

J R C R E F E R E N Č N É S P R Á V Y

Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách (BAT) na výrobu cementu, vápna a oxidu horečnatého

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

Frauke Schorcht, Ioanna Kourti,
Bianca Maria Scalet, Serge
Roudier, Luis Delgado Sancho

2013



Správa EUR 26129

Spoločné výskumné
centrum Európskej
komisie
Inštitút pre technologický výskum budúcnosti

Kontaktné informácie

Európska kancelária IPKZ

Adresa: Spoločné výskumné centrum, Edificio Expo c/ Inca Garcilaso, 3 E-41092

Sevilla, Španielsko E-mail: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu

Tel.: +34 95 4488 284

Fax: +34 95 4488 426

<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/>

a.eu

<http://ipts.jrc.ec.europa.eu/>

u/

Táto publikácia je referenčnou správou Spoločného výskumného centra Európskej komisie.

Právne upozornenie

Podľa rozhodnutia Komisie z 12. decembra 2011 o opakovanom použití dokumentov Komisie (2011/833/EÚ), tento dokument BREF podlieha voľnému opakovanému použitiu, s výnimkou častí, na ktoré sa vzťahujú akékoľvek práva tretích strán, ktoré sa môžu v dokumente nachádzať (napríklad obrázky, tabuľky, údaje, písomný materiál a podobne, na ktoré je potrebné získať práva samostatne od príslušných držiteľov práv na ďalšie použitie). Európska komisia nezodpovedá za žiadne následky vyplývajúce z opätovného použitia tejto publikácie. Akékoľvek opätovné použitie je podmienené uvedením zdroja a neskreslením pôvodného významu alebo správy.

Europe Direct je služba, ktorá vám pomôže nájsť odpovede na vaše otázky o Európskej únii

Bezplatné telefónne číslo (*): 00 800 6 7 8 9 10 11

(*) Niektorí mobilní telefónni operátori neumožňujú prístup na čísla 00 800 alebo môžu byť tieto hovory spoplatnené.

Množstvo ďalších informácií o Európskej únii je k dispozícii na internete. Prístup

k nemu je možný prostredníctvom servera Europa <http://europa.eu/>.

JRC 83006

EUR 26129 SK

ISBN 978-92-79-32944-9 (pdf)

ISSN 1831-9424 (online)

doi:10.2788/12850

Luxembursko: Úrad pre publikácie Európskej únie, 2013

© Európska únia, 2013

Reprodukcia je povolená pod podmienkou uvedenia zdroja.

Vytlačené v Španielsku

Referenčný dokument o najlepších
dostupných technikách (BAT) na
výrobu cementu, vápna a oxidu
horečnatého

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

Autori:

Frauke Schorcht,
Ioanna Kourti,
Bianca Maria
Scalet, Serge
Roudier,
Luis Delgado Sancho

2013

Podakovanie

Túto správu vypracoval Európsky úrad pre integrovanú prevenciu a kontrolu znečistenia (EIPPCB) pri Spoločnom výskumnom centre Európskej komisie - Inštitúte pre technologický výskum budúcnosti (IPTS) pod vedením Serge Roudiera (vedúceho EIPPCB) a Luisa Delgada (vedúceho oddelenia pre udržateľnú výrobu a spotrebu).

Autormi dokumentu CLM BREF prispôsobeného ustanoveniam smernice IED boli Ioanna Kourti a Bianca Maria Scalet. Autorkou dokumentu EIPPCB CLM BREF prijatého v roku 2010 bola Frauke Schorcht.

Táto správa o projekte bola vypracovaná v rámci implementácie smernice o priemyselných emisiách (2010/75/EÚ) a je výsledkom výmeny informácií ustanovenej v článku 13 smernice o výrobe cementu, vápna a oxidu horečnatého.

K výmene informácií prispeli najmä:

- tieto členské štáty: Česká republika, Estónsko, Francúzsko, Fínsko, Holandsko, Írsko, Maďarsko, Nemecko, Portugalsko, Rakúsko, Spojené kráľovstvo, Španielsko, Švédsko, Taliansko
- CEMBUREAU, priemyselné združenie zastupujúce väčšinu európskych výrobcov cementu
- EuLA, priemyselné združenie zastupujúce väčšinu európskych výrobcov vápna
- EUROMINES, priemyselné združenie zastupujúce európskych výrobcov MgO
- EURITS, priemyselné združenie zastupujúce väčšinu spaľovní nebezpečného odpadu v EÚ.

Okrem toho informácie týkajúce sa odvetvia cementu poskytol dodávateľ zariadení z Nórska. Celý

tím EIPPCB poskytol príspevky a partnerské preskúmanie.

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

Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách	Kód
Keramický priemysel	CER
Bežné systémy úpravy odpadových vôd a odpadových plynov v chemickom sektore	CWW
Emisie zo skladovania	EFS
Energetická účinnosť	ENE
Priemysel spracovania železných kovov	FMP
Potravinársky, nápojový a mliekárenský priemysel	FDM
Priemyselné systémy chladenia	ICS
Intenzívny chov hydiny a ošipovaných	IRPP
Výroba železa a ocele	IS
Veľké spaľovacie zariadenia	LCP
Anorganické chemikálie vo veľkých objemoch – priemyselné odvetvia amoniaku, kyselín a hnojív	LVIC-AAF
Veľkoobjemové anorganické chemikálie – priemysel tuhých a ostatných látok	LVIC-S
Veľkoobjemový organický chemický priemysel	LVOC
Nakladanie s hlušinou a odpadovými horninami z ťažby	MTWR
Výroba skla	GLS
Výroba organických jemných chemikálií	OFC
Odvetvia výroby neželezných kovov	NFM
<i>Výroba cementu, vápna a oxidu horečnatého</i>	<i>CLM</i>
Výroba chlóru a alkalických látok	CAK
Výroba polymérov	POL
Výroba buničiny, papiera a lepenky	PP
Výroba špeciálnych anorganických chemikálií	SIC
Raфинácia minerálneho oleja a plynu	REF
Bitúinky a odvetvie živočíšnych vedľajších produktov.	SA
Kováčsky a zlievarenský priemysel	SF
Povrchová úprava kovov a plastov	STM
Úprava povrchu pomocou organických rozpúšťadiel	STS
Spracovanie koží a usní	TAN
Textilný priemysel	TXT
Spaľovanie odpadu	WI
Odvetvia spracovania odpadu	WT
Konzervácia dreva a výrobkov z dreva pomocou chemických látok	WPC
Výroba panelov na báze dreva	WBP
Referenčný dokument	
Hospodárske vplyvy a dosah na viaceré zložky životného prostredia	ECM
Všeobecné zásady monitorovania	MON

Elektronické verzie návrhov a finalizovaných dokumentov sú verejne dostupné a možno si ich stiahnuť zo 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 (integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania životného prostredia) (prepracované znenie).

Pôvodný referenčný dokument o najlepších dostupných technikách (BAT) (BREF) na výrobu cementu a vápna prijala Európska komisia v roku 2001. Tento dokument je výsledkom revízie uvedeného dokumentu BREF, do ktorého bola zahrnutá výroba oxidu horečnatého. Preskúmanie sa začalo v marci 2005.

Tento referenčný dokument o BAT na výrobu cementu, vápna a oxidu horečnatého je súčasťou série dokumentov, ktoré predstavujú výsledky výmeny informácií medzi členskými štátmi EÚ, príslušnými priemyselnými odvetviami, mimovládnyimi organizáciami na podporu ochrany životného prostredia a Komisiou s cieľom vypracovať, preskúmať a v prípade potreby aktualizovať referenčné dokumenty o BAT, ako sa vyžaduje v článku 13 ods. 1 smernice. Tento dokument uverejňuje Európska komisia podľa článku 13 ods. 6 smernice.

Ako sa uvádza v článku 13 ods. 5 smernice, vykonávacie rozhodnutie Komisie (2013/163/EÚ) o záveroch o BAT uvedených v kapitole 4 bolo prijaté 26. marca 2013 a zverejnené 9. apríla 2013.¹

2. Účastníci výmeny informácií

V súlade s článkom 13⁽³⁾ smernice Komisia zriadila fórum na podporu výmeny informácií, ktoré pozostáva zo zástupcov členských štátov, príslušných priemyselných odvetví a mimovládnych organizácií podporujúcich ochranu životného prostredia [rozhodnutie Komisie zo 16. mája 2011, ktorým sa zriaďuje fórum 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 tvoriacich technickú pracovnú skupinu (TWG), ktorá bola hlavným zdrojom informácií pri transformácii oddielov o BAT dokumentu CLM BREF na závery o BAT na použitie podľa smernice IED. Práce TWG viedla Európska kancelária IPPC (Spoločného výskumného centra Komisie).

3. Štruktúra a obsah tohto dokumentu

Tento dokument obsahuje tri hlavné kapitoly: Kapitola 1 – Odvetvie výroby cementu, kapitola 2 – Odvetvie výroby vápna a kapitola 3 – Odvetvie výroby oxidu horečnatého (suchým spôsobom z vyťaženej magnezitu).

V oddieloch 1 a 2 kapitol 1 – 3 sa uvádzajú všeobecné informácie o príslušnom priemyselnom odvetví a o priemyselných procesoch a technikách používaných v tomto odvetví.

V oddiele 3 kapitol 1 – 3 sa uvádzajú údaje a informácie týkajúce sa environmentálneho pôsobenia zariadení v rámci odvetvia a v prevádzke v čase vypracovania tohto dokumentu, pokiaľ ide o súčasné emisie, spotrebu a povahu surovín, spotrebu vody, využívanie energie a tvorbu odpadu.

¹ Ú. v. EÚ L 100, 9.4.2013, s. 1.

V oddieloch 4 kapitol 1 – 3 sa podrobnejšie opisujú techniky na prevenciu alebo, ak to nie je možné, na zníženie vplyvu zariadení v tomto odvetví na životné prostredie, ktoré sa zohľadnili pri určovaní BAT. Tieto informácie zahŕňajú, ak je to relevantné, úrovne environmentálneho pôsobenia (napr. úrovne emisií a spotreby), ktoré možno dosiahnuť použitím techník, súvisiace monitorovanie a náklady, ako aj otázky dosahu techník na viaceré zložky životného prostredia.

V oddieloch 5 kapitol 1 – 3 sa uvádzajú informácie o „nových technikách“, ako sú definované v článku 3 ods. 14 smernice.

V kapitole 4 sa uvádzajú závery o BAT, ako sú vymedzené v článku 3 ods. 12 smernice.

Záverečné poznámky a odporúčania pre budúcu prácu sú uvedené v kapitole 5.

4. Zdroje informácií a odvodenie BAT

Tento dokument vychádza z informácií získaných z viacerých zdrojov, najmä prostredníctvom pracovnej skupiny, ktorá bola zriadená osobitne na výmenu informácií podľa článku 13 smernice. Informácie zhromaždila a posúdila Európska kancelária IPKZ (Spoločného výskumného centra Komisie), ktorá viedla prácu na určovaní BAT, pričom sa riadila zásadami technickej odbornosti, transparentnosti a neutrality. Vďačíme za prácu TWG a všetkým ostatným prispievateľom.

Závery o BAT boli vypracované v rámci opakovaného procesu, ktorý zahŕňal tieto kroky:

- identifikácia kľúčových environmentálnych problémov v odvetví;
- preskúmanie techník, ktoré sú najvhodnejšie na riešenie týchto kľúčových otázok;
- určenie najlepších úrovní environmentálnej výkonnosti na základe dostupných údajov v Európskej únii a na celom svete;
- skúmanie podmienok, za ktorých sa dosiahli tieto úrovne environmentálnej výkonnosti, ako sú náklady, dosah na viaceré zložky životného prostredia a hlavné hnacie sily pri vykonávaní techník;
- výber najlepších dostupných techník (BAT), s nimi súvisiacich úrovní emisií (a iných úrovní environmentálneho pôsobenia) a súvisiace monitorovanie pre toto odvetvie podľa článku 3 ods. 10 a prílohy III k smernici.

V každom z týchto krokov a v spôsobe, akým sú tu informácie prezentované, zohralo kľúčovú úlohu odborné posúdenie Európskeho úradu IPPC a pracovnej skupiny.

Ak boli k dispozícii, hospodárske údaje boli uvedené spolu s opismi techník uvedených v oddiele 4 kapitol 1 – 3. Tieto údaje poskytujú približný prehľad o veľkosti nákladov a prínosov. Skutočné náklady a prínosy použitia techniky však môžu do značnej miery závisieť od konkrétnej situácie v príslušnom zariadení, ktorú nie je možné v tomto dokumente úplne zhodnotiť. Keďže chýbajú údaje o nákladoch, závery o ekonomickej životaschopnosti techník sa vyvodzujú z pozorovaní existujúcich zariadení.

5. Preskúmanie referenčných dokumentov o BAT (dokumentov BREF)

BAT je dynamický koncept, a preto je preskúmanie dokumentov BREF kontinuálnym procesom. Môžu sa napríklad objaviť nové opatrenia a techniky, veda a technológie sa kontinuálne vyvíjajú a do priemyslu sa úspešne zavádzajú nové alebo vznikajúce procesy. S cieľom zohľadniť takéto zmeny a ich dôsledky pre BAT sa tento dokument bude periodicky revidovať a v prípade potreby zodpovedajúcim spôsobom aktualizovať.

Proces revízie dokumentu CLM BREF sa začal v roku 2005 v rámci smernice IPPC 2008/1/ES, pričom záverečné zasadnutie TWG, na ktorom boli schválené závery o BAT a BAT-AEL, sa konalo v septembri 2008. Referenčný dokument CLM BREF prijala Európska komisia a uverejnila ho v roku 2010 v rámci smernice IPPC.

Vo februári 2012 sa Európska komisia rozhodla pristúpiť k transformácii dokumentu CLM BREF na dokument, pre ktorý sa závery o BAT môžu použiť na vykonávanie smernice IED (smernica 2010/75/EÚ). Návrh záverov o BAT bol vydaný na konzultáciu s TWG vo februári 2012. V máji 2012 sa uskutočnilo zasadnutie TWG s cieľom prediskutovať návrh záverov o BAT a overiť, či presne odrážajú technický obsah záverov prijatých podľa smernice IPPC. Tento proces nezahŕňal žiadne nové informácie pre oddiely o výrobe cementu alebo vápna, ale zohľadnili sa v ňom obmedzené dodatočné informácie týkajúce sa emisií oxidov sýry z výroby oxidu horečnatého.

Tento dokument obsahuje závery o BAT transformované na ich prijatie podľa smernice 2010/75/EÚ.

6. Kontaktné informácie

Všetky pripomienky a návrhy je potrebné zasielať Európskej kancelárii IPPC pri Inštitúte pre technologický výskum budúcnosti na túto adresu:

Európska komisia
Inštitút pre technologický výskum budúcnosti,
Európska kancelária IPPC
Edificio Expo
c/ Inca Garcilaso, 3
E-41092 Sevilla, Španielsko
Telefón: +34 95 4488 284
Fax: +34 95 4488 426
E-mail: JRC-IPTS-EIPPCB@ec.europa.eu
Internet: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu>

Dokument o najlepších dostupných technikách na výrobu cementu, vápna a oxidu horečnatého

PREDSLOV	I
ROZSAH PÔSOBNOSTI	XXI
1 ODVETVIE VÝROBY CEMENTU	1
1.1 Všeobecné informácie o odvetví výroby cementu	1
1.2 Aplikované procesy a techniky vo výrobe cementu	9
1.2.1 Suroviny a ich získavanie	11
1.2.2 Suroviny – uskladnenie a príprava	13
1.2.2.1 Uskladnenie surovín	13
1.2.2.2 Mletie surovín	13
1.2.2.2.1 Mletie surovín – systémy pecí so suchým a polosuchým procesom	14
1.2.2.2.2 Mletie surovín – systémy pecí s mokrým alebo polomokrým spôsobom	14
1.2.2.2.3 Homogenizácia a uskladnenie surovínovej múčky alebo kaše	15
1.2.3 Palivá – uskladnenie a príprava	15
1.2.3.1 Uskladnenie konvenčných palív	16
1.2.3.2 Príprava konvenčných palív	16
1.2.4 Použitie odpadu	17
1.2.4.1 Všeobecné aspekty	18
1.2.4.2 Používanie odpadu ako surovín	19
1.2.4.3 Používanie odpadu ako palív	22
1.2.4.3.1 Druhy odpadových palív	22
1.2.4.3.1.1 Palivá z tuhého odpadu	23
1.2.4.3.1.2 Palivá z kvapalného odpadu	24
1.2.4.3.2 Požiadavky na kvalitu odpadu a kontrolu vstupov	24
1.2.4.3.2.1 Koncentrácie kovov v odpadoch	26
1.2.4.3.3 Uskladnenie odpadu a manipulácia s ním	26
1.2.5 Výpal slinku	26
1.2.5.1 Výpal v peciach	28
1.2.5.2 Dlhé rotačné pece	29
1.2.5.3 Rotačné pece s predohrievačmi	29
1.2.5.3.1 Technika roštového predohrievača	29
1.2.5.3.2 Technika suspenzného predohrievača	30
1.2.5.3.3 Šachtové predohrievače	31
1.2.5.3.4 Štvorstupňový cyklónový predohrievač	31
1.2.5.4 Rotačné pece s predohrievačom a predkalcinátorom	31
1.2.5.4.1 Obtokové systémy	33
1.2.5.5 Šachtové pece	34
1.2.5.6 Odpadové plyny z pece	34
1.2.5.6.1 Núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO	34
1.2.5.7 Chladiče slinku	35
1.2.5.7.1 Rotačné chladiče	35
1.2.5.7.1.1 Rúrkové chladiče	35
1.2.5.7.1.2 Planetárne (alebo satelitné) chladiče	35
1.2.5.7.2 Roštové chladiče	36
1.2.5.7.2.1 Chladiče s pohyblivým roštom	36
1.2.5.7.2.2 Chladiče s vratným roštom	36
1.2.5.7.2.3 Tretia generácia roštových chladičov	37
1.2.5.7.3 Vertikálne chladiče	37
1.2.5.8 Kogenerácia	38
1.2.6 Mletie a uskladnenie cementu	38
1.2.6.1 Uskladnenie slinku	38
1.2.6.2 Mletie cementu	39
1.2.6.2.1 Dávkovanie a nastavenie pomeru vsádzky mlyna	39
1.2.6.2.2 Mletie cementu	39
1.2.6.2.3 Mletie minerálnych prísad	40
1.2.6.2.4 Oddelenie podľa rozdelenia veľkosti častíc	41
1.2.6.2.5 Zníženie chrómanov – chróm (VI)	41

1.2.6.3	Uskladnenie cementu.....	42
1.2.7	Balenie a expedícia.....	42
1.3	Súčasná spotreba a úrovne emisií.....	43
1.3.1	Spotreba vody.....	44
1.3.2	Spotreba surovín.....	45
1.3.2.1	Spotreba odpadu ako suroviny.....	45
1.3.3	Využívanie energie.....	47
1.3.3.1	Dopyt po tepelnej energii.....	47
1.3.3.2	Dopyt po elektrickej energii.....	49
1.3.3.3	Spotreba odpadových palív.....	49
1.3.4	Emisie do ovzdušia.....	54
1.3.4.1	Prach (tuhé častice).....	56
1.3.4.1.1	Emisie odvedeného prachu.....	56
1.3.4.1.2	Emisie tuhých častíc jemného prachu ₁₀ a tuhé častice _{2,5}	58
1.3.4.1.3	Difúzne emisie prachu.....	60
1.3.4.2	Oxidy dusíka.....	60
1.3.4.3	Oxid siričitý.....	66
1.3.4.4	Oxidy uhlíka (CO ₂ , CO).....	69
1.3.4.4.1	Oxid uhličitý (CO ₂).....	69
1.3.4.4.2	Oxid uhoľnatý (CO).....	70
1.3.4.5	Celkový obsah organických zlúčenín (TOC).....	71
1.3.4.6	Polychlórované dibenzo-p-dioxíny (PCDD) a dibenzofurány (PCDF).....	73
1.3.4.7	Kovy a ich zlúčeniny.....	76
1.3.4.7.1	Ortuť.....	81
1.3.4.8	Chlorovodík a fluorovodík (HCl a HF).....	83
1.3.4.8.1	Plynné anorganické zlúčeniny chlóru.....	83
1.3.4.8.2	Plynné anorganické zlúčeniny fluóru.....	86
1.3.4.9	Amoniak (NH ₃).....	89
1.3.4.10	Benzén, toluén, etylbenzén a xylén (BTEX).....	90
1.3.4.11	Polyaromatické uhľovodíky (PAU).....	91
1.3.4.12	Iné organické znečisťujúce látky.....	91
1.3.4.13	Vplyv na emisie a energetickú účinnosť využívaním odpadových materiálov 91	
1.3.4.14	Vplyv používania odpadu na kvalitu výrobkov.....	93
1.3.5	Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu.....	93
1.3.6	Emisie do vody.....	94
1.3.7	Hluk.....	94
1.3.8	Zápachy.....	95
1.3.9	Monitorovanie.....	95
1.3.9.1	Monitorovanie parametrov a emisií.....	95
1.4	Techniky, ktoré treba zohľadniť pri určovaní BAT.....	97
1.4.1	Spotreba surovín.....	99
1.4.2	Zníženie spotreby energie (energetická účinnosť).....	99
1.4.2.1	Zníženie spotreby tepelnej energie.....	99
1.4.2.1.1	Systémy pecí.....	100
1.4.2.1.2	Vlastnosti surovín.....	102
1.4.2.1.3	Vlastnosti paliva.....	103
1.4.2.1.4	Systém obtoku plynu.....	104
1.4.2.1.5	Zníženie obsahu slinku v cementárenských výrobkoch.....	105
1.4.2.2	Zníženie spotreby elektrickej energie.....	105
1.4.2.3	Výber procesu.....	106
1.4.2.4	Zhodnocovanie energie z pecí a chladičov/kogenerácia.....	107
1.4.3	Všeobecné techniky.....	109
1.4.3.1	Optimalizácia riadenia procesov.....	109
1.4.3.2	Výber palív a surovín.....	111
1.4.3.3	Používanie odpadu ako palív.....	112
1.4.4	Emisie prachových častíc (tuhé častice).....	113
1.4.4.1	Techniky pre prašné prevádzky.....	113
1.4.4.2	Techniky pre priestory vyhradené na hromadné skladovanie a haldovanie.....	115
1.4.4.3	Zníženie emisií odvedeného prachu.....	116
1.4.4.3.1	Elektrostatické odlučovače (ESP).....	117
1.4.4.3.2	Textilné filtre.....	119
1.4.4.3.3	Hybridné filtre.....	124
1.4.5	Plynné zlúčeniny.....	125

1.4.5.1	Zníženie emisií NO _x	125
1.4.5.1.1	Chladienie plameňa	128
1.4.5.1.2	Horáky s nízkymi hodnotami emisií NO _x	129
1.4.5.1.3	Viacstupňové spaľovanie	130
1.4.5.1.4	Spaľovanie v strede pece	132
1.4.5.1.5	Mineralizovaný slinok	133
1.4.5.1.6	Optimalizácia procesov (NO _x)	133
1.4.5.1.7	Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)	134
1.4.5.1.8	Selektívna katalytická redukcia (SCR)	140
1.4.5.2	Zníženie emisií SO ₂	143
1.4.5.2.1	Pridanie absorpčných prostriedkov	145
1.4.5.2.2	Mokrý odsírenie	146
1.4.5.2.3	Aktivovaný uhlík	148
1.4.5.3	Zníženie emisií oxidu uhľika (CO) a údržbového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO	149
1.4.5.4	Zníženie celkového objemu emisií organického uhlíka (TOC)	152
1.4.5.5	Zníženie chlorovodíka (HCl) a fluorovodíka (HF)	153
1.4.6	Zníženie emisií polychlórovaného dibenzo-p-dioxínu (PCDD) a polychlórovaného dibenzofuránu (PCDF)	154
1.4.7	Zníženie emisií kovov	155
1.4.8	Príklady údajov o nákladoch pre rôzne techniky znižovania emisií plynu a primárne techniky, ktoré možno použiť na zníženie emisií	156
1.4.8.1	Príklad údajov o nákladoch na techniky znižovania prachu	156
1.4.8.2	Príklad údajov o nákladoch na techniky znižovania emisií NO _x	158
1.4.8.3	Príklad údajov o nákladoch na techniky znižovania emisií SO _x	161
1.4.9	Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu	162
1.4.10	Hluk	163
1.4.11	Všeobecné aspekty zápachu	164
1.4.12	Nástroje environmentálneho manažmentu	164
1.5	Nové techniky v odvetví výroby cementu	168
1.5.1	Technológia výroby cementu vo fluidnom lôžku	168
1.5.2	Viacstupňové spaľovanie v kombinácii so SNCR	169
1.5.3	Nakladanie so spalínami z cementárenských pecí suchým hydrogénuhličitanom sodným a opätovné použitie chemikálií	169
2	ODVETVIE VÝROBY VÁPNA	171
2.1	Všeobecné informácie o odvetví výroby vápna	171
2.1.1	Vápno a jeho použitie	171
2.1.2	Svetová výroba vápna	172
2.1.3	Geografické rozloženie a všeobecné hospodárske okolnosti v Európe – hlavné ukazovatele	172
2.1.3.1	Ročná výroba	172
2.1.3.2	Kľúčové otázky životného prostredia a udržateľného rozvoja	173
2.1.3.3	Druh vápna a dolomitického vápna	174
2.1.3.4	Zariadenia na výrobu vápna	175
2.2	Aplikované procesy a techniky pri výrobe vápna	180
2.2.1	Všeobecný opis výrobného procesu	181
2.2.2	Suroviny a získavanie vápenca	182
2.2.3	Príprava, čistenie a uskladnenie vápenca	183
2.2.3.1	Príprava vápenca	183
2.2.3.2	Uskladnenie vápenca	184
2.2.3.3	Pranie vápenca	184
2.2.4	Palivá – príprava a uskladnenie	185
2.2.5	Použitie odpadu	188
2.2.5.1	Všeobecné aspekty	188
2.2.5.2	Technické aspekty	189
2.2.5.3	Druhy používaných odpadových palív	191
2.2.5.4	Kontrola kvality palív z tuhého odpadu	193
2.2.6	Výroba nehaseného vápna a dolomitu	193
2.2.6.1	Kalcinácia vápenca – chemická reakcia	193
2.2.6.2	Kalcinácia vápenca v peci	195
2.2.6.3	Spracovanie nehaseného vápna	197
2.2.6.3.1	Výroba mletého páleného vápna	197
2.2.6.4	Výroba haseného a/alebo hydratovaného vápna	198
2.2.6.4.1	Výroba hydratovaného vápna	198

2.2.6.4.2	Výroba vápenného mlieka a vápenného tmelu	199
2.2.7	Druhy pecí na výrobu vápna – techniky a konštrukcia	199
2.2.7.1	Šachtová pec so zmiešaným zavádzaním (MFSK)	202
2.2.7.2	Rekupačná pec s paralelným tokom (PFRK)	203
2.2.7.3	Kruhové šachtové pece (ASK)	206
2.2.7.4	Ostatné pece (OK)	209
2.2.7.4.1	Ostatné jednoduché šachtové pece	209
2.2.7.4.2	Šachtové pece s dvoma komorami	209
2.2.7.4.3	Viackomorové šachtové pece	210
2.2.7.4.4	Pec s pohyblivým roštom	210
2.2.7.4.5	Pec s tvarovaným vekom	210
2.2.7.4.6	Kalcinačné pece s plynovou suspenziou (GSC)	210
2.2.7.4.7	Pec s otočným ohniskom	211
2.2.7.5	Dlhé rotačné pece (LRK)	211
2.2.7.6	Rotačné pece s predohrievačmi (PRK)	214
2.2.8	Uskladnenie a manipulácia	217
2.2.8.1	Uskladnenie	217
2.2.8.1.1	Uskladnenie nehaseného vápna	217
2.2.8.1.2	Uskladnenie hydratovaného vápna	218
2.2.8.1.3	Uskladnenie vápenného mlieka	218
2.2.8.2	Manipulácia	219
2.2.9	Ostatné druhy vápna	219
2.2.9.1	Výroba hydraulického vápna	219
2.2.9.2	Výroba kalcinovaného dolomitu	219
2.2.9.3	Výroba spekaného dolomitického vápna dvojcestným procesom	220
2.2.10	Všeobecné aspekty vlastných pecí na výrobu vápna	220
2.2.10.1	Pec na výrobu vápna v železiarskom a oceliarskom priemysle	220
2.2.10.2	Pec na výrobu vápna v odvetví výroby sulfátovej buničiny	221
2.2.10.3	Pec na výrobu vápna v cukrovarníckom priemysle	221
2.3	Súčasná spotreba a úrovne emisií	222
2.3.1	Spotreba vápenca	222
2.3.2	Využívanie energie	222
2.3.2.1	Kalcinácia vápenca	222
2.3.2.2	Hydratácia vápna	224
2.3.2.3	Mletie vápna	224
2.3.3	Emisie do ovzdušia	224
2.3.3.1	Prach (PM)	226
2.3.3.1.1	Emisie odvedeného prachu	226
2.3.3.1.2	Difúzne emisie prachu	228
2.3.3.2	Oxidy dusíka	229
2.3.3.3	Oxid siričitý	230
2.3.3.4	Oxidy uhlíka (CO _x)	233
2.3.3.4.1	Oxid uhličitý (CO ₂)	233
2.3.3.4.2	Oxid uhoľnatý (CO)	235
2.3.3.5	Organické zlúčeniny/celkový objem organického uhlíka (TOC)	237
2.3.3.6	Polychlórované dibenzo-p-dioxíny (PCDD) a polychlórované dibenzofurány (PCDF)	239
2.3.3.7	Chlorovodík a fluorovodík (HCl a HF)	239
2.3.3.8	Sírovodík (H ₂ S)	240
2.3.3.9	Kovy	241
2.3.3.10	Vplyv na emisie využívaním odpadových materiálov	243
2.3.3.10.1	Príklady emisií pri používaní odpadového oleja	243
2.3.3.10.2	Príklady emisií pri používaní tuhého odpadu v rotačných peciach	244
2.3.4	Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu	245
2.3.5	Používanie a čistenie vody	246
2.3.6	Hluk	246
2.3.7	Zápachy	246
2.3.8	Monitorovanie	247
2.3.8.1	Kontinuálne merania	247
2.3.8.2	Periodické merania	247
2.4	Techniky, ktoré treba zohľadniť pri určovaní BAT	249
2.4.1	Spotreba vápenca	251
2.4.2	Zníženie spotreby energie (energetická účinnosť)	251

2.4.3	Optimalizácia riadenia procesov	253
2.4.4	Výber palív (vrátane odpadových palív)	254
2.4.5	Emisie prachu (tuhé častice)	256
2.4.5.1	Techniky pre prašné prevádzky	256
2.4.5.2	Techniky pre priestory vyhradené na hromadné skladovanie a haldovanie	257
2.4.5.3	Zníženie emisií odvedeného prachu	258
2.4.5.3.1	Elektrostatické odlučovače (ESP)	259
2.4.5.3.2	Textilné filtre	261
2.4.5.3.3	Mokrý odlučovač prachu	264
2.4.5.3.4	Odstredivé odlučovače/cyklóny	267
2.4.5.3.5	Príklady údajov o nákladoch pre rôzne techniky čistenia vypúšťaných plynov	267
2.4.6	Plynné zlúčeniny	271
2.4.6.1	Zníženie emisií NO _x	271
2.4.6.1.1	Optimalizácia procesov	272
2.4.6.1.2	Postupné spaľovanie	273
2.4.6.1.3	Horáky s nízkymi emisiami NO _x	274
2.4.6.1.4	Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)	275
2.4.6.1.5	Selektívna katalytická redukcia (SCR)	278
2.4.6.2	Zníženie emisií SO ₂	279
2.4.6.3	Zníženie emisií CO	280
2.4.6.4	Zníženie celkového objemu emisií organického uhlíka (TOC)	281
2.4.6.5	Zníženie chlorovodíka (HCl) a fluorovodíka (HF)	281
2.4.7	Zníženie emisií polychlórovaných dibenzo-p-dioxínov (PCDD) a polychlórovaných dibenzofuránov (PCDF)	282
2.4.8	Zníženie emisií kovov	285
2.4.9	Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu	286
2.4.9.1	Všeobecné aspekty opätovného využitia tuhých procesných strát/odpadu ako suroviny	286
2.4.10	Hluk	287
2.4.11	Všeobecné aspekty zápachu	289
2.4.12	Nástroje environmentálneho manažmentu	289
2.5	Nové techniky v odvetví výroby vápna	290
2.5.1	Kalcinácia vo fluidnom lôžku	290
2.5.2	Bleskový kalcinátor/suspenzný predohrievač	290
2.5.3	Keramické filtre	291
2.5.4	Dodatočné spaľovanie spalín zo šachtových pecí s miešaným zavázaním	291
3	ODVETVIE VÝROBY OXIDU HOREČNATÉHO (SUCHÝM SPÔSOBOM Z VYŤAŽENÉHO MAGNEZITU)	293
3.1	Všeobecné informácie	293
3.1.1	Úvod	293
3.1.2	Odvetvie magnezitu vo svete a v Európe	293
3.1.2.1	Druhy výrobkov z oxidu horečnatého (magnézie)	297
3.1.2.1.1	Magnézia	297
3.1.2.1.1.1	Spekaná/tvrdo pálená magnézia (DBM)	298
3.1.2.1.1.2	Žieravá kalcinovaná magnézia (CCM)	298
3.1.2.1.1.3	Tavená magnézia (FM)	298
3.1.3	Použitie magnézie	298
3.2	Aplikované procesy a techniky	301
3.2.1	Suroviny a príprava	301
3.2.1.1	Magnezit	301
3.2.2	Palivá	302
3.2.3	Všeobecný opis procesu výroby magnézie z magnezitu (prírodnej spekanej/tvrdo pálenej magnézie)	302
3.2.3.1	Procesy spaľovania	303
3.2.3.1.1	Proces priameho spaľovania (jednofázové spaľovanie)	303
3.2.3.1.1.1	Príprava „surového spekanca“	303
3.2.3.1.2	Proces dvojfázového spaľovania	305
3.2.3.2	Druhy pecí – techniky a konštrukcia	306
3.2.3.2.1	Rotačné pece	307
3.2.3.2.1.1	Rotačné pece s predohrievačom	307
3.2.3.2.1.2	Dlhé rotačné pece	307
3.2.3.2.2	Šachtové pece	308

3.2.3.2.2.1	Šachtové pece s otočnou doskou.....	308
3.2.3.2.2.2	Šachtové pece s otočným roštom.....	309
3.2.3.2.2.3	Dvojšachtová pec.....	309
3.2.4	Výroba tavenej magnézie.....	310
3.3	Súčasná spotreba a úrovne emisií.....	311
3.3.1	Spotreba surovín (nespracovaný magnezit) a vody.....	311
3.3.2	Spotreba energie.....	312
3.3.3	Emisie.....	313
3.3.3.1	Emisie do ovzdušia.....	313
3.3.3.2	Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu.....	314
3.3.3.3	Emisie do vody.....	315
3.3.3.4	Hluk.....	315
3.3.4	Monitorovanie.....	316
3.4	Techniky, ktoré treba zohľadniť pri určovaní BAT.....	317
3.4.1	Všeobecné aspekty spotreby surovín.....	319
3.4.2	Všeobecné aspekty vody.....	319
3.4.3	Zníženie spotreby energie (energetická účinnosť).....	319
3.4.4	Optimalizácia riadenia procesov.....	320
3.4.5	Výber paliva.....	321
3.4.6	Emisie prachových častíc (tuhé častice).....	322
3.4.6.1	Techniky pre prašné prevádzky.....	322
3.4.6.2	Zníženie emisií odvedeného prachu.....	323
3.4.6.2.1	Elektrostatické odľučovače (ESP).....	324
3.4.6.2.2	Odstredivé odľučovače/cyklóny.....	324
3.4.6.2.3	Mokrú odľučovače prachu.....	325
3.4.6.2.4	Textilné filtre.....	326
3.4.7	Plynné zlúčeniny.....	327
3.4.7.1	Zníženie emisií NO _x	327
3.4.7.2	Zníženie emisií CO.....	329
3.4.7.3	Zníženie emisií SO ₂	330
3.4.8	Všeobecné aspekty procesných strát, resp. odpad v priebehu procesu.....	331
3.4.9	Hluk.....	331
3.4.10	Nástroje environmentálneho manažmentu.....	332
3.5	Nové techniky.....	333
4	ZÁVERY O BAT.....	335
	ROZSAH PÔSOBNOSTI.....	335
	POZNÁMKA K VÝMENE INFORMÁCIÍ.....	336
	VYMEDZENIE POJMOV.....	336
	VŠEOBECNÉ ASPEKTY.....	338
4.1	Všeobecné závery o BAT.....	339
4.1.1	Systémy environmentálneho manažérstva (EMS).....	339
4.1.2	Hluk.....	340
4.2	Závery o BAT v odvetví výroby cementu.....	341
4.2.1	Všeobecné primárne techniky.....	341
4.2.2	Monitorovanie.....	341
4.2.3	Spotreba energie a výber procesov.....	342
4.2.3.1	Výber procesov.....	342
4.2.3.2	Spotreba energie.....	343
4.2.4	Použitie odpadu.....	344
4.2.4.1	Kontrola kvality odpadu.....	344
4.2.4.2	Dávkovanie odpadu do pece.....	345
4.2.4.3	Riadenie bezpečnosti pri používaní nebezpečného odpadu.....	345
4.2.5	Emisie prachu.....	346
4.2.5.1	Difúzne emisie prachu.....	346
4.2.5.2	Emisie odvedeného prachu z prašných prevádzok.....	347
4.2.5.3	Emisie prachu z procesov výpalu v peciach.....	348
4.2.5.4	Emisie prachu z procesov chladenia a mletia.....	348
4.2.6	Plynné zlúčeniny.....	349
4.2.6.1	Emisie NO _x	349
4.2.6.2	Emisie SO _x	350
4.2.6.3	Emisie CO a núdzové vypnutie z dôvodu zvýšeného množstva CO.....	351
4.2.6.3.1	Zníženie núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO.....	351

4.2.6.4	Celkový objem emisií organického uhlíka (TOC)	352
4.2.6.5	Emisie chlorovodíka (HCl) a fluorovodíka (HF)	352
4.2.7	Emisie PCDD/F	353
4.2.8	Emisie kovov	353
4.2.9	Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu	354
4.3	Závery o BAT pre odvetvie výroby vápna	355
4.3.1	Všeobecné primárne techniky	355
4.3.2	Monitorovanie	356
4.3.3	Spotreba energie	357
4.3.4	Spotreba vápenca	358
4.3.5	Výber palív	359
4.3.5.1	Používanie odpadových palív	359
4.3.5.1.1	Kontrola kvality odpadu	359
4.3.5.1.2	Dávkovanie odpadu do pece	359
4.3.5.1.3	Riadenie bezpečnosti pri používaní nebezpečného odpadu	360
4.3.6	Emisie prachu	360
4.3.6.1	Difúzne emisie prachu	360
4.3.6.2	Emisie odvedeného prachu z prašných prevádzok iné ako z procesov výpalu v peciach	361
4.3.6.3	Emisie prachu z procesov výpalu v peciach	362
4.3.7	Plynné zlúčeniny	363
4.3.7.1	Primárne techniky na zníženie emisií plyných zlúčenín	363
4.3.7.2	Emisie NO _x	363
4.3.7.3	Emisie SO _x	364
4.3.7.4	Emisie CO a núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO	365
4.3.7.4.1	Emisie CO	365
4.3.7.4.2	Zníženie núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO	366
4.3.7.5	Celkový objem emisií organického uhlíka (TOC)	366
4.3.7.6	Emisie chlorovodíka (HCl) a fluorovodíka (HF)	367
4.3.8	Emisie PCDD/F	367
4.3.9	Emisie kovov	368
4.3.10	Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu	368
4.4	Závery o BAT pre odvetvie výroby oxidu horečnatého	369
4.4.1	Monitorovanie	369
4.4.2	Spotreba energie	370
4.4.3	Emisie prachu	371
4.4.3.1	Difúzne emisie prachu	371
4.4.3.2	Emisie odvedeného prachu z prašných prevádzok iné ako z procesov výpalu v peciach	371
4.4.3.3	Emisie prachu z procesu výpalu v peciach	372
4.4.4	Plynné zlúčeniny	373
4.4.4.1	Všeobecné primárne techniky na zníženie emisií plyných zlúčenín	373
4.4.4.2	Emisie NO _x	373
4.4.4.3	Emisie CO a núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO	374
4.4.4.3.1	Emisie CO	374
4.4.4.3.2	Zníženie núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO	374
4.4.4.4	Emisie SO _x	375
4.4.5	Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu	376
4.4.6	Používanie odpadu ako palív a/alebo surovín	376
	OPIS TECHNÍK	377
4.5	Opis techník pre odvetvie výroby cementu	377
4.5.1	Emisie prachu	377
4.5.2	Emisie NO _x	378
4.5.3	Emisie SO _x	380
4.6	Opis techník pre odvetvie výroby vápna	381
4.6.1	Emisie prachu	381
4.6.2	Emisie NO _x	382
4.6.3	Emisie SO _x	382
4.7	Opis techník pre odvetvie výroby magnézie (suchým spôsobom)	383
4.7.1	Emisie prachu	383
4.7.2	Emisie SO _x	384

5 ZÁVEREČNÉ POZNÁMKY A ODPORÚČANIA PRE BUDÚCU PRÁCU 385

5.1	Odvetvie výroby cementu.....	386
5.2	Odvetvie výroby oxidu horečnatého.....	391
5.3	Konzultácie s fórom a následný postup formálneho prijatia záverov o BAT	394
6	PRÍLOHY	395
6.1	Environmentálne právne predpisy ES týkajúce sa výroby cementu a vápna v EÚ 27	395
6.2	Príloha o výrobe cementu.....	396
6.2.1	Skupiny odpadových palív CEMBUREAU v porovnaní so skupinami EWC.....	396
6.2.2	Výroba cementu – špecifické údaje o prevádzke.....	401
6.2.2.1	Príklady druhov použitých odpadov, vplyv na emisie a rozsahy koncentrácií látok v odpadových materiáloch (vstupné kritériá).....	401
6.2.2.1.1	Príklady rozsahov koncentrácií látok v odpadových materiáloch/kritériá pre vstup odpadov	408
6.2.2.2	Príklady spotreby energie	414
6.2.2.3	Príklady údajov o emisiách.....	415
6.2.3	Výroba cementu – kogenerácia/spätné získanie prebytočného tepla.....	418
6.2.3.1	Kogenerácia elektrickej energie prostredníctvom konvenčného parného cyklu – cementáreň Slite vo Švédsku	418
6.2.3.2	Kogenerácia s organickým Rankinovým cyklom (ORC) – cementáreň v Lengfurte v Nemecku.....	419
6.2.4	Výroba cementu – príklady zníženia emisií NO _x pomocou techniky s vysokou účinnosťou SNCR.....	421
6.2.4.1	Príklad techniky SNCR používanej vo Švédsku.....	421
6.2.4.2	Príklad techniky SNCR používanej v Nemecku.....	425
6.2.5	Výroba cementu – príklad zníženia emisií NO _x pomocou techniky SCR.....	426
6.2.6	Výroba cementu – usmernenie týkajúce sa kontroly núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO	431
6.2.6.1	Ciele na zníženie počtu prevádzkových prerušení – núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO	431
6.2.6.2	Stratégia rozvoja minimalizácie CO	432
6.2.6.3	Systém monitorovania CO.....	432
6.2.6.4	Opatrenia, ktoré sa majú prijať v prípade núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO	433
6.2.6.5	CO a CH ₄ v textilných filtroch	433
6.3	Príloha o výrobe vápna	434
6.3.1	Výroba vápna – rozdelenie koncentrácií kovov v spalinách z pecí na výrobu vápna v EÚ 27.....	434
6.3.2	Výroba vápna – špecifické údaje o prevádzke.....	442
6.3.2.1	Príklady vlastností surovín	442
6.3.2.2	Využitie odpadu ako paliva – príklady prípustného obsahu znečisťujúcich látok v odpadoch	442
6.3.2.3	Príklady údajov o spotrebe a emisiách.....	444
6.3.3	Výroba vápna – príklad spracovania odpadového oleja v šachtovej peci (OK)	451
6.3.4	Výroba vápna – príklad kontroly kvality odpadového paliva spaľovaného v rotačných peciach.....	453
6.3.5	Výroba vápna – príklad úpravy DeNO _x pomocou techniky SNCR v rotačných peciach s predohrievačom (PRK).....	456
	SLOVNÍK.....	459
	ODKAZY.....	467

Zoznam obrázkov

Obrázok 1.1: Výroba cementu v EÚ 27 a vo svete v rokoch 1950 až 2006	1
Obrázok 1.2: Odhadovaná zamestnanosť v odvetví výroby cementu v EÚ v rokoch 1975 až 2005	2
Obrázok 1.3 Výroba cementu vrátane vyvážaného slinku a spotreba cementu v EÚ 25	3
Obrázok 1.4: Všeobecný prehľad procesu výroby cementu	10
Obrázok 1.5: Príklad uzavretých skladovacích priestorov surovín	13
Obrázok 1.6: Ternárny diagram CaO , SiO_2 a $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ pre cementový slinok a zložky popola rôznych surovín a palív	21
Obrázok 1.7: Nebezpečný odpad – impregnované piliny	24
Obrázok 1.8: Špeciálne upravené odpadové palivo na báze odpadu, napr. papiera, plastov, textilu	24
Obrázok 1.9: Špeciálne upravený odpad z domácností používaný ako palivo v cementárenských peciach	24
Obrázok 1.10: Schematický pohľad na pec s predohrievačom/predkalcinátorom/roštovým chladičom	27
Obrázok 1.11: Príklad viackanálového horáka	28
Obrázok 1.12: Roštový predohrievač	29
Obrázok 1.13: Suspenzný predohrievač	30
Obrázok 1.14: Suspenzný predohrievač s predkalcinátorom	30
Obrázok 1.15: Teplotné profily plynu a tuhých látok v systéme cyklónového predohrievača pece	32
Obrázok 1.16: Príklad samostatnej linky/kalcinátora so spádom	33
Obrázok 1.17: Príklad bodov dávkovania odpadu do kalcinátora	33
Obrázok 1.18: Príklad planetárneho chladiča	36
Obrázok 1.19: Hmotnostná bilancia výroby 1 kg cementu suchým spôsobom	44
Obrázok 1.20: Odpady používané ako suroviny v 20 krajinách EÚ 27	46
Obrázok 1.21: Spotreba energie v odvetví výroby cementu EÚ 25 v roku 2004	48
Obrázok 1.22: Spotreba rôznych druhov nebezpečného odpadu a odpadu, ktorý nie je nebezpečný a používa sa ako palivo v cementárenských peciach v EÚ 27	52
Obrázok 1.23: Rozsahy hodnôt emisií z kontinuálnych meraní prachu v čistom plyne z 253 rotačných pecí v EÚ 27 a EÚ 23+	57
Obrázok 1.24: Hodnoty emisií prachu zo 180 jednotlivých meraní prachu v čistom plyne rotačných pecí v EÚ 27 a EÚ 23+	57
Obrázok 1.25: Emisie NO_x (vyjadrené ako NO_2) z cementárenských pecí v EÚ 27 a EÚ 23+ v roku 2004 rozdelené podľa miery substitúcie	62
Obrázok 1.26: Rozdelenie meraní do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni NO_x	62
Obrázok 1.27: Dosiahnuté rozsahy emisií NO_x použitím chladenia plameňa v niekoľkých cementárňach v EÚ 23+	64
Obrázok 1.28: Dosiahnuté hodnoty emisií NO_x z niekoľkých cementární v EÚ 23+, ktoré nepoužívajú chladenie plameňa	64
Obrázok 1.29: Emisie NO_x dosiahnuté v niekoľkých cementárňach používajúcich SNCR na zníženie emisií NO_x	65
Obrázok 1.30: Rozsahy emisií NO_x dosiahnuté v niekoľkých cementárňach bez použitia SNCR	65
Obrázok 1.31: Vývojový diagram síry v cementárenskej peci s predohrievačom/predkalcinátorom	66
Obrázok 1.32: Hodnoty meraní SO_2 v čistom plyne z cementární v krajinách EÚ 27 a EÚ-23+	68
Obrázok 1.33: Rozdelenie meraní podľa miery tepelnej substitúcie úrovni SO_2	69
Obrázok 1.34: Hodnoty koncentrácie emisií CO namerané v čistom plyne z 29 nemeckých rotačných pecí v roku 2004	71
Obrázok 1.35: Hodnoty emisií TOC z kontinuálnych meraní v čistom plyne z cementárenských pecí v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+	72
Obrázok 1.36: Rozdelenie kontinuálnych meraní do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni TOC	72
Obrázok 1.37: Hodnoty koncentrácie celkového organického uhlíka z merania v čistom plyne z 27 nemeckých rotačných pecí v roku 2004	73
Obrázok 1.38: Emisie PCDD/F v krajinách EÚ 27 a EÚ-23+ v roku 2004 rozdelené do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie	75
Obrázok 1.39: Rozdelenie jednotlivých meraní do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni PCDD/F z cementárenských pecí v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+	75
Obrázok 1.40: Emisie PCDD/F namerané v čistom plyne 39 nemeckých rotačných pecí v roku 2004	76
Obrázok 1.41: Cesta kovov v cementárenských peciach s predohrievačmi pri suchom spôsobe	77
Obrázok 1.42: Hodnoty emisií kadmia a tália z 262 jednotlivých meraní M (Cd , Tl) v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+	78
Obrázok 1.43: Rozdelenie meraní do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni M (Cd , Tl)	79

Obrázok 1.44: Hodnoty emisií z jednotlivých meraní M (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+	79
Obrázok 1.45: Rozdelenie meraní do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni M (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V).....	80
Obrázok 1.46: Hodnoty emisií ortuti z 306 jednotlivých meraní Hg v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+	82
Obrázok 1.47: Hodnoty emisií ortuti z 306 bodových meraní Hg v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+	82
Obrázok 1.48: Hodnoty emisií HCl z kontinuálneho merania HCl v čistom plyne z 98 cementárenských pecí v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+.....	84
Obrázok 1.49: Rozdelenie kontinuálnych meraní HCl do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie	84
Obrázok 1.50: Hodnoty emisií z 233 jednotlivých meraní čistého plynu z rotačných pecí v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+	85
Obrázok 1.51: Rozdelenie jednotlivých meraní HCl rozdelených do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni HCl.....	85
Obrázok 1.52: Emisie plynných anorganických zlúčenín chlóru, uvádzané ako HCl, merané v čistom plyne z 38 nemeckých rotačných pecí v roku 2004.....	86
Obrázok 1.53: Emisné hodnoty z kontinuálneho merania emisií HF v čistom plyne z rotačných pecí v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+	87
Obrázok 1.54: Rozdelenie kontinuálnych meraní emisií HF do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni HF	87
Obrázok 1.55: Hodnoty emisií z jednotlivých meraní HF v čistom plyne rotačných pecí v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+	88
Obrázok 1.56: Rozdelenie jednotlivých meraní HF do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni HF	88
Obrázok 1.57: Emisie plynných anorganických zlúčenín fluóru, uvádzané ako HF, merané v čistom plyne z 38 nemeckých rotačných pecí v roku 2004	89
Obrázok 1.58: Emisie amoniaku zo švédskej cementárne vybavenej práčkou SO _x	90
Obrázok 1.59: Koncentrácie emisií benzénu merané v 17 nemeckých rotačných peciach.....	91
Obrázok 1.60: Príklad textilného filtra a filtračného materiálu používaného v cementárni v Spojenom kráľovstve	120
Obrázok 1.61: Hybridný filter na zber prachu	124
Obrázok 1.62: Metódy vstrekovania používané na chladenie plameňa pri výrobe cementu v krajinách EÚ 23+	128
Obrázok 1.63: Vlastnosti zariadenia na chladenie plameňa v krajinách EÚ 23+	129
Obrázok 1.64: Vlastnosti cementárne používajúcej SNCR v krajinách EÚ 23+	135
Obrázok 1.65: Nosiče dusíka/NH ₂ -X činidlá používané v rámci SNCR v krajinách EÚ 23+	136
Obrázok 1.66: Príklad zariadenia SCR	141
Obrázok 1.67: Príklad individuálneho katalyzátora používaného pri technike SCR	141
Obrázok 1.68: Príklad pozície modulu používaného pri technike SCR.....	141
Obrázok 1.69: Základné prevádzkové vlastnosti mokrej práčky	147
Obrázok 1.70: Neustále zlepšovanie v modeli EMS.....	165
Obrázok 1.71: Cementárska pec s fluidným lôžkom	168
Obrázok 2.1: Výroba vápna a dolomitu v EÚ 27 v roku 2004.....	173
Obrázok 2.2: Výroba komerčného vápna podľa druhu pece v EÚ 27 v roku 2004	176
Obrázok 2.3: Výroba komerčného dolomitického vápna podľa druhu pece v EÚ 27 v roku 2004	177
Obrázok 2.4: Výroba komerčného spekaného dolomitického vápna podľa druhu pece v EÚ 27 v roku 2004	177
Obrázok 2.5: Prehľad procesu výroby vápna.....	180
Obrázok 2.6: Vývojový diagram základných kameňov výroby vápna	181
Obrázok 2.7: Prehľad procesu výroby vápna.....	182
Obrázok 2.8: Vývojový diagram materiálu pri praní vápenca a čistení prácej vody	185
Obrázok 2.9: Druhy palív používaných pri procese pálenia vápna v roku 2005 v EÚ 27	186
Obrázok 2.10: Príklad vývojového diagramu dávkovacieho systému v šachtovej peci.....	187
Obrázok 2.11: Príklad dávkovacieho systému v šachtovej peci	188
Obrázok 2.12: Množstvo vápna vyrobeného z odpadových palív v rôznych európskych krajinách.....	189
Obrázok 2.13: Rozdelenie pecí na výrobu vápna využívajúcich odpadové palivá v rôznych európskych krajinách	190
Obrázok 2.14: Pohľad spredu na viackanálový horák používaný v rotačnej peci (RK)	191
Obrázok 2.15: Inžinierstvo horákov v rotačných peciach.....	191
Obrázok 2.16: Zmena reaktivity v závislosti od teploty horenia a druhu vápenca	194
Obrázok 2.17: Morfológia mäkkého, stredne tvrdého a tvrdého páleného vápna.....	195
Obrázok 2.18: Všeobecné zásady kalcinácie vápna.....	196
Obrázok 2.19: Vývojový diagram hydrátora vápna.....	198
Obrázok 2.20: Princíp šachtovej pece s miešaným zavázaním.....	202
Obrázok 2.21: Šachtová pec s miešaným zavázaním	202

Obrázok 2.22: Princípy PFRK.....	204
Obrázok 2.23: Príklad PFRK.....	204
Obrázok 2.24: Základný princíp fungovania a prúdenie plynu v PFRK.....	204
Obrázok 2.25: Kruhovú šachtovú pec.....	207
Obrázok 2.26: Príklad kruhovej šachtovej pece používanej pri výrobe vápna.....	207
Obrázok 2.27: Prevádzkový princíp kruhových šachtových pecí (ASK).....	208
Obrázok 2.28: Šachtová pec s dvoma komorami.....	209
Obrázok 2.29: Schéma procesu kalcinácie plynovou suspenziou.....	211
Obrázok 2.30: Princíp fungovania dlhých rotačných pecí.....	212
Obrázok 2.31: Príklad dlhej rotačnej pece používanej pri výrobe vápna.....	214
Obrázok 2.32: Rotačná pec s predohrievačom alebo predohrievač rotačnej pece (PRK).....	215
Obrázok 2.33: Princíp fungovania rotačnej pece s predohrievačom (PRK).....	216
Obrázok 2.34: Príklad rotačnej pece s predohrievačom.....	216
Obrázok 2.35: Emisie prachu merané v rôznych druhoch pecí na výrobu vápna pomocou rôznych techník na znižovanie emisií prachu v EÚ 27 (jednotlivé merania, ktoré trvajú najmenej pol hodiny).....	227
Obrázok 2.36: Emisie NO _x merané v rôznych druhoch pecí na výrobu vápna v EÚ 27 (jednotlivé merania, ktoré trvajú najmenej pol hodiny).....	229
Obrázok 2.37: Emisie SO ₂ merané v rôznych druhoch pecí na výrobu vápna využívajúcich fosílnu palivá v EÚ 27 (jednotlivé merania, ktoré trvajú najmenej pol hodiny).....	231
Obrázok 2.38: Emisie SO ₂ merané v rôznych druhoch pecí na výrobu vápna využívajúcich fosílnu palivá a odpadové palivá na pálenie v peci v EÚ 27 (jednotlivé merania, ktoré trvajú najmenej pol hodiny).....	232
Obrázok 2.39: Emisie CO v rôznych druhoch pecí na vápno v EÚ 27.....	235
Obrázok 2.40: Chemické reakcie a spotreba energie v šachtovej peci s miešaným zavázaním (Boudouardova reakcia).....	237
Obrázok 2.41: Emisie TOC v rôznych druhoch pecí na výrobu vápna v EÚ 27.....	238
Obrázok 2.42: Emisie HCl v rôznych peciach na výrobu vápna v EÚ 27.....	240
Obrázok 2.43: Schematický pohľad na konvenčný elektrostatický odlučovač (ESP).....	260
Obrázok 2.44: Schéma textilného filtra s čistením pulzným prúdom.....	262
Obrázok 2.45: Schematický pohľad na príklad viacstupňovej mokrej práčky odpadových plynov.....	265
Obrázok 2.46: Náklady na investície v závislosti od kapacity pece pre ESP a textilné filtre – EÚ 27.....	268
Obrázok 2.47: Simulácia nákladov na odprášenie ako funkcia limitov emisií prachu pre rotačnú pec (RK) s ESP – EÚ 27.....	268
Obrázok 2.48: Simulácia nákladov na údržbu pri odprášení ako funkcia limitov emisií prachu pre PFRK a textilné filtre – EÚ 27.....	269
Obrázok 2.49: Simulácia nákladov na údržbu pri odprášení ako funkcia rozsahu emisií prachu pre PFRK a textilné filtre v Taliansku v roku 2007.....	269
Obrázok 2.50: Zníženie emisií NO _x v závislosti od teploty.....	276
Obrázok 2.51: Vývojový diagram emisií PCDD/F vo zvislých peciach na výrobu vápna.....	283
Obrázok 2.52: Vývojový diagram emisií PCDD/F v rotačných peciach (LRK, RPK).....	284
Obrázok 2.53: Pec s fluidným lôžkom.....	290
Obrázok 2.54: Príklad vývojového diagramu techniky dopaľovania.....	291
Obrázok 3.1: Svetové zdroje oxidu horečnatého a krajiny, ktoré ho vyrábajú.....	294
Obrázok 3.2: Výroba surového magnézitu v EÚ 25 a vo svete.....	294
Obrázok 3.3: Celosvetová výroba úprav oxidu horečnatého v roku 2003.....	296
Obrázok 3.4: Spotreba magnézie v jednotlivých odvetviach na svete v roku 2003.....	299
Obrázok 3.5: Celosvetový dopyt po magnézii na výrobu žiaruvzdorných materiálov používaných v oceliarskom priemysle.....	300
Obrázok 3.6: Schéma procesu výroby magnézie prirodzenou cestou.....	303
Obrázok 3.7: Príklad procesného diagramu výroby magnézie suchým spôsobom zo zariadenia DBM.....	305
Obrázok 3.8: Cesta hrubého a jemného magnézitu na výrobu magnézie.....	306
Obrázok 3.9: Princíp fungovania rotačných pecí s predohrievačom používaných pri výrobe magnézie.....	307
Obrázok 3.10: Princíp fungovania dlhých rotačných pecí používaných pri výrobe magnézie.....	308
Obrázok 3.11: Princíp fungovania šachtových pecí používaných pri výrobe magnézie.....	309
Obrázok 3.12: Princíp fungovania šachtových pecí s dvomi komorami používaných pri výrobe magnézie.....	310
Obrázok 3.13: Porovnanie palív z hľadiska špecifických nákladov a obsahu síry.....	322
Obrázok 6.1: Vývojový diagram dvojstupňového systému na rekuperáciu tepla na báze vody na kogeneráciu energie v cementárni Slite vo Švédsku.....	418
Obrázok 6.2: Vývojový diagram systému na rekuperáciu odpadového tepla na báze pentánu na kogeneráciu energie v zariadení Lengenfurt v Nemecku.....	420
Obrázok 6.3: Vývojový diagram procesu výroby cementu v Slite (Švédsko).....	421
Obrázok 6.4: Vývojový diagram vstrekovania roztoku NH ₃ pre SNCR v cementárni Slite vo Švédsku.....	422

Obrázok 6.5: Vývojový diagram a plán rozmiestnenia dýz na vstrekovanie roztoku NH_3 pre SNCR v cementárni Skövde vo Švédsku.....	422
Obrázok 6.6: Emisie NO_x a spotreba amoniakovej vody v cementárňach v Slite a Skövde vo Švédsku od roku 1995 do roku 2005.....	422
Obrázok 6.7: Emisie NH_3 a spotreba amoniakovej vody v dvoch cementárenských peciach v cementárni Slite vo Švédsku od roku 1994 do roku 2005	424
Obrázok 6.8: Vysokoučinný systém SNCR a miesto na vstrekovanie amoniakovej vody cez vstrekovacie tyče na pozíciách od č. 21 do č 26.....	425
Obrázok 6.9: Vývojový diagram vzorovej prevádzky SCR v Nemecku (Solnhofen Portland-Zementwerke). ..	427
Obrázok 6.10: Rozdelenie koncentrácií arzénu v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27	434
Obrázok 6.11: Rozdelenie koncentrácií kadmia v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27	435
Obrázok 6.12: Rozdelenie koncentrácií kobaltu v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27	435
Obrázok 6.13: Rozdelenie koncentrácií chrómu v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27	436
Obrázok 6.14: Rozdelenie koncentrácií medi v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27	436
Obrázok 6.15: Rozdelenie koncentrácií ortuti v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27	437
Obrázok 6.16: Rozdelenie koncentrácií mangánu v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27.....	437
Obrázok 6.17: Rozdelenie koncentrácií niklu v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27.....	438
Obrázok 6.18: Rozdelenie koncentrácií olova v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27	438
Obrázok 6.19: Rozdelenie koncentrácií antimónu v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27	439
Obrázok 6.20: Rozdelenie koncentrácií selénu v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27	439
Obrázok 6.21: Rozdelenie koncentrácií cínu v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27	440
Obrázok 6.22: Rozdelenie koncentrácií telúru v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27.....	440
Obrázok 6.23: Rozdelenie koncentrácií tália v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27	441
Obrázok 6.24: Rozdelenie koncentrácií vanádu v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27.....	441
Obrázok 6.25: Rozdelenie koncentrácií zinku v spaliniach pecí na výrobu vápna v EÚ 27	442
Obrázok 6.26: Vývojový diagram cirkulácie odpadového oleja – od dodávky do šachtovej pece (OK)	452
Obrázok 6.27: Čerpacia stanica č. 2 s filtrom a odpadovou nádobou na čistenie filtra.....	452
Obrázok 6.28: Meracia a dávkovacia stanica s pneumatickými ventilmi	452
Obrázok 6.29: Umiestnenie miest vstrekovania a spojovacích bodov pre SNCR vo vápenke Flandersbach v Nemecku	457

