému procesu zariadenia spaľujúceho kyslík.

Obrázok 11.4: Zjednodušená schéma procesu zariadenia na kyslíkové palivo



Vplyv spaľovania v atmosfére O_2/CO_2 na konštrukciu kotla závisí od zvolenej koncentrácie kyslíka v oxidante: ak je obsah O_2 približne 23 – 28 % hmotnosti, konštrukcia kotla s prúdom vzduchu sa môže v podstate použiť tak, ako je, zatiaľ čo ak je obsah O_2 vyšší, pec môže byť menšia.

Pri spaľovaní kyslíkom sa zo vzduchu odstráni takmer všetok N_2 , čím vznikne prúd, ktorý obsahuje približne 95–97,5 % O_2 . Vďaka odstráneniu N_2 zo vzduchu vzniká pri spaľovaní kyslíkom približne o 75 % menej spalín ako pri spaľovaní vzduchom. Nižší objem plynu tiež umožňuje ľahšie a lacnejšie odstraňovanie znečisťujúcich látok zo spalín (SO_x , NO_x , ortuť, častice). Vďaka odstráneniu N_2 zo vzduchu sa výrazne znižuje aj produkcia NO_x z kotla.

Konfigurácia technológie spaľovania kyslíkom prvej generácie využíva kryogénny proces na separáciu O_2 , atmosférické spaľovanie na konverziu paliva, konvenčné metódy kontroly znečistenia (SO_x , NO_x , ortuť, častice) a mechanickú kompresiu na tlakovanie CO_2 . Konfigurácia prvej generácie sa môže použiť na modernizáciu existujúcich elektrární bez väčších úprav, ale vyžaduje značný dodatočný priestor na umiestnenie ďalších komponentov.

V pokročilej konfigurácii spaľovania kyslíkom a palivom druhej generácie môže byť kryogénna separácia vzduchu nahradená inými technológiami, napr. chemickým cyklickým procesom (chemical looping process) alebo procesom s cirkuláciou kyslíka, pri ktorom sa kyslík prenáša zo vzduchu do paliva prostredníctvom nosiča kyslíka. Takéto technológie sa však nachádzajú v počiatočnom štádiu vývoja a nebudú použiteľné v nových zariadeniach pred rokom 2020 a pravdepodobne ani v existujúcich zariadeniach. Spaľovanie kyslíkom a palivom druhej generácie bude pravdepodobne prebiehať s vyššími koncentraciami kyslíka, čo zvýši nároky, ale zároveň zvýši celkovú účinnosť elektrárne a zníži veľkosť kotla.

Systémy kontroly kvality ovzdušia (AQCS) potrebné pre proces spaľovania kyslíkom sa nelíšia od systémov používaných v konvenčných parných elektrárnach, t. j. systém odstraňovania prachu, systém $DeNO_x$, ak to vyžaduje prevádzka elektrárne (prevádzka v duálnom režime alebo čiastočné zaťaženie vzduchom), a systém $DeSO_x$. Systém odstraňovania prachu môže byť buď ESP alebo systém s vrecami a pre $DeSO_x$ možno zvážiť suché aj mokré systémy. Kondenzátor spalín (FGC) je umiestnený za AQCS, aby odstraňoval vodnú paru a produkoval prúd bohatý na CO_2 , ktorý spĺňa požiadavky jednotky na spracovanie plynu. Toto zariadenie je špecifickejšie pre reťazec spaľovania kyslíkom a v konvenčných elektrárnach sa často nenachádza.

V kondenzátore sa spaliny ochladzujú chladiacou vodou, buď priamo alebo nepriamo. Kondenzovaná voda sa zbiera na dne FGC na ďalšie spracovanie. Časť kondenzátu sa používa na proces chladenia a čerpá sa do hornej časti kondenzátora, kde sa distribuuje do spalín. Po kondenzácii nasleduje absorpcia stopových množstiev kyslých plynov, ktoré neboli zachytené v predchádzajúcej jednotke $DeSO_x$. Do chladiacej vody sa môže pridať roztok hydroxidu sodného na neutralizáciu zachytených kyselín.

Príklady pilotných zariadení

Simulačné zariadenie kotla Windsor, Connecticut (USA). 15 MW_{th} kotol na práškové uhlie s kyslíkovým spaľovaním.

Schwarze Pumpe (Nemecko). 30 MW_{th} kotol na práškové uhlie s kyslíkovým spaľovaním. Lacq (Francúzsko). 30 MW_{th} plynový kotol.

CIUDEN (Španielsko). 30 MW_{th} kotol na uhlie s kyslíkovým CFB.

Základ pre výpočet emisií z elektrárne na kyslíkové palivo

Ak sa CO_2 odstráni z prúdu spalín, celkový objem spalín uvoľnených do atmosféry sa zníži; metriky emisií však v Európe stále spájajú limitné hodnoty pre klasické znečisťujúce látky (najmä NO_x , SO_x , CO a častice) s objemom spalín (mg/Nm³), a preto je potrebné ich prehodnotiť. Vyjadrenie úrovne emisií na základe objemovej jednotky spalín sa dá pohodlne použiť na bežné spaľovacie procesy pri spaľovaní vzduchom. Pri spaľovaní palív vzduchom je známe presné zloženie vzduchu, ktorý obsahuje hlavne O_2 (20,95 obj.-%) a N_2 (78,09 obj.-%).

Vzhľadom na vysokú koncentráciu dusíka vo vzduchu sú koncentrácie CO₂ v spaliniách zvyčajne 3 – 15 obj. % (v suchom stave) v závislosti od paliva a technológie spaľovania.

Keď sa spaľovanie vykonáva bez vzduchu, dusík zo vzduchu nezriedi koncentrácie emisií v spaliniách. To znamená, že koncentrácie emisií z kotla sú zvyčajne oveľa vyššie pri spaľovaní kyslíkom ako pri spaľovaní vzduchom. Spaliny z kotla spaľujúceho kyslík sa však uvoľňujú priamo do atmosféry len v prípade, ak niektoré príležitostné, krátkodobé prerušenie CPU (kompresná a čistiaca jednotka) alebo dopravného potrubia CO₂ zabráni príjmu CO₂ a nemá zmysel vypnúť ASU a prepnúť kotol na spaľovanie vzduchom. V prípade dlhšieho prerušenia systému CCS sa buď kotol, alebo ASU vypnú, alebo, ak je kotol navrhnutý tak, aby mohol pracovať aj so spaľovaním vzduchom, môže pokračovať vo výrobe energie.

Pri normálnej prevádzke CCS sú všetky spaliny z procesu spaľovania kyslíkom vedené do CPU a neočakávajú sa žiadne emisie do ovzdušia z kotla samotného. Namiesto toho sa inertné (nekondenzovateľné) plyny v prúde CO₂ do CPU oddeľujú a odvádzajú počas čistenia a kompresie CO₂. Hmotnostné prietoky emisných zlúčenín (SO_x, NO_x, CO atď.) do atmosféry z jednotky zachytávania uhlíka sú však oveľa nižšie ako pri spaľovaní vzduchom.

Vzhľadom na vyššie uvedené skutočnosti nie sú emisné úrovne založené na koncentráciách a objemových jednotkách použiteľné na procesy CCS. Procesy CCS môžu produkovať vysoké koncentrácie emisných zlúčenín s malými prietokmi plynu, ktoré sa uvoľňujú do atmosféry.

Procesy CCS môžu produkovať malé množstvá odvetraných plynov (napriek technológii zachytávania), ktoré môžu mať vysoké koncentrácie emisií presahujúce súčasné limity založené na koncentrácii. Emisie sú však výrazne nižšie ako emisie produkované kotlami spaľujúcimi vzduch (napr. v prípade porovnania na ročnej báze). Preto by sa úrovne emisií v aplikáciách CCS mohli pohodlne vyjadriť na základe energie, napr. ako miligramy na megajoule (mg/MJ) alebo miligramy na megawattovú hodinu (mg/MWh). [280, EPPSA 2012]

11.2.4.3 Pripravenosť na zachytávanie uhlíka

Hoci pripravenosť na zachytávanie uhlíka nie je sama osebe novou technikou, súvisí s novými technikami CCS.

V súlade s ustanoveniami smernice 2009/31/ES (smernica o CCS) článok 36 smernice IED stanovuje právnu požiadavku pripravenosti na zachytávanie uhlíka pre všetky zariadenia s výkonom > 300 MW_e, ktoré spĺňajú potrebné podmienky z hľadiska: dostupnosti vhodných úložísk; technickej a ekonomickej uskutočniteľnosti dopravných zariadení; a technickej a ekonomickej uskutočniteľnosti dodatočnej inštalácie zariadení na zachytávanie CO₂.

Zariadenie pripravené na zachytávanie uhlíka (CCR) je zariadenie, ktoré môže zahŕňať zachytávanie CO₂, ak sú splnené potrebné regulačné alebo ekonomické podmienky. Cieľom výstavby zariadení pripravených na zachytávanie je znížiť riziko uviaznutých aktív a „uhlíkovej závislosti“. Vývojári zariadení CCR by mali prevziať zodpovednosť a zabezpečiť, aby boli identifikované a odstránené všetky známe faktory, ktoré by mohli brániť inštalácii a prevádzke zachytávania CO₂.

Vo Veľkej Británii boli stanovené formálne kritériá, ktoré vyžadujú, aby všetky nové zariadenia s výkonom > 300 MW_e boli schválené len vtedy, ak ich možno považovať za CCR [54, UK-TWG 2012]. Požiadavky na CCR navrhnuté v roku 2009 britským Ministerstvom energetiky a klimatických zmien zahŕňajú preukázanie:

- že na mieste alebo v jeho blízkosti je k dispozícii dostatočný priestor na umiestnenie zariadení na zachytávanie uhlíka v budúcnosti;

- či je dodatočná inštalácia zvolenej technológie zachytávania uhlíka technicky realizovateľná;
- pravdepodobnosť, že prepojenie s kompletným reťazcom CCS vrátane dodatočnej inštalácie zariadení na zachytávanie uhlíka bude ekonomicky realizovateľné počas životnosti zariadenia.

V prípade udelenia súhlasu budú prevádzkovatelia zariadenia následne povinní:

- zabezpečiť, aby bola zachovaná kontrola nad priestorom potrebným na inštaláciu zariadení na zachytávanie uhlíka;
- pravidelne podávať správy o tom, či je modernizácia zariadenia naďalej technicky realizovateľná, až kým sa zariadenie neprejde na modernizáciu CCS, keďže technológia CCS sa vyvíja a do konfigurácie zariadenia môžu byť zavedené úpravy.

11.2.4.3.1 Požiadavky na priestor a prístup k zariadeniu

Bolo by potrebné zabezpečiť priestor pre zariadenia na zachytávanie CO₂ (práčky, kompresory CO₂, zariadenia na výrobu kyslíka atď.) a dodatočnú infraštruktúru vrátane chladiacej vody a elektrických systémov, bezpečnostných bariérových zón, potrubí a napojenia na existujúce zariadenia. Počas výstavby môže byť potrebný ďalší priestor na skladovanie zariadení a materiálov a na prístup k existujúcemu zariadeniu.

Dodatočná inštalácia zariadenia na zachytávanie CO₂ by znížila čistý výkon: ak by sa mal zachovať čistý výkon zariadenia, bolo by potrebné zabezpečiť priestor aj na výstavbu prídavnej jednotky na výrobu elektrickej energie.

11.2.4.3.2 Predinvestície na implementáciu technológie CCR v zariadení

Ďalšie predbežné investície môžu byť realizované s cieľom znížiť náklady a prestoje pri modernizácii zachytávania CO₂. Niektoré potenciálne predinvestície do CCR sa vzťahujú na všetky technológie vrátane predimenzovania potrubných konzol a prípravy na rozšírenie systému riadenia zariadenia a distribúcie elektrickej energie na mieste. Tieto predinvestície môžu byť relatívne atraktívne, pretože sú vo všeobecnosti nízkonákladové, ale môžu viesť k významnému zníženiu nákladov a prestojov pri modernizácii. Iné potenciálne predinvestície sa vzťahujú na konkrétne technológie zachytávania, ako je uvedené nižšie.

Zariadenia s práškovým uhlím a zachytávaním po spaľovaní

Hlavnými oblasťami zariadenia, ktoré budú ovplyvnené modernizáciou zachytávania CO₂, sú jednotka na úpravu spalín a parná turbína a jej príslušenstvo. Vstupný plyn do postspaľovacích práčok CO₂ musí mať nízke koncentrácie SO_x a NO₂, aby sa minimalizovalo znehodnocovanie súčasných (a pravdepodobne aj budúcich) rozpúšťadiel. Ak sa má zariadenie postaviť bez FGD, malo by sa zabezpečiť, aby sa pri dodatočnej inštalácii zachytávania CO₂ pridal vhodný systém FGD. Ak sa má zariadenie postaviť s FGD, systém FGD by mal byť navrhnutý tak, aby spĺňal požiadavky na čistotu spalín pre zachytávanie CO₂ alebo by sa malo zabezpečiť, aby sa v budúcnosti zlepšil výkon FGD.

Pri použití súčasnej technológie vypierania amínmi po spaľovaní sa musí z parnej turbíny odoberať asi 40 – 50 % nízkotlakovej pary na použitie v prehrievači regenerátora amínov. Existujú rôzne spôsoby, ako navrhnuť parnú turbínu tak, aby sa minimalizovali nevýhody spojené s dodatočnou inštaláciou tohto odberu pary a aby sa umožnili budúce zmeny v úrovniach odberu. Po dodatočnej inštalácii zachytávania by bolo k dispozícii viac nízkotepelného tepla na predohrev napájacej vody kotla. To má určitý vplyv na parnú turbínu a zariadenia na predohrev kondenzátu, čo by sa malo zohľadniť pri návrhu CCR.

Predbežná investícia do vysokoúčinného ultra-superkritického parného cyklu by minimalizovala množstvo CO₂, ktoré by bolo potrebné zachytiť, transportovať a skladovať na kWh elektrickej energie. Táto investícia by mala dodatočný prínos v podobe zníženia emisií CO₂ ešte pred modernizáciou CCR.

Zariadenia s kyslíkovým spaľovaním práškoveho uhlia

Únik vzduchu do kotla a jeho príslušenstva by sa mal minimalizovať, aby sa zabránilo kontaminácii produktu CO₂. Vzduchové potrubia a ventilátory by mali byť navrhnuté tak, aby ich bolo možné opätovne použiť na recykláciu spalín po prekonvertovaní zariadenia na spaľovanie kyslíkom. FGD môže alebo nemusí byť potrebné po prekonvertovaní na spaľovanie kyslíkom, v závislosti od návrhu zariadenia a obsahu síry v palive. Ak sa po prechode na spaľovanie kyslíkom plánuje použiť FGD, zariadenie FGD by malo byť navrhnuté tak, aby sa dalo prispôbiť rôznym prietokom a zloženiam plynu. Úprava parného cyklu s cieľom využiť dodatočné nízkoenergetické teplo a predbežná investícia do ultra-superkritického parného cyklu, ako sa uvádza vyššie v súvislosti so zachytávaním po spaľovaní, sa vzťahujú aj na spaľovanie kyslíkom.

Zariadenia s integrovaným kombinovaným splyňujúcim cyklom s predspaľovacím zachytávaním

Modernizácia zachytávania CO₂ v zariadení IGCC by zahŕňala pridanie konvertorov, úpravu zariadenia na odstraňovanie kyslých plynov, aby bolo možné oddeľovať aj CO₂, premenu plynových turbín na spaľovanie vodíka a niektoré zmeny v parnom systéme. Konverzná reakcia je exotermická, čo znižuje celkové teplo spaľovania palivového plynu.

Aby sa predišlo nutnosti prevádzkovať plynovú turbínu pri zníženom zaťažení po modernizácii zachytávania, čo by malo negatívny vplyv na účinnosť a náklady, bolo by možné zvýšiť kapacitu zariadenia na splyňovanie, zariadenia na výrobu kyslíka a ďalších pomocných zariadení. Zámer modernizovať zachytávanie CO₂ by mohol mať vplyv aj na výber splyňovacieho zariadenia a plynovej turbíny.

Zariadenia s kombinovaným cyklom spaľujúce zemný plyn

Zariadenia s kombinovaným cyklom spaľujúce zemný plyn by mohli byť modernizované zachytávaním pred alebo po spaľovaní. V prípade zachytávania po spaľovaní by bolo potrebné odoberať paru z parnej turbíny, ako je uvedené vyššie v prípade zariadení na uhlie. V prípade zachytávania pred spaľovaním by bolo potrebné modernizovať zariadenia na čiastočnú oxidáciu zemného plynu, konverziu posunu a separáciu CO₂, plynová turbína by musela byť prekonvertovaná na spaľovanie vodíka a HRSG a parná turbína by museli zvládnuť výsledné zmeny v prietoku, zložení a teplote spalín. Všetky tieto otázky by sa mali zohľadniť pri návrhu zariadenia pripraveného na zachytávanie.

11.3 Splyňovanie / skvapalňovanie / pyrolýza palív

V tabuľke 11.3 je zhrnutých niekoľko technológií splyňovania, ktoré boli alebo sú vyvíjané rôznymi organizáciami v niekoľkých krajinách.

Tabuľka 11.3: Technológie splyňovania

Názov technológie	Typ splyňovacieho zariadenia	Vlastník a lokalita	Súčasný stav a veľkosť	Poznámky
British Gas/Lurgi (BGL)	Pohyblivá vrstva	Envirotherm (Nemecko), Allied Technologies (USA)	Jednotka s priemerom 12 stôp s uhlím a odpadmi (v súčasnosti odstavená)	Komerčne ponúkané pre ~1 000 t/deň
Econo Power International Corporation (EPIC)	Dvojstupňové pevné lôžko – nútený obeh vzduchu, atmosférický tlak	EPIC (USA)	Široko používaný v Číne. Typická veľkosť 3,6 m priemer, 250 MMBtu/h palivového plynu	Dva plynové generátory objednané pre Homeland, IA
EAGLE	Dvojstupňový so suchým prívodom	JPower (Japonsko)	Testovací program na 150 t/deň pilotný projekt	170 MW IGCC plánované na rok 2016
Aerojet Rocketdyne	Jednostupňové prúdenie so suchým prívodom	Aerojet Rocketdyne (USA)	Koncepcná pilotná splyňovacia stanica v GTI 2009	Väčšie jednotky plánované v Číne, USA a Kolumbii
HT Winkler	Cirkulačné fluidné lôžko	Uhde (Nemecko)	Pilotný projekt s tlakom 25 bar a kapacitou 150 mtpd prevádzkovaný v 90. rokoch. Jednotka s tlakom 10 bar a kapacitou 800 t/deň prevádzkovaná v rokoch 1985-1994	Budúci vývoj je neistý
KRW	Bublínkové fluidné lôžko	KBR (USA)	800 t/deň jednotka pre 100 MW IGCC. Nefungovala úspešne	Budúci vývoj je nepravdepodobný
SES (GTI U Gas)	Fluidizované lôžko GTI	Exkluzívna licencia pre SES (2006)	Splyňovacia stanica 4x100 t/deň pri 4 baroch v Šanghaji. 25 barov PDU v GTI	Dodatočné plynové generátory budú dodané do Číny
HRL IDGCC (integrovateľ sušiaci splyňovací kombinovaný cyklus)	Výskumné laboratóriá s cirkulujúcim fluidným lôžkom	Výskumné laboratóriá (HRL) (Austrália)	Testovací program na jednotke s výkonom 10 MW (1997-8)	400 MW IDGCC plánované v Latrobe Valley
BHEL	Fluidizované lôžko	BHEL (India)	Pilotná prevádzka s kapacitou 30 mtpd	Plánovaná výstavba 130 MW IGCC v južnej Indii
GreatPoint Energy - bluegas™	Katalytické fluidné lôžko	GreatPoint Energy (USA)	Pilotné testy v GTI. Získané financovanie pre väčšiu jednotku	Niekoľko projektov plánovaných v Číne a USA
Hydromax	Roztavený kov (železo a cín)	Alchemix (Arizona, USA)	0,3 m dávková jednotka v CSIRO, Austrália	Cyklický proces. Licencia udelená spoločnosti Diversified Energy, AZ
Pyreoneer	Nízкотеплотné CFB splyňovanie	DONG Energy Power (Dánsko)	6 MW zariadenie na splyňovanie s flexibilným palivom v elektrárni Asnæs v Kalundborgu, vhodné na splyňovanie slamy, hnojiva, energetických plodín atď.	Plyn je vďaka nízkej teplote splyňovania veľmi čistý a môže sa priamo dodávať do uhoľného kotla.

Zariadenia IGCC spaľujúce uhlie a viaceré palivá

- TPRI (Thermal Power Research Institute) vyvinul suchú dvojstupňovú splyňovaciu stanicu na uhlie, ktorý sa má použiť v projekte GreenGen IGCC v Číne. Predtým, ako bude možné skutočne uvažovať o ponuke zariadení IGCC s potrebnými zárukami, je potrebné úspešne predviesť ich technológie splyňovania v komerčnom meradle.
- Splyňovacie stanice Siemens s výkonom 500 MW_{th} majú kapacitu na spracovanie približne 1 800 ton uhlia za deň. V roku 2009 spoločnosť Siemens navrhla väčšiu splyňovaciu stanicu s výkonom 1 200 MW_{th}. Ponúkajú sa aj splyňovacie a energetické bloky.
- Spoločnosti KBR/Southern Company vytvorili alianciu založenú na technológii splyňovania KBR Transport. Odteraz sa táto technológia bude označovať ako technológia TRIGTM. Predtým, ako bude možné skutočne považovať tieto spoločnosti za dodávateľov zariadení IGCC s potrebnými zárukami, je potrebné úspešne predviesť ich technológie splyňovania v komerčnom meradle.
- ECUST (Východočínska univerzita vedy a techniky) vyvinula vlastnú verziu splyňovacej stanice s klesajúcim prúdením unášaného privádzaného kalu; v Číne bolo iniciovaných 13 komerčných projektov a teraz sa ponúka aj na medzinárodnej úrovni.

BHEL (India) s fluidným lôžkom

V splyňovacej stanici BHEL sa vykonávajú skúšky s núteným obehom vzduchu a splyňovaním v rámci pilotného zariadenia s kapacitou 30 mtpd s uhlím Singareni (40 % popol) ukázali konverziu uhlíka 88–89 % a účinnosť studeného plynu 68,8 % s LHV syntézneho plynu 1050 kcal/Nm³. BHEL plánuje projekt zariadenia IGCC s fluidným lôžkom s výkonom 125 MW s Andra Pradesh Genco vo Vijaywade v južnej Indii. Diskutoval sa aj podobný projekt s NTPC v Auraiya v severnej Indii, ale NTPC a BHEL sa nedokázali dohodnúť na podmienkach a NTPC teraz plánuje pokračovať vo vlastnom projekte zariadenia IGCC a vymenuje konzultanta, ktorý pripraví projektovú špecifikáciu.

GreatPoint Energy

GreatPoint Energy (GPE) je start-up so sídlom v Massachusetts, ktorý plánuje komercializovať vlastný katalytický proces splyňovania bluegasTM na premenu uhlia a ropného koksu na SNG bez použitia kyslíka. Zdá sa, že tento proces je do veľkej miery odvodený od procesu katalytického splyňovania Exxon, ktorý bol krátko testovaný v 80. rokoch 20. storočia. Malá jednotka bola testovaná v flexibilnom testovacom zariadení GTI v Des Plaines v štáte Illinois počas približne 1 200 hodín. Pilotná prevádzka s kapacitou 1–3 stpd sa má postaviť v zariadení Dominion v Brayton Point v štáte Massachusetts. Existujú aj plány na neskoršie zvýšenie kapacity na 40–50 stpd.

Proces Exxon Catalytic bol testovaný v jednotke na vývoj procesov s kapacitou 1 mtpd. Proces pridáva 10–15 % uhličitanu draselného do uhlia v splyňovacom zariadení s bublinkovým fluidným lôžkom, čo umožňuje, aby reakcie splyňovania, premeny vodného plynu a metanizácie prebiehali v jednej nádobe pri rovnakej teplote. Niektoré z otázok, ktoré je potrebné riešiť pri ďalšom vývoji technológie Exxon, sú:

- vysoká spotreba uhličitanu draselného;
- spoľahlivá a lacná regenerácia katalyzátora;
- zväčšenie kapacity splyňovacej stanice;
- predchádzanie spekaniu v splyňovacej stanici;
- vysoká účinnosť regenerácie recyklovaného syntézneho plynu;
- ekonomické využitie tepla z recyklovaného syntézneho plynu.

Splyňovanie pomocou roztaveného kovu Hydromax

Hydromax je cyklický proces využívajúci splyňovanie v kúpeli roztaveného kovu (zliatiny železa a cínu). Proces počíta s využitím dvoch alebo viacerých taviacich pecí na roztavený kov, ktoré pracujú cyklicky. Uhoľná minerálna hmota vytvára v kúpeli vrstvu škvary, ktorú je potrebné pravidelne odstraňovať. Dve časti cyklického procesu sú reakcia pary a kyslíka so železom za vzniku vodíka a oxidu železa a redukcia oxidu železa späť na elementárne železo za vzniku syntézneho plynu.

Vylepšenia splyňovacích staníc s unášaným prúdom

V tejto časti sú zhrnuté hlavné vylepšenia plynových generátorov s unášaným prúdom.

Splyňovacie stanice s prívodom kalu (GE/Texaco, E Gas, ECUST) majú tú výhodu, že dokážu čerpať surovinu pri vysokých tlakoch. Energia použitá na čerpanie je nižšia ako energia použitá na stlačenie dopravného plynu. Boli navrhnuté niektoré schémy na použitie čerpania kalov na dosiahnutie vysokých tlakov a s dodatočným rýchlym sušením na získanie suchého uhlia s pridaním odparenej pary do syntézneho plynu za splyňovačom, aby sa zabezpečila vlhkosť syntézneho plynu pre reakciu posunu. Ďalšou alternatívou je dodávanie uhlia v kale s kvapalným CO₂ s krokom rýchleho predsušenia alebo bez neho. Takéto vylepšenia by mohli byť obzvlášť výhodné pre výdatné ložiská lacného uhlia nízkej kvality, ako je subbituminózne uhlie z oblasti Powder River Basin (PRB).

Spoločnosť Pratt & Whitney Rocketdyne (PWR) s finančnou a technickou podporou spoločností ExxonMobil a DOE tiež vyvíja vlastnú verziu čerpadla tuhých látok pre splyňovacie stanice s vysokotlakovým unášaným prúdom.

V prípade procesu GE/Texaco sú najdôležitejšími vývojovými krokmi zlepšenie konverzie uhlíka na jeden prechod (prípadne v spojení s novým vylepšeným systémom podávania a/alebo plynovými generátormi s väčším objemom, ktoré umožňujú dlhšiu dobu zdržania) a systém kontinuálneho vypúšťania škvary na elimináciu komorových podávačov. Nahradenie uhlíkovej práčky teplým alebo horúcim plyným filtrom by mohlo výrazne znížiť náklady na prevádzku a údržbu spojené s okruhmi čiernej a šedej vody okolo čističa a zlepšiť dostupnosť zariadenia. Použitie chladeného sitka namiesto žiaruvzdornej výstelky pre splyňovaciu stanicu by mohlo tiež znížiť nútené výpadky a zlepšiť dostupnosť.

Vývoj technológie ECUST v Číne so štyrmi horizontálne protiláhlými injektormi v konfigurácii s dolným tokom predstavuje potenciálne vylepšenie technológie s jedným injektorom s dolným tokom od spoločností GE a Siemens. Malo by to zlepšiť konverziu uhlíka tým, že sa zabráni priamemu prívodu do výstupu splyňovacieho zariadenia.

Bol navrhnutý plynový generátor E Gas s vyšším tlakom a vysokým valcovým dizajnom, ESTR (entrained slagging transport). Nedávno však bolo navrhnuté, že súčasný dizajn v tvare obráteného T (niekedy nazývaný železný kríž) je možné prispôbiť väčším rozmerom a o niečo vyšším tlakom. Tým sa zlepší výkon pri nízkokvalitnom uhlí a umožní sa lacnejšie zachytávanie CO₂ pomocou fyzikálneho absorpčného systému, ako je Selexol. Hoci sa metán vyrába z druhej fázy, dvojfázové plynové generátory by mohli pracovať len s malým množstvom uhoľnej kaše dodávanej do druhej fázy a s dodatočnou vodou ako chladiacou vodou, aby sa dosiahla nižšia výstupná teplota a vyrobil syntézny plyn s nízkym obsahom metánu a vysokým obsahom vlhkosti, ktorý zodpovedá potrebám vodíka, vysokému zachytávaniu CO₂ a syntetickým aplikáciám. Prevádzka týmto spôsobom by mohla tiež eliminovať potrebu chladiča syntézneho plynu. Je potrebné poznamenať, že E-Gas už do svojho procesu začlenil proces kontinuálneho odstraňovania škvary a filter horúceho plynu.

Štúdia IEA GHG R&D sponzorovaná spoločnosťou Foster Wheeler Italiana ukázala, že suché plynové generátory na báze uhlia, ako sú generátory Shell a Siemens, sa stávajú drahšími a menej efektívnymi pri vysokých tlakoch, ak sa používajú pneumatické dopravné systémy s uzamykateľnou násypkou. Vyššie tlaky vyžadujú viac dopravného dusíka na jednotku dodaného uhlia. Skutočne kontinuálny vysokotlakový podávač uhlia, najlepšie na uhlí v dodanom stave alebo minimálne vysušenom uhlí, by bol výrazným zlepšením. Na presun tlakového uhlia do injektorov splyňovacieho zariadenia by však stále bol potrebný dopravný plyn. Pri aplikáciách zachytávania a syntézy CO₂ sa syntézny plyn presúva a časť CO₂ sa odstraňuje. Tento zachytený CO₂ sa potom môže použiť aj ako dopravný plyn pre podávané uhlie, čím sa zníži množstvo inertného plynu v následnom čistení a syntéze a možno sa zlepši ekonomika. Tieto organizácie by tiež mohli potenciálne využiť svoje odborné znalosti v oblasti podávania suchého uhlia a prijať niečo ako systém čerpaného kalu ako prívodu pri vysokom tlaku. Spoločnosť Shell v súčasnosti používa vo svojom procese splyňovania tuhého paliva drahý chladič syntézneho plynu; na zachytávanie CO₂, výrobu vodíka a syntézu však v roku 2007 ponúkla lacnejší systém čiastočného chladenia. Proces spoločnosti Shell už zahŕňa chladiacu clonu (vodnú stenu) a filter horúceho plynu, ale mohol by byť vylepšený systémom na kontinuálne odstraňovanie škvary.

Splyňovacia stanica EAGLE je dvojstupňový kyslíkový reaktor s membránovou stenou s prívodom suchého uhlia a unášaným tokom. Pilotné zariadenie s kapacitou 150 mt/deň bolo vybudované vo výskumnom zariadení Wakamatsu spoločnosti JPower (bývalá Electric Power Development Corporation (EPDC)) v Japonsku. Typické zloženie plynu bolo uvedené ako ~55 % CO, ~24 % vodík a ~18 % dusík (vysoký obsah dusíka je očakávaný vzhľadom na relatívne malú veľkosť a použitie dusíka pri preplachovaní prístrojov atď.). Spoločnosti JPower a Chugoku oznámili vytvorenie spoločného podniku pre svoj projekt IGCC v stanici Chugoku Osaki v Hirošime a zvýšenie pôvodného výkonu z 150 MW na 170 MW. Tento projekt má zahŕňať CCS. Začiatok prevádzky je naplánovaný na koniec roka 2016. V pilotnom splyňovacom zariadení EAGLE pokračujú testy katalyzátorov a fyzikálnych rozpúšťadiel na zachytávanie CO₂.

Úspory z rozsahu

Väčšie plynové generátory by vo väčšine aplikácií na trhu priniesli významné ekonomické zlepšenia. Okrem toho všetky budúce trendy na trhu, uvedené nižšie, poukazujú na potrebu väčších plynových generátorov, aby vyhovovali požiadavkám na palivo v nadväzujúcich zariadeniach racionálnym spôsobom s viacerými vlakmi:

- účinnejšie plynové turbíny od rôznych dodávateľov s vyššími tlakovými pomermi a teplotami spaľovania budú mať vyššie požiadavky na palivo, ak budú prispôbené pre zariadenia IGCC;
- trh s technológiou IGCC s frekvenciou 50 Hz vyžaduje splyňovacie zariadenia dimenzované tak, aby spĺňali potreby plynových turbín, ktoré sú približne 1,4-krát vyššie ako potreby ekvivalentných turbín s frekvenciou 60 Hz;
- úspory z rozsahu sú veľmi dôležité pre všetky aplikácie, vrátane technológie premeny uhlia na kvapaliny pomocou Fischer-Tropschovho, metanolového alebo EMRE MTG syntézy.

Pokrokové koncepcie energetických blokov

Niektoré pokrokové koncepcie by mohli potenciálne zachytávať CO₂ z výfukových plynov energetického bloku. Pre takéto koncepcie by neexistovali žiadne obmedzenia týkajúce sa prijateľných zložiek paliva (napr. metán) v syntéznom plyne.

Raketový motor na kyslík navrhnutý spoločnosťou Clean Energy Systems by mohol byť poháňaný čistým syntéznym plynom akéhokoľvek zloženia a po kondenzácii vlhkosti by vznikol koncentrovaný výfukový prúd CO₂, ktorý by mohol byť vysušený a stlačený na účely dopravy a sekvestrácie. Demonštračná jednotka s výkonom 5 MW bola testovaná v blízkosti Bakersfieldu v Kalifornii s podporou amerického ministerstva energetiky (DOE) a spoločnosti Siemens. Väčšia jednotka s výkonom ~50 MW môže byť použitá v 3. fáze partnerstva WESTCARB na sekvestráciu s cieľom poskytnúť CO₂ pre významný projekt sekvestrácie v povodí San Joaquin.

Spoločnosť Siemens vyvíja palivový článok s pevným oxidom (SOFC), ktorý obsahuje oxidačnú funkciu (podobnú membránam na prenos kyslíka (OTM), ktoré vyvíjajú spoločnosti Air Products a Praxair v rámci programu DOE) na dokončenie spaľovania anódového plynu na CO₂ a vlhkosť. SOFC by mohol byť potenciálne zásobovaný čistým syntéznym plynom akéhokoľvek zloženia (za predpokladu, že je dostatočne čistý) a výsledný výfukový prúd by mohol byť vysušený a stlačený na účely dopravy a sekvestrácie. Siemens dodal 250 kW SOFC s touto funkciou OTM spoločnosti Shell Hydrogen v Nórsku. V poslednej dobe však nie sú k dispozícii žiadne nové informácie o tejto testovacej jednotke.

Splyňovanie biomasy

Nízkotepločné splyňovanie s CFB: Pyrener

Spoločnosť DONG Energy nedávno vyvinula a uviedla do prevádzky 6 MW zariadenie na splyňovanie s flexibilným palivom v elektrárni Asnæs v Kalundborgu, ktoré je vhodné na splyňovanie slamy, hnojových vlákien, energetických plodín atď. Technológia splyňovania Pyrener bola vyvinutá s cieľom umožniť spoluspaľovanie veľkého množstva vysoko alkalických frakcií biomasy v kotloch na uhlie. Frakcie biomasy, ako je slama, vrba a ozdobnica čínska, obsahujú veľké množstvo alkalických látok, ktoré majú tendenciu korodovať súčasné vysokoúčinné superkritické kotlové technológie a deaktivovať katalytické systémy čistenia DeNO_x.

Okrem toho má technológia priameho spoluspaľovania tendenciu „zničiť“ alkalické látky a živiny v biomase, a preto tieto užitočné látky nemožno ľahko znovu použiť ako hnojivo, keďže sú zmiešané s popolčekom z uhlia. Ak sa biomasa splyňuje pri vhodne nízkej teplote, problematické alkalické látky môžu zostať v pevnom stave. Potom ich možno oddelením cyklónom od vytvoreného plynu a namiesto toho, aby spôsobovali koróziu v kotli, môžu sa opätovne použiť ako hnojivo.

Najnovšia verzia tejto technológie dokáže rozložiť biomasu a odpadové frakcie na čistý, horľavý plyn a užitočné hnojivo. Očakáva sa, že bude možné odstrániť približne 90 % alkalických látok prítomných v biomase, a tým bude možné dosiahnuť relatívne vysoký pomer biomasy k uhlia v kotli bez zníženia teploty pary a účinnosti. Táto technológia umožňuje nahradiť 0,95 GJ uhlia 1 GJ biomasy. Cieľom je ďalej zdokonaľovať túto technológiu na 50 – 150 MW. Spoločnosť DONG Energy mala v roku 2015 uviesť do prevádzky splyňovaciu stanicu s výkonom 50 MW.

Okrem toho má táto technológia potenciál byť vybavená filtrom horúcich plynov, a tak by sa vyrobený plyn mohol použiť v aplikáciách spaľujúcich plyn. Splyňovacia stanica môže byť tiež tlakovaná a používaná v rôznych konfiguráciách, ktoré by mohli dodávať syntézny plyn na ďalšie spracovanie v plynových turbínach alebo na výrobu kvapalných palív a chemikálií.

Plyn je vďaka nízkej teplote splyňovania veľmi čistý a môže sa priamo dodávať do uhoľného kotla. Maximálne prevádzkové teploty sú 700 – 750 °C. Nevýhodou nízkoteplotného procesu CFB je, že produkuje plyn s vysokým obsahom dechtu.

Technológia „Güssing“ (Viedenská technická univerzita)

Táto technológia zahŕňa fluidné lôžko a paru na splyňovanie (rýchle vnútorné cirkulujúce fluidné lôžko).

Zariadenie Güssing (Rakúsko) je komerčná prevádzka, ktorá vyrába elektrinu a diaľkové vykurovanie pre okolité oblasti, ale je aj jadrom energetického výskumného centra zameraného na techniky splyňovania s radom súvisiacich pilotných projektov, napríklad výroba SNG a metanolu, spracovanie FT a využitie palivových článkov s pevným oxidom (SOFC). [293, Brandin et al. 2011]

Zariadenie využíva parné splyňovanie a je nepriamo vyhrievané horúcim materiálom z vonkajšej stúpačky. Splyňovacie zariadenie možno opísať ako konštrukciu BFB s vnútorným cirkulujúcim lôžkom. Časť hlavného BFB, obsahujúca nepremenené uhlíkové rezíduá, sa presúva do stúpačky, kde sa stretáva so vzduchom ako stúpačkovým médiom. Uhlíkové rezíduá sa spaľujú počas transportu na vrchol stúpačky, čím sa v procese vyhrieva unášaný materiál lôžka. Na vrchole stúpačky sa horúci pevný materiál lôžka oddelí v cyklóne a vráti sa do BFB, zatiaľ čo spaliny idú do komína. Závod využíva drevnú štiepku ako biopalivo.

Závod má celkový tepelný príkon 8 MW_{th} a vyrába 2 MW_e elektrickej energie a 4,5 MW_{th} tepla pre diaľkové vykurovanie. Účinnosť premeny biomasy na elektrickú energiu je 25 % a celková účinnosť je 81 %.

Projekt GoBiGas (Švédsko)

Tento projekt na výrobu 20 MW SNG je v štádiu uvedenia do prevádzky. Závod GoBiGas je navrhnutý ako 100 MW_{SNG} s dvojitém lôžkom FICFB (Fast Internally Circulating Fluidised Bed) s *kogeneráciou biopalív a diaľkovým vykurovaním* – a zahŕňa možnosť viesť časť plynu do plynového motora alebo plynových turbín na výrobu elektriny a tepla.

MELINA a OLGA (ECN, Holandsko)

Podobne ako proces Güssing, aj tento proces bol vyvinutý špeciálne na výrobu SNG. OLGA je technológia na odstraňovanie dechtu. Navrhovaná účinnosť konverzie biomasy na SNG je 70 %.

Splyňovanie s horným ťahom

Toto sa vykonáva v zrážkovom splyňovači Harboøre s plynovým motorom. Decht z plynu sa zbiera a používa v kotle. Proces využíva technológiu Babcock & Wilcox Vølund a exportuje sa do Talianska a Japonska. Technológia je v komerčnej fáze, ale zariadenia sú malé.

Postupné splyňovanie

Spoločnosti Viking a WEISS Hadsund používajú dvojstupňovú splyňovaciu stanicu so spodným ťahom. Sušenie a pyrolýza biomasového paliva, splyňovanie uhlíka a krakovanie dechtu vedú k vzniku veľmi čistého plynu, ktorý je možné použiť v plynových motoroch. Táto technológia je v komerčnej fáze, ale len v malých zariadeniach s výkonom < 1 MW_e.

11.3.1 IGCC (kombinovaný cyklus s integrovaným splyňovaním)

Všeobecný popis nájdete v kapitole 4.

Zariadenia IGCC predstavujú významnú výhodu pre čistenie CO₂ v porovnaní s tepelnými procesmi výroby elektrickej energie vďaka nízkym skutočným objemovým prietokom spôsobeným nižšími molovými prietokmi a vyššími tlakovými úrovňami. V kombinácii s mierne vysokými hladinami CO₂ to vedie k malým rozmerom kolón a vysokému parciálnemu tlaku CO₂.

Niekoľko spoločností a inštitúcií vykonáva výskum v rámci programov amerického ministerstva energetiky (DOE) zameraný na optimalizované spaľovanie s nízkymi emisiami NO_x v kombinovanom cykle bez sekundárneho znižovania emisií NO_x (konkrétne SCR) prostredníctvom riadenia reakcie posunu CO. Riadením tejto reakcie je možné normalizovať kvalitu plynu a zriediť plyn na účely regulácie teploty plameňa a dosiahnuť požadované úrovne hustoty energie – hlavné determinanty tvorby NO_x v následnom spaľovaní. Katalyzátorové lôžko je napájané zmesou paliva a plynu s vysokým obsahom paliva a nepriamo chladené zostávajúcim spaľovacím vzduchom, ktorý sa ďalej mieša v ďalšom spaľovaní turbíny.

Predpokladá sa, že IGCC by v budúcnosti mohlo dosiahnuť účinnosť 50 % (na základe LHV). [36, EGTEI 2012] [37, EGTEI 2012]

11.3.2 Podzemné splyňovanie uhlia

Podzemné splyňovanie uhlia (a výroba elektrickej energie) prešlo pred rokom 2000 testami a skúškami v bývalom ZSSR, Číne, Európe a USA. Nedávno boli vykonané pilotné testy v Austrálii, Kanade, Číne a Južnej Afrike a boli navrhnuté aj v ďalších krajinách, vrátane Veľkej Británie, Poľska, Ukrajiny, Číny, Ruska a USA.

Podzemné splyňovanie uhlia (UCG) zahŕňa reakciu (spaľovanie) uhlia na mieste/v sloji za použitia zmesi vzduchu/kyslíka, prípadne s pridaním pary, na výrobu syntetického plynu. Para môže pochádzať z vody, ktorá preniká do podzemnej dutiny, z vody, ktorá sa už nachádza v uhoľnej sloji, alebo z pary, ktorá sa zámerne vstrekuje. Niektoré spaľovanie uhlia generuje dostatok tepla na podporu reakcií procesu. Splyňovanie pri zvýšených teplotách so stechiometrickým nedostatkom kyslíka produkuje hlavne plyny vodík a oxid uhoľnatý v kombinácii s mnohými ďalšími produktmi vrátane oxidu uhličitého, uhľovodíkov, ako je metán, dechtov a zlúčenín, ako je sírovodík a karbonylsulfid (COS), ktoré vznikajú z nečistôt v uhlí.

Vytvorený syntetický plyn sa čistí a môže sa použiť v spaľovni alebo ako surovina pre chemikálie/kvapalné palivá. UCG ponúka potenciál na ekonomické a ekologické využitie energie uhlia uloženého v uhlí, najmä z ložísk, ktoré nie je možné ťažiť konvenčnými metódami. Ak by sa UCG podarilo úspešne vyvinúť a široko nasadiť, svetové zásoby uhlia by sa mohli podstatne zvýšiť. Výber lokalít, kde by sa UCG mohlo realizovať, je pre akýkoľvek rozvoj kľúčový, pretože geologické podmienky musia byť vhodné.

Niekoľko technológií bolo odskúšaných v rôznych mierkach až po priemyselnú mierku. Hoci boli stanovené určité zásady, metodiky a monitorovacie techniky, výsledky zatiaľ neumožňujú považovať UCG za komerčne overenú techniku.