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1.1: Svetová výroba cementu podľa geografických regiónov v roku 2006.....	2
Tabuľka 1.2: Počet cementární v EÚ 27	4
Tabuľka 1.3: Domáce dodávky podľa druhu cementu v EÚ 25	4
Tabuľka 1.4: Európska norma v EÚ 27 pre druhy cementu a ich zloženie	5
Tabuľka 1.5: Chemické zloženie sivého cementu	7
Tabuľka 1.6: Príklady chemického zloženia bieleho cementového slínku	7
Tabuľka 1.7: Spotreba paliva vyjadrená ako percento výroby tepla v odvetví výroby cementu v EÚ 27...	8
Tabuľka 1.8: Chemické analýzy surovín a cementovej surovinovej múčky na výrobu cementového slínku.....	11
Tabuľka 1.9: Kovy v surovinách a surovinovej múčke.....	12
Tabuľka 1.10: Príklady chemického zloženia surovín na výrobu bieleho cementového slínku	12
Tabuľka 1.11: Chemické analýzy kovov v uhlí	15
Tabuľka 1.12: Druhy odpadu, ktoré sa často používajú ako suroviny v európskom odvetví výroby cementu.....	20
Tabuľka 1.13: Zoznam príkladov odpadu používaného ako suroviny a klasifikovaného podľa chemického zloženia a používaného v cementárenských peciach v EÚ 25	20
Tabuľka 1.14: Rôzne druhy odpadu používaného ako palivo v cementárenských peciach v EÚ 27 v rokoch 2003 a 2004.	22
Tabuľka 1.15: Spotreba surovín pri výrobe cementu	45
Tabuľka 1.16: Odpady používané ako suroviny charakterizované chemickými prvkami používanými pri výrobe cementu v EÚ 27 v rokoch 2003 a 2004.....	46
Tabuľka 1.17: Príklady tepelnej energie potrebnej na sušenie surovinovej múčky	47
Tabuľka 1.18: Spotreba energie pri výrobe cementu v EÚ 27	47
Tabuľka 1.19: Porovnanie techník mletia na základe kľúčových vlastností	49
Tabuľka 1.20: Príklady výhrevnosti rôznych druhov odpadu používaného ako palivo v EÚ 27	50
Tabuľka 1.21: Spotreba rôznych druhov odpadu používaného ako palivo v cementárenských peciach EÚ 27 v roku 2003 a 2004	51
Tabuľka 1.22: Nahradenie odpadových palív pri výrobe cementu v krajinách EÚ 23+	53
Tabuľka 1.23: Údaje o rozsahu emisií z európskych cementárenských pecí	55
Tabuľka 1.24: Príklad druhov systémov používaných na zachytávanie prachu, prevádzkové údaje a dopyt po energii	58
Tabuľka 1.25: Príklady frekvencií núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO v nemeckej cementárii.....	58
Tabuľka 1.26: Výskum rozdelenia jemného prachu v celkovom prachu z nemeckých cementárenských pecí	59
Tabuľka 1.27: Príklady koncentrácie prachu v surovom plyne podľa modelu RAINS.....	59
Tabuľka 1.28: Príklady techník zníženia prachu spolu s účinnosťou zníženia podľa modelu RAINS	60
Tabuľka 1.29: Rozsahy koncentrácií ťažkých kovov v čistom plyne zo systémov cementárenských pecí – merania v rokoch 1996 až 1998	80
Tabuľka 1.30: Informácie o jednotlivých technikách.....	97
Tabuľka 1.31: Prehľad techník kontroly prachu v procese výroby cementu.....	117
Tabuľka 1.32: Kľúčové vlastnosti rôznych filtračných médií a rozpisy nákladov	121
Tabuľka 1.33: Techniky znižovania emisií NO _x používané v cementárenskom priemysle v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+.....	126
Tabuľka 1.34: Techniky na zníženie emisií NO _x vznikajúcich v procesoch výroby cementu	127
Tabuľka 1.35: Parametre, emisie a nahlásené náklady na SCR	142
Tabuľka 1.36: Prehľad techník kontroly a znižovania emisií SO ₂	144
Tabuľka 1.37: Techniky zníženia emisií SO ₂ používané v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+ v roku 2008 .	144
Tabuľka 1.38: Príklad primárnych techník na predchádzanie núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO z ESP	151
Tabuľka 1.39: Príklady údajov o nákladoch na techniky znižovania emisií prachu	157
Tabuľka 1.40: Príklady nákladov na techniky znižovania emisií NO _x	159
Tabuľka 1.41: Príklad nákladov na techniky znižovania emisií SO _x	161
Tabuľka 2.1: Vápno, univerzálny materiál – niektoré priemyselné aplikácie	171
Tabuľka 2.2: Najlepší odhad svetovej výroby nehaseného vápna a dolomitu v roku 2006 vrátane výroby vápna na vlastnú spotrebu	172
Tabuľka 2.3: Rozdelenie komerčného vápna podľa odvetví v EÚ 27 v roku 2004.....	173
Tabuľka 2.4: Vývoj spotreby surovín vápenca a dolomitu v období 2003 – 2030.....	174
Tabuľka 2.5: Nomenklatúra vápna, čísla EC a CAS.....	175
Tabuľka 2.6: Počet komerčných vápeniek v členských štátoch EÚ 27 s výrobou presahujúcou 50 t/d – spolu od roku 2003	175
Tabuľka 2.7: Počet prevádzkovaných pecí na výrobu vápna podľa druhu pece v roku 2004 v EÚ 27 ...	176

Tabuľka 2.8: Počet pecí na výrobu vápna a dolomitu v jednotlivých krajinách EÚ 27 v roku 2003, bez vlastných pecí.....	178
Tabuľka 2.9: Rozdelenie palív používaných na pálenie vápna v EÚ 27 v roku 2003	178
Tabuľka 2.10: Typické nečistoty a stopové prvky vo vápenci.....	183
Tabuľka 2.11: Druhy palív používaných v rôznych peciach na výrobu vápna v roku 2003 v EÚ 27	186
Tabuľka 2.12: Druhy odpadových palív používaných v rôznych európskych krajinách	191
Tabuľka 2.13: Zložky kvapalných a tuhých odpadových palív	191
Tabuľka 2.14: Odpadové palivá používané v rôznych druhoch pecí.....	192
Tabuľka 2.15: Operačné parametre pre druhy pecí na výrobu vápna	200
Tabuľka 2.16: Vzťah medzi pecami a druhmi vápna, ktoré sa v nich zvyčajne vyrábajú	200
Tabuľka 2.17: Orientačné špecifikácie vápna podľa skupín spotrebiteľov.....	201
Tabuľka 2.18: Hlavné technické vlastnosti šachtových pecí s miešaným zavázaním	203
Tabuľka 2.19: Technické vlastnosti rekuperačných pecí s paralelným tokom	206
Tabuľka 2.20: Technické vlastnosti kruhových šachtových pecí	208
Tabuľka 2.21: Technické vlastnosti dlhých rotačných pecí (LRK)	213
Tabuľka 2.22: Technické vlastnosti rotačných pecí s predohrievačom (PRK)	217
Tabuľka 2.23: Typická spotreba tepla a elektrickej energie v EÚ 27 podľa druhov pecí na výrobu vápna a dolomitu .	223
Tabuľka 2.24: Príklady typických emisií z pecí na výrobu vápna v Európe.....	226
Tabuľka 2.25: Emisné faktory CO ₂ z rôznych druhov pecí v odvetví výroby vápna	234
Tabuľka 2.26: Priemerné emisie PCDD/F za rôzne druhy pecí v EÚ 27.....	239
Tabuľka 2.27: Typické emisie HCl a HF z rôznych druhov pecí na výrobu vápna v EÚ 27.....	239
Tabuľka 2.28: Počet prevádzok dosahujúcich rôzne emisie kovov v EÚ 27.....	242
Tabuľka 2.29: Typické výsledky analýzy kvality odpadového oleja používaného v nemeckých šachtových peciach	243
Tabuľka 2.30: Individuálne merania emisií z nemeckej šachtovej pece využívajúcej odpadový olej	243
Tabuľka 2.31: Kontinuálne merania emisií vykonané v roku 2006 v nemeckej rotačnej peci využívajúcej tuhé palivá.....	245
Tabuľka 2.32: Pravidelné individuálne merania emisií vykonané v roku 2006 v nemeckej rotačnej peci používajúcej tuhé palivá.....	245
Tabuľka 2.33: Informácie o jednotlivých technikách	249
Tabuľka 2.34: Možnosti zlepšenia účinnosti energie pecí na výrobu vápna.....	252
Tabuľka 2.35: Prehľad technik kontroly prachu v procese výroby vápna	259
Tabuľka 2.36: Investície a náklady na techniky znižovania emisií prachu.....	270
Tabuľka 2.37: Podiel rôznych druhov nákladov zahrnutých do prevádzkových nákladov na techniky znižovania emisií	271
Tabuľka 2.38: Prehľad technik znižovania emisií NO _x v odvetví výroby vápna.....	272
Tabuľka 2.39: Teoretické prevádzkové údaje pre proces SNCR.....	276
Tabuľka 2.40: Teoretické teplotné rozsahy a miery znižovania emisií potrebné pre proces SCR.....	278
Tabuľka 2.41: Zloženie plynu monitorované počas niekoľkých hodín	292
Tabuľka 3.1: Celosvetová výroba surového magnézitu (uhlčitanu horečnatého) v rokoch 2000 až 2005	295
Tabuľka 3.2: Celosvetová výroba spekaného oxidu horečnatého/magnézie v roku 2003	296
Tabuľka 3.3: Výrobcovia spekaného magnézie v EÚ 27.....	297
Tabuľka 3.4: Výroba magnézitu a magnézie suchým spôsobom v EÚ 25 v roku 2003	297
Tabuľka 3.5: Množstvo magnézie a oxidu uhličitého po rozklade	311
Tabuľka 3.6: Výťažok magnézie a oxidu uhličitého v magnézite	312
Tabuľka 3.7: Požiadavky na palivo na výrobu jednej tony magnézie (MgO)	312
Tabuľka 3.8: Príklady vzťahu medzi zrnitosťou a obsahom síry v surovinách.....	313
Tabuľka 3.9: Koncentrácie emisných zložiek pochádzajúcich z odvetvia výroby oxidu horečnatého v EÚ 27....	314
Tabuľka 3.10: Informácie o jednotlivých technikách	317
Tabuľka 4.1: Úrovně spotreby energie súvisiace s BAT pre nové prevádzky a veľké modernizácie používajúce pece so suchým spôsobom s viacstupňovým predohrevom a predkalcináciou	342
Tabuľka 4.2: Úrovně emisií súvisiace s BAT pre NO _x zo spalín výpalu v peciach a/alebo procesov predohrievania/predkalcinácie v odvetví výroby cementu	349
Tabuľka 4.3: Úrovně emisií súvisiace s BAT pre únik NH ₃ v spalínach pri použití SNCR	350
Tabuľka 4.4: Úrovně emisií SO _x súvisiace s BAT zo spalín výpalu v peciach a/alebo procesov predohrievania/predkalcinácie v odvetví výroby cementu	351
Tabuľka 4.5: Úrovně emisií súvisiace s BAT pre kovy zo spalín procesov výpalu v peciach.....	353
Tabuľka 4.6: Úrovně spotreby tepelnej energie súvisiace s BAT v odvetví výroby vápna a dolomitu.....	358
Tabuľka 4.7: Úrovně emisií súvisiace s BAT pre emisie odvedeného prachu z prašných prevádzok, iné ako tie z procesov výpalu v peciach	361

Tabuľka 4.8: Úrovně emisií súvisiace s BAT pre emisie prachových častíc zo spalín procesov výpalu v peciach	362
Tabuľka 4.9: Úrovně emisií súvisiace s BAT pre NO _x zo spalín procesov výpalu v peciach v odvetví výroby vápna	364
Tabuľka 4.10: Úrovně emisií súvisiace s BAT pre SO _x zo spalín procesov výpalu v peciach v odvetví výroby vápna	365
Tabuľka 4.11: Úrovně emisií súvisiace s BAT pre CO zo spalín procesov výpalu v peciach	365
Tabuľka 4.12: Úrovně emisií súvisiace s BAT pre TOC zo spalín procesov výpalu v peciach	367
Tabuľka 4.13: Úrovně emisií súvisiace s BAT pre emisie HCl a HF zo spalín procesov výpalu v peciach pri použití odpadov	367
Tabuľka 4.14: Úrovně emisií súvisiace s BAT pre kovy zo spalín procesov výpalu v peciach pri použití odpadov	368
Tabuľka 4.15: Úrovně emisií SO _x súvisiace s BAT zo spalín procesov výpalu v peciach v odvetví výroby magnézie	375
Tabuľka 6.1: Skupiny odpadových palív CEMBUREAU v porovnaní so skupinami EWC	396
Tabuľka 6.2: Druhy a množstvá odpadu a odpadových palív použitých v nemeckých cementárenských peciach v roku 2004	401
Tabuľka 6.3: Množstvo rôznych druhov odpadových palív používaných v nemeckom odvetví výroby cementu... ..	401
Tabuľka 6.4: Príklady akceptovaných hodnôt rôznych parametrov na využitie priemyselného odpadu a rozpúšťadiel	402
Tabuľka 6.5: Údaje o prevádzke nemeckej cementárskej pece využívajúcej odpadové palivá (priemer údajov za obdobie troch dní)	403
Tabuľka 6.6: Výsledky monitorovania emisií pri používaní odpadových palív v nemeckej cementárskej peci.....	404
Tabuľka 6.7: Karta údajov o kvalite odpadového paliva z Estónska.....	405
Tabuľka 6.8: Analýza vlastností z estónskej cementárne	406
Tabuľka 6.9: Požiadavky na kvalitu odpadu z estónskej cementárne	407
Tabuľka 6.10: Spotreba odpadových palív používaných v estónskej cementárni	407
Tabuľka 6.11: Limitné hodnoty v rôznych povoleniach a nariadeniach v Rakúsku, Švajčiarsku a Nemecku pre použité odpady.....	408
Tabuľka 6.12: Príklady limitných hodnôt pre odpadové palivá pre rôzne krajiny/regióny na základe individuálnych povolení	409
Tabuľka 6.13: Príklady limitných hodnôt pre odpady, ktoré sa majú použiť ako suroviny v rôznych krajinách/regiónoch	410
Tabuľka 6.14: Príklady typických rozsahov koncentrácie kovov z odpadových palív	410
Tabuľka 6.15: Príklady vstupných kritérií na použitie vhodného odpadu v nemeckých cementárenských peciach	411
Tabuľka 6.16: Príklady kritérií povolenia (maximálne hodnoty) pre látky v odpadoch používaných v rakúskych cementárňach.....	411
Tabuľka 6.17: Príklady kritérií povolenia (mediánové a 80-percentilové hodnoty) pre látky v použitom odpade v rakúskych cementárňach	412
Tabuľka 6.18: Príklady vstupných kritérií pre látky vhodné pre odpadové palivá používané v cementárňach s francúzskymi povoleniami	413
Tabuľka 6.19: Príklady vstupných kritérií pre látky vhodné pre odpadové palivá používané v cementárňach v Španielsku a Poľsku.....	413
Tabuľka 6.20: Špecifikácie vstupných kritérií pre príklad odpadu	414
Tabuľka 6.21: Spotreba paliva v rakúskom odvetví výroby cementu	414
Tabuľka 6.22: Príklady porovnania rôznych údajov o emisiách z estónskej cementárne v roku 2006 s údajmi o povolených emisiách	415
Tabuľka 6.23: Príklady meraní jemných prachových častíc PM ₁₀ a PM _{2,5} z cementárni v Írsku.	416
Tabuľka 6.24: Množstvo znečisťujúcich látok v odpadoch z estónskej cementárne.....	417
Tabuľka 6.25: Základné predpoklady z prevádzky SCR v Nemecku	429
Tabuľka 6.26: Porovnanie nákladov na techniky SNCR znižovania emisií NO _x v porovnaní s SCR z nemeckej UBA pre nemeckú prevádzku.....	429
Tabuľka 6.27: Výpočet nákladov na zníženie emisií NO _x pomocou SCR pre nemeckú cementáreň s kapacitou 1 500 t/d.....	430
Tabuľka 6.28: Príklad primárnych techník na predchádzanie núdzovým vypnutiam z dôvodu zvýšeného množstva CO z ESP	433
Tabuľka 6.29: Príklad zloženia surovín používaných v maďarskej vápenke	442
Tabuľka 6.30: Typický obsah znečisťujúcich látok akceptovaný pre odpadové olejové rozpúšťadlá, živočíšny tuk a živočíšnu múčku (múčka z jatočných tiel) používané v nemeckých vápenkách	443
Tabuľka 6.31: Príklady kritérií povolenia (mediánové a maximálne hodnoty) pre látky rôznych odpadových palív používaných v nemeckých vápenkách	444
Tabuľka 6.32: Údaje o prevádzke a špecifický dopyt po energii rakúskych pecí na výrobu vápna v roku 2004.....	444
Tabuľka 6.33: Spotreba energie v rôznych druhoch pecí na výrobu vápna v Španielsku	445
Tabuľka 6.34: Typické príklady emisií z pecí na výrobu vápna v Nemecku	446

Tabuľka 6.35: Príklady emisií NO _x pozorovaných v členských štátoch EÚ.....	447
Tabuľka 6.36: Emisie z rakúskych pecí na výrobu vápna	448
Tabuľka 6.37: Emisie prachu, NO _x , SO _x , CO a CO ₂ z niekoľkých fínskych vápeniek používajúcich rôzne druhy pecí na výrobu vápna v rokoch 1998 až 2006.....	449
Tabuľka 6.38: Emisie kovov z fínskej vápenky.....	451
Tabuľka 6.39: Zoznam odpadov, ktoré možno použiť v týchto nemeckých peciach na výrobu vápna.....	453
Tabuľka 6.40: Mediánové a maximálne koncentrácie kovov pre každý druh odpadového paliva	454
Tabuľka 6.41: Minimálne a maximálne hodnoty výhrevnosti pre každý druh odpadového paliva	454
Tabuľka 6.42: Príklady techník na zabezpečenie kvality odpadov	455

ROZSAH PÔSOBNOSTI

Tento BREF týkajúci sa výroby cementu, vápna a oxidu horečnatého sa vzťahuje na tieto činnosti v rozsahu pôsobnosti prílohy I k smernici 2010/75/EÚ:

- 3.1. výroba cementu, vápna a magnezitu:
 - (a) výroba cementového slinku v rotačných peciach s výrobnou kapacitou presahujúcou 500 ton za deň alebo iných peciach s výrobnou kapacitou presahujúcou 50 ton za deň,
 - (b) výroba vápna v peciach s výrobnou kapacitou presahujúcou 50 ton za deň,
 - (c) výroba oxidu horečnatého v peciach s výrobnou kapacitou presahujúcou 50 ton za deň.

Pokiaľ ide o bod 3.1 písm. c), tento dokument BREF sa zaoberá len výrobou oxidu horečnatého (MgO) suchým spôsobom z vytŕaženého magnezitu (uhličitan horečnatý – MgCO_3).

Tento dokument sa vzťahuje najmä na tieto procesy a činnosti:

- výroba cementu, vápna a oxidu horečnatého (suchým spôsobom),
- suroviny – uskladnenie a príprava,
- palivá – uskladnenie a príprava,
- využitie odpadu ako suroviny a/alebo paliva – požiadavky na kvalitu, kontrola a príprava,
- výrobky – uskladnenie a príprava,
- balenie a expedícia.

Nasledujúce činnosti nepatria do rozsahu pôsobnosti tohto dokumentu BREF:

- výroba oxidu horečnatého mokrým spôsobom, pri ktorom sa ako vstupný materiál používa chlorid horečnatý – na tento výrobný proces sa zameriava referenčný dokument o najlepších dostupných technikách výroby veľkoobjemových anorganických chemických látok – pevných a iných látok (LVIC-S),
- výroba vápna dolomitického vápna s ultranízokým obsahom uhlíka (t. j. zmes oxidov vápnika a horčíka vyprodukovaná pri takmer úplnej dekarbonácii dolomitu ($\text{CaCO}_3\cdot\text{MgCO}_3$). Zvyškový obsah CO_2 v danom produkte je nižší ako 0,25 % a objemová hustota je výrazne $< 3,05 \text{ g/cm}^3$),
- šachtové pece na výrobu cementového slinku,
- činnosti, ktoré priamo nesúvisia s primárnou činnosťou, napr. ťažbu v lomoch.

Ďalšie referenčné dokumenty, ktoré sú relevantné pre odvetvia, na ktoré sa vzťahuje tento dokument, sú tieto:

Referenčné dokumenty	Činnosť
Emisie vznikajúce pri skladovaní (EFS)	Skladovanie surovín a výrobkov a manipulácia s nimi
Všeobecné zásady monitorovania (MON)	Monitorovanie emisií a spotreby
Spracovanie odpadu (WT)	Nakladanie s odpadom
Energetická účinnosť (ENE)	Energetická účinnosť všeobecne
Hospodárske vplyvy a dosah na viaceré zložky životného prostredia (Economic and Cross-media Effects, ECM)	Hospodárske vplyvy a dosah na viaceré zložky životného prostredia

Do rozsahu pôsobnosti dokumentu BREF **nepatria** záležitosti, ktoré sa týkajú len bezpečnosti na pracovisku alebo bezpečnosti výrobkov, pretože na tieto záležitosti sa smernica nevzťahuje. Diskutuje sa o nich len vtedy, ak sa týkajú záležitostí, ktoré patria do rozsahu pôsobnosti tejto smernice.

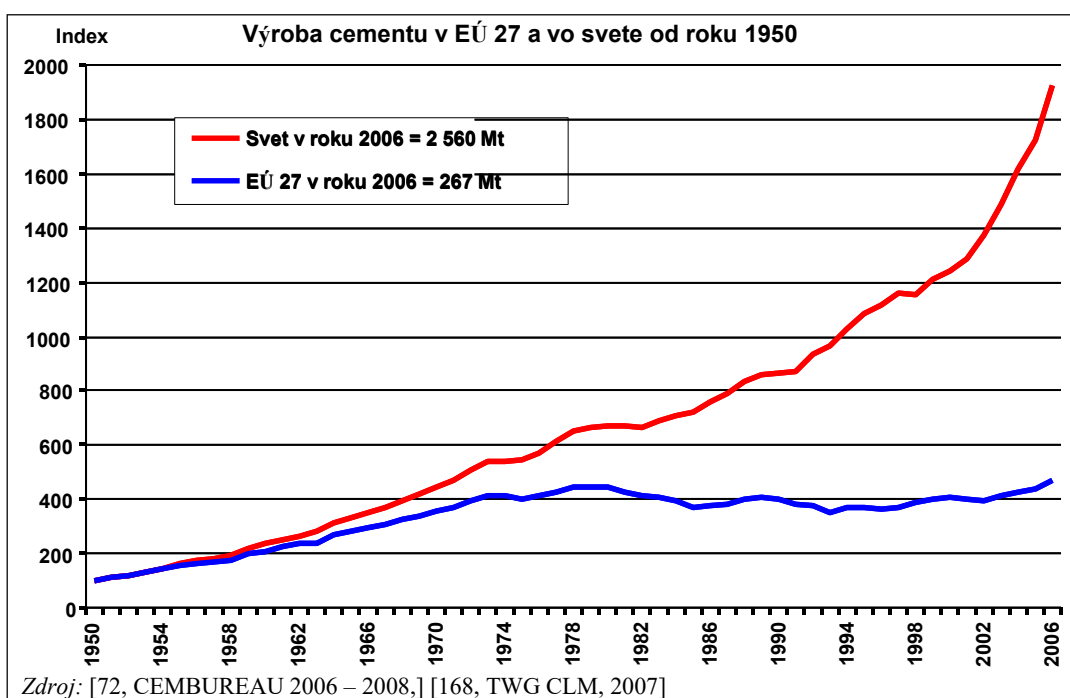
1 ODVETVIE VÝROBY CEMENTU

1.1 Všeobecné informácie o odvetví výroby cementu

Cement je jemne mletý nekovový anorganický prášok, ktorý po zmiešaní s vodou vytvára pastu, ktorá tuhne a tvrdne. Toto hydraulické tvrdnutie je spôsobené predovšetkým vznikom hydrátov kremečitanu vápenatého ako výsledok reakcie medzi miešacou vodou a zložkami cementu. Hydraulické tvrdnutie hlinitanového cementu zahŕňa vznik hydrátov hlinitanu vápenatého.

Cement je základným materiálom v stavebníctve a inžinierskych stavbách. V Európe sa cement a betón (zmes cementu, kameniva, piesku a vody) používali pri veľkých stavebných prácach už v staroveku. Portlandský cement, najpoužívanější cement v betónových konštrukciách, bol patentovaný v roku 1824. Produkcia cementu priamo súvisí so stavom stavebníctva vo všeobecnosti, a preto úzko sleduje celkovú hospodársku situáciu.

Ako je znázornené na obrázku 1.1, svetová výroba cementu od roku 1950 neustále rastie, pričom v 90. rokoch 20. storočia sa na raste svetovej výroby cementu najviac podieľala zvýšená výroba v rozvojových krajinách, najmä v Ázii.



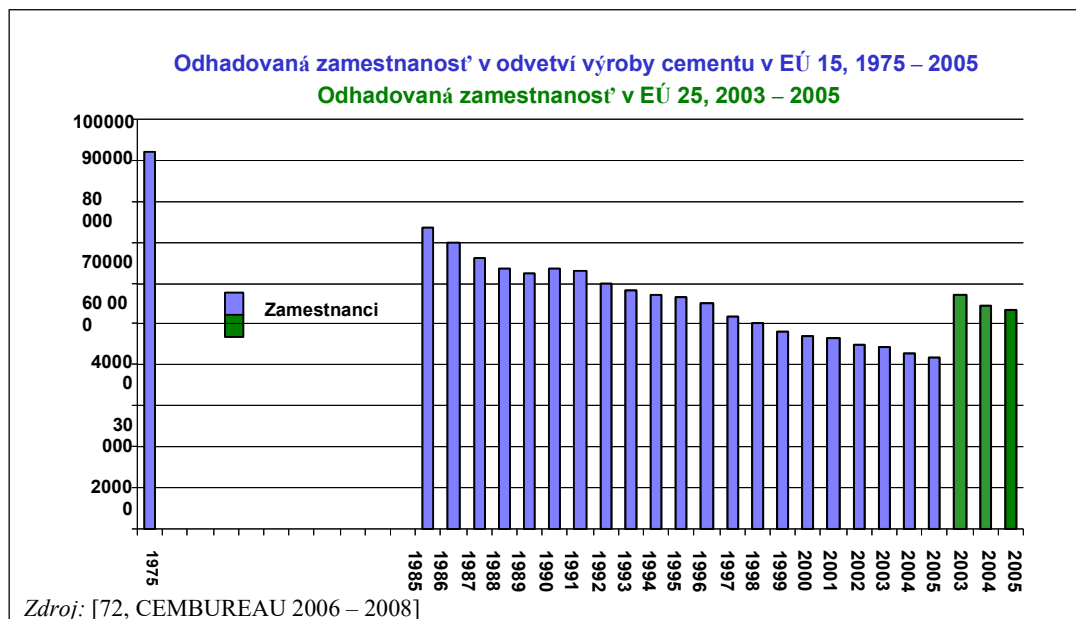
Obrázok 1.1: Výroba cementu v EÚ 27 a vo svete v rokoch 1950 až 2006

V roku 2006 predstavovala svetová výroba cementu 2 540 miliónov ton. V tabuľke 1.1 je uvedené rozdelenie výroby cementu podľa geografických regiónov.

Tabuľka 1.1: Svetová výroba cementu podľa geografických regiónov v roku 2006

Región	Jednotka	2006	Región	Jednotka	2006
Čína	%	47,4	USA	%	3,9
India	%	6,2	Ostatná Amerika	%	5,8
Japonsko	%	2,7	Afrika	%	4,0
Ostatná Ázia	%	13,2	CIS	%	3,4
EU-27	%	10,5	Oceánia	%	0,4
Ostatná Európa	%	2,5			
Zdroj: [72, CEMBUREAU 2006 – 2008]					

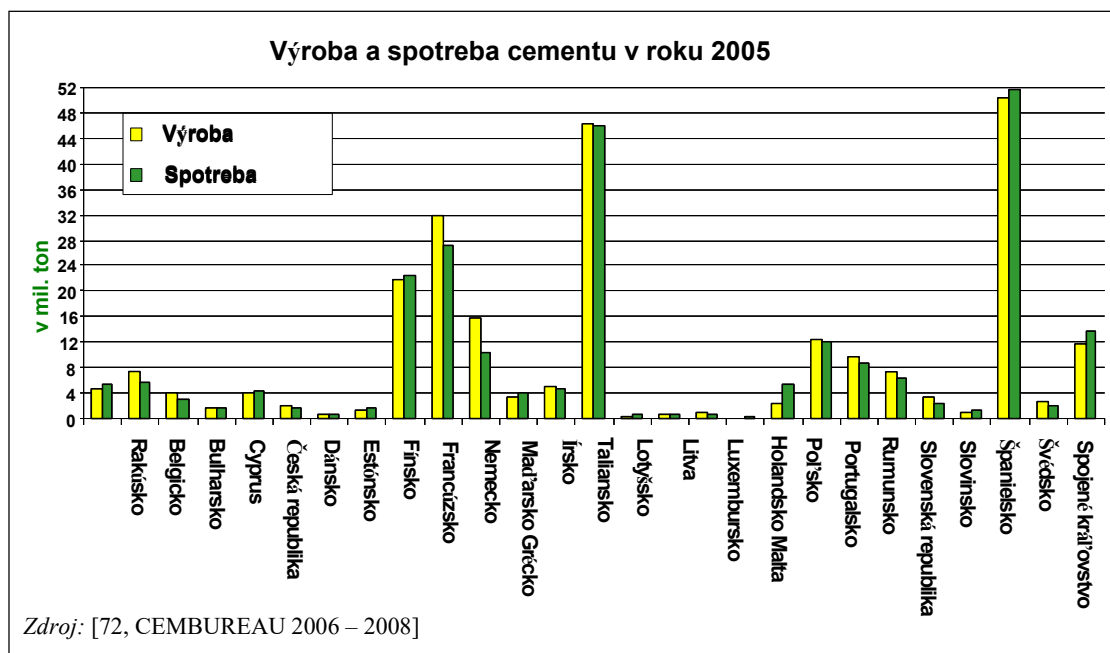
Výrobcovia v Európskej únii zvýšili produkciu cementu na osobu a rok z 1 700 ton v roku 1970 na 3 500 v roku 1991. Toto zvýšenie produktivity je výsledkom zavedenia väčších výrobných jednotiek. Tie využívajú pokročilú automatizáciu prevádzky, a preto si vyžadujú menej personálu, ale zato kvalifikovanejšieho. Počet ľudí zamestnaných v odvetví výroby cementu v Európskej únii (EÚ 27) bol v roku 2005 približne 54 000. Obrázok 1.2 zobrazuje odhadovaný počet pracovníkov v odvetví výroby cementu v EÚ v rokoch 1975 až 2005 spolu s údajmi o zamestnanosti v EÚ 25. Údaje za roky pred rokom 1991 nezahŕňajú zamestnancov z bývalého Východného Nemecka.



Obrázok 1.2: Odhadovaná zamestnanosť v odvetví výroby cementu v EÚ v rokoch 1975 až 2005

V roku 2006 predstavovala výroba cementu v EÚ 25 celkovo 267,5 milióna ton a spotreba 260,6 milióna ton. Doviezlo sa 38 miliónov ton cementu a vyviezlo 32 miliónov ton. Tieto údaje zahŕňajú obchod medzi krajinami EÚ.

Výroba a spotreba cementu v EÚ 25 v roku 2005 je znázornená na obrázku 1.3



Obrázok 1.3 Výroba cementu vrátane vyvážaného slinku a spotreba cementu v EÚ 25

Piatimi najväčšími svetovými výrobcami cementu sú Lafarge, Holcim, Cemex, Heidelberg Cement a Italcementi. Okrem výroby cementu tieto spoločnosti diverzifikovali svoju činnosť aj do niekoľkých ďalších odvetví stavebných materiálov, ako sú kamenivo, betónové výrobky, sadrokartónové dosky atď.

Výrobcovia dodávajú cement svojim zákazníkom v EÚ najmä cestnou dopravou, ale vzdialenosť, na ktorú ho možno dodať cestnou dopravou za bežných obchodných podmienok, je obmedzená vzhľadom na náklady na cestnú dopravu a relatívne nízku jednotkovú predajnú cenu cementu. Maximálna vzdialenosť, na ktorú sa cement môže ekonomicky prepravovať po ceste, je vo všeobecnosti 200 až 300 km. Ak sa však cementáreň nachádza v blízkosti vody (more, vnútrozemské vodné cesty), je bežnejšia preprava na väčšie vzdialenosti. Okrem toho ľahký prístup k železničným sieťam za určitých okolností uľahčuje prepravu na väčšie vzdialenosti. Globálny obchod existuje a v niektorých prípadoch je preprava cementu po celom svete ekonomicky výhodná. Prítomnosť cementových terminálov (napr. plávajúcich terminálov) prispela k zvýšeniu dovozu cementu na trhy EÚ z krajín mimo EÚ. Medzinárodná konkurencia predstavuje hrozbu najmä pre jednotlivé prevádzky a v rámci EÚ ovplyvňuje podmienky na miestnom trhu rastúci dovoz z východnej Európy. Odhaduje sa, že v roku 2007 sa Grécko, Taliansko, Portugalsko, Španielsko, južné Francúzsko a Spojené kráľovstvo ako celok považovali za oblasti otvorené dovozu. Tieto oblasti predstavujú 60 % objemu výroby cementu v EÚ. Zraniteľné sú aj Dánsko, Nórsko a Švédsko. V roku 2005 sa do EÚ doviezlo 15,5 milióna ton cementu z krajín bez uhlíkových obmedzení v porovnaní s 13,5 milióna ton v roku 2004.

V EÚ 27 je 268 zariadení na výrobu cementového slinku a hotového cementu. Okrem toho existujú dva slinkové závody (pece) bez mlynov a 90 mlynov (cementárne) bez pecí (cementárne bez pecí nie sú predmetom tohto dokumentu), ako je uvedené v tabuľke 1.2.

Tabuľka 1.2: Počet cementární v EÚ 27

Členský štát EÚ		Cementárne – s pecami –	Cementárne – len s cementovými mlynmi –
Belgicko ⁽¹⁾	BE	5	4
Bulharsko	BG	5	–
Česká republika	CZ	6	1
Dánsko	DK	1	–
Nemecko	DE	38	20
Estónsko	EE	1	–
Írsko	IE	4	–
Grécko	EL	8	–
Španielsko	ES	37	13
Francúzsko	FR	33	6
Taliansko	IT	59	35
Cyprus	CY	2	–
Lotyšsko	LV	1	–
Litva	LT	1	–
Luxembursko ⁽¹⁾	LU	1	1
Maďarsko	HU	4	–
Malta	MT		
Holandsko	NL	1	2
Rakúsko	AT	9	3
Poľsko	PL	11	1
Portugalsko	PT	6	2
Rumunsko	RO	8	1
Slovinsko	SI	2	–
Slovensko	SK	6	–
Fínsko	FI	2	–
Švédsko	SE	3	–
Spojené kráľovstvo	UK	14	1
Celkom		268	90
(1) Vráťane jednej prevádzky na výrobu slinku Zdroj: [72, CEMBUREAU 2006-2008,]			

V EÚ 27 je celkovo 377 pecí, ale v roku 2007 neboli všetky v prevádzke. V posledných rokoch sa typická veľkosť pece pohybuje okolo 3 000 ton slinku denne, a hoci existujú pece rôznych veľkostí a veku, len veľmi málo pecí má kapacitu menšiu ako 500 ton denne.

V roku 2007 sa približne 90 % európskej produkcie cementu vyrábalo v peciach suchým spôsobom, pričom ďalšieho 7,5 % produkcie pripadá na pece s polosuchým a polomokrým spôsobom a zvyšok európskej produkcie, približne 2,5 %, na pece s mokrým spôsobom. Výber výrobného procesu sa riadi predovšetkým povahou dostupných surovín.

V európskej norme (EN 197-1) pre bežný cement sa uvádza 27 rôznych druhov cementu v piatich skupinách. Okrem toho existuje celý rad špeciálnych cementov vyrábaných na konkrétne použitia. Európske normy pre cement vyrábaný v EÚ 27 sú uvedené v tabuľke 1.4, zatiaľ čo v tabuľke 1.3 sú uvedené percentuálne podiely jednotlivých druhov cementu dodávaného na domáce trhy v roku 2005 v EÚ 25. Typické zloženie sivého cementu je uvedené v tabuľke 1.5.

Tabuľka 1.3: Domáce dodávky podľa druhu cementu v EÚ 25

Druh cementu	Jednotka	2005
CEM II Portland – kompozit	%	58,6
CEM I Portland	%	27,4
CEM III Vysokopečná troska	%	6,4
CEM IV Puzolánový	%	6,0
CEM V Kompozitný cement a iné cementy	%	1,6
Zdroj: [72, CEMBUREAU 2006 – 2008]		

Tabuľka 1.4 Európska norma v EÚ 27 pre druhy cementu a ich zloženie

Hlavné druhy	Zápis 27 výrobkov (druhy bežného cementu)		Zloženie (hmotnostné percento ⁽¹⁾)										Menšie dodatočné zložky
			Hlavné zložky										
			Slinok	Vysokope cná troska	Kremi čitý úlet	Puzolán		Popolček		Nafton osná bridlic a	Vápenec		
						Prírodné	Prírodné kalcinova né	Kremičité	Vápenaté				
K	S	D ⁽²⁾	P	Q	V	W	T	L ⁽³⁾	LL ⁽⁴⁾				
CEM I	Portland cement	CEM I	95 – 100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0 – 5
CEM II	Portlandský – troskový cement	CEM II/A-S	80 – 95	6 – 20	–	–	–	–	–	–	–	–	0 – 5
		CEM II/B-S	65 – 79	21 – 35	–	–	–	–	–	–	–	–	0 – 5
	Portland – kremičitý úlet cement	CEM II/A-D	90 – 94	–	6 – 10	–	–	–	–	–	–	–	0 – 5
	Portlandský – puzolánový cement	CEM II/A-P	80 – 94	–	–	6 – 20	–	–	–	–	–	–	0 – 5
		CEM II/B-P	65 – 79	–	–	21 – 35	–	–	–	–	–	–	0 – 5
		CEM II/A-Q	80 – 94	–	–	–	6 – 20	–	–	–	–	–	0 – 5
		CEM II/B-Q	65 – 79	–	–	–	21 – 35	–	–	–	–	–	0 – 5
	Portlandský cement – popolčeko vý cement	CEM II/A-V	80 – 94	–	–	–		6 – 20	–	–	–	–	0 – 5
		CEM II/B-V	65 – 79	–	–	–	–	21 – 35	–	–	–	–	0 – 5
		CEM II/A-W	80 – 94	–	–	–	–	–	6 – 20	–	–	–	0 – 5
		CEM II/B-W	65 – 79	–	–	–	–	–	21 – 35	–	–	–	0 – 5
	Portland – naftonosná bridlica	CEM II/A-T	80 – 94	–	–	–	–	–	–	6 – 20	–	–	0 – 5
		CEM II/B-T	65 – 79	–	–	–	–	–	–	21 – 35	–	–	0 – 5
	Portlandský – vápencový cement	CEM II/A-L	80 – 94	–	–	–	–	–	–	–	6 – 20	–	0 – 5
		CEM II/B-L	65 – 79	–	–	–	–	–	–	–	21 – 35	–	0 – 5

Hlavné druhy	Zápis 27 výrobkov (druhy bežného cementu)		Zloženie (hmotnostné percento ⁽¹⁾)										Menšie dodatočné zložky
			Hlavné zložky										
			Slinok	Vysokopec ná troska	Kremi čitý úlet	Puzolán		Popolček		Naftono sná bridlica	Vápenec		
						Prírodné	Prírodné kalcinované	Kremičité	Vápenaté				
			K	S	D ⁽²⁾	P	Q	V	W	T	L ⁽³⁾	LL ⁽⁴⁾	
		CEM II/A-LL	80 – 94	–	–	–	–	–	–	–	6 – 20	0 – 5	
		CEM II/B-LL	65 – 79	–	–	–	–	–	–	–	21 – 35	0 – 5	
	Portlandský – kompozitný cement	CEM II/A-M	80 – 94	6 – 20									0 – 5
		CEM II/B-M	65 – 79	21 – 35									0 – 5
	CEM III	Vysoko pecný cement	CEM III/A	35 – 64	36 – 65	–	–	–	–	–	–	–	–
CEM III/B			20 – 34	66 – 80	–	–	–	–	–	–	–	–	0 – 5
CEM III/C			5 – 19	81 – 95	–	–	–	–	–	–	–	–	0 – 5
CEM IV	Puzolánový cement ⁽⁵⁾	CEM IV/A	65 – 89	–	11 – 35					–	–	–	0 – 5
		CEM IV/B	45 – 64	–	36 – 55					–	–	–	0 – 5
CEM V	Kompozitný cement ⁽⁵⁾	CEM V/A	40 – 64	18 – 30	–	18 – 30			–	–	–	–	0 – 5
		CEM V/B	20 – 38	31 – 50	–	31 – 50			–	–	–	–	0 – 5

(1) Hodnoty v tejto tabuľke odkazujú na súčet hlavných a vedľajších doplnkových zložiek.

(2) Podiel kremičitého úletu je obmedzený na 10 %.

(3) Vápenec do 0,50 % TOC

(4) Vápenec do 0,20 % TOC

(5) V portlandských kompozitných cementoch CEM II/A-M a CEM II/B-M, v puzolánových cementoch CEM IV/A a CEM IV/B a v kompozitných cementoch CEM V/A a CEM V/B sa hlavné zložky okrem slinku uvádzajú označením cementu

Zdroj: [149, CEN/EN 197-1, 2000]

Tabuľka 1.5: Chemické zloženie sivého cementu

	Názvoslovie IUPAC ⁽¹⁾	Číslo CAS	Číslo EC	Mol. vzorec Hillova metóda	Mol. hmotnosť	Typická koncentrácia (hmot. %)	Rozsah koncentrácie (hmot. %)
Informácie o zložení – hlavné zložky							
A	Kremičitan trojvápenatý	12 168-85 – 3	235-336-9	3CaO•SiO ₂	228	65	40 – 80
B	Kremičitan dvojvápenatý	10 034-77 – 2	233-107-8	2CaO•SiO ₂	172	15	10 – 50
C	Hlinitan trojvápenatý	12 042-78 – 3	234-932-6	3CaO•Al ₂ O ₃	270	10	0 – 15
D	Hlinitoželezitan štvorvápenatý	12 068-35 – 8	235-094-4	4CaO•Al ₂ O ₃ •Fe ₂ O ₃	486	10	0 – 20
Informácie o zložení – nečistoty a prídavné látky							
E ⁽²⁾	Oxid vápenatý	1 305-78-8	215-138-9	CaO		1	0 – 3
F	Oxid horečnatý	1 309-48-4	215-171-9	MgO		2	0 – 5
G	Síran draselný	10 233-01 – 9	233-558-0	K ₂ SO ₄		1	0 – 2
H	Síran sodný	7 757-82-6	231-820-9	Na ₂ SO ₄		0,5	0 – 1
Počet nešpecifikovaných nečistôt: Celková koncentrácia nešpecifikovaných nečistôt:				<1 hmot. %			
Prídavné látky				Nie je k dispozícii			
(1)Názvoslovie Medzinárodnej únie pre čistú a aplikovanú chémiu.							
(2)Oxid vápenatý sa nachádza vo voľnej forme ako „vápno“. CaO je tiež prítomný ako viazaný v štyroch hlavných fázach A-B-C-D.							
Poznámka: Cementy obsahujúce portlandský cementový slinok môžu pri reakcii s vodou uvoľňovať stopy rozpustného chrómanu. Opatrenia na predchádzanie škodlivým dermatologickým účinkom sú opísané v smernici Komisie 2005/53/ES zo 16. septembra 2005, ktorou sa mení a dopĺňa smernica Rady 91/414/EHS s cieľom zaradiť chlórtonil, chlórtoleurolón, cypmetrín, daminozid a metyl-tiofanát ako účinné látky.							
Zdroj: [103, CEMBUREAU 2006]							

Okrem sivého portlandského cementu sa vyrábajú aj iné špecifikácie cementu, napríklad biely cement. Okrem farby má tento druh cementu rovnaké vlastnosti ako sivý cement. Na výrobu bieleho cementu sa používajú len materiály, ktoré nemajú negatívne účinky na farbu tohto špeciálneho druhu cementu. V tabuľke 1.6 sú uvedené niektoré príklady parametrov zodpovedajúcich bielemu cementu na americkom a európskom trhu. Tieto parametre ovplyvňuje miestny dopyt po belosti. Okrem toho sa veľký rozdiel prejavuje v obsahu Fe₂O₃ vzhľadom na rozsah sivého cementu.

Tabuľka 1.6 Príklady chemického zloženia bieleho cementového slinku

Vlastnosti		Biely cement
Chemické zloženie (%)	SO ₂	22,5 – 23,8
	Al ₂ O ₃	2,3 – 6,2
	Fe ₂ O ₃	0,19 – 0,4
	CaO	66,3 – 68,0
	MgO	0,48 – 1,0
	SO ₃	0,65 – 2,8
	F	0,24 – 0,85
	K ₂ O	0,12 – 0,14
Strata žiháním (%)		0,50 – 1,7
Na ₂ O		0,17
Zloženie potenciálnej zlúčeniny (%)	C ₃ S (3 CaO SiO ₂)	69,89
	C ₂ S (2 CaO SiO ₂)	19
	C ₃ A (3 CaO Al ₂ O ₃)	8,08
	C ₄ AF (4 CaO Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃)	1
Jemnosť Blaine (m ² /kg)		464
Zdroj: [103, Cembureau 2006], [118, Nemecko 2007], [119, Sobolev 2001]		

Bielosť tohto typu cementu je jednou z jeho najdôležitejších vlastností. Pre belosť tohto cementu sa používajú rôzne špecifikácie podľa rôznych národných noriem [118, Nemecko 2007], [119, Sobolev 2001].

Odvetvie výroby cementu je energeticky náročné, pričom energia zvyčajne predstavuje približne 40 % prevádzkových nákladov, t. j. bez kapitálových nákladov, ale vrátane nákladov na elektrickú energiu. Tradične sa používa predovšetkým tuhé fosílné palivo – uhlie. Používa sa široká škála iných tuhých, kvapalných alebo plynových fosílnych palív, ako je ropný koks, hnedé uhlie, zemný plyn a ropa (ťažký, stredný alebo ľahký vykurovací olej). Okrem týchto tradičných druhov fosílnych palív sa v odvetví výroby cementu už viac ako 15 rokov používajú vo veľkom množstve aj odpadové palivá alebo palivá z biomasy.

Tabuľka 1.7: Spotreba paliva vyjadrená ako percento výroby tepla v odvetví výroby cementu v EÚ 27

Typ paliva	Jednotka	2006
Uhlie (fosílné)	%	18,7
Petrolkoks a uhlie (fosílné) ⁽¹⁾	%	15,9
Vykurovací olej vrátane HVFO ⁽²⁾	%	3,1
Hnedé uhlie a iné tuhé palivá (fosílné)	%	4,8
Zemný plyn (fosílly)	%	1,0
Odpadové palivo	%	17,9
Poznámka: Vylúčené: IE, CY, LT, SL NB: Odhadované: IT, PT, SE (1) vykázané členmi EÚ 23+. (2) HVFO = vysokoviskózný vykurovací olej. Zdroj: [72, CEMBUREAU 2006 – 2008,], [168, TWG CLM 2007]		

Emisie z cementární, ktoré vyvolávajú najväčšie obavy a ktoré je potrebné riešiť, sú emisie prachu, oxidov dusíka (NO_x) a oxidu siričitého (SO₂). Ďalšie emisie, ktoré treba zohľadniť, sú prchavé organické zlúčeniny (VOC), polychlórované dibenzo-p-dioxíny (PCDD) a dibenzofurány (PCDF), ako aj chlorovodík (HCl). Za osobitných okolností môže byť potrebné zvážiť aj emisie oxidov uhlíka (CO, CO₂), fluorovodíka (HF), amoniaku (NH₃), benzénu, toluénu, etylbenzénu a xylénu (BTEX), polyaromatických uhlíkovodíkov (PAH), kovov a ich zlúčenín, hluku a zápachu.

Bežné suroviny a palivá sa nahrádzajú vhodným odpadom a/alebo biomasou a používajú sa v procese výroby cementu.

Odvetvie výroby cementu je okrem toho aj kapitálovo náročným odvetvím. Náklady na novú cementáreň sa rovnajú približne trojročnému obratu, čo radí odvetvie výroby cementu medzi kapitálovo najnáročnejšie odvetvia. Ziskovosť odvetvia výroby cementu sa zvyčajne pohybuje okolo 10 % v pomere k obratu (na základe zisku pred zdanením pred splátkami úrokov).

1.2 Aplikované procesy a techniky vo výrobe cementu

Základný chemický proces výroby cementu sa začína rozkladom uhličitanu vápenatého (CaCO_3) pri teplote približne $900\text{ }^\circ\text{C}$ na oxid vápenatý (CaO , vápno) a uvoľnený plynný oxid uhličitý (CO_2); tento proces je známy ako kalcinácia. Potom nasleduje proces slinkovania, pri ktorom oxid vápenatý reaguje pri vysokej teplote (zvyčajne $1\,400 - 1\,500\text{ }^\circ\text{C}$) s oxidom kremičitým, oxidom hlinitým a oxidom železitým, až vzniknú kremičitany, hlinitany a ferity vápnika, ktoré tvoria slinok. Z tohto slinku sa potom spolu so sadrovcom a ďalšími prísadami vyrába cement.

Existujú štyri hlavné procesy výroby cementu: suchý, polosuchý, polomokrý a mokrý spôsob.

- Suchý spôsob, pri ktorom sa suroviny melú a sušia na surovinovú múčku vo forme sypkého prášku. Suchá surovinová múčka sa privádza do pece s predohrievačom alebo predkalcinárovom alebo zriedkavejšie do dlhej suchej pece.
- Polosuchý spôsob, pri ktorom sa surovinová múčka peletizuje s vodou a privádza sa do roštového predohrievača pred pecou alebo do dlhej pece vybavenej krížovými výmenníkmi.
- Polomokrý spôsob, pri ktorom sa kaša najprv odvodní vo filtračných lisoch. Výsledný filtračný koláč sa vytláča na pelety a potom sa podáva buď do roštového predohrievača, alebo priamo do sušičky filtračného koláča na výrobu surovinovej múčky.
- Mokrý spôsob, pri ktorom sa suroviny (často s vysokým obsahom vlhkosti) melú vo vode, aby sa vytvorila čerpatelná kaša. Kaša sa potom buď priamo privádza do pece, alebo najprv do sušičky kaše.

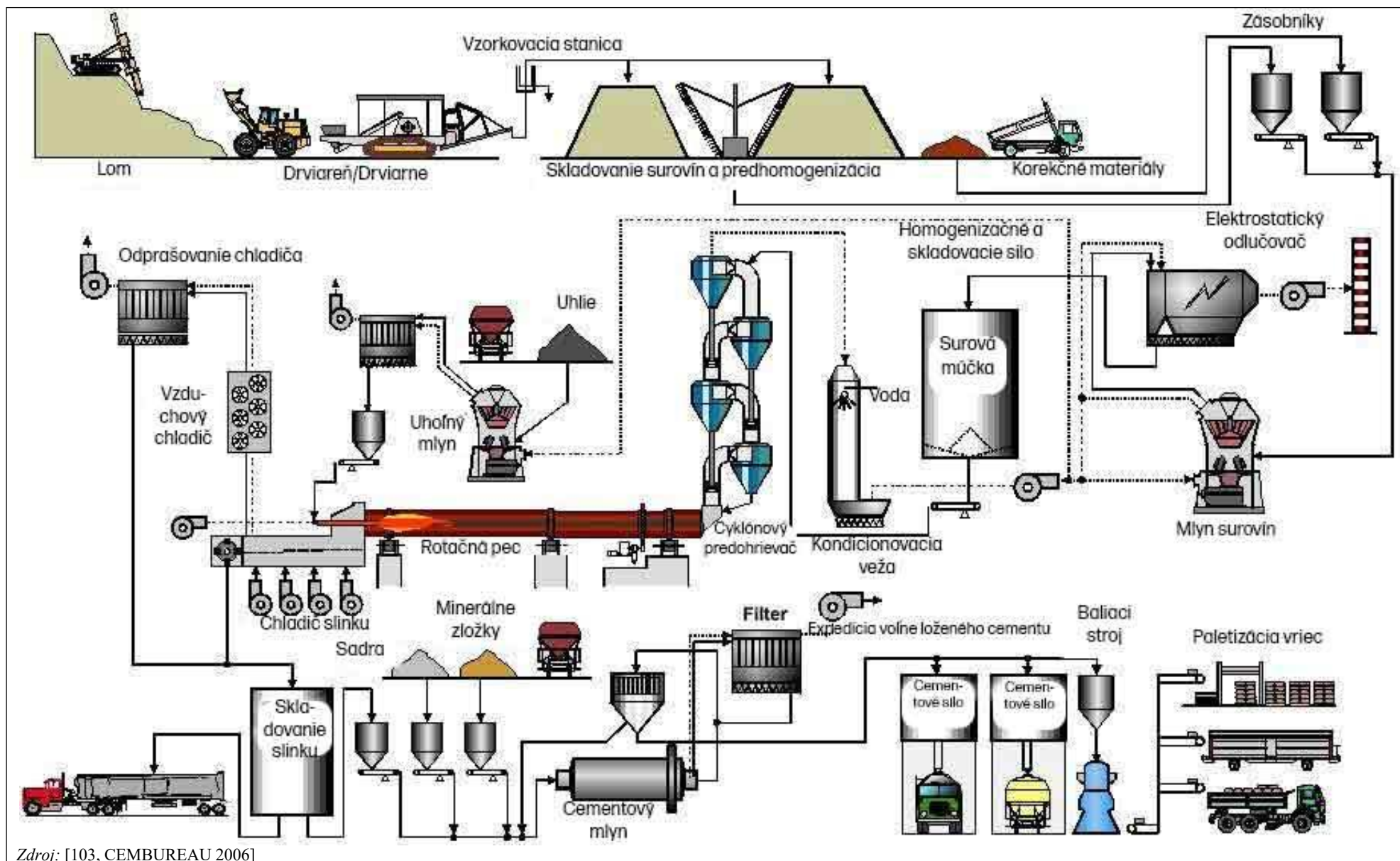
Výber spôsobu je do značnej miery podmienený stavom surovín (suché alebo mokré). Veľká časť svetovej výroby slinku je stále založená na mokrých spôsoboch. V Európe sa však viac ako 90 % výroby zakladá na suchých spôsoboch vďaka dostupnosti suchých surovín. Mokré spôsoby sú náročnejšie na energiu, a teda aj drahšie. Prevádžky, ktoré používajú polosuché spôsoby, pravdepodobne prejdú na suché techniky vždy, keď je potrebné rozšírenie alebo väčšie zlepšenie. Prevádžky, ktoré používajú mokré alebo polomokrý spôsoby, majú zvyčajne prístup len k vlhkým surovinám, ako je to v Dánsku a Belgicku a do určitej miery aj v Spojenom kráľovstve.

Všetky procesy majú spoločné tieto podprocesy:

- suroviny – uskladnenie a príprava,
- palivá – uskladnenie a príprava,
- využitie odpadu ako suroviny a/alebo paliva – požiadavky na kvalitu, kontrola a príprava,
- systémy pecí – procesy výpalu v peciach a techniky znižovania emisií,
- výrobky – uskladnenie a príprava,
- balenie a expedícia.

Proces výroby bieleho cementu je podobný výrobe sivého portlandského cementu. Proces zahŕňa výber surovín, uskladnenie a prípravu, uskladnenie a prípravu paliva, vypaľovanie slinku v systéme pecí, bielenie/chladenie a mletie za presne kontrolovaných podmienok v každej fáze procesu, aby sa zabránilo kontaminácii a nežiaducim zmenám výrobku. Hlavným technologickým rozdielom je však kombinácia chladenia a bielenia. Tieto kroky sa používajú a sú potrebné na zlepšenie belosti tohto špeciálneho typu cementu a na zabezpečenie jednotnej farby.

Typický vývojový diagram procesu z cementárne je znázornený na obrázku 1.4.



Obrázok 1.4: Všeobecný prehľad procesu výroby cementu

1.2.1 Suroviny a ich získavanie

Zdrojom uhličitanu vápenatého sú prirodzene sa vyskytujúce vápencové ložiská, ako napríklad vápenec, slieň alebo krieda. Oxid kremičitý, oxid železitý a oxid hlinitý sa nachádzajú v rôznych rudách a mineráloch, ako je piesok, bridlica, íl a železná ruda.

Získavanie takmer všetkých surovín zahŕňa ťažobné a dobývacie práce. Materiály sa najčastejšie získavajú z otvorených povrchových lomov. To zvyčajne zahŕňa vŕtanie skál, trhacie práce, výkopové práce, odvoz a drvenie. Užitočné informácie týkajúce sa ťažby v lomoch nájdete v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách pre nakladanie s hlušinou a odpadom z ťažby [47, Európska komisia 2004].

Hlavné suroviny, ako sú vápenec, krieda, slieň a bridlice alebo íl, sa ťažia v lomoch. Vo väčšine prípadov sa lom nachádza v blízkosti prevádzky. Po primárnom drvení sa suroviny prepravujú do cementárne na uskladnenie a ďalšiu úpravu. Ostatné suroviny, ako napríklad bauxit, železná ruda, vysokopecná troska alebo zlievarenský piesok, sa dovážajú z iných miest.

Suroviny musia vykazovať a spĺňať vlastnosti, chemické prvky a zložky, ktoré sú potrebné pre proces vypaľovania slinku, pretože môžu ovplyvniť výrobný proces a kvalitu slinku. V tabuľke 1.8 sú uvedené príklady rozsahov chemických analýz a vlastností surovín a cementovej surovinovej múčky na výrobu cementového slinku. Okrem hlavných zložiek obsahujú tieto suroviny aj množstvo kovov uvedených v tabuľke 1.9.

Tabuľka 1.8: Chemické analýzy surovín a cementovej surovinovej múčky na výrobu cementového slinku

Zložky	Vápenec, vápnitý slieň, krieda	Íl	Piesok	PFA ⁽¹⁾	Zdroj Fe	Surov inová múčk a
	(hmot. %)					
SiO ₂	0,5 – 50	33 – 78	80 – 99	40 – 60	0,5 – 30	12 – 16
Al ₂ O ₃	0,1 – 20	7 – 30	0,5 – 7	20 – 30	0,2 – 4	2 – 5
Fe ₂ O ₃	0,2 – 5,9	4,0 – 15	0,0 – 4	5 – 15	50 – 93	1,5 – 2,5
Mn ₂ O ₃	0,02 – 0,15	0,090	0,051	0,127	0,1 – 4	0,0 – 0,5
Fe ₂ O ₃ a Mn ₂ O ₃	0,1 – 10	2 – 15	0,5 – 2		19 – 95	X 2
CaO	20 – 55	0,2 – 25	0,1 – 3	2 – 10	0,1 – 34	40 – 45
MgO	0,2 – 6	0,3 – 5	0,3 – 0,5	1,0 – 3	0,5 – 7	0,3 – 5
K ₂ O	0 – 3,5	0,4 – 5	0,2 – 3	1 – 5	0,1 – 1	0,1 – 1,5
Na ₂ O	0,0 – 1,5	0,1 – 1,5	0,0 – 1	0,2 – 1,5	0,1 – 1	0,1 – 0,5
SO ₃ ⁽²⁾	0,0 – 0,7	0,0 – 4	0,0 – 0,5	0,0 – 1	0 – 3	0 – 1,5
Cl	0,0 – 0,6	0,0 – 1	Stopy		0,0 – 0,5	0,0 – 0,3
TiO ₂	0,0 – 0,7	0,2 – 1,8	0,0 – 0,5	0,5 – 1,5	0,0 – 3	0,0 – 0,5
P ₂ O ₅	0,0 – 0,8	0,0 – 1,0	0,0 – 0,1	0,5 – 1,5	0,0 – 1	0,0 – 0,8
ZrO ₂		0,02				
CaCO ₃	96					
Strata žíhaním (CO ₂ + H ₂ O), LOI 950 ⁽³⁾	2 – 44	1 – 20	X 5	6,74	0,1 – 30	32 – 36

(1) Popolček.
 (2) Celkový obsah síry vyjadrený ako SO₂.
 (3) LOI 950 = strata pri žíhaní.
 Zdroj: [60, VDI 2094 Nemecko 2003], [81, Castle Cement UK 2006], [90, Maďarsko 2006], [103, CEMBUREAU 2006]

Tabuľka 1.9: Kovy v surovinách a surovinovej múčke

Prvky		Íl a argilit	Vápenec, slieň a krieda	Surovinová múčka
		mg/kg DS ⁽¹⁾		
Antimón	Sb	Nie sú k dispozícii žiadne údaje	1 – 3	< 3
Arzén	As	13 – 23	0,2 – 20	1 – 20
Berýlium	Be	2 – 4	0,05 – 2	0,1 – 2,5
Olovo	Pb	10 – 40	0,3 – 21	4 – 25
Kadmium	Cd	0,02 – 0,3	0,04 – 0,7	0,04 – 1
Chróm	Cr	20 – 109	1,2 – 21	10 – 40
Kobalt	Co	10 – 20	0,5 – 5	3 – 10
Meď	Cu	Nie sú k dispozícii žiadne údaje	3 – 12	6 – 60
Mangán	Mn	Nie sú k dispozícii žiadne údaje	X 250	100 – 360
Nikel	Ni	11 – 70	1,5 – 21	10 – 35
Ortuť	Hg	0,02 – 0,15	<0,01 – 0,13	0,01 – 0,5
Selén	Se	Nie sú k dispozícii žiadne údaje	1 – 10	< 10
Telúr	Te	Nie sú k dispozícii žiadne údaje	<4	< 4
Tálium	Tl	0,7 – 1,6	0,05 – 1,6	0,11 – 3
Vanád	V	98 – 170	4 – 80	20 – 102
Cín	Sn	Nie sú k dispozícii žiadne údaje	<1 – 5	< 10
Zinok	Zn	59 – 115	10 – 40	20 – 47
(1) DS: suchá látka. Zdroj: [60, VDI 2094 Nemecko 2003]				

Odpad môže nahradiť aj bežné suroviny. Pokiaľ ide o používanie odpadu ako surovín, pozri oddiel 1.2.4.2.

Na výrobu bieleho cementu je nevyhnutná dostupnosť vysokočistých surovín, ako je čistota zdrojov Si, Ca a Al. Suroviny, napr. vysokočistý vápenec, druhy bielych ílov, kaolín, kremenný piesok, živec, diatomitická zemina, sa vyberajú s nízkym obsahom kovov, ako je železo a mangán. Oxidy kovov ovplyvňujú belosť výrobku a sú jedným z rozhodujúcich faktorov. Na výrobu vysokokvalitného bieleho cementu je rozhodujúce chemické zloženie surovín, ktorého príklady sú uvedené v tabuľke 1.10. Pomery týchto zložiek však musia spĺňať aj požiadavky procesu výpalu. Na zlepšenie páliteľnosti sa niekedy používajú mineralizátory. Známe a používané mineralizátory sú taviace prostriedky, ako napríklad fluoridy (všeobecne CaF_2) [119, Sobolev 2001], [120, Španielsko 2007].

Tabuľka 1.10: Príklady chemického zloženia surovín na výrobu bieleho cementového slinku

Suroviny	Chemické zložky v surovinách (%)						
	Fe_2O_3	MgO	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	Mn_2O_3
Vápenec	< 0,15	< 0,015					
Íl	X 1.0	Stopy	65 – 80	< 0,8			
Kaolín (vhodný)	0,4 – 1,0	0	70 – 73	0 – 0,80	18 – 20		
Kremenný piesok (čistý)	X 0.2		<96				
Ostatné ⁽¹⁾	< 0,5	< 3,0		< 0,2		< 30 ppm	<0,05
(1) Taliansko Zdroj: [119, Sobolev 2001], [120, Španielsko 2007], [138, Taliansko 2007]							

1.2.2 Suroviny – uskladnenie a príprava

Príprava surovín má veľký význam pre následný systém pece, a to tak z hľadiska správneho chemického zloženia surovín, ako aj z hľadiska zabezpečenia dostatočnej jemnosti surovín.