Začiatkom roka 2009 udelila britská uhoľná správa (UK Coal Authority) prvú licenciu v Spojenom kráľovstve na ťažbu uhlia pomocou UCG. V udelenej licencii sú počiatočnými cieľovými horizontmi nevyťažené uhoľné sloje v hĺbke od 500 m do 3 500 m. [285, Couch 2009]

11.4 Spaľovanie tuhých palív

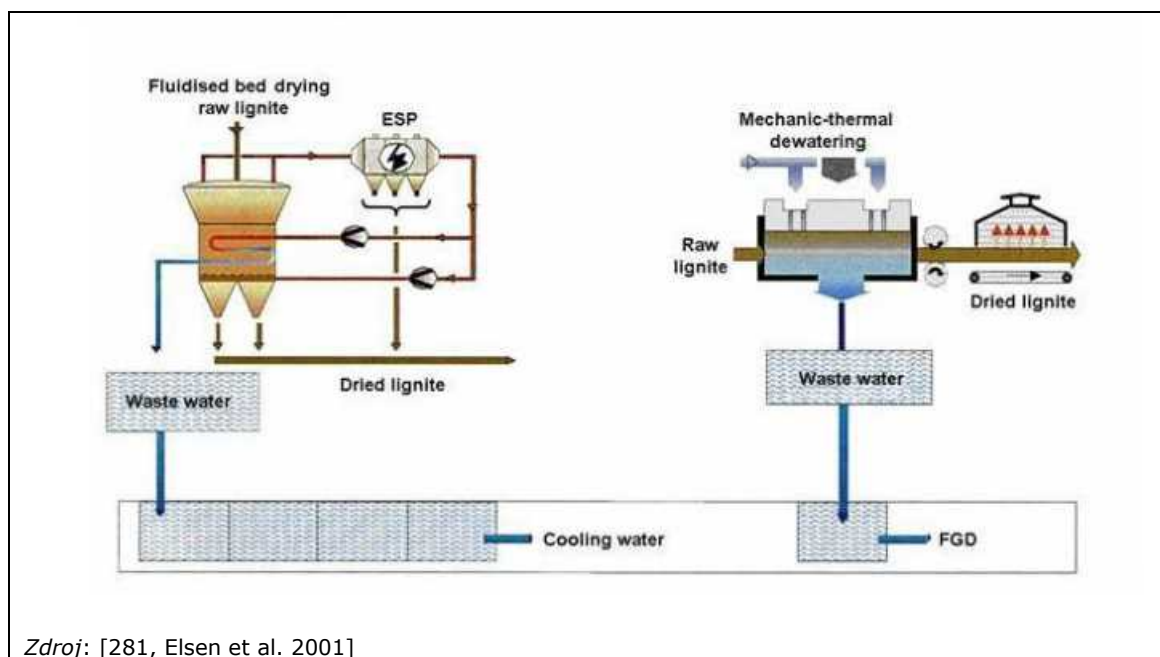
11.4.1 Spaľovanie čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia

11.4.1.1 Pilotná prevádzka na predsušenie hnedého uhlia nízkoteplotným teplom

Technológia predsušenia hnedého uhlia by mala teoreticky viesť k zvýšeniu účinnosti hnedouhoľných spaľovacích zariadení o približne 4 až 5 percentuálnych bodov. Cieľom tejto techniky je sušiť hnedé uhlie, ktoré prichádza vlhké priamo z povrchovej bane, nízkou teplotou približne 120 °C až 150 °C namiesto horúcich spalín s teplotou 1 000 °C. Ďalej je cieľom, aby sa energia potrebná na odparenie vody obsiahnutej v hnedom uhli získala späť kondenzáciou pary. Na tento účel sú k dispozícii dva rôzne procesy.

Jeden z nich, mechanicko-tepelná odvodňovacia technika, je v súčasnosti vo vývoji. Pilotná prevádzka tohto procesu produkuje 12 ton suchého hnedého uhlia za hodinu pri obsahu vody približne 22 %. Hnedé uhlie sa zahrieva a lisuje pri tlaku 60 barov a teplote 200 °C, aby sa oddelila voda, a potom sa opäť zahrieva.

Druhý proces sušenia hnedého uhlia je už v pokročilejšej fáze vývoja. Zahŕňa sušenie hnedého uhlia vo fluidnom lôžku s interným využitím odpadového tepla. Para unikajúca zo sušičky je oddelená od častíc hnedého uhlia pomocou elektrostátického odlučovača. Následne je opäť stlačená kompresorom, ktorý pracuje v otvorenom procese tepelného čerpadla, a nakoniec kondenzuje vo vnútri potrubných zvitkov, ktoré sa používajú ako vykurovacie plochy v sušičke. Kondenzačné teplo sa tým prenáša do fluidného lôžka, kde suší hnedé uhlie. Časť vyčistenej pary sa používa na fluidizáciu hnedého uhlia a je privádzaná do zariadenia ventilátorom. Pilotná prevádzka tejto technológie produkuje 90 ton suchého hnedého uhlia za hodinu pri obsahu vody 12 %. Oba procesy sú znázornené na obrázku 11.5.



Zdroj: [281, Elsen et al. 2001]

Obrázok 11.5: Pilotná prevádzka na sušenie hnedého uhlia

Nedávnu implementáciou druhého procesu je technológia WTA (Wirbelschicht-Trocknung mit interner Abwärmenutzung, sušenie vo fluidnom lôžku s interným využitím odpadového tepla) vyvinutá spoločnosťou RWE. Energia potrebná na sušenie sa vstrekuje prostredníctvom výmenníkov tepla integrovaných do sušičky vo fluidnom lôžku a ohrieva sa parou. Sušenie prebieha prakticky v 100 % čistej, mierne prehriatej vodnej pare.

Pri systéme s tlakom približne 1,1 baru a teplote fluidného lôžka 110 °C je obsah zvyškovej vlhkosti v prípade rýnskeho hnedého uhlia rádovo 12 %.

Prototypová prevádzka WTA v Niederaußeme je najväčším systémom na sušenie hnedého uhlia na svete s príkonom 210 ton surového hnedého uhlia za hodinu a odparovaním vody 100 ton za hodinu.

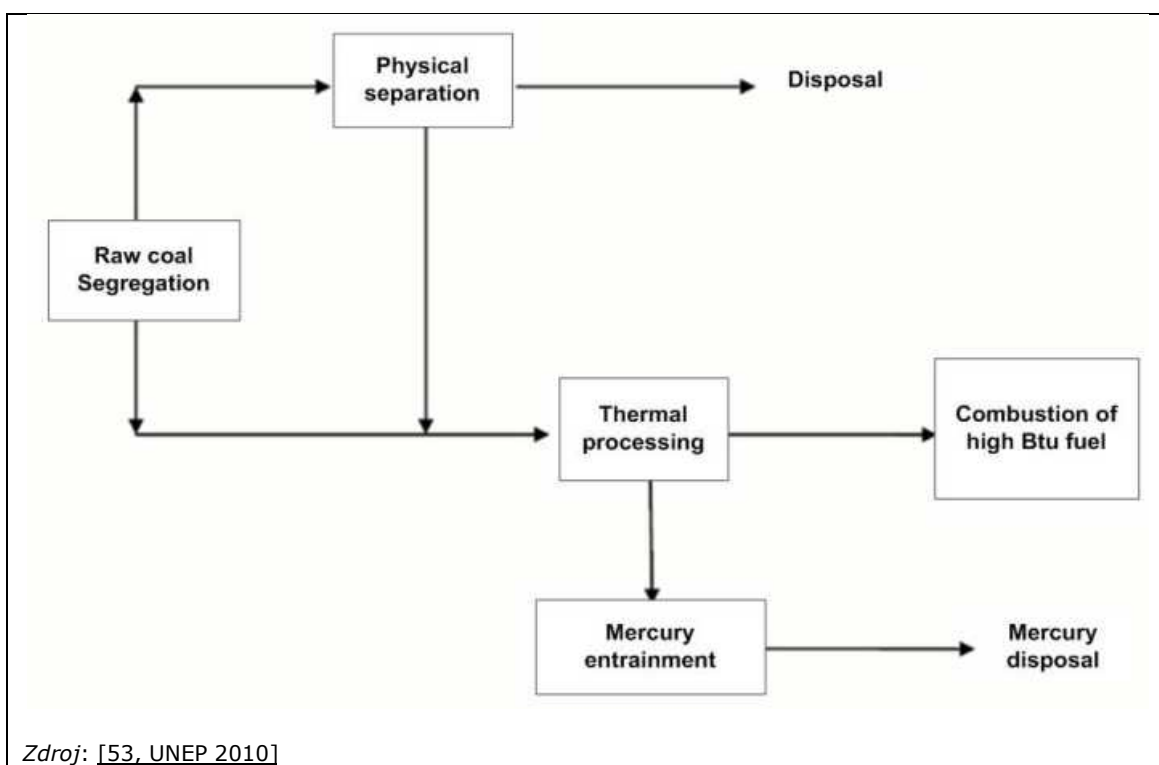
[282, EPPSA 2012]

11.4.1.2 Zníženie emisií ortuti

11.4.1.2.1 Obohacovanie uhlia

Obohacovanie uhlia je nová technika prípravy uhlia, ktorá zlepšuje vlastnosti uhlia nad rámec toho, čo je možné dosiahnuť samotným práním uhlia. Zahŕňa pranie uhlia ako primárny krok, ale potom používa dodatočné spracovanie na zníženie obsahu ortuti v uhlí. Príkladom je proces K-Fuel, ktorý je v skutočnosti procesom kontroly viacerých znečisťujúcich látok pred spaľovaním, pretože okrem zníženia emisií ortuti znižuje aj emisie PM, SO₂ a NO_x. Obohatené uhlie môže pochádzať z bituminózneho alebo subbituminózneho uhlia alebo hnedého uhlia. Výsledné palivo má nižší obsah popola, vyššiu výhrevnosť a produkuje menej emisií znečisťujúcich látok ako neupravené uhlie.

Ide o dvojfázový proces, ako je znázornené na obrázku 11.6.



Obrázok 11.6: Prezentácia procesu úpravy uhlia K-Fuel

Dva kroky sú:

- fyzikálne oddelenie: na odstránenie popola spolu s inými znečisťujúcimi látkami sa používa proces gravitačného oddelenia, buď mokrý, alebo suchý;
- tepelné spracovanie: po fyzikálnom oddelení sa používa tepelné spracovanie v nádržiach pracujúcich pri vysokej teplote a tlaku (240 °C a 340 kPa).

Demonštračné projekty preukázali zníženie obsahu ortuti až o 70 % pomocou procesu K-Fuel a zníženie o 28 – 66 % v prípade viacerých druhov uhlia nízkej kvality. Zníženie emisií SO₂ a NO_x dosiahlo až 40 %, resp. 46 %, hoci sa to líši v závislosti od druhu uhlia.

Vzhľadom na obmedzené prevádzkové skúsenosti v súčasnosti neexistujú dostatočné informácie na odhad ceny spracovaného uhlia. V budúcnosti sa cena K-Fuel môže zakladať na cene konkurenčného uhlia na základe výhrevnosti plus kredity za environmentálne prínosy (zníženie emisií SO₂, NO_x a ortuti).

11.4.1.2.2 Oxidačné katalyzátory

Oxidačné katalyzátory môžu mať formu práškových chemikálií vstrekaných buď do kotla, alebo do výfukových plynov kotla, aby pomohli premeniť elementárnu ortuť na oxidovanú ortuť, ktorá sa ľahšie zachytáva. Oxidácia elementárnej ortuti, ktorá sa potom zachytáva zariadeniami na kontrolu častíc alebo absorbuje cez mokrý práčkový systém, má potenciál stať sa spoľahlivou a nákladovo efektívnou stratégiou kontroly ortuti pre niektoré uhoľné elektrárne.

Americké ministerstvo energetiky uvádza príklady oxidačných katalyzátorov testovaných v prevádzkových elektrárnach, medzi ktoré patria:

- Spoločnosť URS Corporation testovala oxidačné katalyzátory v zariadení, ktoré spaľuje zmes texaského hnedého uhlia a subbituminózneho uhlia. Testy dokončené v apríli 2005 ukázali, že oxidačné katalyzátory umožnili mokrej práčke dosiahnuť zníženie emisií ortuti v rozmedzí od 76 % do 87 %, v porovnaní s iba 36 % znížením za základných podmienok.
- Spoločnosť URS tiež testovala oxidačné katalyzátory v kotle spaľujúcom nízkosírne východné bituminózne uhlie, ktorý bol vybavený elektrickým prachovým filtrom na strane studenej vody. Tento sedemročný program testoval oxidačné katalyzátory na báze zlata a platiny a bol dokončený koncom roka 2010, pričom sa preukázalo niekoľko experimentálnych obmedzení.

Skúmané parametre boli nasledujúce: množstvo katalyzátora potrebné na dosiahnutie vysokého percenta oxidácie ortuti, životnosť katalyzátora a účinnosť zachytávania ortuti.

Existujú aj oxidačné katalyzátory s pevnými aktívnymi vrstvami na kovovej alebo keramickej nosnej štruktúre. Testy sa vykonávajú s dodatočnou vrstvou katalyzátora Hg v katalyzátoroch DeNO_x.

[2, EEB 2012] [38, US-GAO 2009]

11.4.1.2.3 Ďalšie nové technológie obmedzovania emisií

Proces „Thief Process“ bol patentovaný organizáciou NETL amerického ministerstva energetiky (DOE) a licencovaný spoločnosti Nalco Mobotec. Môže byť nákladovo efektívnou alternatívou k vstrekovaniu sorbentu. Niektoré predbežné odhady nákladov vypracované organizáciou NETL a uverejnené v roku 2006 naznačujú úspory nákladov, ktoré by predstavovali približne 50 % nákladov konvenčného systému vstrekovania aktívneho uhlíka. Neboli zistené žiadne komerčné aplikácie tejto techniky.

Na základe tohto „Thief Process“ NETL nedávno (2012) patentoval „Thief carbon catalyst“ na oxidáciu ortuti v odpadových vodách zo zariadení pochádzajúcich z priemyselných zdrojov vrátane uhoľných spaľovacích zariadení. Aktívnou zložkou katalyzátora je čiastočne spálené uhlie, nazývané „Thief“ uhlík, ktoré môže byť predbežne upravené halogenidom alebo ponechané bez úpravy v prítomnosti odpadového plynu obsahujúceho halogenid. Uvádza sa, že tento katalyzátor má dvojité výhody: vysokej úrovne oxidácie ortuti a vysokej úrovne adsorpcie halogenidov alebo zlúčenín obsahujúcich halogenidy. Táto technológia by mala výhody v podobe dlhšej životnosti katalyzátora a súčasne nižších dlhodobých nákladov. [2, EEB 2012] [38, US-GAO 2009]

11.4.1.2.4 Fotochemický oxidačný proces

Fotochemická oxidácia je patentovaný proces, pri ktorom sa do výfukových plynov vnáša ultrafialové žiarenie, aby sa ortuť premenila na oxidovanú formu, ktorá sa zachytáva v iných zariadeniach na kontrolu znečistenia.

[2, EEB 2012] [38, US-GAO 2009]

11.4.1.3 Technológie na znižovanie emisií viacerých znečisťujúcich látok

V súčasnosti sa objavujú nasledujúce technológie na kontrolu viacerých znečisťujúcich látok:

- Systém Regenerative Activated Coke Technology (ReACT™), vyvinutý, testovaný a komercializovaný spoločnosťou Hamon Research-Cottrel (HRC), pozostáva z aktivovaného koksu v pohyblivom lôžku s regeneráciou koksu pred návratom do adsorbéra s kyselinou sírovou ako vedľajším produktom. Účinnosť odstraňovania > 90 % pre SO₂ a ortuť a > 20 % pre NO_x je deklarovaná; koncentrácia tuhých častíc by sa tiež znížila o 50 %.

V auguste 2013 spoločnosť HRC oznámila, že dostala úplné povolenie na pokračovanie v projektovaní, obstarávaní a inštalácii systému ReACT™ v 320 MW_e zariadení vo Wisconsine, ktorá spaľuje uhlie PRB. Odhadované náklady na tento projekt boli 250 miliónov USD.

- Americká spoločnosť Eco Power Solutions vyvinula, otestovala a uviedla na trh systém využívajúci proces vstrekovania ózonu na konverziu NO_x. Hmla sa zmieša s roztokom peroxidu vodíka na konverziu SO_x, ktorý sa kondenzuje súčasne s inými znečisťujúcimi látkami nad cievkami, aby sa odstránili všetky emisie zo spaľovania z prúdu výfukových plynov. Tento proces premieňa NO_x a SO_x na kyselinu dusičnú a sírovú v prúde odpadovej vody zachytávanej na dne jednotky. Súčasne sa počas kondenzačnej fázy odstraňujú nespálené uhľovodíky a tuhé častice spolu s kyselinou uhličitou vznikajúcou z rozpusteného CO₂. Táto odpadová voda sa potom môže čistiť a recyklovať.

Účinnosť odstraňovania SO_x a NO_x je údajne > 99 % a > 98 %, pričom vysoká účinnosť odstraňovania je aj v prípade ortuti, arzenu, niklu a tuhých častíc (> 95 %). HCl by sa tiež odstraňoval s vysokou účinnosťou a CO₂ by sa tiež čiastočne zachytával (30–50 %). Kapitálové náklady tohto systému sú údajne o 25 % nižšie ako náklady alternatívnych riešení a náklady na tonu zníženia emisií by boli o 20–40 % nižšie ako v prípade tradičných technológií. Ďalšou výhodou je, že táto technológia by mohla byť nainštalovaná a spustená do prevádzky za 30 mesiacov.

- Izraelská spoločnosť Lextran vyvinula a komercializovala proces, v ktorom sa absorpcia realizuje reakciou SO₂ a NO_x s patentovaným katalyzátorom v procese mokrého čistenia, ktorý nahrádza vápennú emulziu. Katalyzátor Lextran je organická látka vo forme emulzie, ktorá obsahuje aktívnu funkčnú skupinu síry a kyslíka s katalytickými vlastnosťami, ktoré zvyšujú oxidačné reakcie SO_x a NO_x na anióny SO₄ a NO₃. Po uľahčení počiatočnej oxidácie sa katalyzátor Lextran uvoľní a recykluje späť do procesu, pričom znečisťujúce látky zostávajú v chemickej forme, ktorá je vhodná na komerčné využitie ako vedľajšie produkty (hnojivá) s ďalšou neutralizáciou amoniakom, KOH alebo inými zásaditými činidlami na kontrolu typu vedľajšieho produktu. Možnými vedľajšími produktmi sú preto hlavne dusičnan amónny, síran amónny, síran draselný, dusičnan draselný a iné.

Testy preukázali, že technológia Lextran by bola schopná odstrániť až 99 % SO_x a až 90 % NO_x. Štúdia vykonaná Elektrickým energetickým výskumným inštitútom naznačuje, že kotol s výkonom 500 MW využívajúci túto technológiu by mohol v porovnaní so základnými metódami kontroly znečistenia ušetriť odhadom 40 % kombinovaných kapitálových a prevádzkových nákladov za 10 rokov.

11.5 Spaľovanie kvapalných palív

11.5.1 Spaľovanie komerčných kvapalných ropných palív v kotloch / motoroch / turbínach

11.5.1.1 Dvojstupňové turbodúchadlo pre veľké spaľovacie motory

Kombinácia Millerovho cyklu (skoré uzavretie sacieho ventilu pred dolnou úvraťou (BDC)) a vysokotlakového turbodúchadla sa používa na zníženie emisií NO_x a zároveň na zníženie spotreby paliva a emisií CO_2 pri dosiahnutí vyššej hustoty výkonu (zvýšený výkon jednotky). V posledných rokoch našlo dvojstupňové turbodúchadlo svoje prvé uplatnenie v oblasti automobilových a vysokootáčkových motorov. V prípade veľkých stacionárnych motorov sa tento koncept v súčasnosti nachádza v demonštračnej fáze kvôli zvýšenej zložitosti.

Millerov cyklus bol postupne zavedený do veľkých stredne rýchlych motorov s cieľom prekonať kompromis medzi tvorbou tepelného NO_x a spotrebou paliva. V prípade väčších motorov, pre možnú budúcnosť extrémnej Millerovej koncepcie, nestačí jednostupňové turbodúchadlo a bude potrebné dvojstupňové turbodúchadlo.

Testovanie prototypu v laboratórnych podmienkach ukázalo potenciál znížiť emisie NO_x o 60 % a zároveň znížiť spotrebu paliva až o 3 %. Predtým, ako sa veľké dvojstupňové turbodúchadlom preplňované stredne rýchle dieselové motory začnú široko používať, je však potrebné prekonať ešte mnoho technických ťažkostí.

Najmä v prípadoch, keď by bola potrebná kombinácia so systémom SCR na ďalšie zníženie emisií NO_x , by v prípade palív obsahujúcich síru bola teplota výfukových plynov za turbínou druhého turbodúchadla príliš nízka na to, aby sa zabránilo kondenzácii bisulfátu amónneho, takže zariadenie SCR by bolo potrebné vložiť medzi turbíny prvého a druhého turbodúchadla, čo ovplyvňuje prechodné správanie motora.

V dôsledku toho sú potrebné ďalšie výskumné a vývojové práce a rozsiahle testovanie, kým bude možné komerčne uviesť na trh koncepciu kombinovaného SCR a dvojstupňového turbodúchadla Miller.

[287, EUROMOT 2012]

11.5.2 Aplikácie palivových článkov

Aplikácie palivových článkov sa považujú za budúcnosť energetických technológií pre čisté kvapalné palivá. Môžu priniesť zlepšenie v oblasti ochrany životného prostredia a očakáva sa, že povedú k vyššej energetickej účinnosti (možno až o 70 %). Pred ich širokým uplatnením je potrebné preukázať stabilitu prevádzky počas kvalifikovanej životnosti. V súčasnosti je veľkosť pilotných zariadení v porovnaní s LCP malá.

11.6 Spaľovanie plyných palív

11.6.1 Spaľovanie zemného plynu v kotloch / motoroch / turbínach

11.6.1.1 Millerov cyklus a dvojstupňové turbodúchadlo v plynových motoroch s chudobnou zmesou

Všeobecný opis kombinácie Millerovho cyklu a dvojstupňového turbodúchadla nájdete v oddiele 6.1.4.2 v kapitole o spaľovaní kvapalných palív.

Ottov cyklus plynových motorov s chudobnou zmesou vedie k podstatnému zníženiu tvorby NO_x ; maximálna teplota cyklu je však obmedzujúcim faktorom pre priemerný efektívny tlak a účinnosť v dôsledku klepania. Millerov cyklus umožňuje podstatne znížiť teplotu spaľovania, a tým dosiahnuť vyššie kompresné pomery, vyššie spaľovacie tlaky a vyššie priemerné efektívne tlaky.

Laboratórne testy preukázali podobné zvýšenie účinnosti ako testy dieselových motorov. Testy však preukázali zvýšený únik metánu v dôsledku vyššieho tlaku vo valci. V dôsledku toho bude potrebné ďalej rozvíjať primárne techniky, ktoré sa v súčasnosti používajú na zníženie celkových emisií uhlíkovodíkov v plynových motoroch, aby sa udržali úrovne úniku metánu dosiahnuté plynovými motormi, ktoré sú v súčasnosti na trhu. S cieľom ďalej znížiť únik metánu pomocou koncepcie dvojstupňového preplňovania môže byť potrebný vývoj vhodných sekundárnych metód znižovania emisií (pozri oddiel 11.6.1.2). [287, EUROMOT 2012]

11.6.1.2 Vývoj úniku metánu z plynových motorov s chudobnou zmesou

Od začiatku 90. rokov sa na zníženie emisií uhlíkovodíkov pri zachovaní nízkych úrovní NO_x používajú primárne opatrenia v motore. Testy ukázali, že primárne opatrenia majú ďalší potenciál na zníženie emisií uhlíkovodíkov, existujú však obmedzujúce faktory, ktoré neumožňujú úplné zabránenie nespálenému palivu.

Približne v polovici 90. rokov 20 sa začal vývoj sekundárnych techník na znižovanie emisií metánu. Táto prebiehajúca práca viedla k vývoju viacerých koncepcií, ale zároveň poukázala na rad technických problémov, ktoré je ešte potrebné vyriešiť. Boli preskúmané rôzne možnosti sekundárneho znižovania emisií vrátane použitia oxidačného katalyzátora, plazmového procesu, dochladzovačov a rekuperačných termických oxidátorov. Plazmový proces a dochladzovač nie sú ďalej opisované z dôvodu vysokej energetickej náročnosti, ale ostatné dva procesy sú uvedené nižšie. [286, EUROMOT 2012]

11.6.1.2.1 Oxidačný katalyzátor

Testy s oxidačnými katalyzátormi v kontexte motorov s chudobnou zmesou ukázali, že vzhľadom na vyššiu teplotu vznietenia metánu v porovnaní s CO alebo inými uhlíkovodíkmi je teplota výfukových plynov v rozmedzí 400 – 450 °C príliš nízka na účinné znižovanie emisií CH_4 a mala by sa zvýšiť najmenej o 200 °C.

Aby sa dosiahla požadovaná úroveň teploty, oxidačný katalyzátor by sa mohol umiestniť do prúdu spalín pred turbodúchadlom alebo pomocou regeneratívnych výmenníkov tepla za turbodúchadlom. Kým druhá možnosť podstatne ovplyvňuje dynamiku a výkon motora, prvá možnosť to nerobí, ale predstavuje väčšie technické výzvy.

Ďalšou výzvou, ktorú testy potvrdili, je rýchla degradácia aktivity katalyzátora, čo si vyžaduje vývoj regeneračného systému. Vysoké náklady na oxidačné katalyzátory na báze ušľachtilých kovov tiež prispievajú k pretrvávajúcim výzvam v oblasti komerčnej životaschopnosti produktu.

11.6.1.2.2 Rekuperačné oxidačné činidlo

Funkčný princíp rekuperačných oxidačných činidiel je založený na vnútornom lôžku (zvyčajne piesok alebo keramický materiál), ktoré sa zahrieva na teplotu 800 °C, čo umožňuje zapálenie CH₄. Vnútorné lôžko ukladá teplo uvoľnené pri rozklade CH₄ a niekedy je tiež zahrievané dodatočným zdrojom tepla. Smer toku výfukových plynov do/z reaktora sa v pravidelných intervaloch mení, aby sa v lôžku udržalo čo najviac tepla. Teplo z lôžka je výfukovými plynmi nepretržite transportované smerom k výstupu z lôžka. Spaliny vstupujúce do vstupu reaktora sú ohrievané lôžkom a obsah uhlíkovodíkov sa zapáli v strede lôžka. Na kompenzáciu vysokého poklesu tlaku spôsobeného vnútorným lôžkom môže byť potrebný dodatočný ventilátor spalín.

Rekuperačné reaktory ponúkajú vysoké zníženie THC a CH₄, ale sú veľké a kapitálovo náročné. Vyžadujú tiež nepretržitú prevádzku, a preto nie sú vhodné pre aplikácie s prerušovanou prevádzkou, ako sú napríklad zariadenia s maximálnym zaťažením.

11.6.1.3 Spalovanie s kyslíkom

Spalovanie s kyslíkom umožňuje zachytávanie CO₂ priamym stlačením spalín bez ďalšieho chemického zachytávania alebo separácie. Optimalizácia konkurencieschopnosti procesu spalovania kyslíkom na výrobu energie si vyžaduje niekoľko zdokonalení:

- prispôsobenie kryogénnych jednotiek na odlučovanie vzduchu pre energeticky účinnejšie využitie a prevádzku vo veľkých horákoch na kyslíkové palivo;
- zariadenia alebo vývoj nových technológií spalovania kyslíkom, ako je chemické spalovanie s recirkuláciou;
- prispôsobenie technológií spalovania spalovaniu kyslíkom;
- bezpečná prevádzka pri zvýšenom spalovaní kyslíkom a otázky bezpečnosti súvisiace s oxidom uhličitým;
- optimalizácia prenosu tepla v kotle;
- optimalizácia parného cyklu s cieľom kompenzovať stratu účinnosti spôsobenú CCS;
- optimalizácia recirkulácie spalín.

Do roku 2010 bolo vo svete naplánovaných niekoľko modelových zariadení s výkonom 10 – 50 MW_{th} a do roku 2015 by mohli byť k dispozícii modelové jednotky s výkonom 100 – 500 MW_{th}. Technológie spalovania s kyslíkom by mohli byť komerčne dostupné okolo roku 2020.

Zníženie emisií NO_x (na základe hmotnostných emisií) v procesoch spalovania kyslíkom je spôsobené hlavne veľmi nízkou koncentráciou N₂ zo vzduchu v spaľovacej komore. Zníženie tvorby NO_x je potom výsledkom recirkulácie spalín (a interakcií medzi recyklovaným NO_x, dusíkom z paliva a uhlíkovodíkmi uvoľnenými z paliva). [36, EGTEI 2012]

11.6.1.4 Katalytické spalovanie

Katalytické spalovanie je technológia, pri ktorej dochádza k bezplameňovému spaľovaniu paliva. Tento proces uvoľňuje rovnaké množstvo energie ako systémy spaľovania na báze plameňa, ale pri nižšej maximálnej teplote. Dôležité je, že táto nižšia teplota je pod prahom, pri ktorom sa tvorí NO_x. To sa dosahuje spaľovaním na katalytickom povrchu na báze paládia. Keďže teplotný rozsah, v ktorom je katalyzátor aktívny, je obmedzený, a to ako na spodnej hranici (nedostatočná aktivita), tak aj na hornej hranici (degradácia), proces spalovania pozostáva z troch fáz:

- **Predspaľovanie:** Integrovaný predradený horák zvyšuje teplotu prichádzajúcej zmesi plynu a vzduchu na hodnotu potrebnú na aktiváciu katalyzátora. To platí hlavne v situáciách s nízkym zaťažením. V predradenom horáku sa zvyčajne spotrebuje len malá časť paliva.
- **Katalytické spaľovanie:** Katalytické spaľovanie prebieha pri relatívne nízkych teplotách, čím sa zabraňuje tvorbe NO_x. Nie všetko palivo sa tu spáli, pretože by to príliš zvýšilo teplotu katalyzátora a tým by došlo k jeho degradácii.
- **Homogénne spaľovanie:** Zvyšok paliva sa spaľuje v podmienkach chudobnej zmesi. Nedochádza k nestabilite plameňa, pretože vstupná teplota v tejto zóne je už pomerne vysoká v dôsledku katalytického spaľovania v predchádzajúcej časti.

Technológia katalytického spaľovania, ktorá je veľmi sľubná, sa práve začína komerčne využívať v USA. Informácie poskytnuté výrobcami sa vo všeobecnosti zakladajú na inštaláciách „overených v praxi“. Katalytické spaľovanie bolo overené len v pilotnom meradle na 1,5 MW_e plynovom turbínovom motore. Plány na použitie na 170 MW_e plynovú turbínu sa momentálne vyvíjajú. Pri použití tejto techniky sa očakávajú hladiny NO_x nižšie ako 10 mg/Nm³.

11.6.1.5 Bezplameňové spaľovanie

Opis

Bezplameňové spaľovanie sa dosahuje riedením reakčných činidiel prostredníctvom silnej recirkulácie spálených plynov a jeho cieľom je spaľovanie plynov pri teplotách nad teplotami samovznietenia (~850 °C), pričom sa dosahuje veľmi nízka úroveň emisií NO_x a vysoká účinnosť vykurovania. Názov „bezplameňové spaľovanie“ pochádza zo skutočnosti, že vo vysokoteplotných peciach nie je viditeľný plameň (pozri obrázok 11.7). V tejto konfigurácii bránia pozorovaniu predného plameňa žiarové tepelné toky zo steny.



Obrázok 11.7: Typický obrázok spaľovania dosiahnutého bezplameňovým horákom

Tradičné horáky s nízkymi emisiami NO_x pre kotly:

- môžu produkovať vysoké emisie CO;
- neumožňujú vysoké rozsahy modulácie tepelného zaťaženia;
- vyžadujú vysoké pomery vzduchu (čo znižuje energetickú účinnosť kotla);
- môžu vytvárať dlhé plamene, ktoré môžu poškodiť kotel.

Bezplameňový režim spaľovania môže tieto problémy vyriešiť.

Klasické horáky môžu udržať stabilitu spaľovania prostredníctvom stability plameňa. Klasické horáky preto vedú k veľkým teplotným gradientom, čo má za následok vysokú rýchlosť tvorby NO_x v horúcich zónach. Stav bezplameňového spaľovania možno dosiahnuť rôznymi spôsobmi. Jedna z metód, ktorá sa už komerčne využíva pri vysokých teplotách prívodu vzduchu (priemyselné pece), je založená na zvýšení rýchlosti recirkulácie na vysoké recirkulačné pomery s cieľom udržať stabilné spaľovanie. Pri rýchlostiach recirkulácie nad určitým pomerom ($K_v > 3$ (Milani a Wüning, 2001)) vysoká rýchlosť vstrekovania zmesi paliva a vzduchu udržuje stabilné spaľovanie za predpokladu, že je zabezpečená samovznietenie v bode zmiešavania reakčných zložiek. Súčasne vysoká úroveň riedenia vyvolaná vysokými rýchlosťami recirkulácie minimalizuje teplotný gradient, ako aj kolísania v spaľovacej komore.

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie emisií NO_x.

Environmentálne vlastnosti a prevádzkové údaje

Koncentrácie NO_x nižšie ako 50 mg/Nm³ (pri 3 % O₂), bez akýchkoľvek externých techník FGR alebo sekundárnych techník znižovania NO_x.

Stav implementácie

Koncepcia bezplameňového spaľovania bola zavedená v 80. a 90. rokoch 20. storočia pre priemyselné pece (napr. sklárske pece), kde sú teploty výrazne vyššie (> 1 000 °C) ako v spaľovniach.

Výskumné aktivity (projekt CANOE) realizuje od roku 2010 spoločnosť CRIGEN (ENGIE, bývalá GDF Suez) v spolupráci s CORIA (Université de Rouen / INSA Rouen) a Ecole Centrale de Paris s cieľom preniesť tento koncept do kotlov. Tieto aktivity boli založené na počítačových simuláciách, laboratórnych a polopriemyselných pilotných testoch (vrátane stability plameňa, vývoja modelovacích nástrojov, detekcie „plameňa“ z bezpečnostných dôvodov, odhadov nákladov atď.) so zameraním na plynové kotly (ohňové rúrky a vodné rúrky), kde sú teploty nižšie ako 1 000 °C.

V roku 2015 bol overený návrh kotla s ohnivými rúrkami s výkonom 1 MW_{th}. Výsledky ukázali, že emisie NO_x nižšie ako 50 mg/Nm³ (pri 3 % O₂) je možné dosiahnuť v celom rozsahu tepelného zaťaženia.

Ďalšie testy s plným modelovým príkonom (5 MW_{th}) sa očakávajú v roku 2016 a komerčné horáky v rozsahu 10–500 MW_{th} sa očakávajú do roku 2018.

Hospodárska únosnosť a použiteľnosť

Modernizácia je hlavným cieľom pre priemyselné kotly spaľujúce zemný plyn (jednoduchá výmena horáka a minimálne úpravy kotla), hoci z tejto technológie môžu profitovať aj nové zariadenia. Hospodársky prínos bezplameňového spaľovania je založený na vysokej účinnosti vykurovania, dlhej životnosti kotla a nízkych prevádzkových nákladoch.

Hnacia sila implementácie

- Dosiahnutie nízkych koncentrácií NO_x bez sekundárnych techník znižovania NO_x.
- Vysoký rozsah modulácie.
- Krátky plameň.

Referenčná literatúra

[318, Ourliac et al. 2015] [319, Ourliac et al. 2015] [320, Stierlin et al. 2011] [321, Stierlin 2011] [322, Villermaux et al. 2008] [323, Levy et al. 2004] [324, Milani et al. 2002] [325, Milani et al. 2002]

11.6.1.6 Chladenie parou v uzavretom okruhu

Ďalším pokrokovým vývojom v oblasti plynových turbín je použitie parného chladenia namiesto vzduchového chladenia v plynových turbínach s kombinovaným cyklom (CCGT). Zvyčajne sa vzduch odsávaný z kompresora plynových turbín používa na chladenie hriadeľa a lopatiek turbíny. Množstvo chladiaceho vzduchu predstavuje až 20 – 25 % prietoku vzduchu kompresora. Odvádzaný vzduch nie je k dispozícii pre proces spaľovania a pri prechode úzkymi kanálmi v lopatkách turbíny stráca tlak, čo spôsobuje straty účinnosti v procese plynových turbín. Použitím pary namiesto stlačeného vzduchu sa tieto nevýhody eliminujú. Chladenie parou je účinnejšie ako chladenie vzduchom.

V spomínaných turbínach sa používa uzavretý systém parného chladenia. Para chladí horúce komponenty, ako sú lopatky turbíny, lopatky alebo prechodové kusy. Použitá para sa nemieša s hlavným prúdom plynu cez plynovú turbínu (ako v otvorenom systéme), ale sa vracia späť do parného systému, kde sa môže expandovať ako prehriata para cez parnú turbínu. Para na chladenie sa odoberá z výfukovej časti vysokotlakovej parnej turbíny. Para sa opätovne zahrieva na teplotu opätovného ohrevu a potom sa zmieša s opätovne zahriatou parou zo spalínového kotla (HRSG) a vedie sa do stredotlakovej časti parnej turbíny na ďalšie expandovanie. Chladiaca para nemá vplyv na hlavný tok cez plynovú turbínu a v zásade by nemala dochádzať k spotrebe vody. Chladenie parou v uzavretom okruhu má niektoré nevýhody v CCGT prevádzkovaných v flexibilnom režime.

Použitím chladenia parou sa zvýši teplota na vstupe do turbíny bez relevantného zvýšenia teploty spaľovania. Výsledkom je vyššia účinnosť bez zvýšenia emisií NO_x. Chladenie parou namiesto vzduchu výrazne znižuje množstvo vzduchu odvádzaného z kompresora, stlačeného vzduchu a tým aj spotrebu energie kompresora. To tiež vedie k vyššej účinnosti plynových turbín a k zníženiu špecifických emisií.

S touto novou technológiou chladenia je možné dosiahnuť zvýšenie účinnosti kombinovaného cyklu o jeden alebo dva percentuálne body a očakáva sa účinnosť 60 %. Niekoľko výrobcov systémov vyvinulo technológiu CCGT, ktorá v komerčnej prevádzke prekračuje účinnosť 58 %, ale žiadny z nich nedosiahol 60 %. Očakáva sa, že v najbližších rokoch účinnosť vzrastie až na 62 %.

Príklady zariadení

Hoci sa tento koncept stále vyvíja, uzavretý chladiaci systém sa už používa v komerčných systémoch, ako je séria CCGT „H“ spoločnosti GE. Príklady zariadení:

- CCGT Baglan Bay vo Veľkej Británii;
- závod TEPCO Futtsu 4 1 520 MW_e v Japonsku;
- závod Inland Empire CCGT v južnej Kalifornii.

[55, EEB 2012]

11.6.1.7 Potenciál pre ďalší rozvoj

Medzi ďalšie dôležité potenciálne vylepšenia patria:

- zlepšenie materiálov a chladenia, aby bolo možné dosiahnuť teploty na vstupe do turbíny 1 500 °C pre rámové plynové turbíny a 1 700 °C pre plynové turbíny odvodené z leteckých motorov;
- zníženie množstva stlačeného vzduchu používaného ako chladiaci prostriedok;
- chladenie lopatiek externým chladiacim prúdom (vodou alebo parou);
- v budúcnosti všeobecné používanie lopatiek z monokryštálu;

- zlepšenie teplotného profilu na vstupe turbíny; bez horúcich bodov je možné nastaviť všeobecnú teplotu tesne pod teplotný limit daný materiálom. [123, Eurelectric 2001]

11.6.1.8 Možnosti rekuperácie

Existuje niekoľko možností, ako získať teplo z výfukových plynov späť do procesu plynových turbín. V tejto časti sú opísané niektoré z týchto možností.

11.6.1.8.1 Plynová turbína s medzichladičom a rekuperáciou

Veľká časť energie vyrobenej turbínou je potrebná na pohon kompresora. Spôsobom, ako zlepšiť účinnosť plynových turbín, je znížiť prácu kompresora ochladením prúdu vzduchu prechádzajúceho kompresorom. Výkon kompresora je úmerný objemovému prietoku. Teoreticky by ochladenie po každom stupni kompresora prinieslo najväčšie zníženie práce kompresora, v praxi je však možné použiť len obmedzený počet stupňov ochladenia.

Ak je teplota výfukových plynov plynového turbínového motora vyššia ako teplota výstupného vzduchu kompresora, je možné preniesť časť tepla z výfukových plynov do výstupného vzduchu kompresora. Tým sa zvyšuje účinnosť plynového turbínového motora, pretože na ohrev plynu na požadovanú vstupnú teplotu turbíny je potrebné menej paliva. Tento druh rekuperácie sa môže používať hlavne pre plynové turbínové motory s miernym kompresným pomerom alebo pre plynové turbínové motory s medzichladičmi kompresorov.

Konštrukcie, ktoré zahŕňajú použitie medzichladienia kompresora a rekuperácie, ako je opísané, môžu dosiahnuť účinnosť 54 %, vypočítanú pri teplote na vstupe do turbíny 1 200 °C. [123, Eurelectric 2001]

11.6.1.8.2 Cyklus HAT

V cykle turbíny s vlhkým obehom (HAT) umožňuje zvlhčenie stlačeného vzduchu za vzduchovým kompresorom znížiť teplotu stlačeného vzduchu. V cykle HAT je všetok vzduch nasýtený vodnou parou s využitím odpadového tepla z medzichladičov kompresora a zo spalín plynovej turbíny. V tomto cykle je možné využiť väčšie množstvo regenerovaného tepla z výfukových plynov ako v procese s medzichladením a rekuperáciou. Problémom tohto cyklu je, že na tento proces nie je možné použiť štandardné plynové turbíny, pretože saturáciou všetkého vzduchu kompresora vodou sa príliš zvýši hmotnostný prietok turbínou. Vysoký obsah vodnej pary v spaľovacom vzduchu môže tiež spôsobiť problémy horákom, hoci pri tomto procese nižší kompresný pomer vedie k vyššej účinnosti. Pri teplote na vstupe do turbíny 1 200 °C je možná účinnosť približne 53 %. [123, Eurelectric 2001]

11.6.1.8.3 Proces TOPHAT

V tomto procese sa vzduch zvlhčuje na vstupe kompresora vstrekaním vody. Teoreticky je možné vstrekovanie aj po každom stupni kompresora. Tým sa zvyšuje účinnosť plynových turbín o až o 55 %, vypočítané pre vstupnú teplotu turbíny 1 200 °C, čo je najvyššia hodnota účinnosti cyklov opísaných vyššie. Ďalšie zlepšenie cyklu TOPHAT je možné dosiahnuť vstrekaním vody medzi jednotlivými fázami kompresora. Voda preto musí byť ohrievaná a tlakovaná. Na ohrev vstrekovanej vody sa využíva teplo z výfukových plynov. [123, Eurelectric 2001]

11.6.1.8.4 Cyklus CHAT

Cyklus CHAT (Cascade Humidified Advanced Turbine) využíva nízkotlakovú a vysokotlakovú plynovú turbínu na samostatných hriadeľoch a je zložený z existujúcich kompresorov a turbín, aby umožnil zvýšený hmotnostný prietok turbínami vďaka nasýteniu vodou. Cyklus zahŕňa medzichladenie medzi samostatnými kompresormi, ako aj opätovný ohrev spalín medzi samostatnými turbínami. [123, Eurelectric 2001]

11.6.1.9 Metóda pokročilého spaľovania s chudobnou zmesou pre plynové motory

Začlenenie vstrekovania vody a iných techník do plynových motorov s chudobnou zmesou je stredobodom prebiehajúcich výskumných a vývojových snáh viacerých výrobcov motorov a je súčasťou programu Advanced Reciprocating Engine Systems (ARES) amerického ministerstva energetiky. Jedným z cieľov programu je vyvinúť stredne veľký motor na zemný plyn s účinnosťou 45 % (HHV), ktorý bude pracovať s emisiami NO_x na úrovni 15 mg/Nm³. Veľkosti motorových jednotiek zúčastňujúcich sa programu ARES sa pohybujú v rozmedzí 1–2 MW hriadeľa. [22, US-EPA 2008]

11.6.2 Spaľovanie syntézneho plynu v kotloch / motoroch / turbínach

11.6.2.1 Podzemná (splyňovanie uhlia) výroba elektrickej energie

Podzemná výroba energie (splyňovanie uhlia) je technika, ktorá bola nedávno navrhnutá vo Veľkej Británii. Viac informácií nájdete v oddiele 11.3.2.

11.6.3 Aplikácie s palivovým článkom

Vodíkové palivové články pre malú až strednú výrobu elektriny a špičkový výkon by sa mohli považovať za alternatívu k OCGT a piestovým motorom. Mohla by sa zvažovať aj výroba vodíka z obnoviteľných zdrojov alebo z prebytkovej energie mimo špičky a jej skladovanie. [54, UK-TWG 2012]

12 ZÁVEREČNÉ POZNÁMKY A ODPORÚČANIA PRE ĎALŠIU PRÁCU

Načasovanie procesu preskúmania

Kľúčové míľniky procesu preskúmania dokumentu BREF pre veľké spaľovacie zariadenia sú zhrnuté v tabuľke 12.1.