1.2.2.1 Uskladnenie surovín

Potreba použitia uzavretých skladovacích priestorov závisí od klimatických podmienok a množstva jemných častíc v surovinách, ktoré opúšťajú drviareň. V prípade prevádzky s kapacitou 3 000 ton denne môžu tieto budovy pojať 20 000 až 40 000 ton materiálu. Príklad uzavretých skladovacích priestorov surovín je znázornený na obrázku 1.5.



Obrázok 1.5: Príklad uzavretých skladovacích priestorov surovín

Suroviny privádzané do systému pece musia byť chemicky čo najhomogénnejšie. To sa dosiahne kontrolou prívodu do mlyna na mletie surovín. Ak má materiál z lomu rôznu kvalitu, počiatočné predmiešanie možno dosiahnuť ukladaním materiálu do radov alebo vrstiev po dĺžke (alebo po obvode) skladovacieho priestoru a jeho ťažbou priečnymi sekciami naprieč hromadou. Ak je materiál z lomu pomerne homogénny, možno použiť jednoduchšie systémy ukladania a rekultivácie.

Suroviny používané v relatívne malých množstvách, napríklad minerálne prísady, sa môžu alternatívne uskladňovať v silách alebo zásobníkoch. Všetky suroviny s potenciálne škodlivými vlastnosťami pre verejné zdravie a životné prostredie sa musia uskladňovať a pripravovať podľa individuálnych špecifických požiadaviek.

1.2.2.2 Mletie surovín

Presné dávkovanie a nastavenie pomeru vsádzky mlyna podľa hmotnosti je dôležité na dosiahnutie konzistentného chemického zloženia. To je nevyhnutné pre stabilnú prevádzku pece a vysokú kvalitu výrobku. Dávkovanie a nastavenie pomeru predstavujú dôležité faktory aj z hľadiska energetickej účinnosti systému mletia. Prevládajúcim dávkovacím a nastavovacím zariadením na prísun surovín do mlynov je článkový podávač, po ktorom nasleduje dávkovacia váha.

Pri výrobe bieleho cementu sa musí počas mletia dbať na to, aby sa zabránilo vnášaniu rôznych kúskov alebo malých množstiev kovu, ktoré by mohli dodať farbu. Okrem toho je dôležitý výber mlecích telies a obloženia mlyna, aby sa zabránilo kontaminácii surovinovej zmesi železom. Na základnej časti zariadenia sa používajú špeciálne ocele alebo keramické materiály. Na zlepšenie belosti sa používa regulácia vlhkosti surovinovej zmesi a čas mletia sa skracuje použitím akýchkoľvek urýchľujúcich/povrchovo aktívnych prímiesí, ktoré sa môžu líšiť od komerčne dostupných intenzifikátorov mletia [120, Španielsko 2007]. V niektorých prípadoch sa v záverečnej fáze procesu prípravy surovinovej zmesi odporúča použiť granulačné zariadenie, najmä ak sa na výpal používa pec s fluidným lôžkom [119, Sobolev 2001].

1.2.2.2.1 Mletie surovín – systémy suchých a polosuchých pecí

Suroviny sa v kontrolovanom pomere podajú na mletie a zmiešajú tak, aby vznikla homogénna zmes s požadovaným chemickým zložením. V prípade systémov suchých a polosuchých pecí sa zložky surovín melú a sušia na jemný prášok, pričom sa využívajú najmä odpadové plyny z pece a/alebo chladnejší odpadový vzduch. Pri surovinách s relatívne vysokým obsahom vlhkosti a pri štartovacích postupoch môže byť potrebná pomocná pec na zabezpečenie dodatočného tepla.

Typické používané systémy suchého mletia sú:

- rúrkový mlyn, stredový výtlak,
- rúrkový mlyn, vzduchový,
- zvislý valcový mlyn,
- vodorovný valcový mlyn (v prevádzke je len niekoľko zariadení).

Ostatné systémy mletia sa používajú v menšej miere. Sú to:

- rúrkový mlyn, koncové vypúšťanie v uzavretom okruhu,
- autogénny mlyn,
- valcový lis s drvičmi (sušičkami) alebo bez nich.

Jemnosť a distribúcia veľkosti častíc produktu, ktorý opúšťa systém mletia surovín, má veľký význam pre následný proces výpalu. Cieľové hodnoty týchto parametrov sa dosahujú nastavením odlučovača používaného na triedenie produktu vychádzajúceho z mlecieho zariadenia. Na suchú klasifikáciu sa používajú odlučovače vzduchu. Najnovšia generácia, t. j. odlučovače s rotorovou klieťkou, má niekoľko výhod. Sú to:

- nižšia špecifická spotreba energie mlecieho systému (menej nadmerného mletia),
- zvýšená priepustnosť systému (účinnosť odlučovania častíc),
- priaznivejšie rozdelenie veľkosti častíc a rovnomernosť výroby.

1.2.2.2.2 Mletie surovín – systémy mokrých alebo polomokrých pecí

Mokrú mletie sa používa len v kombinácii so systémami mokrých alebo polomokrých pecí. Zložky suroviny sa melú s pridanou vodou tak, aby vznikla kaša. Na dosiahnutie požadovanej jemnosti kaše a na splnenie moderných požiadaviek na kvalitu sú hlavnou možnosťou systémy mletia v uzavretom okruhu.

Mokrý spôsob sa zvyčajne uprednostňuje vždy, keď má surovina obsah vlhkosti vyšší ako 20 % hmotnosti. Suroviny ako krieda, slieň alebo íl, ktoré sú lepkavé a majú prirodzene vysoký obsah vlhkosti, sú mäkké a v prvej fáze prípravy sa môžu mlieť v pracom mlyne. Voda a rozdrvený materiál sa privádzajú do pracieho mlyna a strižnými a nárazovými silami, ktoré vyvíjajú rotačné brány, sa rozbiehajú na kašu. Keď je materiál dostatočne jemný, prechádza cez sitá v stene pracieho mlyna a prečerpáva sa do uskladňovacieho priestoru.

Na dosiahnutie požadovanej jemnosti kaše je zvyčajne potrebné ďalšie mletie v rúrkovom mlyne, najmä ak sa má pridať ďalšia surovina, napríklad piesok.

Aby sa znížila spotreba paliva v peci, pridávanie vody počas mletia surovín sa riadi tak, aby sa použilo minimálne množstvo potrebné na dosiahnutie požadovaného prietoku kaše a vlastností čerateľnosti (32 až 40 hmot. % vody). Chemické prísady môžu pôsobiť ako riedidlá kaše, ktoré umožňujú znížiť obsah vody.

1.2.2.2.3 Homogenizácia a uskladňovanie surovinovej múčky alebo kaše

Surovinová múčka alebo kaša, ktorá vychádza z procesu mletia surovín, si vyžaduje ďalšie miešanie/homogenizáciu, aby sa dosiahla optimálna konzistencia surovinovej zmesi pred jej dodaním do systému pece akéhokoľvek druhu. Surovinová múčka sa homogenizuje a uskladňuje v silách, surovinová kaša buď v nádržkách, alebo v silách.

Na prepravu surovinovej múčky do skladovacích síl sa používajú pneumatické a mechanické dopravníky. Mechanické dopravníky zvyčajne vyžadujú vyššie náklady na investíciu, ale majú oveľa nižšie prevádzkové náklady ako pneumatické dopravné systémy. Najčastejšie používaným dopravným systémom je kombinácia fluidných žlabov alebo závitových/reťazových dopravníkov s pásovým výtahom.

1.2.3 Palivá – uskladnenie a príprava

Na zabezpečenie tepla a energie potrebnej na tento proces možno použiť rôzne palivá (konvenčné a odpadové). Pri výpale v cementárenských peciach sa používajú najmä rôzne druhy konvenčných palív, ako napríklad:

- tuhé palivá, napr. uhlie, petrolejový koks a hnedé uhlie a v niektorých prípadoch aj ropné bridlice,
- kvapalné palivá, napr. vykurovací olej vrátane vysokoviskózného vykurovacieho oleja (HVFO),
- plynne palivá, napr. zemný plyn.

Hlavnými zložkami popola týchto palív sú zlúčeniny oxidu kremičitého a oxidu hlinitého. Okrem toho môže popol obsahovať aj stopy kovov. Tie sa v kombinácii so surovinami stávajú súčasťou slinku. To je potrebné zohľadniť pri výpočte podielu surovín, a preto je žiaduce používať palivo s konštantným, aj keď nie nevyhnutne nízkym obsahom popola. Príklady chemických analýz kovov v uhlí používaných v Nemecku sú uvedené v tabuľke 1.11.

Tabuľka 1.11: Chemické analýzy kovov v uhlí

Prvky		Čierne uhlie/hnedé uhlie
		mg/kg DS ⁽¹⁾
Antimón	Sb	0,4 – 2
Arzén	As	1 – 50
Berýlium	Be	<0,1 – 3,3
Olovo	Pb	1,5 – 273
Kadmium	Cd	<0,1 – 10
Chróm	Cr	1,5 – 81
Kobalt	Co	<1 – 40
Meď	Cu	1 – 100
Mangán	Mn	82 – 250
Nikel	Ni	<1 – 100
Ortuť	Hg	0,1 – 3,3
Selén	Se	0,6 – 2
Telúr	Te	0,2 – 1
Tálium	Tl	0,1 – 5,5
Vanád	V	1 – 200
Cín	Sn	0,8 – 2,3
Zinok	Zn	6 – 220
⁽¹⁾ DS: suchá látka Zdroj: [60, VDI 2094 Nemecko 2003]		

Hlavnými fosílnymi palivami používanými v európskom cementárskom priemysle sú petroľkoks a uhlie. Náklady zvyčajne vylučujú použitie zemného plynu alebo ropy, ale výber palív závisí od miestnej situácie (napríklad od dostupnosti domáceho uhlia). Vysoké teploty a dlhý čas zdržania v systéme pece však znamenajú značný potenciál pre deštrukciu organických látok (pozri sekciu 1.2.4.1). To umožňuje širokú škálu lacnejších možností palív, najmä rôznych druhov odpadu. Využívanie odpadov sa v posledných rokoch zvyšuje (pozri oddiel 1.2.4).

Aby sa tepelné straty udržali na minimálnej úrovni, cementárske pece sa prevádzkujú pri najnižších možných úrovniach prebytku kyslíka. To si vyžaduje vysoko rovnomerné a spoľahlivé dávkovanie paliva a jeho privádzanie vo forme umožňujúcej ľahké a úplné spaľovanie. Tieto podmienky splňajú všetky kvapalné a plyné palivá. Pri práškových tuhých palivách je na splnenie týchto podmienok nevyhnutná dobrá konštrukcia zberných platní, dopravníkov a podávačov. Hlavné vstupné palivo (65 – 85 %) zvyčajne pozostáva z ľahko spáliteľného paliva, zatiaľ čo zvyšných 15 – 35 % môže byť dodávaných v hrubo rozdrvenej alebo kusovej forme.

Pri výrobe bieleho cementu sa musí palivo vyberať veľmi starostlivo, aby sa zabránilo prvkom v palivovom popole, ktoré by sa mohli dostať do slinku, a tým zmeniť požadovanú farbu bieleho cementu. V roku 2007 sa vybraté odpadové palivá používali v obmedzenom rozsahu na výrobu bieleho cementu.

1.2.3.1 Uskladnenie konvenčných palív

Surové uhlie a petroľkoks sa skladujú podobne ako suroviny, teda v mnohých prípadoch v uzavretých uskladňovacích priestoroch. Vonkajšie uskladnenie vo veľkých zhutnených haldách sa používa pre dlhodobé zásoby. Takéto haldy sa môžu osiať trávou, aby sa zabránilo dažďovej a veternej erózii. Ako problém sa ukázalo odvádzanie vody z vonkajších uskladňovacích priestorov do pôdy. Uzavreté betónové podlahy pod haldami však umožňujú zachytávať a čistiť odtekajúcu vodu. Pri uskladňovaní uhlia s relatívne vysokým obsahom prchavých látok je potrebné dodržiavať bežnú správnu prax, pokiaľ ide o zhutňovanie a haldovanie zásob, aby sa predišlo riziku samovznietenia pri dlhodobom uskladňovaní.

Práškové uhlie a petroľkoks sa skladujú výlučne v silách. Z bezpečnostných dôvodov (t. j. nebezpečenstvo výbuchu spôsobeného tlejúcim ohňom a iskrením statickej elektriny) musia mať tieto silá extrakciu s hmotnostným tokom a musia byť vybavené štandardnými bezpečnostnými zariadeniami.

Vykurovací olej sa uskladňuje vo zvislých oceľových nádržiach. Niekedy sú izolované, aby sa olej udržal pri teplote čerpatelnosti (50 až 60 °C). Môžu byť tiež vybavené vyhrievanými bodmi odberu, aby sa na mieste udržiavala správna teplota oleja.

Zemný plyn sa neuskladňuje v cementárni. Ako zásobník plynu slúži medzinárodná vysokotlaková distribučná sieť plynu.

1.2.3.2 Príprava konvenčných palív

Príprava tuhého konvenčného paliva (drvenie, mletie a sušenie) sa zvyčajne vykonáva na mieste. Uhlie a petroľkoks sa rozmieľajú na jemnosť približne ako surovinová múčka v mlynoch, ktoré používajú podobné zariadenia ako mlyny na mletie surovín. Dôležitá je jemnosť práškového paliva – príliš jemné môže mať príliš vysokú teplotu plameňa, príliš hrubé môže spôsobiť zlé spaľovanie. Tuhé palivo s nízkou prchavosťou alebo nízkym obsahom prchavých látok si vyžaduje jemnejšie mletie. Ak nie je k dispozícii dostatok horúceho vzduchu na sušenie z pece alebo z chladiča, môže byť potrebná pomocná pec. Na ochranu zariadenia pred požiarom a výbuchom musia byť zabudované špeciálne prvky.

Používajú sa tri hlavné druhy systémov mletia a mletia uhlia:

- rúrkový mlyn, vzduchový,
- zvislý valcový alebo kruhový guľový mlyn,
- odrazový mlyn.

Tuhé mleté palivo sa môže spaľovať priamo v peci, ale v moderných zariadeniach sa zvyčajne uskladňuje v silách, aby sa umožnilo použitie horákov s vyššou tepelnou účinnosťou (nepriame spaľovanie) s použitím nízkeho množstva primárneho vzduchu.

Systémy mletia, uskladňovania a spaľovania tuhého paliva musia byť navrhnuté a prevádzkované tak, aby sa zabránilo riziku výbuchu alebo požiaru. Hlavnou požiadavkou je správne regulovať teplotu vzduchu a zabrániť hromadeniu jemného materiálu v mŕtvych zónach vystavených teplu.

Príprava vykurovacieho oleja: Na uľahčenie dávkovania a spaľovania sa vykurovací olej zohreje na 120 – 140 °C, čo má za následok zníženie viskozity na 10 – 20 cSt. Okrem toho sa tlak zvýši na 20 – 40 barov.

Príprava zemného plynu: Pred spaľovaním sa musí tlak plynu znížiť z tlaku v potrubí 30 – 80 barov na tlak v sieti prevádzky 3 – 10 barov a potom sa opäť zníži na prírodný tlak horáka približne 1 bar (pretlak). Prvý krok zníženia tlaku sa uskutočňuje v odovzdávacej stanici plynu, kde sa uskutočňuje aj meranie spotreby. Aby sa zabránilo zamrznutiu zariadenia v dôsledku Jouleovho-Thompsonovho efektu, zemný plyn sa pred prechodom cez regulačný ventil tlaku predhreje.

Zníženie tlaku sa môže dosiahnuť aj prechodom plynu cez plynovú expanznú turbínu pripojenú ku generátoru elektrickej energie. Takto možno získať späť časť energie potrebnej na stláčanie plynu.

1.2.4 Využitie odpadov

Európske odvetvie výroby cementu zhodnocuje značné množstvo palív pochádzajúcich z odpadu, ktoré v niektorých prevádzkach nahrádzajú fosílna palivá, a to až na úrovni viac ako 80 %. Odvetvie výroby cementu tak môže ďalej prispievať k znižovaniu emisií skleníkových plynov a k využívaniu menšieho množstva prírodných zdrojov.

Zákaz skládkovania nespracovaného odpadu v niektorých členských štátoch EÚ viedol k uvedeniu do prevádzky čoraz väčšieho počtu prevádzok na mechanickú a biologickú úpravu odpadu. V dôsledku toho je využívanie predupravených frakcií odpadu otázkou, ktorá vyvoláva čoraz väčší záujem. Po vhodnej úprave môžu jednotlivé frakcie odpadu spĺňať požiadavky na opätovné použitie v cementárňach, ktoré je z hľadiska životného prostredia vyhovujúce. Odvetvie výroby cementu v EÚ 27 sa už mnoho rokov zaoberá zhodnocovaním vybraných tokov odpadu v cementárňach. Toto odvetvie, ktoré je tradične významným používateľom neobnoviteľných prírodných zdrojov, nerastných surovín a fosílnych palív, sa zaviazalo využívať odpady na zachovanie týchto zdrojov bez toho, aby zároveň produkovalo konečné odpady [103, CEMBUREAU 2006], [168, TWG CLM 2007].

Keďže úprava odpadu nie je zahrnutá v tomto dokumente, užitočné informácie týkajúce sa úpravy odpadu možno nájsť v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách pre odvetvia úpravy odpadu. Okrem toho je pri spoluspaľovaní odpadu potrebné zohľadniť najmä požiadavky existujúcich európskych a vnútroštátnych predpisov.

1.2.4.1 Všeobecné aspekty

Rôzne druhy odpadových materiálov môžu pri výrobe cementu nahradiť primárne suroviny alebo fosílna palivá a prispieť tak k úspore prírodných zdrojov. Vlastnosti samotného procesu výpalu slinku v podstate umožňujú environmentálne prospešné aplikácie na výrobu energie z odpadu a recykláciu materiálu. Základné vlastnosti procesu využívania odpadu možno zhrnúť takto:

- maximálne teploty približne 2 000 °C (hlavný systém spaľovania, teplota plameňa) v rotačných peciach,
- zdržné časy plynu približne 8 sekúnd pri teplotách nad 1 200 °C v rotačných peciach,
- teploty materiálu približne 1 450 °C v zóne slinovania rotačnej pece,
- oxidačná plynná atmosféra v rotačnej peci,
- zdržný čas plynu v systéme sekundárneho spaľovania viac ako 2 sekundy pri teplotách nad 850 °C; v predkalcinátore je zdržný čas plynu primerane dlhší a teploty sú vyššie,
- teploty tuhých látok 850 °C v systéme sekundárneho spaľovania a/alebo v kalcinátore,
- rovnomerné podmienky vyhorenia pri kolísaní zaťaženia v dôsledku vysokých teplôt pri dostatočne dlhom zdržnom čase,
- deštrukcia organických znečisťujúcich látok v dôsledku vysokých teplôt pri dostatočne dlhom zdržnom čase,
- sorpcia plynných zložiek ako HF, HCl, SO₂ na alkalických reaktantoch,
- vysoká zdržná kapacita pre ťažké kovy viazané na častice,
- krátke zdržné časy odpadových plynov v teplotnom rozsahu, o ktorom je známe, že vedie k „de-novo syntéze“ PCDD/F,
- úplné využitie popolčeka ako zložky slinku, a teda súčasná recyklácia materiálu (napr. aj ako zložky suroviny) a energetické zhodnotenie,
- odpad špecifický pre daný výrobok nevzniká z dôvodu úplného využitia materiálu do slinkovej matrice; niektoré cementárne v Európe však odstraňujú obtokový prach,
- chemicko-mineralogické začlenenie neprchavých ťažkých kovov do slinkovej matrice [60, VDI 2094 Nemecko 2003], [76, Nemecko 2006], [168, TWG CLM 2007].

Výskumy ukazujú, že v rotačných peciach sú nebezpečné látky lepšie absorbované materiálmi a slinkom ako v iných druhoch pecí, napr. v šachtových peciach [75, Estónsko 2006], [76, Nemecko 2006].

Ako suroviny a/alebo palivá sa používa široká škála rôznych druhov odpadu. Pred zvažovaním využitia odpadových materiálov je potrebné zvážiť rôzne základné zásady, ako napríklad vhodný výber odpadových materiálov a rozsiahly postup analýzy odpadu a jeho predúpravy. Úprava týchto odpadov sa musí vykonávať s cieľom zachovať normy kvality slinku, pretože popolček sa v slinku plne zachytáva. Rozhodnutie o tom, aký druh odpadu možno v konečnom dôsledku použiť v určitom zariadení, nemožno prijať jednotne.

Úvahy a rozhodnutia musia vychádzať z procesu výroby slinku a prevádzkových podmienok, zloženia surovín a paliva, dávkovacích miest, použitej techniky čistenia spalín, daných problémov odpadového hospodárstva a požiadaviek existujúcich európskych a vnútroštátnych predpisov.

Základným pravidlom je, že odpady prijímané ako palivá a/alebo suroviny musia cementárenskej peci priniesť nasledujúcu pridanú hodnotu:

- výhrevnosť odpadového materiálu,
- materiálovú hodnotu z odpadu materiálu.

Okrem toho je potrebné zohľadniť objemy a kategórie odpadov, ako aj fyzikálne a chemické zloženie, vlastnosti a znečisťujúce látky. Palivá pochádzajúce z odpadu používané v odvetví výroby cementu sa získavajú výlučne z vybratých tokov odpadu,

sa získavajú výlučne z vybratých tokov odpadu, ktoré zvyčajne vyžadujú predúpravu, napr. drvenie, miešanie, mletie a homogenizáciu, a primerané zabezpečenie kvality. Úprava odpadových materiálov sa zvyčajne vykonáva v prevádzkach na úpravu odpadu.

Body dávkovania odpadu do pece

Odpady používané ako suroviny sa zvyčajne dávkujú do systému pece rovnakým spôsobom ako bežné suroviny, napr. prostredníctvom bežnej dodávky surovinovej múčky.

Ako je opísané v oddiele 1.2.5.1, na dávkovanie palív do cementovej pece sa môžu použiť rôzne body dávkovania. Tieto body dávkovania sa môžu používať aj na dávkovanie odpadu ako palív a/alebo surovín do procesu výroby cementu. Je potrebné poznamenať, že spôsob, akým sa palivo dávkuje do pece, je veľmi dôležitý, pretože môže mať vplyv na emisie. Z týchto bodov dávkovania existuje vo všeobecnosti len jeden spôsob, ako spaliny z palív prechádzajú cez zónu s najvyššou teplotou v peci, a to dávkovaním cez hlavný horák. V prípade ostatných bodov dávkovania závisia teplota a čas zdržania od konštrukcie pece a jej prevádzky, ako je opísané vyššie.

Odpad, ktorý sa dávkuje cez hlavný horák, sa rozkladá v primárnej zóne spaľovania pri vysokých teplotách až do 2 000 °C. Viackanálové horáky sú určené na používanie rôznych druhov palív vrátane odpadových palív. Odpady dávkané do sekundárneho horáka, predohrievača alebo predkalcinátora sa spaľujú pri nižších teplotách, čo nie vždy stačí na rozklad halogénovaných organických látok. Prchavé zložky materiálu, ktorý sa dávkuje na hornom konci pece alebo ako kusové palivo, sa môžu odparovať. Tieto zložky neprechádzajú primárnou zónou spaľovania a nemusia byť rozložené alebo viazané v cementovom slinku. Preto môže mať používanie odpadu obsahujúceho prchavé kovy (ortuť, kadmium, tálium) alebo prchavé organické zlúčeniny pri nesprávnom používaní za následok zvýšenie emisií ortuti, kadmia, tália alebo organických emisií (napr. VOC). Je potrebné zohľadniť tieto odpadové materiály obsahujúce zložky, ktoré sa môžu vyparovať pri nižších teplotách pred kalcinačnou zónou (napr. uhľovodíky, rozpúšťadlá, odpadové oleje). Musia sa privádzať do primerane vysokoteplotných zón systému pece.

Energetická účinnosť využívaním odpadu

Odvetvie výroby priemyslu dosiahlo zlepšenie energetickej účinnosti, pokiaľ ide o palivá používané v procesoch výroby cementu, a bude pokračovať vo vývoji alternatívnych prostriedkov na zlepšenie. Výhrevnosť odpadových palív, ktoré sa v procese používajú, je však veľmi dôležitou kvalitatívnou požiadavkou, ktorá je potrebná na dosiahnutie zlepšenia energetickej účinnosti a pozitívneho vstupu do tepelného procesu, ktorý podporuje kalcináciu [76, Nemecko 2006], [89, ERFO 2005], [103, CEMBUREAU 2006].

Vplyvy využívania odpadu

Informácie o vplyvoch na emisie pri používaní odpadových materiálov sa nachádzajú v oddiele 1.3.4.13 a informácie o vplyvoch na kvalitu výrobkov sa nachádzajú v oddiele 1.3.4.14 tohto dokumentu.

Monitorovanie parametrov a emisií pri používaní odpadu ako palív a/alebo surovín sa nachádza v oddiele 1.3.9. Okrem toho sa v oddiele 6.2.2 tohto dokumentu uvádzajú špecifické údaje o prevádzkach, napr. pri používaní odpadu.

1.2.4.2 Využívanie odpadu ako surovín

Dôležitá je chemická vhodnosť odpadu používaného ako suroviny, ktoré musia poskytovať zložky potrebné na výrobu slinku. Základnými požadovanými chemickými prvkami sú vápno, oxid kremičitý, oxid hlinitý a železo, ako aj síra, alkalické látky a iné, ktoré možno rozdeliť do rôznych skupín podľa ich chemického zloženia. Využívanie odpadu ako surovín, ako napríklad v procese výpalu slinku, zahŕňa substitúciu síry

a oxidov obsiahnutých v odpadoch používaných ako suroviny. Medzi ne patrí oxid vápenatý (CaO), oxid kremičitý (SiO_2), oxid hlinitý (Al_2O_3) alebo oxid železitý (Fe_2O_3) pre príslušné zložky surovín. Ako čiastočná náhrada surovín sa môže použiť elektrárenský popol (popolček), vysokopecná troska a iné procesné zvyšky. V tabuľke 1.12 sú uvedené druhy odpadu, ktoré sa najčastejšie používali ako suroviny pri výrobe cementu v Európe v roku 2006.

Tabuľka 1.12: Druhy odpadu, ktoré sa často používajú ako suroviny v európskom odvetví výroby cementu

Popolček	Vysokopecná troska	Kremičitý úlet
Železná troska	Papierový kal	Pyritový popol
Použitý zlievarenský piesok	Pôda obsahujúca olej	
Umelý sadrovec (z odsírovania spalín a výroby kyseliny fosforečnej)		
Zdroj: [8, CEMBUREAU 2001], [91, CEMBUREAU 2006]		

Ostatný odpad sa dodáva do mlynov ako takzvané „spoločne mleté“ prísady. Popolček sa môže používať ako suroviny pri výrobe slinku (najmä pre obsah oxidu hlinitého) a ako spoločne mletá prísada do cementu. Popolček môže nahradiť až 50 % portlandského cementového slinku, môže však obsahovať ortuť. Okrem toho je príslušný priemyselný sadrovec vhodný na použitie ako síranová zložka. Prehľad odpadu používaného ako suroviny rozdelené do rôznych skupín podľa ich chemického zloženia je uvedený v tabuľke 1.13.

Tabuľka 1.13: Zoznam príkladov odpadu používaného ako suroviny a klasifikovaného podľa chemického zloženia a používaného v cementárenských peciach v EÚ 25

Skupina surovín	Príklady odpadu používaného ako suroviny
Skupina Ca	Priemyselné vápno (odpadový vápenec) Vápenné kaly Karbidoval kal Kal z úpravy pitnej vody
Skupina Si	Použitý zlievarenský piesok Piesok
Skupina Fe	Vysokopecná troska a konvertorová troska Pyritový popol Syntetický hematit Červený kal
Skupina Al	Priemyselný kal
Skupina Si-Al-Ca	Popolček Trosky Odprach Pôda
Skupina S	Priemyselný sadrovec
Skupina F	CaF_2 Filtrovaný kal
Zdroj: [76, Nemecko 2006], [91, CEMBUREAU 2006], [103, CEMBUREAU 2006]	

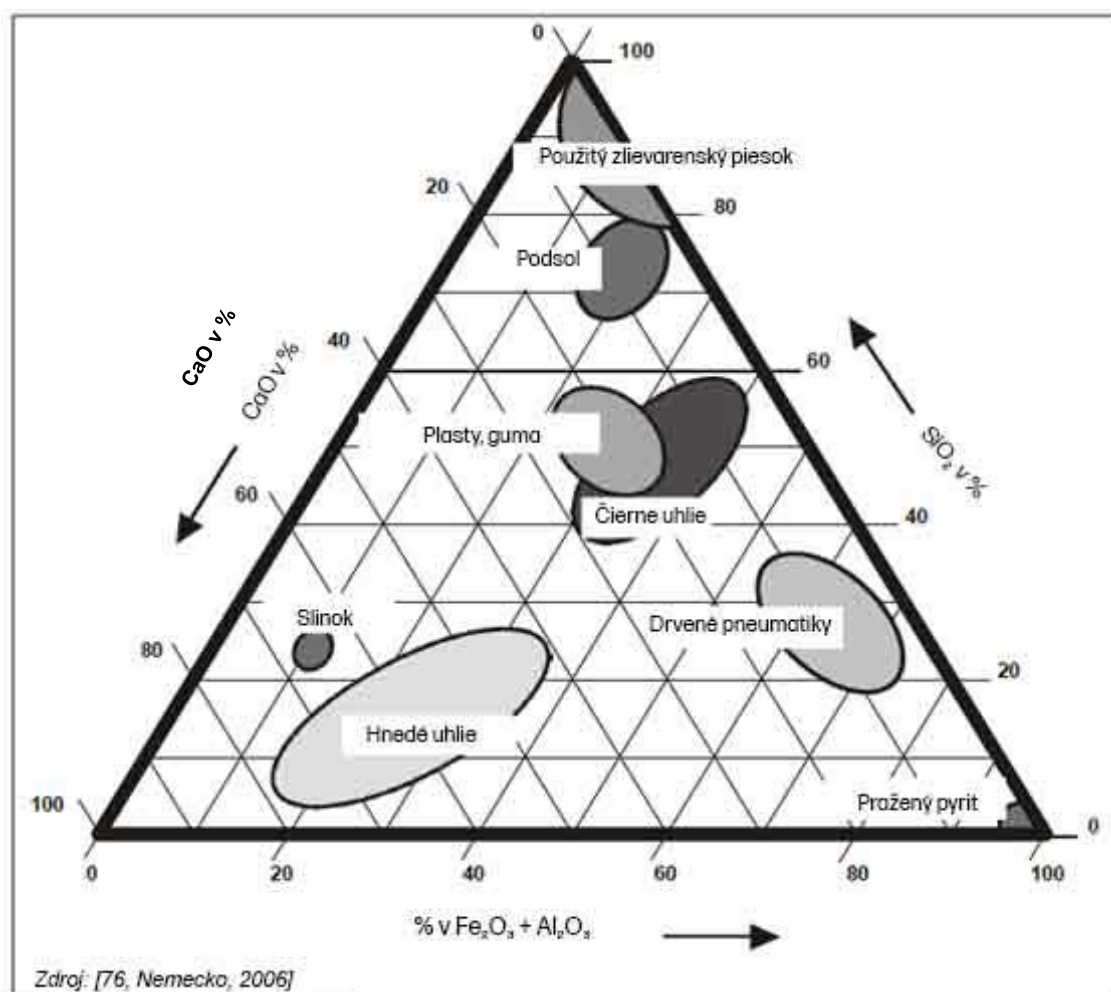
Podobne ako popol z konvenčných palív, aj popol z odpadových palív poskytuje minerálne zložky pre cementový slinok. Ternárny diagram na obrázku 1.6 znázorňuje zloženie rôznych palivových popolčiek a odpadov používaných ako suroviny, pre ktoré je znázornený obsah hlavných zložiek CaO , SiO_2 , Fe_2O_3 a Al_2O_3 . Ako bolo uvedené, slinok má definované zloženie, ktoré je rozhodujúce pre charakteristické hydraulické vlastnosti cementu. To znamená, že všetky suroviny a popolček z paliva musia byť starostlivo zladené z hľadiska minerálneho zloženia a miery, aby sa dosiahlo požadované zloženie slinku.

Odpady používané ako suroviny vstupujú do procesu výpalu slinku alebo do kalcinátora cestou surovínovej múčky alebo cez vstup do pece a/alebo kalcinátora. Počas fázy predohrievania v predohrievači sa môžu uvoľňovať organické zložky z vsádzkového otvoru pece z dôvodu nižších teplôt, ktoré nie vždy stačia na rozklad halogénovaných organických látok. Pri spracovaní týchto odpadových surovín sa musia skontrolovať ich potenciálne emisie prchavých organických zložiek a podľa toho sa musí zvoliť miesto podávania, napr. horák v peci.

Do pece by sa mal dávkovať napríklad použitý zlievarenský piesok s vysokým obsahom prchavých látok. Zvyšky organického spojiva, ktoré sa používa v systémoch s chemicky viazaným pieskom, sa môžu rozložiť v predohrievači. Krátky čas zadržania materiálu v nízkoteplotnej fáze predohrievača však zabezpečuje, že nedochádza k emisii prchavých látok. Predúprava použitého zlievarenského piesku, ako napríklad oddelenie prachu, môže znížiť obsah ťažkých kovov. Pri použití priemyselného sadrovca a popolčeka sa v mlyne uskutočňuje podávanie sadry. Využitelná výhrevnosť popola bohatého na uhlík, t. j. až 20 % uhlíka, sa môže použiť v procese výroby cementového slinku [76, Nemecko 2006], [91, CEMBUREAU 2006], [168, TWG CLM 2007].

Požiadavky, ktoré treba zohľadniť pri výbere a používaní odpadu ako suroviny:

- odpad pozostáva predovšetkým zo zložiek slinku,
- nízka koncentrácia prchavých ťažkých kovov, t. j. ortuti, tália a iných druhov kovov,
- pravidelné monitorovanie vstupov, napr. použitých odpadových materiálov prostredníctvom odberu vzoriek a analýzy.



Obrázok 1.6: Ternárny diagram CaO, SiO₂ a Al₂O₃+Fe₂O₃ pre cementový slinok a zložky popola z rôznych surovín a palív

1.2.4.3 Používanie odpadu ako palív

Bežné palivá, ako sú fosílna palivá, možno nahradiť odpadovými palivami, t. j. odpadovými palivami získanými z predupravených a vytriedených frakcií odpadov vrátane pevných a kvapalných zhodnotených palív a/alebo biomasy. Ako palivo sa používa široká škála rôznych druhov odpadu vrátane zvyšného popola. Odpad môže byť pevný, kvapalný alebo pastovitý a je definovaný podľa svojho pôvodu, napr. priemyselný, poľnohospodársky a komunálny. Spotreba odpadových palív je opísaná v oddiele 1.3.3.3 a vplyvy na emisie sú opísané v oddiele 1.3.4.13.

1.2.4.3.1 Druhy odpadových palív

Proces spaľovania slinku ponúka dobré podmienky na využitie rôznych druhov odpadových materiálov, ktoré nahrádzajú časti konvenčných palív (pozri oddiel 1.2.4.1). Ako je uvedené v tabuľke 1.14, v európskych cementárenských peciach sa ako palivo používajú rôzne druhy odpadu, ktoré sa delia na nebezpečné odpady a odpady, ktoré nie sú nebezpečné. Keďže tieto výhrevné odpadové materiály môžu nahradiť primárne palivo v cementárenských peciach, je nevyhnutná stála kvalita odpadu (napr. primeraná výhrevnosť, obsah kovov, halogénov (napr. chlór) a popola, odpad musí byť vhodný pre horáky). Využívanie odpadových palív pri výrobe slinku sa neustále zvyšuje, avšak nárast využívania odpadov, ktoré nie sú nebezpečné, je výraznejší ako využívanie nebezpečných odpadov [74, CEMBUREAU 2006], [75, Estónsko 2006], [76, Nemecko 2006], [92, Rakúsko 2006].

V tabuľke 1.14 je uvedený zoznam využívania odpadových palív rozdelených do 14 skupín. Tieto skupiny zahŕňajú niekoľko zoznamov EWC a úplný zoznam celej štruktúry skupín spolu s kategóriami odpadu a opismi odpadu sa nachádza v tabuľke 6.1 v oddiele 6.2.1. Okrem toho príklady výhrevnosti viacerých druhov odpadu možno nájsť v tabuľke 1.20 v oddiele 1.3.3.3 [74, CEMBUREAU 2006], [98, Európska komisia 2000], [103, CEMBUREAU 2006], [168, TWG CLM 2007] [192, CEMBUREAU 2012.].

Tabuľka 1.14: Rôzne druhy odpadu používaného ako palivo v cementárenských peciach v EÚ 27 v rokoch 2003 a 2004

Číslo skupiny ⁽¹⁾	Druhy odpadových palív (nebezpečné a nie nebezpečné)
1	Drevo, papier, lepenka
2	Textil
3	Plasty
4	Spracované frakcie (napr. RDF)
5	Guma/pneumatiky
6	Priemyselný kal
7	Kal z komunálnych odpadových vôd
8	Živočíšna múčka, tuky
9	Uhlie/uhlíkový odpad
10	Poľnohospodársky odpad
11	Tuhý odpad (impregnované piliny)
12	Rozpúšťadlá a súvisiaci odpad
13	Olej a olejový odpad
14	Iné
(1) Každé zoskupenie zahŕňa niekoľko zoznamov EWC, pozri tabuľku 6.1 v oddiele 6.2.1	
Zdroj: [74, CEMBUREAU 2006], [168, TWG CLM 2007]	

1.2.4.3.1.1 Tuhé odpadové palivá

Nie každý horľavý tuhý odpad je vhodný ako palivo v procese výpalu slinku. Tuhý odpad môže byť homogénna alebo nehomogénna zmes veľmi rôznorodého pôvodu a zložiek, ako napr.:

- horľavé frakcie, napr. papier, lepenka, plasty, guma a zvyšky dreva,
- rôzne množstvá inertných materiálov obsahujúcich organické frakcie, napr. piesok, kameň, keramika, železné/neželezné kovy a organické vlhké materiály,
- nebezpečné frakcie, napr. decht, živice, impregnované piliny alebo materiály, ktoré nie sú nebezpečné.

Odpad, ako je zmesový komunálny odpad, zmesový komerčný odpad alebo zmesový stavebný a demolačný odpad a niektoré tuhé nebezpečné odpady, sa musia pred použitím ako palivo predbežne upraviť v zariadeniach na nakladanie s odpadmi. Rozsah úpravy odpadu, ako je triedenie, drvenie a peletizácia, závisí od použitia odpadového paliva.

Techniky prípravy tuhého paliva sa značne líšia v závislosti od zdroja a druhu odpadu a od požiadaviek odvetvia výroby cementu. Jedna z dôležitých požiadaviek vyplýva zo systému prenosu a výpalu, ktorý sa používa na dopravu odpadového paliva do pece:

- hlavný systém výpalu (na hlave/výstupe z pece, vstrekovanie odpadových palív prostredníctvom tyčí): vysokoabrazívne odpady, ako je sušený kal a neobvyklé tvary a veľkosti častíc, môžu spôsobiť prevádzkové problémy. Ak sa na dopravu odpadového paliva v peci používajú pneumatické prenosové systémy, možno sa vyhnúť upchatiu a poškodeniu rotujúcich častí (systém funguje úplne bez pohyblivých častí). Množstvo dopravného vzduchu vstrekovanej do pece spolu s odpadom je z hľadiska stechiometrie spaľovania v peci zanedbateľné. Väčšie veľkosti častíc si vyžadujú veľké pneumatické dopravné linky a dúchadlá. Preto sú dôležitými procesmi spracovania redukcia veľkosti a mäkké peletovanie odpadového paliva. (Zvyčajne veľkosť častíc nie je väčšia ako 25 mm). Výhodou zhutňovania mäkkým peletovaním je zlepšenie prietokových a dávkovacích vlastností
- systému sekundárneho spaľovania paliva (palivo sa dávkuje cez vstup do pece, stúpačku medzi vstupom do rotačnej pece a najnižším cyklónovým stupňom alebo kalcinátorom): obmedzenie veľkosti tuhých odpadových palív nie je pre systém sekundárneho spaľovania dôležité. Dokonca aj celé pneumatiky sa môžu vkladať cez vstup do pece alebo prostredníctvom technológie strednej pece. Okrem toho sa môže použiť odpad s vysokým obsahom popola.

Používajú sa rôzne druhy tuhého odpadu, napr.:

- odpad, ktorý nie je nebezpečný, ako je uvedené v tabuľke 1.14, skupina číslo 1 – 10,
- nebezpečný odpad uvedený v tabuľke 1.14, skupina číslo 11 – 13.

Na obrázkoch 1.7, 1.8 a 1.9 sú znázornené príklady predupravených zmesí odpadu používaných v cementárňach, ako napr.:

- piliny impregnované nebezpečným odpadom,
- odpadové palivo na báze papiera, textilu pred aj po spotrebe, ktoré sa vyrába z polyetylénovej fólie, fotografickej fólie, papiera, polypropylénu, obalových materiálov a plastov,
- odpadové palivo pozostávajúce z domového odpadu, triedeného papiera, lepenky, dreva, kobercov, textilu a plastov, ktoré je tuhým, čistým a nie nebezpečným palivom.

Odpady sa analyzujú a špeciálne pripravujú na použitie v cementárenských peciach [45, Schorcht 2006], [81, Castle Cement UK 2006], [107, Belgicko 2006].

 Obrázok 1.7: Nebezpečný odpad – impregnované piliny <i>Zdroj: [168, TWG CLM 2007]</i>	 Obrázok 1.8: Špeciálne pripravené odpadové palivo na báze odpadu, napr. papiera, plastov, textilu <i>Zdroj: [81, CastleCement UK 2006]</i>	 Obrázok 1.9: Špeciálne pripravený odpad z domácností používaný ako palivo v cementárenských peciach <i>Zdroj: [82, CEMEXRugby UK 2006]</i>

1.2.4.3.1.2 Kvapalné odpadové palivá

Kvapalné odpadové palivá možno pripraviť zmiešaním alebo predúpravou rôznych odpadov, ako sú použité rozpúšťadlá, zvyšky farieb alebo odpadový olej, s vhodnou výhrevnosťou v špeciálnych zariadeniach na nakladanie s odpadmi. Viac užitočných informácií o úprave odpadu nájdete v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách pre odvetvia úpravy odpadu [48, Európska komisia 2005].

Pri manipulácii s niektorými kvapalnými nebezpečnými odpadmi (napr. rozpúšťadlami), napr. pri uskladňovaní, dávkovaní, je potrebné dbať na to, aby sa zabránilo emisiám organických zlúčenín. Existuje niekoľko techník, napr. rekuperácia pár, ktorá sa používa v prípade potreby. Systémy rekuperácie pár sa prevádzkujú spôsobom, ktorý zabezpečuje, že tok organických látok je povolený len po pripojení systému rekuperácie pár a že systém rekuperácie pár a pripojené zariadenia počas bežnej prevádzky neuvolňujú žiadny plyn do ovzdušia, s výnimkou uvoľňovania potrebného z bezpečnostných dôvodov [76, Nemecko 2006], [81, Castle Cement UK 2006], [168, TWG CLM 2007].

1.2.4.3.2 Požiadavky na kvalitu odpadu a kontrolu vstupov

Odpadové materiály používané ako suroviny a/alebo palivá v cementárenských peciach musia spĺňať rôzne normy kvality, pretože sa plne zachytávajú v slinku a minimalizujú negatívne účinky na emisie do ovzdušia. Neustála kvalita odpadu je nevyhnutná. Na zaručenie vlastností odpadového paliva je potrebný systém zabezpečenia kvality. To zahŕňa najmä ustanovenia o odbere vzoriek, príprave vzoriek, analýze a externom monitorovaní. Ďalšie užitočné informácie nájdete v technických špecifikáciách Európskeho výboru pre normalizáciu, napríklad v CEN/TC 343 Tuhé regenerované palivá. Okrem toho je potrebné zohľadniť požiadavky existujúcich európskych a vnútroštátnych predpisov. Pri spalovaní odpadu sa musia dodržiavať požiadavky kapitoly IV a prílohy VI k smernici 2010/75/EÚ, napr. požiadavky týkajúce sa postupov prijímania vykonávaných prevádzkovateľom pri používaní nebezpečného odpadu. Základným pravidlom pre požiadavky na kvalitu je, že odpady prijaté ako odpadové palivo a/alebo suroviny musia cementárskej peci poskytnúť tieto pridané hodnoty:

- výhrevnosť odpadového materiálu,
- materiálovú hodnotu odpadového materiálu.

Opad s primeranou výhrevnosťou môže nahradiť primárne palivo v cementárenských peciach. Je potrebné poznamenať, že výhrevnosť týchto odpadov sa značne líši (pozri oddiel 1.3.3.3). Príprava rôznych druhov horľavých odpadov alebo odpadov s oddeliteľnými výhrevnými frakciami na použitie ako palivo sa zvyčajne vykonáva mimo cementáreň. Tieto odpady sú zvyčajne

pripravené dodávateľom alebo organizáciami špecializujúcimi sa na úpravu odpadu v špeciálnych zariadeniach na nakladanie s odpadom a takým spôsobom, aby sa mohli priamo použiť v cementárenských peciach bez akejkoľvek ďalšej úpravy v cementárni. Okrem toho pracovníci cementárne pravidelne kontrolujú a analyzujú dodaný odpadový materiál pred jeho použitím v cementárskej peci. Na kontrolu rôznych kvalitatívnych vlastností sa používa špeciálne laboratórne vybavenie.

Techniky používané na prípravu a zmiešavanie určitých vlastností odpadového paliva závisia od vlastností vstupného materiálu a požiadaviek používateľov. Dokonca aj odpadový materiál, ako sú špecifické odpady z výroby, sa pred použitím v zariadeniach na spracovanie odpadu upravuje a mieša, aby sa zabezpečila homogénna zmes s takmer konštantnými vlastnosťami, ako sú tepelné vlastnosti a chemické zloženie. Iba v niektorých prípadoch sa odpady môžu použiť tak, ako sú dodané, bez ďalšieho spracovania, napríklad použité pneumatiky alebo použitý olej. Všetky nehomogénne odpady, ako sú zmiešané tuhé odpady z rôznych zdrojov alebo oddelené frakcie zo zmiešaného komunálneho odpadu, si vyžadujú väčšie úsilie pri monitorovaní, aby sa dosiahla spoľahlivá kvalita s konštantne nízkym vstupom znečisťujúcich látok.

Dôležitými vlastnosťami a parametrami odpadových palív sú výhrevnosť, obsah vody, popola, síry, chlór a ťažkých kovov (najmä ortuti, kadmia a tália). Okrem toho je dôležitá vhodnosť horákov. Chlór môže mať negatívny vplyv na výrobný proces. Prijateľná koncentrácia chlórú preto závisí od konkrétnej situácie na mieste; táto koncentrácia sa však udržiava na čo najnižšej úrovni, aby sa predišlo prevádzkovým problémom v systéme pece, napr. upchatiu predohrievača. Pri veľkom množstve podávaného chlórú môže byť zvyčajne potrebný obtok chlórú, aby sa zabránilo korózii, upchatiu, odstaveniu atď. (pozri oddiel 1.2.5.4.1). Typické koncentrácie chlórú sa pohybujú od

<0,5 – 2 %. V EÚ 27 boli vyvinuté individuálne systémy a špecifikácie na posúdenie a kontrolu vhodnosti odpadových palív, napr. boli vypracované zoznamy maximálnych povolených hodnôt znečisťujúcich látok pre vybrané odpady, ktoré sa majú používať na proces výpalu slinku. Pri špecifikáciách, ktoré vychádzajú z požiadaviek špecifických procesov a povolení, sa zohľadnili špecifické aspekty prevádzky. Okrem toho špecifikácie určujú technické normy na dodávanie kvapalného odpadového paliva. Príklad internej špecifikácie pre odpadové palivá je opísaný v oddiele 6.2.2.1 a v tabuľke 6.9. Okrem toho sú v oddiele 6.2.2.1.1 uvedené príklady vstupných kritérií pre rôzne látky pre vhodné odpadové palivo, ktoré sú akceptované v niektorých krajinách EÚ.

Ostatné používané systémy sú zamerané najmä na obsah kovov (pozri oddiel 1.2.4.3.2.1). Treba poznamenať, že možno použiť aj iné materiály, ktoré nespĺňajú všetky tieto podmienky. Pri používaní kalov z čističiek odpadových vôd alebo dreveného odpadu je potrebné pravidelne monitorovať vstup ortuti kvôli možným emisiám ortuti.

Okrem toho musí byť k dispozícii dostatočné množstvo odpadového paliva. Výber zdroja je prvým krokom, ktorý je potrebné zohľadniť pri monoprádoch, aby sa znížil počet materiálov, ktoré by mohli spôsobiť prevádzkové problémy alebo problémy s kvalitou v procese výroby cementu.

Pri výbere palív (konvenčných alebo odpadových) by sa mali zohľadniť požiadavky na kvalitu výrobkov. Následne existujú obmedzenia druhov a množstiev odpadových palív vhodných na použitie pri výrobe cementu, ktoré sú veľmi závislé od špecifických podmienok v danej lokalite [75, Estónsko 2006], [76, Nemecko 2006], [89, ERFO 2005], [103, CEMBUREAU 2006], [168, TWG CLM 2007].

Užitočné informácie o úprave odpadu možno nájsť v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách pre odvetvia úpravy odpadu, kde sú opísané napr. príklady špecifikácií odpadu, ktorý možno prijať ako palivo v cementárenských peciach niektorých krajín [48, Európska komisia 2005].

1.2.4.3.2.1 Koncentrácie kovov v odpadoch

Koncentrácie kovov sa líšia v závislosti od pôvodu odpadu. V mnohých európskych krajinách regulačné orgány a/alebo subjekty odvetvia vypracovali zoznamy maximálnych prípustných hodnôt látok pre rôzne odpady, ktoré možno použiť ako palivá a/alebo suroviny. Príklady typických rozsahov koncentrácie kovov a typických vstupných kritérií týkajúcich sa rôznych látok pre vhodné odpadové palivo z rôznych krajín Európy nájdete v oddiele 6.2.2.1.1. Rozdielne hodnoty sa môžu nachádzať aj v inom povolenom environmentálnom pôsobení týkajúcom sa špecifického odpadu. Neexistuje však žiadna dohodnutá hraničná hodnota, pretože sa uplatňujú rôzne kritériá v závislosti od miestnej situácie. Uplatnené kritériá môžu zahŕňať:

- vnútroštátne environmentálne politiky a právne predpisy,
- význam vplyvu odvetvia výroby cementu v kontexte regionálneho priemyselného rozvoja,
- úsilie o harmonizáciu regionálnych environmentálnych zákonov a noriem,
- úroveň látok v tradičných surovinách a odpadoch,
- podmienky v prevádzke a emisie,
- alternatívy úpravy dostupného odpadu,
- požadované minimálne hodnoty výhrevnosti,
- požiadavky na kvalitu cementu.

1.2.4.3.3 Uskladnenie odpadu a manipulácia s ním

Opadové palivá sa zvyčajne pripravujú v špeciálnych zariadeniach na nakladanie s odpadmi. Dodaný odpad sa musí uskladniť v cementárni a potom sa musí rozdeliť na dávkovanie do cementárskej pece. Keďže zásoby odpadu vhodného na použitie ako palivo bývajú premenlivé, zatiaľ čo trhy s odpadovými materiálmi sa rýchlo rozvíjajú, odporúča sa navrhnuť viacúčelové prevádzky na uskladnenie/prípravu.

Kvapalné odpadové palivá sú väčšinou nebezpečné odpady. Túto skutočnosť je potrebné zohľadniť pri manipulácii s kvapalným odpadovým palivom, napr. pri uskladení, dávkovaní (pozri oddiel 1.2.4.3.1.2) [76, Nemecko 2006]. Okrem toho sa pri používaní odpadového paliva získaného z predupravených a vytriedených frakcií odpadov môže zväziť riadenie bezpečnosti potenciálne samozápalných materiálov.

Užitočné informácie týkajúce sa uskladnenia materiálov možno nájsť aj v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách pre emisie vznikajúce pri skladovaní [96, Európska komisia 2006].

1.2.5 Výpal slinku

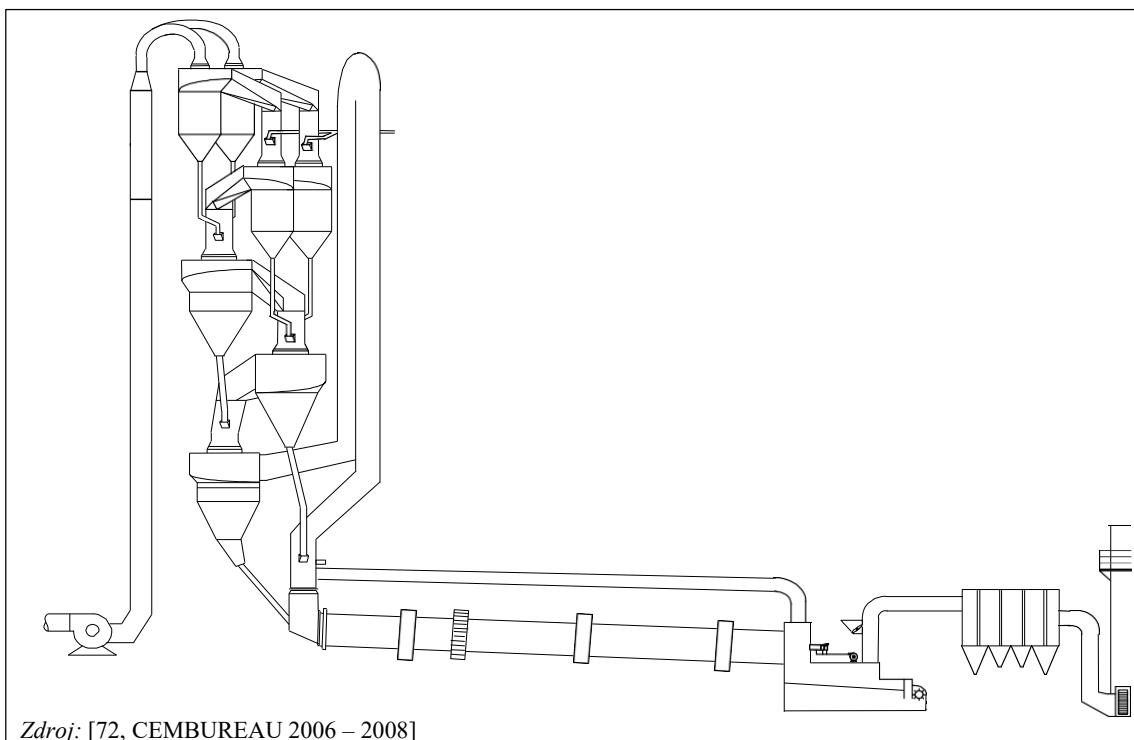
Táto časť procesu je najdôležitejšia z hľadiska potenciálu emisií, kvality a nákladov na výrobok. Pri výpale slinku sa surovinová múčka (alebo surovinová kaša pri mokrom spôsobe) dávkuje do rotačnej pece, kde sa suší, predohrievača, kalcinuje a speká, aby sa vyrobil cementový slinok. Slinok sa ochladí vzduchom a potom sa uskladní.

Pri procese výpalu slinku sú potrebné vysoké teploty na premenu zmesi surovín na cementový slinok. Je nevyhnutné udržiavať teplotu náplne pece v zóne slinovania rotačných pecí na úrovni 1 400 až 1 500 °C a teplotu plameňa na úrovni približne 2 000 °C. Takisto je potrebné, aby sa slinok vypaľoval za oxidačných podmienok. Preto je v zóne slinovania pece na cementový slinok potrebný prebytok vzduchu.

Pri výrobe bieleho cementu vedie proces výpalu k teplotám v zóne slinovania až do 1 600 °C v závislosti od zloženia zmesi surovín a požadovaného zloženia konečného výrobku. Teplota plameňa vyššia ako 2 000 °C sa vyžaduje z dôvodu neprítomnosti taviacich prvkov v surovinách, ktoré by mohli zmeniť farbu výrobku. Vo všeobecnosti sa udržiavajú redukčné podmienky, aby sa zabránilo oxidácii niektorých prvkov, ktoré by mohli slinok zafarbiť. Okrem toho výber paliva bez obsahu popola a mastencovo-magnezitového alebo iného

žiaruvzdorného materiálu na báze magnezitu so spinelovým spojivom sú nevyhnutné, aby sa zabránilo kontaminácii slinku. Kvalitu bieleho cementu výrazne ovplyvňuje technika výroby [119, Sobolev 2001], [120, Španielsko 2007], [138, Taliansko 2007].

Od svojho zavedenia okolo roku 1895 sa stala rotačná pec ústrednou súčasťou všetkých moderných zariadení na výrobu slinku. Zvislá šachtová pec sa stále používa na výrobu vápna, ale len v niekoľkých krajinách sa používa na výrobu cementového slinku, a to len v malých prevádzkach.



Obrázok 1.10: Schematický pohľad na pec s predohrievačom/predkalcinátorom/roštovým chladičom

Prvé rotačné pece boli dlhé mokré pece, v ktorých sa celý tepelný proces využívania tepla odohráva v samotnej peci. Po zavedení suchého spôsobu viedla optimalizácia k technikám, ktoré umožnili sušenie, predohrievanie a kalcináciu v stacionárnom zariadení namiesto rotačnej pece, ako je znázornené na obrázku 1.10.

Rotačná pec sa skladá z ocelevej rúry s pomerom dĺžky k priemeru medzi 10 : 1 a 38 : 1. Rúra je podporená dvoma až siedmimi (alebo viacerými) podpernými stanicami, má sklon 2,5 až 4,5 % a pohon otáča pec okolo jej osi rýchlosťou 0,5 až 5,0 otáčok za minútu. Kombinácia sklonu a rotácie rúry spôsobuje, že sa materiál po nej prepravuje pomaly. Aby rotačná pec odolala veľmi vysokým teplotám v špičke, je celá vyložená žiaruvzdornými tehliami (žiaruvzdornými materiálmi). Všetky dlhé a niektoré krátke pece sú vybavené vnútornými prvkami (reťaze, krížové výmenníky, zdviháky) na zlepšenie prenosu tepla.

Na vnútornom povrchu pece môže dochádzať k prechodnému hromadeniu materiálu v závislosti od procesu a surovín atď. Tieto nánosy sa nazývajú kruhy a môžu sa vyskytovať na vstupnom konci (kruhy zo sadrovca), v blízkosti zóny slinovania (kruhy zo slinku) alebo na výstupnom konci produktu (kruhy z popola). Posledné dva druhy sa môžu náhle odstrániť a spôsobiť, že pec opustí príval horúceho nekvalitného materiálu, ktorý sa potom môže opätovne spracovať alebo sa musí vyradiť ako odpad. Cyklóny a rošty pecí s predohrievačom môžu tiež podliehať hromadeniu materiálu, čo môže viesť k ich upchatiu.

Pri týchto druhoch pecí je potrebné poznamenať, že problémy sa môžu vyskytnúť v prípadoch, keď sa vyskytne nadmerný prísun cirkulujúcich prvkov (chloridy, síra, alkalické látky) zo vsádzky a/alebo paliva (pozri oddiely 1.2.4.3.2 a 1.2.5.3.4).

1.2.5.1 Výpaly v peci

Palivo privádzané cez hlavný horák vytvára hlavný plameň s teplotou plameňa približne 2 000 °C. Z dôvodov optimalizácie procesu musí byť plameň nastaviteľný v určitých medziach. V moderných horákoch s nepriamym spaľovaním sa plameň formuje a reguluje primárnym vzduchom (10 – 15 % celkového spaľovaného vzduchu).

Potenciálne body dávkovania na dodávku paliva do systému pece sú:

- cez hlavný horák na výstupe z rotačnej pece,
- cez plniaci žľab v prechodovej komore na vstupe do rotačnej pece (pre kusové palivo),
- cez sekundárne horáky do stúpacieho potrubia,
- cez horáky predkalcinátora do predkalcinátora,
- cez plniaci žľab do predkalcinátora (pre kusové palivo),
- cez stredný ventil pece v prípade dlhých mokrých a suchých pecí (pre kusové palivo),
- cez koniec roštu systému Lepol.

Prevádzky na spaľovanie uhlia a petrolkoku môžu byť prevádzkami s nepriamym aj priamym spaľovaním. Prevádzky s priamym spaľovaním fungujú bez uskladnenia a dávkovania mletého uhlia. Práškové palivo sa vháňa priamo do pece, pričom vzduch z mlyna slúži ako nosič a ako primárny vzduch (na tvarovanie plameňa). Prevádzky s priamym spaľovaním majú niekoľko nevýhod. Najmä tepelné straty pecí sa pohybujú okolo 200 – 250 MJ/t slinku (v moderných peciach sú o 6 až 8 % vyššie). Preto sa dnes priame spaľovanie inštaluje len zriedkavo.

Vykurovací olej sa pri primeranej viskozite a tlaku vypúšťa cez rozprašovaciu dýzu do pece, aby sa vytvoril napr. hlavný plameň. Tvarovanie plameňa sa vykonáva najmä prostredníctvom viackanálových horákov s hlavnicou rozprašovača oleja v centrálnej polohe.

Pecné horáky na zemný plyn sú navrhnuté na viackanálovom princípe, pričom plyn nahrádza nielen uhlie alebo vykurovací olej, ale aj primárny vzduch.

Viackanálové horáky sú určené aj na používanie rôznych druhov odpadových palív (pozri oddiel 1.2.4). Príklad je uvedený na obrázku 1.11.



Obrázok 1.11: Príklad viackanálového horáka

1.2.5.2 Dlhé rotačné pece

Do dlhých rotačných pecí sa môže dávkovať kaša, drvené filtračné koláče, noduly alebo suchá múčka, a preto sú vhodné pre všetky druhy procesov. Najväčšie dlhé pece majú pomer dĺžky k priemeru 38 : 1 a môžu byť dlhšie ako 200 m. Tieto obrovské zariadenia vyrábajú približne 3 600 ton denne mokrým spôsobom (Belgicko, USA, Spoločenstvo nezávislých štátov (SNŠ)). Dlhé rotačné pece sú navrhnuté na sušenie, predohrievanie, kalcináciu a slinovanie, takže je potrebné doplniť len systém dávkovania a chladič. Horná časť dlhých pecí je vybavená reťazovými závesmi a pevnými zariadeniami na zlepšenie prenosu tepla.

Pece s mokrým spôsobom používané od roku 1895 sú najstarším druhom rotačných pecí používaných na výrobu cementového slínku. Spočiatku sa používala mokrá príprava surovín, pretože homogenizácia bola jednoduchšia pri tekutom materiáli. Mokrá surovina do vsádzkového otvoru pece zvyčajne obsahuje 32 až 40 % vody. Je to potrebné na zachovanie tekutých vlastností suroviny. Táto voda sa potom musí odparovať v špeciálne navrhutej sušiackej zóne na vstupe do pece, kde sa využíva značná časť tepla zo spaľovania paliva. Táto technika má vysokú spotrebu tepla a z toho vyplývajúce vysoké emisie spalín a vodnej pary.