Tabuľka 12.1: Kľúčové míľniky v revízii dokumentu BREF pre veľké spaľovacie zariadenia

Kľúčový míľnik	Dátum
Reaktivácia TWG (technická pracovná skupina)	január 2011
Výzva na predkladanie požiadaviek (pracovná skupina TWG predložila na preskúmanie približne 2 400 požiadaviek)	marec – máj 2011
Úvodné zasadnutie TWG	október 2011
Workshop na finalizáciu šablóny dotazníka špecifického pre jednotlivé zariadenia	december 2011
Zber informácií	november 2011 – september 2012
Prvý návrh revidovaného dokumentu BREF pre LCP	jún 2013
Koniec obdobia pripomienkovania prvého návrhu (prijatých 8510 pripomienok)	september 2013
Neformálne medziasadnutie TWG	jún 2014
Záverečné zasadnutie TWG	jún 2015
Webinár a písomná konzultácia o zostávajúcich otázkach po záverečnom zasadnutí pracovnej skupiny TWG	júl – september 2015

Počas procesu preskúmania EIPPCB navštívila celkovo 24 lokalít v šiestich členských štátoch (Španielsko, Holandsko, Nemecko, Poľsko, Estónsko a Fínsko).

Zdroje informácií a medzery v informáciách

Počas procesu preskúmania TWG prostredníctvom informačného systému BAT Komisie (BATIS) zdieľala niekoľko stoviek dokumentov. Medzi nimi bolo približne:

- 425 správ a prípadových štúdií;
- 583 dotazníkov týkajúcich sa konkrétnych zariadení, ktoré zahŕňali celkovo:
 - 112 zariadení na spaľovanie uhlia vrátane 11 zariadení na spoluspaľovanie odpadu,
 - 36 zariadení spaľujúcich hnedé uhlie vrátane 9 zariadení na spoluspaľovanie odpadu,
 - 65 zariadení na spaľovanie biomasy a/alebo rašeliny vrátane 15 zariadení na spoluspaľovanie odpadov,
 - 190 zariadení na spaľovanie zemného plynu (37 kotlov, 7 plynových motorov a 146 plynových turbín),
 - 73 zariadenia na spaľovanie kvapalných palív (29 kotlov, 32 motorov a 12 plynových turbín),
 - 61 zariadení na spaľovanie procesných plynov z výroby železa a ocele,
 - 31 zariadení na spaľovanie kvapalných a/alebo plyných procesných palív z (petro)chemického priemyslu,
 - 9 zariadení spaľujúcich iné palivá a/alebo odpady,
 - 5 splyňovacích zariadení, z ktorých 3 nespádajú do rozsahu LCP BREF.

Dotazníky špecifické pre jednotlivé zariadenia boli predložené z väčšiny krajín EÚ jednotlivými prevádzkovateľmi s pomocou priemyselných zväzov a boli skontrolované príslušnými orgánmi členských štátov.

Príspevky vo forme návrhu textu pre dokument BREF poskytli organizácie EPPSA, EURELECTRIC, EUTurbines, Marcogaz, EUROFER a CEFIC.

Všetky tieto dokumenty posúdila EIPPCB a zohľadnila ich pri vypracúvaní tohto dokumentu. Len veľmi málo z nich nebolo možné zdieľať prostredníctvom BATIS, napríklad z dôvodu obmedzení autorských práv alebo dôvernosti.

Po predložení dokumentov vykonala TWG konkrétne úlohy:

- Bola zriadená podskupina, ktorej úlohou bolo vypracovať návrhy textu kapitoly o splyňovaní a navrhnuť príslušný dotazník špecifický pre jednotlivé zariadenia.
- V období od júna 2014 do septembra 2014 sa vykonal dodatočný zber údajov na úrovni zariadení s cieľom doplniť dostupné údaje na posúdenie možného vzťahu medzi krátkodobými a dlhodobými emisiami.
- Bola zriadená pracovná skupina, ktorej úlohou bolo zhromaždiť dodatočné údaje o energetickej účinnosti na úrovni zariadení v období od júna 2014 do septembra 2014.

V dôsledku toho je v dokumente LCP BREF zahrnutých približne 340 odkazov (pozri časť Literatúra).

Stupeň konsenzu dosiahnutý počas výmeny informácií

Pre tento sektor bolo stanovených celkovo 85 záverov BAT. Tieto závery BAT zahŕňajú:

- 257 rozsahov BAT-AEL plus 74 alternatívnych úrovní uvedených v poznámkach pod čiarou k tabuľkám BAT-AEL,
- 74 rozsahov BAT-AEEL plus 5 alternatívnych úrovní uvedených v poznámkach pod čiarou k tabuľkám BAT-AEL,
- 19 orientačných rozsahov úrovní emisií plus 7 alternatívnych úrovní emisií.

Na záverečnom zasadnutí TWG v júni 2015 sa dosiahla vysoká miera konsenzu vo väčšine týchto záverov BAT. Rôzni členovia TWG však vyjadrili 88 nesúhlasných stanovísk.

Počet nesúhlasných stanovísk sa dá vysvetliť vysokým počtom záverov BAT, BAT-AEL a BAT-AEEL v tomto dokumente, ako aj vysokým počtom členov TWG, ktorí sa aktívne podieľali na procese preskúmania BREF a najmä na záverečnom zasadnutí TWG (140 účastníkov).

Treba poznamenať, že v prípade väčšiny záverov BAT, ku ktorým boli vyjadrené nesúhlasné stanoviská, išlo o stanoviská členov TWG, ktorí požadovali vyššiu úroveň ochrany životného prostredia, ako aj stanoviská členov TWG, ktorí vyjadrili názor, že dohodnuté závery by boli príliš prísne.

Podrobný prehľad vyjadrených nesúhlasných názorov je uvedený v tabuľke 12.2.

Tabuľka 12.2: Vyjadrené nesúhlasné stanoviská

Č.	Záver BAT	Odlišný názor		Vyjadrený	Alternatívna navrhovaná úroveň (ak existuje)
1	Rozsah pôsobnosti	Vylúčiť z rozsahu pôsobnosti LCP BREF činnosť 5.2 prílohy I k IED, s výnimkou spaľovania odpadov, ktoré sú biomasou podľa definície v článku 3 ods. 31 IED		RO, UK	NA
2	Rozsah pôsobnosti	Vylúčiť všetky spoluspaľovania nebezpečného odpadu z rozsahu pôsobnosti dokumentu LCP BREF.		SE, CAN Európa, EEB	NA
3	Vymedzenie pojmu „spaľovacie zariadenie“	Zmeňte definíciu spaľovacích zariadení takto: „... Na účely týchto záverov o BAT sa kombinácia tvorená: • ... • samostatných spaľovacích zariadení, ktoré sú inštalované takým spôsobom, že s prihliadnutím na technické a ekonomické faktory môžu byť podľa posúdenia príslušného orgánu ich spaliny vypúšťané spoločným komínom. sa považuje za jedno spaľovacie zariadenie. [...] Na účely týchto záverov BAT sa zariadenie na tom istom mieste, ktoré má technické prepojenie a ktoré by mohlo mať vplyv na emisie a znečistenie (napr. techniky znižovania emisií implementované v spaľovni), považuje za neoddeliteľnú súčasť spaľovne.“		EEB	NA
4	Vymedzenie pojmu „spaľovacie zariadenie“	Zmeňte definíciu spaľovacieho zariadenia na: „Akékoľvek technické zariadenie, v ktorom dochádza k oxidácii palív s cieľom využiť takto vyrobené teplo. Na účely týchto záverov BAT sa kombinácia tvorená samostatnými spaľovacími jednotkami, ktorých spaliny sú alebo môžu byť vypúšťané spoločným komínom, považuje za jedno spaľovacie zariadenie. Na výpočet celkového menovitého tepelného príkonu takejto kombinácie sa sčítajú výkony všetkých príslušných spaľovacích jednotiek, ktoré majú menovitý tepelný príkon najmenej 15 MW.“ Z prvého stĺpca všetkých tabuliek BAT-AEL sa vypúšťa slovo „celkový“.		FI	NA
5	BAT 4	Preformulovať poznámku pod čiarou ⁽⁴⁾ : V prípade SCR alebo SNCR v kombinácii s technikami mokrého vypierania (napr. mokré/polomokré FGD alebo kondenzátor spalín) môže byť frekvencia monitorovania emisií NH ₃ najmenej raz ročne, ak sa preukáže, že emisie sú dostatočne stabilné.		CZ	NA
6	BAT 7	Odstrániť vyhlásenie, ktoré stanovuje hornú hranicu rozsahu BAT-AEL pre NH ₃ na 15 mg/Nm ³ v prípade spaľovacích zariadení spaľujúcich biomasu a pracujúcich pri premenlivom zaťažení a v prípade motorov spaľujúcich ťažký vykurovací olej/plynový olej.		NL, CAN Európa, EEB	NA
7	BAT 15	Znížiť hornú hranicu rozsahov BAT-AEL pre emisie do vody pre viacero parametrov	TOC	CAN Europe, EEB	20 mg/l
			CHSK	CAN Europe, EEB	60 mg/l
			Fluorid	EEB	12 mg/l
			Síran	CAN Europe, EEB	5 mg/l

8	BAT 20, BAT 24, BAT 28, BAT 33, BAT 38, BAT 44, BAT 49, BAT 56, BAT 73	Stanoviť denné a ročné BAT-AEL pre emisie CO do ovzdušia namiesto ročných orientačných úrovní	DE	NA
		Stanoviť ročné BAT-AEL pre emisie CO do ovzdušia namiesto ročných orientačných úrovní.	AT, BE	NA
9	BAT 20	Doplniť obmedzenie použiteľnosti techniky SNCR, že „nie je použiteľná pre nové a existujúce zariadenia spaľujúce hnedé uhlie s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ “	EL	NA
10	BAT 20	Pridajte obmedzenie použiteľnosti techniky SCR, že „Použiteľnosť v zariadeniach spaľujúcich hnedé uhlie môže byť obmedzená vlastnosťami paliva“.	EL	NA
11	BAT 20 Tabuľka 10.3	Zmena hornej hranice ročných rozsahov NO_x BAT-AEL pre kotly FBC s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ spaľujúce čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie a kotly PC spaľujúce hnedé uhlie	CZ, SK	180 mg/Nm ³ (FBC) 200 mg/Nm ³ (PC)
			EE, EURACOAL	200 mg/Nm ³
			DE, EL, PL, EURELECTRIC	190 mg/Nm ³
			CZ, SK	200 mg/Nm ³ (uhľohé elektrárne spaľujúce hnedé uhlie)
12	BAT 20 Tabuľka 10.3	Znížiť hornú hranicu ročného rozsahu BAT-AEL pre NO_x pre nové kotly na uhlie s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$	EEB	70 mg/Nm ³
		Zmeniť ročný rozsah BAT-AEL pre NO_x pre nové kotly na uhlie s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$	CAN Europe	< 50–70 mg/Nm ³
13	BAT 20 Tabuľka 10.3	Znížiť hornú hranicu ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre NO_x pre existujúce kotly na spaľovanie uhlia s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$	EEB	85 mg/Nm ³ (ročne) 140 mg/Nm ³ (denne)
		Zmeniť ročný rozsah NO_x BAT-AEL pre existujúce kotly na uhlie s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$	CAN Europe	< 50–70 mg/Nm ³
14	BAT 21 Tabuľka 10.4	Zmeniť ročné rozsahy SO_2 BAT-AEL pre všetky existujúce a nové spaľovacie zariadenia s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$	CAN Europe	< 10–75 mg/Nm ³
		Zmeniť ročné a denné rozsahy SO_2 BAT-AEL pre existujúce a nové spaľovacie zariadenia s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$	A) Čierne uhlie: EEB	Existujúce zariadenia: < 40 mg/Nm ³ (ročne) < 75 mg/Nm ³ (denne)

			<u>B) Hnedé uhlie (1– 3,25 % S, suché):</u>		<u>Existujúce zariadenia:</u> $< 130 \text{ mg/Nm}^3$ (ročne) $< 205 \text{ mg/Nm}^3$ (denne) <u>Nové zariadenia:</u> $< 75 \text{ mg/Nm}^3$ (ročne) $< 110 \text{ mg/Nm}^3$ (denne)
			<u>C) Hnedé uhlie (< 1 % S, suché):</u>		<u>Existujúce zariadenia:</u> $< 40 \text{ mg/Nm}^3$ (ročne) $< 75 \text{ mg/Nm}^3$ (denne) <u>Nové zariadenia:</u> $< 20 \text{ mg/Nm}^3$ (ročne) $< 60 \text{ mg/Nm}^3$ (denne)
15	BAT 21 Tabuľka 10.4	Zvýšiť hornú hranicu ročného rozsahu SO_2 BAT-AEL pre existujúce kotly na spaľovanie čierneho uhlia a hnedého uhlia		EL	170 mg/Nm^3
16	BAT 21 (Zariadenia s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ spaľujúce domáce hnedé uhlie, ktoré nemôžu dosiahnuť BAT-AEL stanovené v tabuľke 10.4)	Zmena vo vzorci (i) multiplikátor pre nové systémy odsírovania spalín		CZ, EL, SK, Euroheat & Power	$\text{RCG} \times 0,02$, s maximom 200 mg/Nm^3
		Zmena vo vzorci (ii) multiplikátor a horná hranica rozsahu pre existujúce systémy FGD		EURACOAL	$\text{RCG} \times 0,04$, s maximom 400 mg/Nm^3
17	BAT 21 Tabuľka 10.5	Do všetkých rozsahov HCl BAT-AEL v tabuľke 10.5 sa vkladá táto poznámka pod čiarou: „V prípade kotlov FBC, ktoré využívajú techniku suchej sorpcie na zníženie emisií SO_2 , je horná hranica rozsahu 60 mg/Nm^3 pre zariadenia využívajúce hnedé uhlie a pre zariadenia využívajúce čierne uhlie s obsahom chlóru 500 mg/kg alebo menej (suchá hmota).“		PL, EURACOAL, EURELECTRIC	NA
18	BAT 22 Tabuľka 10.6	Zmeniť hornú hranicu ročného rozsahu BAT-AEL pre prach pre existujúce elektrárne spaľujúce hnedé uhlie s výkonom $\geq 1\,000 \text{ MW}_{\text{th}}$ uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014		CZ, EL, SK, EURACOAL, Euroheat & Power	10 mg/Nm^3

19	BAT 22 Tabuľka 10.6	Zmeniť hornú hranicu denného rozsahu BAT-AEL pre existujúce zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014	EURACOAL	16 mg/Nm ³
20	BAT 22 Tabuľka 10.6	Znížiť hornú hranicu ročných rozsahov BAT-AEL pre prach pre nové a existujúce zariadenia s výkonom 300 – 1 000 MW _{th}	EEB	3,5 mg/Nm ³ (nové) 6 mg/Nm ³ (existujúce)
		Znížiť hornú hranicu ročných rozsahov BAT-AEL pre prach pre nové a existujúce zariadenia s výkonom ≥ 1 000 MW _{th}	EEB	3,5 mg/Nm ³ (existujúce)
			CAN Europe, EEB	< 2 mg/Nm ³ (nové)
21	BAT 23. f	Zmeniť obmedzenie použiteľnosti techniky „Vstrekovanie sorbentu uhlíka...” na „Použiteľné v rámci obmedzení daných požiadavkami na kvalitu vedľajších produktov na účely zhodnocovania”.	CZ, EE, EL, EURACOAL, EURELECTRIC	NA
22	BAT 23.g	Zmeniť obmedzenie použiteľnosti techniky „Použitie halogénovaných prísad...” na „Použiteľné v rámci obmedzení daných požiadavkami na kvalitu vedľajších produktov pre zhodnocovanie, kontrolu emisií halogenidov do životného prostredia a dlhodobý korózny potenciál”.	CZ, EL, EURACOAL, EURELECTRIC	NA
23	BAT 23 Tabuľka 10.7	Stanoviť spoločnú BAT-AEL pre ortuť pre všetky nové a existujúce zariadenia spaľujúce uhlie a hnedé uhlie	CAN Europe	< 1 µg/Nm ³
24	BAT 23 Tabuľka 10.7	Doplňte poznámku pod čiarou, v ktorej sa uvádza, že BAT-AEL pre ortuť sa nevzťahujú na zariadenia prevádzkované menej ako 1 500 hodín ročne.	CZ, EURACOAL	NA
25	BAT 23 Tabuľka 10.7	Znížiť hornú hranicu rozsahu BAT-AEL pre ortuť pre nové a existujúce uhoľné zariadenia s výkonom < 300 MW _{th}	EEB	0,6 µg/Nm ³ (nové) 3,5 µg/Nm ³ (existujúce)
26	BAT 23 Tabuľka 10.7	Znížiť hornú hranicu rozsahu BAT-AEL pre ortuť pre nové a existujúce uhoľné zariadenia s výkonom ≥ 300 MW _{th}	EEB	0,5 µg/Nm ³ (nové) 1,5 µg/Nm ³ (existujúce)
27	BAT 23 Tabuľka 10.7	Zvýšiť hornú hranicu rozsahu BAT-AEL pre ortuť pre existujúce zariadenia spaľujúce hnedé uhlie s výkonom < 300 MW _{th}	CZ, EL, PL, EURACOAL, EURELECTRIC, Euroheat & Power	20 µg/Nm ³
28	BAT 23 Tabuľka 10.7	Znížiť hornú hranicu rozsahu BAT-AEL pre ortuť pre nové a existujúce zariadenia spaľujúce hnedé uhlie s výkonom < 300 MW _{th}	EEB	1 µg/Nm ³ (nové) 3,5 µg/Nm ³ (Existujúce)
29	BAT 23 Tabuľka 10.7	Zvýšiť hornú hranicu rozsahu BAT-AEL pre ortuť pre existujúce zariadenia spaľujúce hnedé uhlie s výkonom ≥ 300 MW _{th}	CZ	18 µg/Nm ³
			EL, PL, EURACOAL, EURELECTRIC, Euroheat & Power	20 µg/Nm ³

30	BAT 23 Tabuľka 10.7	Znížiť hornú hranicu rozsahu BAT-AEL pre ortuť pre nové a existujúce zariadenia spaľujúce hnedé uhlie s výkonom $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$	EEB	1 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (nové) 3 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (existujúce)
31	BAT 23 Tabuľka 10.7	Odstrániť poznámku pod čiarou ⁽¹⁾	EL, EURACOAL, EURELECTRIC	NA
32	BAT 24 Tabuľka 10.9	Zvýšiť hornú hranicu ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre NO_x pre existujúce zariadenia s výkonom $< 100 \text{ MW}_{\text{th}}$. Doplňte poznámku pod čiarou, v ktorej sa uvádza, že pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica denného rozsahu BAT-AEL pre NO_x existujúcich zariadení s výkonom $< 100 \text{ MW}_{\text{th}}$ 310 mg/Nm^3	FI, CEPI, EURELECTRIC, Euroheat & Power	250 mg/Nm^3 (ročne) 275 mg/Nm^3 (denne)
33	BAT 24 Tabuľka 10.9	Zníženie hornej hranice denného rozsahu NO_x BAT-AEL pre nové zariadenia s výkonom $< 100 \text{ MW}_{\text{th}}$	BE	180 mg/Nm^3
34	BAT 24 Tabuľka 10.9	Zvýšiť hornú hranicu rozsahov NO_x BAT-AEL pre existujúce kotly BFB s výkonom 100–300 MW_{th} uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014	CEPI, Euroheat & Power	240 mg/Nm^3 (ročne)
			IE	250 mg/Nm^3 (ročne) 250 mg/Nm^3 (denne)
		Zvýšiť horné hranice ročných a denných rozsahov NO_x BAT-AEL pre kotly BFB s výkonom 100–300 MW_{th} uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 v prípade obmedzení použiteľnosti SNCR.	FI	250 mg/Nm^3 (ročne) 275 mg/Nm^3 (denne)
			EURELECTRIC	220 mg/Nm^3 (ročne) 240 mg/Nm^3 (denne)
35	BAT 24 Tabuľka 10.9	Zníženie hornej hranice ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre NO_x pre nové a existujúce zariadenia s výkonom 100 – 300 MW_{th}	BE	<u>Nové:</u> 165 mg/Nm^3 (denne)
			EEB	<u>Existujúce:</u> 140 mg/Nm^3 (ročne) 190 mg/Nm^3 (denne)

36	BAT 24 Tabuľka 10.9	Znížiť hornú hranicu ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre NO _x pre nové a všetky existujúce zariadenia s $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$	BE	<u>Nové:</u> 55 mg/Nm ³ (ročne) 85 mg/Nm ³ (denne) <u>Existujúce:</u> 150 mg/Nm ³ (ročne) 165 mg/Nm ³ (denne)
37	BAT 25	Zmeniť obmedzenia uplatniteľnosti techník SDA a DSI na „Všeobecne uplatniteľné na nové kotly. Nevzťahuje sa uplatniteľné na existujúce kotly vybavené ESP ako technikou na znižovanie emisií prachu“.	FI, CEPI	NA
38	BAT 25 Tabuľka 10.10	Zvýšiť hornú hranicu ročného rozsahu SO ₂ BAT-AEL pre existujúce zariadenia s výkonom $\geq 100 \text{ MW}_{\text{th}}$ s priemerným obsahom síry 0,1 % alebo vyšším	FI	160 mg/Nm ³
39	BAT 25 Tabuľka 10.10	Zvýšiť hornú hranicu ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre SO ₂ pre existujúce zariadenia s výkonom < 100 MW _{th} s priemerným obsahom síry 0,1 % alebo vyšším	FI, EURELECTRIC	300 mg/Nm ³ (ročne) 330 mg/Nm ³ (denne) 3
			CEPI, Euroheat & Power	200 mg/Nm ³ (ročne) 330 mg/Nm ³ (denne)
40	BAT 25 Tabuľka 10.10	Zníženie hornej hranice ročných a denných rozsahov SO ₂ BAT-AEL pre existujúce zariadenia s výkonom $\geq 100 \text{ MW}_{\text{th}}$ spaľujúce palivá s priemerným obsahom síry 0,1 % alebo vyšším	NL	Zosúladienie s ostatnými BAT-AEL pre biomasu/rašelinu s < 0,1 % obsahu síry
41	BAT 25 Tabuľka 10.1 0	Znížiť hornú hranicu ročných a denných rozsahov SO ₂ BAT-AEL pre nové a existujúce zariadenia s výkonom < 100 MW _{th}	EEB	<u>Nové:</u> 50 mg/Nm ³ (ročne) 85 mg/Nm ³ (denne) <u>Existujúce:</u> 65 mg/Nm ³ (ročne) 180 mg/Nm ³ (denne)
42	BAT 25 Tabuľka 10.11	Do poznámky pod čiarou (¹) sa doplní, že horná hranica ročného rozsahu BAT-AEL pre HCl pre existujúce zariadenia je 50 mg/Nm ³ v prípade existujúcich zariadení prevádzkovaných s ESP	FI, CEPI, EURELECTRIC, Euroheat & Power	NA
43	BAT 26 Tabuľka 10.12	Zvýšiť horné hranice ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre prach pre zariadenia s výkonom < 100 MW _{th} uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014	DK	25 mg/Nm ³ (denne)
			FI, SE	24 mg/Nm ³ (denne)

			CEPI	22 mg/Nm ³ (ročne)
44	BAT 26 Tabuľka 10.12	Znížiť hornú hranicu ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre prach pre nové a existujúce zariadenia s výkonom < 100 MW _{th}	EEB	<u>Nové:</u> 3,5 mg/Nm ³ (ročne) 6 mg/Nm ³ (denne) <u>Existujúce:</u> 6 mg/Nm ³ (ročne) 12 mg/Nm ³ (denne)
45	BAT 26 Tabuľka 10.12	Zvýšiť hornú hranicu ročného rozsahu BAT-AEL pre prach pre existujúce zariadenia s výkonom 100 – 300 MW _{th}	CEPI	18 mg/Nm ³
46	BAT 26 Tabuľka 10.12	Zníženie hornej hranice ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre prach pre nové a existujúce zariadenia s výkonom 100 – 300 MW _{th}	EEB	<u>Nové:</u> 3,5 mg/Nm ³ (ročne) 12 mg/Nm ³ (denne) <u>Existujúce:</u> 5 mg/Nm ³ (ročne) 16 mg/Nm ³ (denne)
47	BAT 26 Tabuľka 10.12	Zvýšiť hornú hranicu denného rozsahu BAT-AEL pre prach v prípade existujúcich zariadení, ktoré boli uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 a používajú iba ESP.	FI	18 mg/Nm ³
48	BAT 26 Tabuľka 10.12	Zníženie hornej hranice ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre prach pre nové a existujúce zariadenia s výkonom ≥ 300 MW _{th}	EEB	<u>Nové:</u> 3 mg/Nm ³ (ročne) 8 mg/Nm ³ (denne) <u>Existujúce:</u> 5 mg/Nm ³ (ročne) 10 mg/Nm ³ (denne)
49	BAT 27	Znížiť hornú hranicu rozsahu BAT-AEL pre ortuť	CAN Europe	< 1 µg/Nm ³
50	BAT 29 Tabuľka 10.15	Zvýšiť hornú hranicu denného rozsahu SO ₂ BAT-AEL pre priemyselné kotly na ťažký vykurovací olej a teplárne < 300 MW _{th} uvedené do prevádzky najneskôr 27. novembra 2003, prevádzkované < 1 500 h/rok, a pre ktoré nie je možné použiť sekundárne techniky znižovania emisií alebo zmenu paliva z HFO na iné palivo (zemný plyn, plynový olej, LNG atď.)	FI, CEPI, Euroheat & Power	850 mg/Nm ³
51	BAT 29 Tabuľka 10.15	Znížiť hornú hranicu ročného rozsahu SO ₂ BAT-AEL pre nové a existujúce kotly s výkonom < 300 MW _{th}	EEB	75 mg/Nm ³
			CAN Europe	100 mg/Nm ³
52	BAT 30 Tabuľka 10.16	Zvýšiť hornú hranicu denného rozsahu BAT-AEL pre prach pre priemyselné kotly a teplárne o < 100 MW _{th} uvedené do prevádzky najneskôr 27. novembra 2003, prevádzkované < 1 500 h/rok, a pre ktoré nie je možné použiť sekundárne techniky znižovania emisií alebo zmenu paliva z HFO na iné palivo (zemný plyn, plynový olej, LNG atď.)	FI	30 mg/Nm ³
53	BAT 31 Tabuľka 10.17	Zmena dolnej hranice rozsahu čistej elektrickej účinnosti pre nový piestový motor spaľujúci ťažký vykurovací olej a plynový olej – jednocyklový	EUROMOT	40
		Zmena rozsahu čistej elektrickej účinnosti pre nový piestový motor spaľujúci ťažký vykurovací olej a plynový olej – kombinovaný cyklus		> 46,9 %

54	BAT 32 Tabuľka 10.18	Zvýšiť hornú hranicu ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre NO _x pre nové zariadenia vybavené SCR a umiestnené na odľahlých ostrovoch	EL, EURELECTRIC, EUROMOT	240 mg/Nm ³ (ročne) 300 mg/Nm ³ (denne)
		Poznámky pod čiarou ⁽¹⁾ a ⁽²⁾ uplatňovať aj na nové zariadenia, ktoré z technicko-ekonomických dôvodov nemožno vybaviť sekundárnymi technikami znižovania emisií.	EL, UK, EURELECTRIC, EUROMOT	NA
55	BAT 32 Tabuľka 10.18	Znížiť hornú hranicu rozsahu BAT-AEL pre NO _x v existujúcich zariadeniach	CAN Europe	250 mg/Nm ³
56	BAT 32 Tabuľka 10.18	Vyjadrite TVOC ako ročné BAT-AEL a nie ako orientačné hodnoty.	DE, CAN Európa	NA
57	BAT 33	Zvýšiť vyššiu indikatívnu úroveň pre CO	EL, EURELECTRIC	190 mg/Nm ³
			EUROMOT	192 mg/Nm ³
58	BAT 34 Tabuľka 10.19	Zmeniť poznámku pod čiarou ⁽³⁾ takto: „Horná hranica ročného rozsahu BAT-AEL pre SO ₂ je 280 mg/Nm ³ a horná hranica denného rozsahu BAT-AEL pre SO ₂ je 300 mg/Nm ³ , ak nie je možné použiť žiadnu sekundárnu techniku znižovania emisií“, a uplatňujte ju na existujúce aj nové zariadenia.	EURELECTRIC, EUROMOT, EL	NA
59	BAT 35 Tabuľka 10.20	Zvýšiť horné hranice ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre nové zariadenia	EL, FI, EURELECTRIC, EUROMOT	20 mg/Nm ³ (ročne) 30 mg/Nm ³ (Denné)
		Zvýšiť horné hranice ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre prach pre nové zariadenia umiestnené na odľahlých ostrovoch/SIS/MIS	EL, FI, UK, EURELECTRIC, EUROMOT	35 mg/Nm ³ (ročne) 45 mg/Nm ³ (denne)
60	BAT 35 Tabuľka 10.20	Znížiť horné hranice ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre prach pre nové a existujúce zariadenia	EEB	Nové: 7 mg/Nm ³ (ročne) 15 mg/Nm ³ (denne) Existujúce: 20 mg/Nm ³ (ročne) 40 mg/Nm ³ (denne)
			CAN Europe	Existujúce: 10 mg/Nm ³ (ročne)
61	BAT 35 Tabuľka 10.20	Doplňte poznámku pod čiarou, v ktorej sa uvádza, že ročné BAT-AEL pre prach pre existujúce zariadenia, ktoré používajú iba výber paliva, sa uplatňujú pri zaťažení motora MCR > 85 % v ustálených podmienkach.	EUROMOT	NA
62	BAT 40 Tabuľka 10.23	Rozšíriť poznámku pod čiarou ⁽⁶⁾ o nasledujúci text: „Tieto úrovne nemusia byť dosiahnuteľné v zariadeniach spaľujúcich zemný plyn s metánovým číslom nižším ako 80.“	EUROMOT	NA
		Doplňte poznámku pod čiarou platnú pre všetky BAT-AEEL pre plynové motory, v ktorej sa uvádza, že „Tieto úrovne môžu byť negatívne ovplyvnené v prípade zariadení vybavených vysokonapäťovým transformátorom“.	EUROMOT	NA

63	BAT 42 Tabuľka 10.24	Zvýšiť hornú hranicu ročného rozsahu BAT-AEL pre NO _x pre nové OCGT	EUTurbines	55 mg/Nm ³
64	BAT 42 Tabuľka 10.24	Zníženie dolnej hranice ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre NO _x pre nové OCGT	EEB	6 mg/Nm ³ (ročne) 7 mg/Nm ³ (denne)
65	BAT 42 Tabuľka 10.24	Zvýšiť hornú hranicu ročného rozsahu BAT-AEL pre NO _x pre existujúce CCGT s výkonom ≥ 600 MW _{th} s čistým celkovým využitím paliva < 75 %	EUTurbines	50 mg/Nm ³
66	BAT 42 Tabuľka 10.24	Zníženie hornej hranice ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre NO _x pre existujúce CCGT s výkonom ≥ 600 MW _{th} s čistým celkovým využitím paliva ≥ 75 %	AT	25 mg/Nm ³ (ročne) 35 mg/Nm ³ (denne)
			BE	55 mg/Nm ³ (denne)
			CAN Europe, EEB	30 mg/Nm ³ (ročne) 45 mg/Nm ³ (denne)
67	BAT 42 Tabuľka 10.24	Znížiť hornú hranicu ročných a denných rozsahov BAT-AEL pre NO _x pre existujúce CCGT s výkonom ≥ 600 MW _{th} s čistým celkovým využitím paliva < 75 %	CAN Europe, EEB	25 mg/Nm ³ (ročne) 35 mg/Nm ³ (denne)
68	BAT 42 Tabuľka 10.24	Zmeniť úroveň stanovenú v poznámke pod čiarou ⁽¹⁰⁾ týkajúcu sa hornej hranice ročného rozsahu BAT-AEL pre NO _x pre existujúce CCGT s výkonom medzi 50 MW _{th} a 600 MW _{th} s čistým celkovým využitím paliva ≥ 75 %, ktoré boli uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014.	EL, EURELECTRIC	75 mg/Nm ³
69	BAT 42 Tabuľka 10.24	Znížiť hornú hranicu ročných a denných rozsahov NO _x BAT-AEL pre existujúce CCGT s výkonom medzi 50 MW _{th} a 600 MW _{th} s čistým celkovým využitím paliva < 75 %	CAN Europe, EEB	30 mg/Nm ³ (ročne) 40 mg/Nm ³ (denne)
70	BAT 42 Tabuľka 10.24	Zvýšiť dolnú a hornú hranicu rozsahu BAT-AEL pre NO _x pre existujúce CCGT s výkonom medzi 50 MW _{th} a 600 MW _{th} s čistým celkovým využitím paliva < 75 %	EURELECTRIC	15–50 mg/Nm ³
71	BAT 43 Tabuľka 10.25	Zníženie hornej hranice ročného rozsahu NO _x BAT-AEL pre nové motory spaľujúce zemný plyn	CAN Europe, EEB	30 mg/Nm ³
		Znížiť hornú hranicu denného rozsahu BAT-AEL pre NO _x pre nové motory spaľujúce zemný plyn a ročného a denného rozsahu BAT-AEL pre NO _x pre existujúce motory spaľujúce zemný plyn	CAN Europe	<u>Nové:</u> 60 mg/Nm ³ (denne) <u>Existujúce:</u> 30 mg/Nm ³ (ročne) 60 mg/Nm ³ (denne)
72	BAT 44	Stanoviť úrovne emisií CO ako denné a ročné BAT-AEL pre plynové turbíny, motory a kotly spaľujúce zemný plyn, a nie ako ročné orientačné úrovne.	CAN Europe, EEB	NA
73	BAT 47	Odstrániť „selektívnu nekatalytickú redukciu (SNCR)“ z technológií uvedených v BAT 47	EUROFER	NA
74	BAT 49	Odstrániť „oxidačný katalyzátor“ z techník uvedených v BAT 47.	EUROFER	NA

75	BAT 47 a 48 Tabuľka 10.29 BAT 50 Tabuľka 10.30 BAT 51 Tabuľka 10.31	Zmeňte názov tabuľky takto: „Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie NO _x (resp. SO ₂ a prach) do ovzdušia zo spaľovania minimálne 90 % procesných plynov z výroby železa a ocele pre kotly a minimálne 55 % procesných plynov z výroby železa a ocele pre CCGT“.	EURELECTRIC, EUROFER	NA
76	BAT 47 a 48 Tabuľka 10.29	Odstrániť poznámku pod čiarou ⁽¹⁾	EUROFER	NA
77	BAT 47 Tabuľka 10.29	Zmena poznámky pod čiarou ⁽²⁾ na: „ročný rozsah 20–100 mg/Nm ³ a denný rozsah 22–110 mg/Nm ³ je možné dosiahnuť implementáciou SCR. Horná hranica rozsahu súvisí s až 32 % COG v palivovej zmesi.“	EURELECTRIC, EUROFER	NA
		Zvýšiť hornú hranicu ročného rozsahu BAT-AEL pre NO _x pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 7. januára 2014	EUROFER	140 mg/Nm ³
		Zmeniť poznámku pod čiarou ⁽⁴⁾ na: „V prípade zariadení uvedených do prevádzky najneskôr 7. januára 2014 je horná hranica rozsahu 160 mg/Nm ³ , čo zodpovedá až 32 % COG v palivovej zmesi. Okrem toho môže byť horná hranica rozsahu BAT-AEL prekročená, ak nie je možné použiť SCR a ak sa používa vysoký podiel COG (napr. > 32 %) a/alebo spaľuje sa COG s relatívne vysokou úrovňou H ₂ . V tomto prípade je horná hranica rozsahu 325 mg/Nm ³ pre zariadenia uvedené do prevádzky najneskôr 27. novembra 2003 alebo 220 mg/Nm ³ pre zariadenia uvedené do prevádzky po tomto dátume.“	EURELECTRIC, EUROFER	NA
		Zvýšiť dolnú hranicu denného rozsahu BAT-AEL pre NO _x pre existujúce kotly	EURELECTRIC	45 mg/Nm ³
78	BAT 48 Tabuľka 10.29	Zvýšiť hornú hranicu denného rozsahu NO _x BAT-AEL pre CCGT spaľujúce procesné plyny z výroby železa a ocele v prípade elektrární uvedených do prevádzky najneskôr 7. januára 2014.	EUROFER	80 mg/Nm ³
79	BAT 50 Tabuľka 10.30	Zmena poznámky pod čiarou ⁽³⁾ na: „Horná hranica rozsahu BAT-AEL môže byť prekročená pri použití vysokého podielu COG (napr. > 23 %). V tomto prípade je horná hranica rozsahu BAT-AEL 425 mg/Nm ³ .“	EUROFER	NA
		Doplňte poznámku pod čiarou týkajúcu sa vyššej hranice rozsahov SO ₂ BAT-AEL s uvedením, že zodpovedajú podielu COG až do výšky 23 % v prípade dennej BAT-AEL a až do výšky 38 % v prípade ročnej BAT-AEL	EURELECTRIC, EUROFER	NA
80	BAT 51 Tabuľka 10.31	Zvýšiť hornú hranicu denného rozsahu BAT-AEL pre kotly spaľujúce procesné plyny z výroby železa a ocele.	EURELECTRIC, EUROFER	15 mg/Nm ³
81	BAT 51 Tabuľka 10.31	Odstráňte ročný rozsah BAT-AEL pre prach pre CCGT spaľujúce procesné plyny zo spracovania železa a ocele	EUROFER	NA
82	BAT 53 Tabuľka 10.32	Odstrániť poznámku pod čiarou ⁽²⁾	CAN Europe, EEB	NA
83	BAT 57 Tabuľka 10.35	Zmeňte názov tabuľky 10.40 takto: „Úrovně emisí súvisiace s BAT (BAT-AEL) pre emisie SO ₂ do ovzdušia zo spaľovania procesných palív z chemického priemyslu v kotloch“ a doplňte poznámku pod čiarou súvisiacu s „denným priemerom alebo priemerom za obdobie odberu vzoriek“, v ktorej sa uvádza, že „horná hranica rozsahu BAT-AEL sa môže líšiť v dňoch, keď sa používajú pomocné kvapalné palivá. V takomto prípade môže horná hranica rozsahu BAT-AEL zodpovedať hornej hranici rozsahu BAT-AEL platnej pre príslušné pomocné palivo v prípade zariadení prevádzkovaných menej ako 1 500 hodín ročne.“	CEFIC	NA

84	BAT 58 Tabuľka 10.37	Znížiť hornú hranicu ročného rozsahu BAT-AEL pre prach v existujúcich zariadeniach		EEB	10 mg/Nm ³	
85	BAT 68 Tabuľka 10.39	Zníženie horných hraníc rozsahov BAT-AEL pre zariadenia s výkonom > 300 MW _{th}	Cd-Tl	EEB	3 µg/Nm ³	
86			Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+ Mn+Ni+V		0,4 mg/Nm ³	
87	BAT 69 Tabuľka 10.40	Zníženie hornej hranice rozsahu Cd-Tl BAT-AE L			CAN Europe, EEB	< 2 µg/Nm ³
88	BAT 71 Tabuľka 10.41	Pre spaľovacie zariadenia spaľujúce čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie, ako aj biomasu a/alebo rašelinu by mali byť stanovené samostatné BAT-AEL pre TVOC a PCDD/F.			EEB	NA
Poznámka NA: Nebola navrhnutá žiadna alternatívna úroveň.						

Konzultácia fóra a následný formálny postup prijímania záverov o najlepších dostupných technikách

V súlade s článkom 13 ods. 3 smernice fórum vydalo stanovisko k návrhu referenčného dokumentu o najlepších dostupných technikách (BAT) pre výrobu celulózy, papiera a lepenky, ktorý bol predložený na zasadnutí fóra 20. októbra 2016:

1. Fórum privítalo návrh referenčného dokumentu o najlepších dostupných technikách (BAT) pre veľké spaľovacie zariadenia, ktorý predložila Komisia.
2. Fórum vzalo na vedomie diskusie, ktoré sa uskutočnili na jeho zasadnutí 20. októbra 2016, a dohodlo sa, že zmeny návrhu referenčného dokumentu o najlepších dostupných technikách (BAT) pre veľké spaľovacie zariadenia, ako sa navrhuje v prílohe A, by mali byť zahrnuté do konečného dokumentu.
3. Fórum potvrdilo pripomienky uvedené v prílohe B ako názory niektorých členov fóra, o ktorých však v rámci fóra nebol dosiahnutý konsenzus, pokiaľ ide o ich zaradenie do konečného dokumentu.

Komisia následne zohľadnila stanovisko fóra podľa článku 13 smernice IED pri príprave návrhu vykonávacieho rozhodnutia Komisie, ktorým sa stanovujú závery o najlepších dostupných technikách (BAT) pre veľké spaľovacie zariadenia. Výbor podľa článku 75 smernice IED na svojom zasadnutí 28. apríla 2017 vydal kladné stanovisko k tomuto návrhu vykonávacieho rozhodnutia Komisie.

Následne bolo 31. júla 2017 prijaté vykonávacie rozhodnutie Komisie (EÚ) 2017/1442, ktorým sa stanovujú závery o najlepších dostupných technikách (BAT) pre veľké spaľovacie zariadenia, a uverejnené v Úradnom vestníku Európskej únie (Ú. v. EÚ L 212, 17.8.2017, s. 1).

Odporúčania pre budúcu prácu

Výmena informácií odhalila viacero otázok, ktoré by sa mali riešiť pri najbližšom preskúmaní dokumentu BREF pre veľké spaľovacie zariadenia. Patria sem nasledujúce odporúčania:

- Získať viac informácií o emisiách pri spúšťaní, vypínaní a prevádzke mimo normálneho režimu (OTNOC).
- Zbierať viac informácií o prevádzke motorov a turbín pre núdzové použitie a o počte hodín, počas ktorých sú v prevádzke.
- V súvislosti s emisiami do vody zhromažďovať:
 - informácie o technikách na zníženie emisií chloridov do vody z čistenia spalín;
 - informácie o technikách na zníženie celkových emisií dusíka do vody z čistenia spalín;
 - viac informácií o technikách biologického čistenia.
- V súvislosti s emisiami do ovzdušia je potrebné zbierať:
 - Údaje o emisiách amoniaku z používania selektívnej katalytickej redukcie (SCR) a/alebo selektívnej nekatalytickej redukcie (SNCR) na znižovanie emisií NO_x, najmä v prípade motorov.
 - Viac informácií o používaní SCR pri spaľovaní zemného plynu v kotloch.
 - Viac informácií o používaní SCR pri spaľovaní zemného plynu v turbínach.
 - Viac informácií o použiteľnosti oxidačných katalyzátorov pri spaľovaní zemného plynu.
 - Ďalšie informácie o použiteľnosti PEMS v iných sektoroch okrem OCGT. Sledujte prebiehajúci vývoj normy EN týkajúcej sa PEMS.
 - Viac informácií o elektrárňach CCGT s vstrekomávaním pary/vody, ktoré sa menia na OCGT, a najmä v súvislosti s dostupnosťou zdroja vody vhodnej kvality.

- Viac informácií o pobrežných plošinách, najmä o používaní dvojpalivových plynových turbín spaľujúcich kvapalné palivá.
- Ďalšie informácie o použiteľnosti techniky SCR na prevenciu a/alebo zníženie emisií NO_x do ovzdušia pri súčasnom obmedzení emisií CO a N₂O do ovzdušia zo spaľovania čierneho uhlia a/alebo hnedého uhlia, najmä s ohľadom na spaľovanie domácich palív.
- Viac údajov o emisiách N₂O z kotlov CFB spaľujúcich čierne uhlie a/alebo hnedé uhlie.
- Viac informácií na posúdenie, či je potrebné rozlišovať medzi uhlím a hnedým uhlím, pokiaľ ide o úrovne emisií SO₂.
- Informácie o spaľovaní biomasy s vysokým obsahom alkálií.
- Viac informácií o výkone a účinnosti vstrekovania sorbentu do kotlov BFB s cieľom zabrániť a/alebo znížiť emisie SO_x, HCl a HF do ovzdušia pri spaľovaní tuhej biomasy a/alebo rašeliny.
- Viac informácií o spaľovaní slamy a rašeliny.
- Viac informácií o spaľovaní slamy, pokiaľ ide o emisie HF.
- Krátkodobé údaje o emisiách HCl a informácie o vzťahu medzi používaním palív bohatých na S alebo elementárneho S (rozšírené na iné prísady) a úrovňami emisií HCl/HF.
- Viac informácií v kontexte spoluspaľovania odpadu o emisiách Mn pochádzajúcich z biomasy a/alebo rašeliny.
- Viac informácií v súvislosti so spoluspaľovaním odpadu o emisiách PCDD/F s cieľom preskúmať, či je potrebné rozlišovať medzi spaľovaním biomasy/rašeliny a čierneho uhlia/hnedého uhlia.
- Viac informácií o používaní techniky SCR na prevenciu a/alebo zníženie emisií NO_x do ovzdušia zo spaľovania HFO a/alebo plynového oleja v piestových motoroch v malých izolovaných systémoch.
- Ďalšie informácie o vplyve vysokého obsahu dusíka a vodíka na emisie NO_x zo spaľovacích zariadení používajúcich procesné palivá z chemického priemyslu.