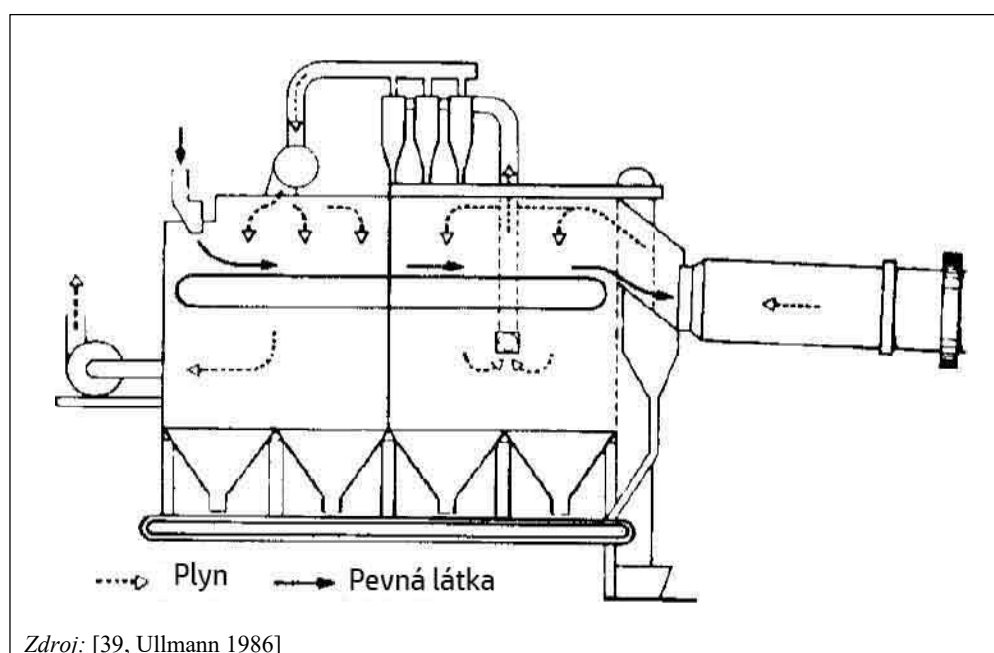
Dlhé suché pece boli vyvinuté v USA na základe dávkového druhu suchých homogenizačných systémov na prípravu surovín. Vzhľadom na ich vysokú spotrebu paliva sa v Európe nainštalovalo len niekoľko kusov.

1.2.5.3 Rotačné pece s predohrievačmi

Rotačné pece s predohrievačmi majú typický pomer dĺžky k priemeru medzi 10 : 1 a 17 : 1. Existujú dva druhy predohrievačov: roštové a suspenzné predohrievače.

1.2.5.3.1 Technika roštového predohrievača

Technika roštového predohrievača, známa aj ako pec Lepol, bola vynájdená v roku 1928. Predstavovala prvý prístup, ktorý umožnil, aby sa časť procesu slinkovania odohrávala v stacionárnom zariadení mimo pece. Vďaka tomu sa rotačná pec skrátila, čím sa znížili straty tepla a zvýšila energetickú účinnosť.



Obrázok 1.12: Roštový predohrievač

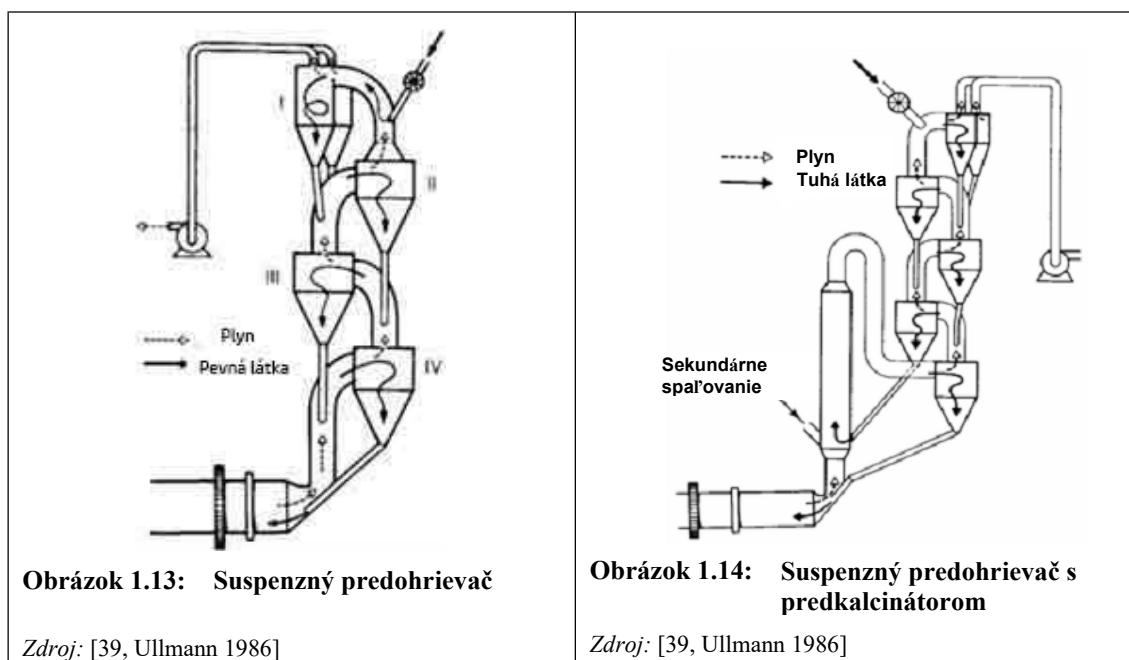
V roštovom predohrievači (pozri obrázok 1.12) sa noduly vyrobené zo suchej múčky na nodulizačnom tanieri (polosuchý spôsob) alebo z filtračných koláčov z mokrej kaše v extrudéri (polomokrý spôsob) dávajú na horizontálny pohyblivý rošt, ktorý prechádza uzavretým tunelom. Tunnel je rozdelený priečkou s otvorom na rošt na komoru s horúcim plynom a komoru na sušenie. Ventilátor nasáva odpadové plyny z rotačnej pece do hornej časti predohrievača, cez vrstvu nodulov v komore s horúcim plynom a potom cez cyklóny medzičlánkového odlučovača prachu. V týchto cyklónoch sa odstraňujú veľké častice prachu, ktoré by inak spôsobovali opotrebovanie ventilátora. Ďalší ventilátor potom nasáva plyn do hornej časti sušiackej komory, cez vlhkú vrstvu nodulov a nakoniec ho vytláča do odlučovača prachu. Na dosiahnutie optimálnej tepelnej účinnosti môžu byť polomokrý roštové predohrievače vybavené trojtáhovými systémami prúdenia plynov a na sušenie surovín sa používa chladnejší odpadový vzduch. Najväčšie postavené zariadenie produkuje 3 300 ton denne v rámci systému polomokrej pece.

Odpadový plyn z rotačnej pece vstupuje do predohrievača s teplotou 1 000 – 1 100 °C. Pri prúde cez vrstvu materiálu v komore s horúcim plynom sa odpadové plyny ochladia na 250/300 °C a sušiacu komoru opúšťa pri teplote 90 – 150 °C. Spaľovaný materiál dosahuje teplotu približne 150 °C v sušiackej komore a 700 – 800 °C v ohrievacej komore.

1.2.5.3.2 Technika suspenzného predohrievača

Vynález suspenzného predohrievača na začiatku 30. rokov 20. storočia bol významným pokrokom. Predohrievanie, a dokonca aj čiastočné kalcinovanie suchej surovínovej múčky (suchý/polomokrý spôsob) sa uskutočňuje udržiavaním múčky v suspenzii s horúcim plynom z rotačnej pece. Výrazne väčšia kontaktná plocha umožňuje takmer úplnú výmenu tepla, aspoň teoreticky.

K dispozícii sú rôzne systémy suspenzného predohrievača. Príklady sú uvedené na obrázkoch 1.13 a 1.14. Zvyčajne majú štyri až šesť cyklónových stupňov, ktoré sú usporiadané nad sebou vo veži vysokej 50 – 120 m vysokej. Najvyšší stupeň môže obsahovať dva paralelné cyklóny na lepšie odlučovanie prachu. Plyn z rotačnej pece prúdi cez cyklónové stupne zdola nahor. Suchá prášková zmes surovín sa pridáva do odpadového plynu pred najvyšším cyklónovým stupňom. V cyklónoch sa oddelí od plynu a pred ďalším cyklónovým stupňom sa k nemu opäť pripojí. Tento postup sa opakuje v každom stupni, až kým sa nakoniec materiál z posledného stupňa nevypustí do rotačnej pece. Toto striedavé miešanie, oddelovanie a opätovné miešanie pri vyššej teplote je potrebné na optimálny prenos tepla.



1.2.5.3.3 Šachtové predohrievače

Po zavedení techniky suspenzného predohrievača sa postavilo značné množstvo šachtových predohrievačov vzhľadom na ich teoreticky lepšie vlastnosti výmeny tepla. Avšak ťažkosti so zabezpečením rovnomerného rozdelenia múčky na plyn znamenali, že skutočný výkon bol oveľa horší, ako sa očakávalo, a technika využívajúca len šachtové stupne bola nakoniec zrušená v prospech hybridných systémov s cyklónovými stupňami alebo čisto viacstupňových cyklónových predohrievačov. Niektoré z týchto hybridov sú stále v prevádzke, väčšina z nich však bola prestavaná na čisté cyklónové predohrievače.

Šachtový stupeň je podstatne menej citlivý na problémy s usadzovaním ako cyklónový stupeň, čo môže byť pre spodný stupeň výhodou v prípadoch, keď je prítomné nadmerné množstvo cirkulujúcich prvkov (chloridov, síry a alkalických látok). Hybridné predohrievače so spodným šachtovým stupňom sú stále k dispozícii pre nové prevádzky.

Typická kapacita šachtových pecí s predohrievačom je do 1 500 ton denne, zatiaľ čo hybridné systémy môžu produkovať 3 000 ton denne alebo viac.

1.2.5.3.4 Štvorstupňový cyklónový predohrievač

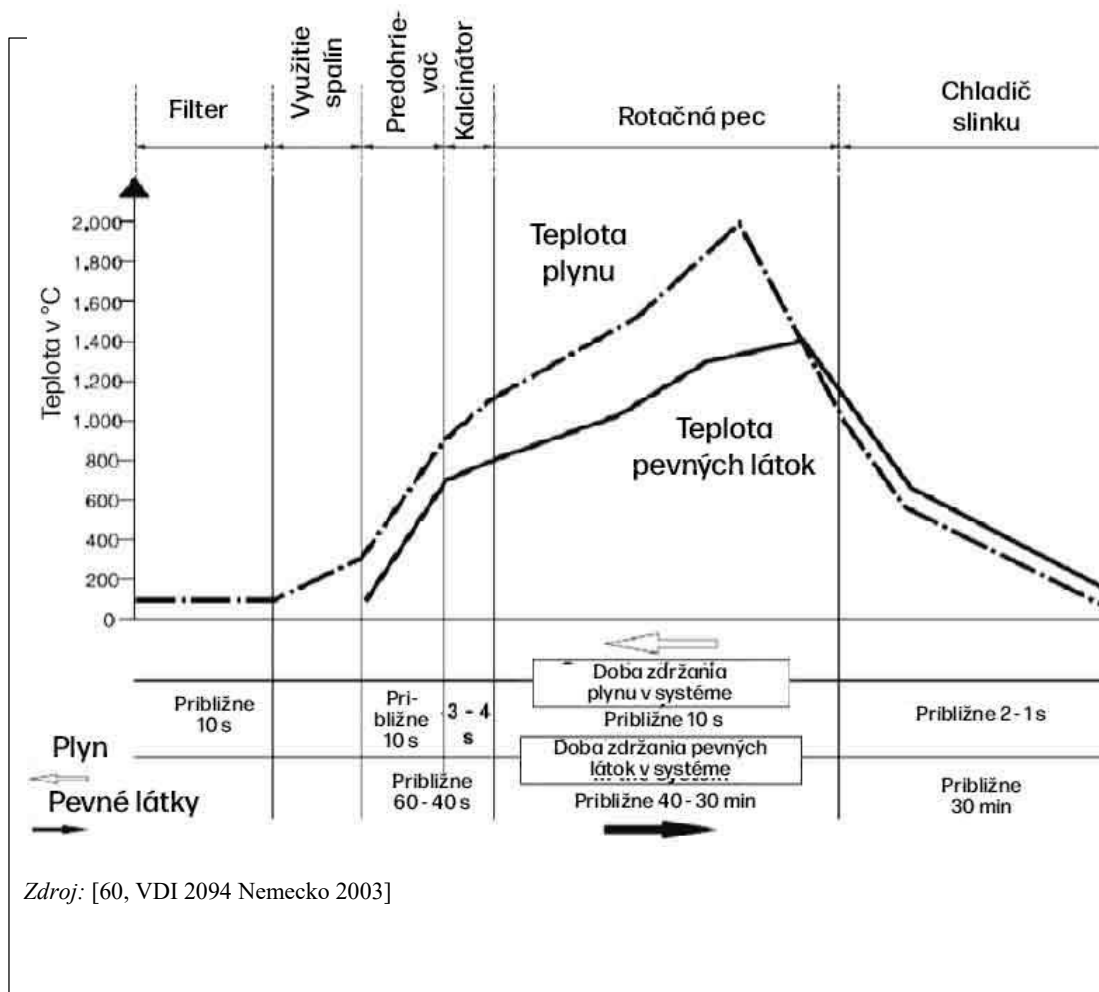
Systém pece so štvorstupňovým cyklónovým predohrievačom (suspenzný predohrievač, pozri obrázok 1. 13) bol štandardnou technikou v 70. rokoch 20. storočia, keď bolo postavených mnoho prevádzok s kapacitou 1 000 až 3 000 ton denne. Odpadové plyny, ktoré majú na hornom stupni cyklónu predohrievača teplotu približne 300 – 400 °C, sa zvyčajne používajú na sušenie surovín.

Keď sa múčka dostane do rotačnej pece, kalcinácia je už približne na 30 % ukončená, pretože vsádzka pece je už zahriata na teplotu približne 850 °C pomocou odpadového plynu. V minulosti sa vyskytli závažné problémy so štvorstupňovými predohrievačmi v prípadoch, keď bol vstup cirkulujúcich prvkov (chloridov, síry, alkalických látok) zo vsádzky a/alebo paliva nadmerný. Vysokoobohatené cykly týchto prvkov vedú k hromadeniu v cyklónoch a stenách potrubia, čo často spôsobuje upchatie a niekoľkodňové zastavenie pece. Ako riešenie tohto problému sa často používa obtok plynu v peci, t. j. odsávanie časti prúdu plynu s obsahom častíc, ktorý opúšťa pec, aby obišiel cyklónový systém. Tento obtokový plyn sa ochladí, aby sa skondenzovali alkalické látky, a potom sa pred vypustením prechádza cez odlučovač prachu. Zatiaľ čo v niektorých regiónoch je z dôvodu kontroly úrovne alkalických látok v slinku potrebné poselať obtokový prach a časť prachu z pece na skládku, vo všetkých ostatných prípadoch sa vracia späť do výrobného procesu.

Takmer všetky štvorstupňové suspenzné predohrievače fungujú s rotačnými pecami s tromi podperami. Toto je štandardný dizajn približne od roku 1970. Boli postavené pece s priemerom od 3,5 do 6 m s pomerom dĺžky k priemeru v rozsahu 13 : 1 až 16 : 1. Mechanicky je jednoduchšia ako dlhé mokré a suché pece a v súčasnosti je pravdepodobne najpoužívanejším druhom pece.

1.2.5.4 Rotačné pece s predohrievačom a predkalcinátorom

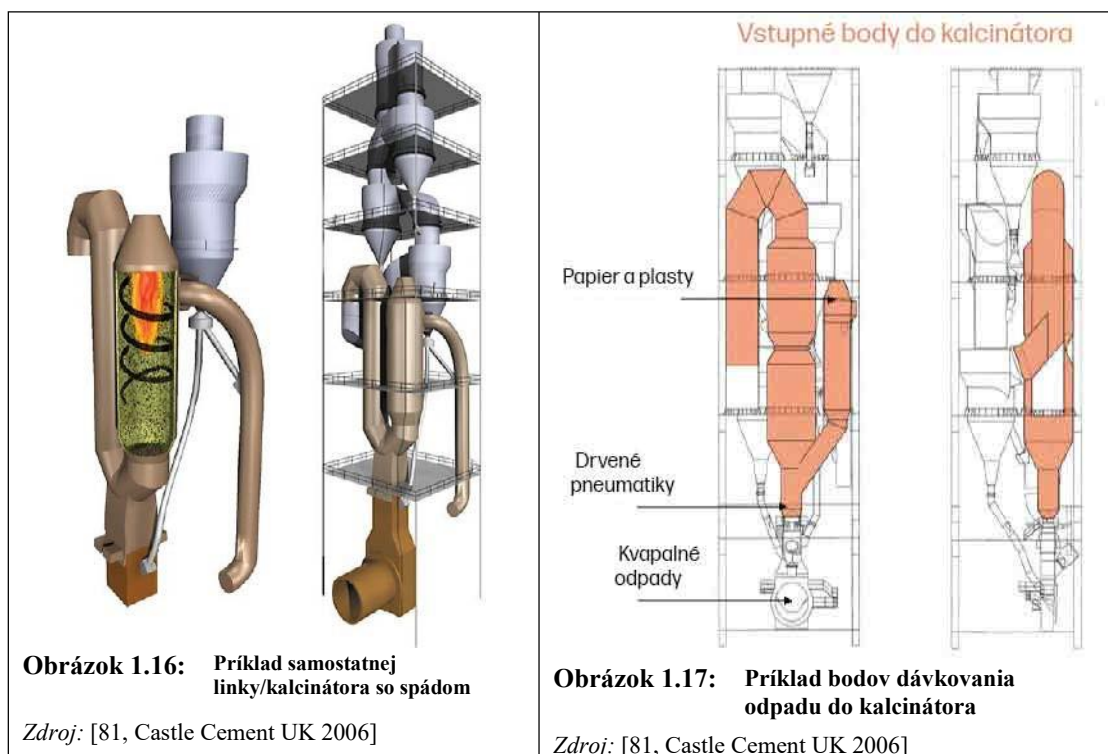
Technika predkalcinácie je v odvetví výroby cementu k dispozícii približne od roku 1970. Pri tomto postupe sa tepelný vstup rozdelí medzi dva body. K primárnemu spaľovaniu paliva dochádza v zóne spaľovania v peci. Sekundárne spaľovanie prebieha v špeciálnej spaľovacej komore medzi rotačnou pecou a predohrievačom. V tejto komore sa môže v typickej peci s predkalcinátorom spáliť až 65 % celkového paliva. Dôvodom je výrazne dlhší zdržný čas horúcej múčky, odpadových plynov z pece v spodnej časti cyklónového predohrievača a použitie dodatočného terciárneho vzduchu. Energia sa v podstate používa na kalcináciu surovínovej múčky, ktorá je po vstupe do pece takmer úplne kalcinovaná. Možno dosiahnuť úroveň kalcinácie výrazne nad 90 %. Horúci vzduch na spaľovanie v kalcinátore je vedený z chladiča. Materiál opúšťa kalcinátor pri teplote približne 870 °C. Teplotné profily plynu a tuhých látok v systéme cyklónového predohrievača pece sú znázornené na obrázku 1.15.



Obrázok 1.15: Teplotné profily plynu a tuhých látok v systéme cyklónového predohrievača pece

Na obrázku 1.14 je znázornený tento postup aplikovaný na pec so suspenzným predohrievačom. Sekundárne spaľovanie možno v zásade použiť aj v peci s roštovým predohrievačom. Pri danej veľkosti rotačnej pece zvyšuje predkalcinácia kapacitu slinky.

Systémy pecí s až piatimi stupňami cyklónového predohrievača a predkalcinátorom sa považujú za štandardnú techniku pre nové prevádzky so suchým spôsobom. Príklad je uvedený na obrázku 1.16. Na použitie odpadu ako paliva je technika kalcinátora znázornená na obrázku 1.17.



Veľkosť novej prevádzky sa určuje predovšetkým na základe predpokladaného vývoja trhu, ale aj na základe úspor z rozsahu. Typická kapacita nových prevádzok v Európe sa dnes pohybuje od 3 000 do 5 000 ton denne. Technicky sú možné aj väčšie zariadenia do 15 000 ton denne a v roku 2007 bolo na ázijských trhoch v prevádzke niekoľko pecí s kapacitou 10 000 ton/denne.

Staršie systémy predkalcinácie mali len štyri stupne predohrievača s primerane vyššou teplotou odpadového plynu a spotrebou paliva. Ak je prirodzená vlhkosť surovín nízka, môžu byť prednostnou voľbou šesťstupňové predohrievače, najmä v kombinácii s odprašovaním pomocou textilného filtra.

V prípade nadmerného vstupu cirkulujúcich prvkov je na zachovanie nepretržitej prevádzky pece potrebný obtok plynu v peci. Vzhľadom na odlišné vlastnosti prúdenia plynu je však obtok v peci s predkalcinátorom oveľa účinnejší ako v peci s priamym predohrievačom.

Napriek tomu, že múčka vstupuje do pece 75 až 95 % kalcinovaná, väčšina pecí s predkalcinátorom je stále vybavená rotačnou pecou s kalcinačnou zónou, t. j. s pomerom L/D 13 : 1 až 16 : 1 ako v prípade pecí s priamym predohrievaním.

1.2.5.4.1 Obtokové systémy

Pri surovinách, ako aj pri palivách (vrátane odpadu), ktoré obsahujú chlór, síru a alkalické látky, ktoré sa privádzajú do systému pece, funguje vnútorná cirkulácia medzi pecou a predohrievačom ako obohacovací cyklus. Pri vyššej koncentrácii takýto cyklus spôsobuje vznik usadenín v oblasti vstupu do pece, kalcinátora a dvoch spodných stupňov. Keďže základom energeticky účinnej výroby slinky je rovnomerná prevádzka pece s minimalizovanými poruchami, malo by sa predchádzať odstavkam v dôsledku tvorby povlakov. Preto si vysoká cirkulácia alkalických látok, chlóru a v menšej miere aj síry vynucuje použitie obtokového plynu na vstupe do pece. Odstránením časti procesného plynu sa uvoľňuje nielen chlór, síra a alkalické látky, ale aj iné látky. Odstránenie horúcich surovín a horúceho plynu vedie k vyššej špecifickej spotrebe energie približne 6 – 12 MJ/t slinky na percento odstráneného vstupného plynu do pece. Typické miery obtoku sú do 15 % pri obtoku chlóru a do 70 % pri obtoku síry. Vlastné pranie So_x odsávaného spolu s obtokovým plynom sa riadi:

- množstvom reaktívneho vápna,
- zdržným časom pri vyšších teplotách $>300\text{ }^{\circ}\text{C}$,
- zdržným časom pri nižších teplotách $<200\text{ }^{\circ}\text{C}$ v prítomnosti vody (pary).

Obtok môže v závislosti od svojej konfigurácie vytvárať dodatočnú emisiu a môže sa použiť dodatočná tepelná energia [76, Nemecko 2006], [86, EURITS 2006], [89, ERFO 2005], [103, CEMBUREAU 2006].

1.2.5.5 Šachtové pece

V Európe sa na výrobu cementu používa niekoľko šachtových pecí. Pece tohto typu pozostávajú zo žiaruvzdorne vyloženého zvislého valca s priemerom 2 – 3 m a výškou 8 – 10 m. Zhora sa do nich dávajú surovinové múčne pelety a jemnozrnné uhlie alebo koks. Pálený materiál prechádza krátkou zónou slinovania v hornej, mierne rozšírenej časti pece. Potom sa ochladzuje spaľovaným vzduchom vháňaným zdola a opúšťa spodný koniec pece na výstupnom rošte vo forme slinku.

Šachtové pece produkujú menej ako 300 ton slinku denne. Sú ekonomické len pre malé prevádzky, a preto sa ich počet znižuje.

1.2.5.6 Odpadové plyny z pece

Vo všetkých systémoch pecí odpadové plyny nakoniec prechádzajú cez zariadenie na kontrolu znečistenia ovzdušia (elektrostatický odlučovač alebo textilný filter) na oddelenie prachu pred výstupom do hlavného komína.

Pri suchých spôsoboch môžu mať odpadové plyny relatívne vysokú teplotu a môžu poskytovať teplo pre mlyn na suroviny, keď je v prevádzke (kombinovaná prevádzka). Ak mlyn na suroviny nie je v prevádzke (priama prevádzka), plyny sa pred vstupom do odlučovača prachu zvyčajne ochladzujú rozprašovaním vody v chladiacej veži, aby sa znížil ich objem a zlepšili sa ich zrážacie vlastnosti.

1.2.5.6.1 Núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO

Oxid uhoľnatý môže vznikáť z akéhokoľvek organického obsahu v surovinách a príležitostne aj v dôsledku neúplného spaľovania paliva. Podiel zo surovín vznikajúci pri predohrievaní sa odvedie spolu s plynmi z pece.

V cementárenských peciach (a peciach na výrobu vápna), v ktorých sa ESP používajú na znižovanie emisií tuhých znečisťujúcich látok, je kontrola úrovni CO veľmi dôležitá, aby sa zabezpečilo, že sa koncentrácie udržia výrazne pod dolnou hranicou výbušnosti. Ak hladina CO v ESP stúpne nad určitú úroveň uvedenú v tabuľke 1.38 (pozri oddiel 1.4.5.3), elektrický systém sa núdzovo vypne, aby sa eliminovalo riziko výbuchu. To vedie k nezmenšenému uvoľňovaniu tuhých častíc z pece. Núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO môžu byť spôsobené nestabilnou prevádzkou spaľovacieho systému. K tomu niekedy dochádza pri dávkovaní tuhých palív, preto musia byť systémy dávkovania tuhých palív navrhnuté tak, aby sa zabránilo nárazovému prívodu paliva do horáka. Obsah vlhkosti v tuhých palivách je v tomto ohľade obzvlášť dôležitým faktorom a musí sa starostlivo kontrolovať, aby sa predišlo zadržiavaniu alebo upchávaniu v systémoch prípravy a dávkovania paliva.

Usmernenie týkajúce sa kontroly núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO nájdete v oddiele 6.2.6.

1.2.5.7 Chladiče slinku

Chladič slinku je neoddeliteľnou súčasťou systému pece a má rozhodujúci vplyv na výkon a hospodárnosť prevádzky na tepelné spracovanie. Chladič má dve úlohy: získať čo najviac tepla z horúceho (1 450 °C) slinku, aby sa mohlo vrátiť do procesu, a znížiť teplotu slinku na úroveň vhodnú pre zariadenia, ktoré sa nachádzajú za ním.

Teplo sa získava predohrievaním vzduchu používaného na spaľovanie pri hlavnom a vedľajšom spaľovaní čo najbližšie k termodynamickému hranici. Tomu však bránia vysoké teploty, extrémna abrazívnosť slinku a jeho široký granulometrický rozsah. Rýchle ochladenie fixuje mineralogické zloženie slinku, aby sa zlepšila schopnosť mletia a optimalizovala reaktivita cementu.

Typickými problémami chladičov slinku sú tepelná rozťažnosť, opotrebovanie, nesprávne prietoky vzduchu a zlá dostupnosť, ktoré sú v rozpore s uvedenými požiadavkami. Existujú dva hlavné typy chladičov: rotačný a roštový.

Pri výrobe bieleho cementu sa používajú iné typy chladičov, ktoré sú prispôbivé špecifikám prevádzky, aby sa zachovali redukčné podmienky počas chladenia slinku. Na zlepšenie kvality slinku sa v prvej fáze bielenia používa bezkyslíková atmosféra a rýchle ochladzovanie rozprašovaním vody. Rýchle ochladenie bieleho slinku vodou vedie k výraznému zlepšeniu belosti. Je potrebné zabrániť kontaminácii bieleho slinku chromoforickými prvkami a silnej oxidácii počas fázy chladenia [119, Sobolev 2001], [120, Španielsko 2007], [138, Taliansko 2007].

1.2.5.7.1 Rotačné chladiče

1.2.5.7.1.1 Rúrkové chladiče

Rúrkový chladič využíva rovnaký princíp ako rotačná pec, ale na opačnú výmenu tepla. Na výstupe z pece, často v opačnom usporiadaní, t. j. pod pecou, je nainštalované druhé rotačné zariadenie s vlastným pohonom. Po vypustení z pece prechádza slinok pred vstupom do chladiča prechodovým krytom, ktorý je vybavený zdviháčkmi na rozptýlenie produktu do prúdu vzduchu. Ochladzovanie prúdu vzduchu je určené množstvom vzduchu potrebným na spaľovanie paliva. Okrem rýchlosti môžu výkon chladiča ovplyvniť len vnútorné prvky. Pri optimalizácii zdvihákov sa musí zohľadniť výmena tepla (rozptylový vzor) v porovnaní s cyklom prachu späť do pece.

1.2.5.7.1.2 Planetárne (alebo satelitné) chladiče

Planetárny alebo satelitný chladič je špeciálny typ rotačného chladiča. Na rotačnej peci je na výstupnom konci pripojených niekoľko chladiacich rúr, zvyčajne 9 až 11, ako je znázornené na obrázku 1.18. Horúci slinok vstupuje cez otvory v plášti pece usporiadané do kruhu v každom bode, kde je pripojená chladiaca rúra. Množstvo chladiaceho vzduchu sa určuje podľa množstva vzduchu potrebného na spaľovanie paliva a vstupuje do každej rúrky z výtláčného konca, čo umožňuje protiprúdovú výmenu tepla. Pokiaľ ide o rúrkový chladič, nevyhnutné sú vnútorné prvky na zdvíhanie a rozptyľovanie slinou. Neexistujú žiadne variabilné prevádzkové parametre. Vysoké opotrebenie a tepelné šoky v spojení s prachovými cyklami znamenajú, že vysoké výstupné teploty slinku a neoptimálne využitie tepla nie sú ničím výnimočným. Výstupnú teplotu slinku možno ďalej znížiť len vstrekaním vody do chladiacich rúr alebo na plášť.

Keďže je prakticky nemožné odvádzať terciárny vzduch, planetárny chladič nie je vhodný na predkalcináciu. Je však možné sekundárne spaľovanie až do 25 % paliva v oblasti stúpačky pece.



Zdroj: [45, Schorcht 2006] [90, Maďarsko 2006]

Obrázok 1.18: Príklad planetárneho chladiča

1.2.5.7.2 Roštové chladiče

Chladenie v roštových chladičoch sa dosahuje prúdením vzduchu smerom nahor cez vrstvu slinku (slinkové lôžko), ktorá leží na rošte prepúšťajúcom vzduch. Používajú sa dva spôsoby dopravy slinku: pohyblivý rošt a vratný rošt (stupne s tlačiacimi hranami).

Keďže horúci vzduch z dochladzovacej zóny sa nepoužíva na spaľovanie, je k dispozícii na sušenie, napr. surovín, cementových prísad alebo uhlia. Ak sa tento odpadový vzduch z chladiča nepoužíva na sušenie, musí sa riadne odprášiť.

1.2.5.7.2.1 Chladiče s pohyblivým roštom

V tomto druhu chladiča sa slinok prepravuje pomocou pohyblivého roštu. Tento rošt má rovnaké konštrukčné vlastnosti ako rošt predohrievača (Lepol). Chladiaci vzduch sa vháňa ventilátormi do priestorov pod roštom. Výhodou tejto konštrukcie je neporušená vrstva slinku (žiadne stupne) a možnosť výmeny dosiek bez zastavenia pece. Vzhľadom na mechanickú zložitosť a slabú výťažnosť v dôsledku obmedzenej hrúbky lôžka (spôsobené ťažkosťami s dosiahnutím účinného tesnenia medzi roštom a stenami) sa táto konštrukcia prestala používať v nových zariadeniach približne od roku 1980.

1.2.5.7.2.2 Chladiče s vratným roštom

Preprava slinku v chladiči s vratným roštom je ovplyvnená postupným posúvaním lôžka slinku prednými hranami striedajúcich sa radov dosiek. Relatívny pohyb predných hrán je generovaný hydraulickými alebo mechanickými (kľukový hriadeľ) pohonmi pripojenými ku každému druhému radu. Z dávkovacieho konca do vypúšťacieho konca sa pohybuje len slinok, ale nie rošt.

Roštové dosky sú vyrobené zo žiaruvzdornej liatiny, sú zvyčajne 300 mm široké a majú otvory na prechod vzduchu.

Chladiaci vzduch sa nasáva z ventilátorov pri 300 – 1 000 mmWG cez priehradky umiestnené pod roštom. Tieto priehradky sú navzájom oddelené, aby sa zachoval profil tlaku. Rozlišujú sa dve chladiace zóny:

- rekuperačná zóna, z ktorej sa horúci chladiaci vzduch využíva na spaľovanie paliva hlavného horáka (sekundárny vzduch) a paliva predkalcinátora (terciárny vzduch),

- dochladzovacia zóna, kde sa dodatočným chladiacim vzduchom slinok ochladí na nižšiu teplotu.

Kľúčové vlastnosti modernej chladiacej techniky sú (v závislosti od dodávateľa):

- moderné dosky so zabudovaným, premenlivým alebo trvalým tlakovým spádom, priepustné pre vzduch, ale nie pre slinok,
- nútené prevzdušňovanie cez dosky prostredníctvom potrubí a nosníkov,
- individuálne nastaviteľné prevzdušňovacie zóny,
- pevný prívod,
- menší počet a širšie rošty,
- valcový drvič,
- tepelné štíty.

Najväčšie prevádzkované zariadenia majú aktívnu plochu približne 280 m² a chladiacu kapacitu 10 000 ton slinku denne. Typickými prevádzkovými problémami týchto chladičov sú segregácia a nerovnomerné rozloženie slinku, ktoré vedú k nerovnováhe medzi vzduchom a slinkom, fluidizácia jemného slinku (červená rieka) a tiež nánosy („snehuliaci“) a menej ako ideálna životnosť dosiek.

1.2.5.7.2.3 Tretia generácia roštových chladičov

Zavedenie a vývoj modernej techniky chladičov s vratným roštom sa začal okolo roku 1983. Cieľom návrhu bolo odstrániť ťažkosti s bežnými chladičmi, a tým sa priblížiť k optimálnej výmene tepla a tiež ku kompaktnjším chladičom, ktoré využívajú menej chladiaceho vzduchu a menšie systémy odprašovania.

V roku 2000 sa v odvetví výroby cementu objavila nová generácia, ktorá predstavuje úplne novú koncepciu chladenia slinku. Základnou myšlienkou bolo vyvinúť chladič, v ktorom sú oddelené a optimalizované systémy prepravy slinku a distribúcie vzduchu. V porovnaní s chladičmi s vratnými roštami sa eliminuje uzatváranie vzduchu a optimalizuje sa distribúcia vzduchu pre všetky prevádzkové režimy.

Kľúčové vlastnosti týchto typov chladičov sú (v závislosti od dodávateľa):

- jeden šikmý alebo vodorovný pevný rošt,
- preprava slinku pomocou priečných tyčí, koľajníc, posuvných podláh alebo podobných zariadení, oddelených od rozvodu vzduchu,
- slinok zostáva na mieste a neprepadáva do priestoru pod roštom,
- eliminácia tesniaceho vzduchu a automatická regulácia distribúcie vzduchu,
- účinnosť prepravy slinku sa zlepšuje vďaka lepšej kontrole ťažkostí spojených s fluidizáciou jemného slinku („červená rieka“).

Tieto typy chladičov sú vhodné na prevádzku cementárenských pecí s najväčšími kapacitami na výrobu slinku.

1.2.5.7.3 Zvislé chladiče

Bol vyvinutý bezprašný dochladzovač nazývaný gravitačný chladič alebo G-chladič, ktorý sa používa ako zariadenie po planetárnom chladiči alebo rekuperátore/chladiči s krátkym roštom. Chladiaci vzduch nikdy neprichádza do kontaktu so slinkom, pretože výmena tepla je ovplyvnená klesaním slinku cez priečne oceľové rúrky v slinkovom lôžku, ktoré sú zase ochladzované vzduchom vháňaným cez ne.

1.2.5.8 Kogenerácia

Výroba elektrickej energie a využitie prebytočného tepla z procesu výroby cementu sa môže uplatniť v cementárňach.

Za normálnych okolností sa väčšina tepla vyžarovaného z pece na výrobu cementového slinku využíva na sušenie a suché mletie:

- sušenie a mletie surovín,
- sušenie trosky,
- sušenie piesku,
- sušenie a mletie paliva.

Prevádzky s viacstupňovými závesnými cyklónovými predohrievačmi – s predkalcinátorom alebo bez neho – sú navrhnuté tak, aby vyhovovali charakteru dostupných surovín. Ak sú suroviny veľmi vlhké, na spracovanie materiálu sa používa aj výstupný plyn z roštového chladiča slinku.

Suroviny na báze vápna potrebujú v závislosti od geológie a sezónnych zrážok rôznu úroveň tepla na odstránenie vlhkosti. Niekedy je však pre potreby vyššie uvedeného procesu potrebné určité množstvo tepla. Je potrebné poznamenať, že dostupnosť prebytočného tepla a následne technika spätného získavania tepla musí zohľadňovať túto variabilitu.

Okrem diaľkového vykurovania možno prebytočné teplo využiť aj na výrobu elektrickej energie. Bežne sa tieto procesy operujú s vodou, ktorá musí pracovať ekonomicky pri relatívne vysokej teplote/tlaku pary, ak sa má vyrábať elektrická energia.

V nemeckej cementárenskej peci sa prvýkrát použil proces organického Rankinovho cyklu (ORC) na kogeneráciu energie z nízko-teplotného odpadu tepla. Tento proces je v podstate založený na použití pentánu ako hnacieho média, ktorý sa odparuje na paru pri podstatne nižších teplotách ako voda. Osobitnými výhodami sú jednoduchá prevádzka, kompaktná konštrukcia a relatívne vysoká úroveň účinnosti, ktorú možno dosiahnuť pri zdrojoch tepla s teplotou nižšou ako 275 °C. Preto možno výrobu elektrickej energie využitím prebytočného tepla z procesu výroby cementu považovať za technicky uskutočniteľnú alternatívu k prevádzkam využívajúcim paru, ak sa splnia určité predpoklady.

Z dostupných výsledkov z jednej nemeckej cementárne vyplýva, že pri danom režime prevádzky možno vyrobiť 1,1 MW elektrického výkonu. Dosiahlo sa to pomocou chladiča slinku s tepelným výkonom odpadového vzduchu 14 MW a teplotou odpadového plynu 300 °C [76, Nemecko 2006], [78, E. Baatz + G. Heidt 2000], [79, Nemecko 2001], [133, CEMBUROU/Federhen 2007].

Príklady prevádzok a ďalšie informácie týkajúce sa spätného získavania prebytočného tepla z chladičov slinku alebo výstupných plynov z pecí na diaľkové vykurovanie, kogenerácie elektrickej energie prostredníctvom konvenčného parného cyklu, ako aj procesu ORC v prevádzke nájdete v oddiele 1.4.2.4 a v oddiele 6.2.3.

1.2.6 Mletie a uskladnenie cement

1.2.6.1 Uskladnenie slinku

Slinok a ostatné zložky cementu sa skladujú v silách alebo v uzavretých halách. Väčšie zásoby sa môžu skladovať na otvorenom priestranstve, ak sa vykonajú potrebné opatrenia proti vzniku prachu.

Najbežnejšie systémy uskladnenia slinku sú:

- pozdĺžne sklady s gravitačným vyprázdnovaním (obmedzená živočíšna výroba),
- kruhové sklady s gravitačným vyprázdnovaním (obmedzená živočíšna výroba),
- sila na uskladnenie slinku (vysoký objem živočíšnej výroby; pri určitých úrovniach sila sa môžu vyskytnúť problémy s vibráciami pôdy pri vyberaní slinku zo sila),
- kupoly na uskladnenie slinku (obmedzená živočíšna výroba).

1.2.6.2 Mletie cementu

Portlandský cement sa vyrába spoločným mletím cementového slinku so síranmi, ako je sadrovec a anhydrit. V zmesových cementoch (kompozitných) sa nachádzajú ďalšie zložky, ako napríklad granulovaná vysokopecná troska, popolček, prírodné alebo umelé puzolány a vápenec alebo inertné plnivá. Tie sa budú mlieť spolu so slinkom alebo sa budú musieť sušiť a mlieť samostatne. Mlyny môžu byť umiestnené oddelene od prevádzok na výrobu slinku.

Druh procesu mletia cementu a koncepcia prevádzky zvolená na konkrétnom mieste závisí od druhu cementu, ktorý sa má vyrábať. Osobitný význam majú schopnosť mletia, vlhkosť a abrazívne vlastnosti zlúčenín vyrábaného druhu cementu.

Väčšina mlynov pracuje v uzavretom okruhu, to znamená, že dokážu oddeliť cement s požadovanou jemnosťou od mletého materiálu a vrátiť hrubý materiál do mlyna.

Pri výrobe bieleho cementu je finálne mletie jedným z najdôležitejších krokov spolu s výberom vhodných druhov sadrovca s vysokou čistotou. Na zvýšenie jemnosti a skrátenie času mletia sa používa vhodná pomocná látka na mletie (do 1 %), čo má za výsledok zvýšenie belosti o 5 – 7 %. Okrem toho by sa v relatívne malých množstvách mohli použiť jemné mleté mikroplnivá, ako je biely mramor alebo kremenné sklo, čistý silikagél, sľuda alebo mastenec, kaolín (alebo metakaolín) alebo prášky so stopami TiO_2 [119, Sobolev 2001].

1.2.6.2.1 Dávkovanie a nastavenie pomeru vsádzky mlyna

Presnosť a spoľahlivosť dávkovania a nastavenia hmotnostného pomeru zložiek vsádzky mlyna má veľký význam pre udržanie vysokej energetickej účinnosti mletia. Prevládajúcim dávkovaním a nastavením pomeru vsádzky mlyna pre dávkovanie materiálu do mlynov je dávkovacia váha.

1.2.6.2.2 Mletie cementu

Vzhľadom na rôznorodosť druhov cementu, ktoré vyžaduje trh, prevládajú najnovšie systémy na mletie vybavené dynamickým odlučovačom vzduchu.

Bežne používané systémy finálneho mletia sú:

- rúrkové mlyny, uzavretý okruh (pridávanie minerálnych zložiek je pomerne obmedzené, ak nie sú suché alebo predsušené),
- zvislé valcové mlyny (najvhodnejšie na pridávanie veľkého objemu minerálnych zložiek vďaka svojej sušiackej kapacite, najvhodnejšie na oddelené mletie minerálnych zložiek),
- valcové lisý (pridávanie minerálnych zložiek je pomerne obmedzené, ak nie sú suché alebo predsušené).

Ďalšie používané systémy finálneho mletia sú:

- rúrkový mlyn, koncové vypúšťanie v otvorenom okruhu,
- rúrkový mlyn, koncové vypúšťanie v uzavretom okruhu s mechanickým odlučovačom vzduchu alebo cyklónovým odlučovačom vzduchu v prípade starších generácií,
- vodorovné valcové mlyny.

Guľové mlyny (druh *rúrkového mlyna*) sú k dispozícii s priemerom rúrky do 6 m a dĺžkou rúrky do 20 m. Oceľové guľe rôznych veľkostí sa používajú v závislosti od očakávanej jemnosti mletia. Tento druh mlyna sa pomerne ľahko prevádzkuje za stabilných prevádzkových podmienok a má vysokú prevádzkovú spoľahlivosť a dostupnosť. V obmedzenej miere sa dajú vysušiť aj minerálne prísady s určitým obsahom vlhkosti, a to tak, že sa do mlyna privedie horúci plyn a využije sa teplo z procesu mletia. V porovnaní s ostatnými druhmi mlynov však majú guľové mlyny vyššiu špecifickú spotrebu energie a v energetickej účinnosti sa radia na posledné miesto.

Princíp činnosti *zvislých valcových mlynov* je založený na pôsobení dvoch až štyroch mlecích valcov uložených na výkyvných ramenách a pohybujúcich sa na vodorovnom mlecom stole alebo mlecej mise. Je vhodný najmä na súčasné mletie a sušenie cementových surovín alebo trosky, pretože zvislé valcové mlyny zvládajú relatívne vysoký obsah vlhkosti vo vsádzke mlyna. Čas prechodu materiálov cez mlyn je dostatočne krátky na to, aby sa zabránilo predhydratácii cementového slinku, napr. v prípade mletia troskového cementu.

Vysokotlakový dvojvalcový mlyn si stále vyžaduje pomerne vysoký stupeň údržby. Vysokotlakové dvojvalcové mlyny sa často používajú v spojení s guľovými mlynmi.

Novším vývojom v oblasti mletia cementu je *vodorovný valcový mlyn*. Tvorí ho krátky vodorovný plášť uložený na hydrodynamických alebo hydrostatických ložiskách. Plášť sa otáča pomocou ozubeného venca. Vnútri plášťa sa nachádza vodorovný valec, ktorý sa môže voľne otáčať a môže byť hydraulicky pritlačený na plášť. Materiál, ktorý sa má rozomlieť, sa vkladá do jedného alebo oboch koncov plášťa a niekoľkokrát prechádza medzi valcom a plášťom. Rozdrvený materiál, ktorý opúšťa mlyn, sa prepravuje do odlučovača, pričom nadrozmerná frakcia sa vracia do mlyna.

Porovnanie kľúčových vlastností z príkladov mletia je uvedené v tabuľke 1.19 v oddiele 1.3.3.2.

1.2.6.2.3 Mletie minerálnych prísad

Minerálne prísady sa zvyčajne melú spolu so slinkom a sadrovcom. Rozhodnutie o ich oddelenom mletí závisí od nasledujúcich faktorov:

- percentuálny podiel minerálnych prísad v konečnom výrobku a vo výrobe cementu ako celku,
- či je k dispozícii náhradný systém mlynu,
- či existuje značný rozdiel v schopnosti mletia slinku a minerálnych prísad,
- obsah vlhkosti minerálnych prísad.

Ak sa vyžaduje predsušenie minerálnych prísad, môžu sa použiť sušiacie systémy využívajúce buď odpadové plyny z pece a/alebo odpadový vzduch z chladiča, alebo nezávislý zdroj horúceho plynu.

Systémy spoločného mletia

Na spoločné mletie minerálnych prísad so slinkom a sadrovcom možno použiť ktorýkoľvek z uvedených mlecích systémov na suché/polosuché mletie surovín. Väčšina systémov však stanovuje limity na obsah vlhkosti vo vsádzkovej zmesi, maximálne 2 % alebo 4 %, ak sa používa zdroj horúceho plynu. Pri vyššom obsahu vlhkosti si systémy vyžadujú predsušenie minerálnych prísad v sušičke. Výnimkou je zvislý valcový systém, ktorý je schopný zvládnuť obsahy vlhkosti do 20 %, ale stále si vyžaduje zdroj horúceho plynu.

Oddelené mletie

Na oddelené mletie minerálnych prísad možno použiť systémy na suché/polosuché mletie surovín. To isté však platí pre systémy s ohľadom na obsah vlhkosti v zmesiach prísad a môže sa vyžadovať predsušenie.

1.2.6.2.4 Oddelenie podľa rozdelenia veľkosti častíc

Rozdelenie veľkosti častíc produktu, ktorý opúšťa systém mletia cementu, má veľký význam pre kvalitu cementu. Špecifikácia týchto parametrov sa dosiahne nastavením odľučovača. Najnovšie odľučovače typu rotorovej klietky majú oproti predchádzajúcim konštrukciám niekoľko výhod, ako napr.:

- nižšiu špecifickú spotrebu energie systému (menej nadmerného mletia),
- zvýšenie priepustnosti (účinnosť) systému,
- možnosť chladenia výrobku,
- vyššiu flexibilitu pri úprave jemnosti výrobku,
- lepšiu kontrolu rozdelenia veľkosti častíc, lepšiu rovnomernosť výrobku.

1.2.6.2.5 Zníženie chrómanov – chróm (VI)

Keďže cement sa vyrába z prírodných surovín, obsah chrómu sa môže v závislosti od okolností značne líšiť, ale je to nevyhnutné. Hlavným zdrojom chrómu v portlandskom cementu sú prírodné suroviny, ako sú vápenec, piesok a najmä íl. Medzi menej významné zdroje patria palivá (konvenčné (fosílné) a odpad). V dôsledku prirodzených zmien v chemickom zložení zemskej kôry sa môže obsah chrómu značne líšiť. Časť chrómu je prítomná vo forme rozpustnej vo vode, tzv. šesťmocný chróm (chróm (VI)).

V roku 2003 Národný ústav zdravia pri práci vypracoval epidemiologické hodnotenie výskytu alergickej dermatitídy v prípade pracovníkov v stavebníctve v súvislosti s obsahom chrómu (VI) v cemente. V tomto hodnotení sa uvádza, že „hlavnými zdrojmi chrómu v hotovom cemente sú suroviny, žiaruvzdorné tehly v peci a chrómové mlecie médiá. Relatívny podiel týchto zdrojov sa môže líšiť v závislosti od obsahu chrómu v surovinách a od výrobných podmienok. V štúdií mletia slinku guľôčkami zo zliatiny chrómu s obsahom 17 – 28 % chrómu sa obsah šesťmocného chrómu v cemente zvýšil na viac ako dvojnásobok obsahu v pôvodnom slinku.“

Chróm (VI) môže po rozpustení vo vode preniknúť do nechránenej pokožky. Tento vo vode rozpustný chróm (VI) môže spôsobiť alergickú dermatitídu, nazývanú aj „cementový ekzém“. Pod pojmom „cementový ekzém“ sa skrýva aj iný typ dermatitídy: dráždivá dermatitída spôsobená alkalickou povahou cementu zmiešaného s vodou.

V smernici EÚ o chrómanoch (2003/53/ES) sa obmedzilo uvádzanie na trh a používanie cementu s obsahom rozpustného chrómu (VI) vyšším ako 0,0002 % (2 ppm). V odvetví výroby cementu nie je vo všeobecnosti možné znížiť obsah chrómanov v cemente vo vstupnej fáze, pretože hlavným zdrojom sú suroviny. Preto v roku 2007 jediným spôsobom, ako znížiť obsah vo vode rozpustného chrómu (VI) v cemente, je prídanie redukčného činidla do hotových výrobkov. Hlavnými redukčnými činidlami používanými v Európe sú síran železnatý a síran cínatý [86, EURITS 2006], [103, CEMBUREAU 2006], [111, Európska únia 2003].

1.2.6.3 Uskladnenie cementu

Na prepravu cementu do skladovacích síl možno použiť pneumatické aj mechanické prepravné systémy. Mechanické systémy majú zvyčajne vyššie náklady na investíciu, ale oveľa nižšie prevádzkové náklady ako pneumatická preprava. Najčastejšie používaným prepravným systémom je kombinácia fluidných žľabov alebo závitových/reťazových dopravníkov s pásovým výťahom.

Rôzne druhy cementu sa v silách uskladňujú oddelene. Na uskladnenie cementu sú zvyčajne potrebné rôzne silá. Nové konštrukcie síl však umožňujú uskladňovať v jednom sile viac ako jeden druh cementu. Na uskladnenie cementu sa používajú tieto konfigurácie síl:

- jednokomorové silá so zbernou platňou,
- jednokomorové silá s centrálnym kužeľom,
- viackomorové silá,
- kupolové silá s centrálnym kužeľom.

Na spustenie a udržiavanie procesu vypúšťania cementu z týchto síl sa používa stlačený vzduch prostredníctvom prevzdušňovacích podložiek umiestnených na dne sila.

1.2.7 Balenie a expedícia

Cement sa zo síl premiestňuje buď priamo do cestných, železničných alebo lodných cisterien na voľne loženú hmotu, alebo do baliacej stanice.

1.3 Súčasná spotreba a úrovne emisií

Je potrebné poznamenať, že ak nie je v tomto dokumente uvedené inak, v tomto oddiele týkajúcom sa cementu sa štandardné podmienky merania objemových prietokov a koncentrácie plynov vzťahujú na nasledujúce definície, ktoré sú uvedené aj v slovníku:

m ³ /h	objemový tok: ak nie je v tomto dokumente uvedené inak, objemové toky znamenajú 10 obj. % kyslíka a štandardný stav
mg/Nm ³	koncentrácia: ak nie je v tomto dokumente uvedené inak, koncentrácie plynových látok alebo zmesí látok sa vzťahujú na suché spaliny pri 10 obj. % kyslíka a štandardnom stave
štandardný stav	znamená teplotu 273 K, tlak 1 013 hPa a suchý plyn

Okrem toho je potrebné poznamenať, že emisné rozsahy sa vzťahujú na referenčnú úroveň kyslíka 10 %, hoci skutočná úroveň kyslíka v procese spaľovania je oveľa nižšia ako 10 %, napr. 3 %. Vzorec na výpočet koncentrácie emisií je uvedený nižšie:

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} * E_M$$

E_R (mg/Nm³): koncentrácia emisií vo vzťahu k referenčnej úrovni kyslíka O_R
 O_R (obj. %): referenčná úroveň kyslíka
 E_M (mg/Nm³): koncentrácia emisií súvisiaca s nameranou úrovňou kyslíka O_M
 O_M (obj. %): nameraná úroveň kyslíka

Ďalšie užitočné informácie o monitorovaní možno nájsť v referenčnom dokumente o všeobecných zásadách monitorovania (MON) [151, Európska komisia 2003].

Hlavnými environmentálnymi problémami spojenými s výrobou cementu sú emisie do ovzdušia a spotreba energie. Vypúšťanie odpadových vôd sa zvyčajne obmedzuje len na povrchový odtok a chladiacu vodu a podstatne neprispieva k znečisteniu vody. Uskladňovanie palív a manipulácia s nimi je potenciálnym zdrojom kontaminácie pôdy a podzemných vôd.

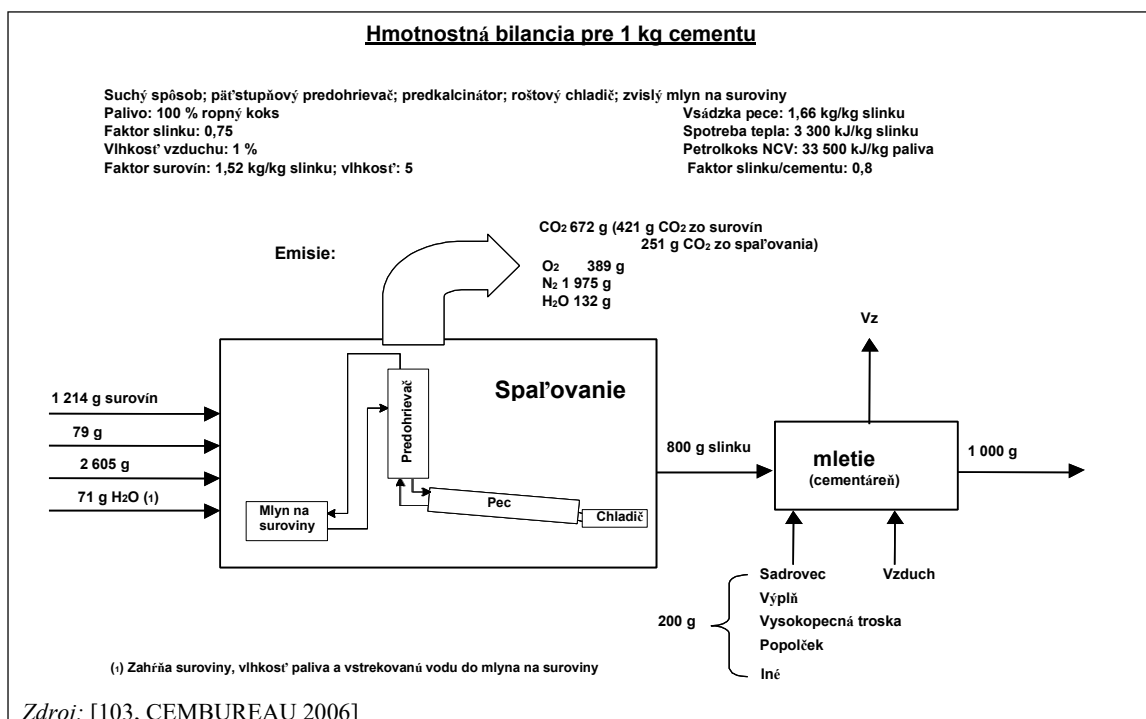
Cieľom hmotnostnej bilancie je vyhodnotiť zložky hmotnosti vstupujúce do systému a vystupujúce zo systému, pričom sa zohľadňuje zákon zachovania hmotnosti. Vyhodnotenie všetkých položiek hmotnostnej bilancie si vyžaduje predchádzajúcu znalosť údajov o procese, ako je zloženie surovín a paliva, toky plynov, údaje o atmosfére atď. V cementárni, so systémom pozostávajúcím z mlyna na suroviny, predohrievača, pece a chladiča sú dôležité tieto vstupné a výstupné toky:

- vstupné toky:
 - suroviny (konvenčné a/alebo odpadové),
 - energia (palivá (fosílna a/alebo odpadové a/alebo z biomasy), elektrická energia),
 - voda (vrátane vlhkosti paliva, vlhkosti surovín, vlhkosti vzduchu a vstrekovania vody do mlyna na suroviny),
 - vzduch (primárny vzduch, dopravný vzduch, chladiaci vzduch a prisávaný vzduch),
 - pomocné látky (minerálne prísady, obalový materiál),
- výstupné toky:
 - slinok
 - procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu (prach z filtrov),
 - emisie do ovzdušia (napr. prach, NO_x, SO_x; pozri aj hmotnostnú bilanciú obrázok 1.19),
 - emisie do vody (vo výnimočných prípadoch).

Vstupné údaje sú tieto:

- suchý spôsob: päťstupňový predohrievač, predkalcinátor, roštový chladič, zvislý mlyn na suroviny
- palivo: 100 % ropný koks
- spotreba tepla: 3 300 kJ/kg slinku
- výhrevnosť (čistá) petroľkoku (NCV): 33 500 kJ/kg paliva
- vsádzka pece: 1,66 kg/kg slinku; štandardné chemické zloženie vsádzky pece
- faktor surovín: 1,52 kg/kg slinku a 5 % vlhkosti
- vlhkosť vzduchu: 1 %
- mlyn na suroviny:
 - prisávaný vzduch: 30 %
 - vstrekovanie vody: 0,5 % vsádzky pece
- faktor slinku/cementu: 0,8.

Hmotnostná bilancia výroby 1 kg cementu suchým spôsobom s petroľkoksom ako palivom je znázornená na obrázku 1.19.



Obrázok 1.19: Hmotnostná bilancia výroby 1 kg cementu suchým spôsobom

1.3.1 Spotreba vody

Voda sa používa vo viacerých fázach procesu výroby. Voda sa používa len v niektorých prípadoch pri príprave surovín, v procesoch výpalu a chladenia slinku, napríklad pri chladení plynov, ako aj v technologickom procese výroby kaše. Pri polosuchom spôsobe sa na peletovanie suchej surovínovej múčky používa voda. Prevádzky, ktoré používajú mokrý spôsob, spotrebúvajú viac vody (na tonu vyrobeného cementu) na prípravu kašovej vsádzky pece a uvádza sa typická spotreba vody 100 – 600 litrov vody na tonu slinku. Okrem toho sa pri špeciálnych aplikáciách používa voda na chladenie slinku a bola zaznamenaná spotreba vody približne 5 m³/hod. Vo väčšine prípadov nie je spotrebovaná voda pitná [45, Schorcht 2006], [75, Estónsko 2006], [81, Castle Cement UK 2006], [103, CEMBUREAU 2006], [120, Španielsko 2007].

1.3.2 Spotreba surovín

Výroba cementu je veľkoobjemový proces. Údaje v tabuľke 1.15 uvádzajú typické priemerné spotreby surovín na výrobu cementu v Európskej únii. Údaje v poslednom stĺpci sa týkajú prevádzky s výrobou 3 000 ton slinku denne alebo 1 milión ton ročne, čo zodpovedá 1,23 miliónu ton cementu ročne na základe priemerného obsahu slinku v európskom cemente.

Tabuľka 1.15: Spotreba surovín pri výrobe cementu

Materiály (v suchom stave)	Na tonu slinku	Na tonu cementu	Za rok na Mt slinku
Vápenec, íl, bridlica, slieň, iné	1,57 t	1,27 t	1 568 000 t
Sadrovec, anhydrit	–	0,05 t	61 000 t
Minerálne prídavky	–	0,14 t	172 000 t
Zdroj: [9, CEMBUREAU 1997, november]			

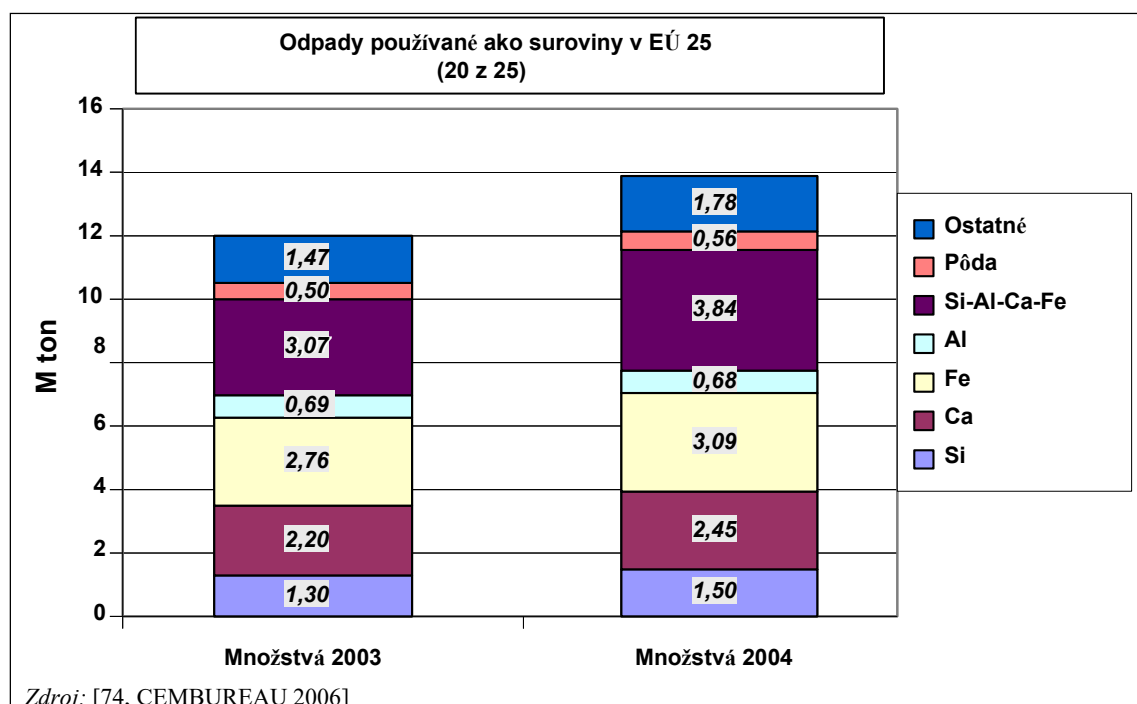
1.3.2.1 Spotreba odpadu ako suroviny

Použitie odpadu ako surovín v procese výpalu slinku môže nahradiť pomerne veľké množstvo surovín (pozri tiež oddiel 1.2.4). Množstvo odpadu používaného ako suroviny pri výrobe slinku sa od roku 2001 viac ako zdvojnásobilo. V roku 2004 umožnili odpadové suroviny použité pri výrobe slinku odvetviu výroby cementu priamo ušetriť takmer 14 miliónov ton konvenčných surovín, čo zodpovedá približne 6,5 % potrebných prírodných surovín.

Tieto odpadové suroviny však musia vykazovať a dosahovať vlastnosti, chemické prvky a zložky, ktoré sú potrebné pre proces výpalu slinku. Tieto odpadové materiály môžu mať vplyv na emisie z procesu a účinok na emisie. Vplyvy na emisie sú uvedené v oddiele 1.3.4.13. Tabuľka 1.16 uvádza spotrebu odpadov používaných ako suroviny charakterizované chemickými prvkami používanými pri výrobe cementu v EÚ 27 v rokoch 2003 a 2004. Na obrázku 1.20 je znázornený podiel, ktorý využíva 20 krajín EÚ 27.

Tabuľka 1.16: Odpady používané ako suroviny charakterizované chemickými prvkami používanými pri výrobe cementu v EÚ 27 v rokoch 2003 a 2004

Odpady používané ako suroviny			
Požadované (primárne) chemické prvky	Priklady tokov odpadu	Množstvá 2003 (v miliónoch ton)	Množstvá 2004 (v miliónoch ton)
Si	Použitý zlievarenský piesok	1,52	1,50
Ca	Priemyselné vápno Vápenné kaly Karbidové kaly Kal z úpravy pitnej vody	2,20	2,44
Fe	Pyritový popol Syntetický hematit Červený kal	3,29	3,37
Al		0,71	0,69
Si-Al-Ca-Fe	Popolček Trosky Odprach	3,37	3,78
Pôda		0,45	0,50
Skupina S	Vedľajší priemyselný produkt sadrovec		
Skupina F	CaF ₂ Filtračný kal		
Iné		1,56	1,71
Celkom		13,10	13,89
Zdroj: [74, CEMBUREAU 2006], [103, CEMBUREAU 2006]			



Obrázok 1.20: Odpady používané ako suroviny v 20 krajinách EÚ 27

Pri mletí cementu sa zvýšila spotreba odpadov ako suroviny. Ako príklad sa uvádza, že používanie popolčeka z ropných bridlic sa od roku 2000 do roku 2005 zdvojnásobilo až na 100 kt/rok [75, Estónsko 2006].

1.3.3 Využívanie energie

Odvetvie výroby cementu je v závislosti od použitého procesu náročné na energiu. Palivá a elektrina sú dva hlavné druhy energie používané pri výrobe cementu. Účinnosť energie (tepelná aj elektrická) je už mnoho desaťročí prioritou európskeho cementárskeho priemyslu ako súčasť celkových obchodných rozhodnutí, ktoré vychádzajú z ekonomických a technologických potrieb [103, CEMBUREAU 2006].

1.3.3.1 Dopyt po tepelnej energii

Teoretický dopyt po tepelnej (palivovej) energii na výrobu cementového slinku je určený energiou potrebnou na chemické/mineralogické reakcie v procese výpalu slinku (1 700 až 1 800 MJ/t slinku) a tepelnou energiou potrebnou na sušenie a predohrievanie surovín, ktorá závisí najmä od obsahu vlhkosti surovín, ako je uvedené v tabuľke 1.17. V moderných peciach s predohrievačom môže byť počet cyklónov obmedzený chemickým zložením suroviny.

Tabuľka 1.17: Príklady tepelnej energie potrebnej na sušenie surovínovej múčky

Vlastnosti	Jednotka	Vlhkosť surovín (hmot. %)			
		3	6	9	12
Počet cyklónových stupňov	—	6	5	4	3
Entalpia potrebná na sušenie	MJ/t slinku	150	290	440	599
Zdroj: [137, Klein/Hoenig 2006]					

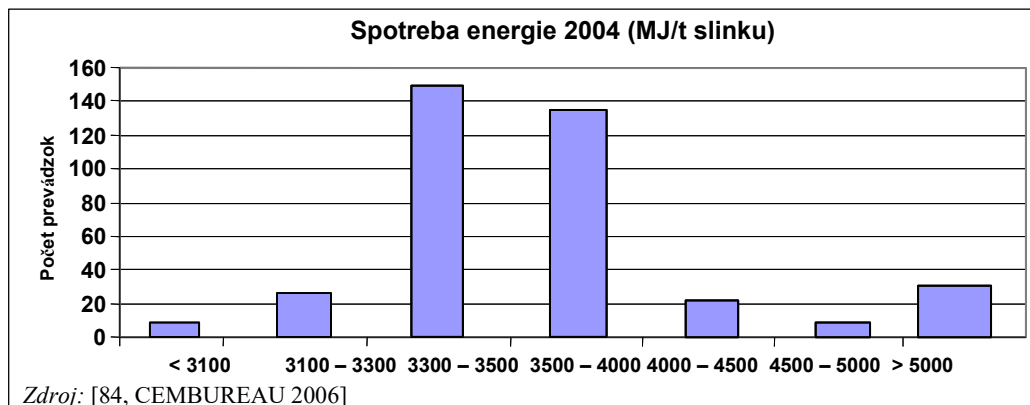
Skutočný dopyt po teple (palivách) v prípade rôznych systémov a veľkostí pecí sa pohybuje v rozmedzí uvedenom v tabuľke 1.18, ako aj spotreba energie pri výrobe špeciálneho cementu. Praktické skúsenosti ukazujú, že spotreba energie v prevádzkach používajúcich suchý spôsob v peciach s viacstupňovými cyklónovými predohrievačmi a predkalcinátormi začína približne na 3 000 a môže dosiahnuť viac ako 3 800 MJ/t slinku (ročný priemer). Rozdiely v tomto rozsahu sú spôsobené odstavkami a spúšťaním systémov a napr. rôznymi vlastnosťami surovín. V tabuľke 1.17 je uvedený odhad vplyvu vlhkosti suroviny na dopyt po tepelnej energii pre pece s cyklónovým predohrievačom.

Tabuľka 1.18: Spotreba energie pri výrobe cementu v EÚ 27

Špecifický dopyt po tepelnej energii (MJ/t slinku)	Proces
3 000 – <4 000	Pri suchom spôsobe pece s viacstupňovými (tri až šesť stupňov) cyklónovými predohrievačmi a predkalcinátormi
3 100 – 4 200	Pri suchom spôsobe rotačnej pece s cyklónovými predohrievačmi
3 300 – 5 400	Pri polosuchom/polomokrom spôsobe (pec Lepol)
do 5 000	Pri dlhých peciach so suchým spôsobom
5 000 – 6 400	Pri dlhých peciach s mokrým spôsobom
3 100 – 6 500 a vyššie	Pri šachtových peciach a pri výrobe špeciálnych cementov
Zdroj: [75, Estónsko 2006] [76, Nemecko 2006] [84, CEMBUREAU 2006], [92, Rakúsko 2006], [120, Španielsko 2007], [168, TWG CLM 2007]	

Obrázok 1.21 znázorňuje spotrebu energie v odvetví výroby cementu v EÚ 27 v roku 2004, pričom sa nerozlišuje medzi rôznymi spôsobmi (suchý, polosuchý/polomokrý alebo mokrý) a použitými palivami (fosílnymi a/alebo odpadovými). Približne 30 cementární v EÚ 27 má vysokú spotrebu

energie s viac ako 5 000 MJ/t slinku, napr. na výrobu špeciálneho cementu, ako je biely cement (pozri aj tabuľku 1.18). Spotreba energie na výrobu bieleho cementu je ovplyvnená vyššou teplotou, ktorá je potrebná na výrobu tohto druhu bieleho slinku v porovnaní s výrobou iných druhov slinku (sivý slinok) [75, Estónsko 2006], [84, CEMBUREAU 2006], [120, Španielsko 2007].



Obrázok 1.21: Spotreba energie v odvetví výroby cementu EÚ 25 v roku 2004

Špecifickú spotrebu energie môžu ovplyvniť rôzne parametre, napríklad [92, Rakúsko 2006]:

- veľkosť a konštrukcia prevádzky,
 - tri až šesť cyklónových stupňov,
 - kalcinátor,
 - terciárny vzduch,
 - kombinovaná prevádzka mlyna,
 - pomer dĺžky a priemeru pece,
 - druh chladiča slinku,
- priepustnosť pece,
- obsah vlhkosti v surovinách a palivách,
- vlastnosti surovín, ako napríklad pálitelnosť,
- špecifická výhrevnosť palív,
- druh slinku,
- homogenizácia a presné dávkovanie vsádzky pece a palív,
- optimalizácia riadenia procesov vrátane chladenia plameňa,
- miera obtoku.

Pri zmene použitej palivovej zmesi sa môže špecifická spotreba energie na tonu slinku meniť z rôznych dôvodov v závislosti od druhu palív (konvenčné alebo odpadové palivo), ich parametrov, napr. obsahu vlhkosti, reaktivity alebo hrubosti, a výhrevnosti použitých palív.

Jedným z hlavných vplyvov na spotrebu energie je príprava fosílnych palív, ako je uhlie alebo hnedé uhlie, ktoré sa v mnohých prípadoch čiastočne alebo úplne sušia mimo systému pece, dokonca mimo cementárne. Napríklad hnedé uhlie sa môže ťažiť s obsahom vlhkosti nad 50 % a pred dodaním do cementárne sa musí vysušiť. Pri nahradení vysušených palív palivami s vyšším obsahom vlhkosti je možné zvýšenie spotreby energie na tonu slinku v systéme pece, ktoré však môže byť celkovo kompenzované energiou ušetrenou vďaka tomu, že sa vyhneme sušeniu a preprave fosílnych palív.

Pokiaľ ide o vlhkosť paliva, účinnosť procesu sa líši v závislosti od použitého druhu sušenia paliva, ako je sušenie paliva s využitím tepla z procesu alebo účinné sušenie

paliva vnútri pece, čo si vyžaduje viac energie na odstránenie obsahu vlhkosti. Niektoré palivá čiastočne obsahujú aj vlhké minerály používané ako suroviny. Tieto minerály sa sušia v systéme pece a môžu takisto zvýšiť špecifickú spotrebu energie na tonu slinku.

Okrem toho vysoká miera substitúcie odpadových palív v kombinácii s rôznymi parametrami, napr. nižšou výhrevnosťou týchto odpadových palív, vysokým obsahom vlhkosti, konštrukciou prevádzky, môže súvisieť s vyššou spotrebou energie, ako ukazujú príklady z Rakúska a Spojeného kráľovstva (pozri oddiel 1.3.3.3). V prípadoch, keď sú prevádzky vhodné a navrhnuté špeciálne na spoločné spaľovanie určitých druhov odpadových palív, môže byť spotreba tepelnej energie stále v rozmedzí 3 120 – 3 400 MJ/t slinku. Rakúske cementárne oznámili výsledky 48-hodinovej skúšobnej prevádzky so značným množstvom nízkej výhrevnosti, ktorá zahŕňala pomerne vlhké plasty, pričom sa dosiahlo 3 400 MJ/t slinku. Okrem toho sa v Spojenom kráľovstve uvádza spotreba energie 3 473 kJ/kg pre päťstupňovú predkalcinačnú pec. Bol však uvedený potenciál na zlepšenie [81, Castle cement UK 2006], [92, Rakúsko 2006], [163, Castle cement UK 2006], [168, TWG CLM 2007], [171, A TEC 2007].

1.3.3.2 Dopyt po elektrickej energii

Hlavnými spotrebiteľmi elektrickej energie sú mlyny (finálne mletie a mletie surovín) a odsávacie ventilátory (pec/mlyn na suroviny a cementáreň, ktoré spolu predstavujú viac ako 80 % spotreby elektrickej energie. Náklady na energiu – vo forme paliva a elektrickej energie – predstavujú v priemere 40 % celkových výrobných nákladov na výrobu jednej tony cementu. Elektrická energia predstavuje až 20 % tejto celkovej potreby energie. Dopyt po elektrickej energii sa pohybuje od 90 do 150 kWh/t cementu. V rokoch 2004 až 2006 sa náklady na elektrickú energiu zvýšili zo 14 % celkových nákladov na výrobu cementu na 25 %. Mokrý spôsob je náročnejší na energiu ako polomokrý alebo suchý [20, Rother 1996, január,], [84, CEMBUREAU 2006].

Spotreba elektrickej energie sa určuje aj podľa charakteru výrobkov, a to na základe požiadaviek na mletie. V niektorých prípadoch sa spotreba elektrickej energie minimalizovala nahradením starých mlynov na suroviny novými. V tabuľke 1.19 je uvedený prehľad vzťahov medzi spotrebou energie pri rôznych technikách mletia. Je potrebné poznamenať, že nie vždy je možné nahradiť jeden mlyn iným zariadením na mletie. Okrem toho je potrebné spomenúť, že pri posudzovaní najvhodnejšej techniky mletia by sa mali vždy zohľadniť aj ekonomické aspekty.

Tabuľka 1.19: Porovnanie techník mletia na základe kľúčových vlastností

mletie proces	Energia spotreba	Požiadavky na údržbu	Sušenie kapacita	Vhodnosť na mletie do veľkej jemnosti
Guľový mlyn	100 %	Menšia	Priemer	Dobrá
Valcový mlyn Gutbett	65 až 50 %	Z malej na veľkú	Nízka ⁽¹⁾	Priemer
Zvislý valcový mlyn	75 až 70 %	Priemer	Vysoká	Priemer
(1) Sušenie v triedičke Zdroj: [60, VDI 2094 Nemecko 2003] [76, Nemecko 2006]				

1.3.3.3 Spotreba odpadových palív

Na pokrytie potrebného dopytu po energii sa používajú odpadové palivá, ako aj konvenčné palivá, pričom spotreba odpadových palív sa v posledných rokoch neustále zvyšuje. V roku 2004 sa v Európe ako palivo v peciach na cement sa použilo 6,1 milióna ton rôznych druhov odpadov. Z týchto odpadov bol približne jeden milión ton nebezpečný. V krajinách EÚ 23+ (pozri slovník) sa náhrada tradičných palív odpadovými palivami prudko zvyšuje, a to z 3 % v roku 1990 na približne 17 % v roku 2007, čo zodpovedá úspore približne 4 miliónov ton uhlia [74, CEMBUREAU 2006].

Medzi členskými štátmi s podobnými možnosťami zvýšenia substitúcie však možno pozorovať veľké rozdiely. V roku 2007 už jednotlivé prevádzky dosahovali mieru substitúcie viac ako 80 %. Až 100 % spotreby energie možno pokryť odpadovými palivami, napr. v systéme pece so suchým spôsobom, ktorý pozostáva z rotačnej pece so štvorstupňovým, dvojvetvovým predohrievačom a planetárnym chladičom. Príklad je uvedený v oddiele 6.2.2.1.

Je potrebné poznamenať, že výhrevnosť týchto odpadov sa veľmi líši, od 3 do 40 MJ/kg. Literatúra uvádza, že konvenčné palivá majú výhrevnosť (priemernú, čistú) napr. 26 – 30 MJ/kg v prípade bežného uhlia, 40 – 42 MJ/kg v prípade bežného vykurovacieho oleja, zatiaľ čo tuhý odpad môže mať výhrevnosť 8,5 MJ/kg a plastový materiál výhrevnosť až 40 MJ/kg [143, Williams 2005]. Odpadové palivá s primeranou výhrevnosťou môžu nahradiť fosilné palivá a umožniť úsporu fosílnych palív. Pece však musia byť vhodné na spaľovanie odpadov a musia byť optimalizované, aby mohli prispieť k vysokej energetickej účinnosti (pozri oddiely 1.3.3.1 a 1.4.2.1.3). V tabuľke 1.20 sú uvedené príklady typických výhrevností rôznych odpadových materiálov:

Tabuľka 1.20: Príklady výhrevnosti rôznych druhov odpadu používaného ako palivo v EÚ 27

Príklady druhov odpadových palív (nebezpečné a nie nebezpečné)	Príklady výhrevnosti (MJ/kg)
Drevo	Približne 16
Papier, lepenka	3 – 16
Textil	do 40
Plasty	17 – 40
Spracované frakcie (RDF)	14 – 25
Guma/pneumatiky	približne 26
Priemyselný kal	8 – 14
Kal z komunálnych odpadových vôd	12 – 16
Živočišna múčka, tuky	14 – 18, 27 – 32
Živočišna múčka (múčka z jatočných tiel)	14 – 21,5
Uhlie/uhlíkový odpad	20 – 30
Poľnohospodársky odpad	12 – 16
Tuhý odpad (impregnované piliny)	14 – 28
Rozpúšťadlá a súvisiaci odpad	20 – 36
Olej a olejový odpad	25 – 36
Palivová zmes na báze ropných bridlíc (85 – 90 % ropných bridlíc)	9,5
Kal z čističiek odpadových vôd (obsah vlhkosti >10 %)	3 – 8
Kal z čističiek odpadových vôd (obsah vlhkosti <10 % až 0 %)	8 – 13
Zdroj: [75, Estónsko 2006] [168, TWG CLM 2007] [180, Mauschitz 2004]	

Je potrebné poznamenať, že v závislosti od rôznych parametrov (pozri oddiel 1.4.2.1.3) sa môže zvýšiť aj priemerná ročná špecifická potreba tepelnej energie, ako ukazujú príklady zo Spojeného kráľovstva a Rakúska uvedené nižšie.

V príkladoch prevádzok v Spojenom kráľovstve sa (čistá) výhrevnosť použitých odpadových palív, napr. získaných z komunálneho, komerčného a/alebo priemyselného odpadu, môže pohybovať v rozmedzí od 15 do 23 MJ/kg. V jednej prevádzke však bola zaznamenaná miera tepelnej substitúcie 25 % celkového použitého paliva, čo zodpovedá 30 000 tonám uhlia. Keďže odpadové palivá majú nižšiu výhrevnosť, potrebné množstvo odpadových palív je 44 118 t [153, Castle Cement UK 2007], [154, CEMEX UK 2006]. Iný príklad ukazuje, že na nahradenie 100 000 t uhlia je potrebné použiť 125 000 t odpadových palív. Znamená to o 20 % viac použitých odpadových palív [81, Castle Cement UK 2006].

V Rakúsku v rokoch 1997 až 2004 využívanie fosílnych palív neustále klesalo, zatiaľ čo podiel odpadu sa zvýšil z 19 % v roku 1997 na 47 % v roku 2004. Dopyt po tepelnej energii sa najprv znížil z 3 554 na 3 481 MJ/t slinku v roku 2000. V období rokov 2000 až 2004 sa však palivová skladba výrazne zmenila (pozri oddiel 6.2.2.2, tabuľku 6.21), pričom došlo k výraznému poklesu využívania uhlia (zo 44,9 % na 17,6 %) a zároveň k výraznému nárastu využívania petrolkoku (z 3,2 % až 16,0 %) a odpady, ako sú

plasty (9,1 % až 17,6 %) a iné odpadové palivá (2,4 % až 10,2 %) [92, Rakúsko 2006].

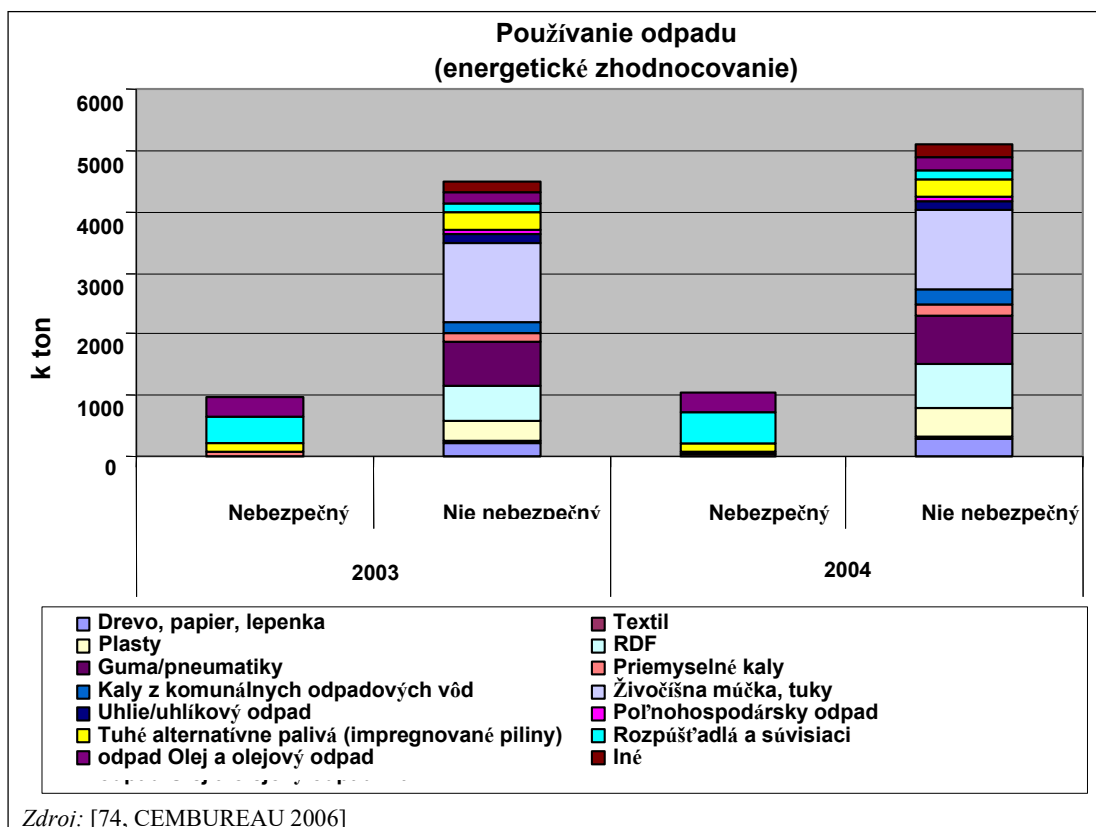
Informácie o príkladoch výhrevnosti vypočítaných pre rôzne druhy spracovaného odpadu a príklady výpočtu výhrevnosti odpadu možno nájsť v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách spaľovania odpadu [57, Európska komisia 2005].

Nárast používania odpadov, ktoré nie sú nebezpečné, je výraznejší ako nárast používania nebezpečných odpadov. To odráža spoločenský vývoj (nárast množstva kalov z čističiek odpadových vôd, živočíšnych múčok, spracovaného komunálneho odpadu), ako aj ich zvýšený dôraz na klasifikáciu odpadu. Pri priemernej miere tepelnej substitúcie 17 %, ktorá v niektorých krajinách niekedy dosahuje až 100 %, sa používanie odpadu ako palív a surovín v procese výpalu slinku považuje za bežnú prax. Zo 6 miliónov ton približne 10 % tvorí biomasa. Miera substitúcie odpadových palív používaných v krajinách EÚ 23+ je uvedená v tabuľke 1.22 [74, CEMBUREAU 2006], [75, Estónsko 2006], [76, Nemecko 2006], [81, Castle Cement UK 2006], [92, Rakúsko 2006], [107, Belgicko 2006], [112, Česká republika 2006].

Spotreba rôznych nebezpečných a nie nebezpečných odpadov používaných ako palivo pri spaľovaní v peciach v EÚ 27 je uvedená v tabuľke 1.21 a na obrázku 1. 21. Celková spotreba odpadových palív v cementárenských peciach v EÚ 27 sa v rokoch 2003 až 2004 zvýšila [74, CEMBUREAU 2006].

Tabuľka 1.21: potreba rôznych druhov odpadu používaného ako palivo v cementárenských peciach EÚ 27 v roku 2003 a 2004

Druhy odpadových palív					
Skupina č.(¹)	Druh odpadu	Množstvá v 1 000 ton			
		2003		2004	
		Nebezpečné	Nie nebezpečné	Nebezpečné	Nie nebezpečné
1	Drevo, papier, lepenka	0,000	214 991	1 077	302 138
2	Textil	0,000	19 301	0,000	8 660
3	Plasty	0,000	354 070	0,000	464 199
4	RDF	4 992	570 068	1 554	734 296
5	Guma/pneumatiky	0,000	699 388	0,000	810 320
6	Priemyselný kal	52 080	161 660	49 597	197 720
7	Komunálny kal z čističiek odpadových vôd	0,000	174 801	0,000	264 489
8	Živočíšna múčka, tuky	0,000	1 313 094	0,000	1 285 074
9	Uhlie/uhlíkový odpad	1 890	137 213	7 489	137 013
10	Poľnohospodársky odpad	0,000	73 861	0,000	69 058
11	Tuhý odpad (impregnované piliny)	164 931	271 453	149 916	305 558
12	Rozpúšťadlá a súvisiaci odpad	425 410	131 090	517 125	145 465
13	Olej a olejový odpad	325 265	181 743	313 489	196 383
14	Iné	0,551	199 705	0,000	212 380
Celkom		975 119	4 502 435	1 040 247	5 133,353
(1) Každé zoskupenie zahŕňa niekoľko zoznamov EWC, pozri tabuľku 6.1 v oddiele 6.2.1					
Zdroj: [74, CEMBUREAU 2006]					



Obrázok 1.22: Spotreba rôznych druhov nebezpečného odpadu a odpadu, ktorý nie je nebezpečný a používa sa ako palivo v cementárenských peciach v EÚ 27

Tabuľka 1.22: Nahradenie odpadových palív pri výrobe cementu v krajinách EÚ 23+

Krajina	Povolené kapacity pre odpadové palivá (t/rok)		Množstvo použitých odpadových palív (t/rok)		Percento uvoľneného tepla (%)			
					Nebezpečný odpad		Odpad, ktorý nie je nebezpečný	
	Národný rozsah ⁽¹⁾	Národný priemer	Národný rozsah ⁽¹⁾	Národný priemer	Národný rozsah ⁽¹⁾	Národný priemer	Národný rozsah ⁽¹⁾	Národný priemer
Rakúsko ⁽²⁾	10 000 – 35 000	–	9 500 – 39 000	30 000	30 – 45	12	15 – 50	35
Belgicko, Holandsko, Luxembursko	–	–	58 500 – 402 000	138 930	0 – 25	11	21 – 30	24
Česká republika	90 000 ⁽³⁾	–	–	40 000	0 – 40	15	0 – 100	37
Dánsko, Fínsko, Švédsko, Nórsko, Írsko	300 000 ⁽³⁾	–	22 000 – 120 000	75 000	2 – 20	15	24 – 35	32
Estónsko, Lotyšsko, Poľsko, Maďarsko	15 000 – 380 000	125 000	8 000 – 67 369	27 271	13,4 – 14	13,7	16 – 26,1	17,5
Francúzsko	125 000 – 265 000	–	300 – 113 000	37 374	0 – 41,2	14	0,4 – 52	14,6
Nemecko	–	–	218 157 ⁽³⁾	56 857	0 – 25	5,2	76 ⁽³⁾	43,6
Grécko, Portugalsko, Rumunsko, Slovinsko	20 000 – 500 000	20 506	640 – 60 000	9 196	0 – 3,8	0,7	0,4 – 15,6	2
Taliansko	5 000 – 115 000	28 000	5 300 – 90 600	13 100	1,3 – 21	12	0,9 – 37	11,3
Španielsko	8 800 – 100 000	43 000	2 000 – 36 000	15 500	0 – 27,8	4,8	2 – 25	8,5
Spojené kráľovstvo	25 000 – 788 400	182 337	0 – 55 960	24 086	0 – 27,6	6	0 – 40	7,8
Poznámka: Údaje sú agregované z odpovedí krajín EÚ 23+ (1) Minimum – maximum (2) Iba údaje za rok 2004 (3) Maximum Zdroj: [168, TWG CLM 2007] [178, CEMBUREAU 2008]								

1.3.4 Emisie do ovzdušia

Pri výrobe cementu vznikajú emisie do ovzdušia a emisie hluku. Okrem toho v súvislosti s využívaním odpadu môžu vznikať zápachy, napr. pri uskladňovaní odpadov a manipulácii s nimi (pozri oddiel 1.3.8). V tomto oddiele sú uvedené rozsahy emisií látok znečisťujúcich ovzdušie v procese výroby cementu vrátane ďalších krokov procesu, ako je uskladňovanie a manipulácia napr. so surovinami, prísadami a palivami vrátane odpadových palív.

Smernica obsahuje všeobecný orientačný zoznam hlavných látok znečisťujúcich ovzdušie, ktoré sa majú zohľadniť, ak sú relevantné na stanovenie limitných hodnôt emisií. Pre výrobu cementu vrátane využívania odpadu sú relevantné tieto údaje:

- oxidy dusíka (NO_x) a iné zlúčeniny dusíka,
- oxid siričitý (SO_2) a iné zlúčeniny síry,
- prach
- celkové organické zlúčeniny (TOC) vrátane prchavých organických zlúčenín (VOC),
- polychlórované dibenzo-p-dioxíny a dibenzofurány (PCDD a PCDF),
- kovy a ich zlúčeniny,
- fluorovodík (HF),
- chlorovodík (HCl),
- oxid uhoľnatý (CO).

Oxid uhličitý (CO_2) nie je uvedený v zozname, ale považuje sa za relevantný na výrobu cementu. Pokiaľ ide o emisie CO_2 a systém obchodovania s emisiami, všeobecné informácie možno nájsť v smernici Európskeho parlamentu a Rady 2003/87/ES z 13. októbra 2003 o vytvorení systému obchodovania s emisnými kvótami skleníkových plynov v Spoločenstve a ktorou sa mení a dopĺňa smernica 2009/29/ES [99, Európska únia 2003] [191, Európska únia 2009]. Okrem toho sa môžu považovať za relevantné emisie NH_3 , najmä pri použití sekundárnych techník na zníženie emisií NO_x , napr. SNCR.

Hlavné emisie pri výrobe cementu sú emisie do ovzdušia zo systému pece. Tie vznikajú pri fyzikálno-chemických reakciách surovín a pri spaľovaní palív. Hlavnými zložkami výstupných plynov z cementárenskej pece sú dusík zo spaľovaného vzduchu; CO_2 z kalcinácie CaCO_3 a spaľovania paliva; vodná para zo spaľovacieho procesu a zo surovín; a prebytočný kyslík.

Vo všetkých peciach sa materiál pohybuje proti prúdu horúceho plynu. Toto protiprúdové prúdenie ovplyvňuje emisie znečisťujúcich látok, pretože funguje ako zabudované cirkulačné fluidné lôžko. Mnohé zložky, ktoré sú výsledkom spaľovania paliva alebo premeny suroviny na slinok, zostávajú v plynnej fáze len dovtedy, kým ich neabsorbuje alebo neskondenzuje surovina prúdiaca proti prúdu.

Adsorpčná kapacita materiálu sa mení v závislosti od jeho fyzikálno-chemického stavu. To zasa závisí od jeho pozície v systéme pece. Napríklad materiál, ktorý opúšťa kalcinačnú fázu procesu v peci, má vysoký obsah oxidu vápenatého, a preto má vysokú adsorpčnú kapacitu pre kyslé látky, ako sú HCl, HF a SO_2 .

Údaje o emisiách z pecí v prevádzke sú uvedené v tabuľke 1.23. Rozsah emisií, v ktorom pece fungujú, závisí najmä od povahy surovín, palív, veku a konštrukcie prevádzky a tiež od požiadaviek stanovených povoľujúcim orgánom. Emisie môžu napríklad ovplyvniť koncentrácia nečistôt a správanie vápenca počas výpalu/kalcinácie, čiže môže dôjsť k zmene obsahu síry v surovinách, ktorá zohráva dôležitú úlohu a má vplyv na rozsah emisií síry v odpadových plynch.

Tabuľka 1.23: Údaje o rozsahu emisií z európskych cementárenských pecí

Nahlásené emisie z európskych cementárenských pecí ⁽¹⁾			
Znečisťujúca látka	mg/Nm ³	kg/t slinku	t/rok
NO _x (ako NO ₂)	145 – 2 040	0,33 – 4,67	334 – 4 670
SO ₂	Do 4 837 ⁽²⁾	Do 11,12	Do 11 125
Prach	0,27 – 227 ⁽³⁾	0,00062 – 0,5221	0,62 – 522
CO	200 – 2 000 ⁽⁴⁾	0,46 – 4,6	460 – 11 500
CO ₂	–	Približne 672 g/t cementu	1,5456 milióna
TOC/VOC	1 – 60 ⁽⁵⁾	0,0023 – 0,138	2,17 – 267
HF	0,009 – 1,0	0,021 – 2,3 g/t	0,21 – 23,0
HCl	0,02 – 20,0	0,046 – 46 g/t	0,046 – 46
PCDD/F	0,000012 – 0,27 ng I-TEQ/Nm ³	0,0276 – 627 ng/t	0,0000276 – 0,627 g/rok
Kovy ⁽⁶⁾			
Hg	0 – 0,03 ⁽⁷⁾	0 – 69 mg/t	0 – 1 311 kg/rok
M (Cd, Tl)	0 – 0,68	0 – 1 564 mg/t	0 – 1 564 kg/rok
M (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	0 – 4,0	0 – 9 200 mg/t	0 – 9 200 kg/rok

(1) Hmotnostné údaje vychádzajú z 2 300 m³/tonu slinku a jedného milióna ton slinku ročne. Rozsahy emisií sú ročné priemery a ide o orientačné hodnoty založené na rôznych technikách merania. Referenčný obsah O₂ je zvyčajne 10 %.

(2) Hodnoty z meraní SO₂ v čistom plyne z 253 rotačných pecí. 11 meraní je mimo rozsahu. Z nich 7 má mieru substitúcie 0, 3 majú 0 – 10 a jedno nad 40. Vysoké emisie SO₂ možno očakávať, ak suroviny obsahujú prchavé zlúčeniny síry (napr. pyrit). Tieto oxidovateľné zlúčeniny sa môžu premeniť na SO₂ už v horných stupňoch cyklónu. Tento SO₂ môže byť zachytený v mlyne na suroviny jemne mletými surovinami.

(3) Tieto údaje predstavujú hodnoty z kontinuálnych meraní prachu v čistom plyne z 253 rotačných pecí. 8 meraní je mimo rozsahu. Úrovně emisií vo veľkej miere závisia od stavu zariadenia na znižovanie emisií.

(4) V niektorých prípadoch môžu byť emisie CO vyššie ako 2 000 mg/Nm³ a až 5 000 mg/Nm³ (11,5 kg/t slinku), napr. v dôsledku zníženia emisií NO_x.

(5) Ročné priemerné hodnoty zo 120 meraní; len niekoľko hodnôt sa pohybuje nad 60 mg/Nm³ (do 122,6 mg/Nm³ alebo 0,28 kg/t slinku).

(6) 0 znamená LOD = úroveň detekcie.

(7) Získané z 306 jednotlivých meraní s priemernou hodnotou 0,02 mg/Nm³ a hornou hodnotou 0,57 mg/Nm³ (1 311 mg/t slinku).

Zdroj: [8, CEMBUREAU, 2001] [9, CEMBUREAU 1997, november] [12, Holandsko 1997] [19, Haugh 2001], [29, Lohse 2001] [97, CEMBUREAU 2007] [168, TWG CLM 2007]

Typické objemy odpadového plynu z pece vyjadrené v m³/t slinku (suchý plyn, 101,3 kPa, 273 K) sa pohybujú medzi 1 700 a 2 500 pre všetky druhy pecí [8, CEMBUREAU 2001]. Systémy pecí so suspenznými predohrievačmi a predkalcinátormi majú zvyčajne objem plynu približne 2 300 m³/t slinku (suchý plyn, 101,3 kPa, 273 K).

Existujú aj emisie odvedeného prachu z iných zdrojov, ako je mletie a manipulácia, suroviny, tuhé palivo a výrobky. Existuje možnosť difúzných emisií prachu z akéhokoľvek vonkajšieho uskladnenia surovín a tuhých palív, ako aj zo všetkých systémov prepravy materiálov vrátane nakladania cementových výrobkov. Veľkosť týchto emisií môže byť významná, ak tieto aspekty nie sú dobre navrhnuté alebo udržiavané a ich uvoľňovanie na nízkej úrovni môže viesť k nepríjemným problémom na miestnej úrovni.

1.3.4.1 Prach (tuhé častice)**1.3.4.1.1 Emisie odvedeného prachu**

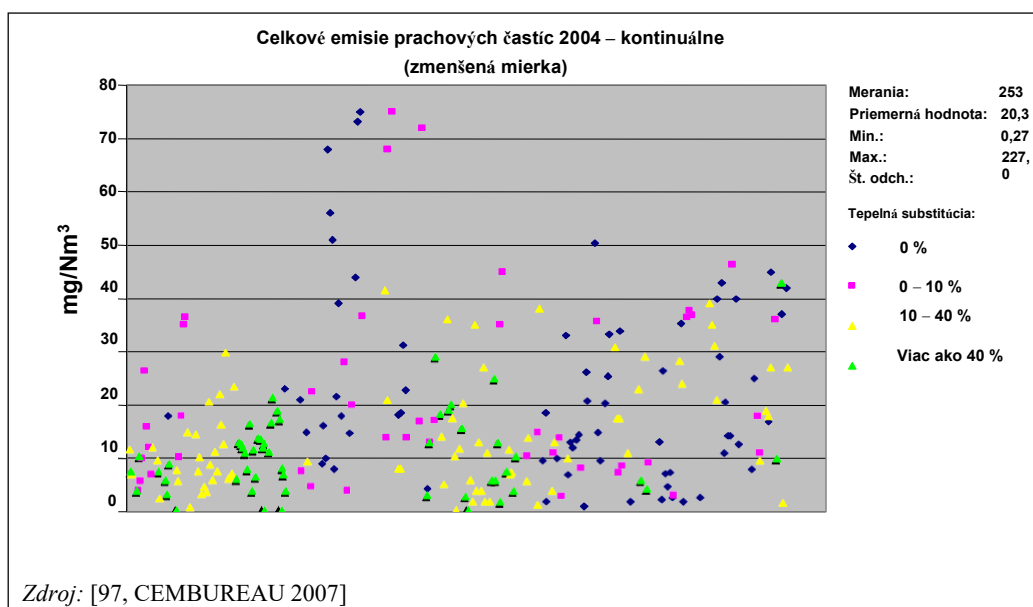
Emisie prachu (PM), najmä z komínov pecí, boli tradične jedným z hlavných problémov v oblasti životného prostredia v súvislosti s výrobou cementu. Hlavnými zdrojmi emisií prachu sú proces prípravy surovín (mlyny na suroviny), mletie a sušiacie zariadenia, proces výpalu slinku (pece a chladiče slinku), príprava paliva a zariadenie na mletie cementu (mlyny). Vedľajšie procesy cementárne vedú k emisiám prachu nezávisle od toho, či sa používa odpad alebo nie, ako napríklad:

- drvenie surovín,
- dopravníky a elevátory surovín,
- uskladnenie surovín a cementu,
- mlyny na mletie surovín, cementu a uhlia,
- uskladnenie palív (petrolkoks, čierne uhlie, hnedé uhlie) a
- expedícia cementu (nakládka).

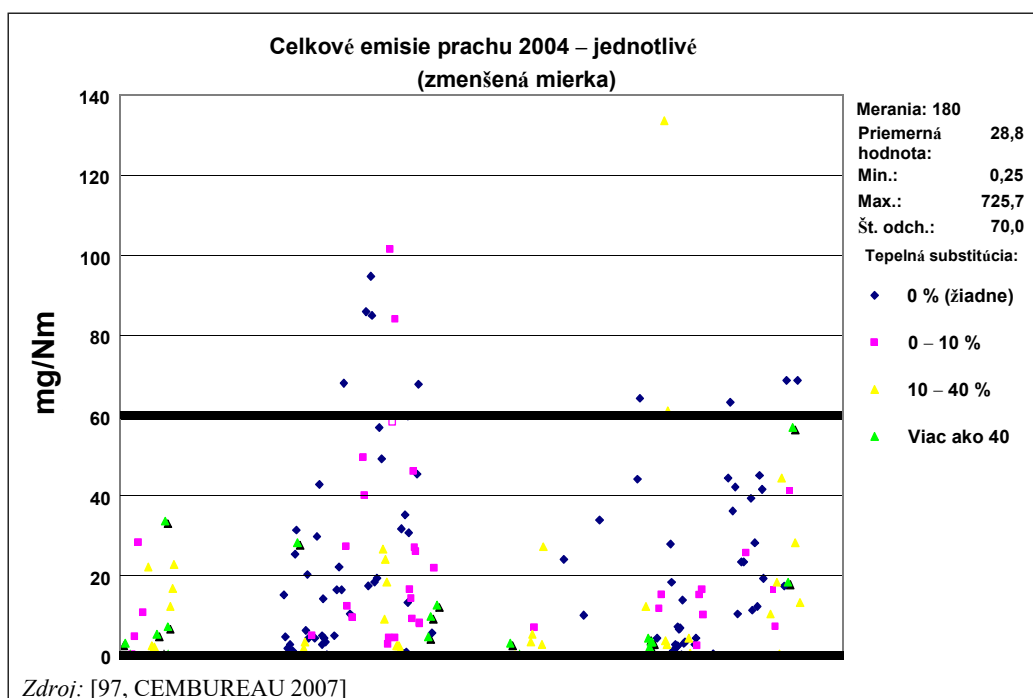
Pri všetkých týchto procesoch prúdi cez prašné materiály veľké množstvo plynov. Pri činnostiach, ako je drvenie, mletie a expedícia, sa zariadenie udržiava pod miernym odsávaním a tieto zdroje sú zvyčajne vybavené textilnými filtrami. Konštrukcia a spoľahlivosť moderných elektrostatických odlučovačov a textilných filtrov zabezpečuje zníženie emisií prachových častíc na úroveň, ktorá prestáva byť významná; úrovne emisií pod 10 mg/Nm^3 (priemerné denné hodnoty) sa dosahujú v 37 % nahlásených zariadení. Príklady druhov systémov a množstva prachu z filtrov a odsávania prachu sú uvedené v tabuľke 1.24.

Celkové emisie prachových častíc sa kontinuálne merajú v 253 rotačných peciach a jednotlivé merania prachu sa zbierajú v 180 rotačných peciach, ako je znázornené na obrázkoch 1.23 a 1.24. Všetky tieto merania pochádzajú z rôznych prevádzok v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+ (pozri slovník). Tepelná substitúcia je na týchto obrázkoch vyznačená rôznymi farbami. Väčšina emisií prachových častíc sa pohybuje v rozmedzí od 0,27 do menej ako 30 mg/Nm^3 . Kontinuálne merané emisie boli uvádzané ako ročný priemer 24-hodinových priemerov [97, CEMBUREAU 2007]. Hodnoty merania sa vzťahujú na 1 m^3 suchého plynu za štandardných podmienok.

Okrem toho sa bežné hodnoty čistého prachu v plynoch (priemerné denné hodnoty) dosahujú v rotačných peciach vybavených ESP v rozmedzí < 10 až 30 mg/Nm^3 . Po znížení emisií plynu pomocou textilných filtrov sa uvádzané emisie prachových častíc pohybujú od < 10 do 20 mg/Nm^3 ako priemerná denná hodnota [92, Rakúsko 2006], [75, Estónsko 2006], [76, Nemecko 2006], [90, Maďarsko 2006], [112, Česká republika 2006].



Obrázok 1.23: Rozsahy hodnôt emisií z kontinuálnych meraní prachu v čistom plyne z 253 rotačných pecí v EÚ 27 a EÚ 23+



Obrázok 1.24: Hodnoty emisií prachu zo 180 jednotlivých meraní prachu v čistom plyne rotačných pecí v EÚ 27 a EÚ 23+

V tabuľke 1.24 sú uvedené príklady niektorých typov ESP a textilných filtrov. Hodnoty predstavujú bežné rozsahy a hodnoty v zátvorkách poskytujú odkaz na extrémne hodnoty, ktoré boli zaznamenané v niektorých jednotlivých prípadoch. V prehľade je uvedený aj odhad prachu z filtrov a aplikovateľné odsávanie prachu. Kombinovaná a priama prevádzka súvisia s prevádzkou mlyna (zapnutie mlyna, vypnutie mlyna).

Tabuľka 1.24: Príklad druhov systémov používaných na zachytávanie prachu, prevádzkové údaje a dopyt po energii

Druhy systémov a prevádzkové údaje na zníženie emisií prachu			
Parameter	Jednotka	ESP	Textilné filtre
Rok výstavby		1962 – 2004	1999 – 2005
Strata tlaku	hPa	1 – 8	10 – 12 (2) ⁽¹⁾
Teplota	°C	90 – 190	90 – 160 ⁽²⁾
Dopyt po elektrickej energii	kWh/t slinku	1 – 4	0,1 – 0,2
Dopyt po energii pre ventilátor	kWh/t slinku	0,15 – 1,2	1,5 – 1,8
Celkový dopyt po energii	kWh/t slinku	1,15 – 5,2	1,6 – 2,0
Množstvo prachu z filtra a odsávanie prachu			
Parameter	Jednotka	Kombinovaná prevádzka	Priama prevádzka
Množstvo prachu z filtra	kg/t slinku	54 – 144 (1 718) ⁽¹⁾	80 – 200 (10 – 70) ⁽¹⁾
Odsávanie prachu	kg/t slinku	0 – 35	0 – 66 (165) ⁽¹⁾
(1) Hodnoty v zátvorkách odkazujú na extrémne hodnoty, ktoré boli zaznamenané v niektorých jednotlivých prípadoch.			
(2) 240 °C bolo zaznamenaných pri použití sklenených vlákien s PTFE membránou.			
Zdroj: [76, Nemecko 2006], [103, CEMBUREAU 2006]			

V niektorých prípadoch sa ESP musí z bezpečnostných dôvodov odstaviť počas zvýšených úrovní CO v spalínach (núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO). Aby sa vylúčili akékoľvek prevádzkové problémy, musia sa spoľahlivo vylúčiť zvýšené koncentrácie CO v odpadových plynch a z nich vznikajúca tvorba výbušných zmesí. Automatické zariadenie na monitorovanie CO musí nepretržite monitorovať spaliny. Počas rôznych fáz procesu výpalu v peci, ako aj počas odstávok a spúšťania systému pece boli zaznamenané príklady núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO v rôznych rozsahoch a časových obdobiach. V Írsku boli v roku 2006 v niektorých prípadoch počas núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO zaznamenané emisie prachu nad 60 a až do 130 mg/Nm³ (polhodinové priemerné hodnoty) s frekvenciou od jedného do šiestich prípadov za mesiac. Z nich boli zaznamenané núdzové vypnutia ESP v trvaní 1 – 13 minút/núdzové vypnutie a celkové trvanie až 184 minút [159, Írsko 2006]. Frekvencia núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO sa však minimalizovala, napr. v nemeckých cementárňach, a boli uvedené príklady celkového trvania v rozsahu od 1 do 29 minút za rok, resp. < 0,001 – 0,009 % celkovej prevádzky pece, ako je uvedené v tabuľke 1.25.

Tabuľka 1.25: Príklady frekvencií núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO v nemeckej cementárni

Rok	Celkové trvanie	
	(minúty)	(% celkového času prevádzky pece)
2000	12	0,003
2001	29	0,009
2002	1	< 0,001
2003	6	0,001
2004	5	0,001
Zdroj: [158, Nemecko 2007]		

1.3.4.1.2 Emisie tuhých častíc jemného prachu₁₀ a tuhé častice_{2,5}

Emisie tuhých častíc prachu₁₀ a tuhé častice_{2,5} pozostávajú z jemných častíc s veľkosťou zrna menšou ako 10, resp. menšou ako 2,5 mikrometra, ktoré môžu vzniknúť v tuhej forme alebo ako aerosóly. Tieto druhy jemného prachu môžu byť výsledkom série fyzikálno-chemických reakcií, na ktorých sa podieľajú rôzne prekursorové plyny, ako sú oxidy dusíka a síry, a amoniak, ktoré reagujú za vzniku síranových, dusičnanových a amónnych častíc, a môžu spôsobovať zdravotné problémy. V odvetví výroby cementu môžu tuhé častice₁₀ a/alebo tuhé častice_{2,5} vzniknúť pri spaľovaní a chladení; k vzniku jemného prachu však môžu viesť aj vedľajšie procesy (pozri oddiel 1.3.4.1.1).

V posledných rokoch boli vyvinuté rôzne metodiky merania a zariadenia na odber vzoriek v kombinácii s výpočtovými modelmi na určenie a rozdelenie veľkosti týchto veľmi jemných frakcií prachu a ich distribúcie, napr. na základe celkových emisií prachových častíc nameraných z prúdu spalín. Z výskumu v Nemecku vyplýva, že väčšia časť celkových emisií prachu sa emituje ako jemný prach, nezávisle od koncentrácie celkového prachu v odpadovom plyne. Pri použití elektrostatických odlučovačov je približne 90 % prachovej frakcie menšej ako 10 μm (PM_{10}) a približne 50 % menšej ako 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$), ako ukazujú príklady z odvetvia výroby cementu (pozri tabuľku 1.26). Celkové emisie prachu sa merali pomocou merania filtračným vzorkovačom (plochý filtračný prístroj). Kaskádové impaktory sa používali na odoberanie prachu za izokinetických podmienok a na jeho rozdelenie na frakcie častíc z prúdu spalín podľa ich veľkosti. Okrem toho príklady frakcií jemného prachu emitovaných z írskych cementární nájdete v oddiele 6.2.2.3. Znížením celkového zaťaženia prachom možno teda znížiť veľkú časť jemného prachu. Prevádzky vybavené systémami s vysokou účinnosťou odprašovania prispievajú k zaťaženiu jemným prachom pomerne málo [113, Írsko 2007], [117, Nemecko 2000].

Tabuľka 1.26: Výskum rozdelenia jemného prachu v celkovom prachu z nemeckých cementárenských pecí

Zdroj emisií		Celková koncentrácia prachu ⁽¹⁾ (mg/Nm^3)	Frakcia jemného prachu (%)			Koncentrácia jemného prachu (mg/Nm^3)		
			< 2,5	< 10	> 10	< 2,5	< 10	> 10
			Mm					
Pec (ESP) ⁽²⁾	Spaliny z pece po ESP	15,4	51	87	13	7,9	13,4	2,9
Chladič slinku (ESP)	Spaliny z chladiča slinku po ESP	14,0	68	99	1	9,5	13,9	X 0.1
Cyklónový predohrievač (ESP), priamy režim ⁽³⁾	Spaliny z pece po ESP	2,3	84	97	3	1,9	2,2	X 0.1
Cyklónový predohrievač (ESP), kombinovaný režim ⁽⁴⁾	Spaliny z pece po ESP	4,8	66	97	3	3,2	4,7	X 0.1
(1) Celý objem prachu meraný pomocou merania filtračným vzorkovačom (plochý filtračný prístroj), rozdelenie podľa veľkosti pomocou kaskádových impaktorov (2) Pec Lepol, teraz zatvorená (3) Mlyn vypnutý (4) Mlyn zapnutý Zdroj: [117, Nemecko 2000]								

Regionálny informačný a simulačný model znečistenia ovzdušia (RAINS) bol rozšírený s cieľom preskúmať synergie a kompromisy medzi kontrolou miestneho a regionálneho znečistenia ovzdušia a zmiernením globálnych emisií skleníkových plynov. Tento nový model interakcií a syngií medzi skleníkovými plynmi a znečistením ovzdušia (GAINS) pomáha pri hľadaní stratégií kontroly znečistenia, ktoré maximalizujú prínosy na všetkých úrovniach.

Model RAINS ukazuje, že PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ predstavujú 60 % celkového množstva tuhých častíc ($78 \text{ g}/\text{Nm}^3$) v surovom plyne (pred úpravou), ako je uvedené v tabuľke 1.27. Príklady techník zníženia emisií prachu spolu s účinnosťou zníženia nájdete v tabuľke 1.28.

Tabuľka 1.27: Príklady koncentrácie prachu v surovom plyne podľa modelu RAINS

Parameter	Koncentrácia surového plynu
Celkové tuhé látky (TPM)	130 g/Nm^3
PM_{10}	42 % TPM
$\text{PM}_{2,5}$	18 % TPM
Zdroj: [172, Francúzsko 2007]	

Tabuľka 1.28: Príklady techník zníženia prachu spolu s účinnosťou zníženia podľa modelu RAINS

Technika	Účinnosť zníženia (%)		
	Celkový obsah tuhých častíc	PM ₁₀	PM _{2,5}
Cyklón	74,4	52,86	30
ESP 1	95,8	94,14	93
ESP 2	98,982	97,71	96
ESP 3	99,767	99,51	99
Textilný filter	99,784	99,51	99
Mokrú práčku	98,982	97,71	96
Zdroj: [172, Francúzsko 2007]			

1.3.4.1.3 Difúzne emisie prachu

Difúzne emisie prachu môžu vznikáť pri uskladňovaní a manipulácii s materiálmi a tuhými palivami, napr. z otvorených skladov, dopravníkov surovín a tiež z povrchov ciest v dôsledku cestnej dopravy. Významný môže byť aj prach vznikajúci pri balení a expedícii slinku/cementu. Vplyvom difúzných emisií môže byť lokálne zvýšenie úrovne prachu, zatiaľ čo emisie prachu z procesu (spravidla z vysokých komínov) môžu mať vplyv na kvalitu ovzdušia na oveľa väčšej ploche.

Dopravníky a elevátory sú konštruované ako uzavreté systémy, ak je pravdepodobné, že sa z prašného materiálu budú uvoľňovať emisie prachových častíc. Cesty používané nákladnými vozidlami sa pravidelne asfaltujú a čistia, aby sa zabránilo difúznym emisiám prachu. Okrem toho sa na mieste zariadenia používa postrek vodou, aby sa zabránilo týmto emisiám. Ak je to možné, používajú sa uzavreté systémy uskladnenia [76, Nemecko 2006].

1.3.4.2 Oxidy dusíka

Proces výpalu slinku je vysokoteplotný proces, v dôsledku ktorého vznikajú oxidy dusíka (NO_x). Tieto oxidy majú veľký význam z hľadiska znečistenia ovzdušia z cementárne. Vznikajú počas procesu spaľovania buď kombináciou palivového dusíka s kyslíkom v plameni, alebo kombináciou atmosférického dusíka a kyslíka v spaľovanom vzduchu.

Existujú dva hlavné zdroje produkcie NO_x:

- tepelné NO_x:
 - časť dusíka v spaľovanom vzduchu reaguje s kyslíkom za vzniku rôznych oxidov dusíka,
 - je hlavným mechanizmom vzniku oxidu dusíka v plameni pece;
- NO_x v palive:
 - zlúčeniny obsahujúce dusík, chemicky viazané v palive, reagujú so vzdušným kyslíkom za vzniku rôznych oxidov dusíka.

Napriek tomu možno pozorovať určité mierne zmeny v emisiách NO_x pri používaní odpadu:

- NO_x z primárneho spaľovania môžu byť nižšie, ak odpadové palivá obsahujú vodu alebo vyžadujú viac kyslíka (vplyv na teplotu plameňa, ktorá sa znižuje). Účinok je porovnateľný s chladením plameňa
- NO_x zo sekundárneho/prekalcinátorového spaľovania môžu byť nižšie, ak hrubozrnné palivo vytvára redukčnú zónu [97, CEMBUREAU 2007].

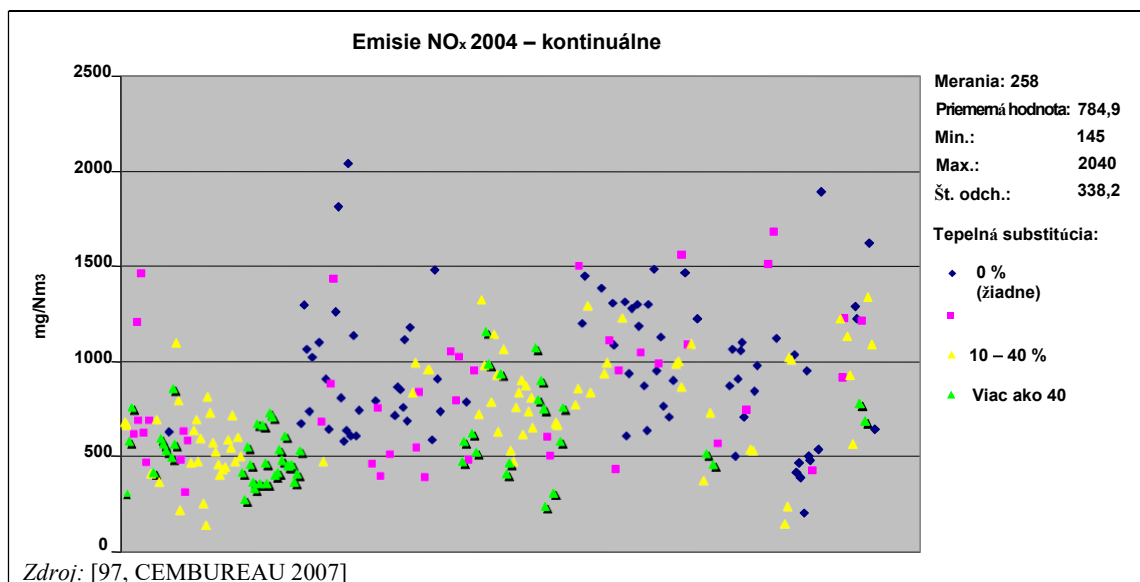
Okrem toho môžu NO_x vznikáť aj oxidáciou NH_3 , ak sa toto vstrekuje na zníženie NO_x do zóny pece s nedostatočnou teplotou, kde je teplota nižšia ako $1\,000\text{ }^\circ\text{C}$.

Tepelné NO_x vznikajú pri teplotách nad $1\,050\text{ }^\circ\text{C}$. Z dôvodu kvality slinku prebieha proces spaľovania za oxidačných podmienok, pri ktorých dochádza k čiastočnej oxidácii molekulárneho dusíka v spaľovanom vzduchu a vzniká oxid dusnatý. Tepelné NO_x vznikajú najmä v zóne horenia pece, kde je dostatočná teplota na dosiahnutie tejto reakcie. Množstvo tepelných NO_x vznikajúcich v zóne horenia súvisí s teplotou v zóne horenia a s obsahom kyslíka (faktor prebytku vzduchu). Miera reakcie tepelných NO_x sa zvyšuje s teplotou, preto ťažko spáliteľné zmesi, ktoré vyžadujú horúcejšie spaľovacie zóny, budú mať tendenciu produkovať viac tepelných NO_x ako pece s ľahšie spáliteľnými zmesami. Miera reakcie sa zvyšuje aj so zvyšujúcim sa obsahom kyslíka (faktor prebytku vzduchu). Prevádzka tej istej pece s vyšším obsahom kyslíka v zadnej časti (faktor prebytku vzduchu) bude mať za následok vyššiu tepelnú tvorbu NO_x v zóne spaľovania (hoci emisie SO_2 a/alebo CO sa môžu znížiť).

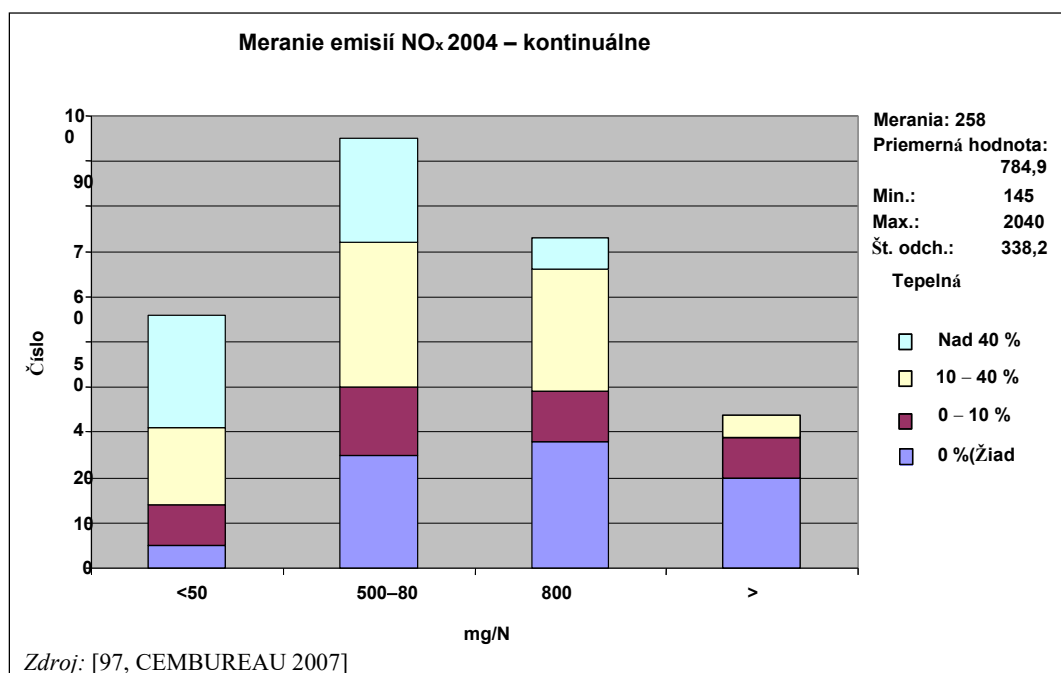
NO a NO_2 sú dominantnými oxidmi dusíka v spalinách z cementárenskej pece. NO_x z dusíkatých zlúčenín v palive majú menší význam. V cementárenských rotačných peciach je vznik palivového NO (oxidu dusnatého) v oblasti hlavného výpalu zanedbateľný. Emisie NO_x z cementárenskej pece zvyčajne súvisia skôr s dusíkom vo vzduchu ako so spaľovaným palivom. Oxid dusnatý (NO) predstavuje približne 95 % a oxid dusičitý (NO_2) približne 5% oxidov dusíka prítomných v spalinách rotačných pecí [76, Nemecko 2006], [92, Rakúsko 2006], [97, CEMBUREAU 2007]. Palivové NO_x vznikajú spaľovaním dusíka prítomného v palive pri nižších teplotách prevládajúcich v sekundárnej spaľovacej jednotke. Dusík v palive sa buď spája s inými atómami dusíka za vzniku plynu N_2 , alebo reaguje s kyslíkom za vzniku palivových NO_x . V predkalcinátore prevláda teplota v rozmedzí $850 - 950\text{ }^\circ\text{C}$, ktorá nie je dostatočne vysoká na tvorbu významných tepelných NO_x , ale vznikajú palivové NO_x . Podobne aj pri iných druhoch sekundárneho spaľovania paliva v zadnej časti systému pece, ako napríklad v stúpacom potrubí pece so suspenzným predohrievačom alebo v kalcinačnej komore roštu predohrievača, môžu vznikáť NO_x z paliva. Preto v peciach s predkalcinátorom, kde sa môže až 60 % paliva spáliť v kalcinátore, vznik NO_x z paliva významne prispieva k celkovým emisiám NO_x . Tepelný vznik NO_x v týchto peciach je oveľa nižší v porovnaní s pecami, v ktorých sa všetko palivo spaľuje v zóne slinovania.

Emisie NO_x sa líšia v závislosti od toho, aký spôsob v peci sa používa. Okrem teploty a obsahu kyslíka (faktor prebytku vzduchu) môžu vznik NO_x ovplyvniť tvar a teplota plameňa, geometria spaľovacej komory, reaktivita a obsah dusíka v palive, prítomnosť vlhkosti, dostupný reakčný čas a konštrukcia horáka.

Európske cementárske pece emitujú v ročnom priemere približne $785\text{ mg NO}_x/\text{Nm}^3$ (vyjadrené ako NO_2) s minimom $145\text{ mg}/\text{Nm}^3$ a maximom $2\,040\text{ mg}/\text{Nm}^3$. V roku 2004 boli zozbierané vzorové údaje o emisiách NO_x z rôznych prevádzok nachádzajúcich sa v niekoľkých krajinách EÚ 27 a EÚ 23+ a boli rozdelené do kategórií podľa miery tepelnej náhrady, ako je znázornené na obrázkoch 1.25 a 1.26. Kontinuálne merané emisie sa uvádzali ako ročný priemer 24-hodinových priemerov. Hodnoty merané sa vzťahujú na jeden m^3 suchého plynu za štandardných podmienok [94, Európska únia 2004], [97, CEMBUREAU 2007].



Obrázok 1.25: Emisie NO_x (vyjadrené ako NO₂) z cementárenských pecí v EÚ 27 a EÚ 23+ v roku 2004 rozdelené podľa miery substitúcie



Obrázok 1.26: Rozdelenie meraní do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovní NO_x

V Rakúsku bol ročný priemer emisií NO_x v roku 2004 645 mg/Nm³ (ročný priemer na základe kontinuálneho merania, štandardné podmienky) a tieto hodnoty sa pohybovali v rozmedzí 313 – 795 mg NO_x/Nm³, merané ako ročné priemerné hodnoty. Najvyššie a najnižšie rozsahy boli namerané v rôznych prevádzkach. Všetky rakúske pece používajú primárne techniky, tri pece majú chladenie plameňa, dve pece majú viacfázové spaľovania a päť pecí je vybavených technikou SNCR, z ktorých dve sú v pilotnej fáze. V roku 2007 boli všetky rakúske cementárne vybavené SNCR [92, Rakúsko 2006].