Navrhované témy pre budúcu výskumnú a vývojovú činnosť

Komisia prostredníctvom svojich programov výskumu a technologického rozvoja iniciuje a podporuje rad projektov zaoberajúcich sa čistými technológiami, novými technológiami čistenia a recyklácie odpadových vôd a stratégiami riadenia. Tieto projekty by mohli potenciálne prispieť k budúcim revíziám dokumentov BREF. Čitatelia sú preto vyzvaní, aby informovali Európsky úrad IPPC o všetkých výsledkoch výskumu, ktoré sú relevantné pre rozsah tohto dokumentu (pozri tiež piatu časť predslavu k tomuto dokumentu).

13 PRÍLOHY

13.1 Príloha I – Zoznam európskych zariadení, ktoré sa zúčastnili na zbere údajov v roku 2012

Tabuľka 13.1: Zoznam európskych zariadení, ktoré sa zúčastnili na zbere údajov v roku 2012

Kód zariadenia	Štát	Názov zariadenia	Proces spaľovania	Techniky (Emisie do ovzdušia a/alebo energetická účinnosť)	Priemyselný sektor	Celkový menovitý tepelný príkon (MW)	Typ paliva (%)	Celková prevádzková doba podľa NOC (hodiny)	Ekvivalentný prevádzkový faktor pri nízkom	Rok prvého uvedenia do prevádzky
001V	AT	Voestalpine Stahl GmbH - Blok 01 - Linz	CCGT	DLN - SCR + predohrev vzduchu	Železo a oceľ	165	BF 34 - NG 33 - COG 27 - BOF 5	8072	65	1996
002V	AT	Voestalpine Stahl GmbH - Blok 03 - Linz	GasB	LNB - SCR - Predohrev vzduchu	Železo a oceľ	109	BF 67 - COG 16 - BOF 11 - NG 6	7817	84	2002
003V	AT	Voestalpine Stahl GmbH - Blok 04 - Linz	GasB	LNB - SCR - Predohrev vzduchu	Železo a oceľ	90	BF 65 - COG 19 - BOF 11 - NG 5	7132	80	1985
004V	AT	Voestalpine Stahl GmbH - Blok 05 - Linz	GasB	LNB - SCR - Predohrev vzduchu	Železo a oceľ	90	BF 65 - COG 20 - BOF 11 - NG 4	8221	79	1985
005V	AT	Voestalpine Stahl GmbH - Blok 06 - Linz	GasB	FGR - SCR - Predohrev vzduchu	Železo a oceľ	223	BF 39 - NG 28 - COG 27 - BOF 6	5561	71	1973
006V	AT	Voestalpine Stahl GmbH - blok 07 - Linz	GasB	FGR - fuel staging - LNB - SCR - predohrev vzduchu	Železo a oceľ	38	BF 62 - COG 17 - BOF 11 - NG 10	7162	87	2010
007V	AT	Voestalpine Stahl Donawitz GmbH & Co KG - blok 01 - Donawitz	GasB	SCR - Predohrev vzduchu a paliva	Železo a oceľ	180	BF 79 - BOF 14 - NG 7	8500	80	2008
008V	AT	Voestalpine Stahl Donawitz GmbH & Co KG - blok 02 - Donawitz	CCGT	DLN - SCR	Železo a oceľ	85	NG 88 - BOF 12	1417	81	2001
009V	AT	Voestalpine Stahl Donawitz GmbH & Co KG - blok 03 - Donawitz	GasB	Predohrev vzduchu	Železo a oceľ	80	BF 81 - BOF 12 - NG 7	994	84	1986
10V	BE	Electrabel GDF Suez - Amercoeur 1 - Roux	CCGT	DLN	Elektrická energia	749	NG 100	6188	87	2009
11-1V	BE	Electrabel GDF Suez - Herdersbrug GT11 - Brugge	CCGT	DLN	Elektrická energia	460	NG 100	6808	83	1998
11-2V	BE	Electrabel GDF Suez - Herdersbrug GT12 - Brugge	CCGT	DLN	Elektrická energia	460	NG 100	7637	83	1998

12V	BE	EDF Luminus – Gent Ringvaart – Gent	CCGT	DLN	Elektrická energia	644	NG 100	7184	92	1997
13V	BE	Electrabel GDF Suez – Les Awirs 4 – Flémalle	WBB	LNB – Palivová a vzduchová komora – ESP	Elektrická energia	285	WB 100	7849	76	1968
14V	BE	Electrabel GDF Suez – Rodenhuize 4 – Desteldonk	WBB	FGR – LNB – AS – SCR – ESP	Elektrická energia	745	WB Pelety 99	6500	75	1979
15V	BE	Electrabel GDF Suez – Knippegroen-Zelzate 2 –Gent	GasB	Fuel staging/air staging – LNB Samostatné horáky (BF/NG)	Železo a oceľ	750	BF 92 – NG 8	8290	73	2010
16-1V	BE	EDF Luminus – OCGT31 – Gent	OCGT	DLN	Elektrická energia	150	NG 100	778	71	2008
16-2V	BE	EDF Luminus – OCGT32 – Gent	OCGT	DLN	Elektrická energia	150	NG 100	521	71	2008
17V	BE	E.ON – Langerlo 1 – Genk	WBB	LNB – Air staging – FGR – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia	1200	Čierne uhlie 92 – WBB 5 –NG 3	5863	76	1975
18-1V	CZ	United Energy – Teplárna Komorany – Most	BFB	Air staging – BF	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	748	Hnedé uhlie 98 – WBB 2	3608	12	1951
18-2V	CZ	United Energy – Teplárna Komorany – Most	BFB	Air staging – BF	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	760	Hnedé uhlie 98 – WBB 2	8760	NA	1951
19VC	CZ	Teplárna Tábor – kotol K7	CFB	Vstrekovanie sorbentu do kotla – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	74	Hnedé uhlie 100	5794	86	2010
20-1V	CZ	Dalkia – Tepláreň Frýdek- Místek – Kotol K1	PCFB	Cyklón – BF	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	42	Čierne uhlie 93 – WBB 7	663	77	1974
20-2V	CZ	Dalkia – Tepláreň Frýdek- Místek – Kotol K2	PCFB	Mechanický separátor	Diaľkové vykurovanie	72	Čierne uhlie 99 – Drevo 1	2041	64	1974
21_1V	CZ	Pražská teplárenská – Výtopna Krč K1 – Praha	PlynB	LNB samostatne – diaľkové vykurovanie	Diaľkové vykurovanie	2	NG 100	68	73	1993
21_2V	CZ	Pražská teplárenská – Výtopna Krč K4 – Praha	GasB	Nedávno postavené – iba LNB – diaľkové vykurovanie	Diaľkové vykurovanie	21	NG 100	313	92	2008
21_3V	CZ	Pražská teplárenská – Výtopna Krc K5 – Praha	PlynB	LNB samostatne – diaľkové vykurovanie	Diaľkové vykurovanie	29	NG 100	630	70	2007
22_1V	CZ	Plzeňská teplárenská – Plzeň	PCFB	LNB – air staging	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	157	Hnedé uhlie 60 – Drevo 40	8014	78	2000

Kapitola 13

22_2V	CZ	Plzeňská teplárenská – Plzeň	CFB	LNB - AS	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	39	Forest R 100	8001	109	2010
23V	CZ	ČEZ – Tušimice	DBB	Fuel staging/air staging – LNB – FGR – WFGD – ESP – komín = chladiaca veža	Elektrická energia	890	Hnedé uhlie 100	787	69	2009
24V	CZ	ČEZ – Elektráreň Dětmárovice – Ostrava	DBB	LNB – Air staging – WFGD – ESP	Elektrická energia	2180	Čierne uhlie 100	862	NA	1975
25-1V	CZ	CEZ - FK1 - Hodonín	CFB	Air staging – FGR – Vstrekovanie sorbentu do kotla – ESP	Elektrická energia	144	Hnedé uhlie 96	8167	81	NA
25-2V	CZ	CEZ - FK2 - Hodonín	CFB	AS - FGR - Vstrekovanie sorbentu - ESP	Elektrická energia	144	WB 99,8	707	7	NA
26VC	DK	Dong Energy – Avedøreværket, závod 1 – Avedøre	WBB	LNB – SCR – WFGD – ESP – Superkritická para	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	59	Čierne uhlie 94 - HFO 6	6131	89	1990
27VC	DK	Dong Energy – Avedøreværket, závod 2 – Avedøre	WBB	LNB – SCR – WFGD – ESP – Superkritická para	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	805	WB Pelety 66 - NG 33 - HFO 1	6830	86	1982
28V	DK	Dong Energy – H.C. Ørsted Værket – Kodaň	Kvapalina B	LNB – Výber paliva	Diaľkové vykurovanie	110	Gázový olej 100	1030	16	2006
29V	DK	Dong Energy - Herning-værket - Herning	DBB	LNB - ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	289	WB štiepky 59 - WB pelety 24 - NG 17	5605	77	2008
30V	DK	Silkeborg Forsyning – Silkeborg Kraftvarmeværk – Silkeborg	CCGT	DLN + Radiaci systém	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	230	NG 100	4702	97	1995
31V	DK	Vattenfall – Amagerværket, Plant 1 – Amager	WBB	LNB – AS – SCR – ESP – WFGD – Superkritický – KVET	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	355	WB Pelety 75 - Bylinné 25	6544	74	1981
33	DK	Vattenfall – Fynsværket – zariadenie 8 – Odense	GB	Air staging – BF – kombinovaný WFGD a FG kondenzátor	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	11	Slama 100	710	105	2010
34V	DK	Vattenfall – Nordjyllandsværket blok 3 – Aalborg	WBB	LNB – Air staging – FGR – SCR – WFGD – ESP – Superkritická para – Dvojité ohrev	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	81	Čierne uhlie 100	824	99	1998
39	EE	KVET AS Sillamäe SEJ – Sillamäe	WBB	Štandardné horáky – Multicyklóny – ESP	NA	88	Ropná bridlica 91	8760	40	1953
40	EE	Sillamäe Caterpillar KVET – Sillamäe	SG Motor	Iba chudobná zmes	NA	15	NG 100	8400	89	2004

42V	FI	Kaukaan Voima Oy – Elektráreň Kaukaa – Lappeenranta	CFB	LNB – AS – FGR – SNCR – Vstrekovanie sorbentu – ESP	Celulóza a papier	410	Kôra 60 - Rašelina 20 - Forest R 20	718	59	2009
46V	FI	Porin Prosessivoima – Pori	CFB	SNCR – DSI – BF – ACI	Chemický priemys el	206	Rašelina 47 – WB – 25 Forest R 16 – Tuhý odpad 8 – Čierne uhlie 3	8261	86	1999
49V	FI	Helsingin Energia – Vuosaari B – Helsinki	CCGT	DLN samostatne – úprava lopatiek GT	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	9	NG 100	8371	40	1998
54V	FI	Helsingin Energia – tepláreň Lassila, blok 1 - Helsinki	Kvapal ina B	KVET	Diaľkové vykurovanie	132	HFO 95 - Plynne oleje 5	83	78	1977
55V	FI	Helsingin Energia – tepláreň Lassila, blok 4 - Helsinki	PlynB	Zmes HFO/plynového oleja - Diaľkové vykurovanie	Diaľkové vykurovanie	50	NG 96 – HFO 3 – Plynový olej 1	1163	79	1995
56V	FI	Helsingin Energia – diaľkové vykurovanie Munkkisaari zariadenie, blok 1 – Helsinki	Kvapal ina B	Multicyklóny – stupňovanie vzduchu – LNB	Diaľkové vykurovanie	50	HFO 100	266	71	2005
61V	FR	Rhodia – blok 4 – Chalampé	Liquid B	SCR – Výber paliva	Chemický priemysel	110	Tekuté procesné palivo 100	8171	52	1966
62-1V	FR	Rhodia – blok 5 – Chalampé	Kotol	SCR	Chemický priemysel	180	NG 43	8168	43	1972
62-2V	FR	Rhodia – blok 5 – Chalampé	Kotol	SCR	NA	180	Tekuté palivo 57	8168	43	1972
63V	FR	Rhodia – blok 6 – Chalampé	GasB	FGR samostatne	Chemický priemysel	185	NG 100	7813	50	2001
65-1V	FR	Kronenbourg - K2 - Obernai	GasB	Viacpalivový LNB	Potraviny a nápoje	15	NG 67 – Bioplyn 16 – HFO 17	3136	44	1974
65-2V	FR	Kronenbourg - K2 - Obernai	GasB	Viacpalivový LNB	Potraviny a nápoje	15	NG 66,4 – HFO 17,2 – Bioplyn 16,4	3136	44	1974
66V	FR	Smurfit/Kappa/Dalkia – Facture	BFB	Air staging – FGR – BF – Dvojité ohrev – KVET	Celulóza a papier	124	WB 10 – Kôra 40 – WB 50	8337,25	109	2010
67V	FR	Sobeji/Total – Lacq	GasB	LNB (FGR) - FGR	Rafinácia ropy	88	NG 100	8000	70	1959
68V	FR	Cofely – Stains	Liquid B	LNB – Multicyklóny	Diaľkové vykurovanie	65	HFO 100	1800	15	1975

Kapitola 13

69V	FR	CPCU/Cofely – Saint Ouen	BFB	Air staging – FGR – SNCR/ecotube, mechanický odprašovač, DSI – ESP so vstrekaním SO ₃	Distribúcia tepla	450	Uhlie koks 100	3500		1989
70V	FR	CPCU/Cofely – Grenelle	Kvapalina B	Vstrekovanie pary – LNB – Fuel staging – FGR – SCR – Voľba paliva – DSI – BF	Diaľkové vykurovanie	178	HFO 100	736	116	
71V	FR	EDF – Blok 2 – Vaires sur Marne	OCGT	Vstrekovanie vody	Elektrická energia	545	Plynový olej 100	313	82	2008
72V	FR	Norske Skog – Golbey	BFB	Air staging – FGR – SNCR – BF	Celulóza a papier	85	Tuhý odpad 100	8100	100	1998
73V	FR	CELKOVO Petrochemikálie – kotol CS1 – Carling	Kotol	LNB – air staging	Chemický priemysel	133	Procesné plyny 100	8707	39	1976
74V	FR	UEM – Chambière	CCGT	DLN samostatne + DCS	NA	142	NG 100	4659	98	1992
75-1V	FR	Naphtachimie – Centrale sud – Kotol 4 – Lavera	Kotol	LNB – air staging	Chemický priemysel	184	Plynné procesné palivo – 27,9 – Kvapalné palivo 24,7 – HFO 47,4	5979	63	1972
75-2V	FR	Naphtachimie – Centrale sud – Kotol 5 – Lavera	Kotol	SNCR	Chemický priemysel	184	Plynné procesné palivo 15,7 – Kvapalné palivo 28,9 – HFO 55,1	8700	68	1972
77V	FR	EDF – Cordemais 4	DBB	SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia	1500	Uhlie 98	5492	80	1983
78V	FR	EDF – Cordemais 4	Kvapalina B	Vstrekovanie pary – LNB – Vzduchové stupňovanie	Elektrická energia	2000	HFO 100	1102	53	1976
81V	FR	CCIAG – La Poterne – Grenoble	CFB	Air staging – FGR – SNCR – Vstrekovanie sorbentu do kotla – Cyklón – ESP – Dvojité opätovné ohrev	NA	81	Uhlie 66 – WBB 25 – Odpad 9	4293	85	1993
83V	FR	CCIAG – Vaucanson – Grenoble	Kvapalina B	LNB – fuel staging – Výber paliva – Multicyklóny	NA	41	HFO 100	219	49	1967
85V	FR	ALFI – Air Liquide – COGENAL – Platforma Belle Etoile – Saint Fons	CCGT	DLN	Chemický priemysel	175	NG 100	3677	70	1998
86V	FR	ALFI – Air Liquide – COGENAL – Platforma Belle Etoile – Saint Fons	GasB	LNB	NA	168	NG 95 – Procesné plyny z petrochemického priemyslu 5	8760	16	1964

91V	FR	GIE-Osiris – Kotel 1 – Roussillon	GasB	LNB – Predohrev vzduchu	Chemický priemysel	60	NG 100	5665	39	1971
92V	FR	GIE-Osiris – Kotel3 - Roussillon	GB	Air staging – ESP	Chemický priemysel	90	Čierne uhlie 100	7629	78	1992
93V	FR	GIE-Osiris – Kotel6 – Roussillon	GB	Air staging – ESP	Chemický priemysel	5	Čierne uhlie 100	6119	56	1957
99V	FR	EON - Centrale Emile HUCHET - Blok4 - Saint Avold	CFB	BF	Elektrická energia	330	Čierne uhlie 100	3779	108	1990
100	FR	EON - Centrale Emile HUCHET - Blok7 - Saint Avold	CCGT	DLN	Elektrická energia	750	NG 100	5309	80	2010
101V	FR	EON - Centrale Emile HUCHET - Blok 5 - Saint Avold	DBB	Air staging – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia	1510	Čierne uhlie 100	2905	94	1984
102V	FR	CRTgaz - Voisines	OCGT	DLE/DLN – Odvzdušňovací ventil na spaľovací vzduch na zníženie prebytku vzduchu	Mechanický pohon	24	NG 100	3435	80	2005
104V	DE	Energie SaarLorLux AG – GDF – HKW Römerbrücke - Saarbrücken	CCGT	DLN	NA	165	NG 100	6591	64	2005
105V	DE	Stadtwerke Bielefeld GmbH – GuD-HKW Hillegossen – Bielefeld	CCGT	DLN	Celulóza a papier	100	NG 100	8284	87	2005
107V	DE	Stadtwerke Leipzig GmbH - Wittenberge-Piesteritz - Wittenberge	CFB	AS - FGR – BF	NA	67	Les R 100	6603	93	2009
108-1V	DE	RWE Innogy Cogen GmbH - Holzheizkraftwerk Berlin - Neukölln – Berlín	GB	FGR – AS – SNCR – DSI Aktivne uhlie - BF	NA	53	WB 100 (vrátane odpadového dreva)	7228	94	2004
108-2V	DE	RWE Innogy Cogen GmbH - Holzheizkraftwerk Berlin - Neukölln – Berlín	GB	FGR - AS - SNCR - DSI Aktivne uhlie - BF	NA	53	WB 100 (vrátane odpadového dreva)	6750	93	2004
109VC	DE	Pfeifer & Langen KG – Werk Jülich Kessel 5 – Jülich	DBB	SNCR – 2 cyklóny – DSI – BF	Potraviny a nápoje	115	Hnedé uhlie 100	4872	82	2004
111-1V	DE	WSW Energie & Wasser AG – HKW Barmen, blok 1 – Wuppertal	CCGT	DLN	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	8	NG 100	6084	94	2005

111-2V	DE	WSW Energie & Wasser AG – HKW Barmen, blok 1 – Wuppertal	CCGT	DLN	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	8	NG 100	6052	94	2005
112-1V	DE	WSW Energie & Wasser AG – HKW Barmen, blok 2 – Wuppertal	OCGT	NA	Elektrická energia	119	Plyn 100	5	97	1980
112-2V	DE	WSW Energie & Wasser AG – HKW Barmen, blok 2 – Wuppertal	OCGT	NA	Elektrická energia	119	Plyn 100	10	97	1980
114-1V	DE	Stadtwerke Düsseldorf AG – HKW Düsseldorf Lausward blok A, Fernwärmekessel 1 Düsseldorf	GasB	LNB – Diaľkové vykurovanie	Diaľkové vykurovanie	64	NG 100	1489	55	2000
114-2V	DE	Stadtwerke Düsseldorf AG – HKW Düsseldorf Lausward blok A, Fernwärmekessel 2 – Düsseldorf	GasB	LNB – Diaľkové vykurovanie	Diaľkové vykurovanie	64	NG 100	1317	49	2000
114-3V	DE	Stadtwerke Düsseldorf AG – HKW Düsseldorf Lausward blok B, Fernwärmekessel 1 Düsseldorf	GasB	LNB – Diaľkové vykurovanie	Diaľkové vykurovanie	64	NG 100	1561	51	2004
115V	DE	E.ON Kraftwerke GmbH – Tepláreň FWK Westerholt – Gelsenkirchen	Kvapal ina B	LNB	Diaľkové vykurovanie	140	Plynový olej 100	NA	NA	2004
116VC	DE	RWE Power AG – Elektrárňa Niederaußem – Bergheim	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP – superkritická para	Elektrická energia	2306	Hnedé uhlie 100	6973	80	2003
117 1VC	DE	Vattenfall Europe Generation AG – Elektrárňa Lippendorf, blok R – Böhlen	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP – superkritická para	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	2465	Hnedé uhlie 97 – Odpad 3	8306	81	2001
117 2VC	DE	Vattenfall Europe Generation AG – Elektrárňa Lippendorf, blok S – Böhlen	DBB	LNB – Air staging – WFGD – ESP – Superkritická para	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	2465	Hnedé uhlie 97 – Odpad 3	792	81	2001
119-1V	DE	E.ON Kraftwerke GmbH – Elektrárňa Irsching, blok 5 – GT51 – Vohburg	CCGT	DLN	Elektrická energia	142	NG 100	6430	75	NA

119-2V	DE	E.ON Kraftwerke GmbH – Elektrárň Irsching, blok 5 - GT52 - Vohburg	CCGT	DLN	Elektrická energia	142	NG 100	6430	75	NA
121V	DE	RWE Power AG – Elektrárň Ibbenbüren, blok B – Ibbenbüren	WBB	LNB – air staging – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia	2100	Čierne uhlie 96 – Odpad 1	7958	84	1985
122aVC	DE	Steag GmbH – Elektrárň Voerde, blok A – Voerde	DBB	LNB – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia	1870	Čierne uhlie 100	6342	78	1982
122bVC	DE	Steag GmbH – Elektrárň Voerde, blok B – Voerde	DBB	LNB – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia	1870	Čierne uhlie 100	6395	78	1985
123V	DE	E.ON Kraftwerke GmbH - Elektrárň Staudinger blok 5 – Großkrotzenburg	DBB	LNB – air staging – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	1370	Čierne uhlie 99,9 – Odpad 0,1	7034	73	1992
124bVC	DE	E.ON Kraftwerke GmbH – Elektrárň Scholven, blok B – Gelsenkirchen	DBB	LNB – air staging – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	990	Čierne uhlie 99	646	80	1968
124fVC	DE	E.ON Kraftwerke GmbH – Elektrárň Scholven, blok F – Gelsenkirchen	DBB	LNB – air staging – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia	1860	Čierne uhlie 99	4346	78	1985
125V	DE	N.prior Energy GmbH - PN Biomasseheizkraftwerk Papenburg GmbH & Co. KG – Papenburg	CFB	LNB - AS - FGR - DSI aktivovaný uhlík - cyklóny - BF	Elektrická energia	65	WB 99,8	7857	99	2003
127 1VC	DE	Vattenfall Europe Generation AG – Elektrárň Schwarze Pumpe blok A – Spremberg	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP – superkritická para	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	2100	Hnedé uhlie 98 – Odpad 2	8145	91	1998
127 2VC	DE	Vattenfall Europe Generation AG – Elektrárň Schwarze Pumpe blok B – Spremberg	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP – superkritická para	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	2100	Hnedé uhlie 98,5 - Odpad 1,5	631	91	1998
128 1VC	DE	Vattenfall Europe Generation AG – Elektrárň Jänschwalde A – Peitz	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	1524	Hnedé uhlie 97 – Odpad 3	6561	83	1981
128 2VC	DE	Vattenfall Europe Generation AG – Elektrárň Jänschwalde B – Peitz	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	1524	Hnedé uhlie 97 – Odpad 3	7736	83	1982
128 3VC	DE	Vattenfall Europe Generation AG – Elektrárň Jänschwalde C – Peitz	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	1524	Hnedé uhlie 98 - Odpad 2	858	84	1983

Kapitola 13

128 4VC	DE	Vattenfall Europe Generation AG – Elektrárň Jänschwalde D – Peitz	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	1524	Hnedé uhlie 98 - Odpad 2	840	85	1985
129 1VC	DE	Vattenfall Europe Generation AG – Elektrárň Jänschwalde E – Peitz	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	1524	Hnedé uhlie 100	7700	85	1987
129 2VC	DE	Vattenfall Europe Generation AG – Elektrárň Jänschwalde F – Peitz	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	1524	Hnedé uhlie 100	7346	85	1988
130VC	DE	RWE Power AG – Elektrárň Neurath, blok E - Grevenbroich	DBB	LNB – air staging - WFGD - ESP	Elektrická energia	1702	Hnedé uhlie 100	7345	84	1975
131V	DE	E.ON Kraftwerke GmbH – Elektrárň Wilhelmshaven	DBB	LNB – air staging – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia	1870	Čierne uhlie 98,8 – Motorová nafta 1 – Koks 0,2	5721	83	1976
132VC	DE	E.ON Kraftwerke GmbH – Elektrárň Heyden – Petershagen	DBB	LNB – air staging – SCR – fuel staging – WFGD – ESP	Elektrická energia	2150	Čierne uhlie 100	6836	78	1987
133VC	DE	E.ON Kraftwerke GmbH – Elektrárň Schkopau – Korbetha	DBB	LNB – air staging/fuel staging – WFGD – ESP – Superkritická para	Energetický a chemický priemysel	1256	Hnedé uhlie 100	6634	NA	NA
134VC	DE	E.ON Kraftwerke GmbH – FWK Buer – Gelsenkirchen	DBB	LNB – air staging – SCR – WFGD – ESP – superkritická para	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	383	Čierne uhlie 99,5 – HFO 0,5	6909	91	1985
135V	DE	E.ON Kraftwerke GmbH – Elektrárň Kirchmöser – Brandenburg	CCGT	DLN	Elektrická energia	360	NG 100	4081	95	1994
136V	DE	E.ON Kraftwerke GmbH – Elektrárň Irsching, blok 4 - Vohburg an der Donau	CCGT	Modernizácia z GT na CCGT – DLN	Elektrická energia	900	NG 100	3914	86	2007
137VC	DE	RWE Power AG – Elektrárň Neurath, blok A – Grevenbroich	DBB	Air staging – LNB – FGR – WFGD – ESP	Elektrická energia	85	Hnedé uhlie 100	6720	77	1972
138V	DE	Steag GmbH – Heizkraftwerk Herne, Blok 3 – Herne	WBB	LNB – Air staging – SCR – WFGD – ESP so vstrekovaním SO ₃	Železo a oceľ	805	Čierne uhlie 91 - COG 9	5225	65	1963
139V	DE	Steag GmbH – Teplárň Herne, blok 4 – Herne	DBB	LNB – air staging – SCR – WFGD – ESP so vstrekovaním SO ₃ - Superkritická para	Železo a oceľ	1278	Čierne uhlie 93 - COG 7	61	62	1989

141V	DE	Grosskraftwerk Mannheim AG – Großkraftwerk Mannheim, blok 6 – Mannheim	DBB	LNB – air staging – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	67	Čierne uhlie 100	6425	86	1975
142V	DE	RWE Power AG – Gersteinwerk – Werne	DBB	LNB – air staging – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia	1900	Čierne uhlie 95 – Odpad 4	6749	76	1984
144-1V	DE	RWE Power AG – Elektrárň Duisburg-Huckingen Blok A – Duisburg	GasB	FGR – LNB Samostatné horáky (BF/COG/NG)	Železo a oceľ	840	BF 67 – COG 22 – NG 10	6933	48	1975
144-2V	DE	RWE Power AG – Elektrárň Duisburg-Huckingen Blok B – Duisburg	GasB	FGR – LNB Samostatné horáky (BF/COG/NG) – Modernizácia automatického riadenia a turbíny S	Železo a oceľ	840	BF 69 – COG 20 – NG 11	72	54	1976
145V	DE	RWE Power AG – Elektrárň Duisburg-Hamborn, blok 5 – Duisburg	GasB	LNB – air staging – FGR – SCR – predohrev vzduchu a paliva	Železo a oceľ	550	BF 85 – COG 14	7871	92	2003
146V	DE	Infracor GmbH – Elektrárň I – Marl	WBB	SCR – WFGD – BF	Chemický priemysel	710	Čierne uhlie 90 – Tekuté odpady 6 – HFO 1 – NG 1	8696	83	1971
147-1	DE	Industriepark Wolfgang GmbH – Kesselhaus – Hanau	GasB	NA	Chemický priemysel	22	NG 100	8736	34	1990
147-2	DE	Industriepark Wolfgang GmbH – Kesselhaus – Hanau	GasB	NA	Chemický priemysel	52	NG 61.1 – Plynový olej 38,9	8736	NA	1970
147-3	DE	Industriepark Wolfgang GmbH – Kesselhaus – Hanau	GasB	NA	Chemický priemysel	22	NG 97 – plynový olej 3	8736	27	1990
149-1	DE	Evonik Degussa GmbH – Kesselhaus 5 – Krefeld	CCGT	DLN (GT)	Chemický priemysel	37	NG 100	7832	87	1995
149-2	DE	Evonik Degussa GmbH – Kesselhaus 4 – Krefeld	GasB	FGR	Chemický priemysel	27	NG 100	8550	39	1986
150	DE	Evonik Degussa GmbH – Kesselhaus – Wesseling	GasB	Štandardné horáky (v roku 1999 prekonvertované z uhlia na plyn)	Chemický priemysel	176	NG 100	8760	12	1976
152	DE	Evonik Röhm GmbH – Teplárň – Worms	GasB	LNB air staging/fuel staging	Chemický priemysel	127	Spracovanie plynových palív (83+12) – NG 4	8300	3	1963

Kapitola 13

153-1	DE	Solvay Chemicals GmbH – Kogeneračná elektrárňa TG 1 – Rheinberg	CCGT	Vstrekovanie vody	Chemický priemysel	74	NG 100	7030	89	1996
153-2C	DE	Solvay Chemicals GmbH - Uhlie kotol GN 6 - Rheinberg	WBB	LNB – air staging – SNCR – DSI	Chemický priemysel	192	Čierne uhlie 100	841	81	1983
153-3	DE	Solvay Chemicals GmbH – Kogeneračná elektrárňa TG 2 – Rheinberg	CC GT	Vstrekovanie vody	Chemický priemysel	74	NG 100	6478	96	1996
154-1	DE	BASF AG – Ludwigshafen – Mitte – Schnellstartreservekessel 10 - Ludwigshafen	Kvapalina B	Žiadne techniky znižovania emisií	Chemický priemysel	3	Plynový olej 100	1015	21	1970
154-2	DE	BASF AG – Ludwigshafen – Mitte – Schnellstartreservekessel 11 - Ludwigshafen	Kvapalina B	Žiadne techniky znižovania emisií	Chemický priemysel	3	Gázový olej 100	1015	21	1970
154-3	DE	BASF AG – Ludwigshafen – Mitte – Kraftwerk Nord Kessel 301 + Kessel 302 – Ludwigshafen	Kotol	LNB – FGR	Chemický priemysel	368	Procesné plynové palivo 43 - NG 30 - Tekuté procesné palivo 27	7716	63	1964
154-4	DE	BASF AG – Ludwigshafen – Mitte – GuD A800 blok 11 - Ludwigshafen	CCGT	DLN	Chemický priemysel	715	NG 100	8334	72	2005
154-5	DE	BASF AG – Ludwigshafen – Mitte – GuD A800 blok 12 - Ludwigshafen	CCGT	DLN	Chemický priemysel	715	NG 100	8334	72	2005
154-6	DE	BASF AG – Ludwigshafen – Mitte – GuD C211 blok 1 – Ludwigshafen	CCGT	DLN – Plánovaná modernizácia horáka v roku 2012	Chemický priemysel	50	NG 100	6940	84	1997
154-7	DE	BASF AG – Ludwigshafen – Mitte – GuD C211 blok 2 – Ludwigshafen	CCGT	DLN	Chemický priemysel	500	NG 100	6940	84	1997
156V	DE	CURRENTA GmbH&CO OHG – WSK L57 – Krefeld	CFB	Fáza paliva – Fáza vzduchu – FGR – Sorbent kotla vstrekovanie – cyklón – BF	Chemický priemysel	207	Čierne uhlie 61 – NG 25 – Plynové palivo 11 - Kvapalný odpad 2	7884	73	1992
157-1V	DE	Dow Deutschland Anlagen GmbH – Parný kotol 15HA - Stade	GasB	LNB - FGR	Chemický priemysel	165	NG 25 - H2 75	7452	36	2010

157-2V	DE	Dow Deutschland Anlagen GmbH – Parný kotol 16HA – Stade	GasB	LNB - FGR	Chemický priemysel	165	NG 25 - H2 75	6792	38	2010
158V	DE	Open Grid Europe GmbH – Werne M8 – Werne, Severné Porýnie-Vestfálsko	OCGT	DLN	Mechanický pohon	67	NG 100	5996	74	2000
159V	DE	Open Grid Europe GmbH – Emsbüren M2 – Emsbüren, NS	OCGT	Inštalácia DLN v roku 2014	Mechanický pohon	28	NG 100	3168	64	1992
160V	DE	MEGAL GmbH – Waidhaus MEGAL M2 – Waidhaus, BY	OCGT	V roku 2014 plánované vyradenie z prevádzky a reinvestícia	Mechanický pohon	53	NG 100	265	69	1982
161V	DE	E.ON Gas Storage GmbH – Breitbrunn M1 – Breitbrunn, BY	OCGT	DLN	Mechanický pohon	32	NG 100	2781	85	1998
162V	DE	METG – Porz M5 – Kolín nad Rýnom, Severné Porýnie-Vestfálsko	OCGT	Katalyzátor CO – inštalácia DLN v roku 2013	Mechanický pohon	62	NG 100	456	92	1985
163V	DE	MEGAL GmbH – Mittelbrunn MEGAL M1 – Mittelbrunn, RP	OCGT	Inštalácia DLN v roku 2014	Mechanický pohon	26	NG 100	437	59	1985
164V	DE	NETG – St. Hubert M3 – St. Hubert, Severné Porýnie-Vestfálsko	OCGT	DLN - CO katalyzátor	Mechanický pohon	43	NG 100	21	NA	1974
165V	DE	MEGAL GmbH – Gernsheim MEGAL M4 – Gernsheim, HS	OCGT	DLN	Mechanický pohon	33	NG 100	8	79	2009
166V	DE	E.ON Gas Storage GmbH – Bierwang M3 – Bierwang, BY	SG Motor	Plánované vyradenie z prevádzky	Mechanický pohon	22	NG 100	1784	83	1985
167V	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. – Meliti SES- blok I	DBB	Air staging/fuel staging – LNB – FGR – WFGD – ESP – Superkritická para	NA	79	Hnedé uhlie 100	6945	89	2003
168V	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. – Aghios Dimitrios SES – jednotka III	DBB	Air staging/fuel staging – FGR – ESP – Pilotný kanál Vstrekovanie sorbentu	NA	82	Hnedé uhlie 100	8744	91	1985
169V	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. – Aghios Dimitrios SES – jednotka V	DBB	Air staging/fuel staging – FGR – ESP samostatne	NA	1047	Hnedé uhlie 100	8417	95	1997

Kapitola 13

170V	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. – Megalopoli B SES – blok IV	DBB	FGR - WFGD - ESP	NA	908	Hnedé uhlie 100	7755	82	1991
171aV	EL	Public Power Corporation S.A. – Lavrio – blok IV – GT 4.1	CCGT	DLN	Elektrická energia	374	NG 100	5026	80	1998
171bV	EL	Public Power Corporation S.A. – Lavrio – blok IV – GT 4.2	CCGT	DLN	Elektrická energia	374	NG 100	4274	79	1998
171cV	EL	Public Power Corporation S.A. – Lavrio – blok IV – GT 4.3	CCGT	DLN	Elektrická energia	374	NG 100	5473	79	1998
172V	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. – Elektráreň Chania – blok XII	OCGT	NA	Elektrická energia	174	Plyn 100	1163	62	1997
173aV	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. – Elektráreň Chania CC – blok 6+ 1/2 PARNÁ TURBÍNA	CCGT	NA	Elektrická energia	149	Plyn, nafta 100	6068	74	1992
173bV	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. – Elektráreň Chania CC – blok 7+ 1/2 STE AM TURBÍNA	CCGT	NA	Elektrická energia	149	Plyn, nafta 100	4788	75	1992
174V	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. – Elektráreň Rhodes – Blok III	OCGT	Vstrekovanie vody	Elektrická energia	63	Plyn, olej 100	2277	63	1996
175V	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. - Atherinolakkos SES- blok IV	Kvapalina B	LNB - Parový rozprašovač - ESP	Elektrická energia	136	HFO 100	7737	72	2009
176V	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. - Atherinolakkos SES- blok II	Motor	NA	Elektrická energia	112	HFO 100	6429	86	2004
177V	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. – Lesbos – blok 6	Motor	Voľba paliva	Elektrická energia	19	HFO 100	6909	78	1998
178V	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. – Lesbos – blok 8	Motor	Voľba paliva	Elektrická energia	28	HFO 100	6174	73	2009
179V	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. – Lesbos – blok 9	Motor	Voľba paliva	Elektrická energia	28	HFO 100	6391	69	2009

180V	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. – Lesbos – blok 10	Motor	Voľba paliva	Elektrická energia	26	HFO 100	6323	74	2000
181V	EL	Verejná energetická spoločnosť S.A. – Lesbos – blok 11	Motor	Voľba paliva	Elektrická energia	25	HFO 100	6940	65	1988
182V	EL	Heron II – Thiva	CCGT	DLN	Elektrická energia	754	NG 100	8091	76	2010
183V	HU	MVM Vertes Power Plant Ltd. – Vertesi Eromu – Oroszlany	WBB	NA	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	165	Hnedé uhlie 64 – Drevo 30 – Slama 5 – Petrochemické rezíduá 1	NA	NA	1963
184V	HU	Matrai Eromu ZRt. – Maďarsko Visonta, Eromu u 11.	WBB	LNB – Air staging – WFGD – ESP		2396	Hnedé uhlie 84	8700	87	1969
185V	HU	Sinergy Kft. – Furedi utca Plynový motor KVET – Budapešť	SG Motor	NA	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	42	NG 100	NA	NA	2005
186V	HU	KVET-Erőmű Kft. – Plynárenská elektrárň Újpalotai Elektrárň – Budapešť	SG Motor	NA	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	54	NG 100	5968	98	2005
187V	IE	Bord Gais Eireann – Elektrárň Whitegate – Whitegate, Cork	CCGT	DLN – dvojité prehrievanie	Elektrická energia	75	NG 100	6941	90	2010
188V	IE	Bord na Móna – Edenderry Power – Edenderry, Co Offaly	BFB	LNB – air staging/fuel staging – Vstrekovanie sorbentu – ESP	NA	293	Rašelina 89 – WB 11	7660	87	2000
189V	IE	ESB Energy International – ESB Moneypoint Unit 1 – Co Clare, Írsko	WBB	LNB – SCR – FGD CFB suchá práčka	Elektrická energia	97	Čierne uhlie 98 – HFO 2	6690	56	1986
190V	IE	ESB Energy International – ESB Lough Ree – Co Longford, Írsko	CFB	AS – SNCR – vstrekovanie sorbentu – BF	Elektrická energia	263	Rašelina 100	8178	89	2004
191V	IE	ESB Energy International – ESB Aghada CCGT – Co Cork, Írsko	CCGT	DLN – Emulgované palivo pri prevádzke výlučne na plynovom oleji – Predohrev paliva na 150 °C	Elektrická energia	743	NG 100	3732	85	2010
192V	IE	Endesa Ireland Ltd. – Tarbert Jednotka 3 – Tarbert, County Kerry	Liquid B	NA	Elektrická energia	641	HFO 100	2275	34	1976
193V	IE	Huntstown Power Company Ltd. – Huntstown Power	CCGT	DLN	Elektrická energia	625	NG 100	6039	86	2001

		Stanica – Huntstown Quarry, Finglas, Dublin 11								
195V	IT	Abruzzoenergia SpA – Kombinovaná elektrárňa Gissi – blok 1	CCGT	DLN – katalyzátor CO – dvojité ohrev	Elektrická energia	71	NG 100	1396	77	2008
196V	IT	Abruzzoenergia SpA – Kombinovaná elektrárňa v Gissi – blok 2	CCGT	DLN – katalyzátor CO – dvojité ohrev	Elektrická energia	71	NG 100	2591	75	2008
197VC	IT	E.ON Produzione S.p.A. – Tepelná elektrárňa Fiume Santo Blok 3 – Porto Torres (SS)	DBB	LNB – Air staging – FGR – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia	800	Čierne uhlie 98 – HFO 1,2 – FB 0,5	8112	86	1997
198VC	IT	E.ON Produzione S.p.A. – Tepelná elektrárňa Fiume Santo, blok 4 – Porto Torres (SS)	DBB	LNB – Air staging – FGR – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia	800	Čierne uhlie 94 – HFO 6	8256	83	1997
199V	IT	E.ON Produzione S.p.A. – Tepelná elektrárňa Fiume Santo Blok 1 – Porto Torres (SS)	WBB	Air staging – fuel staging – Výber paliva	Elektrická energia	2400	HFO 100	1717	28	1982
200V	IT	E.ON Produzione S.p.A. – Centrale termoelettrica di Fiume Santo blok 2 – Porto Torres (SS)	WBB	Air staging – fuel staging	Elektrická energia	2400	HFO 100	2064	30	1984
201V	IT	E.ON Produzione S.p.A. – Centrale Termoelettrica Tavazzano – Montanaso TZ5 – Tavazzano con Villavesco – Montanaso Lombardo (LO)	CCGT	DLN	Elektrická energia	1400	NG 100	3806	77	2004
202V	IT	E.ON Produzione S.p.A. – Centrale Termoelettrica Tavazzano – Montanaso TZ6 – Tavazzano con Villavesco – Montanaso Lombardo (LO)	CCGT	DLN	Elektrická energia	700	NG 100	1245	82	2005
203V	IT	E.ON Produzione S.p.A. – Centrale Termoelettrica Tavazzano – Montanaso TZ8 – Tavazzano con	GasB	LNB – FGR – Air staging – ESP – Priame chladienie jednorazovým prechodom	Elektrická energia	800	NG 100	1048	64	1992

		Villavesco – Montanaso Lombardo (LO)								
204V	IT	E.ON Produzione S.p.A. – Centrale turbogas di Trapani – GT1	OCGT	Prebieha modernizácia podľa BAT (suchá inštalácia s nízkymi emisiami NO _x + turbínové časti a kompresor)	Elektrická energia	290	NG 100	1112	66	1987
205V	IT	E.ON Produzione S.p.A. – Turbínová elektráreň v Trapani – GT2	OCGT	Prebieha modernizácia podľa BAT (suchá inštalácia s nízkymi emisiami NO _x + časti turbíny a kompresora)	Elektrická energia	290	NG 100	870	57	1988
206V	IT	Ergosud S.p.A. – Centrale termoelettrica di Scandale - SC1	CCGT	DLN - Dvojité prehriatie	Elektrická energia	720	NG 100	2520	90	2009
207V	IT	Ergosud S.p.A. – Centrale termoelettrica di Scandale - SC2	CCGT	DLN - Dvojité prehriatie	Elektrická energia	720	NG 100	1710	87	2009
208V	IT	Tirreno Power S.p.A. - Tepelná elektráreň „Napoli Levante“ NA4 – Neapol	CCGT	DLN	Elektrická energia	688	NG 100	4947	73	2008
209V	IT	A2A S.p.A. - Centrale termoelettrica di Cassano d'Adda - CC2TG5 - Cassano d'Adda (MI)	CCGT	DLN	Elektrická energia	679	NG 100	4389	80	2003
210V	IT	A2A S.p.A. - Centrale termoelettrica di Cassano d'Adda - CC2TG6 - Cassano d'Adda (MI)	CCGT	DLN	Elektrická energia	679	NG 100	4380	82	2006
211V	IT	A2A S.p.A. - Tepelná elektráreň Monfalcone blok 1 - Monfalcone (GO)	DBB	LNB – Air staging - WFGD - ESP	Elektrická energia	41	Čierne uhlie 92 - Odpad 6	6275	95	1965
212V	IT	A2A S.p.A. - Centrale termoelettrica di Monfalcone blok 2 – Monfalcone (GO)	DBB	LNB – Air staging – WFGD – ESP	Elektrická energia	43	Čierne uhlie 91 - Tuhý odpad 6	6672	93	1970
213V	IT	A2A Calore & Servizi - Centrale LAMARMORA di	DBB	LNB – Air staging - SCR - ESP - SDA - BF	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	200	Čierne uhlie 93	3661	78	1988