V roku 2006 sa v Nemecku prevádzkovalo osem pecí s technikou viacfázového spaľovania, zatiaľ čo 34 pecí používalo na redukciu NO_x techniku SNCR. V čistom plyne zo 43 rotačných pecí sa namerali ročné priemerné hodnoty koncentrácií emisií NO_x v rozmedzí 200 – 800 mg/Nm³. Od roku 2007 musia nemecké cementárske pece na základe vnútroštátnych právnych predpisov dodržiavať limit emisií NO_x najmenej 500 mg/Nm³.

Väčšina zariadení SNCR prevádzkovaných v Nemecku je navrhnutá a/alebo prevádzkovaná s cieľom dosiahnuť redukciu emisií NO_x o 10 – 50 % a s úrovňou emisií NO_x pod 500 mg/Nm^3 . V kombinácii s technikami integrovanými do procesu sa dosahujú hodnoty emisií v rozmedzí $200 - 500 \text{ mg/Nm}^3$ ako priemerná denná hodnota v závislosti od individuálnej limitnej hodnoty emisií stanovenej v povolení [76, Nemecko 2006], [168, TWG CLM 2007], [173, Nemecko 2007].

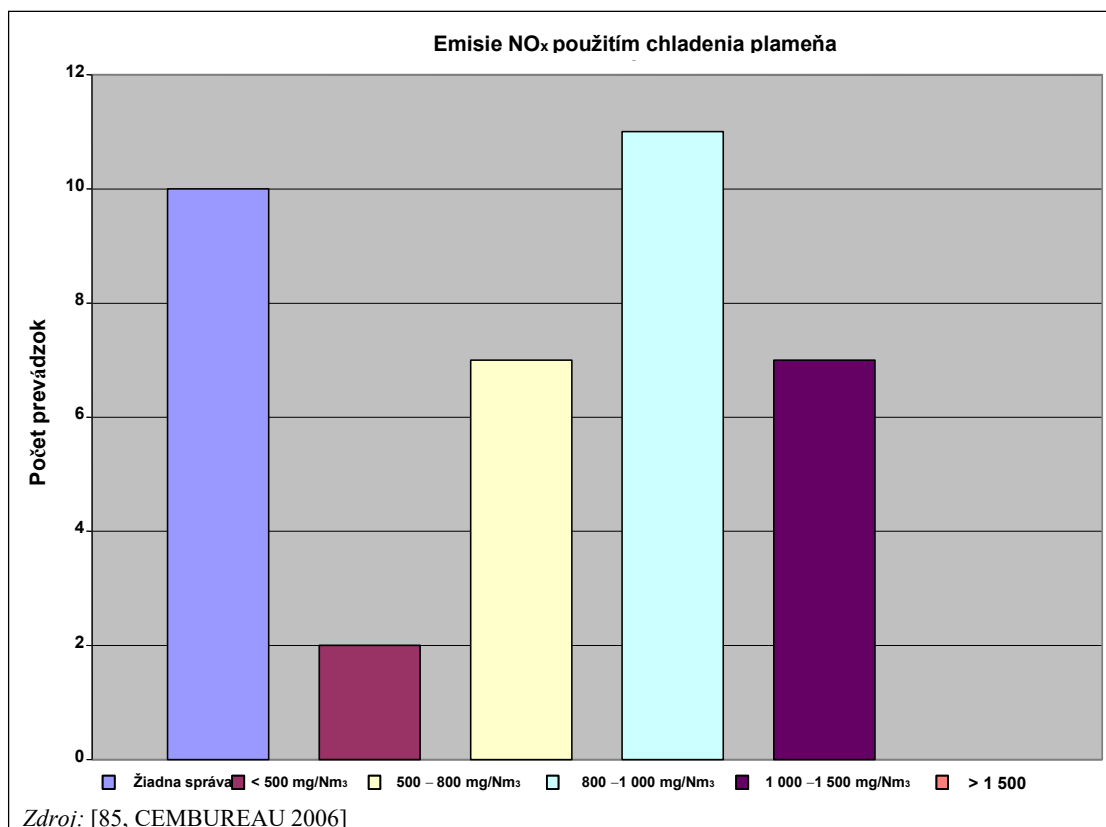
Vo Švédsku sa vysokoúčinná technika SNCR prevádzkuje od roku 1997 v troch peciach na výrobu cementu. Odvtedy sa dlhodobé emisie NO_x pohybujú okolo 200 mg/Nm^3 . Ročná priemerná hodnota v roku 2004 bola 221 mg/Nm^3 , zatiaľ čo priemerné mesačné hodnoty sa pohybujú od 154 do 226 mg/Nm^3 . Zaťaženie NO_x sa pohybuje od 130 do 915 t/rok [114, Švédsko 2006].

Emisie NO_x vo fínskych cementárňach sa pohybujú v rozmedzí 500 až $1\,200 \text{ mg/Nm}^3$, merané ako priemerná ročná hodnota [63, Fínsko 2006]. V Českej republike boli namerané emisie NO_x v rozsahu 400 až 800 mg/Nm^3 [112, Česká republika 2006]. Vo Francúzsku bolo v roku 2001 priemerné meranie emisií NO_x z 33 cementární 666 mg/Nm^3 [116, Francúzsko 2002]. Na mokrej dlhej cementárenskej peci v Dánsku sa používa SNCR a pri účinnosti zníženia o 40 – 50 % bola zaznamenaná úroveň emisií $\text{NO}_x < 800 \text{ mg/Nm}^3$ [182, TWG CLM 2008].

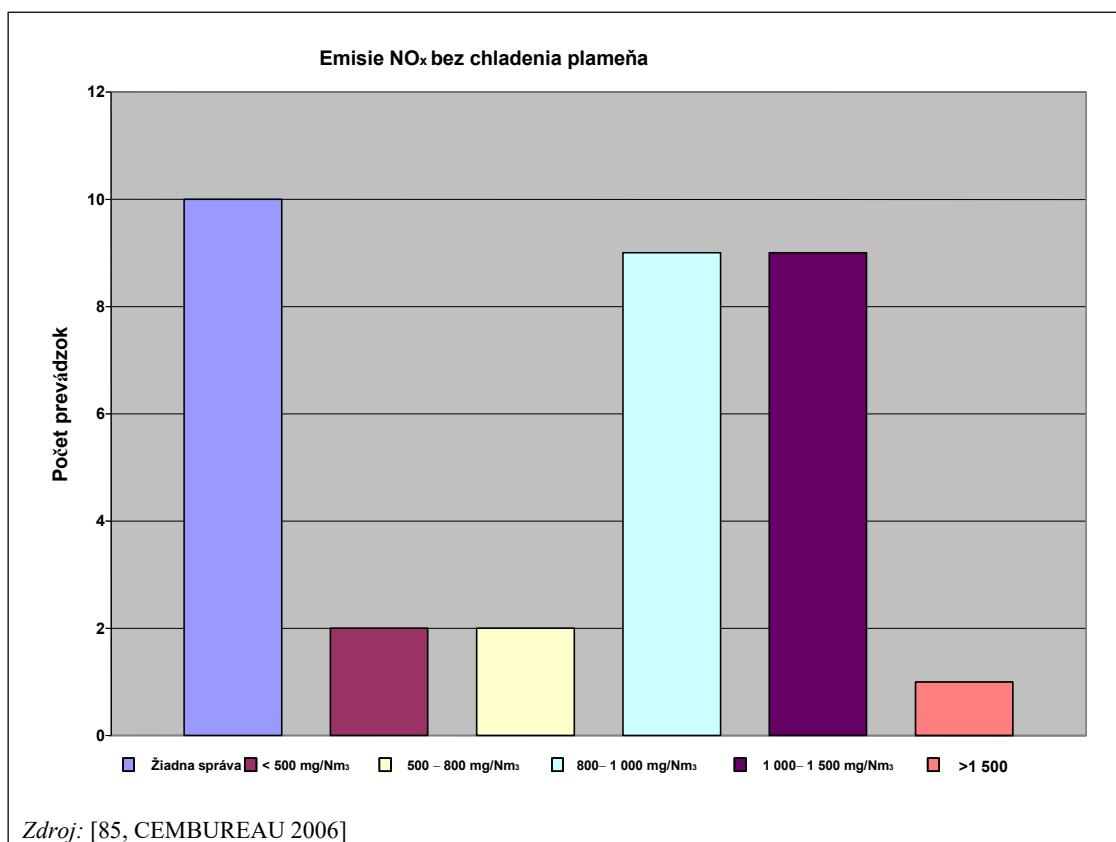
Pri výrobe bieleho cementu majú niektoré suroviny problémy s premenou na slinok počas procesu výpalu a potrebujú vyššie teploty plameňa v závislosti od ich kryštalografie alebo mineralógie. Osobitným prípadom je biely slinok, kde absencia taviacich sa kovov vedie k teplotám slinku približne o 150°C vyšším ako v prípade sivého slinku. Vyššie teploty plameňa vedú aj k vyššiemu tepelnému vzniku NO_x [120, Španielsko 2007].

Techniky redukcie NO_x v odvetví výroby cementu sú opísané v oddiele 1.4.5.1. Okrem toho je v tabuľke 1.33 v oddiele 1.4.5.1 uvedený počet zariadení s technikami znižovania emisií NO_x v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+, ktoré boli známe v roku 2008.

Chladenie plameňa sa používa na zníženie emisií NO_x . Boli zaznamenané miery zníženia/účinnosti od 10 do 35 %. Uvádzané rozsahy emisií, ktoré sa dosiahli použitím chladenia plameňom, sú uvedené na obrázku 1.27. Úroveň nižšiu ako 500 mg/Nm^3 dosiahli dve prevádzky, emisie v rozmedzí $500 - 800 \text{ mg/Nm}^3$ dosiahlo sedem prevádzok a v rozmedzí $800 - 1000 \text{ mg/Nm}^3$ dosiahlo 11 prevádzok (ročné priemerné hodnoty). V porovnaní s týmito rozsahmi emisií, ktoré dosiahli viaceré prevádzky, sú na obrázku 1.28 znázornené rozsahy emisií NO_x , ktoré dosiahli viaceré cementárne bez použitia chladenia plameňa. Len malý počet prevádzok dosahuje nižšie emisie NO_x .

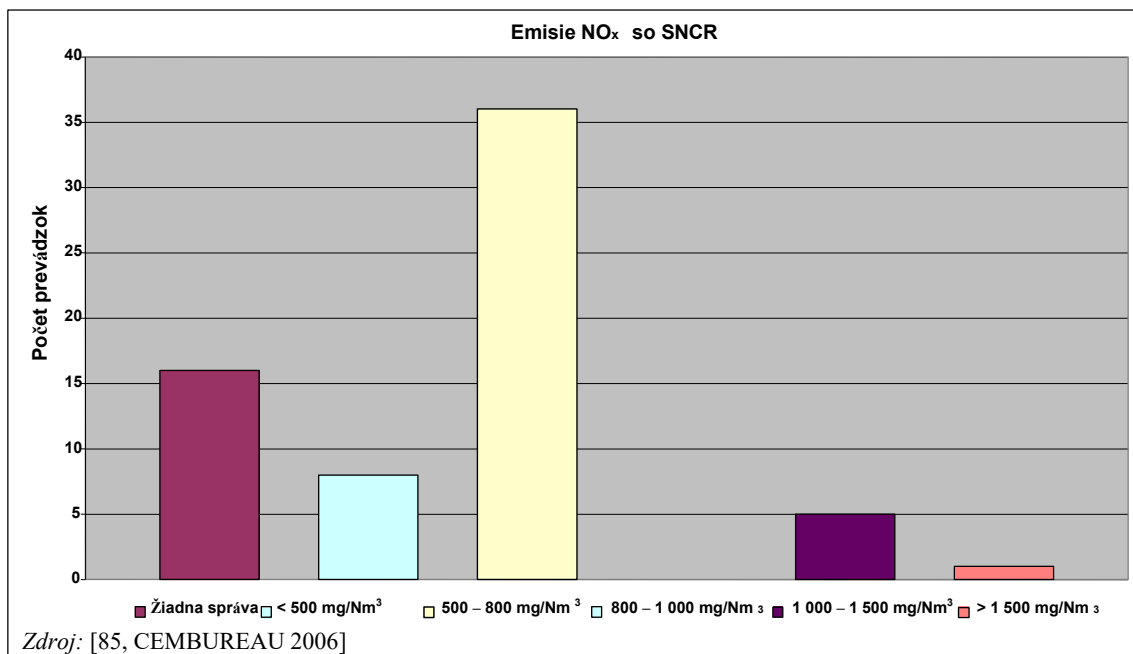


Obrázok 1.27: Dosiahnuté rozsahy emisií NO_x použitím chladenia plameňa v niekoľkých cementárňach v EÚ 23+

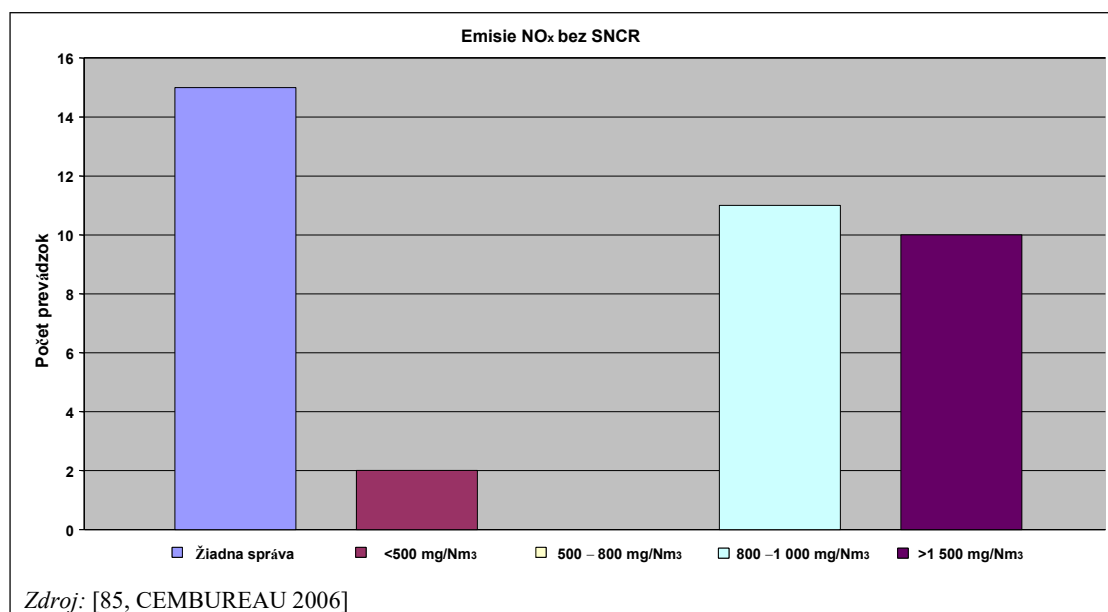


Obrázok 1.28: Dosiahnuté hodnoty emisií NO_x z niekoľkých cementární v EÚ 23+, ktoré nepoužívajú chladienie plameňa

Ako je znázornené na obrázkoch 1.29 a 1.30, použitie SNCR na zníženie emisií NO_x v cementárňach znižuje dosiahnutý rozsah emisií NO_x v porovnaní s cementárňami, ktoré nepoužívajú techniku SNCR (ročné priemerné hodnoty).



Obrázok 1.29: Emisie NO_x dosiahnuté v niekoľkých cementárňach používajúcich SNCR na zníženie emisií NO_x



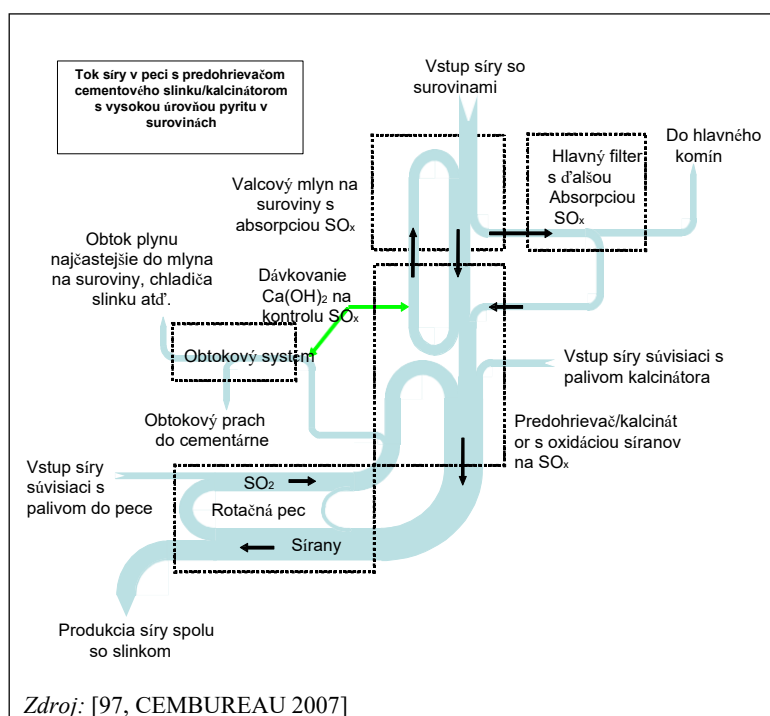
Obrázok 1.30: Rozsahy emisií NO_x dosiahnuté v niekoľkých cementárňach bez použitia SNCR

1.3.4.3 Oxid siričitý

Emisie SO_2 z cementárne závisia od celkového množstva vstupujúcich zlúčenín síry a od typu použitého procesu a závisia predovšetkým od obsahu prchavej síry v surovinách a prípadne od palív. Produkcia a potenciálne emisie SO_x závisia aj od cirkulácie síry, ktorá prebieha v systéme pece. Síra sa uvoľňuje z rôznych výstupov pecného systému, ako napríklad SO_2 v spaliniach, CaSO_4 a iné kombinované zlúčeniny v slinku a prachu. Väčšia časť síry je však obsiahnutá v slinku alebo je zo systému odvádzaná v rámci procesu.

V závislosti od príslušných ložísk môžu suroviny obsahovať síru viazanú ako síran alebo sulfid. Sírany sú stabilné zlúčeniny, ktoré sa len čiastočne tepelne rozkladajú pri vysokých teplotách prevládajúcich v zóne slinovania systémov rotačných pecí, ktoré sa môžu zvýšiť na základe miestnych redukčných podmienok a spaľovania palív a odpadov. V dôsledku toho sa síra prítomná vo forme síranov viac-menej úplne vypúšťa zo systému pece spolu so slinkom, ak sa to vyžaduje pre kvalitu slinku. Sulfidy sa naopak oxidujú v predohrievači a čiastočne uvoľňujú vo forme oxidov síry.

Síra vnesená do systému pece spolu s palivami sa oxiduje na SO_2 a vzhľadom na silný alkalický charakter v zóne slinovania, v zóne kalcinácie a v spodnej fáze predohrievača nevedie k významným emisiám SO_2 . Táto síra sa dostáva do zóny kalcinácie systému pece spolu s menšími koncentraciami SO_2 , ktoré sú výsledkom čiastočného rozkladu síranov v zóne slinovania. V zóne kalcinácie SO_2 reaguje okrem iného (okrem iného) s alkalickými látkami a alkalickými sulfátmi pochádzajúcimi zo surovín. Pri kontakte s čiastočne dekarbonizovanou surovinovou múčkou reaguje prebytočný SO_2 najprv na CaSO_3 a potom na CaSO_4 . Tieto sírany sa opäť dostanú do rotačnej pece. Takto sa vytvárajú cykly síry, ktoré sú v rovnováhe so sírou vypúšťanou prostredníctvom slinku (obrázok 1.31).



Obrázok 1.31: Vývojový diagram síry v cementárenskej peci s predohrievačom/predkalcinátorom

Kalcinačný priestor rotačnej pece ponúka ideálne podmienky na zachytávanie SO_2 z odpadových plynov pece. Emisie SO_2 sa však môžu vyskytnúť, keď prevádzkové podmienky systému pece, napr. koncentrácia kyslíka v rotačnej peci, neboli optimalizované na zachytávanie SO_2 . Okrem toho môžu účinnosť reakcie ovplyvniť rôzne faktory, napríklad teplota,

obsah vlhkosti, zdržný čas plynu, koncentrácia oxidov v plynnej fáze, dostupnosť povrchu pevnjej látky atď. [60, VDI 2094 Nemecko 2003], [76, Nemecko 2006], [86, EURITS 2006], [97, CEMBUREAU 2007].

Zvýšené emisie SO_2 sa očakávajú pri surovinách obsahujúcich organickú síru, a najmä ak je síra v surovine prítomná v ľahko oxidovateľnej forme, napr. ako pyrit alebo markazit. Na rozdiel od síranových zložiek surovín sa tieto ľahko oxidovateľné zlúčeniny môžu premeniť na SO_2 už v horných stupňoch cyklónu. Za týchto podmienok môžu byť koncentrácie emisií SO_2 súvisiace so surovinami až

1,2 g/Nm³ a v jednotlivých prípadoch aj vyššie, ak nie sú zabezpečené žiadne techniky sekundárnej regulácie emisií.

Pece, ktoré používajú suroviny s malým množstvom prchavej síry alebo bez prchavej síry, však majú len málo problémov s emisiami SO_2 a koncentrácie emisií v spalinách sú bez znižovania emisií v niektorých peciach nižšie ako 10 mg/Nm³, pričom koncentrácia emisií SO_2 sa zvyšuje so zvyšujúcou sa úrovňou prchavej síry v použitých surovinách.

Použitím sekundárnych kontrolných techník, napr. využitím hydroxidu vápenatého, možno výrazne znížiť emisie SO_2 . Na obrázku 1.32 sú uvedené hodnoty meraní SO_2 v čistom plyne z cementárni v EÚ 25 [97, CEMBUREAU 2007].

SO_2 je hlavnou (99 %) emitovanou zlúčeninou síry, hoci sa produkuje aj SO_3 a za redukčných podmienok by sa mohol uvoľňovať H_2S . Síra v surovinách, ktorá sa vyskytuje vo forme sulfidov a organicky kombinovanej síry, sa odparí a z prvého stupňa predohrievača sa môže uvoľniť 30 % alebo viac.

Na rozdiel od oblasti kalcinácie sa 40 až 85 % vzniknutého SO_2 zachytáva v predohrievači. Okrem obsahu vodnej pary v odpadových plynach z pece sú kľúčovými parametrami ovplyvňujúcimi zachytávanie SO_2 pomocou CaCO_3 v cyklónovom predohrievači obsah prachu v surovom plyne, a najmä koncentrácia kyslíka v surovom plyne v najvyššom stupni cyklónu. Prebytok kyslíka (1 až 3 % O_2 udržiavaných v peci pre uspokojivú kvalitu cementového výrobku) zvyčajne okamžite oxiduje všetky uvoľnené sulfidické zlúčeniny na SO_2 . V dlhých peciach nie je kontakt medzi SO_2 a alkalickým materiálom taký dobrý a síra v palivách, ako sú odpadové palivá, môže viesť k významným emisiám SO_2 .

Záchyt SO_2 v chladiacej veži plynov/odparovacom chladiči je relatívne nízky, približne 10 %. Naopak, v zariadení na mletie a sušenie sa pri drvení materiálu neustále odкрývajú nové, vysokoaktívne povrchy častíc, ktoré sú k dispozícii na zachytávanie SO_2 . Proces sušenia zabezpečuje, že plynná atmosféra je vždy obohatená o vodnú paru, čo zlepšuje absorpciu. Skúsenosti s prevádzkami fungujúcimi v kombinovanom režime ukázali, že v mlyne na suroviny možno zachytiť 20 až 70 % SO_2 . Medzi faktory ovplyvňujúce zachytávanie SO_2 patrí vlhkosť surovín, teplota mlyna, zdržný čas v mlyne, ako aj jemnosť mletého materiálu. Preto je dôležité, aby sa mletie surovín optimalizovalo tak, aby sa mlyn na suroviny mohol prevádzkovať ako zariadenie na znižovanie emisií SO_2 v peci [60, VDI 2094 Nemecko 2003], [76, Nemecko 2006], [86, EURITS 2006], [97, CEMBUREAU 2007].

Napriek tomu, že väčšina síry zostáva v slinku vo forme síranov, emisie SO_2 môžu byť zo surovín s vysokým obsahom prchavej síry významné a možno ich považovať za hlavnú znečisťujúcu látku.

Odchýlka od bežných prevádzkových podmienok

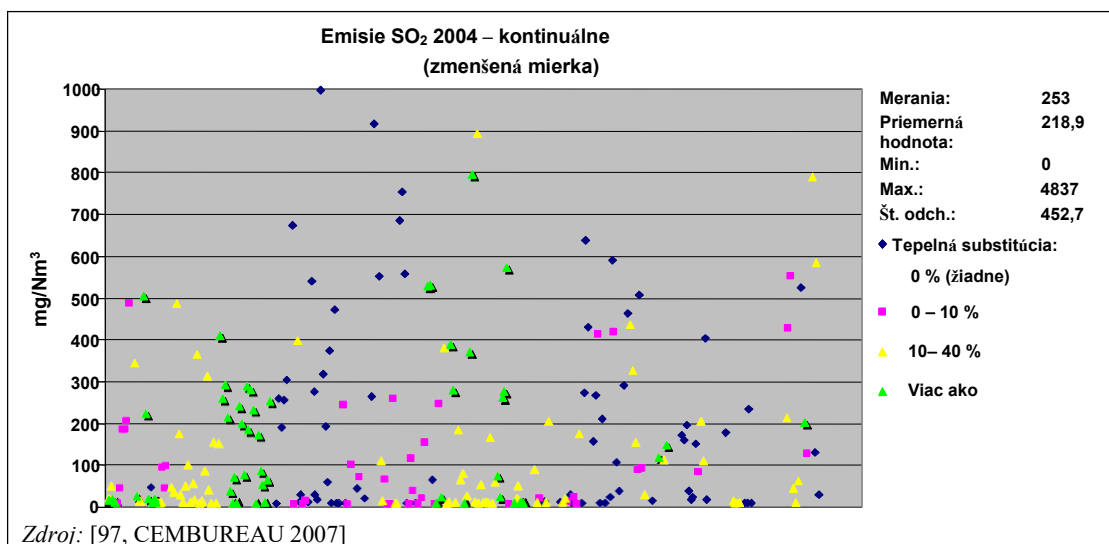
Udalosti, ktoré sa odchyľujú od bežných prevádzkových podmienok, vedú k zvýšeniu emisií SO_2 , ako napríklad spaľovanie vykonávané za redukčných podmienok, ktoré znižuje účinnosť viazania síry:

- neúplné spaľovanie v predkalcinátore alebo hrubé odpadové palivá nie sú správne spálené v zadnej časti pece,

- príliš horúca zóna spaľovania, ktorá sa môže vyskytnúť v peciach spaľujúcich palivovú zmes s veľmi tvrdou páliteľnosťou,
- prebytok síry prostredníctvom alkalických látok v náplni pece,
- extrémne úrovne recirkulácie síry medzi pecou a stupňami predohrievača.

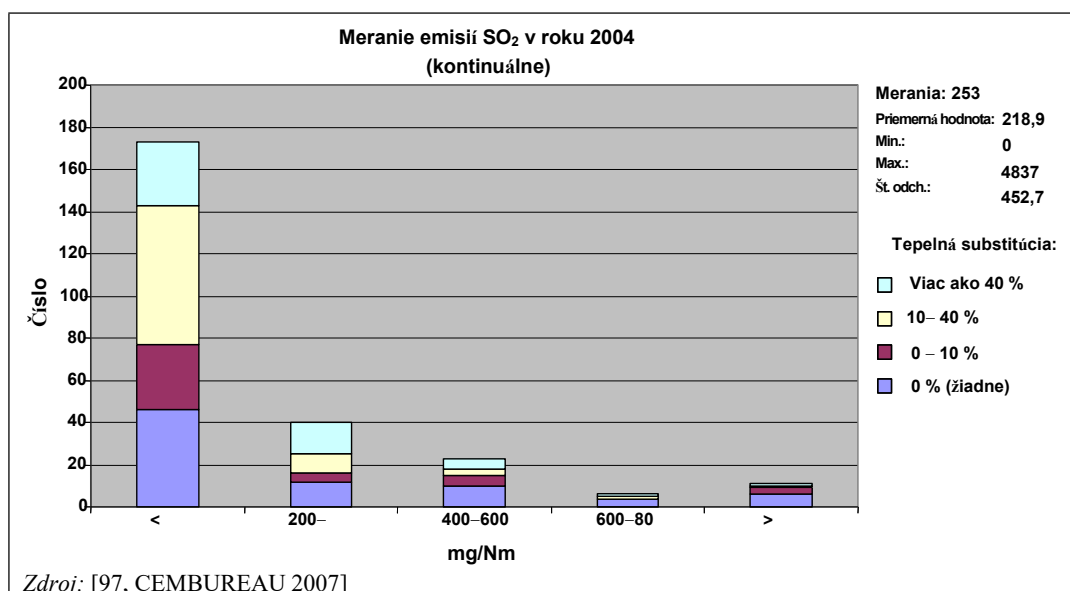
V roku 2004 boli zozbierané vzorové údaje o emisiách SO_2 z rôznych prevádzok nachádzajúcich sa v niekoľkých krajinách EÚ 27 a EÚ 23. Kontinuálne merané emisie sa uvádzali ako ročný priemer 24-hodinových priemerov. Hodnoty merania sa vzťahujú na 1 m^3 suchého plynu za štandardných podmienok. Hodnoty meraní SO_2 v čistom plyne boli získané z 253 rotačných pecí. 11 meraní bolo mimo rozsahu. Z nich sedem malo nulovú mieru substitúcie, tri mali mieru substitúcie medzi 0 a 10 a jedna bola vyššia ako 40, ako je znázornené na obrázku 1.32 [97, CEMBUREAU 2007]. Vo švajčiarskej cementárni však boli zistené koncentrácie surového plynu v rozmedzí $1\,400 - 1\,700 \text{ mg/Nm}^3$ s maximálnymi hodnotami až do $3\,000 \text{ mg/Nm}^3$ [86, EURITS 2006].

Veľká časť SO_2 sa absorbuje a viaže na cementový slinok a cementárenský pecný prach (CKD), ako je znázornené na obrázku 1.32. Používanie odpadových palív nemá vplyv na celkové emisie SO_2 . V dlhých rotačných peciach je kontakt medzi SO_x a alkalickými materiálmi menej účinný a síra v palivách môže viesť k emisiám SO_x .



Obrázok 1.32: Hodnoty meraní SO_2 v čistom plyne z cementární v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+

Kategorizácia a rozdelenie týchto emisií SO_2 je znázornené na obrázku 1.33 [97, CEMBUREAU 2007].



Obrázok 1.33: Rozdelenie meraní do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie hladín SO₂

V prípade výroby bieleho cementu môžu rôzne podmienky a ich kombinácia viesť v určitých prípadoch k výrazne nižšej schopnosti zadržiavať síru z paliva v slinku, a tým k vyšším emisiám SO₂. Tieto podmienky sú nasledovné:

- ťažká páliteľnosť surovínovej múčky,
- nízky obsah alkalických látok vo vsádzke pece z dôvodu vysokej čistoty surovín,
- podmienky v peci, ako je všeobecne redukčná atmosféra,
- konfigurácia pece: pece Lepol sú bežné a v moderných peciach s predohrievačom môže byť počet cyklónov obmedzený chemickým zložením surovín (bilancia alkalických látok a síry) [120, Španielsko 2007].

1.3.4.4 Oxidy uhlíka (CO₂, CO)

1.3.4.4.1 Oxid uhličitý (CO₂)

Emisie CO₂ sa odhadujú na 900 až 1 000 kg/t sivého slinku, čo súvisí so špecifickou potrebou tepla približne 3 500 až 5 000 MJ/t slinku, ale toto tiež závisí od druhu paliva. Vďaka mletiu cementu s minerálnymi prídavkami sa emisie CO₂ znižuje v pomere k tonám cementu (porovnaj s obrázkom 1.19). Približne 62 % vzniká v procese kalcinácie a zvyšných 38 % súvisí so spaľovaním paliva. Emisie CO₂ sú výsledkom spaľovania paliva s obsahom uhlíka a sú priamo úmerné meranej potrebe tepla, ako aj pomeru obsahu uhlíka a výhrevnosti paliva. Emisie CO₂ zo spaľovania sa postupne znižovali, pričom za posledných 25 rokov sa znížili približne o 30 %, a to najmä zavedením úspornejších procesov v peciach.

Pokiaľ ide o emisie CO₂ a systém obchodovania s emisiami, informácie možno nájsť v smernici Európskeho parlamentu a Rady 2003/87/ES z 13. októbra 2003 o vytvorení systému obchodovania s emisnými kvótami skleníkových plynov v Spoločenstve, ktorou sa mení a dopĺňa smernica 2009/29/ES [99, Európska únia 2003] [191, Európska únia 2009]. Okrem toho informácie týkajúce sa monitorovania a vykazovania emisií skleníkových plynov podľa smernice o systéme obchodovania s emisiami možno nájsť v rozhodnutí Európskej komisie z 29. januára 2004 (2004/156/ES) a v rozhodnutí Komisie z 18. júla 2007 (2007/589/ES) [122, Európska komisia, 2004] [193, Európska únia 2007].

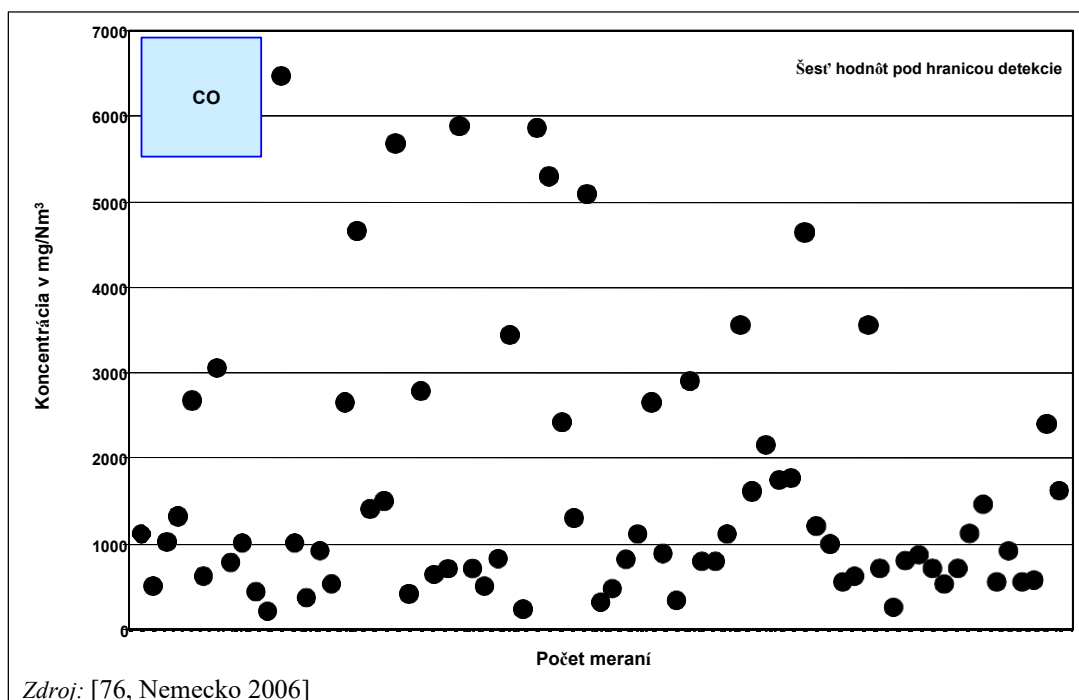
1.3.4.4.2 Oxid uhoľnatý (CO)

Emisie CO a organicky viazaného uhlíka počas procesu výpalu slinku sú zvyčajne spôsobené malým množstvom organických zložiek, ktoré sa dostávajú do horniny prostredníctvom prírodných surovín (zvyšky organizmov a rastlín, ktoré sa do horniny dostali v priebehu geologickej histórie). Tie sa počas predohrievania vsádzky pece premieňajú a oxidujú za vzniku CO a CO₂. V tomto procese sa tvoria aj malé množstvá organických stopových plynov, ako je napríklad celkový organický uhlík. V prípade procesu spaľovania slinku preto obsah CO a organických stopových plynov v čistom plyne neumožňuje vyvodiť závery o podmienkach spaľovania.

Ďalšie emisie CO však môžu byť aj výsledkom zlého spaľovania a nesprávnych podmienok horenia pri sekundárnom spaľovaní. Na druhej strane je potrebné zdôrazniť, že takéto zvýšenie miery emisií CO sa zhoduje so znížením emisií NO_x. Redukčné podmienky však môžu mať pozitívny účinok na emisiu SO_x.

V prevádzkach na premenu energie, ako sú elektrárne, sú koncentrácie CO a organicky viazaného uhlíka vo výfukových plynoch meradlom miery vyhorenia palív. Naproti tomu proces spaľovania slinku je procesom premeny materiálu, ktorý musí byť z dôvodu kvality slinku vždy prevádzkovaný s prebytkom vzduchu. Spolu s dlhým časom zdržania vo vysokých teplotách to vedie k úplnému vyhoreniu paliva [76, Nemecko 2006].

V závislosti od ložiska suroviny sa do procesu spolu s prírodnou surovinou dostáva 1,5 až 6 g organického uhlíka na 1 kg slinku. Testy s použitím surovín rôzneho pôvodu ukázali, že medzi 85 – 95 % organických zlúčenín v surovine sa v prítomnosti 3 % kyslíka mení na CO₂, ale zároveň sa 5 až 15 % mení na CO. Podiel emisií vo forme prchavých organických zlúčenín uhlíka (VOC) je za týchto podmienok výrazne nižší ako 1 %. Koncentrácia CO môže dosahovať až 1 000 mg/Nm³, presahovať 2 000 mg/Nm³ alebo v niektorých prípadoch môže byť dokonca vyššia ako 5 000 mg/Nm³, ako je znázornené na obrázku 1.34. Väčšina príkladov týchto hodnôt koncentrácie emisií CO kontinuálne meraných v 29 nemeckých rotačných peciach sa však pohybuje v rozmedzí od 200 do 2 200 mg/Nm³ ako ročná priemerná hodnota (detekčný limit CO 1,8 – 2,5 mg/Nm³) [9, CEMBUREAU 1997, november], [76, Nemecko 2006], [168, TWG CLM 2007]. Dobrá konštrukcia zbernej platne, dopravníka a podávača je nevyhnutná na zabezpečenie stabilnej miery tuhého paliva s minimálnymi špičkami. V opačnom prípade môže dôjsť k substechiometrickému spaľovaniu, ktoré môže viesť ku krátkodobým špičkám vyšším ako 0,5 % CO. Tie spôsobujú ďalší problém, že akékoľvek znižovanie emisií ESP sa musí automaticky vypnúť, aby sa zabránilo výbuchu.

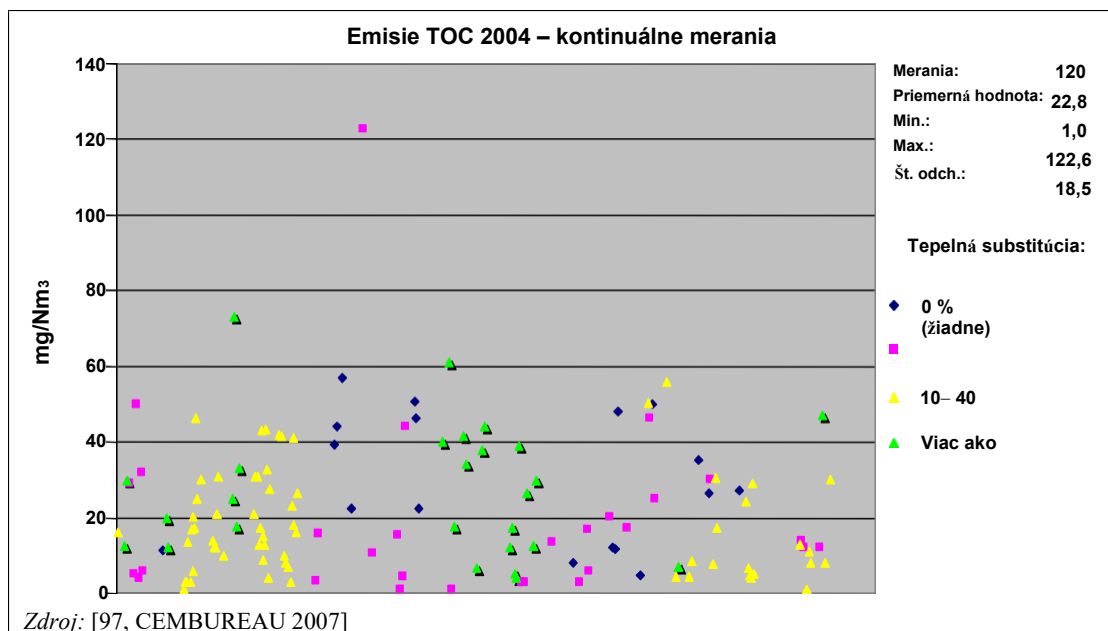


Obrázok 1.34: Hodnoty koncentrácie emisií CO namerané v čistom plyne z 29 nemeckých rotačných pecí v roku 2004

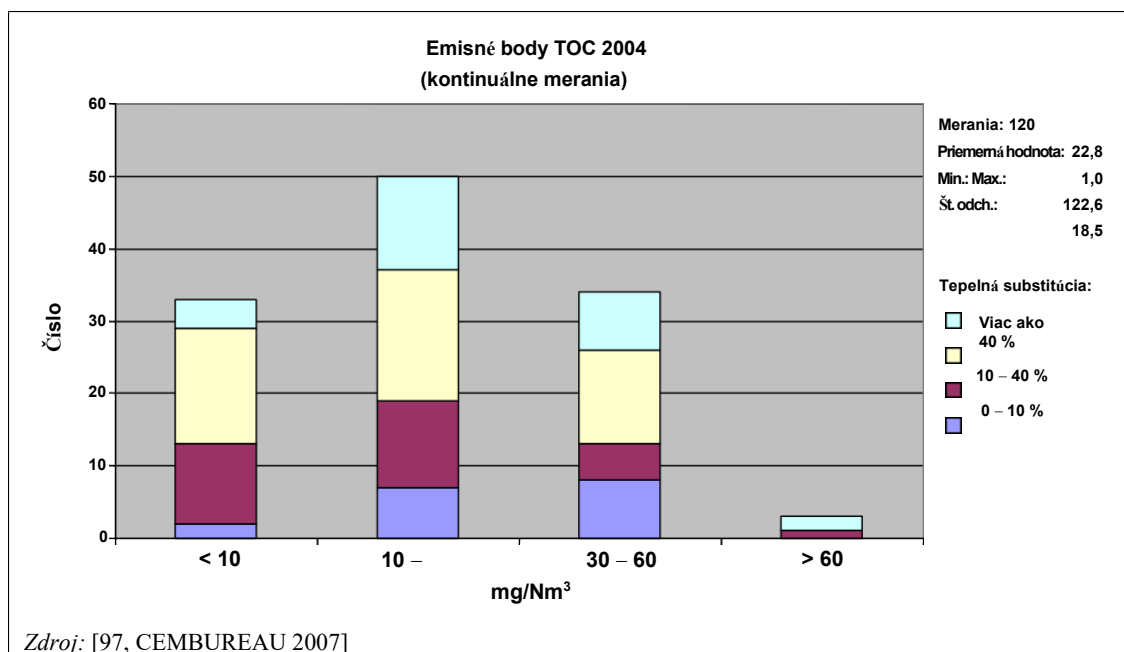
1.3.4.5 Celkový obsah organických zlúčenín (TOC)

Pri tepelných (spaľovacích) procesoch vo všeobecnosti sa výskyt prchavých organických zlúčenín (a oxidu uhoľnatého) často spája s neúplným spaľovaním. V peciach z cementu budú emisie za normálnych ustálených podmienok nízke, a to v dôsledku druhu použitej pece, veľkého času zdržania plynov v peci, vysokej teploty, charakteru plameňa (2 000 °C) a podmienok prebytku kyslíka. Ide o procesné podmienky, pri ktorých sa organické zlúčeniny rozkladajú a ničia s vysokou mierou účinnosti (>99,9999 %) [86, EURITS 2006], [97, CEMBUREAU 2007]. Koncentrácie sa môžu zvýšiť počas nábehu alebo abnormálnych operačných podmienok (nestabilita). Tieto udalosti sa môžu vyskytovať s rôznou frekvenciou, napríklad raz alebo dvakrát týždenne až raz za dva alebo tri mesiace.

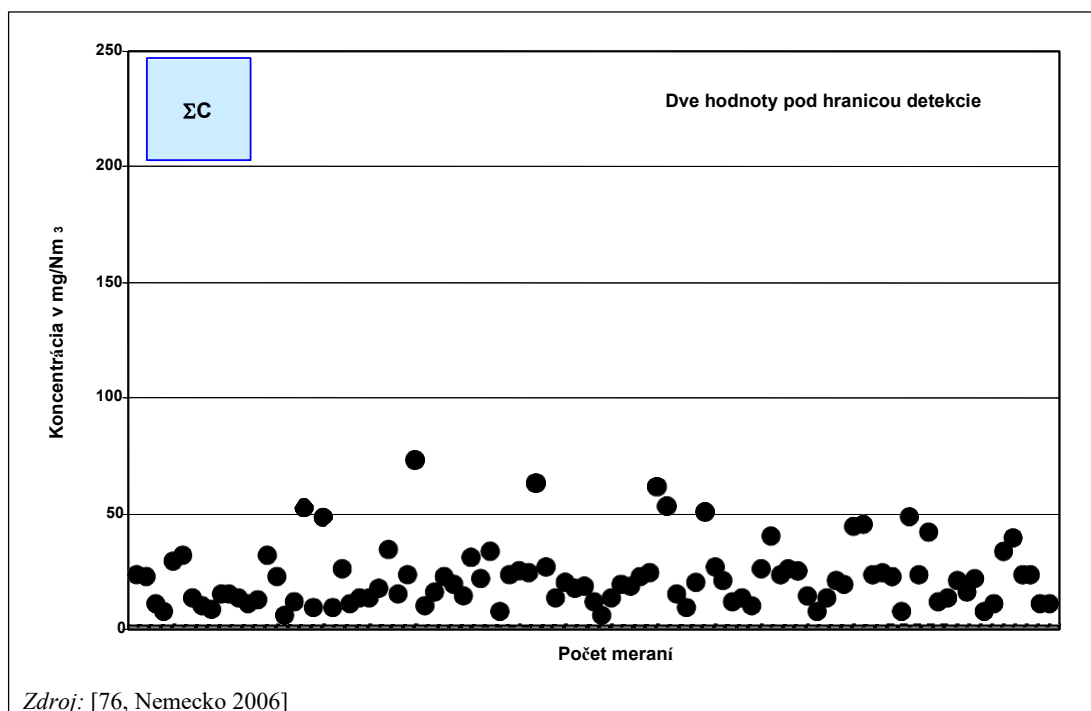
K emisiám prchavých organických zlúčenín (VOC) môže dochádzať v primárnych krokoch procesu (predohrievač, predkalcinátor), keď sa organické látky prítomné v surovinovej múčke pri zahrievaní suroviny vyparujú. Organické látky sa uvoľňujú pri teplotách 400 až 600 °C. Obsah VOC v odpadovom plyne z cementárenských pecí sa zvyčajne pohybuje v rozmedzí 1 až 80 mg/Nm³, meraný ako TOC, ako je znázornené na obrázku 1.35. V ojedinelých prípadoch však môžu emisie dosiahnuť 120 mg/Nm³ vzhľadom na vlastnosti surovín. V roku 2004 boli zozbierané vzorové údaje o emisiách TOC z rôznych prevádzok nachádzajúcich sa v niekoľkých krajinách EÚ 27 a EÚ 23+. Hodnoty z kontinuálnych meraní TOC v čistom plyne boli zozbierané zo 120 rotačných pecí a distribúcia týchto meraní bola tiež kategorizovaná v tepelnej substitúcii ako úrovne TOC, ako je uvedené na obrázkoch 1.35 a 1.36. Kontinuálne merané emisie sa uvádzali ako ročný priemer 24-hodinových priemerov. Výsledné merané hodnoty sa vzťahujú na 1 Nm³ suchého plynu za štandardných podmienok [9, CEMBUREAU 1997 november], [97, CEMBUREAU 2007]. Kontinuálne merania z 27 nemeckých rotačných pecí ukazujú príklady hodnôt koncentrácie emisií uhlíka až do 75 mg/Nm³ (ročná priemerná hodnota), ako je znázornené na obrázku 1.37. Väčšina meraní sa pohybuje pod 30 mg/Nm³ (ročná priemerná hodnota) (detekčný limit 1,5 – 2,1 mg/Nm³) [76, Nemecko 2006].



Obrázok 1.35: Hodnoty emisií TOC z kontinuálnych meraní v čistom plyne z cementárenských pecí v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+



Obrázok 1.36: Rozdelenie kontinuálnych meraní do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni TOC



Obrázok 1.37: Hodnoty koncentrácie celkového organického uhlíka z merania v čistom plyne z 27 nemeckých rotačných pecí v roku 2004

1.3.4.6 Polychlórované dibenzo-p-dioxíny (PCDD) a dibenzofurány (PCDF)

PCDD/F môžu byť výsledkom kombinácie mechanizmov vzniku v závislosti od konštrukcie pece a procesu, podmienok spaľovania, vlastností vsádzky a typu a prevádzky zariadení na reguláciu emisií. Okrem toho akýkoľvek vstup chlóru v prítomnosti organického materiálu môže potenciálne spôsobiť vznik PCDD/F pri tepelných (spaľovacích) procesoch. PCDD/F sa môžu tvoriť v na predohrievača a v zariadení na reguláciu znečistenia ovzdušia, ak sú prekursori chlóru a uhlíkovodíkov zo surovín k dispozícii v dostatočnom množstve (pozri tiež oddiel 1.2.4). Vznik PCDD/F a ich následné emisie si však vyžadujú súčasnú prítomnosť piatich faktorov:

- uhlíkovodíky,
- chloridy,
- katalyzátor:
 - niektoré správy naznačujú, že Cu^{2+} (a Fe^{2+}) majú katalytický účinok,
- vhodné teplotné rozpätie:
 - medzi 200 a 450 °C s maximom pri 300 – 325 °C,
- dlhý zdržný čas v príslušnom teplotnom rozpätí.

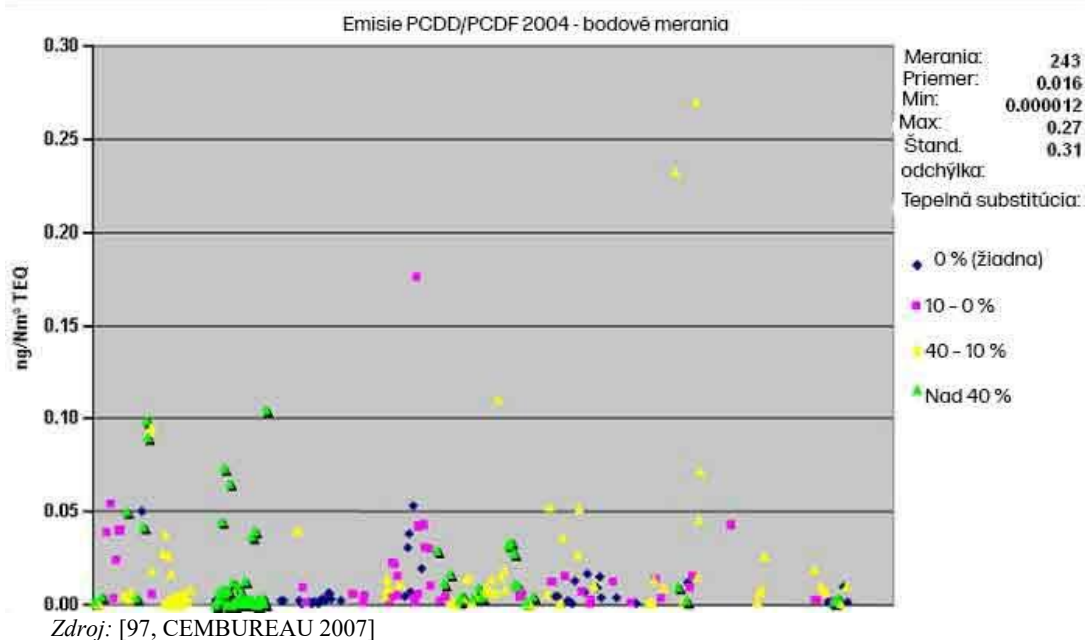
Okrem toho musí byť v plyne prítomný molekulárny kyslík. Miera vzniku sa zvyšuje s koncentráciou kyslíka s reakčným rádom 0,5.

Ako je uvedené vyššie, je známe, že k reformácii PCDD/F dochádza de novo syntézou v teplotnom rozpätí ochladzovania od 450 do 200 °C. Preto je dôležité, aby sa plyny, ktoré opúšťajú systém pece, rýchlo ochladili v tomto rozsahu. V praxi k tomu dochádza v systémoch predohrievača, keď sa vstupné suroviny predhrievajú plyny z pece. Zvýšené koncentrácie PCDD/F v predohrievača sa neočakávajú z dôvodu zvýšenej teploty, pri ktorej sa PCDD/F ničia. Pri teplotách približne 925 °C sa PCDD/F rýchlo rozkladajú. Okrem toho je deštrukcia podporovaná dynamickým procesom transportu materiálu do horúcich zón, zatiaľ čo plyn sa transportuje do chladnejších zón. PCDD a PCDF adsorbované vo vsádzkovom otvore pece sa transportujú do zón s vyššou teplotou (400 – 600 °C), kde sa tepelne

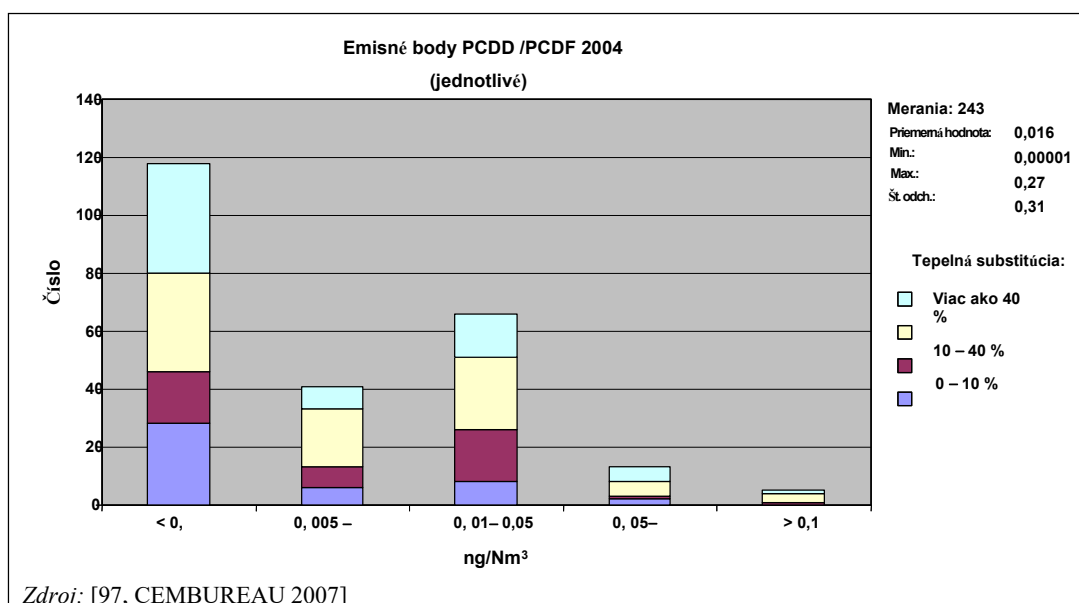
zničené alebo rozložené na ľahšie homológy. Uvoľňujú sa do plynu a v chladnejších zónach (200 – 300 °C) znovu sublimujú do vsádzkového otvoru pece. Okrem toho, vzhľadom na dlhý čas zdržania v peci a vysoké teploty sú emisie PCDD/F počas ustáleného stavu pece vo všeobecnosti nízke. Podrobné výskumy a merania ukázali, že emisie PCDD/F z odvetvia výroby cementu možno dnes klasifikovať ako nízke, a to aj v prípade, že sa ako palivo používajú odpady a nebezpečné odpady. Merané údaje boli získané z mokrých aj suchých pecí, ktoré fungovali v rôznych prevádzkových podmienkach a používali širokú škálu odpadov a nebezpečných odpadov privádzaných do hlavného horáka aj na vstup do pece (predohrievač/predkalcinátor). Z týchto výskumov vyplynulo, že v Európe je výroba cementu zriedkavo významným zdrojom emisií PCDD/F, pretože:

- väčšina cementárskych pecí môže dosiahnuť úroveň emisií 0,1 ng I-TEQ/Nm³, ak sa použijú primárne techniky (pozri oddiel 1.4.6),
- používanie odpadu ako palív a surovín privádzaných do hlavného horáka, na vstupe do pece alebo do predkalcinátora zrejme neovplyvňuje ani nemení emisie POPs [88, SINTEF 2006].

V roku 2004 boli zozbierané vzorové údaje o emisiách PCDD/F z rôznych prevádzok nachádzajúcich sa v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+. Hodnoty z meraní PCDD/F v čistom plyne boli získané ako jednotlivé merania, ako je znázornené na obrázkoch 1.38 a 1.39. Hodnoty z merania sa vzťahujú na 1 m³ suchého plynu za štandardných podmienok [97, CEMBUREAU 2007]. Ako je znázornené na obrázku 1.38, vykázané údaje naznačujú, že cementárske pece v Európe môžu väčšinou spĺňať emisiu koncentrácie 0,1 ng I-TEQ/Nm³, čo je limitná hodnota pre spaľovne odpadu v smernici. Z nemeckých meraní hodnôt koncentrácie PCDD/F nameraných v čistom plyne 39 rotačných pecí (pece so suspenzným predohrievačom a pece Lepol) vyplýva, že koncentrácie emisií sú vo všeobecnosti výrazne nižšie ako 0,1 ng I-TEQ/Nm³, pričom priemerná koncentrácia dosahuje menej ako 0,02 ng I-TEQ/Nm³, ako je znázornené na obrázku 1.40. V 26 prípadoch neboli zistené žiadne emisie PCDD/F. V Španielsku sa v období rokov 2000 až 2003 vykonalo 89 meraní PCDD/F zo 41 pecí, čo predstavuje 69,5 % pokrytie. Tieto výskumy sa uskutočnili pre rôzne palivá používané pri procese vypaľovania v peci. V prípade pecí, ktoré používajú odpadové palivá, napr. palivá získané z odpadu (RDF), sa emisné faktory PCDD/F pohybujú v rozmedzí 0,83 – 133 ng I-TEQ/t slinku a sú celkom porovnateľné s výsledkami získanými pre konvenčné palivá s rozsahom emisných faktorov 0,67 – 246 ng I-TEQ/t slinku [60, VDI 2094 Nemecko 2003], [76, Nemecko 2006], [86, EURITS 2006], [88, SINTEF 2006], [91, CEMBUREAU 2006], [150, Fabrellas/Larrazabal/Martinez/Sanz/Ruiz/Abad/Rivera 2004].

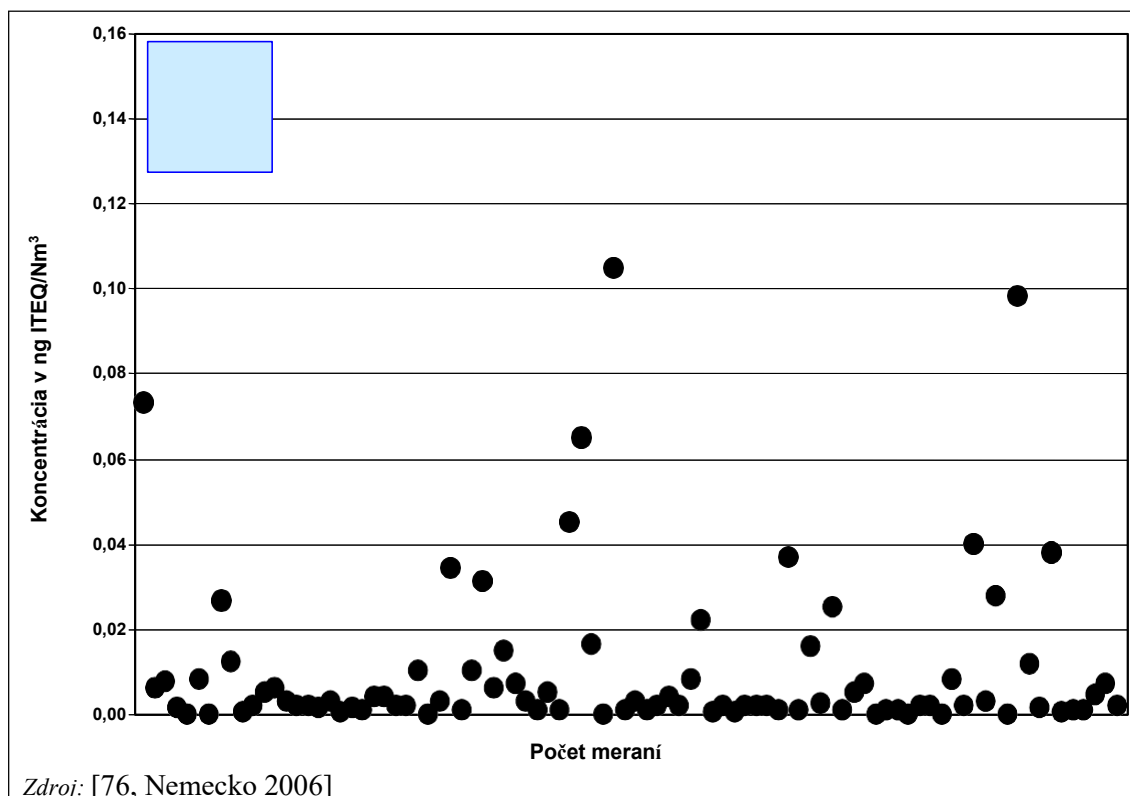


Obrázok 1.38: Emisie PCDD/F v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+ v roku 2004 rozdelené do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie



Obrázok 1.39: Rozdelenie jednotlivých meraní do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni PCDD/F z cementárenských pecí v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+

Príklady emisií PCDD/F nameraných v 39 nemeckých rotačných peciach sú uvedené na obrázku 1.40. Tieto informácie sú výsledkom jednotlivých meraní, ktoré sa vykonávajú trikrát ročne v jeden konkrétny deň. V 26 prípadoch neboli zistené žiadne emisie PCDD/F. Je potrebné poznamenať, že od štandardu sa neodpočítal/neodčítal žiadny detekčný limit. Pre tieto merania/vzorky PCDD/F bol detekčný limit 0,0051 ng I-TEQ/Nm³. Na vyhodnotenie výsledkov merania je potrebné zohľadniť medzilaboratórnu odchýlku metódy (porovnanie medzi rôznymi laboratóriami) [184, štandard CEN EN-1948 2007]. I-TEQ je skratka pre medzinárodný ekvivalent toxicity [76, Nemecko 2006].



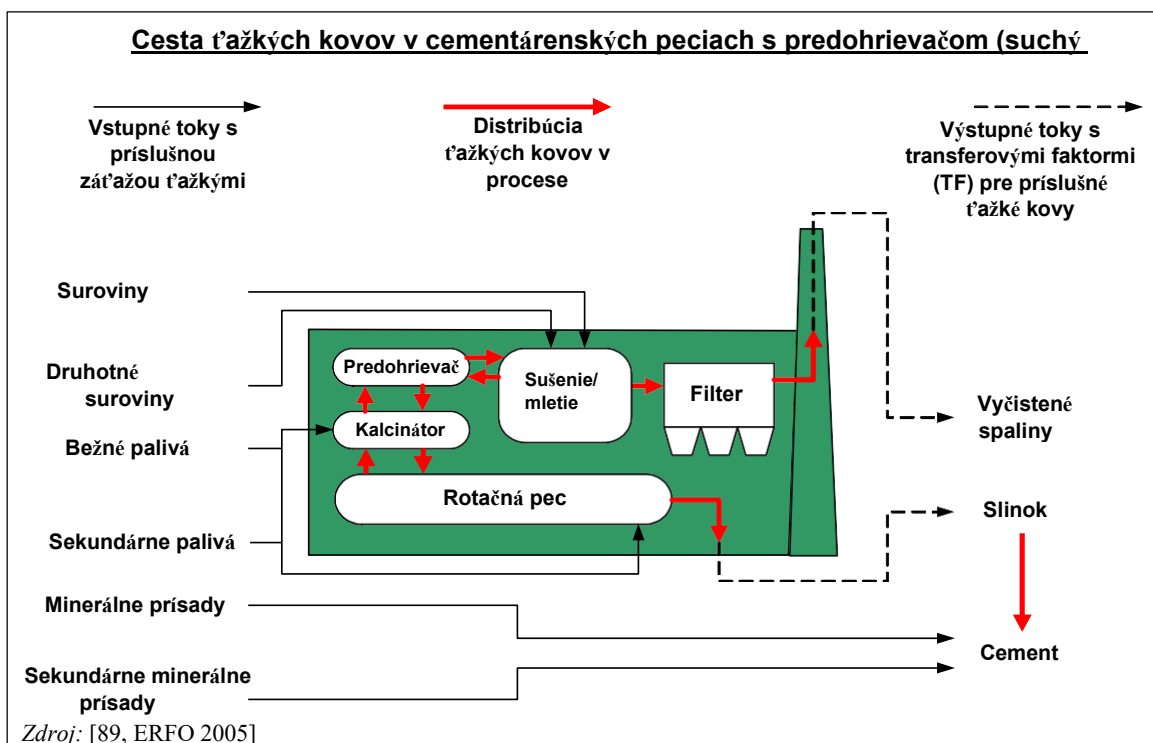
Obrázok 1.40: Emisie PCDD/F namerané v čistom plyne 39 nemeckých rotačných pecí v roku 2004

1.3.4.7 Kovy a ich zlúčeniny

Suroviny a palivá budú vždy obsahovať kovy. Ich koncentrácie sa v jednotlivých lokalitách značne líšia a potenciál emisií do atmosféry ovplyvňujú veľmi zložité mechanizmy. Okrem toho sa koncentrácia kovu z odpadu používaného ako palivo líši v závislosti od pôvodu odpadu. Zlúčeniny kovu možno rozdeliť do štyroch tried na základe prchavosti kovu a jeho solí:

1. Kovy, ktoré sú alebo majú zlúčeniny, ktoré sú žiaruvzdorné alebo neprchavé, ako napríklad Ba, Be, Cr, As, Ni, V, Al, Ti, Ca, Fe, Mn, Cu a Ag:
 - tieto kovy sú úplne absorbované slinkom a vypúšťané spolu s ním, a preto necirkulujú v systéme pece. V odpadových plynoch sú jediné emisie s prachom; závisia len od vstupného množstva a účinnosti oddelenia prachu. Emisie sú preto vo všeobecnosti veľmi nízke.
2. Kovy, ktoré sú alebo majú poloprchavé zlúčeniny: Sb, Cd, Pb, Se, Zn, K a Na:
 - tieto kovy kondenzujú ako sírany alebo chloridy pri teplotách 700 až 900 °C a dochádza k vnútornej cirkulácii. Týmto spôsobom sa poloprchavé prvky, ktoré sa nahromadili v systéme pece s predohrievačom, opäť vyzrážajú v cyklónovom predohrievači a zostávajú vo veľkej miere, ale takmer úplne v slinku.
3. Tálium: kov, ktorý je alebo má prchavú zlúčeninu:
 - zlúčeniny tália (napr. TlCl) kondenzujú pri teplote 450 až 550 °C, v prípade pecí na teplo v hornej časti predohrievača, kde sa môžu hromadiť (vnútorná cirkulácia).
4. Ortuť: kov, ktorý je alebo má prchavú zlúčeninu (pozri oddiel 1.3.4.7.1):
 - ortuť a zlúčeniny ortuti prechádzajú z väčšej časti cez pec a predohrievač; sú len čiastočne adsorbované prachom surového plynu v závislosti od teploty odpadového plynu [12, Holandsko 1997], [76, Nemecko 2006], [91, CEMBUREAU 2006], [92, Rakúsko 2006].

Cesta kovov v cementárenských peciach s predohrievačom pri suchom spôsobe je znázornená na obrázku 1.41.



Obrázok 1.41: Cesta kovov v cementárenských peciach s predohrievačmi pri suchom spôsobe

Správanie a úroveň emisií jednotlivých kovov v procese výpalu slinku závisia od prchavosti, vstupného scenára do pece, koncentrácie kovových prvkov v surovinách a palivách, najmä ak sa používajú odpady alebo nebezpečné odpady, druhu spôsobu, a predovšetkým od účinnosti zrážania systémov na zachytávanie prachu na hlavnom komíne.

Kovy zavedené do procesu spaľovania prostredníctvom surovín a palív sa môžu úplne alebo čiastočne odparovať v horúcich zónach predohrievača a/alebo rotačnej pece v závislosti od ich prchavosti, reagovať so zložkami prítomnými v plynnej fáze a kondenzovať vo vsádzkovom otvore pece v chladnejších sekciách systému pece. Kovy z palív sa spočiatku dostávajú do spaľovaných plynov, ale emitujú sa len v extrémne malom rozsahu vďaka zdržnej kapacite pece a predohrievača. Keďže hmotnostný pomer surovín a paliva pri výrobe slinku je približne 10 : 1, vstupy súvisiace so surovinami sú rozhodujúce pre emisie [76, Nemecko 2006], [86, EURITS 2006] [92, Rakúsko 2006].

Netrvanlivé zlúčeniny kovov zostávajú v procese a vystupujú z pece ako súčasť zloženia cementového slinku (> 99,9 %). Poloprchavé zlúčeniny kovu sa pri teplotách slinkovania čiastočne dostávajú do plynu a kondenzujú na surovine v chladnejších častiach systému pece. To vedie k cyklickému účinku v rámci systému pece (vnútorné cykly), ktorý je buď obmedzený na pec a predohrievač, alebo je zahrnutý aj v sušiackej jednotke na mletie. Ak sú kovy z veľkej časti skondenzované v predohrievači, vrátia sa do pece spolu s náplňou. Výsledkom je vnútorný cyklus kovu (cyklus pec/predohrievač). Tento cyklický efekt sa stupňuje až do bodu, keď sa vytvorí a udržiava rovnováha medzi vstupom a výstupom prostredníctvom cementového slinku [9, CEMBUREAU 1997, november], [60, VDI 2094 Nemecko 2003], [76, Nemecko 2006].

Prchavé zlúčeniny kovov kondenzujú na časticiach surovín pri nižších teplotách a potenciálne vytvárajú vnútorné alebo vonkajšie cykly, ak nie sú emitované so spalínami z pece. Tálium a ortuť a ich zlúčeniny sa obzvlášť ľahko vyparujú. Nie sú úplne zachytené v slinkovej matici. Tálium a jeho zlúčeniny kondenzujú v hornej zóne cyklónového predohrievača pri teplotách 450 až 500 °C. Veľká časť tália privedeného do systému pece sa preto zadržiava v predohrievači. V dôsledku toho sa môže vytvoriť cyklus medzi predohrievačom, sušením surovín a čistením

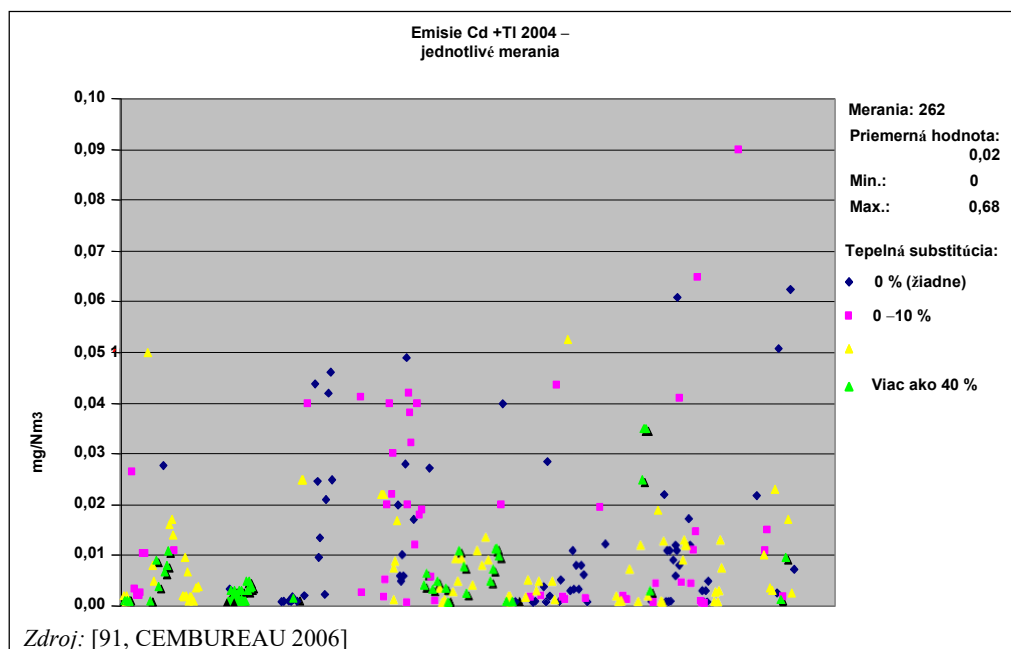
odpadových plynov (vnútorným a vonkajším). Úroveň emisií tália je určená úrovňou koncentrácie vonkajšieho cyklu a účinnosťou odlučovača prachu. Koncentrácia tália, napr. v prachu ESP, je meradlom úrovne koncentrácie cyklu tália [60, VDI 2094 Nemecko 2003].

Okrem toho sa v menšej miere ľahko vyparujú kadmium, olovo, selén a ich zlúčeniny. Vzniká vnútorný cyklus ľahko prchavých zlúčenín kovov, keď reagujú s kalcinačnou surovinou alebo keď sa zrážajú na surovine v chladných oblastiach kalcinačnej komory, v predohrievači alebo v následných sušiarňach.

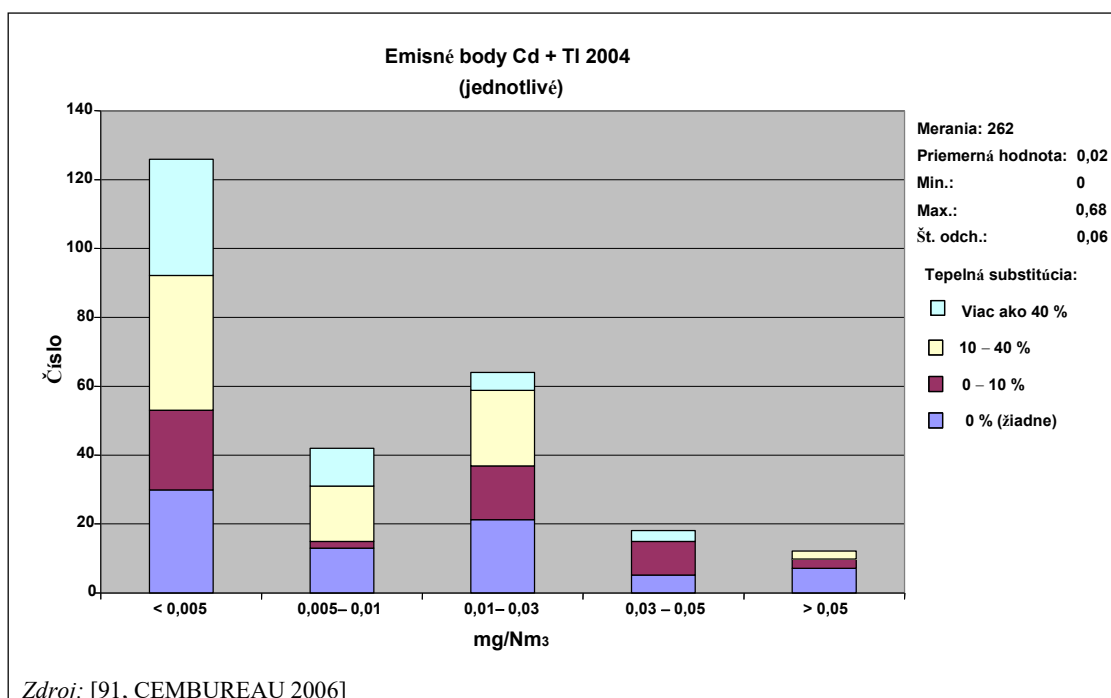
Kovy tvoria vonkajší cyklus, keď sa prach spolu s kondenzovanými prchavými zlúčeninami odlučuje v odlučovačoch prachu a vracia sa do surovinovej múčky [27, Univerzita Karlsruhe 1996].

Prach z výroby cementu obsahuje malé množstvá zlúčenín kovov, ako sú arzén (As), kadmium (Cd), ortuť (Hg), olovo (Pb), tálium (Tl) a zinok (Zn). Hlavným zdrojom prachu s obsahom kovov je systém pece vrátane predohrievača, predkalcinátora, rotačných pecí a chladičov slinku. Koncentrácia kovov závisí od vstupnej suroviny a recirkulácie v systéme pece. Najmä používanie uhlia a odpadových palív môže zvýšiť vstup kovov do procesu. Keďže kovy, ktoré vstupujú do systému pece, majú rôznu prchavosť a kvôli vysokej teplote obsahujú horúce plyny v systéme cementárskej pece aj plynné zlúčeniny kovov. Bilančné výskumy ukazujú, že v slinku je nízka retencia prvkov s vysokou prchavosťou, čo má za výsledok akumuláciu týchto látok v systéme pece [27, Univerzita Karlsruhe 1996].

Emisie kadmia a tália boli získané z 262 jednotlivých meraní M (Cd, Tl) v čistom plyne rotačných pecí, ako je znázornené na obrázkoch 1.42 a 1.43. V roku 2004 sa všetky tieto merania uskutočnili v rôznych prevádzkach v niekoľkých krajinách EÚ 27 a EÚ 23+. Tepelná substitúcia je na obrázku 1.43 vyznačená rôznymi farbami. Päť meraní je mimo rozsahu. Z nich štyri sú s mierou substitúcie 0 a jedno s mierou substitúcie 0 – 10. Emisie sa líšia bez ohľadu na použité palivo. Je to spôsobené tým, že kadmium a tálium nie sú dostatočne prchavé na to, aby unikali s plynom, a že sa koncentrujú najmä v prachu a slinku. Emisie preto závisia viac od účinnosti odprašovacieho zariadenia ako od palív [97, CEMBUREAU 2007].

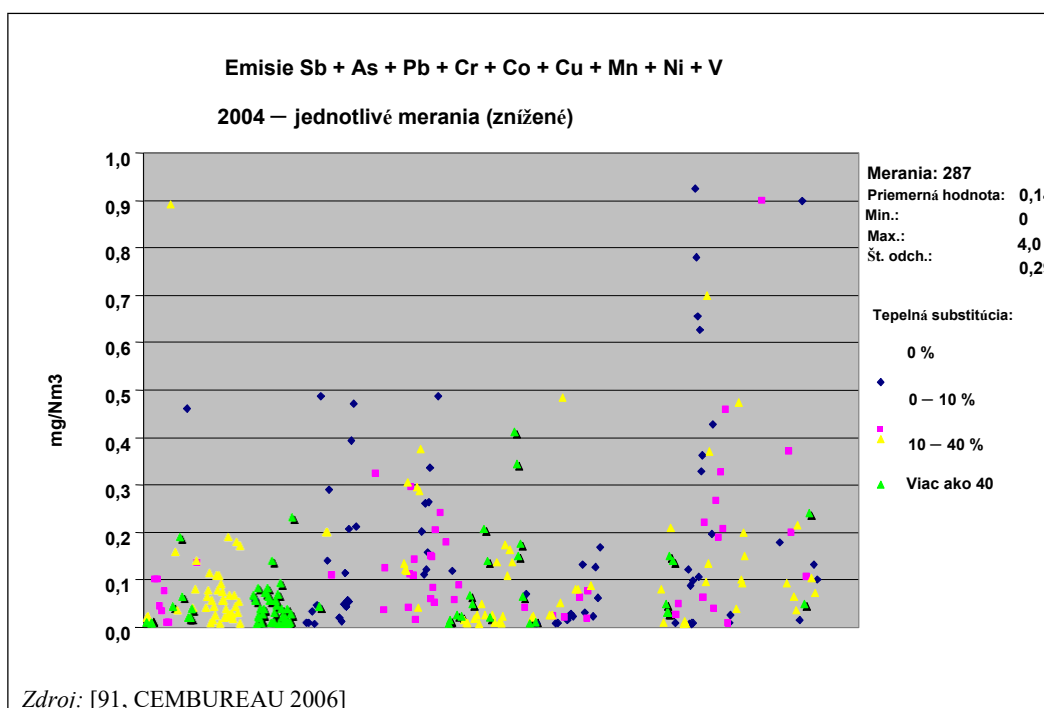


Obrázok 1.42: Hodnoty emisie kadmia a tália z 262 jednotlivých meraní N (Cd, Tl) v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+

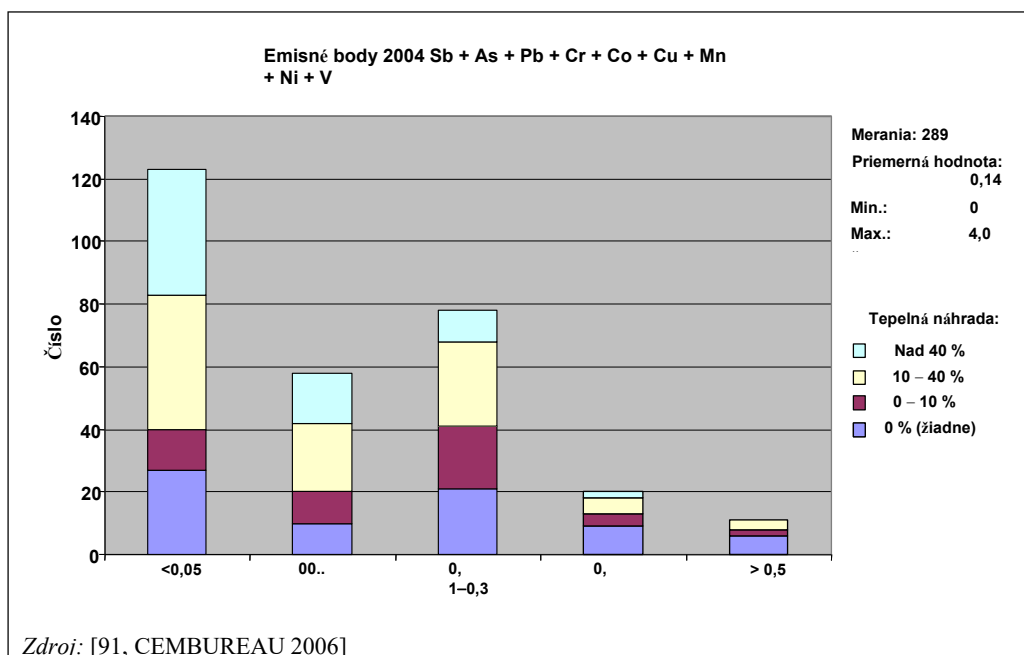


Obrázok 1.43: Rozdelenie meraní do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni N Úrovne (Cd, Tl)

Ako je znázornené na obrázkoch 1.44 a 1.45, emisie M (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) boli získané z 287 jednotlivých meraní v čistom plyne rotačných pecí. V roku 2004 sa všetky tieto merania uskutočnili v rôznych prevádzkach v niekoľkých krajinách EÚ 27 a EÚ 23+ (pozri slovník). Tepelná substitúcia je na obrázku 1.45 vyznačená rôznymi farbami. Tri merania sú mimo rozsahu. Z nich jedno má substitučnú mieru 0, jedno 0 – 10 a jedno 10 – 40.



Obrázok 1.44: Hodnoty emisií z jednotlivých meraní N (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+



Obrázok 1.45: Rozdelenie meraní do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni N Úrovne (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)

Príklady koncentračných rozsahov rôznych kovových zložiek v čistom plyne z meraní v cementárenských peciach v rokoch 1996 až 1998 sú uvedené v tabuľke 1.29.

Tabuľka 1.29: Rozsahy koncentrácií ťažkých kovov v čistom plyne zo systémov cementárenských pecí v rokoch 1996 až 1998

Zložka	Koncentrácia ⁽¹⁾ (mg/Nm ³)
Antimón	<0,007 – 0,05
Arzén	<0,007 – 0,025
Berýlium	< 0,004
Olovo	<0,012 – 0,2
Kadmium	<0,002 – 0,008
Chróm	<0,014 – 0,03
Kobalt	<0,012 – 0,15
Meď	<0,011 – 0,095
Mangán	<0,007 – 2
Nikel	<0,008 – 0,075
Ortuť	<0,005 – 0,12
Selén	<0,008 – 0,02
Telúr	<0,0017 – 0,015
Tálium	<0,005 – 0,03
Vanád	<0,007 – 0,075
Zinok	<0,1 – 0,45
Cín	<0,01 – 0,025

(1) Koncentrácia sa vzťahuje na štandardné podmienky teploty a tlaku po redukcii obsahu vodnej pary; súčet frakcií prenášaných časticami a frakcií prechádzajúcich filtrom; výsledky jednotlivých meraní spriemerované za obdobie odberu vzoriek

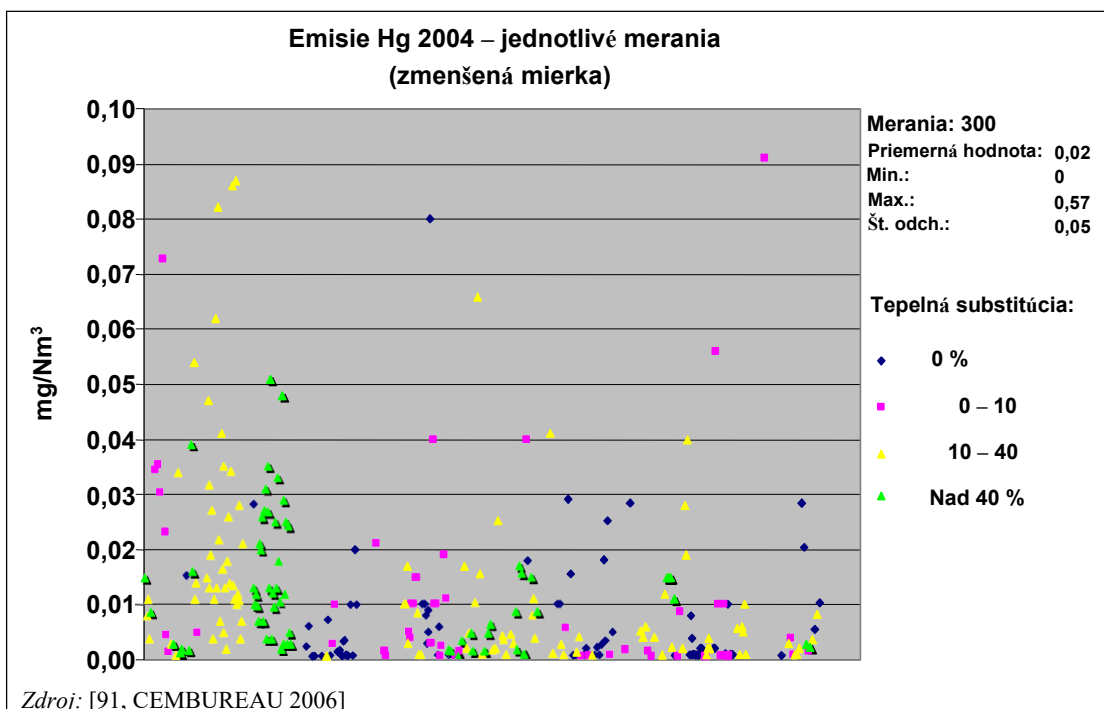
Zdroj: [60, VDI 2094 Nemecko 2003]

1.3.4.7.1 Ortuť

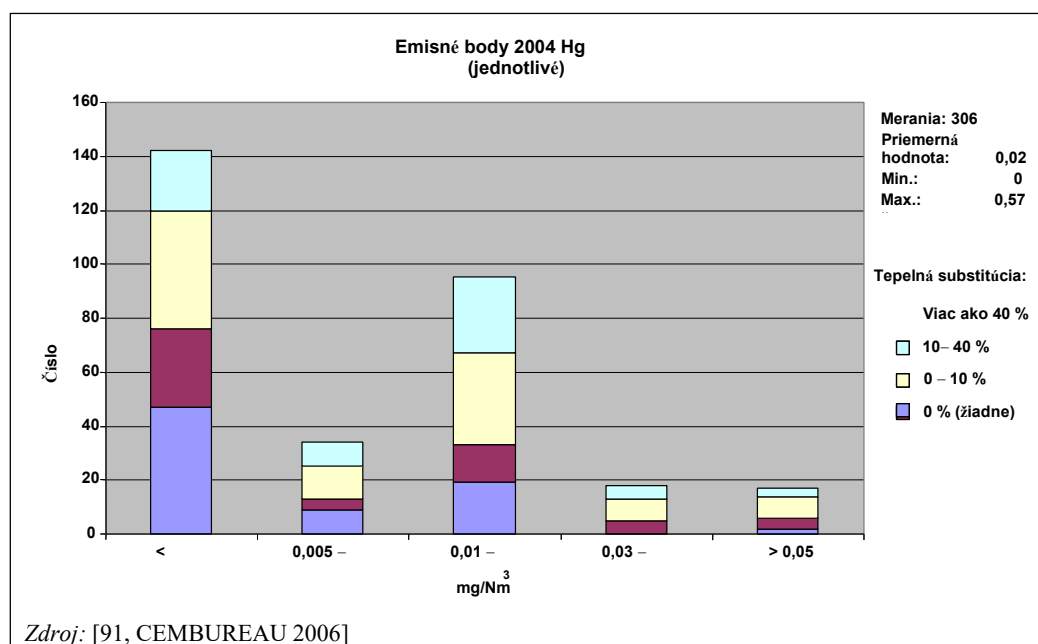
Ortuť a jej zlúčeniny sú obzvlášť ľahko prchavé (veľmi prchavý kov). Je to toxický kovový prvok a znečistenie ortuťou je celosvetové, difúzne a chronické, preto je potrebné znížiť emisie ortuti do ovzdušia z prevádzok. Preto môže byť na kontrolu emisií ortuti potrebné obmedziť vstup ortuti do systému pece (pozri oddiely 1.2.4.3.2, 1. 2.4.3.2.1 a 1.3.4.13). Ortuť a jej zlúčeniny nie sú úplne vyvráňané a zadržané v systéme pece a/alebo predohrievača, a preto sa nezachytávajú v slinku. Zrážajú sa na trase odpadových plynov v dôsledku ochladzovania plynu a sú čiastočne adsorbované časticami surovín v závislosti od teploty odpadového plynu. Táto časť sa vyzráža vo filtri odpadového plynu pece. Preto sa ortuť môže obohacovať len vo vonkajšom cykle, kde úroveň koncentrácie a emisie sú určované najmä podmienkami odpadových plynov. Aby sa zabránilo dlhodobému zvyšovaniu emisií ortuti, môže byť potrebné obmedziť koncentráciu vonkajšieho cyklu, napr. nepretržitým alebo prerušovaným odsávaním časti prachu zachyteného vo filtračnom systéme. Okrem toho sa so znižujúcou sa teplotou odpadových plynov zvyšuje zrážanie, a tým aj odstraňovanie ortuti. Z meraní vykonaných v systémoch pecí s cyklónovými predohrievačmi vyplýva, že viac ako 90 % ortuti sa nachádza na časticách, ktoré vznikajú pri teplotách spalín nižších ako 130 °C. Zlúčeniny ortuti sa potom úplne odstránia z odlučovača prachu systému pece. Vzhľadom na vysokú účinnosť zachytávania prachu sú koncentrácie ortuti v čistom plyne rotačných pecí často pod hranicou detekcie (pozri obrázok 1.46 a obrázok 1.47).

Prach z odlučovača prachu sa môže vracat späť do cementárne. V prípade používania odpadových palív možno pravidelne obmedzovať prísun ortuti do pece (pozri oddiely 1.2.4.3.2.1 a 6.2.2.1.1). Ďalšou možnosťou zníženia emisií ortuti je zníženie teploty výstupných plynov za chladiacou vežou, aby sa zlepšilo zrážanie ortuti a jej zlúčenín počas filtrácie prachu. Okrem toho sa v jednej nemeckej prevádzke vykonáva vstrekovanie aktívneho uhlia ako adsorbentu do spalín [12, Holandsko 1997], [76, Nemecko 2006], [86, EURITS 2006], [91, CEMBUREAU 2006], [92, Rakúsko 2006], [168, TWG CLM 2007].

Ako je znázornené na obrázkoch 1.46 a 1.47, emisie ortuti boli získané z 306 jednotlivých meraní Hg v čistom plyne rotačných pecí. V roku 2004 sa všetky tieto merania uskutočnili v rôznych prevádzkach v niekoľkých krajinách EÚ 27 a EÚ 23+. Tepelná substitúcia je na obrázku 1.47 vyznačená rôznymi farbami. Šesť meraní je mimo rozsahu. Z toho jedno meranie má mieru substitúcie 0, jedno 0 – 10, dve 10 – 20 a dve merania nad 40. Ako už bolo vysvetlené, ortuť je najprchavejším ťažkým kovom a má nízky koeficient zachytenia. Odpadové palivá prechádzajú pred použitím prísnyim postupom preberania a kontroly [97, CEMBUREAU 2007].



Obrázok 1.46: Hodnoty emisií ortuti z 306 jednotlivých meraní Hg v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+



Obrázok 1.47: Hodnoty emisií ortuti z 306 jednotlivých meraní Hg v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+

1.3.4.8 Chlorovodík a fluorovodík (HCl a HF)

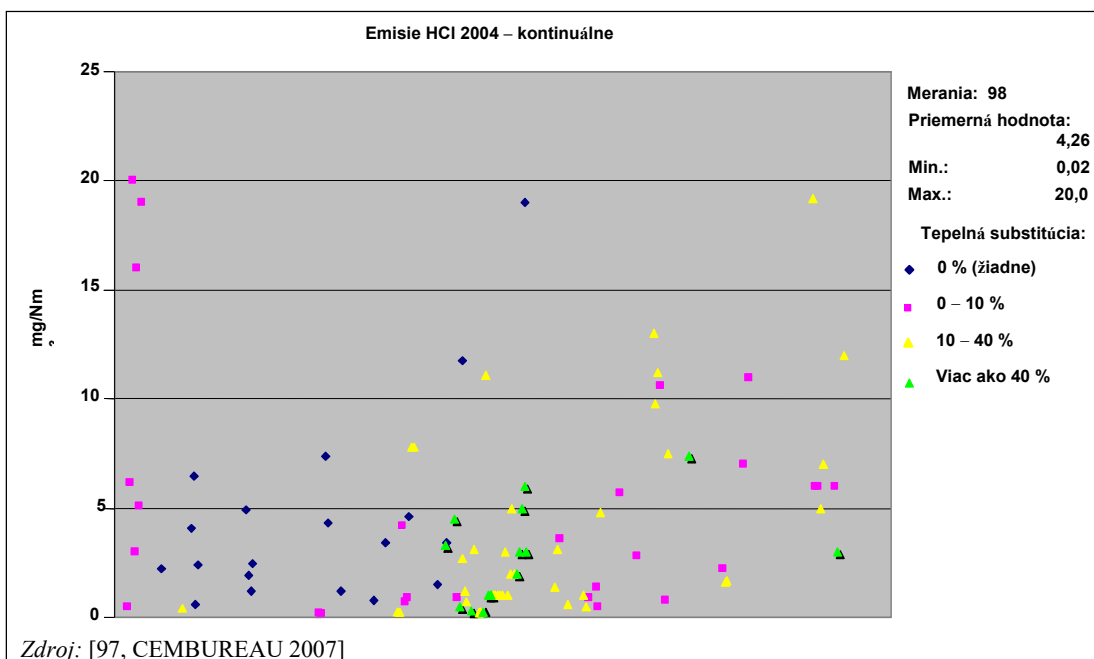
Chloridy a fluoridy sú vedľajšími doplnkovými zložkami. Do systému pece môžu vstupovať s rôznymi vstupmi ako suroviny a/alebo palivá. V prípade týchto látok je vhodné vykonávať pravidelné periodické monitorovanie.

1.3.4.8.1 Plynné anorganické zlúčeniny chlóru

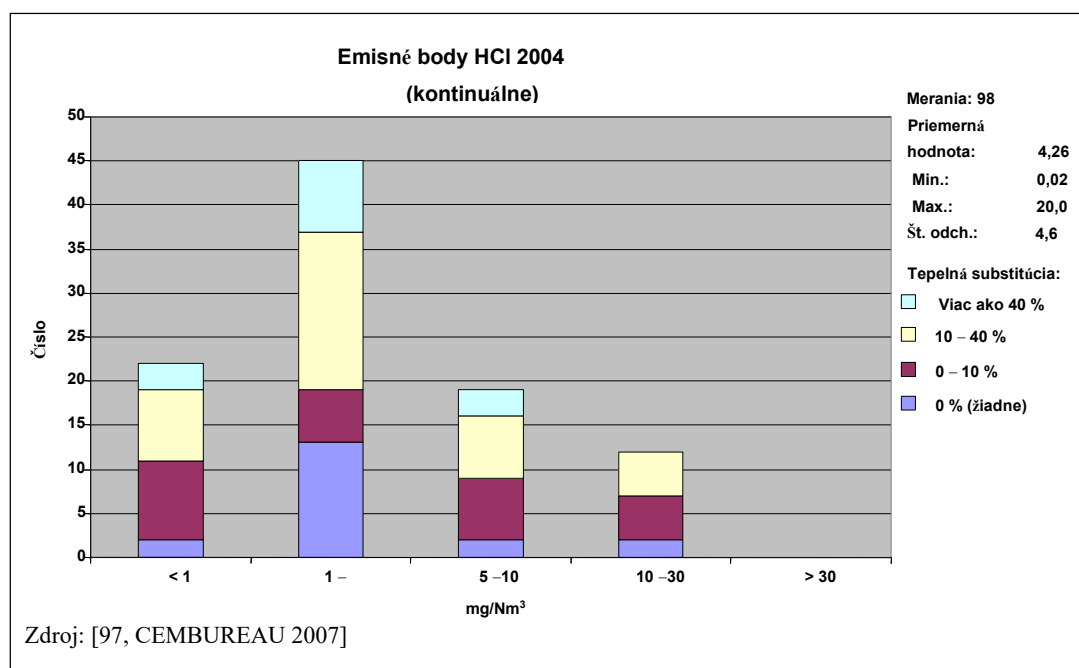
Zlúčeniny chlóru sú menej významné ďalšie zložky obsiahnuté v surovinách a palivách v procese spaľovania slinku. Môžu sa dostať do systému pece s rôznymi vstupmi a počas procesu výpalu v systéme pece; reagujú so alkalickými látkami v náplni pece za vzniku alkalických chloridov. Tieto zlúčeniny, ktoré sú spočiatku parné, kondenzujú vo vsádzkovom otvore pece alebo na prachu z pece pri teplotách 700 až 900 °C, následne sa opäť dostávajú do systému rotačnej pece a opäť sa odparujú. Vykazujú cyklické správanie a môžu sa obohatiť v oblasti medzi rotačnou pecou a predohrievačom. Obtok na vstupe do pece umožňuje účinnú redukciu cyklu alkalických chloridov, a tým znižuje počet prevádzkových porúch. Z prívodu chloridov 0,2 g Cl/kg slinku, v závislosti od konkrétnej prevádzky, sa vetva prúdu plynov z pece odvádza cez obtok a ochladzuje sa, aby sa zabránilo vzniku nánosov v spodnej sekcii predohrievača. Pri ochladzovaní prúdu plynu sa plynné zlúčeniny alkalických chloridov kondenzujú na časticach prachu z pece a potom sa môžu zo systému odstrániť prostredníctvom odlučovača prachu. Zachytený obtokový prach sa za kontrolovaných podmienok vracia do prúdu náplne cementárenskej pece.

Ako je znázornené na obrázku 1.48, počas procesu výroby slinku sa plynné anorganické zlúčeniny chlóru z európskych cementárňi buď vôbec neemitujú, alebo sú dostupné len vo veľmi malých množstvách. Plynné anorganické chloridy zistené v odpadových plynach systémov rotačných pecí sa vo všeobecnosti pripisujú ultrajemným frakciám veľkosti zrna alkalických chloridov v prachu čistého plynu [60, VDI 2094 Nemecko 2003], [76, Nemecko 2006], [86, EURITS 2006], [97, CEMBUREAU 2007].

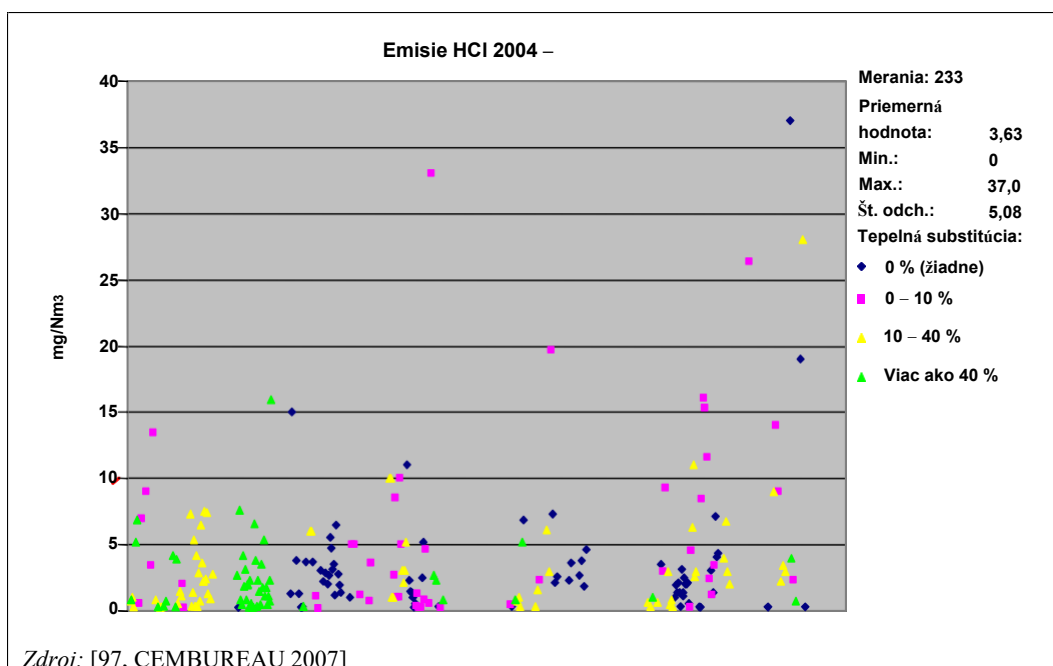
V roku 2004 boli zozbierané vzorové údaje z kontinuálnych meraní emisií HCl a jednotlivých meraní z prevádzok nachádzajúcich sa v niekoľkých krajinách EÚ 27 a EÚ 23+. Hodnoty z kontinuálnych meraní HCl v čistom plyne boli získané z 98 rotačných pecí, ako aj hodnoty z 233 jednotlivých meraní, ako je znázornené na obrázkoch 1.48 a 1.50. Na obrázkoch 1.49 a 1.51 je znázornené rozloženie emisií pri kontinuálnych meraniach HCl a jednotlivých meraniach. Kontinuálne merané emisie sa uvádzali ako ročný priemer 24-hodinových priemerov. Namerané hodnoty sa vzťahujú na 1 Nm³ suchého plynu za štandardných podmienok [97, CEMBUREAU 2007]. Na obrázku 1.52 sú okrem toho uvedené príklady emisií v rozmedzí 0 – 8 mg/Nm³ (ročná priemerná hodnota), pričom 91 hodnôt je pod detekčným limitom a jedna hodnota je vyššia ako 15 mg/Nm³, a sú namerané z 39 nemeckých rotačných pecí [76, Nemecko 2006].



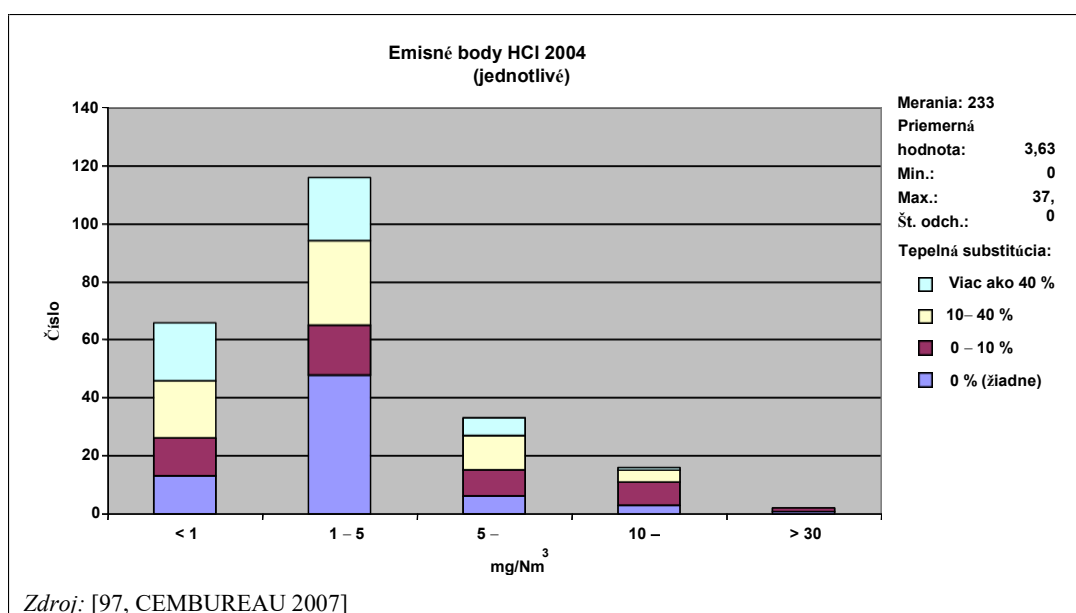
Obrázok 1.48: Hodnoty emisií HCl z kontinuálneho merania HCl v čistom plyne z 98 cementárenských pecí v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+



Obrázok 1.49: Rozdelenie kontinuálnych meraní HCl do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie

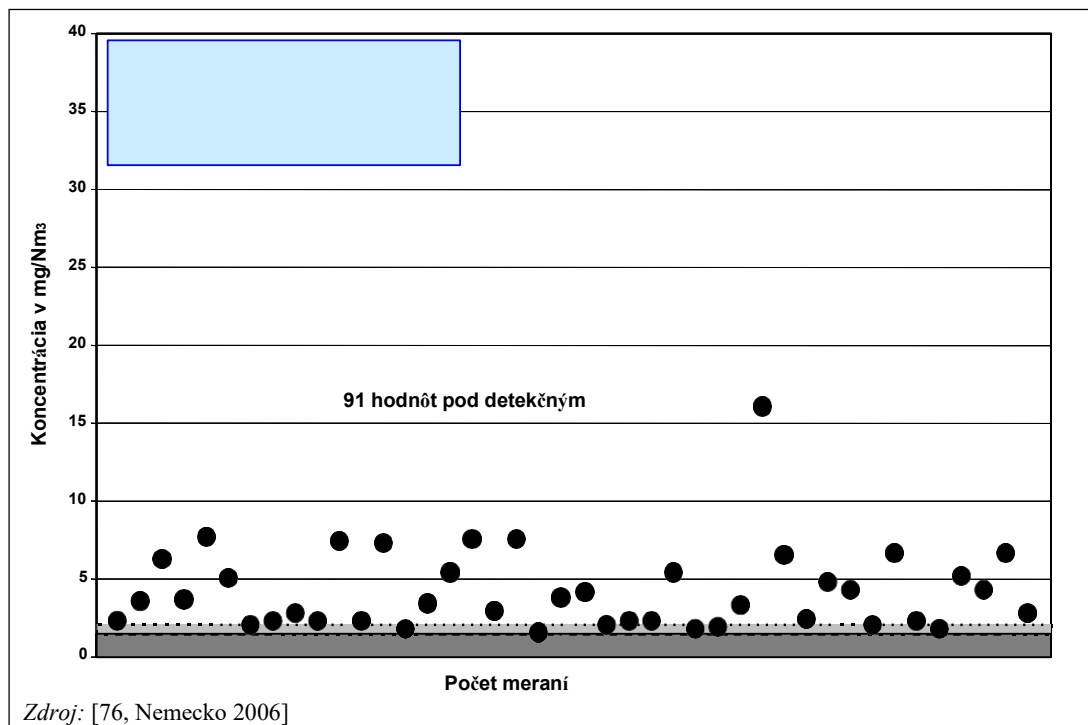


Obrázok 1.50: Hodnoty emisií z 233 jednotlivých meraní čistého plynu z rotačných pecí v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+



Obrázok 1.51: Rozdelenie jednotlivých meraní HCl do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni HCl

Príklady emisií HCl nameraných v 38 nemeckých rotačných peciach sú uvedené na obrázku 1.52. Tieto informácie sú výsledkom jednotlivých meraní, ktoré sa vykonávajú trikrát ročne v jeden konkrétny deň. V 91 prípadoch bola hodnota emisie pod detekčným limitom v rozmedzí 1,5 – 2,1 mg/Nm³



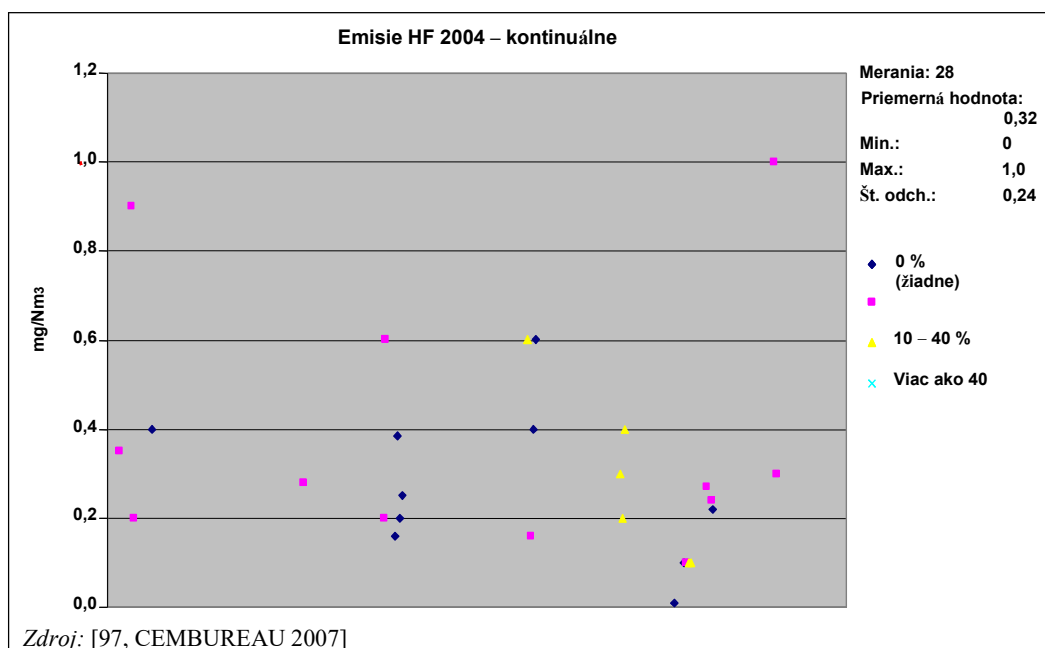
Obrázok 1.52: Emisie plynných anorganických zlúčenín chlóru, uvádzané ako HCl, merané v čistom plyne z 38 nemeckých rotačných pecí v roku 2004

1.3.4.8.2 Plynné anorganické zlúčeniny fluóru

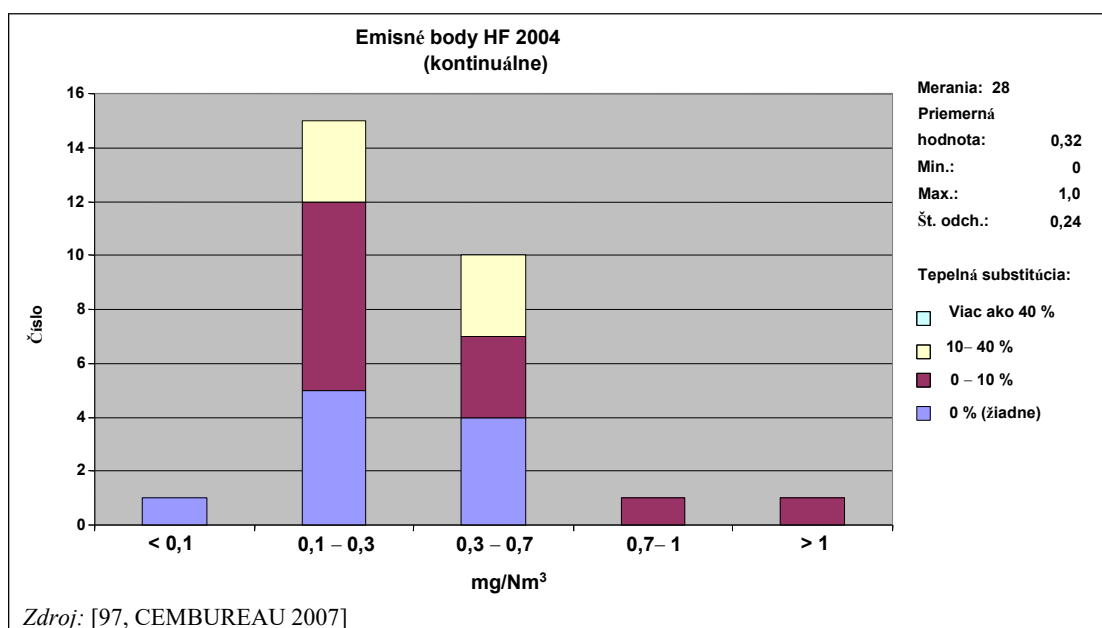
Z fluóru prítomného v rotačných peciach sa 90 až 95 % zachytáva v slinku a zvyšok je viazaný na prach vo forme fluoridu vápenatého (CaF_2), ktorý je v podmienkach procesu spaľovania stabilný. Vzhľadom na veľký nadbytok vápnika sú emisie plynných zlúčenín fluóru, a najmä fluorovodíka, prakticky vylúčené. Ultrajemné frakcie prachu, ktoré prechádzajú cez analyzačný filter plynu, môžu simulovať nízky obsah plynných zlúčenín fluóru v rotačných peciach. Menšie množstvá fluoridov sa uvoľňujú spolu s prachom z pece, napríklad vo forme CaF_2 .

V roku 2004 boli zozbierané vzorové údaje z kontinuálnych meraní emisií HF a jednotlivých meraní z rôznych prevádzok nachádzajúcich sa v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+ (pozri slovník). Hodnoty z kontinuálnych meraní HF v čistom plyne boli získané z 28 rotačných pecí, ako aj hodnoty z 210 jednotlivých meraní, ako je znázornené na obrázkoch 1.53 a 1.55. Päť meraní je mimo rozsahu. Z nich štyri majú nulovú mieru substitúcie a jedna je vyššia ako 40. Na obrázkoch 1.54 a 1.56 je znázornené rozloženie emisií pri kontinuálnych meraniach HF a jednotlivých meraniach HF. Kontinuálne merané emisie sa uvádzali ako ročný priemer 24-hodinových priemerov. Merané hodnoty sa vzťahujú na 1 Nm^3 suchého plynu za štandardných podmienok. Fluoridy zo systémov cementárenských pecí sú nižšie ako 1 mg/Nm^3 , vyjadrené ako HF [76, Nemecko 2006], [86, EURITS 2006], [97, CEMBUREAU 2007].

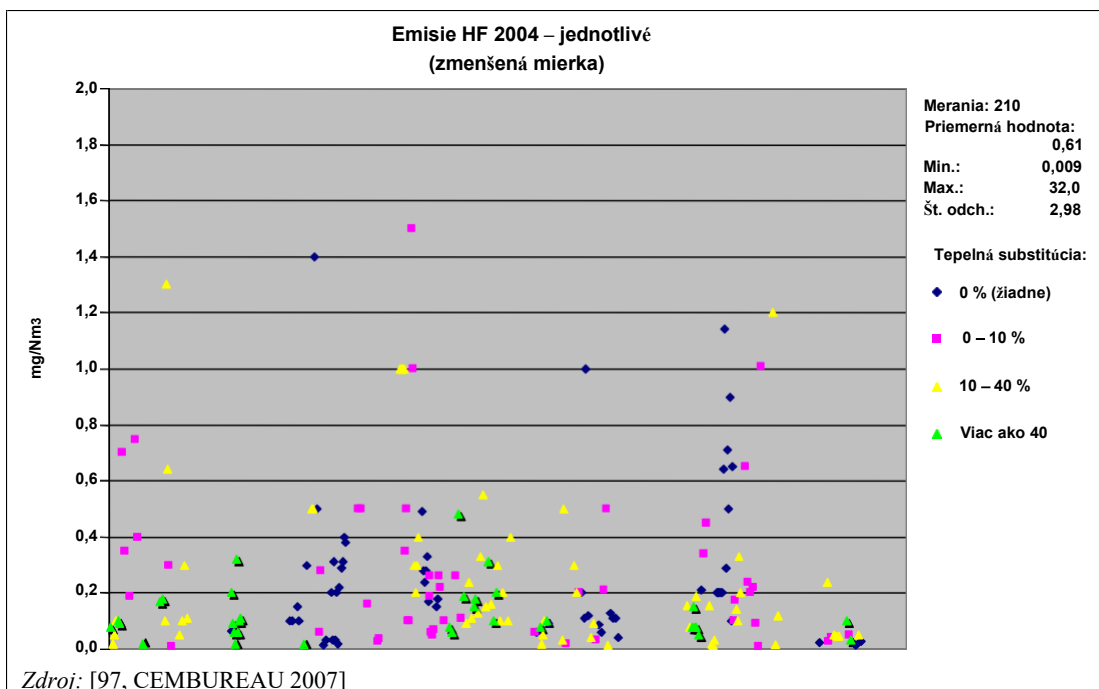
Okrem toho sú na obrázku 1.57 uvedené príklady emisií HF v rozmedzí $0,005 - 0,35 \text{ mg/Nm}^3$ a 106 hodnôt je pod detekčným limitom, pričom sú namerané v 38 nemeckých rotačných peciach. Tieto informácie sú výsledkom jednotlivých meraní, ktoré sa vykonávajú trikrát ročne v jeden konkrétny deň. Detekčný limit je medzi $0,04$ a $0,06 \text{ mg/Nm}^3$ [76, Nemecko 2006], [103, CEMBUREAU 2006].



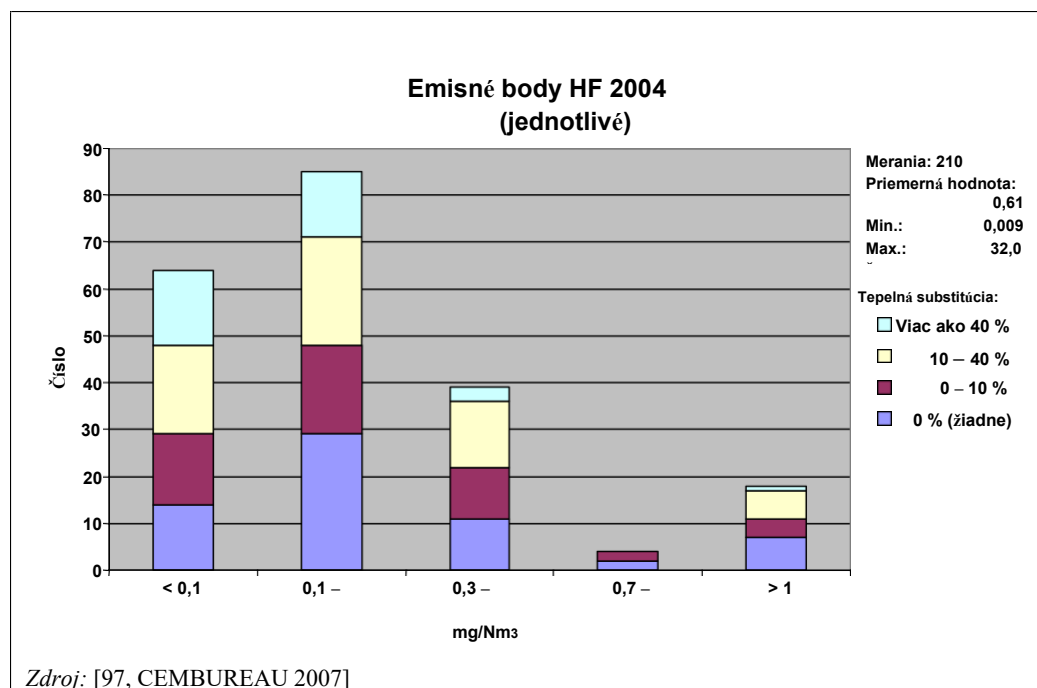
Obrázok 1.53: Emisné hodnoty z kontinuálneho merania emisií HF v čistom plyne z rotačných pecí v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+



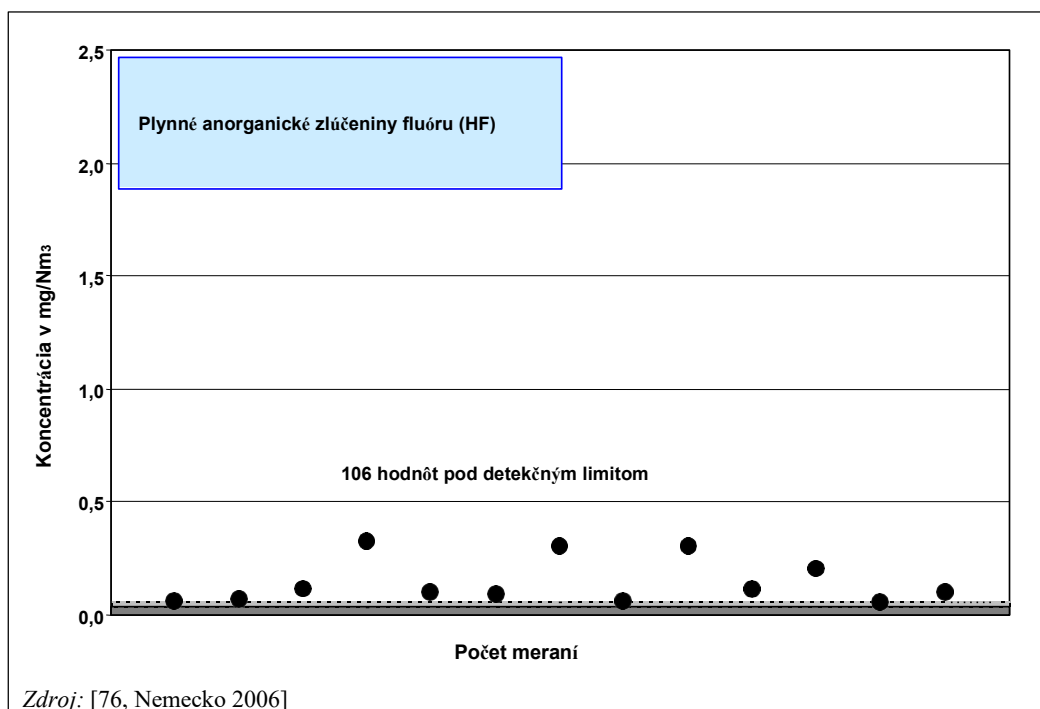
Obrázok 1.54: Rozdelenie kontinuálnych meraní emisií HF do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni HF



Obrázok 1.55: Hodnoty emisií z jednotlivých meraní HF v čistom plyne rotačných pecí v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+



Obrázok 1.56: Rozdelenie jednotlivých meraní HF do kategórií podľa miery tepelnej substitúcie úrovni HF

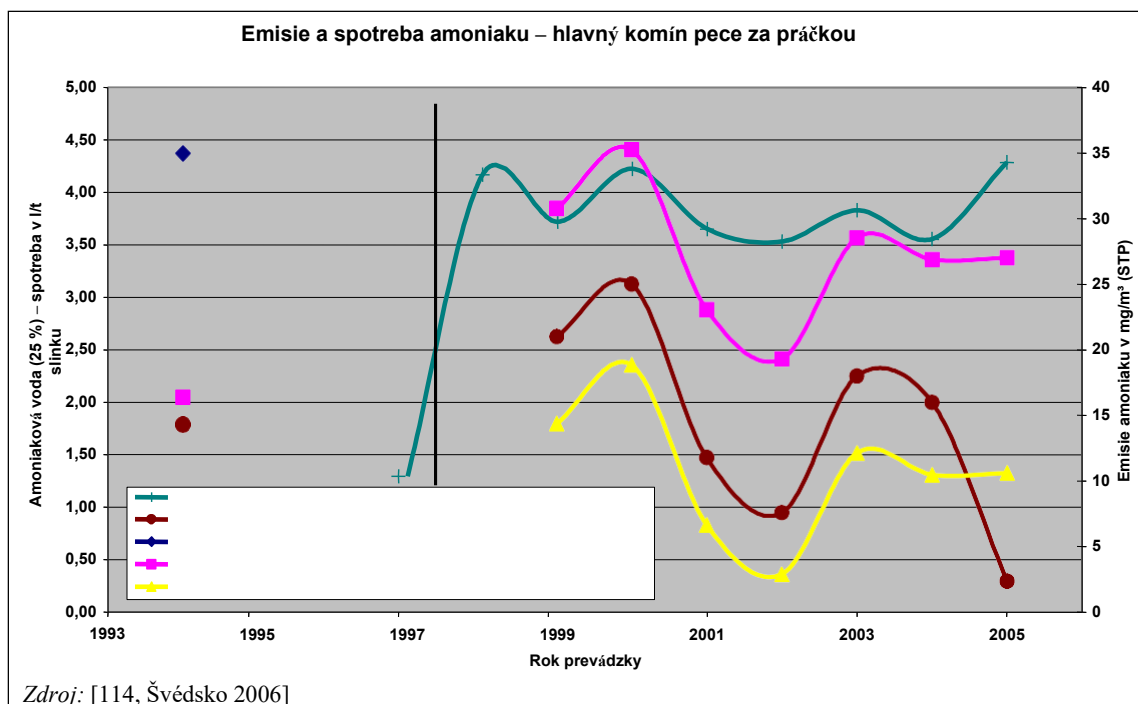


Obrázok 1.57: Emisie plynných anorganických zlúčenín fluóru, uvádzané ako HF, merané v čistom plyne z 38 nemeckých rotačných pecí v roku 2004

1.3.4.9 Amoniak (NH₃)

Emisie NH₃ vznikajú v primárnych fázach procesu zo surovín. Obsah NH₃ v odpadovom plyne z cementárenských pecí môže dosiahnuť až 200 mg/Nm³. Ďalší NH₃ sa môže vyskytnúť pri technikách znižovania emisií, ako je napríklad technika selektívnej nekatalytickej redukcie (SNCR), pri ktorej sa môžu vyskytnúť aj variabilné emisie nezreagovaného amoniaku (únik amoniaku). Pravidelné monitorovanie emisií NH₃ je nevyhnutné.