		Brescia - blok 3								
214V	IT	IREN ENERGIA S.p.A. - Centrale termoelettrica Torino Nord - Gruppo Termoelettrico a ciclo combinato	CCGT	DLN - SCR - Chladený prívodný vzduch	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	698	NG 100	1002	82	2011
215V	IT	IREN ENERGIA S.p.A. - Centrale termoelettrica Torino Nord - Integrované a rezervné kotly	GasB	LNB - Ukladanie paliva - Uzavreté suché chladenie + diaľkové vykurovanie	Elektrická energia	12	NG 100	NA	NA	2011
219V	IT	Enel Produzione S.p.A. - Tepelná elektrárňa Fusina - FS4 - Benátky (VE)	DBB	LNB - Air staging/fuel staging - SCR - WFGD - ESP - BF	Elektrická energia	793	Čierne uhlie 95 - Tuhý odpad 2	5937	84	1974
221VC	IT	Enel Produzione S.p.A. - Tepelná elektrárňa Fusina - FS2 - Benátky (VE)	DBB	Air staging - SCR - WFGD - BF	Elektrická energia	43	Čierne uhlie 98	4993	83	1969
223V	IT	Enel Produzione S.p.A. - Termoelektrická elektrárňa Portoscuso - SU3	DBB	LNB - SCR - WFGD - ESP	Elektrická energia	670	Čierne uhlie 84	5096	67	1986
224	IT	Enel Produzione S.p.A. - Impianto termoelettrico di Portoscuso - SU2	CFB	SNCR - vstrekovanie sorbentu do kotla - BF - WFGD	Elektrická energia	800	Čierne uhlie 82 - Drevo 17	7027	25	2006
225	IT	Enel Produzione S.p.A. - Tepelná elektrárňa Montalto di Castro MC41 - Montalto (VT)	Plyn	LNB - SCR - ESP	Elektrická energia	1610	HFO 32 - NG 66	654	64	1998
229V	IT	Enel Produzione S.p.A. - Tepelná elektrárňa Montalto di Castro MC43 - Montalto (VT)	OCGT	Vstrekovanie vody	Elektrická energia	430	NG 100	96	74	1992
241V	IT	Enel Produzione S.p.A. - Impianto G. Ferraris di Leri - Trino Unit1 - Trino Vercellese (VC)	CCGT	DLN (1996)	Elektrická energia	860	NG 100	121	59	1996
245	IT	Enel Produzione S.p.A. - Kombinované zariadenie Porto Corsini F1 -	CCGT	DLN - Dvojité prehriatie	Elektrická energia	645	NG 100	4714	90	2002

		Ravenna (RA)								
248	IT	Enel Produzione S.p.A. - Centrale Santa Barbara Gruppo3 E1 - Cavriglia (AR)	CCGT	DLN – dvojité prehriatie	Elektrická energia	680	NG 100	3112	78	2006
249V	IT	Enel Produzione S.p.A. - Tepelná elektrárňa „Ettore Majorana“ – Termini Imerese – c3	CCGT	DLN – dvojité prehriatie	Elektrická energia	64	NG 100	7754	80	2005
251V	IT	Enel Produzione S.p.A. - Tepelná elektrárňa „Ettore Majorana“ – Termini Imerese – c6	OCGT	Štandardné spaľovanie – automatická regulácia	Elektrická energia	430	NG 100	25	70	1995
253V	IT	Enel Produzione S.p.A. - Torvaldaliga Nord - Civitavecchia (RM)	DBB	Air staging/fuel staging – LNB – SCR – WFGD – BF – Superkritická para	Elektrická energia	1420	Čierne uhlie 100	813	98	2008
256V	IT	Edipower S.p.A. - Tepelná elektrárňa v Piacenze - PZ41	CCGT	DLN	Elektrická energia	768	NG 100	3618	72	2005
257V	IT	Edipower S.p.A. - Centrale termoelettrica di Piacenza - PZ42	CCGT	DLN	Elektrická energia	768	NG 100	4583	72	2005
258V	IT	Edipower S.p.A. - Tepelná elektrárňa San Filippo del Mela – SF1	Liquid B	ESP – WFGD – Air staging – FGR – SCR	Elektrická energia	417	HFO 100	558	60	1971
259V	IT	Edipower S.p.A. - Tepelná elektrárňa San Filippo del Mela – SF2	Liquid B	ESP – WFGD – Air staging – FGR – SCR	Elektrická energia	417	HFO 100	332	64	1971
260V	IT	Edipower S.p.A. - Centrale termoelettrica di San Filippo del Mela - SF3	Liquid B	Air staging – FGR – ESP – Výber paliva	Elektrická energia	417	HFO 100	206	58	1972
261V	IT	Edipower S.p.A. - Tepelná elektrárňa San Filippo del Mela – SF4	Liquid B	Air staging – FGR – ESP – Výber paliva	Elektrická energia	417	HFO 100	27	55	1973
262V	IT	Edipower S.p.A. - Centrale termoelettrica di San Filippo del Mela - SF5	Liquid B	ESP – WFGD - Vstrekovanie pary – air staging - FGR – SCR	Elektrická energia	798	HFO 100	239	67	1975
263V	IT	Edipower S.p.A. - Tepelná elektrárňa San	Liquid B	ESP – WFGD - Vstrekovanie pary – air staging – FGR	Elektrická energia	798	HFO 100	1560	69	1975

		Filippo del Mela – SF6		- SCR						
264V	IT	Edipower S.p.A. - Centrale termoelettrica di Sermide - 3E	CCGT	DLN	Elektrická energia	684	NG 100	1156	80	2003
265V	IT	Edipower S.p.A. - Centrale termoelettrica di Sermide - 4G	CCGT	DLN	Elektrická energia	684	NG 100	5201	76	2004
266V	IT	Edipower S.p.A. - Centrale termoelettrica di Sermide - 4H	CCGT	DLN	Elektrická energia	684	NG 100	4794	77	2004
267V	IT	Edipower S.p.A. – Brindisi – BR3	WBB	FGR – SCR – Vyvážený prietok vzduchu – Uhlie s nízkym obsahom síry – ESP	Elektrická energia	857	Čierne uhlie 96 – HFO 4	3421	69	74
268V	IT	Edipower S.p.A. – Brindisi – BR4	WBB	FGR - SCR - Vyvážený prietok vzduchu - Uhlie s nízkym obsahom síry - ESP	Elektrická energia	857	Čierne uhlie 97 - HFO 3	2992	68	1977
269V	IT	Edison S.p.A - Tepelná elektrárň Candela	CCGT	DLN	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	670	NG 100	7079	90	2005
270V	IT	Edison S.p.A - Marghera Levante - Marghera (VE) - TG3	CCGT	Vstrekovanie pary	Chemický priemysel	393	NG 100	1731	79	1992
271V	IT	Edison S.p.A - Marghera Levante - Marghera (VE) - TG4	CCGT	Vstrekovanie pary	Chemický priemysel	393	NG 100	1037	82	1992
272V	IT	Edison S.p.A - Marghera Levante - Marghera (VE) - TG5	CCGT	DLN	Chemický priemysel	66	NG 100	7957	75	2001
273V	IT	ROSEN Rosignano Energia S.p.A. - Centrale di Rosignano TG1 - Rosignano Marittimo (LI)	CCGT	DLN	Chemický priemysel	44	NG 100	8314	93	1997
274V	IT	ROSEN Rosignano Energia S.p.A. - Centrale di Rosignano TG2 - Rosignano Marittimo (LI)	CCGT	DLN	Chemický priemysel	44	NG 100	7322	94	1997
275V	IT	SEF s.r.l - Kombinovaná elektrárň CC1 - Ferrara (FE)	CCGT	Ladený DLN samostatne – Vylepšená schopnosť prúdenia vzduchu pre širší rozsah zaťaženia	Výkon	68	NG 100	4396	79	2008

276V	IT	SEF s.r.l - Kombinované zariadenie CC2 - Ferrara (FE)	CCGT	Ladený DLN samostatne – Vylepšená schopnosť prúdenia vzduchu pre širší rozsah zaťaženia	Elektrická energia	683	NG 100	6995	76	2008
278V	IT	Enipower S.p.A. - Centrale termoelettrica di Brindisi - CC1	CCGT	Ladený DLN samostatne – Vylepšená schopnosť prúdenia vzduchu pre širší rozsah zaťaženia	Chemický priemysel	68	NG 100	5007	77	2005
279V	IT	Enipower S.p.A. - Centrale termoelettrica di Brindisi - CC2	CCGT	DLN	Chemický priemysel	685	NG 95 – Odpadový plyn z krakovania parou (H ₂) 5	8177	84	2005
280V	IT	Enipower S.p.A. - Tepelná elektrárňa v Brindisi - CC3	CCGT	DLN	Chemický priemysel	685	NG 95 – Odpadový plyn z krakovania parou (H ₂) 5	7546	83	2007
286V	IT	Enel Produzione S.p.A. - Pietro Vanucci Grupo1 - Gualdo Cattaneo (PG)	DBB	LNB – air staging – ESP	Elektrická energia	200	Čierne uhlie 96	3089	81	1990
288V	IT	Enel Produzione S.p.A. – Bari – GR2	GasB	LNB – air staging	Elektrická energia	180	NG 100	738	75	1959
290V	IT	Enel Produzione S.p.A. – Porto Empedocle gr1	Kvapalina B	Vstrekovanie pary – LNB – FGR – Výber paliva	Elektrická energia	200	HFO 100	4439	59	1963
292V	IT	Termica Cologno s.r.l - Cologno Monzese (MI)	CCGT	DLN	Celulóza a papier	112	NG 100	7124	90	1997
293V	IT	Edison S.p.A - Terni - CCGT	CCGT	DLN	Chemický priemysel	190	NG 100	6600	87	2004
294V	IT	Edison S.p.A - Terni - Pomocný kotol	GasB	Štandardné horáky	Chemický priemysel	74	NG 100	216	40	2001
295V	IT	Edison S.p.A - Marghera Azotati TG3 - Marghera (Benátky)	CCGT	Vstrekovanie vody – katalyzátor CO v obtokovom komíne (pri použití v otvorenom cykle) a pred HRSG (pri použití v kombinovanom cykle)	Elektrická energia	23	NG 100	1004	73	2010
296V	IT	Edison S.p.A - Marghera Azotati TG4 - Marghera (Benátky)	CCGT	Vstrekovanie vody – katalyzátor CO v obtokovom komíne (pri použití v otvorenom cykle) a pred HRSG (pri používaní v kombinovanom cykle)	Elektrická energia	235	NG 100	1901	82	2009
297V	IT	Polimeri Europa S.p.A. - SA1-B4 - Porto Marghera (VE)	Kotol	Voľba paliva – LNB – Regulácia vzduchu – Dvojitý ohrev	Chemický priemysel	27	Tekuté procesné palivo 66,6 – NG 21,2 – Plynové palivo pre procesy	4066	28	1966

							17			
298V	IT	Polimeri Europa S.p.A. - Porto Marghera (VE)	DBB	Voľba paliva – palivo s nízkym obsahom popola – LNB – air staging - Dvojitý ohrev	Chemický priemysel	139	Tekuté procesné palivo 64 - NG 19 - Plynné palivo 17	715	72	1966
305V	IT	FENICE S.p.A - Pedrignano (PR)	CCGT	DLN	KVET	91	NG 100	NA	NA	2008
307V	IT	Società ionica gas S.p.A. - 360-KA-503 - Crotone (KR)	CCGT	DLN	Mechanický pohon	18	NG 100	8400	84	2004
311V	IT	Società ionica gas S.p.A. - 3601-KA-001 – Crotone (KR)	CCGT	DLN	Mechanický pohon	21	NG 100	8400	67	2010
313V	IT	Eni e&p – Distretto Meridionale Centro Olio Val D'agri Plynová turbína V470-MT-001A & HRSG V620-VC-001A – Viggiano (PZ)	CCGT	DLN	GOSP (závod na separáciu plynu a ropy)	43	NG 75 – Skladovanie odpadového plynu do HRSG 25	6739	89	2001
314V	IT	Eni e&p – Distretto Meridionale Centro Olio Val D'agri Plynová turbína V470-MT-001B & HRSG V620-VC-001B – Viggiano (PZ)	CCGT	DLN	GOSP (závod na separáciu plynu a ropy)	43	NG 75 – Skladovanie odpadového plynu do HRSG 25	5557	88	2001
315V	IT	Eni e&p – Distretto Meridionale Centro Olio Val D'agri Plynová turbína V470-MT-001C & HRSG V620-VC-001C – Viggiano (PZ)	CCGT	DLN	GOSP (závod na separáciu plynu a ropy)	43	NG 75 – Skladovanie odpadového plynu do HRSG 25	5492	88	2001
317V	IT	Eni e&p - Distretto Meridionale Centro Olio Val D'agri V620-FG.001 B - Viggiano (PZ)	PlynB	LNB	GOSP (závod na separáciu plynu a ropy)	66	Plynné procesné palivo	8559	36	2004
318V	IT	Eni e&p - Distretto Meridionale Centro Olio Val D'agri V620-FG.001 C - Viggiano (PZ)	GasB	LNB	GOSP (závod na separáciu plynu a ropy)	66	Plynné procesné palivo	8471	36	2004

319	IT	Eridania Sadam S.p.A. - Trecasali (PR)	GasB	LNB – air staging	Elektrická energia	200	NG 100	1512	77	1968
322V	IT	SICET S.r.L. - Ospitale di Cadore (BL)	BFB	AS - FGR	Elektrická energia	63	WB 100	6067	93	2011
323V	IT	Ahlstrom Turin SpA - 1 - Mathi (TO)	CCGT	DLN (nový GT 2008) – Štandardné horáky (HRSG 1990)	Celulóza a papier	67	NG 100	8190		1990
325V	IT	Ahlstrom Turin SpA - 3 - Mathi (TO)	GasB	Ukladanie paliva – FGR	Celulóza a papier	63	NG 100	8483	31	2000
326V	IT	Ahlstrom Turin SpA - 4 - Mathi (TO)	GasB	LNB	Celulóza a papier	18	NG 100	550	44	2007
328V	IT	Cartiere Modesto Cardella S.p.A. - 1 - Lucca (LU)	CCGT	DLN (GT)	Celulóza a papier	57	NG 100	8000	57	1997
330V	IT	Eni e&p - Distretto centro settentrionale - Piattaforma Barbara T2 - 1 - 360-MT-004 - Jadranské more, pred regiónom Marche	OCGT	DLN	Mechanický pohon na ťažobnej plošine	13	NG 100	8220	97	2001
331V	IT	Eni e&p - Distretto centro settentrionale - Piattaforma Barbara T2 - 1 - 360-MT-005 - Jadranské more, pred regiónom Marche	OCGT	DLN	Mechanický pohon na ťažobnej plošine	13	NG 100	8220	96	2001
332V	IT	Eni e&p - Distretto centro settentrionale - Piattaforma Barbara T2 - 1 - 360-MT-006 - Jadranské more, pred regiónom Marche	OCGT	DLN	Mechanický pohon na ťažobnej plošine	1	NG 100	8220	104	2001
333V	IT	Eni e&p - Distretto centro settentrionale - Piattaforma Barbara T2 - 1 - 360-MT-007 - Jadranské more, pred regiónom Marche	OCGT	DLN	Mechanický pohon na ťažobnej plošine	1	NG 100	8220	102	2001
334V	IT	Snam Rete Gas – Enna (EN) - TC1 PGT25	OCGT	Regulácia otáčok, teploty na vstupe, uhly natočenia nastaviteľných lopatiek	Mechanický pohon	56	NG 100	866	77	1984
335V	IT	Snam Rete Gas – Enna (EN) - TC4 PGT25-DLE	OCGT	DLN	Mechanický pohon	64	NG 100	2040	72	2008

Kapitola 13

336V	IT	Snam Rete Gas – Messina (ME) – TC6 PGT25plus-DLE	OCGT	DLN	Mechanický pohon	76	NG 100	4163	89	2006
337V	IT	Snam Rete Gas – Malborghetto (UD)	CCGT	Regulácia otáčok, vstupnej teploty, uhly natočenia nastaviteľných lopatiek	Mechanický pohon	31	NG 100	70	73	1976
338V	IT	Snam Rete Gas – Malborghetto (UD)	OCGT	DLN	Mechanický pohon	62	NG 100	1131	73	1997
339V	IT	Snam Rete Gas – Masera (VB)	OCGT	DLN	Mechanický pohon	36	NG 100	130	85	2002
340V	IT	Snam Rete Gas – Poggio Renatico (FE)	OCGT	DLN	Mechanický pohon	33	NG 100	2235	91	2008
341V	IT	Snam Rete Gas – Poggio Renatico (FE)	OCGT	DLN	Mechanický pohon	64	NG 100	1205	91	2008
342V	IT	STOGIT – Ripalta Cremasca (CR)	OCGT	DLN	Mechanický pohon	62	NG 100	801	86	1998
343V	IT	STOGIT – Ripalta Cremasca (CR)	OCGT	DLN	Mechanický pohon	62	NG 100	1802	85	1998
344V	IT	STOGIT – Tresigallo (FE)	OCGT	Kontrola pomeru vzduchu a paliva	Mechanický pohon	41	NG 100	923	90	1984
353V	IT	INTERCOGEN S.r.l - S.Croce sull'Arno (PI)	SG Motor	Koncepcia chudobnej zmesi - SCR	Elektrická energia	30	NG 100	3788	67	2010
354V	IT	INTERCOGEN S.r.l - S.Croce sull'Arno (PI)	SG Motor	Koncepcia chudobnej zmesi - SCR	Elektrická energia	37	NG 100	3848	67	2010
358AV	IT	Taranto Energia SrL - (CET 2)	PlynB	Kombinované horáky (LDG, AFO, koks, zemný plyn a vykurovací olej) - Dvojité ohrev	Železo a oceľ	42	NG 70 - BF 26 - COG 4	5229	81	1973
358BV	IT	Taranto Energia SrL - (CET 2)	GasB	Kombinované horáky LNB (modernizácia) - dvojité ohrev	Železo a oceľ	427	NG 68 – BF 29 – COG 3	6728	83	1974
358CV	IT	Taranto Energia SrL - (CET 2)	PlynB	Kombinované horáky LNB (modernizácia) - dvojité ohrev	Železo a oceľ	427	NG 67 – BF 29 – COG 3 – HFO 1	847	84	1975
359AV	IT	Taranto Energia SrL – (CET 3)	CCGT	Vstrekovanie pary pri použití zemného plynu – Dvojité ohrev – Prach v BFG vopred odstránené	Železo a oceľ	44	BF 39 – NG 38 – COG 22 – BOF 2	8123	96	1996

359BV	IT	Taranto Energia SrL – (CET 3)	CCGT	Vstrekovanie pary pri použití zemného plynu – Dvojitý ohrev – Prach v BFG vopred odstránené	Železo a oceľ	44	BF 39 – zemný plyn 38 – COG 22 – BOF 2	816	98	1996
359CV	IT	Taranto Energia SrL – (CET 3)	CCGT	Vstrekovanie pary pri použití NG – Dvojitý opakovaný ohrev – Predbežné odstránenie prachu v BFG	Železo a oceľ	44	BF 39 – NG 38 – COG 22 – BOF 2	751	96	1996
360V	IT	Edison S.p.A - Piombino (LI)	CCGT	Vstrekovanie pary pri použití zemného plynu	Železo a oceľ	383	NG 59 – BF 29 – COG 12	8022	100	2001
361V	IT	Edison S.p.A - Piombino (LI)	GasB	Kombinované horáky (olej a 3 druhy plynu) – Tekuté palivo (obsah S 1,5 %)	Železo a oceľ	221	BF 44 – NG 26 – HFO 26 – COG 4	8760	42	1978
362	MT	Dieselové motory s kombinovaným cyklom – Delimara	Motor	SCR – DSI – BF	Elektrická energia	77	HFO 100	512	97	2012
363	MT	Dieselové motory s kombinovaným cyklom – Delimara	Motor	SCR – DSI – BF	Elektrická energia	77	HFO 100	566	97	2012
364	MT	Dieselové motory s kombinovaným cyklom – Delimara	Motor	SCR – DSI – BF	Elektrická energia	77	HFO 100	458	97	2012
365	MT	Dieselové motory s kombinovaným cyklom – Delimara	Motor	SCR – DSI – BF	Elektrická energia	77	HFO 100	602	97	2012
366V	NL	Essent – Amer-9	WBB	LNB - Air staging - SCR - WFGD - ESP - Superkritická para	NA	1600	Čierne uhlie 70 – Drevo 30	8116	85	1995
367V	NL	E.on – Maasvlakte-1	WBB	LNB – air staging – SCR – typ FGD – ESP	Elektrická energia	1384	Čierne uhlie 85 – Drevo 15	7621	65	1987
368V	NL	EPZ – Borssele-12	WBB	LNB – air staging – SCR – fuel staging – WFGD – ESP	Elektrická energia	1080	Čierne uhlie 100	7891	84	1987
369V	NL	Intergen – Maasstroom (Rijnmond 2)	CCGT	DLN - SCR	Elektrická energia	742	NG 100	6240	63	2010
370V	NL	GDF SUEZ – Eems-1v5	CCGT	DLN	Elektrická energia	688	NG 100	3581	77	1996
371V	NL	Essent – Den Bosch	CCGT	DLN	Potraviny a nápoje	69	NG 100	4364	93	1995
372V	NL	E.on – UCML – Rotterdam-Maasvlakte	CCGT	DLN	Chemický priemysel	NA	NG a glykol v HRSG	NA	NA	NA

Kapitola 13

373V	NL	Nuon – IJmond-1 – Ijmuiden	CCGT	DLN	Železo a oceľ	347	BF 96 – NG 1 – BOF 2	6445	92	1997
374V	NL	EDEA - F-3501 - Sittard - Geleen	GasB	LNB - FGR - Výber paliva	Chemický priemysel	140	Procesné plyny 100	8100	72	1978
375V	NL	Nuon – WKC2 Emmtec – Emmen	CCGT	Vstrekovanie pary	NA	141	NG 100	7625	28	2003
376NV	PL	Dalkia Poznań SA – EC II Karolin	DBB	Nahlásené údaje o emisiách do ovzdušia pre jeden zo štyroch kotlov: ESP – SDA – BF	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	920	Čierne uhlie 96 - WBB 1,4 - Bylinné 1,1	8760	NA	NA
377V	PL	TAURON Wytwarzanie SA - EC Katowice	PCFB	Air staging - Vstrekovanie sorbentu do kotla – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	378	Čierne uhlie 92 - Kal 8	7807	80	1999
378V	PL	EC Białystok SA – Białystok	BFB	Air staging/fuel staging – FGR – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	87	WB 100	7874	107	1978
379V	PL	KOGENERACJA SA - EC Wrocław	WBB	LNB – air staging – fuel staging – Plánované dodatočné zlepšenia DeNO _x a odsiňovanie v roku 2015	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	186	Čierne uhlie 57 – Drevo 43	6571	89	1972
380V	PL	EC Kraków SA	WBB	LNB – air staging – Dvojitý ohrev	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	331	Čierne uhlie 89 – HB 12	6113	92	1978
381V	PL	Dalkia Łódź SA	DBB	LNB – Air staging/fuel staging	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	36	Čierne uhlie 95 – Drevo 2 – Bylinné 3	4118	45	1977
382V	PL	EC Zielona Góra SA	CCGT	DLN	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	383	NG 100	7417	89	2004
383V	PL	PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA - EC Lublin Wrotków	CCGT	DLN	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	488	NG 100	5845	87	2002
384-1V	PL	Tauron Wytwarzanie SA – Jaworzno III	DBB	LNB – air staging – dvojité ohrev	Elektrická energia	33	Čierne uhlie 99	5927	90	1976
384-2V	PL	Tauron Wytwarzanie SA – Jaworzno III, Elektryczność III	DBB	LNB – air staging	Elektrická energia	3360	Čierne uhlie 99	5927	90	1976
384-3V	PL	Tauron Wytwarzanie SA - Jaworzno III, Elektrownia III	DBB	LNB – air staging	Elektrická energia	3360	Čierne uhlie 99	5927	90	1976

385V	PL	TAURON Wytwarzanie Spółka Akcyjna - Oddział Elektrownia Jaworzno III w Jaworznie – Elektrownia II	CFB	Zapálenie horákov + Air staging - ESP - Plánovaná modernizácia pre znižovanie emisií NO _x v rámci recirkulácie spalín (10 %)	Elektrická energia	396	Čierne uhlie 89 – Bylinná biomasa 11	7627	92	2002
386-1V	PL	PGE Elektrownia Opole SA -	DBB	LNB – Air staging - WFGD - ESP - Dvojité ohrev	Elektrická energia	952	Čierne uhlie 98	4923	81	1993
386-2V	PL	Tauron Wytwarzanie SA - Jaworzno III, Elektrownia III	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP – dvojité ohrev	Elektrická energia	952	Čierne uhlie 98	65	83	1994
386-3V	PL	PGE Elektrownia Opole SA	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP – dvojité ohrev	Elektrická energia	952	Čierne uhlie 98	6924	81	1996
386-4V	PL	PGE Elektrownia Opole SA	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP – dvojité ohrev	Elektrická energia	952	Čierne uhlie 98	74	81	97
387VC	PL	Tauron Wytwarzanie SA – Elektryczne Łagisza	CFB	SNCR – vstrekovanie sorbentu do kotla – ESP – Superkritická para	Elektrická energia	1022	Čierne uhlie 100	6217	78	2009
388NV	PL	Enea SA – Elektryczny Kozienice	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	1383	Čierne uhlie 100	504		1979
389VC	PL	PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA - Elektryczny Bełchatów	DBB	WFGD - ESP	Elektrická energia	991	Hnedé uhlie 100	8104	91	1986
390-1V	PL	PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA - Elektrownia Turów	CFB	Air staging – vstrekovanie sorbentu do kotla – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	587	Hnedé uhlie 100	708	85	1998
390-2V	PL	PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA – Elektryczny Turów	CFB	Air staging – vstrekovanie sorbentu do kotla – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	58	Hnedé uhlie 100	7172	86	1998
390-3V	PL	PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA – Elektrownia Turów	CFB	Air staging – vstrekovanie sorbentu do kotla – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	587	Hnedé uhlie 100	7200	83	2000
390-4V	PL	PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA - Elektrownia Turów	CFB	Air staging – vstrekovanie sorbentu do kotla – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	61	Hnedé uhlie 100	8224	86	2003

Kapitola 13

390-5V	PL	PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA – Elektrownia Turów	CFB	Air staging – vstrekovanie sorbentu do kotla – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	611	Hnedé uhlie 93 – WBB 4 – Bylinná biomasa 3	5919	85	2003
390-6V	PL	PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA – Elektrownia Turów	CFB	Air staging – vstrekovanie sorbentu do kotla – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	611	Hnedé uhlie 93 – WBB 4 – Bylinná biomasa 3	7774	84	2004
391V	PL	ZE PAK SA – Elektryczność Pątnów II	DBB	Air staging/fuel staging – FGR – WFGD – ESP	NA	1080	Hnedé uhlie 100	7724	71	2007
3 95V	PL	ArcelorMittal Poland S.A. - Elektrociepłownia – Zdzeszowice	GasB	LNB samostatné horáky (COG/uhlie) - Rotačný ohrievač vzduchu - Dvojité ohrev	Železo a oceľ	330	COG 95	8704	74	1975
398NV	PL	International Paper - Kwidzyn sp. z o.o.	BFB	Letecká preprava	NA	84	Kôra 11,55 – Forest R 0,014 – Bylinná biomasa 0,152 – Ostatné tuhé látky 0,815	8296	100	1990
399NV	PL	International Paper – Kwidzyn –	DBB	LNB – air staging – ESP – plánovaná modernizácia FGD	NA	363	Čierne uhlie 44	680	10	
402NV	PL	EC Nowa Sp. z o.o.	DBB	LNB samostatné horáky (uhlie COG/iné plyny) – dvojité ohrev	Železo a oceľ	1608	BF 51 - C 40 - COG 7 - BOF 2	87	32	1976
404V	PL	Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej - Gliwice Sp. z o.o.	DBB	LNB – air staging/fuel staging - FGR	Diaľkové vykurovanie	98	Čierne uhlie 100	1422	69	1985
405VC	PL	Miejska Energetyka Ciepła Sp. z o.o. Koszalin	DBB	Air staging – dvojstupňové cyklóny na odstraňovanie prachu	Železo a oceľ	35	Uhlie 100	4684	58	1988
406V	PL	Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej „Legionowo” Sp. z o.o.	GB	FGR – batéria 4 cyklónov	Diaľkové vykurovanie	153	Uhlie 100	4266	12	1977
407V	PL	Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej w Suwałkach Sp. z o.o.	DBB	Air staging/fuel staging – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	23	Uhlie 100	8500		2008
411V	PL	PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A. - Oddział Elektrociepłownia Kielce	GB	FS - FGR	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	25	WB Čipy 100	4904	79	2009
412-1V	PL	Szczecińska Energetyka Ciepła Sp. z o.o.	Kotol	LNB – Výber paliva	Diaľkové vykurovanie	36	Plynový olej 98 – NG 2	61	71	2004

412-2V	PL	Szczecińska Energetyka Ciepła Sp. z o.o.	Kotol	LNB – Výber paliva	NA	36	Plynový olej 95 – NG 5	30	80	2004
414VC	PL	PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A. - Oddział Elektrociepłownia Zgierz	BFB	LNB – air staging/fuel staging – FGR – Nízky obsah S (0,6 %) – Len ESP	NA	78	Hnedé uhlie 88 - Drevo 12	4618	54	1987
415-1V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň v Pego, Abrantes	WBB	LNB – air staging – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia	816	Čierne uhlie 100	5534	73	1992
415-2V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň v Pego, Abrantes	WBB	LNB – air staging – SCR – WFGD – ESP	Elektrická energia	816	Čierne uhlie 100	513	72	1995
416-1V	PT	Centrálna termoelektrická a do Ribatejo, Carregado	CCGT	DLN	Elektrická energia	682	NG 100	3163	81	2003
416-2V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň Ribatejo, Carregado	CCGT	DLN	Elektrická energia	682	NG 100	2953	82	2004
416-3V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň Ribatejo, Carregado	CCGT	DLN	Elektrická energia	682	NG 100	4316	82	2005
417-1V	PT	Central de Ciclo Kombinovaná elektrárň Tapada do Outeiro, Medas, Gondomar	CCGT	DLN	Elektrická energia	605	NG 100	4943	82	1999
417-2V	PT	Central de Ciclo Combinado da Tapada do , Medas, Gondomar	CCGT	DLN	Elektrická energia	605	NG 100	6286	86	1999
417-3V	PT	Central de Ciclo Combinado da Tapada do Outeiro, Medas, Gondomar	CCGT	DLN	Elektrická energia	605	NG 100	6941	85	1999
418V	PT	Central de Cogeração da Energia, Póvoa de Sta. Iria, Vila Franca de Xira	CCGT	DLN (GT) + LNB (SF)	Chemický priemys el	153	NG 100	7626	84	2002
419-1V	PT	Centrálna kogeneračná stanica SPCG, Sado, Setúbal	CCGT	DLN (GT) + LNB (SF)	Celulóza a papier	106	NG 100	6571	93	2009
419-2V	PT	Centrálna kogeneračná stanica SPCG, Sado, Setúbal	CCGT	DLN (GT) + LNB (SF)	Celulóza a papier	106	NG 100	7871	83	2009
421-1V	PT	Powercer – Spoločnosť pre kogeneráciu vo Vialonge, S.A - Central de Cogeração da Powercer, Vialonga,	CCGT	DLN (GT) + LNB (SF)	Potraviny a nápoje	34	NG 100	6901	61	2004

		Vila Franca de Xira								
421-2V	PT	Powercer - Sociedade de Cogeração de Vialonga, S.A - Central de Cogeração da Powercer, Vialonga, Vila Franca de Xira	GasB	LNB	Potraviny a nápoje	26	NG 100	1314	NA	1971
421-3V	PT	Powercer - Spoločnosť pre kogeneráciu vo Vialonge, S.A - Central de Cogeração da Powercer, Vialonga, Vila Franca de Xira	GasB	LNB	Potraviny a nápoje	61	NG 94 – Bioplyn 6	1635	NA	2004
423V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň na biomasu v Figueira da Foz	BFB	LNB - FGR - ESP	NA	95	Kôra 99,7	8271	NA	2009
424-1V	PT	Pomocný kotol na biomasu (BB – kotol na biomasu) kotol)	BFB	LNB - AS - FGR - ESP	NA	99	Kôra 87 - HFO 6 - NG 7	7994	38	1990
424-2V	PT	Pomocné kotly na biomasa a vykurovací olej, Cacia, Figueira da Foz	BFB	LNB - AS - FGR - ESP	NA	50	WB 96	7647	77	2009
425-1V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň Sines	GasB	LNB – air staging	Chemický priemysel	178	Plynové palivo (32+5) - NG 28 - Tekuté palivo 31 - HFO 4	8760	85	1980
425-2V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň Sines	GasB	LNB – air staging	Chemický priemysel	357	NG 35 – Tekuté procesné palivo 32 – Plynové procesné palivo 32 – HFO 3	8760	43	1980
427-1V	PT	Central Termoeléctrica do Caldeirão – Group 1	Motor	NA	Elektrická energia	20	HFO 100	643	56	1987
427-2V	PT	Central Termoeléctrica do Caldeirão – Group 2	Motor	NA	Elektrická energia	20	HFO 100	843	61	1987
427-3V	PT	Central Termoeléctrica do Caldeirão – Group 3	Motor	NA	Elektrická energia	20	HFO 100	1671	55	1990
427-4V	PT	Central Termoeléctrica do Caldeirão – Group 4	Motor	NA	Elektrická energia	20	HFO 100	2701	60	1993

427-5V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň Caldeirão – Group 5	Motor	Koncepcia spaľovania s nízkymi emisiami NO _x	Elektrická energia	44	HFO 100	4405	63	2002
427-6V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň Caldeirão – Group 6	Motor	Koncepcia spaľovania s nízkymi emisiami NO _x	Elektrická energia	44	HFO 100	5466	64	2002
427-7V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň Ca Ideirão – Group 7	Motor	Koncepcia spaľovania s nízkymi emisiami NO _x	Elektrická energia	44	HFO 100	3112	62	2002
427-8V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň Caldeirão – Group 8	Motor	Koncepcia spaľovania s nízkymi emisiami NO _x	Elektrická energia	44	HFO 100	5523	63	2002
428-5V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň Belo Jardim – Group 5	Motor	NA	Elektrická energia	16	HFO 100	6874	69	2003
428-6V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň Belo Jardim – Group 6	Motor	NA	Elektrická energia	16	HFO 100	5841	69	1997
428-7V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň Belo Jardim – Group 7	Motor	NA	Elektrická energia	16	HFO 100	3765	53	1997
428-8V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň Belo Jardim – Group 8	Motor	NA	Elektrická energia	16	HFO 100	3725	69	1997
428-9V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň Belo Jardim – Group 9	Motor	NA	Elektrická energia	32	HFO 100	8568	66	2004
428-10V	PT	Centrálna termoelektrická elektrárň Belo Jardim – Group 10	Motor	NA	Elektrická energia	32	HFO 100	2993	66	2004
429-1V	PT	Centrálna tepelná elektrárň Vitória - Group 6	Motor	Žiadne techniky znižovania emisií	Elektrická energia	20	HFO 100	1766	64	1984
429-2V	PT	Centrálna tepelná elektrárň Vitória - Group 11	Motor	Žiadne techniky znižovania emisií	Elektrická energia	30	HFO 100	7495	58	1992
429-3V	PT	Centrálna termoelektrárň Vitória, Madeira – Funchal	OCGT	NA	Elektrická energia	41	Plyn 95	96	88	2004
429-4V	PT	Central Térmica da Vitória III – Skupina 19	Motor	SCR	Elektrická energia	40	HFO 100	1978	73	2010
430VC	PT	Centrálna termoelektrárň Caniçal	Motor	Žiadne techniky znižovania emisií	Elektrická energia	72	HFO 100	8760	74	2000
431V	ES	Centrálna GICC, Puertollano (Ciudad Real)	CCGT	IGCC – vstrekovanie vody a režim chudobnej zmesi	Elektrická energia	726	Koks 75 – čierne uhlie 25	5325	85	1998

Kapitola 13

432NV	ES	GDF SUEZ - Castelnou Energía	CCGT	Emulgované palivo	Elektrická energia		NG 100	3332	NA	2006
433V	ES	Castellón 4, Castellón	CCGT	DLN samostatne – dvojité ohrev	Elektrická energia	1501	NG 100	6600	50	2008
434V	ES	Velilla 2, Velilla del Río Carrión (Palencia)	WBB	LNB - Air staging - WFGD - ESP	Elektrická energia	1016	Čierne uhlie 99,7 - Koks 0,3	6110	86	1984
435-1V	ES	CT La Robla, La Robla (León)	WBB	ESP	Elektrická energia	82	Čierne uhlie 100	695	85	19 71
435-2V	ES	CT La Robla, La Robla (León)	WBB	LNB - Air staging - WFGD - ESP	Elektrická energia	1024	Čierne uhlie 100	2771	81	1984
436-1V	ES	CTCC Sagunto Polígono Industrial del Puerto (Polígono Químico) (Valencia)	CCGT	DLN	Elektrická energia	732	NG 100	6503	79	2007
436-2V	ES	CTCC Sagunto Polígono Industrial del Puerto (Polígono Químico) (Valencia)	CCGT	DLN	Elektrická energia	736	NG 100	6817	79	2007
436-3V	ES	CTCC Sagunto Polígono Industrial del Puerto (Polígono Químico) (Valencia)	CCGT	DLN	Elektrická energia	734	NG 100	6404	80	2007
437V	ES	CT PUENTE NUEVO, ESPIEL (CÓRDOBA)	WBB	LNB – air staging/fuel staging – FGD typu FGR – ESP	Elektrická energia	87	Čierne uhlie 100	4597	84	1981
438V	ES	CT LOS BARRIOS (CÁDIZ)	DBB	Air staging/fuel staging – systém Flexicom (rozvod paliva) – FGD – ESP	Elektrická energia	1645	Čierne uhlie 100	621	61	1985
439V	ES	CCGT ESCATRÓN (ZARAGOZA)	CCGT	DLN – Dvojité ohrev	Elektrická energia	1384	NG 100	6453	68	2008
440	ES	Soto 4, Rivera de Arriba	CCGT	DLN – emulgované palivo (v prípade dvojpalivového systému)	Elektrická energia	747	NG 100	6111	58	2008
441-1V	ES	CT Aboño, Gijón	WBB	LNB Samostatné horáky – ESP samostatne – DCS	Železo a oceľ	1094	Čierne uhlie 75 – BF 20 – COG 5	4832	61	NA
441-2V	ES	CT Aboño, Gijón	DBB	LNB Samostatné horáky – WFGD – ESP – DCS	Železo a oceľ	1570	Čierne uhlie 75 – BF 20 – COG 5	8622	68	NA

442V	ES	Centrálna tepelná elektráreň Teruel	WBB	LNB – air staging – WFGD – ESP	Elektrická energia	3000	Čierne uhlie 100	8004	69	1979
443-1V	ES	Alcúdia (Mallorca)	DBB	LNB – air staging/fuel staging – FGR – SDA – BF	Elektrická energia	805	Čierne uhlie 97	8680	71	NA
443-2V	ES	Alcúdia (Mallorca)	DBB	LNB – air staging/fuel staging – FGR – SDA – BF	Elektrická energia	75	Čierne uhlie 98	7528	72	NA
444V	ES	Centrálna tepelná elektráreň As Pontes (La Coruña)	DBB	Nízky prebytok vzduchu – LNB – air staging/fuel staging – FGR – Uhlie s nízkym obsahom síry – ESP	Elektrická energia	3800	Čierne uhlie 100	8271	60	1976
445V	ES	C.C. Colón, Huelva	CCGT	DLN	Elektrická energia	719	NG 100	2916	71	2006
446V	ES	GRANADILLA DE ABONA (SANTA CRUZ DE TENERIFE)	CCGT	Vstrekovanie vody	Elektrická energia	486	Plyn, olej 100	8223	72	2006
447V	ES	Biomasa Sangüesa, (Navarra)	GB	BF	Elektrická energia	79	Bylinná biomasa 99,7 – NG 0,3	7811	112	2002
449V	ES	Solvay Química, Torrelavega	DBB	DBB – uhlie s nízkym obsahom síry – ESP	Chemický priemysel	376	Čierne uhlie 94 – NG 5 – HFO 1	8760	56	1987
453V	SE	Jämtkraft AB – Minnesgårdet, Östersund	GB	AS – FGR – FG kondenzátor – ESP	Diaľkové vykurovanie	28	WB 99	1700	59	1981
454V	SE	Minnesgårdet P1-3	Kvapalina B	LNB – ESP – FG kondenzátor – výber paliva	Diaľkové vykurovanie	84	HFO 100	270	28	1979
455V	SE	Jämtkraft AB – Lugnvik	CFB	AS – FGR – SNCR so SCR FG kondenzátor – ESP – KVET	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	138	WB 50 – Kôra 19 – Forest R 17 – Tuhý odpad 8 – Rašelina 6	6918	82	2000
456V	SE	Jämtkraft AB – Lugnvik, Östersund	CFB	FGR – FG kondenzátor – ESP – KVET	Diaľkové vykurovanie	28	WB 50 – Kôra 20 – Forest R 20 – Rašelina 10	2800	65	1984
457V	SE	Jämtkraft AB – Lugnvik, Östersund	BFB	FGR – kondenzátor FG – ESP – KVET	Diaľkové vykurovanie	28	WB 50 – Kôra 20 – Forest R 20 – Rašelina 10	3200	69	1984
458NV	SE	Eskilstuna Energy o Miljö - Vattumannen, Eskilstuna	BFB	LNB – AS – FGR – SNCR	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	112	WB čipy 100	7763	84	2000
460V	SE	Jönköping Energi AB – Munksjö, Jönköping	WBB	LNB – AS – ESP	Elektrická energia, diaľkové vykurovanie, celulóza a papier	68	Piliny 99,6	7062	55	1963

462V	SE	Tekniska verken i Linköping AB - Kraftvärmeverket, Linköping	GB	SNCR – SDA – BF	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	74	Čierne uhlie 56 – Odpad 37 – WBB 7	3955	98	1964
464V	SE	Tekniska verken i Linköping AB – Kraftvärmeverket, Linköping	Kotol	SNCR – WFGD – cyklón – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	74	Tuhý odpad 93 - Kôra 7	6848	98	NA
466NV	SE	Hedensbyverket H2	CFB	FGR - SNCR	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	98	WB 83 – Rašelina 17 – HFO 0,1	8120	70	1997
467NV	SE	Säbyverket Kotol 12	DBB	LNB	Diaľkové vykurovanie	33	WB Pelety 90	NA	NA	1978
468V	SE	Karlshamnsverket blok 3	Kvapalina B	WFGD – ESP – Vstrekovanie pary - FGR – SCR	Elektrická energia	781	HFO 100	631	74	1972
469V	SE	SCA Östrand parný kotol 1	BFB	ESP	Celulóza a papier	180	Kôra 84,5 – HFO 15,5	8616	44	2009
470V	SE	Perstorp Specialty Chemicals AB - Ångcentralen, P6, Perstorp	CFB	FGR - SNCR- BF - ACI - Vstrekovanie sorbentu - FG kondenzátor	Chemický priemysel	50	Drevo 49 - Tuhý odpad 25 - Rašelina 21	7270	82	1991
472V	SE	Perstorp Specialty Chemicals AB - Ångcentralen, P8, Perstorp	Liquid B	WESP – mokrá práčka – FG kondenzátor	Chemický priemysel	17	NA	8064	84	2007
473V	SE	Kalmar Energi – Moskogen, Kalmar	BFB	FGR – AS – SNCR – FG kondenzátor – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	99	WB 99,85	5910	84	2009
476V	SE	E.On Värme Sverige AB – Händelö	CFB	ESP – SNCR – vstrekovanie sorbentu – kondenzátor FG	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	146	Forest R 80 – Tuhý odpad 20	5755	83	2009
477V	SE	Borealis AB – parný kotol v závode na výrobu etylénu, Stenungsund	GasB	LNB – air staging	Chemický priemysel	161	Procesné plyny	8760	46	1969
478	TU	İSKENDERUN ENERJİ ÜRETİM VE TİC. A.Ş. - Elektráreň Sugözü – blok 10, Adana	DBB	LNB – air staging – uhlie s nízkym obsahom síry – WFGD – ESP	Elektrická energia	1558	Čierne uhlie 100	8170	92	2003
478-2	TU	İSKENDERUN ENERJİ ÜRETİM VE TİC. A.Ş. - Elektráreň Sugözü – blok 20, Adana	DBB	LNB – air staging – uhlie s nízkym obsahom síry – WFGD – ESP	Elektrická energia	1558	Čierne uhlie 100	7010	91	2003

479V	UK	Elektrárň Drax – Yorkshire	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP	Elektrická energia	1600	Čierne uhlie 90 – Drevo 7 – Koks 3	8610	NA	1975
480V	UK	Keadby, Scunthorpe	CCGT	DLN (modernizácia v roku 2012)	Elektrická energia	1489	NG 100	7646	83	1995
481V	UK	SSE Generation Ltd – Peterhead	CCGT	DLN	Elektrická energia	2031	NG 100	8379	70	2000
482V	UK	Medway	CCGT	DLN – modernizácia v roku 2012	Elektrická energia	1465	NG 100	7340	74	1995
483	UK	March wood, Southampton	CCGT	DLN	Elektrická energia	NA	NG 100	7919	NA	2009
486	UK	Keadby Generation Ltd – Ferrybridge C, Pontefract	DBB	LNB – air staging – WFGD – ESP so vstrekováním SO ₃	Chemický priemysel	1360	Čierne uhlie 100	4000	100	1967
487-1V	UK	Keadby Generation Ltd – Fiddlers Ferry, Warrington	WBB	LNB – air staging – uhlie s veľmi nízkym obsahom síry – ESP so vstrekováním SO ₃	Chemický priemysel	526	Čierne uhlie 98 – FB 2	NA	NA	1971
487-2V	UK	Keadby Generation Ltd – Fiddlers Ferry, Warrington	WBB	LNB – air staging – WFGD – Plánované zlepšenia pre zníženie emisií NOx – ESP so vstrekováním SO ₃	Chemický priemysel	5269	Čierne uhlie 98 – FB 2	NA	NA	1972
487-3V	UK	Keadby Generation Ltd – Fiddlers Ferry, Warrington	WBB	LNB – air staging – WFGD – ESP so vstrekováním SO ₃	Chemický priemysel	526	Čierne uhlie 98 – FB 2	NA	NA	1972
487-4V	UK	Keadby Generation Ltd – Fiddlers Ferry, Warrington	WBB	LNB – air staging – WFGD – ESP so vstrekováním SO ₃	Chemický priemysel	5269	Čierne uhlie 98 – FB 2	NA	NA	1973
488V	UK	Keadby Generation Ltd – Weston Point, Runcorn	CCGT	Vstrekovanie pary	NA	231	NG 100	7895	60	1998
489-1V	UK	Slough Heat and Power Limited FBB1	CFB	AS – vstrekovanie aktívneho uhlíka – vstrekovanie sorbentu – BF	KVET	92	WB 56 – Forest R 39 – čierne uhlie 4 – NG 1	4648	90	1972
489-2V	UK	Slough Heat and Power Limited FBB2	CFB	AS – vstrekovanie aktívneho uhlíka – vstrekovanie sorbentu – BF	KVET	92	WB 56 – Forest R 39 – čierne uhlie 4 – NG 1	5313	89	1993
489-3V	UK	Slough Heat and Power – Slough Heat & Power, Slough	GB	Air staging – SDA – BF – Aktívne uhlie	KVET	69	Tuhý odpad 55 – Drevo 38 – NG 6	6803	64	2002
490V	UK	SSEPG Operations Ltd – Burghfield	OCGT	Vstrekovanie vody	Elektrická energia	142	NG 100	332	89	1997

491V	UK	SSEPG Operations Ltd, Chickerall	OCGT	Vstrekovanie vody	Elektrická energia	142	NG 100	284	102	1997
493V	UK	RWE npower – Elektrárň Aberthaw	DBB	Skladovanie paliva – FGD s morskou vodou – ESP	Elektrická energia	4116	Čierne uhlie 97 – HFO 1,5 – WBB 1,5	4038	89	1971
494V	UK	RWE npower – Elektrárň Staythorpe	CCGT	DLN nedávno postavená	Elektrická energia	740	NG 100	81	91	2010
495	UK	Rolls-Royce Energy – Derby KVET	CCGT	DLN samostatne – Uplatnenie korekcie účinnosti	NA	1	NG 100	30	NA	1997
496VC	UK	EDF Energy – West Burton A, Nottinghamshire	DBB	LNB – air staging – WFGD	Elektrická energia	1393	Čierne uhlie 97 – HFO 2 – FB 0,4	2406	89	1968
497V	UK	Sizewell B 2035 (2040) Základné dieselové generátory	Motor	Voľba paliva	Elektrická energia	13	Motorová nafta 100	64	53	NA
498V	UK	Sizewell B 2035 (2040) Pomocné kotly	Kvapalina B	Air staging – palivo Low-S	Teplo a energia	22	Plynový olej 100	1187	35	1995
499V	UK	EDF Energy – elektrárňa Heysham 1 (plynové turbíny), Lancashire, Spojené kráľovstvo	OCGT	NA	Elektrická energia	70	Plynový olej 100	48	95	1978
500	UK	National Grid Gas plc – Avonbridge East A	OCGT	DLN	Mechanický pohon	75	NG 100	NA	NA	2004
501V	UK	National Grid Gas plc – Hatton A	OCGT	Štandardné horáky	Mechanický pohon	65	NG 100	870	79	1989
502V	UK	E.ON – Killingholme	CCGT	DLN	Elektrická energia	445	NG 100	3805	96	1992
503V	UK	E.ON – Enfield	CCGT	Dvojstupňový DLN	Elektrická energia	687	NG 100	6255	95	1999
504	UK	E.ON – Citigen, Londýn	DF Motor	SCR	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	39	NG 73 – plynový olej 27	2008	63	1995
505V	UK	E.ON – Steven's Croft, Lockerbie	BFB	AS – FGR – DSI Aktívne uhlie – BF	Elektrická energia	139	WB Čipy 100	5892	88	2007
506V	UK	Centrica – Centrum energie Langleigh, Plymouth	CCGT	DLN	Elektrická energia	75	NG 100	5125	98	2009
507V	UK	Centrica – South Humber Elektrárň Bank, Stallingborough	CCGT	DLN	Elektrická energia	45	NG 100	7358	100	2001

508V	UK	Centrica – Elektrárň Killingholme	CCGT	DLN	Elektrická energia	44	NG 100	1642	94	1993
509	UK	BASF Performance Products plc – Boilerhouse, Paisley	GasB	LNB – Tepelný príkon zariadenia bude znížený pod 50 MW _{th}	Chemický priemysel	76	NG 100	NA	NA	NA
513V	UK	Polimerieuropa – Grangemouth	GasB	LNB – air staging – Prepínač z HFO na plynový olej ako sekundárne palivo	Chemický priemysel	53	NG 100	8256	31	1996
517V	UK	Dalkia Plc – Energetické centrum Alderley Park, Cheshire	GasB	LNB – FGR	NA	74	NG 100	8760	14	2004
518V	UK	British Sugar – cukrovar Wissington, Norfolk	CCGT	DLN (GT) + LNB (SF)	Potraviny a nápoje	207	NG 82 – DFO 18	8423	81	1998
519V	FR	CELKOVO – Kotel 202 – Gonfreville l'Orcher	Kotel	LNB – air staging a fuel staging	Chemický priemysel	13	Plynné palivo 48,3 – Tekuté procesné palivo 6,8 – HFO 44,3	8574	58	1972
520V	FR	SOLVAY – GNF – Tavaux	WBB	LNB – air staging – ESP so vstrekaním SO ₃	Chemický priemysel	134	Čierne uhlie 100	8088	80	1984
521V	FR	SOLVAY – GNB – Tavaux	GasB	Air staging – FGR – LNB	Chemický priemysel	84	NG 64 – H ₂ 36	5586	54	1978
527V	NL	DOW – K5 – Dow Terneuzen	Kotel	LNB – air staging	Chemický priemysel	285	Procesné plyny 100	162	NA	1976
529	BE	Borealis Polymers NV – PPUT – Beringen	GasB	LNB – air staging – FGR	Chemický priemysel	108	Procesné plyny 66 – NG 33	6006	13	1977
535	BE	BASF-Antwerpen – Technická budova	GasB	LNB – air staging a fuel staging	Chemický priemysel	165	Tekuté procesné palivo (30,3+3,6+0,5) – Plynné palivo 6,6 – NG 59	7678	44	1966
535	BE	BASF-Antwerpen – Technická budova	GasB	LNB – air staging a fuel staging – Výber paliva	Chemický priemysel	208	Tekuté procesné palivo 42 – NG 58	5655	14	1966
535	BE	BASF-Antwerpen – Technická budova	GasB	Každé palivo má svoj vlastný horák – LNB – air staging a fuel staging	Chemický priemysel	161	NG 100	2910	9	1966
536	AT	Wien Energie Bundesforste Biomasse Kraftwerk (WEBBK) / Viedeň Simmering – Viedeň	CFB	AS – FGR – SNCR s SCR – BF	NA	66	WB čipy 99,6	7280	99	2006

539V	FI	Elekträreň Keljonlahti – Jyväskylä	CFB	Predohrev vzduchu – AS – SNCR Kondenzátor FG – ESP – KVET	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	48	Rašelina 70 – WB 30	6857	76	2010
543-1V	UK	Jersey Electricity plc – La Elekträreň Collette, Jersey	Motor	NA	Elektrická energia	28	HFO 24 – plynový olej 76	321	79	1992
543-2V	UK	Jersey Electricity plc – La Elekträreň Collette, Jersey	Motor	NA	Elektrická energia	25	HFO 40 – plynový olej 60	277	115	1992
547V	IT	Enel Pro duzione – Federico II – Brindisi	DBB	Air staging/fuel staging – LNB – SCR – WFGD – Superkritická para	Elektrická energia	1700	Čierne uhlie 98	728	72	1993
586V	IT	Enel Produzione – Portoferraio	OCGT	NA	Elektrická energia	72	Plyn 100	149	86	1974
593-1V	CZ	ArcelorMittal Ostrava	WBB	Bežné samostatné horáky (horáky s tryskou COG – horáky na práškové uhlie) – ESP	Železo a oceľ	199	BF 56 – čierne uhlie 34 – COG 10	NA	NA	1995
593-2V	CZ	ArcelorMittal Ostrava	GasB	Tryskové horáky – Predohrev plynu	Železo a oceľ	71	BOF 75 – COG 25	NA	NA	1955
593-3V	CZ	ArcelorMittal Ostrava	DBB	LNB samostatné horáky (uhlie/COG-BFG) – LNB (uhlie) – Polostrešné turbulentné tryskové horáky pre COG/BFG – ESP – Plánované dodatočné DeNO _x /DeSO _x	Železo a oceľ	610	Čierne uhlie 83 – BF 12 – COG 5	NA	NA	1960
593 4VC	CZ	ArcelorMittal Ostrava	DBB	Samostatné horáky LNB (čierne uhlie/COG-BFG) – LNB (čierne uhlie) – Polostrešné turbulentné tryskové horáky pre COG/BFG – ESP – Plánované dodatočné DeNO _x /DeSO _x	Železo a oceľ	90	Čierne uhlie 74 – BF 18 – COG 8	NA	NA	1953
593-5V	CZ	ArcelorMittal Ostrava	NA	Celkový areál 593	Železo a oceľ	1067	Čierne uhlie 65 – BFG 26 – COG 9	8750	64	NA
595V	FI	Ruukki Metals Oy – Raahe K3 – Raahe	GasB	Bežné samostatné horáky (BF/COG-olej/olej) – kvapalné palivo (HFO 0,8 %)	Železo a oceľ	288	BF 75 – HFO 12 – COG 6 – kvapalné 7	843	87	1975
596V	FI	Ruukki Metals Oy – Raahe K4 – Raahe	GasB	LNB – Vzduchové stupňovanie – Kvapalné palivo (HFO 0,8 % S)	Železo a oceľ	254	BF 82 – HFO 11 – COG 7	788	106	1990

597V	FR	ArcelorMittal Fos – Centrale Soufflante	GasB	Zahŕňa 4 rôzne kotly (3 z roku 1972 a jeden z roku 1996) / Plánované SNCR v jednom z nich v roku 2013	NA	345	BFG 49 – BOG 6 – COG 33 – Tekuté palivo 12	8760	NA	NA
601-1	DE	Salzgitter Flachstahl GmbH – Elektrárň SZ-Hallendorf – Salzgitter	GasB	FGR – LNB Samostatné horáky (COG-kvapaliny/BFG-NG)	Železo a oceľ	1220	BF 54 – COG 32 – BOF 7 – NG 7	8757	50	1988
601-2	DE	Salzgitter Flachstahl GmbH – Elektrárň SZ-Hallendorf – Salzgitter	GasB	FGR – LNB Samostatné horáky (pre COG/kvapaliny a BFG/NG)	Železo a oceľ	1220	BF 54 – COG 32 – BOF 7 – NG 7	8757	50	1991
601-3	DE	Salzgitter Flachstahl GmbH – Elektrárň SZ-Hallendorf – Salzgitter	GasB	FGR – LNB Samostatné horáky (pre COG/kvapaliny a BFG/NG)	Železo a oceľ	1220	BF 54 – COG 32 – BOF 7 – NG 7	8757	50	1992
601-4	DE	Salzgitter Flachstahl GmbH – Kraftwerk SZ-Hallendorf – Salzgitter	GasB	LNB – FGR	Železo a oceľ	1220	BF 54 – COG 32 – NG 7 – BOF 7	8757	50	2010
601-5	DE	Salzgitter Flachstahl GmbH – Elektrárň SZ-Hallendorf – Salzgitter	GasB	LNB – FGR	Železo a oceľ	1220	BF 54 – COG 32 – NG 7 – BOF 7	875	50	2010
602	DE	ThyssenKrupp Steel AG – Kraftwerk Duisburg-Ruhrort, blok 2 – Duisburg	GasB	Bežné samostatné horáky (čistý BFG / čistý COG) (fuel staging)	Železo a oceľ	17	BF 85 – COG 15	5213	80	1958
603	DE	ThyssenKrupp Steel AG – Elektrárň Duisburg-Ruhrort, blok 3 – Duisburg	Plyn	Normálne samostatné horáky (čistý BFG / čistý COG) (fuel staging)	Železo a oceľ	72	BF 82 – COG 18	791	99	1963
605	DE	ThyssenKrupp Steel AG – Elektrárň Duisburg-Hamborn, blok 3 – Duisburg	GasB	LNB Samostatné horáky (čistý BFG / kombinovaný COG/NG LNB) – air staging/fuel staging	Železo a oceľ	178	BF 73 – COG 27	807	NA	1958
606	DE	ThyssenKrupp Steel AG – Elektrárň Duisburg-Hamborn, blok 4 – Duisburg	GasB	LNB Samostatné horáky (čistý BFG / kombinovaný COG/NG LNB) – air staging/fuel staging	Železo a oceľ	312	BF 73 – COG 27	8107	76	1976
607	DE	DK Recycling und Roheisen GmbH – Elektrárň – Duisburg	GasB	Bežné samostatné horáky (BF/NG)	Železo a oceľ	90	BF 92 – NG 8	7173	62	1981
611V	NL	Tata Steel Mainland Europe – Ketel 15, Ijmuiden	GasB	Kombinované horáky – FGR	Železo a oceľ	110	BF 61 – COG 38 – NG 1	8378	58	1965
612V	NL	Tata Steel Mainland Europe – Ketel 16, Ijmuiden	GasB	Kombinované horáky	Železo a oceľ	110	BF 65 – COG 34 – NG 1	6373	61	1970

Kapitola 13

613V	NL	Tata Steel Mainland Europe - Ketel 23, Ijmuiden	GasB	Kombinované horáky - FGR	Železo a oceľ	110	BF 86 – NG 9 – COG 5	7104	54	1973
614V	NL	Tata Steel Mainland Europe - Ketel 24, Ijmuiden	GasB	Kombinované horáky - FGR	Železo a oceľ	110	BF 68 – COG 28 – NG 4	4513	54	1985
615V	NL	Tata Steel Mainland Europe - Ketel 41, Ijmuiden	GasB	Bežné samostatné horáky (NG/BFG)	Železo a oceľ	56	BF 90 – NG 10	7580	58	1984
616V	NL	Tata Steel Mainland Europe - STEG11, Ijmuiden	CCGT	CCGT - GT spaľuje zemný plyn - Vstrekovanie pary - Dodatočné spaľovanie	Železo a oceľ	110	NG 63 – BF 37	7742	64	1989
617V	PL	ArcelorMittal – Krakov	DBB	Bežné samostatné horáky (BF-COG/uhlie) Pálka na práškové palivo a plynové horáky	Železo a oceľ	55	Čierne uhlie 58 - BF 23 - COG 19	8500	36	1954
618V	PL	ArcelorMittal – Krakov	DBB	Bežné samostatné horáky (BF-COG/uhlie) – Prebieha modernizácia s 8 LNB pre BF + automatizácia pre ostatné	železo a oceľ	294	Čierne uhlie 58 – BF 23 - COG 19	8500	35	1965
619-1V	SE	SSAB EMEA - P1 - OK2, Oxelösund	GasB	Štandardné horáky – kvapalné palivo s nízkym obsahom síry (0,4 % HFO)	Železo a oceľ	25	BF 79 – COG 20 – HFO 1	8152	54	1957
619-2V	SE	SSAB EMEA - P2 - OK2, Oxelösund	GasB	LNB samostatné horáky – kvapalné palivo s nízkym obsahom síry (0,4 % HFO)	Železo a oceľ	25	BF 78 – COG 20 – HFO 2	6725	53	1957
620V	SE	SSAB EMEA – P4, Oxelösund	GasB	LNB Samostatné horáky (BF – COG)	Železo a oceľ	21	Zmes hlavne BF- COG	787	47	1971
621V	SE	Lulekraft AB, LKV, Luleå	GasB	Nízko-S kvapalné palivo (0,4 %) - LNB Samostatné horáky (COG-plynový olej /BF/plynový olej ako záloha)	Železo a oceľ	350	BF 90 – plynový olej 9 – COG 1	7315	81	1982
623V	UK	Tata Steel Europe – MargamA3, Port Talbot	GasB	LNB Samostatné horáky (zemný plyn/zmiešaný plyn (BF+BOF?))	Železo a oceľ	99	BF 88 – NG 9 – BOF 3	8470	NA	NA
624V	UK	Tata Steel Europe – MargamA5, Port Talbot	GasB	FGR – samostatné horáky LNB (zemný plyn/koksárenský plyn/zmiešaný plyn?)	Železo a oceľ	50	BF 80 – NG 9 – COG 8 - BOF 3	866	NA	NA
625V	UK	Tata Steel Europe – MargamB, Port Talbot	PlynB	FGR – samostatné horáky LNB (zemný plyn/koksárenský plyn/zmiešaný plyn?)	Železo a oceľ	80	BF 88 – COG 8 – BOF 2 – NG 2	8620	NA	NA
626V	UK	Tata Steel Europe – MargamC, Port Talbot	GasB	FGR – LNB Samostatné horáky (zemný plyn/COG/zmiešaný plyn?)	Železo a oceľ	268	BF 68 – COG 13 – NG 13 – BOF 6	8760	NA	NA

627V	UK	Tata Steel Europe – Servisné kotly, Port Talbot	GasB	LNB samostatné horáky (NG/BF/COG)	Železo a oceľ	114	BF 56 – COG 42 – NG 2	8760	NA	NA
628-1V	UK	Tata Steel Europe – Centrálna elektráreň, Scunthorpe	GasB	Kombinované horáky NEI BFG/COG	Železo a oceľ	108	BF 60 – COG 37 – HFO 3	7769	83	1976
628-2V	UK	Tata Steel Europe – Centrálna elektráreň, Scunthorpe	GasB	Kombinované horáky NEI Horáky BFG/COG – nízkoemisné kvapalné palivo (0,17 %)	Železo a oceľ	108	BF 63 – COG 34 – HFO 3	8022	83	1976
628-3V	UK	Tata Steel Europe – Centrálna elektráreň, Scunthorpe	GasB	Horáky typu Peabody M22	Železo a oceľ	49	BF 88 – COG 12	4974	64	1960
629-1V	UK	Tata Steel Europe – Turbo Blower House A, Scunthorpe	GasB	Horák typu Typhoon BFG – kvapalné palivo Low-S (0,17 %)	Železo a oceľ	39	BF 96 – COG 3 – HFO 1	8124	70	1953
629-2V	UK	Tata Steel Europe – Turbo Blower House A, Scunthorpe	GasB	Horák typu Typhoon BFG – kvapalné palivo Low-S (0,17 %)	Železo a oceľ	39	BF 96 – COG 3 – Motorová nafta 1	7619	72	1953
629-3V	UK	Tata Steel Europe – Turbo Ventilátorová budova A, Scunthorpe	GasB	Horák typu Typhoon BFG – kvapalné palivo Low-S (0,17 %)	Železo a oceľ	39	BF 96 – COG 2 – HFO 2	6870	77	1953
629-4V	UK	Tata Steel Europe – Turbo Ventilátorová budova A, Scunthorpe	GasB	Horák typu BFG typu Typhoon – kvapalné palivo Low-S (0,17 %)	Železo a oceľ	39	BF 96 – COG 2 – HFO 2	7039	73	1953
630-1V	UK	Tata Steel Europe – Turbo Blower House B, Scunthorpe	GasB	typu Typhoon BFG horák – kvapalné palivo Low-S (0,17 %)	Železo a oceľ	54	BF 94 – COG 3 – Gázový olej 3	3851	81	1953
630-2V	UK	Tata Steel Europe – Turbo Ventilátorová budova B, Scunthorpe	GasB	Horák typu Typhoon BFG – kvapalné palivo Low-S (0,17 %)	Železo a oceľ	54	BF 97 – COG 2 – HFO 1	7337	87	1961
632	AT	GuD Kraftwerk Timelkam	CCGT	DLN - SCR - K dispozícii len rozsah - Zníženie prietoku vzduchu pre nízke zaťaženie	Elektrická energia	705	NG 100	4600	90	2008
654V	BE	T-Power n.v. – Tessenderlo	CCGT	DLN	Elektrická energia	750	NG 100	1680	100	2011
655V	DE	Mark-E Aktiengesellschaft - Biomasseverstromungsanlage Hagen-Kabel - Hagen	GB	LNB - AS - FGR - SNCR - DSI aktívne uhlie - BF	Elektrická energia	86	WB 99,2 (vrátane odpadového dreva)	8433	74	2004
656V	AT	WIEN Energie GmbH - Donaustadt 3 - Viedeň	CCGT	DLN - SCR	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	686	NG 100	5831	90	2001

657	EE	Tallina Kute – Kadaka BH – Tallinn	GasB	LNB – Air staging/fuel staging – FGR	Diaľkové vykurovanie	316	NG 100	8150	14	1997
658	EE	Tallina Kute -Mustamae BH – Tallinn	GasB	Kombinácia NO _x PM (air staging/fuel staging a 16 LNB v 1/4 kotloch)	Diaľkové vykurovanie	44	NG 100	NA	NA	NA
659	EE	Tallina Kute – Ulemiste BH – Tallinn	GasB	Štandardné horáky	Diaľkové vykurovanie	255	NG 100	2112	10	1999
660	EE	Fortum Eesti AS – Parnu Niidu KVET – Parnu	BFB	LNB – FGR – SNCR – DSI – BF	NA	81	WB čipy 83 – rašelinové 16 – NG 1	7920	97	NA
661	EE	Fortum Eesti AS – kotolňa Parnu Suur Joe – Parnu	NA	NA	NA	70	Rašelina 10 – NG 50 – HFO 1	6768	19	NA
662V	AT	FHKW Mellach	WBB	Air staging/fuel staging – LNB – SCR – WFGD – BF	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	543	Čierne uhlie 98,8 – zemný plyn 1 – Odpad 0,2	6427	95	1986
664V	FR	Cristal Union – kotol FML13 – Erstein	GasB	NA	NA	51	NG 100	3216	74	
665	DE	GKW Smurfit Kappa Zülrich Papier	NA	Vstrekovanie vody	Celulóza a papier	38	NG 19	8426	61	1996
666	SE	ÅC2 Obbola	DBB – iné	SNCR – air staging – ESP	Celulóza a papier	110	Kôra 95	7987	43	1975
667	SE	Smurfit Kappa Kraftliner Piteå	BFB	SNCR – air staging – recirkulácia spalín – BF	Celulóza a papier	165	Kôra 67 – Drevené štiepky 31 – Tuhý odpad 2	8500	44	2007
668	SE	Södra Cell Mönsterås	BFB	SNCR – air staging – recirkulácia spalín – ESP	Celulóza a papier	96	Kôra 95,5	8066	75	1979
669	SE	Södra Cell Mörrum	BFB	Air staging – recirkulácia spalín – ESP	Celulóza a papier	111	Kôra 95	6400	57	2002
670	SE	Stora Enso Fors	CFB	SNCR – air staging – recirkulácia spalín – ESP	Celulóza a papier	61	Forest R 89 – Kôra 8 – Pelety 3	8101	96	1985
671	SE	Stora Enso Hylte AB – 2	BFB	SNCR – air staging – recirkulácia spalín – ESP – BF – Práčka	Celulóza a papier	80	Tuhý odpad 100	7626	64	1972
672	SE	Stora Enso Hylte AB – 4	CFB	SNCR – air staging – recirkulácia spalín – ESP – Práčka	Celulóza a papier	65	SW 15 – Tuhý odpad 65 – Kôra 20	7627	65	1973

673	SE	Mlyn Nymölla	BFB	SNCR – Air staging – Recirkulácia spalín – ESP – pračka	Celulóza a papier	115	Kôra 58 - HFO 17 - Ropný plyn 8 - Tuhé palivo (kal) 17	8699	49	NA
67	SE	Stora Enso Skoghall AB Kotel 11	BFB	SNCR s SCR – air staging – recirkulácia spalín – ESP	Celulóza a papier	179	Forest R 66 – Kôra 18 – Piliny 9 – Iné (kal) 3,5 – Iné (vlákna z ČOV) 3,5	78	54	1977
675	ES	Zicuñaga	Plyno vá turbína	DLN – Vstrekovanie vody	Celulóza a papier	NA	NG	NA	NA	2008
676	ES	Ence Navia	BFB	NA	Celulóza a papier	75	Kôra	NA	NA	NA
677	FI	Metsä Group Simpele	BFB	Air staging – recirkulácia spalín – ESP	Celulóza a papier	127	WB 62 – Rašelina 38	839	51	1976
678	FI	Äänevoima Oy	BFB	Air staging – recirkulácia spalín	Celulóza a papier	173	Rašelina 14 – WB 82,5 – Tuhý odpad 3,5	8313	58	2002
679	FI	Stora Enso Imatra	BFB	Air staging – recirkulácia spalín	Celulóza a papier	267	Kôra 100	NA	NA	1992
680	FI	UPM Jämsänkoski	Kotel	Air staging – recirkulácia spalín	Celulóza a papier	205	WB 14.1 – Lesné hospodárstvo 60,4 – Rašelina 19,1 – WB 6,3 – HFO 0,1	8453	52	2002
681	FI	Äänevoima Oy ropa	Kotel	Air staging – LNB – multicyklón	Celulóza a papier	93	HFO	584	23	1996
682	PT	Setubal	BFB	Air staging – Recirkulácia spalín – ESP	Celulóza a papier	134	Kôra 98,5	6932	52	1978
683	FR	CTBR Tranche 1 – Saint André – La Réunion	GB	Iba letecká preprava – ESP	NA	101	Čierne uhlie 100	72	110	1992
684	FR	CTBR Tranche 1 – Saint André – La Réunion	GB	Letecká preprava – ESP	NA	116	Bylinná biomasa 64 – čierne uhlie 36	87	101	1992
685	FR	CTG A Tranche 1 – St Louis – La Réunion	GB	Iba letecká preprava – ESP	NA	103	Čierne uhlie 100	75	107	1995
686	FR	CTG A Tranche 1 – St Louis – La Réunion	GB	Letecká preprava – ESP	NA	12	Bylinná biomasa 68 – čierne uhlie 32	8569	91	1995
687	FR	CTM Tranche 1 – Le Moule - Guadeloupe	GB	Iba letecká preprava – ESP	NA	9	Čierne uhlie 100	75	104	1998

688	FR	CTM Tranche 1 – Le Moule – Guadeloupe	GB	Len letecká preprava – ESP	NA	124	Čierne uhlie 53,5 – Bylinná biomasa 46,5	8047	93	1998
689	FR	CTBR 2 – Cambuston – La Réunion	Kotol	Air staging/fuel staging – ESP	Elektrická energia	144	Čierne uhlie 100	7705	108	2004
690	FR	CTG B St Louis – La Réunion	Kotol	LNB – Air staging/fuel staging – SNCR – ESP	NA	163	Čierne uhlie 100	7950	97	2006
691	FR	PEI-Port-Est La Réunion	Motor	SCR	Elektrická energia	516	HFO 99,9	5500	70	2012
692	FR	EDF SEI Lucciana	Plynová turbína	Vstrekovanie vody	NA	140	Kvapalné palivo – plynový olej/lahký vykurovací olej – Motorová nafta	2159	14	2008
693	PL	Elektrárň Siersza	CFB	CFB – ESP	NA	674	Čierne uhlie 86 – Drevo 14	7800	89	2001
1000 V	Anonym	Anonym	DBB	LNB – air staging – SDA – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	265	Čierne uhlie 97	328	99	1977
1001V	Anonym	Anonym	CFB	Vstrekovanie sorbentu do kotla – ESP	Diaľkové vykurovanie	80	Čierne uhlie 100	1960	75	1986
1002V	Anonym	Anonym	BFB	Air staging – FGR – ESP – WFGD + FG kondenzátor	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	58	Drevo 78 – Rašelina 22	7430	80	2009
1003V	Anonym	Anonym	BFB	Air staging – FGR – ESP – KVET	Celulóza a papier	295	Kôra 53 – Rašelina 16 – Lesný odpad 24 – Drevené štiepky 6	7106	50	2002
1004V	Anonym	Anonym	CFB	Air staging – ESP	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	325	Rašelina 86 – Forest R 10 – Drevo 3 – Semená 1	756	97	1990
1005V	Anonym	Anonym	DBB	LNB – Air staging – FGR – SCR – WFGD – ESP – Superkritická para – Plánované nové LNB v roku 2013	Elektrická energia	1400	Čierne uhlie 100	6900	87	1994

1006V	Anonymus	Anonym	CCGT	DLN – diaľkové vykurovanie	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	498	NG 100	6040	94	2009
1007V	Anonymus	Anonym	CCGT	Vstrekovanie pary – diaľkové vykurovanie	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	167	NG 100	5502	75	1989
1008V	Anonymus	Anonym	GasB	LNB	Diaľkové vykurovanie	45	NG 100	1481	59	2003
1009V	Anonymus	Anonym	Liquid B	LNB – Multicyklóny	Diaľkové vykurovanie	45	HFO 100	1481	59	2003
1010V	Anonymus	Anonym	GasB	NA	Chemický priemysel	873	Konečný olej 21 – NG 58 – Ch. Procesný plyn 16 – HFO 5	8760	30	1972
1011V	Anonymus	Anonym	GasB	NA	Chemický priemysel	434	Tálový olej 28 – NG 44 – Ch. Procesný plyn 21 – HFO 7	8760	30	1972
1012V	Anonymus	Anonym	BFB	Fázy paliva a vzduchu – FGR – Práčka – ES P	Celulóza a papier	120	Rašelina 60 – Kôra 18 – Čierne uhlie 12 - Drevené štiepky 7 - Ťažký vykurovací olej 3	8344	77	1984
1013V	Anonymus	Anonym	CCGT	DLN – predohrev zemného plynu	Elektrická energia a diaľkové vykurovanie	714	NG 100	7913	85	2005
1014R	Anonymus	Anonym	GB	NA	Diaľkové vykurovanie	166	Čierne uhlie 100	5100	34	NA
1015R	Anonymus	Anonym	GB	FGR - BF	NA	20	Čierne uhlie 100	NA	NA	1986

Zoznam skratiek používaných pre spaľovacie procesy:

BFB: Bubbling fluidised bed (bublínkové fluidné lôžko); CCGT: Combined-cycle gas turbine (kombinovaná plynová turbína); CFB: Circulating fluidised bed (cirkulačné fluidné lôžko); DBB: Dry-bottom boiler (kotol so suchým dnom); DF Engine: Dual fuel engine (dvojité palivové motory); GB: Grate-fired boiler (kotol s roštom); GasB: Gas-fired boiler (plynový kotol); HRSG: parný generátor s rekuperáciou tepla; LiquidB: kotol na kvapalné palivo; OCGT: plynová turbína s otvoreným cyklom; SG Engine: plynový motor so zapáľovaním iskrou; WBB: kotol s mokrým dnom.

Zoznam skratiek používaných pre techniky:

AS: Vzduchové stupňovanie; BF: Vrecia filter; KVET: Kombinovaná výroba elektriny a tepla; DLN: Suché nízko-NO_x horáky; DSI: Vstrekovanie sorbentu do potrubia; ESP: Elektrostatický odlučovač; FG kondenzátor: Kondenzátor spalín; FGR: Recirkulácia spalín; LNB: horák s nízkymi emisiami NO_x; PM: primárne opatrenia; SCR: selektívna katalytická redukcia; SNCR: selektívna nekatalytická redukcia; WESP: mokrý elektrostatický odlučovač; WFGD: mokré odsirowanie spalín.

Zoznam skratiek používaných pre palivá:

BF: vysokopecný plyn; BOF: plyn z kyslíkového konvertora; Ch: chemický; COG: koksárenský plyn; DFO: destilovaný vykurovací olej; FB: ovocná biomasa (kôstky/škrupiny/jadrá); Forest R: lesné rezíduá; HFO: ťažký vykurovací olej; NG: zemný plyn; WB: drevná biomasa; WBB: drevná biomasa – drevná štiepka; WWTP: zariadenia na čistenie odpadových vôd.

13.2 Príloha II – Zoznam spoluspaľovaných odpadov

TOKY ODPADOV – Na základe európskeho zoznamu odpadov (rozhodnutie Komisie 2000/532/ES)	
Kapitoly týkajúce sa kľúčových odpadov (nie sú vyčerpávajúce)	Kódy kľúčových odpadov (neúplný zoznam, bez drevného odpadu)
02 Odpady z poľnohospodárskej, záhradníckej, poľovníckej, rybárskej a akvakultúrnej primárnej výroby, prípravy a spracovania potravín	020102/020202 – Odpad zo živočíšnych tkanív 02106 – Zvieracie výkaly, moč a hnoj (vrátane pokazenej slamy), odpadové vody, zberané oddelene a spracovávané mimo miesta vzniku 02107 – Odpad z lesného hospodárstva 020203/020304 – Materiály nevhodné na spotrebu alebo spracovanie 0203 – Odpady z prípravy a spracovania ovocia, zeleniny, obilnín, jedlých olejov, kakaa, kávy a tabaku; výroba konzerv
03 Odpady zo spracovania dreva a výroby papiera, lepenky, buničiny, dosiek a nábytku	030101/030301 – Odpad z kôry a korku 030103 – Hobliny, odrezky, poškodené drevo, drevotrieskové dosky, dyha 030105 – Piliny, hobliny, odrezky, drevo, drevotrieskové dosky a dyha, okrem tých, ktoré sú uvedené v 030103 030305 – Kaly z odfarbenia z recyklácie 030306 – Vlákňité a papierové kaly 030307 – Odpad z recyklácie papiera 030310 – Odpad z vlákien, kaly z vlákien, plnív a povlakov z mechanického oddeľovania Ostatné (nezahrnuté v Európskom zozname odpadov): • Kal z čistenia odpadových vôd v celulóзовom a papierenskom priemysle
10 Anorganické odpady z tepelných procesov	100102 – Popolček z uhlia Ostatné (nezahrnuté v Európskom zozname odpadov): • Kal z odsírovania spalín Poznámka: Povolenie môže byť dočasné, kým sa hľadá alternatívny spôsob likvidácie.
13 Olejové odpady (okrem jedlých olejov, 05 a 12)	1302 – Odpadové motorové, prevodové a mazacie oleje 1305 – Obsah odlučovačov oleja a vody (pozn.: olej z odlučovača oleja) 130701 – Odpad z vykurovacieho oleja a nafty Ostatné (nezahrnuté v Európskom zozname odpadov): • Odpadový olej
15 Odpad z obalov, absorpčné materiály, utierky, filtračné materiály a ochranné odevy, ktoré nie sú uvedené inde	150101 – Papierové obaly 150102 – Plastové obaly 150103 – Drevené obaly 150106 – Zmiešané obaly

17 Stavebný a demolačný odpad	170201 – Drevo 170203 – Plast 170303* – Decht a dechtové výrobky 170904 – Ostatný zmiešaný stavebný a demolačný odpad Ostatné (nezahrnuté v Európskom zozname odpadov): • Zmiešané sklo, plasty, drevo
19 Odpady z odpadových zariadení, mimoareálových zariadení na čistenie odpadových vôd a vodného hospodárstva	190204* – Predzmiešané odpady 190207 – Olej a koncentrát z separácie 190210 – Iný horľavý odpad 190501 – Nezkompostovaná frakcia 190503 – Kompost, ktorý nespĺňa špecifikácie; Kaly z čistenia priemyselných odpadových vôd; Kaly z komunálnych odpadových vôd 1909 – Odpady z prípravy pitnej vody alebo vody na priemyselné použitie 191210 – Horľavý odpad (palivo z odpadu) 191211* – Iný odpad (vrátane zmesí materiálov) z mechanického spracovania odpadu obsahujúceho nebezpečné látky 191212 – Iný odpad (vrátane zmesí materiálov) z mechanického spracovania odpadu iného ako odpad uvedený v 191211* Ostatné (nezahrnuté v európskom zozname odpadov): • Plasty a guma • Palivá z odpadu • Iný (zmiešaný) odpad z mechanického spracovania odpadu
ODPAD, KTORÝ PRESTANE BYŤ ODPADOM (príklady založené na vnútroštátnych postupoch) Upozorňujeme, že tieto materiály sa nepovažujú za odpad, ale za palivo (<i>pozri článok 6 „koniec odpadu“ smernice 98/2008/ES o odpadoch</i>). Situácia sa v rámci EÚ líši a rôzne toky môžu byť buď v súlade s definíciou biomasy pre LCP, toky odpadov alebo odpad, ktorý prestáva byť odpadom.	
• Procesný palivový olej z odpadového mazacieho oleja	
• Prírodný neškodný poľnohospodársky alebo lesnícky materiál používaný na výrobu energie, ktorý nebol vylúčený z (článku 2) revidovanej rámcovej smernice o odpadoch, ale ktorý následne prešiel testom na koniec odpadu. To potenciálne zahŕňa rezíduá biomasy z výroby olív, slnečnice, hrozna, arašidov a paliem.	
• Mäso a kosti (živočíšne tkanivá)	
Zdroje: [85, Eurelectric 2012] [283, Švédsko 2013] [284, CEPI 2013] Poznámka: V prípade nebezpečného odpadu: • Odpad a rezíduá z priemyselných procesov sa občas spájajú vo verejných zariadeniach a teplárnach (napr. odpad z textilného priemyslu [0402]; odpad z výroby fosforu [0609]; odpad z chemického priemyslu). Takéto priemyselné odpady (najmä z kapitol 4 až 7) sú porovnateľné s určitými výrobnými rezíduami používanými v týchto odvetviach. • Množstvá sa líšia, ale v určitých prípadoch môžu povolenia obsahovať obmedzenia týkajúce sa množstva použitého paliva (napr. uhlia) v hmotnosti.	

13.3 Príloha III – Príklad nástroja na prepočet úrovni emisií na rôzne priemerné obdobia

V decembri 2014 Holandsko s podporou Eurelectric poskytlo v memorande štatistický nástroj založený na Studentovom T rozdelení na odvodenie denných a mesačných priemerov z 95-percentilu hodinových priemerov a ročných priemerov na základe údajov špecifických pre jednotlivé elektrárne, ktoré boli zozbierané v rokoch 2011 – 2012 (súbor údajov ADC) a na dodatočnom zbere údajov, ako aj na ďalších údajoch zozbieraných prostredníctvom Eurelectric (súbor údajov EDC). Štatistický nástroj bol ďalej vyvinutý Holandskom v auguste 2015. [326, van Aart a Burgers 2015]

Skupina TWG tento nástroj nepoužila pri revízii dokumentu BREF pre LCP. Je tu uvedený ako príklad nástroja na prevod rôznych typov priemerných období zodpovedajúcich emisiám z LCP.

Použitie 95. percentilu hodinových a ročných priemerných hodnôt na odvodenie mesačnej priemernej hodnoty

Nástroj poskytuje vzorce na odhad maximálnej dennej priemernej hodnoty (MaxDA-St) a maximálnej mesačnej priemernej hodnoty (MaxMA-St) za rok, pričom ako vstupné údaje používa: 1) nahlásený 95. percentil hodinových priemerov (95 %HA) a ročných priemerov (YA) a 2) parametre odrážajúce typický počet nezávislých hodinových priemerov za deň (Nivd), počet prijateľných prekročení denného priemeru za päť rokov (t. j. jedno prekročenie) a počet minimálnych platných denných priemerov za mesiac (t. j. päť).

Pre každú prevádzku/znečisťujúcu látku sa v memorande uvádza vypočítaný štatistický 95. percentil denných priemerov. Minimalizáciou súčtu štvorcov rozdielov medzi pozorovanými a štatisticky vypočítanými 95. percentilmi denných priemerov sa stanovil optimálny Nivd pre vybrané prevádzky/znečisťujúce látky. Celková hodnota Nivd 2,5 sa javí ako najvhodnejšia pre NO_x, SO₂ a prach. Hodnota Nivd 2,5 zodpovedá obdobiam so zvýšenými emisiami, ktoré pokrývajú 40 % prevádzkovej doby v priebehu dňa.

Pri použití Nivd 2,5 sú štatistické rovnice na výpočet priemerov MaxDA-st a MaxMA-St pre NO_x, SO₂ a prach nasledovné:

- $\text{MaxDA-St} = \text{YA} + 1,98 \cdot (95 \% \text{ HA} - \text{YA}) / \sqrt{\text{Nivd}} = \text{YA} + 1,25 \cdot (95 \% \text{ HA} - \text{YA})$
- $\text{MaxMA-St} = \text{YA} + 0,89 \cdot (95 \% \text{ HA} - \text{YA}) / \sqrt{\text{Nivd}} = \text{YA} + 0,56 \cdot (95 \% \text{ HA} - \text{YA})$

V prípade CO je optimálna hodnota Nivd 2,5 nevhodná, pravdepodobne preto, že denné a mesačné priemery emisií CO nespĺňajú Gaussovo rozdelenie. Hoci by to naznačovalo použitie iného štatistického prístupu, hodnota Nivd 1 poskytuje prijateľnú zhodu medzi nameranými a štatistickými priermi. Preto sa v prípade CO navrhuje použiť hodnotu Nivd 1, čo vedie k nasledujúcim rovniciam:

- $\text{MaxDA-St} = \text{YA} + 1,98 \cdot (95 \% \text{ HA} - \text{YA}) / \sqrt{\text{Nivd}} = \text{YA} + 1,98 \cdot (95 \% \text{ HA} - \text{YA})$
- $\text{MaxMA-St} = \text{YA} + 0,89 \cdot (95 \% \text{ HA} - \text{YA}) / \sqrt{\text{Nivd}} = \text{YA} + 0,89 \cdot (95 \% \text{ HA} - \text{YA})$

Využitie denných a ročných priemerných hladín na odvodenie mesačnej priemernej hladiny

Nezávisle od zvoleného Nivd je možné zjednodušiť systém rovníc a vypočítať maximálnu mesačnú priemernú úroveň interpolovanú na základe maximálnej dennej priemernej úrovne a ročného priemeru takto:

$$\text{MaxMA-St} = 0,45 \cdot \text{MaxDA-St} + 0,55 \cdot \text{YA}$$

Tabuľka 13.1 uvádza maximálne mesačné priemerné úrovne emisií, ktoré by na základe predchádzajúceho vzorca zodpovedali ročným priemerným a maximálnym denným priemerným úrovniám v niektorých príkladoch.

Tabuľka 13.2: Príklad mesačných priemerných úrovní vypočítaných pomocou nástroja NL/Eurelectric

Hladiny emisií NO _x zodpovedajúce teoretickým prípadom	Maximál na denná úroveň, mg/Nm ³	Interpolovaná maximálna mesačná úroveň, mg/Nm ³	Ročná úroveň, mg/Nm ³
Nový kotol na práškové uhlie s príkonom > 300 MW _{th}	10 0	83	70
Existujúci kotol na práškové uhlie s príkonom > 300 MW _{th}	12 5	116,75	11
Nový plynový OCGT	35	29,5	25
Existujúci plynový OCGT	40	34,5	30
Zdroj: Príklad výpočtov na základe [326, van Aart a Burgers 2015]			

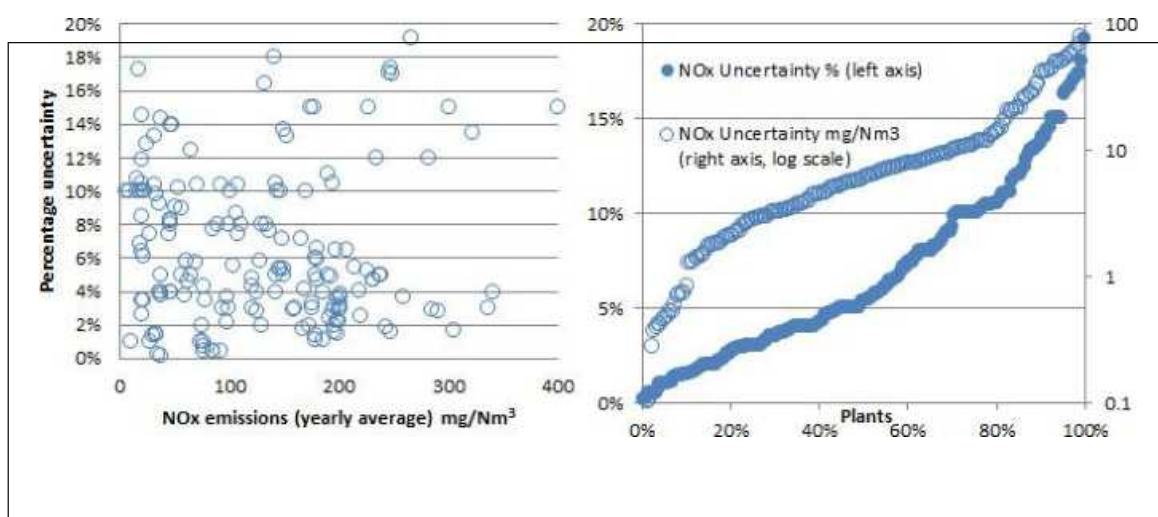
13.4 Príloha IV – Neistoty merania hlásené zariadeniami, ktoré sa zúčastnili zberu údajov v roku 2012

Pri zbere údajov za rok 2012 (pozri oddiel 1.3.9) boli prevádzkovatelia zariadení požiadaní, aby poskytli informácie o „nejasnosti jedného merania pre 95 % interval spoľahlivosti“ pre každú z nahlásených znečisťujúcich látok.

V tejto prílohe sú uvedené neistoty hlásené pre merania NO_x , SO_x a prachu, vyjadrené ako percento nameranej hodnoty. Ak zariadenia hlásili neistotu ako absolútnu hodnotu, percento sa vypočítalo na základe ročných priemerných emisií.

Pokiaľ ide o neistotu merania NO_x , 191 zariadení uviedlo neistotu 20 % alebo menej, zatiaľ čo ďalších 101 zariadení uviedlo, že neistota bola v rozmedzí 20 %, bez uvedenia presnej hodnoty. Na obrázku 13.1 je znázornené rozdelenie neistôt merania NO_x , pričom sa zohľadnili len zariadenia, ktoré uviedli konkrétnu hodnotu neistoty v rozmedzí 20 %.

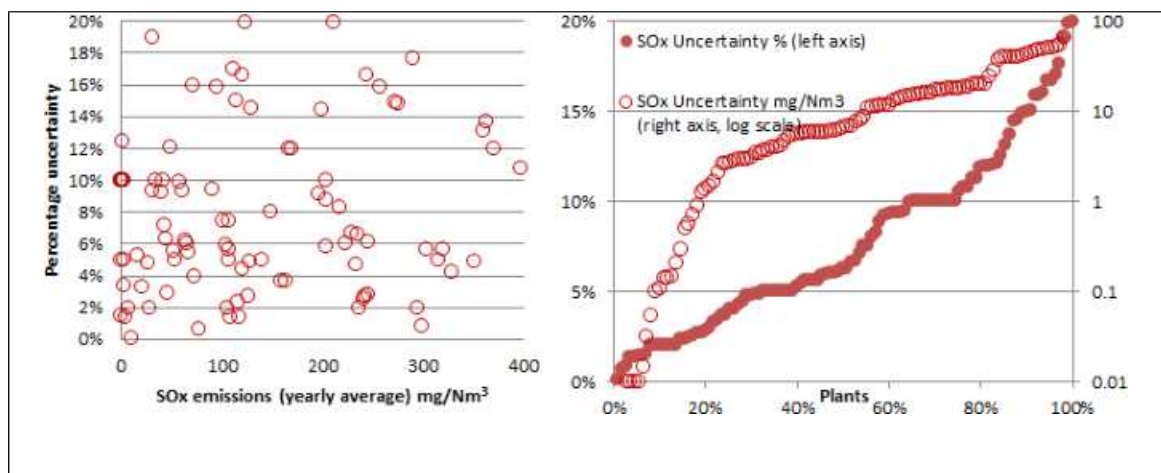
Na ilustráciu korelácie medzi percentuálnou neistotou a úrovňou emisií je na ľavej strane obrázku znázornená percentuálna neistota merania v porovnaní s ročnou priemernou koncentráciou emisií NO_x v tej istej prevádzke. Hoci sa väčšina pozorovaní nachádza v ľavom dolnom trojuholníku kvadrantu, korelácia medzi neistotou a úrovňou emisií je príliš slabá na to, aby mohla byť vyjadrená v štatisticky významnej matematickej forme. Na pravej strane toho istého obrázku je znázornená percentuálna neistota (plné body) a absolútna neistota (prázdne body, v logaritmickej stupnici) uvádzaná zariadeniami vo vzorke v rastúcom poradí. Ak zariadenie uviedlo neistotu merania ako percentuálnu hodnotu, ale nie ako koncentráciu, absolútna neistota bola aproximovaná vynásobením percentuálnej neistoty priemernou ročnou úrovňou emisií. Treba poznamenať, že body (percentuálna a absolútna neistota) spojené s tým istým horizontálnym bodom nemusia nevyhnutne zodpovedať tomu istému zariadeniu. Z obrázku vyplýva, že približne 40 % týchto zariadení uviedlo neistoty v rozmedzí 5 %, približne 75 % zariadení uviedlo neistoty v rozmedzí 10 % a viac ako 90 % uviedlo neistoty pod 15 %. Pokiaľ ide o absolútne neistoty, približne 25 % týchto zariadení uvádza neistoty v rozmedzí 3 mg/Nm^3 , 50 % zariadení uvádza neistoty v rozmedzí 6 mg/Nm^3 a 75 % zariadení uvádza neistoty v rozmedzí 12 mg/Nm^3 .



Obrázok 13.1: Neistoty merania uvádzané pre emisie NO_x

Pokiaľ ide o neistotu merania SO_2 , 110 zariadení uviedlo neistoty 20 % alebo nižšie, zatiaľ čo ďalších 78 zariadení uviedlo, že neistota bola v rozmedzí 20 %, bez uvedenia presnej hodnoty. Obrázok 13.2 ukazuje rozdelenie neistôt merania SO_2 , pričom sa zohľadnili len zariadenia, ktoré uviedli konkrétnu hodnotu neistoty v rozmedzí 20 %.

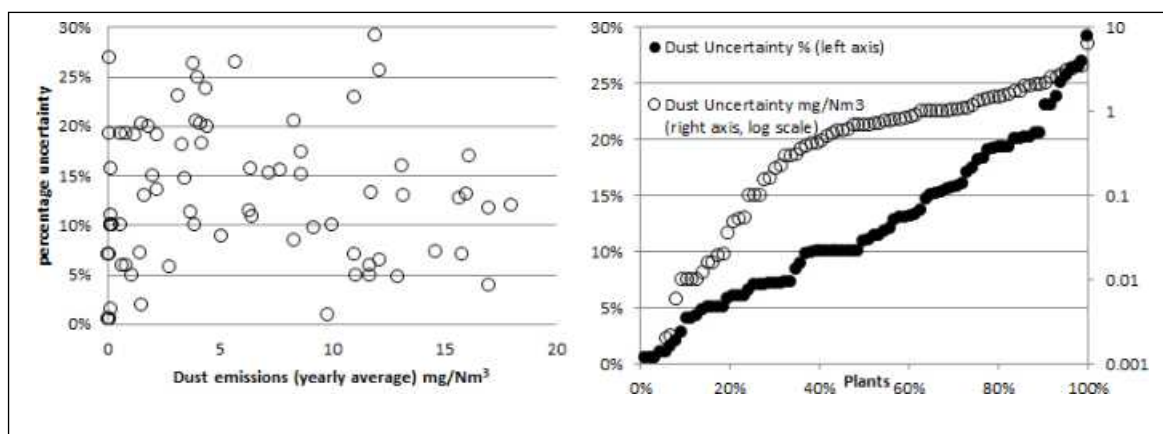
Na ľavej strane obrázku je znázornená percentuálna neistota merania v porovnaní s ročnou priemernou koncentráciou emisií SO_2 v tom istom zariadení, čo ukazuje, že korelácia medzi neistotou a úrovňou emisií je veľmi slabá. Na pravej strane toho istého obrázku je znázornená percentuálna neistota (plné body) a absolútna neistota (prázdne body, v logaritmickej stupnici) uvádzaná zariadeniami vo vzorke v rastúcom poradí. Ak zariadenie uviedlo neistotu merania ako percentuálnu hodnotu, ale nie ako koncentráciu, absolútna neistota bola aproximovaná vynásobením percentuálnej neistoty priemernou ročnou úrovňou emisií. Treba poznamenať, že body (percentuálna a absolútna neistota) spojené s tým istým horizontálnym bodom nemusia nevyhnutne zodpovedať tomu istému zariadeniu. Z obrázku vyplýva, že 40 % týchto zariadení uviedlo neistoty v rozmedzí 5 %, 75 % zariadení uviedlo neistoty v rozmedzí 10 % a 90 % zariadení uviedlo neistoty pod 15 %. Pokiaľ ide o absolútne neistoty, viac ako 25 % týchto zariadení uvádza neistoty v rozmedzí 3 mg/Nm^3 , 50 % zariadení uvádza neistoty v rozmedzí $6,5 \text{ mg/Nm}^3$ a 75 % zariadení uvádza neistoty v rozmedzí 18 mg/Nm^3 .



Obrázok 13.2: Neistoty merania uvádzané pre emisie SO_2

Pokiaľ ide o neistotu merania prachu, 86 zariadení uviedlo neistoty na úrovni 30 % alebo nižšie, zatiaľ čo ďalších 58 zariadení uviedlo, že neistota bola v rozmedzí 30 %, bez uvedenia presnej hodnoty. Obrázok 13.3 znázorňuje rozloženie neistôt merania prachu, pričom sa zohľadňujú len zariadenia, ktoré uviedli konkrétnu hodnotu neistoty v rozmedzí 30 %.

Na ľavej strane obrázku je znázornená percentuálna neistota merania v porovnaní s priemernou ročnou koncentráciou emisií prachu v tom istom zariadení, čo ukazuje, že korelácia medzi neistotou a úrovňou emisií je veľmi slabá. Na pravej strane toho istého obrázku je znázornená v rastúcom poradí percentuálna neistota (plné body) a absolútna neistota (prázdne body, v logaritmickej stupnici) uvádzaná zariadeniami vo vzorke. V prípadoch, keď závod uviedol neistotu merania ako percentuálnu hodnotu, ale nie ako koncentráciu, bola absolútna neistota aproximovaná vynásobením percentuálnej neistoty priemernou ročnou úrovňou emisií. Treba poznamenať, že body (percentuálna a absolútna neistota) spojené s rovnakým horizontálnym bodom nemusia nutne zodpovedať rovnakému závodu. Z obrázku vyplýva, že približne 20 % týchto zariadení uviedlo neistoty v rozmedzí 5 %, približne 50 % zariadení uviedlo neistoty v rozmedzí 10 % a približne 85 % zariadení uviedlo neistoty v rozmedzí 20 %. Pokiaľ ide o absolútne neistoty, 25 % týchto zariadení uvádza neistoty v rozmedzí $0,1 \text{ mg/Nm}^3$, jedna tretina zariadení v rozmedzí $0,3 \text{ mg/Nm}^3$, 50 % zariadení uvádza neistoty v rozmedzí $0,7 \text{ mg/Nm}^3$, dve tretiny zariadení uvádzajú neistoty v rozmedzí 1 mg/Nm^3 a 75 % zariadení uvádza neistoty v rozmedzí $1,3 \text{ mg/Nm}^3$.



Obrázok 13.3: Neistoty merania uvádzané pre emisie prachu

SLOVNÍK

Tento slovník má uľahčiť pochopenie informácií obsiahnutých v tomto dokumente. Definície pojmov v tomto slovníku nie sú právnymi definíciami (aj keď niektoré z nich sa môžu zhodovať s definíciami uvedenými v európskych právnych predpisoch), ich účelom je pomôcť čitateľovi pochopiť niektoré kľúčové pojmy v kontexte ich použitia v konkrétnom sektore, na ktorý sa vzťahuje tento dokument.

Tento glosár je rozdelený do nasledujúcich častí:

- I. Kódy krajín ISO
- II. Menové jednotky
- III. Predpony jednotiek, oddeľovače čísel a zápisy
- IV. Jednotky a miery
- V. Chemické prvky
- VI. Skratky a definície

I. Kódy krajín ISO

Kód ISO	Krajina
Členské štáty (*)	
AT	Rakúsko
BE	Belgicko
BG	Bulharsko
CZ	Česká republika
CY	Cyprus
DE	Nemecko
DK	Dánsko
EE	Estónsko
EL	Grécko
ES	Španielsko
FI	Fínsko
FR	Francúzsko
HU	Maďarsko
IE	Írsko
IT	Taliansko
LT	Litva
LU	Luxembursko
LV	Lotyšsko
MT	Malta
NL	Holandsko
PL	Poľsko
PT	Portugalsko
RO	Rumunsko
SE	Švédsko
SI	Slovinsko
SK	Slovensko
UK	Spojené kráľovstvo
Nečlenské krajiny	
CN	Čína
JP	Japonsko
NO	Nórsko
USA	Spojené štáty
(*) Poradie členských štátov v protokole je založené na abecednom poradí ich geografických názvov v pôvodnom jazyku (jazykoch).	

II. Menové jednotky

Kód ⁽¹⁾	Krajina/území e	Mena
Mena členských státov		
EUR	eurozóna ⁽²⁾	euro (množné číslo: eurá)
DKK	Dánsko	dánska koruna (množné číslo: koruny)
GBP	Spojené kráľovstvo (UK)	libra šterlingov (inv.)
SEK	Švédsko	koruna (pl. koruny)
Ostatné meny		
NOK	Nórsko	Nórska koruna
USD	Spojené štáty	Americký dolár
(1) Kódy ISO 4217. (2) Zahŕňa Rakúsko, Belgicko, Cyprus, Estónsko, Fínsko, Francúzsko, Nemecko, Grécko, Írsko, Taliansko, Luxembursko, Maltu, Holandsko, Portugalsko, Slovensko, Slovinsko a Španielsko.		

III. Predpony jednotiek, oddelovače čísel a zápisy

Čísla v tomto dokumente sú zapísané s použitím znaku „," ako desatinného oddelovača a medzery ako oddelovača tisícok.

Symbol ~ (približne; viac-menej) je zápis používaný na označenie

aproximácie. Symbol Δ (delta) je zápis používaný na označenie rozdielu.

Nasledujúca tabuľka obsahuje často používané predpony:

Symbol	Predpona	10 ⁿ	Slovo	Desatinné číslo
Y	yotta	10 ²⁴	septilión	1 000 000 000 000 000 000 000 000
Z	zetta	10 ²¹	Sekstilión	1 000 000 000 000 000 000 000
E	exa	10 ¹⁸	kvintilión	1 000 000 000 000 000 000
P	peta	10 ¹⁵	kvadrilion	1 000 000 000 000 000
T	tera	10 ¹²	Trilión	1 000 000 000 000
G	giga	10 ⁹	Miliarda	1 000 000 000
M	mega	10 ⁶	Milión	1 000 000
k	kilo	10 ³	tisíc	1000
h	hecto	10 ²	Sto	100
da	deca	10 ¹	Desať	10
-----	-----	1	Jeden	1
d	deci	10 ⁻¹	Desatina	0
c	centi	10 ⁻²	Stotina	0,01
m	mili	10 ⁻³	Tisícina	0,001
μ	mikro	10 ⁻⁶	milióntina	0,000 001
n	nano	10 ⁻⁹	Miliardtina	0,000 000 001
p	piko	10 ⁻¹²	Triliónina	0,000 000 000 001
f	femto	10 ⁻¹⁵	kvadriliontina	0,000 000 000 000 001
a	atto	10 ⁻¹⁸	Kvintilión	0,000 000 000 000 000 001
z	zepto	10 ⁻²¹	Sekstilión	0,000 000 000 000 000 000 001
y	yocto	10 ⁻²⁴	septilión	0,000 000 000 000 000 000 000 001

IV. Jednotky a miery

Symbol jednotky	Názov jednotky	Názov miery (symbol miery)	Prepočet a poznámka
A	ampér	Elektrický prúd (<i>I</i>)	
Striedavý prúd kWh	kilowatt-hodiny	Elektrická energia zo striedavého prúdu	
atm	normálna atmosféra	Tlak (<i>P</i>)	1 atm = 101 325 N/m ²
bar	bar	Tlak (<i>P</i>)	1,013 bar = 100 kPa = 1 atm
barg	bar manometrického tlaku.	Tlak vzhľadom na aktuálny atmosférický tlak	
°C	stupňov Celzia	Teplota (<i>T</i>) teplotný rozdiel (ΔT)	
DC kWh	kilowatt-hodiny	Elektrická energia z jednosmerného prúdu	
g	gram	Hmotnosť	
h	hodina	Čas	
ha	hektár	Plocha	1 ha = 10 ⁴ m ²
Hz	hertz	Frekvencia (<i>f</i>)	
J	joule	Energia	
K	kelvin	Teplota (<i>T</i>) teplotný rozdiel (ΔT)	0 °C = 273,15 K
kcal	kilokalória	Energia	1 kcal = 4,1868 kJ
kg	kilogram	Hmotnosť	
kJ	kilojoule	Energia	
kPa	kilopascal	Tlak	
kWh	kilowatt-hodina	Energia	1 kWh = 3 600 kJ
l	liter	Objem	
m	meter	Dĺžka	
m ²	štvorcový meter	Plocha	
m ³	kubický meter	Objem	
mg	miligram	Hmotnosť	1 mg = 10 ⁻³ g
mm	milimeter		1 mm = 10 ⁻³ m
min	minúta		
MW _e	megawattov elektrických (energia)	Elektrická energia	
MW _{th}	megawatty tepelné (energia)	Tepelná energia Teplo	
nm	nanometer		1 nm = 10 ⁻⁹ m
Nm ³	normálny kubický meter	Objem	pri 101,325 kPa, 273,15 K
ouE	Európska jednotka zápachu	Zápach	
Pa	pascal		1 Pa = 1 N/m ²
ppb	častice na miliardu	Zloženie zmesí	1 ppb = 10 ⁻⁹
ppm	častíc na milión	Zloženie zmesí	1 ppm = 10 ⁻⁶
ppmw	častíc na milión podľa hmotnosti	Zloženie zmesí	
ppmv	častice na milión podľa objemu	Zloženie zmesí	
rpm RPM	otáčky za minútu	Rotačná rýchlosť, frekvencia	
s	sekunda	Čas	
štv. stopa	štvorcová stopa	Plocha	1 štvorcová stopa = 0,092 m ²
St	stokes	Kinematická viskozita	1 St = 10 ⁻⁴ m ² /s; stará jednotka cgs
t	metrická tona	Hmotnosť	1 t = 1000 kg alebo 10 ⁶ g
t/d	tony za deň	Hmotnostný tok Spotreba materiálov	

t/rok	tony za rok	Hmotnostný tok Spotreba materiálov	
V	volt	Napätie (V) Elektrický potenciál	
vol-% % v/v	objemové percento	Zloženie zmesí	
hmotnos tné % % w/w	hmotnostné percento	Zloženie zmesí	
W	watt	Výkon	1 W = 1 J/s
rok	rok	Čas	
μm	mikrometer	Dĺžka	1 μm = 10 ⁻⁶ m

V. Chemické prvky

Symbol	Názov	Symb ol	Meno
Ac	Aktínium	Mn	Mangán
Ag	Striebro	Mo	Molybdén
Al	Hliník	N	Dusík
Am	Amerícium	Na	Sodík
Ar	Argon	Nb	Niób
As	Arzén	Nd	Neodým
At	Astat	Ne	Neón
Au	Zlato	Ni	Nik
B	Bór	Nie	Nobelium
Ba	Bárium	Np	Neptúnium
Be	Berylium	O	Kyslík
Bi	Bizmut	Os	Osmium
Bk	Berkelium	P	Fosfor
Br	Bróm	Pa	Protactínium
C	Uhlík	Pb	Olovo
Ca	Vápnik	Pd	Palládium
Cd	Kadmium	Pm	Prométium
Ce	Cérium	Po	Polónium
Cf	Kalifornium	Pr	Praseodým
Cl	Chlór	Pt	Platina
Cm	Kúrium	Pu	Plutónium
Co	Kobalt	Ra	Rádium
Cr	Chróm	Rb	Rubídium
Cs	Céziu	Re	Rhenium
Cu	Med'	Rf	Rutherfordium
Dy	Dyspróziu	Rh	Rhodium
Er	Erbium	Rn	Radón
Es	Einsteinium	Ru	Ruténium
Eu	Europium	S	Síra
F	Fluór	Sb	Antimón
Fe	Železo	Sc	Skandium
Fm	Fermium	Se	Selen
Fr	Francium	Si	Kremík
Ga	Gálium	Sm	Samárium
Gd	Gadolínium	Sn	Cín
Ge	Germanium	Sr	Stroncium
H	Vodík	Ta	Tantal
He	Hélium	Tb	Terbium
Hf	Hafnium	Tc	Technécium
Hg	Merkúr	Te	Tellur
Ho	Holmium	Th	Tórium
I	Jód	Ti	Titan
In	Indium	Tl	Talium
Ir	Iridium	Tm	Tulium
K	Draslík	U	Urán
Kr	Krypton	V	Vanád
La	Lanthan	W	Volfrám
Li	Lítium	Xe	Xenón
Lr	Lawrencium	Y	Yttrium
Lu	Lutetium	Yb	Ytterbium
Md	Mendelevium	Zn	Zinok
Mg	Horčík	Zr	Zirkón

VI. Skratky a definície

Použitý termín	Definícia
Kotol	Akékoľvek spaľovacie zariadenie s výnimkou motorov a plynových turbín, procesných pecí alebo ohrievačov
Kombinovaná plynová turbína (CCGT)	CCGT je spaľovacie zariadenie, v ktorom sa používajú dva termodynamické cykly (t. j. Braytonov a Rankinov cyklus). V CCGT sa teplo z spalín plynových turbín (pracujúcich podľa Braytonovho cyklu na výrobu elektrickej energie) premieňa na užitočnú energiu v parnom generátore s rekuperáciou tepla (HRSG), kde sa využíva na výrobu pary, ktorá sa potom rozširuje v parnej turbíne (pracujúcej podľa Rankineovho cyklu na výrobu dodatočnej elektrickej energie). Na účely týchto záverov BAT zahŕňa CCGT konfigurácie s doplnkovým spaľovaním HRSG aj bez neho.
Spaľovacie zariadenie	Akékoľvek technické zariadenie, v ktorom sa palivá oxidujú s cieľom využiť takto vyrobené teplo. Na účely týchto záverov BAT kombinácia pozostávajúca z: - dvoch alebo viacerých samostatných spaľovacích zariadení, kde sú spaliny vypúšťané spoločným komínom, alebo - samostatných spaľovacích zariadení, ktorým bolo udelené povolenie po prvýkrát 1. júla 1987 alebo po tomto dátume, alebo pre ktoré prevádzkovateľ podal kompletnú žiadosť o povolenie v tento deň alebo po tomto dátume, ktoré sú inštalované takým spôsobom, že s prihliadnutím na technické a ekonomické faktory by podľa posúdenia príslušného orgánu mohli byť ich spaliny vypúšťané spoločným komínom sa považuje za jedno spaľovacie zariadenie. Na výpočet celkového menovitého tepelného príkonu takejto kombinácie sa spočítajú kapacity všetkých príslušných jednotlivých spaľovacích zariadení, ktoré majú menovitý tepelný príkon najmenej 15 MW.
Spaľovacia jednotka	Jednotlivé spaľovacie zariadenia
Neprerušované meranie	Meranie pomocou automatizovaného meracieho systému nainštalovaného natrvalo na mieste
Priamy výtok	Vypúšťanie (do prijímajúceho vodného útvaru) v mieste, kde emisie opúšťajú zariadenie bez ďalšieho spracovania po prúde
Existujúce zariadenie	Spaľovacie zariadenie, ktorá nie je novým zariadením
Existujúca jednotka	Spaľovacia jednotka, ktorá nie je novou jednotkou
Existujúci systém odsírovania spalín (FGD)	Systém odsírovania spalín (FGD), ktorý nie je novým systémom FGD
Systém odsírovania spalín (FGD)	Systém pozostávajúci z jednej alebo kombinácie viacerých techník znižovania emisií, ktorých účelom je znížiť úroveň emisií SO _x vypúšťaných spaľovacou prevádzkou
Motorová nafta	Akékoľvek kvapalné palivo pochádzajúce z ropy, ktoré patrí do číselných označení CN 2710 19 25, 2710 19 29, 2710 19 47, 2710 19 48, 2710 20 17 alebo 2710 20 19. Alebo akékoľvek kvapalné palivo pochádzajúce z ropy, z ktorého menej ako 65 obj. % (vrátane strát) destiluje pri 250 °C a z ktorého najmenej 85 obj. % (vrátane strát) destiluje pri 350 °C podľa metódy ASTM D86.
Pomer tepla k výkonu	Pomer vyrobeného tepla k elektrickej energii v kogeneračnom systéme.
Ťažký vykurovací olej (HFO)	Akékoľvek kvapalné palivo pochádzajúce z ropy, ktoré patrí do číselných označení CN 2710 19 51 až 2710 19 68, 2710 20 31, 2710 20 35, 2710 20 39. Alebo akékoľvek kvapalné palivo pochádzajúce z ropy, okrem plynového oleja, ktoré na základe svojich limitov destilácie podľa ASTM D86 patrí do kategórie ťažkých olejov určených na použitie ako palivo a z ktorého sa pri 250 °C destiluje menej ako 65 obj. % (vrátane strát) podľa metódy ASTM D86. Ak destiláciu nie je možné určiť metódou ASTM D86, ropný produkt sa tiež zaradiť do kategórie ťažkého vykurovacieho oleja.
Čistá elektrická účinnosť (spaľovacia jednotka a IGCC)	Pomer medzi čistým elektrickým výkonom (elektrina vyrobená na strane vysokého napätia hlavného transformátora mínus importovaná energia – napr. pre spotrebu pomocných systémov) a vstupnou energiou paliva/suroviny

	(ako dolná výhrevnosť paliva/suroviny) na hranici spaľovacej jednotky za dané časové obdobie
Čistá mechanická energetická účinnosť	Pomer medzi mechanickým výkonom pri pripojení záťaže a tepelným výkonom dodávaným palivom
Čisté celkové využitie paliva (spaľovacia jednotka a IGCC)	Pomer medzi čistou vyrobenou energiou (elektrina, horúca voda, para, vyrobená mechanická energia mínus dovezená elektrická a/alebo tepelná energia (napr. pre spotrebu pomocných systémov)) a vstupnou energiou paliva (ako dolná výhrevnosť paliva) na hranici spaľovacej jednotky za dané časové obdobie
Čisté celkové využitie paliva (splyňovacia jednotka)	Pomer medzi čistou vyrobenou energiou (elektrina, teplá voda, para, vyrobená mechanická energia a syntézny plyn (ako dolná výhrevnosť syntézneho plynu)) mínus dovezená elektrická a/alebo tepelná energia (napr. pre spotrebu pomocných systémov)) a vstupnou energiou paliva/suroviny (ako nižšia výhrevnosť paliva/suroviny) v zariadení na splyňovanie) na hranici jednotky za dané časové obdobie.
Nové zariadenie	Spaľovacie zariadenie, ktoré bolo po prvýkrát povolené v zariadení po uverejnení týchto záverov BAT, alebo úplná náhrada spaľovacieho zariadenia na existujúcich základoch po uverejnení týchto záverov BAT.
Nová jednotka	Spaľovacia jednotka, ktorá bola po prvýkrát povolená v spaľovacom zariadení po uverejnení týchto záverov BAT, alebo úplná výmena spaľovacieho zariadenia na existujúcich základoch spaľovacieho zariadenia po uverejnení týchto záverov BAT.
Nový systém odsírovania spalín (FGD)	Systém odsírovania spalín (FGD) v novom zariadení alebo systém FGD, ktorý zahŕňa aspoň jednu techniku znižovania emisií zavedenú alebo úplne nahradenú v existujúcej elektrárni po uverejnení týchto záverov BAT.
Prevádzkové hodiny	Čas vyjadrený v hodinách, počas ktorého je spaľovňa v celom rozsahu alebo čiastočne v prevádzke a vypúšťa emisie do ovzdušia, s výnimkou období spúšťania a vypínania.
Pravidelné meranie	Stanovenie meranej veličiny (konkrétnej veličiny, ktorá je predmetom merania) v stanovených časových intervaloch pomocou manuálnych alebo automatizovaných metód.
Zariadenie na dodatočné spaľovanie	Systém určený na čistenie spalín spaľovaním, ktorý nie je prevádzkovaný ako samostatné spaľovacie zariadenie, napríklad zariadenie na termické oxidovanie (t. j. spaľovacie zariadenie na odpadové plyny), používané na odstraňovanie znečisťujúcich látok (napr. VOC) zo spalín s využitím alebo bez využitia tepla, ktoré sa v nich vytvára. Techniky stupňovitého spaľovania, pri ktorých je každý stupeň spaľovania obmedzený na samostatnú komoru, ktorá môže mať odlišné charakteristiky spaľovacieho procesu (napr. pomer paliva a vzduchu, teplotný profil), sa považujú za integrované do spaľovacieho procesu a nepovažujú sa za zariadenia na dodatočné spaľovanie. Podobne, ak sa plyny vznikajúce v zariadení na procesné spaľovanie/procesný ohrev alebo v inom spaľovacom procese následne oxidujú v samostatnej spaľovacej prevádzke s cieľom získať ich energetickú hodnotu (s použitím alebo bez použitia pomocného paliva) na výrobu elektriny, pary, horúcej vody/oleja alebo mechanickej energie, táto prevádzka sa nepovažuje za zariadenie na dodatočné spaľovanie.
Prediktívny systém monitorovania emisií (PEMS)	Systém používaný na nepretržité určovanie koncentrácie emisií znečisťujúcej látky zo zdroja emisií na základe jej vzťahu k viacerým charakteristickým nepretržite monitorovaným parametrom procesu (napr. spotreba palivového plynu, pomer vzduchu a paliva) a údajom o kvalite paliva alebo suroviny (napr. obsah síry).
Procesné palivá z chemického priemyslu	Plynné a/alebo kvapalné vedľajšie produkty vznikajúce v (petro)chemickom priemysle a používané ako nekomerčné palivá v spaľovacích zariadeniach.
Zariadenia na procesné spaľovanie/procesný ohrev	Zariadenia na procesné spaľovanie alebo procesný ohrev sú: • spaľovacie zariadenia, ktorých spaliny sa používajú na tepelné spracovanie predmetov alebo vstupného materiálu prostredníctvom mechanizmu priameho kontaktného ohrevu (napr. cementové a vápenné pece, sklárske pece, asfaltové pece, sušiacie procesy, reaktory používané v (petro)chemickom priemysle), alebo • spaľovacie zariadenia, ktorých sálavé a/alebo vodivé teplo sa prenáša na predmety alebo vstupný materiál prostredníctvom pevnej steny bez použitia sprostredkovateľskej tepelnej prenosovej kvapaliny (napr. koksárenské pece, ohrievač vetra vysokých pecí, pece alebo reaktory na ohrev procesného prúdu používané v (petro)chemickom priemysle, ako sú parné krakovacie pece, procesné ohrievače používané na spätné splyňovanie skvapatneného zemného plynu (LNG) v termináloch LNG). V dôsledku uplatňovania osvedčených postupov v oblasti zhodnocovania energie, zariadenia na procesné spaľovanie/

	procesný ohrev môžu mať pridružený systém na výrobu pary/elektrickej energie. To sa považuje za neoddeliteľnú konštrukčnú súčasť zariadenia na procesné spaľovanie/procesný ohrev, ktorú nemožno posudzovať samostatne.
Rafinérské palivá	Pevné, kvapalné alebo plynné horľavé materiály z destilačných a konverzných fáz rafinácie ropy. Príkladmi sú rafinérsky palivový plyn (RFG), syntézny plyn, rafinérské oleje a petrokoks.
Rezíduá	Látky alebo predmety vznikajúce pri činnostiach, na ktoré sa vzťahuje tento dokument, ako odpad alebo vedľajšie produkty
Obdobie spustenia a odstavenia	Obdobie prevádzky zariadenia určené podľa ustanovení vykonávacieho rozhodnutia Komisie 2012/249/EÚ zo 7. mája 2012 o určení období spúšťania a odstávky na účely smernice Európskeho parlamentu a Rady 2010 /75/EÚ o priemyselných emisiách
Platný (hodinový priemer)	Hodinový priemer sa považuje za platný, ak nedochádza k údržbe alebo poruche automatizovaného meracieho systému.
As	Súčet arzenu a jeho zlúčenín, vyjadrený ako As
CH ₄	Metán
C ₃	Uhlíkovodíky s počtom atómov uhlíka rovným trom
C ₄ +	Uhlíkovodíky s počtom atómov uhlíka štyri alebo viac
CO	Oxid uhoľnatý
COD	Chemická spotreba kyslíka. Množstvo kyslíka potrebné na úplnú oxidáciu organickej hmoty na oxid uhličitý.
COS	Karbonylsulfid
Cd	Súčet kadmia a jeho zlúčenín, vyjadrený ako Cd.
Cd+Tl	Súčet kadmia, tália a ich zlúčenín, vyjadrený ako Cd+Tl
Cr	Súčet chrómu a jeho zlúčenín, vyjadrený ako Cr
Cu	Súčet medi a jej zlúčenín, vyjadrený ako Cu
daf	Suchý, bez popola
Prach	Celkové množstvo tuhých častíc (vo vzduchu)
Fluorid	Rozpustný fluorid, vyjadrený ako F ⁻
HCN	Kyanovodík
HCl	Všetky anorganické plynné zlúčeniny chlóru, vyjadrené ako HCl
HF	Všetky anorganické plynné zlúčeniny fluóru, vyjadrené ako HF
Hg	Súčet ortuti a jej zlúčenín, vyjadrený ako Hg
H ₂ S	Sírovodík
NH ₃	Amoniak
N ₂ O	Oxid dusný (oxid dusný)
NO _x	Súčet oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO ₂), vyjadrený ako NO ₂
Ni	Súčet niklu a jeho zlúčenín, vyjadrený ako Ni
Pb	Súčet olova a jeho zlúčenín, vyjadrený ako Pb
PCDD/F	Polychlórované dibenzodioxíny a -furány
RCG	Koncentrácia suroviny v spalínach. Koncentrácia SO ₂ v surových spalínach ako ročný priemer (za štandardných podmienok uvedených v všeobecných úvahách) na vstupe do systému na znižovanie SO _x , vyjadrená pri referenčnom obsahu kyslíka 6 obj. % O ₂
Sulfid, ľahko uvoľniteľný	Súčet rozpusteného sulfidu a nerozpustných sulfidov, ktoré sa ľahko uvoľňujú pri okyslení, vyjadrený ako S ²⁻
SO _x	Súčet oxidu siričitého (SO ₂) a oxidu sírového (SO ₃), vyjadrený ako SO ₂
SO ₂	Oxid siričitý
SO ₃	Oxid sírový
Siričitan	Rozpustený sulfit, vyjadrený ako SO ₃ ²⁻
Síran	Rozpustný síran, vyjadrený ako SO ₄ ²⁻
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	Súčet antimónu, arzenu, olova, chrómu, kobaltu, medi, mangánu, niklu, vanádu a ich zlúčenín, vyjadrený ako Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V
TOC	Celkový organický uhlík, vyjadrený ako C (vo vode)
TSS	Celkové množstvo suspendovaných tuhých látok. Hmotnostná koncentrácia všetkých suspendovaných tuhých látok (vo vode), meraná filtráciou cez sklenené vláknové filtre a gravimetriou.
TVOC	Celkový obsah prchavého organického uhlíka, vyjadrený ako C (vo vzduchu)
Zn	Súčet zinku a jeho zlúčenín, vyjadrený ako Zn

SKRATKY

ACI: Vstrekovanie aktívneho uhlia
 AGR: Odstraňovanie kyslých plynov
 ASU: jednotka na odlučovanie vzduchu
 BAT-AEL: Úroveň emisií spojená s najlepšou dostupnou technikou, ako je definované v smernici IED o priemyselných emisiách
 BBS: redistribúcia spaľovacieho vzduchu medzi úrovňami horákov
 BF: Vrecový filter
 BFB: Bublínkové fluidné lôžko
 BF(G): Vysokopecný (plyn)
 BFBC: Spaľovanie v bublinkovom fluidnom lôžku
 BOF(G): Konvertorový (plyn) BOOS: Horák mimo prevádzky
 CCGT: Plynová turbína s kombinovaným cyklom CCR: Rezíduá zo spaľovania uhlia
 CCP: Produkty spaľovania uhlia
 CCS: Zachytávanie a ukladanie uhlíka
 KVET: Kombinovaná výroba elektriny a tepla
 CHSK: Chemická spotreba kyslíka
 COG: Koksárenský plyn
 CFB: Cirkulačné fluidné lôžko
 CFBC: Spaľovanie v cirkulačnom fluidnom lôžku
 DBB: Kotel so suchým lôžkom
 DENO_x: proces/technika na znižovanie emisií oxidov dusíka zo spalín
 DESO_x: proces/technika na znižovanie emisií oxidov síry zo spalín
 DF: Dvojpalivový (typ spaľovacieho motora)
 DLE: nízke emisie suchého NO_x DLN: Suché nízkoemisné horáky DOE: pozri US DOE
 DSI: Vstrekovanie sorbentu do spalín
 EOR: Terciárna ťažba ropy (technika na zvýšenie množstva surovej ropy, ktoré je možné vyťažiť z ropného poľa)
 E-PRTR: Európsky register emisií a prenosov znečisťujúcich látok
 ESP: elektrostatický odlučovač
 ETS: (Európsky) systém obchodovania s emisiami
 FBC: spaľovanie vo fluidnom lôžku
 FGD: Odsírovanie spalín
 FGR: Recirkulácia spalín
 GD: Plynový zážihový (typ spaľovacieho motora) GF: Spaľovanie na rošte
 GT: Plynová turbína
 HHV: spaľovacie teplo HFO: Ťažký vykurovací olej
 HP: Vysokotlaková (para)
 HRSG: spalinový výmenník
 IED: Smernica o priemyselných emisiách (2010/75/EÚ)
 IGCC: Kombinovaný cyklus s integrovaným splynovaním
 IP: Stredotlaková (para)
 IPPC: Integrované prevencia a kontrola znečistenia I&S: Železo a oceľ
 ISO: Medzinárodná organizácia pre normalizáciu
 I-TEQ: Medzinárodná ekvivalencia toxicity (používa sa pre PCDD/F)
 LCP: Veľké spaľovacie zariadenie
 LHV: Výhrevnosť
 LNB: Horáky s nízkymi emisiami NO_x
 LNG: Skvapalnený zemný plyn
 LP: Nízkotlaková (para)
 MS: (európsky) členský štát

MSW: Komunálny tuhý odpad
MDEA: Metyl-dietanolamín
ND: Neurčené
NG: Zemný plyn
NMVOC: Nemetánové prchavé organické zlúčeniny
NOC: Normálne prevádzkové podmienky
NO_x : Oxidy dusíka (NO + NO₂, zvyčajne vyjadrené ako NO₂)
OFA: Dohorievajúci vzduch
OCGT: Plynová turbína s otvoreným cyklom
OTNOC: Iné ako bežné prevádzkové podmienky PAH:
Polycyklické aromatické uhľovodíky
PC: Spaľovanie práškoveho uhlia
PCDD/F: Polychlórované dibenzodioxíny/furány
PEMS: Prediktívny systém monitorovania emisií
PFBC: Pretlakové spaľovanie vo fluidnom lôžku
PM: Znečisťujúce látky
PM₁₀: Znečisťujúce látky s veľkosťou menšou ako 10 µm PM_{2,5}:
Znečisťujúce látky s veľkosťou menšou ako 2,5 µm PRB: Powder
River Basin (*uhlie z USA*)
QA/QC: Zabezpečenie kvality/kontrola kvality
RDF: Palivo vyrobené z odpadu
SACR: Selektívna autokatalytická redukcia NO_x
SC: Superkritická (para)
SCR: Selektívna katalytická redukcia
SDA: Rozprašovací suchý absorbér
SG: Zážihový (typ spaľovacieho motora)
SNCR: Selektívna nekatalytická redukcia
SNG: Syntetický zemný plyn
SO_x: Oxidy síry (SO₂ a SO₃) SRF:
Pevné palivo z odpadu
ST: Parná turbína
TOC: Celkový organický uhlík
TSS: Celkové množstvo suspendovaných tuhých látok (voda)
TWG: Technická pracovná skupina
UHC: Nespálené uhľovodíky
USC: Ultra-superkritická (para)
US DOE: Ministerstvo energetiky Spojených štátov amerických (United States Department of Energy)
US EPA: Environmentálna agentúra Spojených štátov amerických
VOC: Prchavé organické zlúčeniny
WBB: Kotel s mokrým lôžkom WFGD:
Mokré odsírovanie
WWT(P): Zariadenie na čistenie odpadových vôd

ODKAZY

- [1] Eurelectric, *Návrh textu kapitoly 2*, 2012.
- [2] EEB, *Emisie ortuti z uholných elektrární*, 2012.
- [3] LCP TWG, *Zber údajov*, 2012.
- [4] De Biasi, „Kombinované tepelné výkony pri jednoduchom cykle \$/kW náklady elektrárne“, , zväzok marec – apríl 2013, 2013.
- [5] Eurelectric, *Návrh textu a štúdia „Referenčná elektráreň Severné Porýnie-Vestfálsko VGB PowerTech 2004“*, 2012.
- [6] Marcogaz, *Návrh textu*, 2012.
- [7] NOVOX – Fínsko, *KVET a siete diaľkového vykurovania v chladnom podnebí*, 2012.
- [8] NOVOX – Fínsko, *priemyselná výroba KVET*, 2012.
- [9] UK-TWG, *KVET-Ready a BAT pre elektrárne CCGT vo Veľkej Británii*, 2012.
- [10] METSO, *Monitorovanie emisií DNA LCP*, 2012.
- [11] Airikka et al., „Optimalizované spaľovanie prostredníctvom spolupráce dodávateľov kotlov a automatizácie“, 2010, Amsterdam, Holandsko.
- [12] UK-TWG, *Prevádzka existujúcich elektrární s priemernou účinnosťou*, 2012.
- [13] METSO, *Analýza spustenia*, 2012.
- [14] MOBLEY et al., „Organické kyseliny môžu zlepšiť mokré čistenie spalín vápencovým kameňom“, zväzok máj 1986, s. 32 – 35.
- [15] WANG a BURBANK, *Testovanie vápna a vápenca s pridaním kyseliny adipovej v zariadení EPA na testovanie alkalického čistenia*, 1982.
- [16] GEA Niro, *Návrh textu*, 2012.
- [18] CaO Hellas – GRÉCKO, *Metóda vstrekovania zeleného vápna na zmiernenie emisií sírových zlúčenín v elektrárňach využívajúcich hnedé uhlie alebo iné tuhé fosílné palivá*, 2011.
- [19] EEB, *Zníženie emisií NOx v malých alebo nízkoodberových elektrárňach: Technológia zníženia emisií NOx/SO2 spoločnosti Mobotec*, 2012.
- [20] COOMBS et al., „Úrovne redukcie NOx pomocou SCR s ROFA a Rotamix (SNCR) v elektrárni Dynegy's Vermilion Power Station“, 2004, Clearwater Beach, FL, USA.
- [21] Poľsko, *spaľovací systém ROFA (R)*, 2012.
- [22] US-EPA, *Charakteristika technológie: piestové motory*, 2008.
- [23] Fínsko, *Protokol UNECE z Göteborgu: Návrh usmerňovacieho dokumentu o technikách kontroly emisií zo stacionárnych zdrojov*, 2012.
- [24] Evonik a Southern Company, *Regenerácia katalyzátora SCR – 10 rokov výskumu, vývoja a komerčného využitia*, 2008.
- [25] Haldor Topsoe, *Popis procesu SCR DENOX*, 2012.
- [26] Jacobsen, „Systém redukcie NOx pre dieselové motory dnes a zajtra“, *Worldwide Independent Power*, ročník máj 2011, s. 19 – 24.
- [27] ICAC, *Biela kniha – SCR regulácia emisií NOx z elektrární spaľujúcich fosílné palivá*, 2009.
- [28] S.Wang et al., „Emisie ortuti a špecifikácia elektrární spaľujúcich uhlie v Číne“, roč. 9, 2009, s. 24051–24083.

- [29] Pritchard et al., „Pokročilé katalyzátory SCR upravujú odstraňovanie oxidovanej ortuti“, *Power*, zväzok 154, č. 8, 2010.
- [30] VDI, *Návrh VDI 3927 Časť 1:2013 Čistenie odpadových plynov*, 2013.
- [31] CHIRONNA, „Mokré čistenie kyslých plynov“, , zväzok jún 2011, 2011.
- [32] Airikka, *Optimalizátor spaľovania (prípady Billerud AB Karlsborg Švédsko)*, 2012.
- [36] EGTEI, *Nové techniky a technológie pre veľké spaľovacie zariadenia s kapacitou do 500 MWth*, 2012.
- [37] EGTEI, *Informačné listy o nových technikách pre elektrárne s výkonom > 500 MWth*, 2012.
- [38] US-GAO, *Technológie na kontrolu ortuti v uhoľných elektrárnach dosiahli podstatné zníženie emisií*, 2009.
- [39] Dombrowski et al., „Vplyv pridávania bromidu na kontrolu ortuti na rovnováhu elektrárne“, 2012, Baltimore, USA.
- [40] EEB, *Porovnanie hnedého uhlia v Texase a EÚ*, 2012.
- [43] EPPSA, *Návrh textu*, 2012.
- [44] Lecomte a Jankov, *Návštevy lokalít vo Fínsku*, Európska komisia, JRC IPTS EIPPCB, 2012.
- [45] JRC, *Referenčné správy JRC 2009 – LNG pre Európu – Niektoré dôležité otázky na zváženie*, 2009.
- [46] dos SANTOS et al., „Porovnanie rôznych metód chladenia vstupného vzduchu do plynových turbín“, zväzok 61, 2012, s. 40 – 45.
- [47] Donaldson Company, *Chladenie vstupného vzduchu zlepšuje výkon turbíny*, 2005.
- [48] Sayyaadi et al., „Zvýšenie účinnosti cyklu plynových turbín pomocou optimalizovaného rúrkového rekuperačného výmenníka tepla“, zväzok 38, 2012, s. 362 – 375.
- [49] DeCicco et al., „Technológia znižovania emisií viacerých znečisťujúcich látok pre stacionárne plynové turbíny a spaľovacie motory“, osobná komunikácia, 2004.
- [50] EUTurbines, *Návrh textu*, 2012.
- [51] Jensen-Holm et al., „Úvahy o katalyzátore SCR DeNOx pri využívaní biomasy na výrobu elektrickej energie“, osobná komunikácia, 2010.
- [52] CEFIC, *Štúdiá o znižovaní emisií NOx vo veľkých spaľovacích zariadeniach v petrochemických závodoch*, 2012.
- [53] UNEP, *Usmernenia na optimalizáciu procesov na zníženie emisií ortuti zo spaľovania uhlia v elektrárnach*, 2010.
- [54] UK-TWG, *Zoznam požiadaviek Spojeného kráľovstva*, 2012.
- [55] EEB, *Úrovně účinnosti, které v súčasnosti dosahujú nové CCGT*, 2012.
- [56] Srivastava et al., „Kontrola emisií ortuti z uhoľných kotlov elektrární“, 2006.
- [57] LCP TWG – Iniciatíva týkajúca sa domácich palív, *Uhlie v Európe v roku 2012 – Ťažba hnedého uhlia, ťažba a dovoz uhlia*, 2014.
- [58] Nejla Ballisoy a Dr. Hans-Wilhelm Schiffer, *Hnedé uhlie v Európe*, 2001.
- [59] DEBRIV, *Hnedé uhlie v Nemecku 2011 – Fakty a čísla*, 2011.
- [60] Lecomte, *Správa z návštev v Holandsku a Nemecku*, 2014.
- [61] Komisia, *BREF pre veľké spaľovacie zariadenia*, 2006.
- [62] UK-TWG, *UK TWG 19 Downshot Boilers*, 2012.

- [63] BDEW, *Emisná výkonnosť vybraných zariadení CFBC na spoluspaľovanie odpadu (hlavné palivo čierne uhlie alebo hnedé uhlie)*, 2013.
- [64] ECOBA, *Výroba a využitie CCP v roku 2010 v Európe (EÚ 15)*, 2010.
- [65] Caldas-Vieira a Feuerborn, *Vplyv politických rozhodnutí na výrobu a využívanie produktov spaľovania uhlia v Európe*, 2013.
- [66] Pracovná skupina TWG pre energetickú efektívnosť, *Správa pracovnej skupiny pre energetickú efektívnosť, BREF pre veľké spaľovacie zariadenia, činnosti TWG koordinované organizáciami EPPSA a EURELECTRIC*, 2014.
- [67] Nalbandian, *Emisie stopových prvkov z uhlia*, 2012.
- [68] EEB, *Údaje o emisiách zo zariadenia 520*, 2013.
- [69] EEB, *Návrhy BATael pre ročný priemer ortuti v D1 dokumentu LCP BREF, pozmeňujúce návrhy EEB*, 2013.
- [70] EEB, *Chýbajúce údaje v dotazníkoch prieskumu TWG. Údaje o ortuti získané prostredníctvom verejného prístupu k informáciám*, 2013.
- [71] Luminant, *Výročná správa o certifikačnom testovaní systémov nepretržitého monitorovania emisií (CEMS) pre monitor ortuti v jednotke 1 parnej elektrárne Oak Grove*, 2013.
- [72] EEB, *nepretržité monitorovanie ortuti v PPL Montana Corette pomocou betónu šetrného C-PAC (TM)*, 2013.
- [73] KEMA - VGB Powertech, *Záverečná správa: Pridávanie bromidu na zníženie emisií ortuti*, 2012.
- [74] ECOBA, *Komentáre Ecoba k dokumentu EEB*, 2012.
- [75] VGB Powertech, *Komentáre VGB k dokumentu EEB*, 2012.
- [76] EEB, *Popis techniky predbežnej úpravy paliva. Návrh textu*, 2012.
- [77] EEB, *Charakteristika uhlia spaľovaného v elektrárni Holcomb*, 2012.
- [78] Bustard et al., „Komplexné hodnotenie technológií na kontrolu ortuti s uhlím PRB“, *konferencia a workshop ICAC o technológiách a stratégiách čistého ovzdušia 2005*, ADA-ES, 2005, Baltimore, MD – 7. – 10. marca 2005.
- [79] Hutson et al., „Hodnotenie emisií PCDD/F a PBDD/F z uhoľných elektrární počas vstrekovania brómovaného aktívneho uhlíka na kontrolu ortuti“, *Atmospheric Environment*, roč. 43, č. 26, 2009, s. 3973–3980.
- [80] EEB, *Príklady zariadení na komerčné využitie vstrekovania brómovaného aktívneho uhlíka*, 2013.
- [81] Vosteen, „Prieskum týkajúci sa odstraňovania ortuti na báze brómu z spalín v elektrárnach spaľujúcich uhlie a spaľovniach odpadu“, 2010.
- [82] Berry et al., „Technológia vstrekovania brómu na odstraňovanie ortuti v parnej fáze“, 2011, Norimberg, Nemecko, 9. – 13. mája 2011.
- [83] EUROGYPSUM, VGB Powertec, ECOBA, *FGD Gypsum, Kritériá kvality a metódy analýzy*, 2012.
- [84] VDI, *Návrh revízie smernice VDI 3927-2*, 2013.
- [85] Eurelectric, *Návrh textu kapitoly 5*, 2012.
- [86] Eurelectric, *pripomienky Eurelectric k LCP BREF D1*, 2013.
- [87] Nemecko, *pripomienky Nemecka k LCP BREF D1*, 2013.
- [88] Dánsko, *pripomienky Dánska k LCP BREF D1*, 2013.
- [89] EPPSA, *pripomienky EPPSA k LCP BREF D1*, 2013.

- [90] Fínsko, podkladové dokumenty Fínsko D1, 2013.
- [91] AET, *podrobné pripomienky dánskej agentúry EPA k BAT AEEL pre biomasu, tabuľka 10 10 a pripomienka DK 11*, 2015.
- [92] Freimark et al., „Zníženie emisií NO_x vo veľkých plynových turbínach spaľovaním emulzie oleja a vody“, *VGB Kraftwerkstechnik*, roč. 70, 1990, s. 742–748.
- [93] Eurelectric, Zoznam požiadaviek EURELECTRIC, 2011.
- [94] Eurelectric, *Návrh textu kapitoly 6*, 2012.
- [95] UNECE, *Usmerňovací dokument o technikách kontroly emisií síry, NO_x, VOC, prachu (vrátane PM₁₀, PM_{2,5} a sadzí) zo stacionárnych zdrojov*, 2012.
- [96] Malta, *pripomienky Malty k LCP D1*, 2013.
- [97] Jacobsen, „Systém znižovania emisií NO_x pre dieselové motory dnes a zajtra“, , zväzok máj 2011, s. 19–24.
- [98] EUROMOT, *pripomienky EUROMOT k LCP D1*, 2013.
- [99] FRANCÚZSKO, *pripomienky Francúzska k LCP D1*, 2013.
- [100] FRANCÚZSKO, prezentácia FR na medzizasadnutí LCP v Seville, jún 2014.
- [101] Eurelectric, prezentácia Eurelectric na priebežnom zasadnutí LCP v Seville, jún 2014.
- [102] ETN, 01 - 2013_02_ETN stanovisko k turbínam spaľujúcim kvapalné palivá, 2013.
- [103] NY Env , SCR v plynovom oleji GT (SHOREHAM NY), 2010.
- [104] Eurostat, Počet obyvateľov: Demografická ročenka Organizácie Spojených národov; EÚ-28: Eurostat (online kód údajov; demo_pjan), Rozloha: Demografická ročenka Organizácie Spojených národov, 2011.
- [105] Eurostat, *Eurostat – Ukazovatele v oblasti energetiky, dopravy a životného prostredia za rok 2014*, 2014.
- [106] IEA, *Kľúčové svetové energetické štatistiky 2014*, 2014.
- [107] Eurostat, online kód údajov Eurostatu: nrg_105a, 2016.
- [108] Eurostat, online kód údajov Eurostatu: nrg_113a, 2016.
- [109] Poľsko, *údaje Eurostatu predložené Poľskom ako pripomienky k LCP D1*, 2013.
- [110] COM, *ENERGETIKA, DOPRAVA A EMISIE SKLENÍKOVÝCH PLYNOV V EÚ KÚNY DO ROKU 2050. Referenčný scenár 2013*, 2013.
- [111] Marcogaz, *pripomienky Marcogaz k LCP D1*, 2013.
- [112] E-PRTR, E-PRTR 2013, 2013.
- [113] EEA, Európska environmentálna agentúra, 2013.
- [114] Khan et al., „Boiler and Its Tangential Fuel Firing System“ (Kotol a jeho tangenciálny systém spaľovania paliva), *International Journal of Automation and Control Engineering (IJACE)*, ročník 3, číslo 3, august 2014, 2014.
- [115] NOVOX, *Štúdia emisií NO_x – teória a skúsenosti s vybranými kotlami s fluidným ložom*, 2013.
- [116] EUTurbines, *pripomienky EÚ Turbines k LCP BREF D1*, 2013.
- [117] Eurostat, online kód údajov Eurostatu: nrg_110a, 2013.
- [118] Hussy et al., *Medzinárodné porovnanie energetickej účinnosti fosílnych palív a intenzity emisií CO₂ – aktualizácia 2014 – Ecofys*, 2014.
- [119] Taliansko, *pripomienky Talianska k LCP BREF D1*, 2013.
- [120] EEB, *pripomienky EEB k LCP BREF D1*, 2013.

- [121] Eurelectric, *Návrh textu kapitoly 3*, 2012.
- [122] ETN, *pripomienky ETN k LCP BREF D1*, 2013.
- [123] Eurelectric, *Návrh EURELECTRIC pre LCP BREF 2006*, 2001.
- [124] HMIP, *Spaľovacie procesy: Veľké kotly a pece s výkonom 50 MW(th) a viac – Usmernenie hlavného inšpektora. Procesy podliehajúce integrovanej kontrole znečistenia*, 1995.
- [125] OSPAR, *Veľké spaľovacie zariadenia (>50 MWth). Emisie a zníženie emisií ťažkých kovov a perzistentných organických zlúčenín*, Dohovor OSPAR o ochrane morského prostredia severovýchodného Atlantiku, 1997.
- [126] Davidson, *Ako vlastnosti uhlia ovplyvňujú emisie*, IEA Coal Research, 2000.
- [127] Corinair, *Príručka CORINAIR pre inventarizáciu emisií do ovzdušia – EMEP Expert panels/ UNECE*, 1996.
- [128] Heide, „Pokročilá technológia SNCR pre elektrárne“, *Power-Gen International*, 2011, Las Vegas, 13. – 15. december 2011.
- [129] Sloss et al., *Organické zlúčeniny z využitia uhlia*, 1993.
- [130] Fínsko, *fínska odborná správa o najlepších dostupných technikách vo veľkých spaľovacích zariadeniach*, 2000.
- [131] EPA, *Projekt sektorového záznamníka Úradu pre dodržiavanie predpisov EPA. Profil odvetvia výroby elektrickej energie z fosílnych palív*, 1997.
- [132] Rentz et al., *Technický podkladový dokument pre aktualizáciu a hodnotenie protokolov UN/ECE týkajúcich sa znižovania cezhraničného prenosu oxidov dusíka zo stacionárnych zdrojov*, 1999.
- [133] Wienstrom, *Elektrárň Simmering, Svetlo a teplo pre Viedeň*, 2001.
- [134] Bell et al., *Spaľovanie*, 2000.
- [135] Wärtsilä, *Dokument EU BREF o zariadeniach poháňaných motorom*, 2000.
- [136] EUROMOT, *Dokument EÚ BAT o technológiách elektrární poháňaných piestovými motormi, ktoré spĺňajú vysoké environmentálne normy*, 2001.
- [137] Siemens, *Osvedčené plynové turbíny modelov V84.2 a V94.2 – Skupina pre výrobu energie (KWU)*, 2001.
- [138] NWS, *Kraftwerk Altbach, Das Heizkraftwerk*, 2001.
- [139] Cortés et al., *Princípy a koncepcie spaľovania, splyňovania a termodynamických cyklov*, 2000.
- [140] Siemens, *Kotly Benson pre maximálnu nákladovú efektívnosť v elektrárňach – Skupina pre výrobu energie (KWU)*, 2000.
- [141] Helsinki Energy, *Elektrárň Vuosaari A a B. Environmentálne šetrná výroba energie*, 2001.
- [142] Siemens, *Využitie rezíduí z rafinérií a uhlia v elektrárňach IGCC poskytuje čistú a efektívnu energiu – Power Generation Group (KWU)*, 1999.
- [143] Electrabel, *Kombinovaná výroba elektriny a tepla. Cesta k racionálnemu využívaniu energie*, 1996.
- [144] Eurovent, *Príspevok k LCP BREF 2006: chladiace systémy*, 1998.
- [145] UBA AT, *Stav techniky pre veľké spaľovacie zariadenia v Rakúsku s ohľadom na IPPC-RL*, 2000.
- [146] Hourfar, *Efektívnosť a kapacitný potenciál existujúcich elektrární*, VGB PowerTech, 2001.

- [147] VDI, *VDI 3986, Ermittlung des Wirkungsgrades von konventionellen Kraftwerken (Entwurf)*. Stanovenie účinnosti konvenčných elektrární (návrh), 1998.
- [148] CIEMAT, *Čistenie spalín – Príručka technológií čistej výroby energie z uhlia – PROGRAMA I+D OCICARBON*, 2000.
- [149] Clarke et al., *Stopové prvky – emisie zo spaľovania a splyňovania uhlia*, 1992.
- [150] Maier et al., *Ťažké kovy v elektrárnach spaľujúcich uhlie – VGB Kraftwerkstechnik*, 1992.
- [151] Rentz et al., *Stanovenie emisií ťažkých kovov zo stacionárnych zariadení v Bádensku-Württembersku a Alsasku, tu: spaľovacie zariadenia, projekt Európskeho výskumného centra pre opatrenia na ochranu ovzdušia (PEF), PEF 4 94 001*, 1996.
- [152] Martel, C., *Analyse der Schwermetallströme in Steinkohlefeuerungen unter besonderer Berücksichtigung des Betriebszustandes der Anlage, Forschungsbericht*, 1998.
- [153] ESAA, *Emission Estimation Technique Manual for Fossil Fuel Power Generation*, Electricity Supply Association of Australia Ltd, 1999.
- [154] CBT, *KVET a elektrárne. Slama na výrobu energie*, 1998.
- [155] Sanders, „Emisie, korózia a alkalická chémia v kombinovaných elektrárnach a teplárnach spaľujúcich slamu“, *1. svetová konferencia o biomase pre energetiku a priemysel*, 2000, Sevilla – Španielsko.
- [156] Kokk et al., *Najväčší CFB kotol na biopalivo na svete pre Alholmens Kraft*, 2000.
- [157] Molero de Blas, *Tvorba a interakcia znečisťujúcich látok pri spaľovaní ťažkých kvapalných palív*, 1995.
- [158] UFIP, *Najlepšie dostupné techniky – kvapalné palivá a spaľovacie zariadenia malého a stredného výkonu*, Union Francaise des Industries Petrolieres, 2001.
- [159] Marcogaz, *Návrh textu kapitoly 7*, 2012.
- [160] EUROMOT, *The EUROMOT Briefing 2000*, 2000.
- [161] Cañadas, L. et al., „Optimalizácia tepelného výkonu a emisií NOx v uhoľných blokoch typu b s využitím pokročilého systému monitorovania v peci – sympóziu o kontrole emisií znečisťujúcich látok v kombinovaných elektrárnach“, 2001.
- [162] Rodríguez, F. et al., *OPTICOM: Pokročilý automatický systém monitorovania miestnych podmienok spaľovania na zlepšenie výkonu kotlov v elektrárnach s práškovým uhlím – Stretnutie v Spojenom kráľovstve o výskume uhlia a jeho aplikáciách*, 2002.
- [163] ESKS, *Aplikácia pokročilých modelovacích techník pre procesy využitia uhlia. Systém monitorovania pece na zlepšenie spaľovania a účinnosti kotla (OPTICOM) v bloku 3 elektrárne Compostilla – ESKS, zmluva 7220-ED/096 Záverečná správa*, 2001.
- [164] Rigby et al., „SCR: Najúčinnnejšia technológia na znižovanie emisií NOx vo veľkých spaľovacích zariadeniach“ *NOX CONF: Medzinárodná konferencia o priemyselnom znečistení ovzdušia*, 2001.
- [165] EUROMOT, *Podkladový dokument o nameraných úrovniach emisií motorov spaľujúcich kvapalné palivá*, 2002.
- [166] Ceramics GmbH, „Skúsenosti so SCR v lodných dieselových motoroch – Čistý rýchly trajekt – Konferencia o pohone lodí“, 2002.
- [167] Rakúske ministerstvo životného prostredia, *Príklady techník, ktoré je potrebné zohľadniť pri určovaní BAT*, 2000.
- [168] CEN, *EN ISO 14001:2015 Systémy environmentálneho manažérstva – Požiadavky s usmerneniami na použitie*, 2015.

- [169] TWG 2006 LCP BREF, *Príspevok TWG k druhému návrhu LCP BREF 2006*, 2003.
- [170] DEBCO, *DEBCO – Demonštrácia veľkoplošného spoluspaľovania biomasy a integrácie dodávateľského reťazca, D7.10 Pokročilá príručka spoluspaľovania biomasy*, 2013, 2013.
- [171] COM, „Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1221/2009 z 25. novembra 2009 o dobrovoľnej účasti organizácií v systéme ekomanážmentu a auditu (EMAS) Spoločenstva, ktorým sa zrušuje nariadenie (ES) č. 761/2001 a rozhodnutia Komisie 2001/681/ES a 2006/193/ES“, *Úradný vestník Európskej únie*, zväzok L 342, 22.12.2009, 2009, s. 1 – 45.
- [172] DG Environment, *Čo je Emas?*, 2010.
- [173] Theodore a Buonicore, *Zariadenia na kontrolu znečistenia ovzdušia*, 1992.
- [174] Soud, *Príručka na kontrolu častíc pre uhoľné elektrárne*, 1993.
- [175] Soud, *Vývoj v oblasti kontroly častíc pri spaľovaní uhlia – IEA Coal Research*, 1995.
- [176] VDI, *VDI 3678 Časť 1: Elektrostatické odlučovače. Čistenie procesných a odpadových plynov*, 1998.
- [177] Lurgi, *Čistenie procesných a odpadových plynov*, 1999.
- [178] ERM, *Revízia limitných hodnôt emisií EÚ pre nové veľké spaľovacie zariadenia (> 50 MWth). Záverečná správa*, 1996.
- [179] Robson, *Prehľad priemyselných použití systémov nepretržitého monitorovania – britské environmentálne agentúry*, 1998.
- [180] IAF, *webová stránka Medzinárodného akreditačného fóra*, 2010.
- [181] CEFIC, *pripomienky CEFIC k LCP BREF D1*, 2013.
- [182] Mitsubishi, „Najväčšie a najvýkonnejšie zariadenia na odsírovanie spalín pre uhoľné elektrárne v USA“, *Mitsubishi Heavy Industries Technical Review*, roč. 48, č. 1 (marec 2011), 2011, s. 38 – 40.
- [183] UK-TWG, *UK TWG 7 Budúce BAT pre SO₂ pre existujúce uhoľné elektrárne s prevádzkovou kategóriou „ „ ()*, 2011.
- [184] Spojené kráľovstvo, *pripomienky Spojeného kráľovstva k LCP BREF D1*, 2013.
- [185] Spojené kráľovstvo, *UK TWG 21 Dieselové elektrárne pre núdzové použitie alebo umiestnené na ostrovoch*, 2013.
- [186] Spojené kráľovstvo, *UK TWG 10 NO_x a CO pre existujúce CCGTS s základným zaťažením >300 MWth*, 2013.
- [187] Bischoff, *Proces mokrého amoniaku*, 2001.
- [188] Alstom, *Najmodernejšia technológia suchého FGD*, 2002.
- [189] Sound, *Vývoj v oblasti FGD*, IEA Coal Research Centre, 2000.
- [190] EPPSA, *Informácie o suchých systémoch odsírovania*, 2015.
- [191] *Zníženie emisií EPPSA, HCl a HF pomocou systémov suchého odsírovania*, 2015.
- [192] Notter et al., „Rauchgasreinigung bei Biomassekraftwerken“, *Umwelt Magazin*, 2002.
- [193] Wilhelm et al., *PREVÁDZKOVÉ SKÚSENOSTI A NAJNOVŠIE VÝVOJOVÉ TRENDY V OBLASTI KOTLOV CFB TRIEDY 300 MWe SPOLOČNOSTI ALSTOM POWER*, 2011.
- [194] Verbund, *Umweltbericht 96 – Kapitel 7 – NO_x-Reduktion*, 1996.
- [195] OSIRIS, *Technický dokument určený na revíziu BREF – Dostupné ELV na kotle na zemný plyn s predohriatym spaľovacím vzduchom. Kotel: plyn – 60 MW*, 2012.
- [196] Fortum, *horáky RI-Jet s nízkymi emisiami NO_x*, 2002.
- [197] ADEME, *Nové techniky – horáky s chudobnou zmesou pre plynové kotly*, 2015.

- [198] OSEC, *Analýza nákladov alternatívnych spôsobov regulácie emisií NO_x pre stacionárne plynové turbíny, zmluva č. DE-FC02-97CHIO877*, 1999.
- [199] IFC, *Usmernenia pre životné prostredie, zdravie a bezpečnosť (EHS)*, 2007.
- [200] AT, *Elektrárň Leopoldau*, 2000.
- [201] Alstom, *správy Alstom LNB*, 2012.
- [202] Calepa, *Usmernenia pre umiestňovanie elektrární a najlepšie dostupné kontrolné technológie – štát Kalifornia, USA*, 1999.
- [203] Reimer a Jensen-Holn, „Obmedzenia prevádzky SCR pri zníženom zaťažení“, *VGB Powertech*, roč. 1, č. 2, 2013, s. 80–86.
- [204] CZ, *CZ-01_SNCR Referenčné veľké kotly 2013*, 2014.
- [205] Schüttenhelm et al., „CZ-02_VGB.PowerTech.12_2013.SNCR Rybn.ERC“, *VGB Powertech*, zväzok 13, 2013.
- [206] Yara, *Návrh textu, časť 3.1.4.2.2*, 2012.
- [207] FuelTech, *02_NOxOut SNCR 2008*, 2008.
- [208] Von der Heide, *Pokročilá technológia SNCR pre elektrárne*, 2011.
- [209] Haldor Topsoe, *SNOX™ Efektívne a nákladovo efektívne odstraňovanie SO_x, NO_x a častíc z spalín pri spaľovaní palív s vysokým obsahom síry*, 2014.
- [210] USA EPA, *Technický vývojový dokument pre navrhované usmernenia a normy týkajúce sa obmedzení odpadových vôd pre kategóriu bodových zdrojov parnej elektrárne – EPA-821-R-13-002*, 2013.
- [211] Wylie et al., „Stratégia spoločnosti Duke Energy Carolina LLC a počiatočné skúsenosti so systémami na čistenie odpadových vôd z odsirovania spalín“, *Medzinárodná konferencia o vode*, 2008, San Antonio, Texas.
- [212] Ramos, A. F. a kol., „Biologické odstraňovanie dusíka a fenolu zo slaných priemyselných odpadových vôd pomocou ponorného reaktora s pevným filmom“, *Journal of hazardous materials*, roč. 142.1, 2007, s. 175–183.
- [213] COGEN, *Príručka k kogenerácii*, 1999.
- [214] EEB, *Vplyv renovácií a modernizácií komponentov na účinnosť zariadení*, 2013.
- [215] CZ, *pripomienky Českej republiky k LCP BREF D1*, 2013.
- [216] E&P, *Komentáre Euroheat&Power k LCP BREF D1*, 2013.
- [217] Poulsen, „Výhody ultra superkritickej technológie pri výrobe elektrickej energie“, *Medzinárodná konferencia o čistých uholňých technológiách pre našu budúcnosť*, 2005, Sardínia, Taliansko.
- [218] Bendixen, *Skúsenosti s kotlami USC na uhlie v Dánsku – BURMEISTER & WAIN ENERGY A/S*, 2003.
- [219] IEA, *Energy Technology Perspectives, Scenarios & Technologies to 2050*, 2008.
- [220] IEA, *World Energy Outlook*, 2010.
- [221] Kaplan, *Elektrárne: charakteristiky a náklady*, 2008.
- [222] Svetová banka, *PREHĽAD TECHNOLÓGIÍ ČISTÉHO VÝROBY ELEKTRICKEJ ENERGIE Z UHLIA: SVETOVÉ SKÚSENOSTI A DÔSLEDKY PRE INDII*, 2008.
- [223] Cortina, *Kondenzátor spalín pre kotly na biomasu*, 2006.
- [224] EPRI, *Revidovaná príručka pre návrh mokrých komínov*, 2012.
- [225] Carrea et al., „Vývoj od technológie MAC® k technológii SUPERMAC®“, *Magaldi News*, roč. 1, č. 17, 2014, s. 16–21.

- [226] Zajadatz et al., *Vývoj a implementácia horáka AEV pre ALSTOM GT13E2*, 2012.
- [227] E-PRTR, E-PRTR 2014, 2014.
- [228] Kakaras a Grammelis, *Veľkosť a typ existujúcich kapacít na výrobu elektrickej energie z tuhých palív v rozšírenej EÚ*, CSTA a VGB pre EK – Generálne riaditeľstvo pre energetiku a dopravu, 2000, s. 97.
- [229] MPS, „Pokročilá technológia pre Nordjyllandsværket Unit 3“, 1998.
- [230] Benesh, „Plánovanie nových uhoľných elektrární“, *VGB Power Tech*, 2001, s. 8.
- [231] Rentz et al., *Príkladné skúmanie stavu praktickej realizácie integrovanej ochrany životného prostredia v keramickom priemysle pri dodržiavaní smernice IPPC a vypracovanie referenčných dokumentov BAT*, Karlsruhe French-German Institute for Environmental Research, 2001, s. 213.
- [236] Greenpeace, *Dym a zrkadlá*, 2015.
- [240] Korobitsyn, *NOVÉ A POKROČILÉ TECHNOLOGIE PREMENY ENERGIE. ANALÝZA KOGENERÁCIE, KOMBINOVANÝCH A INTEGROVANÝCH CYKLOV*, 1998.
- [241] Eurelectric, *Návrh kapitoly 7*, 2012.
- [242] Freimark et al., „Termodynamicky založená definícia limitov emisií oxidov dusíka z plynových turbínových elektrární“, *VGB Powertech*, roč. 88, 2008, s. 37–42.
- [243] EUROMOT, *Návrh textu predložený EUROMOT ako pripomienka k predbežnému návrhu LCP BREF*, 2016.
- [244] COEN, Horáky s mimoriadne nízkymi emisiami NO_x, 2012.
- [250] Finkeldei, „Osobná komunikácia“, *Osobná komunikácia*, 2000.
- [251] Krishnan, „Nízke emisie NO_x dosiahnuté v južnej Kalifornii“, *Diesel & Gas Turbine Worldwide*, 2002.
- [252] Kristensen, „Zníženie formaldehydu pomocou katalyzátora“, *Dánske centrum plynárenskej technológie*, 2007.
- [253] KEMA, *Emisie uhlíkovodíkov z plynových motorov*, 2011.
- [254] Dohovor o diaľkovom cezhraničnom znečisťovaní ovzdušia, *dokument na stanovenie nákladov na činnosti uvedené v prílohe V*, 2011.
- [255] Eurofer, *kapitola I&S, návrh EUROFER 15042013*, 2013.
- [256] Eurofer, *návrh textu I&S EUROFER*, 2014.
- [257] Marathon OIL, „Osobná komunikácia“, *Osobná komunikácia*, 2000.
- [259] Carstensen a Skorping, „Skúsenosti s turbínami DLE v pobrežných zariadeniach“, *ASME Turbo Expo 2000: Energia pre zem, more a vzduch*, 2000, Mníchov, Nemecko, 8. – 11. mája 2000.
- [260] Dánsko, *Údaje o emisiách z plynových turbín*, 2015.
- [262] Nórsko, *Nórsky návrh pre pobrežnú časť BREF*, 2015.
- [263] VEAG, *Die neuen Kraftwerke der VEAG – Kraft für die Zukunft*, 2000.
- [264] Itkonen, A. a Jantunen, M. J., „Vlastnosti populčeka a mutagenita populčeka“, *Encyklopédia technológií na kontrolu životného prostredia*, 1989.
- [265] Powergen, *elektrárňa Ratcliffe-on-Soar. Prehľad odsírovania spalín*, 2001.
- [266] UNECE, *Kontrola emisií ortuti z uhoľných kotlov elektrární. Poznámka vypracovaná sekretariátom na základe informácií poskytnutých delegáciou USA*, 2002.

- [267] Sandscheper, „Skúsenosti získané pri výrobe a inštalácii systému tepelného presunu s tepelnými rúrkami chránenými proti korózii v okolí jednotky FGD v elektrárni Maritsa East“, *VGB Power Tech*, 2001.
- [268] Joisten et al., *Plynová turbína SCR využívajúca katalyzátory SINOx SCR spĺňajúce požiadavky na výrobu energie a ochranu životného prostredia*, 2000.
- [269] GE, *Plynová turbína GE. Emisie častíc*, 2002.
- [270] ABB, *Kombinovaný cyklus na mori, ziskový vďaka kompaktným jednotkám na spätné získavanie odpadového tepla*, 2000.
- [272] Wang et al., „Zariadenie na testovanie spaľovania pre testovanie systémov spaľovania s nízkymi emisiami NOx“, *ASME Turbo Expo 2002: Energia pre zem, more a vzduch*, 2002, Amsterdam, Holandsko, 3. – 6. jún 2002.
- [273] Sahai et al., „Zníženie emisií NOx a CO pod 2 ppm v difúznom plameni“, *ASME Turbo Expo 2003, v spolupráci s Medzinárodnou konferenciou o spoločnej výrobe energie 2003*, 2003, Atlanta, Georgia, USA, 16. – 19. jún 2003.
- [274] Cheng et al., „Chronologický vývoj parou vstrekovanej plynové turbíny Cheng Cycle za posledných 25 rokov“, *ASME Turbo Expo 2002: Power for Land, Sea, and Air*, 2002, Amsterdam, Holandsko, 3. – 6. jún 2002.
- [275] Cheng, „Nový cyklus LM2500 Cheng pre výrobu elektrickej energie a kogeneráciu“, *Energy Conversion Management*, roč. 38, 1997, s. 15–17.
- [276] Matthee, „Osobná komunikácia“, *Osobná komunikácia*, 2014.
- [277] Wärtsilä, *Elektrárne poháňané motorom*, 2001.
- [278] US EPA, *Štúdiá o ortuti, správa pre Kongres, zväzok VIII Hodnotenie technológií a nákladov na kontrolu ortuti*, US EPA, 1997.
- [279] COM, *Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách (BAT) pre výrobu železa a ocele (IS BREF)*, Európska komisia, JRC IPTS EIPPCB, 2013.
- [280] EPPSA, *Návrh kapitoly o zachytávaní CO2*, 2012.
- [281] Elsen et al., „Planung und Bau der Pilot-Trocknungsanlage Niederaußem“, *VGB Powertech*, zväzok 6, 2001, s. 69 – 72.
- [282] EPPSA, *Návrh textu o sušení hnedého uhlia*, 2012.
- [283] Švédsko, *pripomienky Švédska k LCP BREF D1*, 2013.
- [284] CEPI, *pripomienky CEPI k LCP BREF D1*, 2013.
- [285] Couch, *Podzemné splyňovanie uhlia*, Centrum pre čisté uhlie IEA, 2009.
- [286] EUROMOT, *Stanovisko EUROMOT k úniku metánu*, 2012.
- [287] EUROMOT, *Stanovisko EUROMOT k dvojstupňovému turbodúchadlu pre veľké spaľovacie motory*, 2012.
- [288] EUTurbines, *Porovnanie difúzneho horáka a predzmiešaného horáka*, Siemens Power Generation, 2013.
- [289] COM, *Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách (BAT) pre bežné systémy čistenia/spracovania odpadových vôd a odpadových plynov v chemickom priemysle*, 2016.
- [290] Higa et al., „Najmodernejšia uhoľná elektráreň USC, projekt modernizácie elektrárne Isogo“, 2012.
- [291] Peters, *ReACT znižuje emisie a spotrebu vody*, 2010.
- [292] Gilbert et al., *Hodnotenie procesu ReACT na stanici North Valmy*, 2008.

- [293] Brandin et al., „Jednotkové operácie na výrobu čistého syntézneho plynu bohatého na vodík zo splyňovanej biomasy typu „“, *Biomass and Bioenergy*, roč. 35, doplnok 1, október 2011, s. S8–S15.
- [294] Ciferno a Marano, *Benchmarking technológií splyňovania biomasy na výrobu palív, chemikálií a vodíka, vypracované pre Národné laboratórium energetických technológií Ministerstva energetiky USA*, 2002.
- [295] E4Tech, *Prehľad technológií na splyňovanie biomasy a odpadov*, NNFCC, 2009.
- [296] Wilén et al., *Fínska odborná správa o najlepších dostupných technikách výroby energie z tuhých palív získaných z odpadu*, Fínsky inštitút životného prostredia, 2004.
- [297] Treviño Coca, *Integrovaná technológia kombinovaného cyklu splyňovania: IGCC. Jej skutočné uplatnenie v Španielsku: ELCOGAS. Puertollano*, 2001.
- [298] NETL, Gasifipedia, Komerčná výroba energie na báze splyňovania, 2017.
- [299] Pytlar, „STAV SÚČASNÝCH ZARIADENÍ NA ZPLYNOVANIE A PYROLÝZU BIOMASY V SEVERNEJ AMERIKE“, 18. výročná konferencia o energetickom zhodnocovaní odpadu v Severnej Amerike, NAWTEC 18, 11. – 13. mája 2010, 2010, Orlando, Florida, USA.
- [300] Pyroneer, PYRONEER. Nové riešenie Gasolution – splyňovanie biomasy, 2017.
- [301] Britské environmentálne agentúry, *Horizontálne usmernenia pre hluk. Časť 2 – Hodnotenie a kontrola hluku*, 2004.
- [302] Holt, *Stav technológie splyňovania EPRI – august 2002*, EPRI, Elektrický energetický výskumný inštitút, 2002.
- [303] Holt, *EPRI Stav technológie splyňovania – december 2007*, EPRI – Elektrický energetický výskumný inštitút, 2007.
- [304] Reidick et al., *EVT-Bericht 106/91*, 1991.
- [305] IEA, databáza Centra pre čisté uhlie, 2012.
- [306] DTI, „Usmernenia k predpisom týkajúcim sa zariadení na spaľovanie na mori (prevencia a kontrola znečistenia)“, 2001.
- [307] Kvaerner Pulping Oy, *Spoluspaľovanie biomasy a uhlia v systémoch s fluidným ložom*, 2001.
- [308] Schmidt et al., „Technischer Großversuch zur Mitverbrennung von Biomasse in einem Braunkohlekraftwerk“, *VGB Powertech*, 1999.
- [309] Kindler et al., „Spoluspaľovanie starého dreva v elektrárni na hnedé uhlie, zborník z konferencie“, *VGB-Kongress „Kraftwerke 2000“*, 2000.
- [310] Ekmann et al., *Spoluspaľovanie uhlia a odpadu*, 1996.
- [311] Hein et al., „Untersuchungen zum Stand der Mitverbrennung von Klärschlamm, Hausmüll und Biomasse in Kohlekraftwerken“, *IVD 2000*, 2000, Stuttgart.
- [312] Palonen et al., „Technológia splyňovania Foster Wheeler pre biopalivá: výroba energie z paliva vyrobeného z odpadu (RDF)“, *Power-Gen Europe*, 2006, Kolín nad Rýnom.
- [313] Nieminen et al., „Splyňovanie biomasy a odpadu a spoluspaľovanie plynu v kotloch na práškové uhlie“, 6. európska konferencia o splyňovaní, 2004, Inštitút chemických inžinierov, Brighton, Spojené kráľovstvo.
- [314] Kurkela, *Prehľad fínskych technológií splyňovania biomasy. Správa OPET 4, Espoo, máj 2002*, 2002.
- [315] Salo, „Technológie splyňovania uhlíka. Závod na splyňovanie biomasy v Skive“, *Gasification 2010*, 2010, Swedish Gas Centr2 (SGC), Göteborg, Švédsko.
- [316] Raskin et al., „Zvýšenie výkonu kotla pomocou spaľovacieho zariadenia na biomasu s atmosférickým cirkulačným fluidným ložom“, *Biomass and Bioenergy*, roč. 20, 2001, s. 471 – 481.
- [317] EEA, *Vplyv zachytávania a ukladania uhlíka (CCS) na znečistenie ovzdušia*, 2011.

- [318] Ourliac et al., „Projet CANOE – Čistý kotol bez plameňa, záverečná správa“, *Dohoda ADEME / GDF SUEZ / CORIA*, 2015, / Ecole Centrale Paris #0974C0047.
- [319] Ourliac et al., „MILD spaľovanie pre priemyselné kotly“, *10. európska konferencia o priemyselných peciach a kotloch (INFUB)*, 2015, Porto (Portugalsko).
- [320] Stierlin et al., „Spaľovacie zariadenia, zemný plyn a emisie NOX: Čo je v stávke pri bezplameňovom spaľovaní na zníženie NOX“, *seminár EFE o smernici IED a jej priemyselných dopadoch*, 2011, Paríž (Francúzsko).
- [321] Stierlin, „Bezplameňové spaľovanie v priemyselných kotloch“, *19. zasadnutie EGTEI*, 2011, Rím (Taliansko).
- [322] Villiermaux et al., „Činnosti spoločnosti GDF SUEZ v oblasti bezplameňového spaľovania: od analýzy fyzikálnych fenoménov na až po aplikácie v priemyselnom meradle“, *konferencia Medzinárodnej únie pre výskum plynu*, 2008, Paríž (Francúzsko).
- [323] Levy et al., „Základná termodynamika FLOXCOM, adiabatického spaľovacieho zariadenia pre plynové turbíny s nízkymi emisiami NOx“, *Applied Thermal Engineering*, roč. 24, 2004, s. 1593 – 1605.
- [324] Milani et al., „Technológia bezplameňovej oxidácie“, *25. podujatie talianskej sekcie Combustion Institute*, 2002, Rím (Taliansko).
- [325] Milani et al., IFRF Online Combustion Handbook: „What is Flameless Combustion?“, 2002.
- [326] van Aart a Burgers, *Krátkodobé a dlhodobé priemery – rozšírené hodnotenie. Memo na preskúmanie LCP BREF*, 2015.
- [327] EPPSA, EPPSA Wishlist, 2011.
- [328] Blomberg et al., „Veľká zariadenie na splyňovanie biomasy integrované do kotla na tuhé palivá“, *Power-Gen Europe 2012*, 2012, Kolín nad Rýnom (Nemecko).
- [329] Skive Fjernvarme, *Správa o životnom prostredí za roky 2011/2012*, 2012.
- [330] UMWELT + TECHNIK, „Entschwefelung Dokumentácia Braun- und Steinkohlenentschwefelung NRW“, 2000.
- [331] Eck a Feuerborn, „Eurocoash“, *14. medzinárodná konferencia „Využitie uhoľného popola“*, 2007, Miedzyzdroje, POĽSKO.
- [332] Staehle, *Marsulex: UPGRADING YOUR WET FGD SYSTEM*, 2008.
- [333] Nakayama et al., *Komerčné skúsenosti a testovacie zariadenie v reálnej veľkosti MHI Single Tower FGD*, 2005.
- [334] EEB, *Emisie NOx z elektrárne Sandow, Texas*, 2014.
- [335] ICAC, *SCR kontrola emisií NOx z elektrární spaľujúcich fosílna palivá – Biela kniha*, 2009.
- [336] dos Santos et al., „Porovnanie rôznych metód chladenia vstupného vzduchu do plynových turbín“, *WASET International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering*, roč. 6, č. 1, 2012, s. 1–6.
- [337] Szargut, „Vplyv regeneratívnych ohrievačov napájacej vody na prevádzkové náklady parných elektrární a vysokotlakových elektrární“, *International Journal of Thermodynamics*, roč. 8 (č. 3), 2005, s. 137–141.
- [338] RAP Online, *Summary of Sino-US Workshop on NOx Emissions Control*, RAP Online, 2013, s. 17.

KONTAKT S EÚ

Osobne

V celej Európskej únii sú stovky stredísk Europe Direct. Adresu najbližšieho centra nájdete na internete (european-union.europa.eu/contact-eu/meet-us_en).

Telefonicky alebo písomne

Europe Direct je služba, ktorá odpovedá na vaše otázky o Európskej únii. Túto službu môžete kontaktovať:

- na bezplatnej linke: 00 800 6 7 8 9 10 11 (u niektorých operátorov môžu byť tieto hovory spoplatnené)
- na bežnom telefónnom čísle: +32 22999696,
- prostredníctvom nasledujúceho formulára: european-union.europa.eu/kontakt-eu/write-us_en.

VYHLADÁVANIE INFORMÁCIÍ O EÚ

Online

Informácie o Európskej únii vo všetkých úradných jazykoch EÚ sú k dispozícii na webovej stránke Europa (european-union.europa.eu).

Publikácie EÚ

Publikácie EÚ si môžete pozrieť alebo objednať na adrese op.europa.eu/en/uvarejnenie. Viaceré kópie bezplatných publikácií môžete získať, ak kontaktujete Europe Direct alebo miestne dokumentačné centrum. (european-union.europa.eu/kontakt-eu/meet-us_en).

Právo EÚ a súvisiace dokumenty

Prístup k právnym informáciám EÚ vrátane všetkých právnych predpisov EÚ od roku 1951 vo všetkých oficiálnych jazykových verziách nájdete na stránke EUR-Lex. (eur-lex.europa.eu).

Otvorené údaje z EÚ

Portál data.europa.eu poskytuje prístup k otvoreným súborom údajov inštitúcií, orgánov a agentúr EÚ. Môžete si ich bezplatne stiahnuť a opätovne využiť na komerčné aj nekomerčné účely. Portál tiež poskytuje prístup k množstvu súborov údajov z európskych krajín.

Útvar Európskej komisie pre vedu a poznatky

Spoločné výskumné centrum

Poslanie JRC

Poslaním Spoločného výskumného centra ako útvaru Európskej komisie pre vedu a poznatky je podporovať politiky EÚ nezávislými dôkazmi v priebehu celého politického cyklu.



EU Science Hub
joint-research-centre.ec.europa.eu



@EU_ScienceHub



EU Science Hub-Joint Research Centre



EU Science, Research and innovation



EU Science Hub



EU Science