Z výskumov dvoch prevádzok vo Švédsku v rokoch 1994 až 2006 (počiatočné skúšky na testovanie emisií amoniaku) vyplýva, že emisie NH₃ pochádzajúce zo suroviny sa pohybujú v rozmedzí 10 – 35 mg/Nm³. Okrem toho je od roku 1998 jedna z týchto prevádzok vybavená práčkou SO_x, ktorá pufruje amoniak vo vypieracom roztoku a vyrovnáva maximá a minimá. Z komína tejto práčky sa emisie amoniaku merajú nepretržite od roku 1998, ako je znázornené na obrázku 1.58. Odkedy je práca v prevádzke, krátkodobé špičky sú vyššie až do 125 mg/Nm³. Dochádza k tomu v dôsledku zvýšenia teploty vypieracieho roztoku z 53 °C na 59 °C a posunu vyrovnania, takže sa časť nahromadeného amoniaku opäť uvoľní. Tieto prevádzky sú však vybavené systémami mletia (mlyn na suroviny a uhlie), z ktorých sa amoniak tiež adsorbuje, a len malé množstvo amoniaku sa prepravuje do zariadení na výrobu cementu spolu so sadrovcom (3 kg/h). Cementárenská pec funguje pri nízkych teplotách v uzavretom okruhu a len veľmi zriedkavo bol zistený zápach amoniaku z cementového sila.



Obrázok 1.58: Emisie amoniaku zo švédskej cementárne vybavenej práčkou SO_x

V roku 2007 sa v jednej nemeckej cementárni, ktorá je vybavená technikou SNCR s vysokou účinnosťou, uskutočnili v priebehu šiestich mesiacov výskumy a skúšky. Úrovně emisií NO_x 350 a 200 mg/Nm^3 (priemerná denná hodnota) sa dosiahli použitím príslušných molárnych pomerov NH_3 : NO 0,7 – 0,8 a 1,4 – 1,5. Pri dosahovaní nižšej úrovne emisií NO_x však merania NH_3 priniesli výrazný únik amoniaku v rozmedzí 50 – 200 mg/Nm^3 , najmä počas prevádzky pri odstavenom mlyne. Únik amoniaku bol dvakrát vyšší, kým sa dosiahla úroveň emisií 200 mg/Nm^3 (NH_3 : trojmesačná priemerná hodnota 11 mg/Nm^3) v porovnaní s úrovňou 350 mg/Nm^3 (NH_3 : trojmesačná priemerná hodnota 21 mg/Nm^3) (pozri aj oddiel 6.2.4.2) [160, Nemecko 2007], [173, Nemecko 2007], [182, TWG CLM 2008].

Okrem toho sa v roku 2004 v jednej írskej cementárni vykonaním krátkodobých skúšok SNCR zistili koncentrácie NH_3 v rozmedzí od 4 do 26 mg/Nm^3 v surovom plyne za predohrievačom pece. Tieto koncentrácie sa merali testovaním dvoch konfigurácií vstrekovania (štandardné podmienky; molárny pomer NH_3 : NO jedna ⁽¹⁾ s mierou zníženia NO_x 50 %). Únik NH_3 stanovuje limity pre nadstechiometrické dávkovanie redukčného činidla. V prípade tejto látky je vhodné vykonávať pravidelné periodické monitorovanie [76, Nemecko 2006], [103, CEMBUREAU 2006], [114, Švédsko 2006] [123, Írsko 2005] [168, TWG CLM 2007], [173, Nemecko 2007].

Príklad z nemeckej prevádzky vybavenej technikou SCR viedol k poklesu NH_3 pod 1 mg/Nm^3 [173, Nemecko 2007].

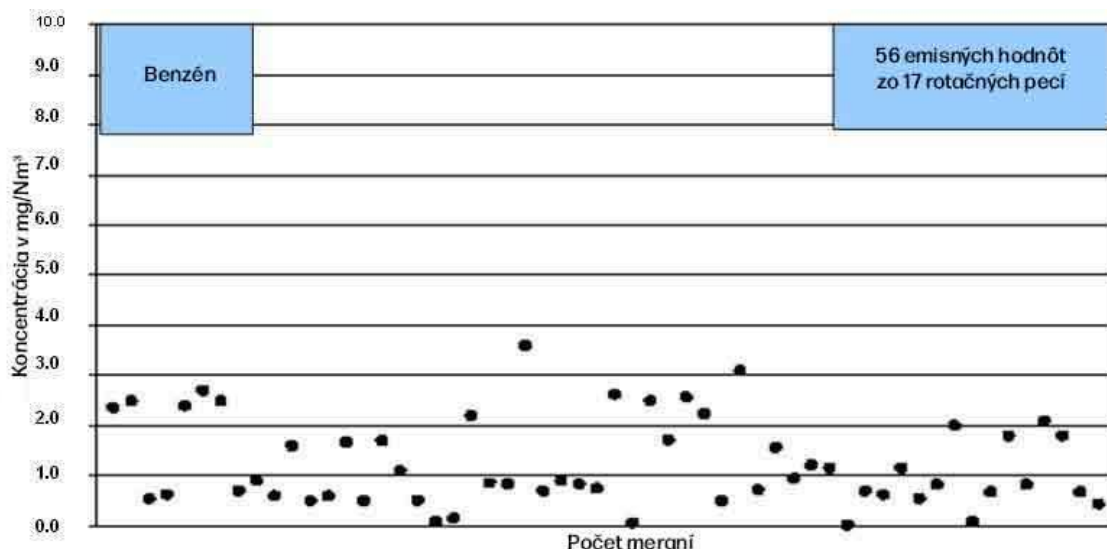
Je potrebné poznamenať, že NH_3 v surovinách slúži aj ako redukčné činidlo (pozri oddiel 6.2.5) [76, Nemecko 2006], [168, TWG CLM 2007].

1.3.4.10 Benzén, toluén, etylbenzén a xylén (BTEX)

Meranie týchto látok sa môže vyžadovať príležitostne za špeciálnych prevádzkových podmienok.

V niektorých nemeckých prevádzkach sa od roku 2004 vykonávajú ďalšie individuálne merania benzénu, ktoré sa pohybujú v rozmedzí od 0,02 do 3,6 mg/Nm^3 . Emisie benzénu v nízkych

koncentráciách sú spôsobené malým množstvom organických zložiek, ktoré sa dostávajú do pece prostredníctvom prírodných surovín (zvyšky organizmov a rastlín, ktoré sa v priebehu geologickej histórie dostali do horniny) počas predohrievania vsádzky pece. Príklady meraných koncentrácií benzénu v nemeckých peciach sú uvedené na obrázku 1.59 (na základe detekčného limitu $0,013 \text{ mg/Nm}^3$). Emisie benzénu neboli závislé od použitých palív.



Zdroj: [76, Nemecko 2006]

Obrázok 1.59: Koncentrácie emisií benzénu merané v 17 nemeckých rotačných peciach

1.3.4.11 Polyaromatické uhľovodíky (PAU)

Meranie týchto látok sa môže vyžadovať príležitostne za špeciálnych prevádzkových podmienok.

1.3.4.12 Iné organické znečisťujúce látky

Ďalšie organické znečisťujúce látky vznikajúce v procese výroby cementu sú napríklad chlórbenzény, PCB (polychlórované bifenyly) vrátane koplanárnych kongenérov a chlórnaftalénov.

Meranie týchto látok sa môže vyžadovať príležitostne za špeciálnych prevádzkových podmienok.

1.3.4.13 Vplyv na emisie a energetickú účinnosť využívaním odpadových materiálov

Správanie emisií

Emisie prachu z procesu spaľovania slinku zostávajú použitím odpadu nedotknuté.

Podľa súčasných poznatkov má použitie vhodného odpadu len malý vplyv na emisie kovov z procesu výpalu slinku, pretože v predohrievači a odlučovači prachu je vysoká retenčná kapacita pre kovy viazané na častice. Je potrebné poznamenať, že spôsob, akým sa palivo do pece privádza (miesto dávkovania), je veľmi dôležitý, pretože môže mať vplyv na emisie (pozri oddiel 1.2.4.1). Faktormi určujúcimi emisie kovov z procesu výroby slinku

sú správanie sa jednotlivých kovov v systéme rotačnej pece, situácia na vstupe, ako aj účinnosť zachytávania v odlučovači prachu. Samotná vstupná situácia je daná koncentráciou kovov v použitých surovinách a palivách. Keďže hmotnostný pomer surovín a paliva pri výrobe slinku je približne 10 : 1, znamená to, že rozhodujúci vplyv na emisie majú vstupy súvisiace so surovinami. V prevádzkovej praxi môže použitie odpadov mať za výsledok zníženie alebo zvýšenie celkového vstupu jednotlivých prvkov do systému pece. Neprchavé kovy sú do veľkej miery viazané v slinkovej matrici a opúšťajú systém pece spolu s tokom slinku. Poloprchavé kovy ako Pb a Cd vytvárajú v systéme pece stabilné cykly. Tieto prvky sa z cyklu vypúšťajú a veľké množstvo sa zachytáva buď v toku slinku, alebo v prachu. Osobitnými prípadmi sú Hg a Tl vzhľadom na ich prchavosť. Prevládajúce procesné teploty v kombinácii s vysokou prchavosťou majú za následok nedostatočnú kapacitu odstraňovania a vytvárajú prevádzkovú špecifickú väzbu medzi vstupným zaťažením a koncentráciou emisií v komíne. V závislosti od teploty odpadového plynu je ortuť v odlučovači prachu prítomná vo forme častíc a/alebo pár. Preto môže byť na kontrolu emisií ortuti a prchavých kovov potrebné obmedziť vstup ortuti a kovov do systému pece. Pri spaľovaní odpadových palív získaných zo zmiešaných frakcií odpadu sa môže vyžadovať bežná prijímacia analýza na monitorovanie vstupných prchavých kovov (pozri oddiel 1.2.4.3.2).

Anorganické zložky odpadových plynov NO_x , HCl a HF zostávajú výberom vstupnej suroviny neovplyvnené. Podľa súčasných poznatkov nemá spracovanie odpadu v procese výroby cementu pri vhodnom vstupe do pece na tieto emisie významné účinky. To isté platí pre zložky emisií SO_2 , CO a TOC za predpokladu, že vstup prchavých zlúčenín síry alebo prchavých organických zlúčenín cestou surovej múky sa nezvýši procesom odpadu. Vzniknutý SO_2 sa viaže na slinok v rotačnej peci alebo v predkalcinátore bez ďalších techník.

Podmienky spaľovania v rotačných peciach zabezpečujú nízke koncentrácie emisií PCDD/F. Odpadové materiály, ktoré pravdepodobne obsahujú relevantné koncentrácie perzistentných organických látok, napr. použitý olej s obsahom PCB, sa privádzajú cez hlavný spaľovací systém, aby sa zabezpečila ich spoľahlivá deštrukcia. Ak existujú pochybnosti o výbere miesta podávania v konkrétnom prípade, mali by sa vykonať referenčné merania s použitím odpadu a bez neho. Z komplexných programov merania vyplýva, že v prevádzkovej praxi sú emisie PCDD/F výrazne pod predpísaným limitom 0,1 ng I-TEQ/m³ bez ohľadu na použitý odpad.

Odpady vložené do sekundárneho spaľovania (pozri oddiely 1.2.4.1 a 1.2.5.1) neprechádzajú vysokoteplotnou zónou rotačnej pece, ktorá si vyžaduje kvalitatívne obmedzenia vstupných a procesných parametrov. V mnohých moderných predkalcinátoroch je však teplota vyššia ako 850 °C a majú čas zadržania dlhší ako 2 sekundy, preto sú vhodné na použitie odpadov.

Príklady podmienok a výsledky ročného monitorovania emisií z nemeckej cementárenskej pece využívajúcej odpadové palivá sú uvedené v oddiele 6.2.2.1, v tabuľke 6.5 a tabuľke 6.6.

Vplyv na energetickú účinnosť

Potreba tepelnej energie sa môže zvýšiť pri použití odpadových palív s vyšším obsahom vlhkosti, hrubosťou alebo nižšou reaktivitou v porovnaní napr. s jemne mletými, suchými a/alebo vysokovýhrevnými palivami. Nižšia účinnosť energie môže mať za výsledok aj vyššiu emisiu znečisťujúcimi látkami v ovzduší v dôsledku zvýšenia objemu plynu.

[3, Rakúsko 1997], [76, Nemecko 2006], [86, EURITS 2006], [137, Klein/Hoenig 2006], [168, TWG CLM 2007].

1.3.4.14 Vplyv používania odpadu na kvalitu výrobkov

Použitie odpadu v procese spaľovania slinku môže zmeniť koncentrácie kovov v cementárenských výrobkoch. V závislosti od celkového vstupu surovín a palív sa koncentrácia jednotlivých prvkov vo výrobku môže v dôsledku spracovania odpadu zvýšiť alebo znížiť.

Keďže cement sa na výrobu betónu alebo malty mieša s kamenivom, napr. so štrkom a pieskom, je pre hodnotenie environmentálne relevantných vplyvov odpadu použitého v procese spaľovania slinku rozhodujúce správanie sa kovov v stavebnom materiáli (betóne alebo malte).

Emisie kovov z betónu a malty sú nízke. Výsledky komplexných testov potvrdzujú, že kovy sú pevne zabudované do cementovej tehlovej matrice. Okrem toho má betón v suchom stave vysokú difúziu odolnosť, ktorá ďalej pôsobí proti uvoľňovaniu kovu.

Testy na betóne a malte ukázali, že koncentrácie kovov v eluátoch sú výrazne nižšie, ako napríklad stanovujú vnútroštátne právne predpisy. Uskladnenie v rôznych a čiastočne extrémnych podmienkach nevedlo k žiadnym environmentálne relevantným únikom. To platí aj vtedy, keď sa materiál vzorky pred skúškami lúhovania rozdrví alebo rozomelie.

Starostlivým výberom a monitorovaním odpadových materiálov sa zabezpečí, že používanie odpadov nebude mať za následok emisie kovov škodlivých pre životné prostredie. Emisie kovov sú čiastočne rádovo nižšie ako aplikovateľné štandardy na kontrolu znečistenia ovzdušia. Použitie odpadu nemá negatívny vplyv na kvalitu výrobku z hľadiska životného prostredia. Za týchto podmienok sa cement môže naďalej používať na výrobu betónu a malty bez obmedzení. Recyklovateľnosť týchto materiálov zostáva úplne zachovaná.

Obsah kovov v nemeckých cementoch sa pravidelne analyzuje. Posledné hodnoty boli zverejnené v roku 2001. Porovnanie s výsledkami predchádzajúcich výskumov ukázalo, že nedošlo k zvýšeniu obsahu kovov v cementoch, hoci v príslušnom období došlo k výraznému nárastu používania odpadových materiálov [76, Nemecko 2006], [168, TWG CLM 2007].

1.3.5 Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu

Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu, pri výrobe cementu tvoria najmä tieto materiály:

- nežiaduce horniny, ktoré sa odstránia zo surovín počas prípravy surovinovej múčky,
- prach z pece odstránený z obtokového toku a komína,
- filtrát z filtračných lisov používaných pri polomokrom spôsobe je pomerne alkalický a obsahuje suspendované látky,
- prach vznikajúci z čistiach jednotiek plynu, napr. z odlučovača prachu,
- použité sorpčné činidlá (granulovaný vápenec, vápencový prach), ktoré vznikajú v systéme čistenia plynu,
- odpad z obalov (plast, drevo, kov, papier atď.), ktorý vzniká pri balení.

Časti vyššie uvedených nahromadených procesných strát sa môžu recyklovať a opätovne použiť v rámci prevádzky podľa požiadaviek procesu a špecifikácie výrobku. Materiály, ktoré sa nedajú recyklovať interne, opúšťajú prevádzku a používajú sa v iných odvetviach alebo sa dodávajú do externých zariadení na recykláciu alebo likvidáciu odpadu. Prach z pece sa môže priamo opätovne použiť v procese výroby cementu alebo sa môže použiť na iné účely.

PCDD/F sú prítomné aj v odpadoch a tuhých materiáloch z odvetvia výroby cementu a v roku 2006 sa v štúdiu uvádzajú tieto údaje:

- prach z cementárenských pecí (CKD) a filtračný prach,
 - priemerná koncentrácia 6,7 ng I-TEQ/kg,
 - maximálna koncentrácia 96 ng I-TEQ/kg,
- slinok
 - priemerná koncentrácia 1,24 ng I-TEQ/kg,
 - maximálna koncentrácia 13 ng I-TEQ/kg.

Z tejto štúdie tiež vyplýva, že v porovnaní s inými materiálmi je úroveň dioxínov v procesných stratách/odpade v priebehu procesu výroby cementu rovnaká ako v potravinách, ako sú ryby, maslo, materské mlieko, a nižšia ako maximálna povolená koncentrácia 100 ng TEQ na kg pre kaly z čističiek odpadových vôd aplikované na poľnohospodársku pôdu [88, SINTEF 2006].

1.3.6 Emisie do vody

Pri výrobe cementu vo všeobecnosti nevznikajú odpadové vody. Pri výrobe cementu suchým alebo polosuchým spôsobom sa voda používa len v malých množstvách, napr. na čistiace procesy. V zásade nevznikajú žiadne emisie do vody, pretože voda sa recykluje späť do procesu.

Pri polomokrom spôsobe sa používa kal, ktorý sa odvodňuje vo filtračných lisoch. Pri mokrom spôsobe sa voda používa na mletie surovín a na vytvorenie kaše. Používané suroviny sú často dostupné s vysokým obsahom vlhkosti. Kaša sa buď privádza priamo do pece, kde sa voda odparí, alebo sa najprv posieľa do sušičky kaše.

Voda, ktorá sa niekedy používa v procese chladenia na ochladenie slinku, sa priamo odparuje z dôvodu vysokých teplôt slinkového materiálu.

Vodnú bilanciю konkrétneho príkladu prevádzky nájdete v tabuľke 6.24 v oddiele 6.2.2.3.

1.3.7 Hluk

Emisie hluku vznikajú počas celého procesu výroby cementu, od prípravy a spracovania surovín, cez spaľovanie slinku a proces výroby cementu, uskladnenie materiálu až po expedíciu a prepravu konečných výrobkov. Ťažké stroje a veľké ventilátory používané v rôznych častiach procesu výroby cementu môžu spôsobovať emisie hluku a/alebo vibrácií, najmä z/zo:

- žľabov a zberných platní,
- všetkých činností zahrňajúcich lámanie, drvenie, mletie a triedenie surovín, palív, slinku a cementu,
- odsávacích ventilátorov,
- dúchadiel,
- vibrácií potrubia.

Od prevádzok sa vyžaduje, aby dodržiavali normy znižovania hluku v súlade s vnútroštátnymi právnymi predpismi, a vykonávali a vyhodnocovali prieskumy hluku. V odvetví výroby cementu sa na zníženie emisií hluku používajú prírodné protihlukové bariéry, ako sú kancelárske budovy, steny, stromy alebo kríky. Ak sa obytné oblasti nachádzajú v blízkosti prevádzky, plánovanie nových budov v cementárni je spojené s potrebou znížiť emisie hluku [45, Schorcht 2006], [81, Castle Cement UK 2006].

1.3.8 Zápachy

Emisie zápachu sú pri dobre prevádzkovej prevádzke veľmi zriedkavým problémom. Ak suroviny obsahujú horľavé zložky (kerogény), ktoré pri teple v predohrievača nespália, ale iba pyrolyzujú, môžu vzniknúť emisie uhlíkovodíkov. Tieto emisie uhlíkovodíkov možno vidieť nad komínom ako „modrý opar“ alebo dym a za nepriaznivých poveternostných podmienok môžu spôsobovať zápach v okolí cementárne.

Spaľovanie palív obsahujúcich síru a/alebo používanie surovín obsahujúcich síru môže viesť k emisiám zápachu (problém sa vyskytuje najmä v šachtových peciach).

Okrem toho môžu odpadové materiály používané ako suroviny alebo palivá viesť k emisiám zápachu, najmä počas rôznych krokov procesu, ako je príprava a uskladnenie. V prípadoch, keď sa amoniak používa na zníženie NO_x , môže pri nesprávnom zaobchádzaní v určitých fázach procesu viesť aj k emisiám zápachu.

1.3.9 Monitorovanie

1.3.9.1 Monitorovanie parametrov a emisií

Na kontrolu procesov v peci sa odporúča kontinuálne meranie nasledujúcich parametrov:

- tlak
- teplota,
- obsah O_2 ,
- NO_x ,
- CO a prípadne pri vysokej koncentrácii SO_x ,
- SO_2 (ide o vyvíjanú techniku optimalizácie CO s NO_x a SO_2).

Na presné kvantifikovanie emisií sa odporúča kontinuálne meranie nasledujúcich parametrov (môže byť potrebné ich opätovné meranie, ak sa ich úrovně môžu zmeniť po bode, v ktorom sa merajú, aby sa mohli použiť na kontrolu):

- objem odpadových plynov (dá sa vypočítať, ale niektorí ho považujú za komplikovaný),
- vlhkosť (dá sa vypočítať, ale niektorí ju považujú za komplikovanú),
- teplota,
- prach
- O_2 ,
- NO_x ,
- SO_2 a,
- CO.

Pravidelné periodické monitorovanie sa primerane vykonáva pre tieto látky:

- kovy a ich zlúčeniny,
- TOC
- HCl
- HF
- NH_3 a
- PCDD/F.

Je však možné kontinuálne meranie a monitorovanie TOC, NH_3 , HCl a HF a kontinuálne odoberať vzorky PCDD/F a PCB na analýzu od 1 do 30 dní. Okrem toho sa Hg kontinuálne meria v dvoch členských štátoch EÚ 27.

Za osobitných prevádzkových podmienok sa môžu príležitostne vyžadovať merania nasledujúcich látok:

- BTX (benzén, toluén, xylén),
- PAH (polyaromatické uhľovodíky) a
- iné organické znečisťujúce látky (napríklad chlórbenzény, PCB (polychlórované bifenyly) vrátane koplanárnych kongenéro, chlórnaftalénov atď.).

Meranie kovov je dôležité najmä vtedy, keď sa odpady so zvýšeným obsahom prchavých kovov používajú ako suroviny alebo palivá. Okrem toho môže byť v závislosti od použitých palív, podmienok procesu a relevantnosti emisií potrebné vykonať ďalšie merania. Je potrebné zohľadniť požiadavky existujúcich európskych a vnútroštátnych predpisov, napr. pri spalovaní odpadu je potrebné splniť požiadavky kapitoly IV a prílohy VI smernice 2010/75/EÚ.

Ak sa v cementárenských peciach používa odpad, často sa okrem pravidelných kontinuálnych meraní emisií prachu, NO_x, SO₂ a CO monitorujú (v niektorých prípadoch kontinuálne) aj emisie TOC a ortuti z odpadových plynov cementárenských pecí. Ďalšie informácie týkajúce sa kontinuálnych meraní ortuti v nemeckých cementárňach nájdete v časti Závěry a odporúčania pre odvetvie výroby cementu (pozri oddiel 5.1). V závislosti od vstupov a druhov použitých odpadových palív, podmienok procesu a relevantnosti emisií sa vykonávajú ďalšie merania HCl, HF, ťažkých kovov, benzo-a-pyrénu, benzénu a polychlórovaných dibenzo-p-dioxínov (PCDD) a polychlórovaných dibenzofuránov (PCDF). Okrem toho sa pri využívaní odpadu často vykonávajú opakované merania, napr. raz ročne [76, Nemecko 2006].

Je vhodné, aby sa všetky tieto látky merali aspoň pri jednej príležitosti, aby sa poskytli údaje pri podávaní žiadosti o prvé povolenie IED pre prevádzku.

Ďalšie užitočné informácie možno nájsť v referenčnom dokumente o všeobecných princípoch monitorovania [151, Európska komisia 2003].

1.4 Techniky, ktoré treba zohľadniť pri určovaní BAT

Táto kapitola opisuje techniky (alebo ich kombinácie) a súvisiace monitorovanie, ktoré sa považujú za techniky s potenciálom na dosiahnutie vysokej úrovne ochrany environmentálneho prostredia pri činnostiach v rozsahu pôsobnosti tohto dokumentu. Opísané techniky budú zahŕňať použitú technológiu, ako aj spôsob, akým sa zariadenia navrhujú, budujú, udržiavajú, prevádzkové a vyradujú z prevádzky.

Zahŕňa systémy environmentálneho manažérstva, techniky integrované do procesov a koncové opatrenia. Zohľadňuje sa aj predchádzanie vzniku odpadu a nakladanie s ním vrátane postupov minimalizácie odpadu a recyklácie, ako aj techniky, ktoré znižujú spotrebu surovín, vody a energie optimalizáciou používania a opätovného použitia.

V prílohe III k smernici sa uvádza počet kritérií na určenie BAT a informácie v tejto kapitole sa týkajú týchto úvah. V tabuľke 1.30 je v čo najväčšej miere použitá štandardná štruktúra na uvedenie informácií o každej technike, aby sa umožnilo porovnanie techník a posúdenie na základe definície BAT v smernici.

Táto sekcia nemusí nevyhnutne obsahovať vyčerpávajúci zoznam techník, ktoré by sa mohli v tomto odvetví uplatniť. Môžu existovať alebo byť vyvinuté aj iné techniky, ktoré by sa mohli zohľadniť pri určovaní BAT pre jednotlivé zariadenia.

Tabuľka 1.30: Informácie pre každú techniku

Druh zvažovaných informácií	Druh zahrnutých informácií
Opis	Stručný opis techniky s použitím, ak je to vhodné, chemických alebo ďalších rovníc, obrázkov, diagramov a vývojových diagramov
Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie	Hlavné potenciálne environmentálne prínosy, ktoré sa dosiahnu zavedením tejto techniky (vrátane zníženej spotreby energie, zníženia emisií do vody, ovzdušia a pôdy, úspory surovín, ako aj zvýšenie výnosu výroby, zníženie odpadu atď.).
Dosah na viaceré zložky životného prostredia	Relevantné negatívne účinky na životné prostredie v dôsledku zavedenia techniky, čo umožňuje porovnanie jednotlivých techník s cieľom posúdiť vplyv na životné prostredie ako celok. To môže zahŕňať otázky, ako sú: • spotreba a charakter surovín a vody, • spotreba energie a príspevok k zmene klímy, • potenciál stenčovania ozónovej vrstvy v stratosfére, • potenciál fotochemickej tvorby ozónu, • okyslenie ako výsledok emisií do ovzdušia, • prítomnosť častíc v okolitom ovzduší (vrátane mikročastíc a kovov), • eutrofizácia pôdy a vôd ako výsledok emisií do ovzdušia alebo vody, • potenciál vyčerpania kyslíka vo vode, • perzistentné/toxické/bioakumulatívne zložky (vrátane kovov), • tvorba zvyškov/odpadu, • obmedzenie schopnosti opätovného použitia alebo recyklácie zvyškov/odpadu, • tvorba hluku a/alebo zápachu, • zvýšené riziko nehôd. Mal by sa zohľadniť referenčný dokument o hospodárskych vplyvoch a dosahu na viaceré zložky životného prostredia (ECM).
Prevádzkové údaje	Údaje o skutočnej a špecifickej výkonnosti prevádzky (vrátane úrovni emisií, úrovni spotreby – surovín, vody, energie – a množstva vzniknutých zvyškov/odpadov). Akékoľvek ďalšie užitočné informácie o nasledujúcich položkách:

Druh zvažovaných informácií	Druh zahrnutých informácií
	• Ako navrhnuť, prevádzkovať, udržiavať, kontrolovať a vyradiť techniku z prevádzky • Otázky monitorovania emisií súvisiacich s používaním tejto techniky • Citlivosť a trvanlivosť techniky • Otázky týkajúce sa prevencie nehôd
Uplatniteľnosť	Uvádza sa, či sa táto technika môže uplatňovať v celom odvetví. Inak sú uvedené hlavné všeobecné technické obmedzenia používania techniky v rámci odvetvia. Môžu to byť: • označenie druhu prevádzok alebo procesov v rámci odvetvia, na ktoré sa technika nemôže použiť; • obmedzenia implementácie v určitých všeobecných prípadoch, napr. vzhľadom na: • to, či ide o novú alebo existujúcu prevádzku, pričom sa zohľadnia faktory súvisiace s modernizáciou (napr. dostupnosť priestoru) a interakcie s už nainštalovanou technikou, • veľkosť prevádzky, kapacitu alebo faktor zaťaženia, • množstvo, druh alebo kvalitu vyrobeného výrobku, • druh použitého paliva alebo suroviny. Tieto obmedzenia sú uvedené spolu s ich dôvodmi. Tieto obmedzenia nie sú zoznamom možných miestnych podmienok, ktoré by mohli ovplyvniť použiteľnosť techniky pre jednotlivú prevádzku.
Hospodárske vplyvy	Informácie o nákladoch (kapitálových/investičných, prevádzkových a údržbových vrátane podrobností o tom, ako boli tieto náklady vypočítané/odhadnuté) a o akýchkoľvek možných úsporách (napr. znížená spotreba surovín alebo energie, poplatky za odpad, skrátenie návratnosti v porovnaní s inými technikami) alebo príjmov alebo iných prínosoch vrátane podrobností o tom, ako boli vypočítané/odhadnuté. V súvislosti s ekonomickými aspektmi a nákladmi na monitorovanie sa zohľadňuje referenčný dokument o hospodárskych vplyvoch a dosahu na viaceré zložky životného prostredia (ECM) a referenčný dokument o všeobecných princípoch monitorovania (MON).
Hnacia sila implementácie	Aplikovateľnosť špecifických miestnych podmienok, požiadaviek (napr. právne predpisy, bezpečnostné opatrenia) alebo neekologických podnetov (napr. zvýšený výnos, lepšia kvalita výrobku, ekonomické stimuly – napr. dotácie, daňové úľavy), ktoré podnietili alebo stimulovali doterajšiu implementáciu techniky.
Vzorové prevádzky	Odkaz na prevádzky, v ktorých bola technika zavedená a z ktorých boli zozbierané a pri písaní oddielu použité informácie. Údaj o tom, do akej miery sa technika používa v EÚ alebo na celom svete.
Odborná literatúra	Literatúra alebo iný referenčný materiál (napr. knihy, správy, štúdie), ktorý bol použitý pri písaní oddielu a ktorý obsahuje podrobnejšie informácie o technike. Ak referenčný materiál pozostáva z veľkého počtu strán, uvedie sa odkaz na príslušnú stranu (strany) alebo oddiel (oddiely).

1.4.1 Spotreba surovín

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Recyklácia a/alebo opätovné použitie zozbieraného prachu vo výrobných procesoch znižuje celkovú spotrebu surovín. Túto recykláciu možno vykonať priamo v peci alebo vo vsádzkovom otvore pece (obmedzujúcim faktorom je obsah alkalických kovov) alebo zmiešaním s hotovými cementárskymi výrobkami.

Použitie vhodných odpadov ako surovín môže znížiť vstup prírodných zdrojov, ale vždy by sa malo uskutočniť s dostatočnou kontrolou látok, ktoré sa do procesu pece dostávajú.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Úspora prírodných zdrojov.

Použitím vhodného odpadu ako suroviny a v závislosti od jeho vlastností môže dôjsť k rôznym emisiám.

Náklady na kontrolu kvality odpadu a monitorovanie emisií sa môžu zvýšiť.

Prevádzkové údaje

Pozri oddiel 1.2.4.2.

Uplatniteľnosť

Toto opatrenie je v zásade aplikovateľné na odvetvie výroby cementu, pokiaľ ide o kontrolu kvality, prchavé organické látky a obsah ťažkých kovov.

Hospodárske vplyvy

Náklady na suroviny sa môžu znížiť.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne

podmienky.

Ekonomické hľadisko.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27. [168,

TWG CLM 2007].

1.4.2 Zníženie spotreby energie (energetická účinnosť)

V tejto súvislosti možno užitočné informácie nájsť aj v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách pre energetickú účinnosť (ENE) [181, Európska komisia 2008].

1.4.2.1 Zníženie spotreby tepelnej energie

Spotrebu tepelnej možno znížiť zvážením a zavedením rôznych techník, ako je napríklad zavedenie techník optimalizácie tepelnej energie v systéme pece (pozri oddiel 1.4.2.1.1.). Spotrebu energie moderných cementárskych pecí ovplyvňuje niekoľko faktorov, ako sú vlastnosti surovín, napr. vlhkosť, páliteľnosť (pozri oddiel 1.4.2.1.2), používanie palív s rôznymi vlastnosťami a premenlivými parametrami (pozri oddiel 1.4.2.1.3), ako aj používanie systému obtoku plynu (pozri oddiel 1.4.2.1.4). Techniky sa dajú použiť jednotlivo. Všetky techniky však treba posudzovať vo vzájomnej súvislosti.

Na spotrebu energie má vplyv aj výrobná kapacita pece.

1.4.2.1.1 Systémy pecí

Opis

Systémy pecí s viacstupňovými (štvor- až šesťstupňovými) cyklónovými predohrievačmi s integrovaným kalcinátorom a potrubím terciárneho vzduchu sa považujú za štandardnú techniku pre nové prevádzky a veľké modernizácie. V niektorých prípadoch surovín s vysokým obsahom vlhkosti sa používajú trojstupňové cyklónové prevádzky. Za optimálnych podmienok sa pri takejto konfigurácii spotrebuje 2 900 – 3 300 MJ/t slinku.

Techniky optimalizácie tepelnej energie možno implementovať v rôznych zariadeniach prevádzky vrátane:

- chladiča:
 - zariadenie moderného chladiča slinku, napr. stacionárneho predroštu,
 - použitie chladičových roštových dosiek s väčším odporom prúdenia, ktoré zabezpečujú rovnomernejšie rozloženie chladiaceho vzduchu,
 - riadený prívod chladiaceho vzduchu do jednotlivých sekcií roštu;
- pece:
 - vysoké využitie kapacity,
 - optimalizovaný pomer dĺžky a priemeru,
 - optimalizovaná konštrukcia pece s ohľadom na druh vkladaneho paliva,
 - optimalizované systémy vypaľovania v peci,
 - rovnomerné a stabilné prevádzkové podmienky,
 - optimalizácia riadenia procesov,
 - terciárny vzduchový kanál,
 - takmer stechiometrické, ale oxidačné podmienky pece,
 - používanie mineralizátorov,
 - zníženie úniku vzduchu;
- kalcinátora:
 - nízky pokles tlaku,
 - rovnomerné rozloženie horúcej múčky v stúpačke pece,
 - minimálny vznik povlakov vďaka nízkej cirkulácii alkalických látok,
 - rozsiahla predkalcinácia surovej múčky;
- predohrievača:
 - nízky tlak a vysoký stupeň rekuperácie tepla v cyklónoch,
 - vysoká miera zberu z cyklónu,
 - rovnomerné rozloženie jedla v sekcii plynového potrubia,
 - rovnomerné rozloženie prúdov pevných látok a plynu v dvojvetvovom predohrievači,
 - cyklónové stupne (celkovo tri až šesť cyklónov);
- manipulácie s materiálom:
 - nízky obsah vlhkosti v surovinách a palivách,
 - ľahko spáliteľné palivá s vysokou výhrevnosťou,
 - homogenizácia a rovnomerné dávkovanie (presné dávkovanie) materiálu do vsádzkového otvoru pece,
 - homogenizácia a rovnomerné podávanie palív;
- mlynov:
 - kombinovaná prevádzka mlynov.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie spotreby tepelnej energie.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Použitie výmenníka plynu/vzduchu alebo zhášacieho systému pre dlhé pece, ako aj obtoku plynu v peciach s predohrievačom/predkalcinátorom zvyšuje energiu paliva.

Pri použití chladenia plameňa by mohlo byť potrebné dodatočné teplo na odparovanie vody, čím sa znižuje energetická účinnosť.

Nižší počet cyklónov spôsobuje vyššie tepelné straty pri výstupe plynu z predohrievača.

Prevádzkové údaje

Pri optimalizovaných podmienkach krátkodobej skúšky výkonu (napr. 36-hodinová skúška výkonu) je spotreba tepelnej energie 2 900 – 3300 MJ/t slinku. V dôsledku udalostí, ktoré sa odchyľujú od bežných prevádzkových podmienok (napr. nábehy a odstávky), sú ročné priemerné hodnoty približne o 160 – 320 MJ/t slinku vyššie.

V prípadoch, keď sú prevádzky vhodné a navrhnuté špeciálne na použitie určitých druhov odpadových palív, môže byť spotreba tepelnej energie stále v rozmedzí 3 120 – 3 400 MJ/t slinku. Vlastnosti použitých odpadových palív, napr. výhrevnosť, reaktivita, hrubosť, ovplyvňujú energetickú účinnosť (pozri oddiely 1.2.4.3 a 1.3.3.3) [92, Rakúsko 2006], [162, A TEC 2006], [171, A TEC 2007].

Hodnoty sú vypočítané a platné pre systém pece s kapacitou 3 000 t/d. Na dopyt po energii má vplyv aj výrobná kapacita. Pri spaľovaní slinku v peciach s vyššou kapacitou, napr. 5 000 t/d, sa ušetrí približne 100 MJ/t slinku, zatiaľ čo spotreba energie v menších peciach, napr. produkujúcich 1 500 t/d, je až o 200 MJ/t slinku vyššia. Tieto účinky sú spôsobené najmä rozdielnymi stratami tepla steny na tonu vyrobeného slinku. Pri hodnotení spotreby energie v peci je potrebné zohľadniť tieto účinky [84, CEMBUREAU 2006].

Čím viac je stupňov cyklónového predohrievača, tým vyššia je účinnosť procesu pece. Najnižšiu spotrebu energie možno dosiahnuť s piatimi alebo šiestimi cyklónmi (pozri oddiel 1.3.3.1 a tabuľku 1.17). Počet cyklónových fáz však závisí najmä od obsahu vlhkosti v surovinách (pozri tiež oddiel 1.4.2.1.2).

Uplatniteľnosť

Vhodný počet cyklónových stupňov sa určuje podľa priepustnosti a obsahu vlhkosti surovín a palív, ktoré sa musia vysušiť zvyškovým teplom spalín, pretože miestne situácie v oblasti surovín sa značne líšia, pokiaľ ide o obsah vlhkosti alebo páliteľnosť [76, Nemecko 2006].

Prevádzka s predkalcinátormi a cyklónovým predohrievačom môže mať zvýšenú spotrebu energie, a to v dôsledku niekoľkých vplyvov, napr.:

- vlastností surovín, ako je obsah vlhkosti alebo páliteľnosť (pozri oddiely 1.2.2, 1.2.4.2 a 1.4.2.1.2),
- používania palív s rôznymi vlastnosťami (pozri oddiely 1.2.3, 1.2.4 a 1.4.2.1.3),
- používania systému obtoku plynu (pozri oddiely 1.2.5.4.1 a 1.4.2.1.4),
- cieľovej kvality slinku,
- veľkosti a kapacity pece.

Hospodárske vplyvy

Spotreba energie (tepelnej a elektrickej) zvyčajne predstavuje 30 – 40 % nákladov na výrobu.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Náklady na energiu, ako aj obchodovanie s emisiami vedú k energetickej účinnosti.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[9, CEMBUREAU 1997, november], [60, VDI 2094 Nemecko 2003], [76, Nemecko 2006], [81, Castle cement UK 2006], [84, CEMBUREAU 2006], [86, EURITS 2006], [92, Rakúsko 2006], [136, Európska komisia 1993], [153, Castle Cement UK 2007], [154, CEMEX UK 2006], [162, A TEC 2006], [168, TWG CLM 2007], [171, A TEC 2007], [181, Európska komisia 2008].

1.4.2.1.2 Vlastnosti surovín

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Požadovaný výkon a obsah surovín ovplyvňujú celkovú účinnosť energie. Tieto parametre určujú vhodný počet cyklónových stupňov, ktoré sa majú použiť, pretože materiály sa budú musieť vysušiť, najlepšie teplom odpadových plynov (pozri oddiely 1.2.4.2, 1.3.3 a tabuľku 1.17). Čím vyšší je obsah vlhkosti, tým vyšší je dopyt po energii. Je potrebné poznamenať, že vyšší počet cyklónov spôsobuje nižšie tepelné straty, ktoré odchádzajú z predohrievača spolu so spalínami.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Niektoré palivá obsahujú aj časť mokrych minerálov používaných ako suroviny, ktoré sa v systéme pece sušia, čo má za následok zvýšenie špecifickej spotreby energie na tonu slinku.

Prevádzkové údaje

V prípade surovín vstupujúcich do pece, ktoré obsahujú menej ako 8,5 % vlhkosti, sa v modernej cementárni môže sušenie dokončiť pomocou spalín zo štvor-, päť- alebo šesťstupňového predohrievača. Šiesty cyklónový stupeň ušetrí približne 60 MJ/t slinku v porovnaní s päťstupňovým predohrievačom, kde je znížená potreba energie na sušenie.

Pri výpočte pre samotný systém predohrievača pece si štvorstupňový namiesto päťstupňového cyklónového predohrievača vyžaduje približne 90 MJ/t slinku navyše. Pri troch cyklónových stupňoch sa rozdiel v náročnosti na energiu ďalej zvyšuje a presahuje 250 MJ/t slinku. Tri cyklónové stupne sa používajú len v špeciálnych prípadoch s veľmi vlhkým materiálom.

Pri vlhkosti surovín vyššej ako 8,5 % a do 10 – 11 % je však vhodnejšie použiť menej cyklónových stupňov (napr. štyri), aby sa teplo mohlo využiť v procese sušenia (mlyn na suroviny).

Uplatniteľnosť

V princípe sa vzťahuje na odvetvie výroby cementu.

Hospodárske vplyvy

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[9, CEMBUREAU 1997, november], [60, VDI 2094 Nemecko 2003], [76, Nemecko 2006], [84, CEMBUREAU 2006], [81, Castle Cement UK 2006], [86, EURITS 2006], [92, Rakúsko 2006], [136, Európska komisia 1993], [137, Klein/Hoenig 2006], [153, Castle Cement UK 2007], [154, CEMEX UK 2006], [168, TWG CLM 2007].

1.4.2.1.3 Vlastnosti paliva

Opis

Vlastnosti použitých palív, ako je primeraná výhrevnosť, nízky obsah vlhkosti, primeraný obsah síry, kovov, halogénových zlúčenín a prchavých látok, ako aj vstrekovanie vzduchu, majú pozitívny vplyv na špecifickú spotrebu energie pece.

Príprava fosílnych palív, ako je uhlie alebo hnedé uhlie, čiastočne alebo úplne vysušené mimo systému pece, dokonca aj mimo cementárne, môže viesť k zlepšeniu energetickej účinnosti systému pece, pretože je jedným z hlavných vplyvov na spotrebu energie. Napríklad hnedé uhlie sa môže ťažiť s obsahom vlhkosti nad 50 % a pred dodaním do cementárne sa musí vysušiť. Využívanie prebytočného tepla na sušenie palív navyše vedie k úsporám tepelnej energie. Nahradenie palív s vyššou úrovňou vlhkosti sušenými palivami má za výsledok zníženie spotreby energie na tonu slinku v systéme pece.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Prevádzka kalcinátora so širokou škálou druhov paliva, od vysokoreaktívneho až po extrémne nereaktívne, ovplyvňuje energetickú účinnosť. Použitie jemne mletého, suchého a dostatočne výhrevného paliva v porovnaní s nízko reaktívnym alebo hrubým palivom vedie k lepšej energetickej účinnosti.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Niektoré palivá obsahujú aj časť mokrych minerálov používaných ako suroviny, ktoré sa sušia v systéme pece, čo má za následok zvýšenie špecifickej spotreby energie na tonu slinku.

Použitím odpadu a v závislosti od jeho vlastností môže dôjsť k rôznym emisiám.

Vysoká miera substitúcie odpadových palív spolu s menej reaktívnymi alebo hrubými palivami povedie k zvýšenému množstvu palív, ktoré sa musia použiť na dosiahnutie dopytu po tepelnej energii (pozri oddiely 1.3.3, 1.3.3.3, 6.2.2.2 a tabuľku 6.21).

Ďalšia energia sa môže použiť na sušenie palív mimo systému pece.

Prevádzkové údaje

Porovnanie rovnakých pecí na uhlie a hnedé uhlie, ktoré bežne využívajú fosílna palivá, ukazuje rozdiel takmer 100 MJ/t slinku v dôsledku rozdielných vlastností paliva.

Použitie jemne mletého uhlia v porovnaní s použitím nízko reaktívneho alebo hrubého paliva môže znížiť potrebu energie napr. o viac ako 300 MJ/t slinku. Nízkú potrebu tepelnej energie možno dosiahnuť (aj v prípade menších prevádzok) použitím ľahko páliteľných palív s nízkym obsahom vlhkosti.

V prípadoch, keď sú prevádzky vhodné a navrhnuté špeciálne na používanie určitých druhov odpadových palív, môže byť spotreba tepelnej energie stále nízka, a to až 3 120 – 3 400 MJ/t slinku. Parametre a vlastnosti použitých odpadových palív, napr. primeraná výhrevnosť, reaktivita, hrubosť, ovplyvňujú energetickú účinnosť (pozri oddiely 1.2.4.3 a 1.3.3.3) [92, Rakúsko 2006], [162, A TEC 2006], [171, A TEC 2007]. Okrem toho sa uvádza spotreba energie 3 473 kJ/kg pre päťstupňová predkalcinačná pec [81, Castle Cement UK 2006], [163, Castle Cement UK 2006], [168, TWG CLM 2007].

Uplatniteľnosť

V princípe aplikovateľné na všetky typy cementárenských pecí.

Pri definovaní palivového mixu sa ako hlavné parametre berie do úvahy najmä miestna dostupnosť palív, technické možnosti a dlhodobá záruka dodávok.

Pri používaní odpadových palív je potrebné zohľadniť výhrevnosť týchto odpadov. Je potrebné poznamenať, že pri použití odpadových palív s nižšou výhrevnosťou môže byť potrebné spáliť väčšie množstvo odpadových palív v porovnaní s fosílnymi palivami, aby sa dosiahla potreba tepelnej energie.

Hospodárske vplyvy

Náklady na rôzne druhy fosílnych a/alebo odpadových palív a ich prípravu sa značne líšia.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Ekonomická požiadavka.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27, konkrétne v Rakúsku a Spojenom kráľovstve.

[9, CEMBUREAU 1997, november], [60, VDI 2094 Nemecko 2003], [76, Nemecko 2006], [81, Castle cement UK 2006], [84, CEMBUREAU 2006], [86, EURITS 2006], [92, Rakúsko 2006], [136, Európska komisia 1993], [153, Castle Cement UK 2007], [154, CEMEX UK 2006], [162, A TEC 2006], [163, Castle Cement UK 2006], [168, TWG CLM 2007], [171, A TEC 2007].

1.4.2.1.4 Systém obtoku plynu

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Používanie surovín a palív s nízkymi úrovňami chlóru, síry a alkalických látok môže minimalizovať cyklus obohacovania ako výsledok vnútornej cirkulácie medzi pecou a predohrievačom. Okrem toho sa môže minimalizovať vznik usadenín v oblasti vstupu do pece, kalcinátora a dvoch spodných fáz, ktoré môžu byť spôsobené vyššími koncentraciami. Keďže základom energeticky účinnej výroby slinku je rovnomerná prevádzka pece s minimalizovanými poruchami, malo by sa predchádzať odstávkam v dôsledku tvorby povlakov. Nízka cirkulácia alkalických látok, chlóru a v menšej miere aj síry môže minimalizovať použitie obtoku plynu na vstupe do pece. Odstránením časti procesného plynu sa uvoľňuje nielen chlór, síra a zásady, ale aj iné látky (pozri oddiel 1.2.5.4.1).

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Odstránenie horúcich surovín a horúceho plynu vedie k vyššej špecifickej spotrebe energie približne 6 – 12 MJ/t slinku na percento odstráneného vstupného plynu do pece. Minimalizácia používania obtoku plynu má preto pozitívny vplyv na špecifickú spotrebu energie.

Prevádzkové údaje

Využitie energie je uvedené v oddiele 1.3.3.

Uplatniteľnosť

V princípe sa vzťahuje na odvetvie výroby cementu.

Hospodárske vplyvy

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Požiadavky na procesnú techniku.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[9, CEMBUREAU 1997, november], [60, VDI 2094 Nemecko 2003], [76, Nemecko 2006], [84, CEMBUREAU 2006], [86, EURITS 2006], [81, Castle Cement UK 2006], [92, Rakúsko 2006], [136, Európska komisia 1993], [153, Castle Cement UK 2007], [154, CEMEX UK 2006].

1.4.2.1.5 Zníženie obsahu slinku v cementárenských výrobkoch

Opis

Technikou na zníženie spotreby energie a emisií v cementárenskom priemysle, vyjadrených na jednotku hmotnosti cementového výrobku, je zníženie obsahu slinku v cementových výrobkoch. To možno dosiahnuť pridaním plnidiel a prídavkov, napríklad piesku, trosky, vápenca, popolčeka a puzolánu, v štádiu mletia.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie spotreby energie.
Redukcia emisií do ovzdušia.
Úspora prírodných zdrojov.
Predchádzanie skládkovaniu odpadu.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Pridávanie plnív a prísad do konečného výrobku v cementárni zabezpečuje kontrolu uskladnenia a manipulácie s materiálmi, ako aj kontrolu požiadaviek na kvalitu hotového cementu.

Prevádzkové údaje

V Európe je priemerný obsah slinku v cemente 80 – 85 %. Mnohí výrobcovia cementu pracujú na technikách ďalšieho znižovania obsahu slinku. Jedna z uvádzaných techník tvrdí, že umožňuje výmenu 50 % slinku pri zachovaní kvality/výkonu výrobku a bez zvýšenia nákladov na výrobu. Cementárske normy definujú niektoré typy cementu s menej ako 20 % slinku, pričom zvyšok tvorí vysokopecná troska. Cementy s nízkym obsahom slinku sú však určené len na špeciálne použitie.

Uplatniteľnosť

V princípe sa vzťahuje na odvetvie výroby cementu.

Hospodárske vplyvy

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.
Ekonomické požiadavky.
Dostupnosť vhodného odpadu.
Požiadavky týkajúce sa technickej špecifikácie a uhlíkovej účinnosti.
Požiadavky v súlade s normami pre cement.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[9, CEMBUREAU 1997, november], [168, TWG CLM 2007].

1.4.2.2 Zníženie spotreby elektrickej energie

Opis

Spotrebu elektrickej energie možno minimalizovať inštaláciou systémov riadenia spotreby energie a využívaním zariadení s vysokou energetickou účinnosťou, ako sú vysokotlakové mlecie valce na drvenie slinku a pohony ventilátorov s premenlivými otáčkami, ako aj v niektorých prípadoch výmenou starých mlynov na suroviny za nové mlyny (pozri oddiel 1.3.3.2). Používaním zdokonalených monitorovacích systémov a znižovaním únikov vzduchu do systému možno optimalizovať aj spotrebu elektrickej energie. Niektoré z techník redukcie spotreby opísaných v ďalších oddieloch budú mať tiež pozitívny účinok na spotrebu energie, napríklad optimalizácia riadenia procesov.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie a minimalizácia spotreby elektrickej energie.
Úspora zdrojov a zníženie emisií a odpadu.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadne problémy.

Prevádzkové údaje

Porovnanie kľúčových charakteristík z príkladov techník mletia je uvedené v oddiele 1.3.3 a v tabuľke 1.19. V niektorých prípadoch sa spotreba elektrickej energie minimalizovala nahradením starých mlynov na suroviny novými alternatívami.

Uplatniteľnosť

Uplatniteľnosť, v zásade, na všetky cementárenské pece.

Hospodárske vplyvy

V roku 2006 predstavovala spotreba elektrickej energie zvyčajne 15 – 25 % celkových nákladov na výrobu cementu (pozri oddiel 1.3.3.2).

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.
Ekonomické požiadavky, úspora nákladov.
Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.
[76, Nemecko 2006], [81, Castle Cement UK 2006], [168, TWG CLM 2007], [181, Európska komisia 2008], [182, TWG CLM 2008].

1.4.2.3 Výber procesu

Opis

Zvolený proces ovplyvní emisie všetkých znečisťujúcich látok a bude mať tiež významný účinok na spotrebu energie, ako to vyplýva aj zo štúdie týkajúcej sa energetických technológií v sektore cementu, ktorú v roku 1993 zadala Európska komisia. Bola identifikovaná séria technických zlepšení alebo úprav spolu so zodpovedajúcimi potenciálmi úspory energie, napr. úpravy procesu, zlepšenia procesu mletia a prípravy surovinovej múčky, ako aj vývoj systémov energetického manažérstva [136, Európska komisia 1993].

Tepelná energia potrebná na sušenie a predohrievanie surovín závisí najmä od obsahu vlhkosti v surovine, ako ukazujú príklady v oddiele 1.3.3.1 a tabuľke 1.17. Čím nižší je obsah vlhkosti, tým nižší je dopyt po energii.

Pri nových prevádzkach a väčších modernizáciách sa za najmodernejšie považuje suchá procesná pec s viacstupňovým predohrievačom a predkalcináciou. Od pecí s mokrým spôsobom, ktoré sú v prevádzke v Európe, sa vo všeobecnosti očakáva, že po obnove prejdú na suchý spôsob [12, Holandsko 1997], a rovnako tak aj od polosuchého a polomokrého spôsobu.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie spotreby energie.
Úspora zdrojov a zníženie emisií a odpadu.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadne problémy.

Prevádzkové údaje

Ak majú vstupné suroviny menej ako 8,5 % vlhkosti, v moderných cementárňach sa sušenie môže dokončiť pomocou spalín zo štvor- alebo päťstupňového predohrievača bez dodatočného tepla. Stratégia na dosiahnutie čo najväčšej účinnosti prevádzky si napríklad vyžadovala zatvorenie prevádzok, ktoré sa nachádzali na surovinách na báze kriedy s vysokým obsahom vlhkosti; krieda obsahuje viac ako 20 % vlhkosti.

V Spojenom kráľovstve (Padeswood Works) boli dve pece na mokrý spôsob s celkovou potrebou tepla 5 649 MJ/t slinku nahradené jedným predkalcinátorom. V porovnaní s týmito dvoma pecami s mokrým spôsobom mala nová suchá pec s predkalcinátorom v roku 2006 celkovú potrebu tepla 3 473 MJ/t slinku, čo odkazuje na zlepšenie o približne 2 176 MJ/t slinku a zníženie dopytu po energii o približne 36 %. Tento dopyt po teple je však vyšší, ako by sa očakávalo od pece s päťstupňovým predkalcinátorom, pretože organický uhlík prítomný v odpade, ktorý sa používa ako surovina, sa spaľuje v horných cyklónových stupňoch predohrievača, čo vedie k vysokým teplotám na vrchole veže. V rámci vývoja procesu sa zníži teplota veže, čím sa celková spotreba tepla zníži na približne 3 150 MJ/t. Pec má povolené používať až 100 % odpadového paliva, avšak v roku 2008 bol prevádzkový výkon približne 30 % [81, Castle Cement UK 2006], [163, Castle Cement UK 2006], [182, TWG CLM 2008].

Uplatniteľnosť

V zásade je uplatniteľný na odvetvie výroby cementu v prípade nových zariadení/veľkých modernizácií.

Hospodárske vplyvy

Zmena spôsobu z mokrého na suchý je veľmi nákladná a môže mať náklady až 100 miliónov EUR.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Padeswood Works, Castle Cement UK.

[12, Holandsko 1997], [81, Castle Cement UK 2006] [136, Európska komisia 1993], [163, Castle Cement UK 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.2.4 Získavanie energie z pecí a chladičov/kogenerácie**Opis**

Využívanie prevádzok na kombinovanú výrobu pary a elektriny alebo kombinovanej výroby tepla a elektriny sa v zásade uplatňuje pri výrobe cementu. Je to spôsobené súčasným dopytom po teple a elektrickej energii, ktorý sa už dlho presadzuje (pozri oddiel 1.2.5.8). V prevádzke je organický Rankinov cyklus (ORC) a konvenčný parný proces. Okrem toho sa prebytočné teplo získava z chladičov slinku alebo z plynov z pece na diaľkové vykurovanie.

Základným prvkom kogeneračnej prevádzky je hnací motor; výroba energie z nízko teplotného odpadového plynu sa však uplatňuje v dvoch cementárňach. Prebytočné teplo sa najčastejšie získava z chladiča slinku a v menšej miere z plynov z pece.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zhodnocovanie prebytočného tepla z procesu a kogenerácia pary a elektrickej energie, spolu so zvýšenou nezávislosťou od nákladov na energiu a znížením emisií CO₂.

Úspora zdrojov a zníženie emisií.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadne problémy.

Prevádzkové údaje

Konvenčný proces parného cyklu a proces organického Rankinovho cyklu (ORC)

V cementárni Slite vo Švédsku sa používa konvenčný parný proces. Získané teplo sa posiela do existujúcej elektrárne, ktorá sa nachádza v susedstve cementárne a ktorú prevádzkuje tretia strana, ktorá opätovne využíva parnú turbínu na výrobu elektrickej energie. Para sa vyrába v dvojstupňovom systéme kotla s rekuperáciou tepla, jeden v chladiči slinku a druhý v dolnom kanáli pece. Táto prevádzka dodáva energiu s výkonom približne 6 MW. Podľa prepočtov z roku 1999 predstavovali náklady na investície na kotol a rozvod pary 8 miliónov EUR, z čoho 25 % bolo dotovaných. Opätovne použitá existujúca parná turbína významne prispela k hospodárnosti zariadenia; neboli však zohľadnené žiadne náklady. Ročná výroba elektrickej energie je približne 50 GWh, čo predstavuje ¼ celkovej potreby energie prevádzky. Podrobnejší opis nájdete v oddiele 6.2.3.1.

Organický Rankinov cyklus (ORC) sa používa v cementárni v Lengfurte v Nemecku na zhodnocovanie nízkoteplotného odpadového tepla z chladiča slinku na výrobu elektrickej energie. Táto technika je v podstate založená na použití organického hnacieho média (pentánu). Výsledky ukázali, že pri danom prevádzkovom režime možno vyrobiť 1,1 MW elektrického výkonu. Dosiahnutá dostupnosť bola 97 % prevádzkového času cementárenskej pece. Chladič slinku má výstup odpadového tepla prostredníctvom odpadového vzduchu z chladiča slinku 14 MW a teplotu odpadového plynu medzi 300 – 350 °C, z čoho sa v priemere odoberá približne 9 MW. Táto technika ORC v cementárni Lengfurt funguje dobre už približne 10 rokov. Bližší opis nájdete v oddiel 6.2.3.2.

Zhodnocovanie z chladičov slinku alebo plynu z pecí na diaľkové vykurovanie

Z chladiča slinku možno získať aj odpadové teplo na zásobovanie teplou vodou. Vo väčšine prípadov je kotol na strane čistého plynu na filtri, pretože v takýchto prípadoch musí byť odlučovač prachu ESP. Alternatívne je potrebný robustný kotol na odpadové teplo odolný voči oderu, ak je za kotlom nainštalovaný textilný filter ako odprašovacie zariadenie. Medzi prevádzky, ktoré majú nainštalované systémy na rekuperáciu tepla na prípravu teplej vody, patria okrem iného Burglengenfeld v Nemecku, Büyükçekmece a Canakkale v Turecku.

Švédska cementáreň v Skövde má tiež kotol na rekuperáciu tepla umiestnený v odpadovom kanáli pece. Podobne ako v cementárni Slite je aj tu výťažnosť tepla nižšia, než sa očakávalo, a to 1,2 MW namiesto projektovaných 2,5 MW. Situácia je podobná ako v Slite: vlastnosti typického jemného prachu z veže predohrievača bránia účinnej výmene tepla. To zostáva problémom, ktorý sponchybuje využívanie výstupných plynov z predohrievača ako zdroja tepla, a to z technického aj ekonomického hľadiska.

Uplatniteľnosť

V princípe uplatniteľné pre všetky cementárenské pece, ak je k dispozícii dostatok prebytočného tepla a ak je možné dodržať príslušné parametre procesu. Je potrebné zohľadniť miestne podmienky a aspekty nákladov.

Hospodárske vplyvy

Veľká prevádzka v plnej veľkosti má priemerné náklady približne 0,8 až 1,2 milióna EUR na jeden MW inštalovaného výkonu. Prevádzka v Lengfurte v Nemecku (organický Rankinov cyklus (ORC)) ich má približne 3,3-krát vyššie. Prevádzka ORC v Lengfurte s výkonom 1 MW je mimoriadne malá, avšak je ekonomicky uskutočniteľná, pretože ju čiastočne financuje nemecká vláda.

Podobná situácia je aj v prípade cementárne Slite (konvenčný parný cyklus), generátor parnej turbíny je nastavený na 25 % financovania a dostupnosť dôležitej a drahej časti zariadenia. Pri jedinom príjme z prevádzky je ťažké odôvodniť plnú investíciu do kotla na vodnú paru a systému na výrobu energie.

S väčším počtom nových účinných veží predohrievača a chladičov slinku, ktoré budú uvedené do prevádzky, sa zníži prebytok nevyužitého tepla a ekonomický rozsah kogenerácie nemusí byť priaznivý, najmä ak je väčšina tepla potrebná na procesy sušenia materiálu.

Využitie odpadového tepla z pece a chladiča slinku na výrobu energie sa môže posudzovať individuálne. Ekonomická životaschopnosť môže závisieť aj od miestnej ceny elektrickej energie a veľkosti prevádzky.

Okrem spätného získavania tepla na diaľkové vykurovanie, najmä z chladiča slinku, môže byť spätné získavanie tepla uskutočniteľné, ak:

- je k dispozícii určité množstvo prebytočného tepla,
- späť získané teplo je možné predávať prostredníctvom diaľkového vykurovania,
- diaľkové teplo existuje alebo je financované a prevádzkované partnerom,
- generátor vyrába elektrickú energiu, ktorá sa môže použiť buď pre prevádzku, alebo sa môže dodávať do verejnej elektrickej siete.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky, napr. smernica o kogenerácii [94, Európska únia 2004].

Zníženie nákladov.

Úspora zdrojov.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Popri dvoch kogeneračných prevádzkach z odpadového tepla, ktoré sú opísané vyššie (cementáreň vo Švédsku a Nemecku), existujú aj ďalšie prevádzky, ako napríklad Alpena (40 MW) v Michigane, USA; Halla (10,6 MW) v Kórei; Tagada a Kanada v Japonsku [133, CEMBUREAU/Federhen 2007], [76, Nemecko 2006], [78, E. Baatz + G. Heidt 2000], [79, Nemecko 2001], [94, Európska únia 2004], [168, TWG CLM 2007], [181, Európska komisia 2008].

1.4.3 Všeobecné techniky

1.4.3.1 Optimalizácia procesnej kontroly

Opis

Optimalizácia procesu spaľovania slinku sa zvyčajne vykonáva s cieľom znížiť spotrebu tepla, zlepšiť kvalitu slinku a zvýšiť životnosť zariadenia (napríklad žiaruvzdornej výmurovky) stabilizáciou parametrov procesu. Zníženie emisií, ako sú NO_x , SO_2 a prach, je sekundárnym účinkom tejto optimalizácie. Plynulá a stabilná prevádzka pece v blízkosti projektovaných hodnôt parametrov procesu je prospešná pre všetky emisie pece. Optimalizácia zahŕňa techniky, ako je homogenizácia surovín, zabezpečenie rovnomerného dávkovania uhlia a zlepšenie prevádzky chladiča. Aby sa zabezpečila stabilná miera podávania tuhého paliva s minimálnymi špičkami, je nevyhnutné mať dobre navrhnuté zásobníky, dopravníky a podávače, ako napríklad moderný gravimetrický systém podávania tuhého paliva.

Zníženie emisií NO_x je spôsobené znížením teploty plameňa a horenia a zníženou spotrebou paliva, ako aj zónami s redukčnou atmosférou v systéme pece (pozri tiež oddiel 1.4.5.1.6). Kontrola obsahu kyslíka (prebytok vzduchu) je pre kontrolu NO_x rozhodujúca. Vo všeobecnosti platí, že čím nižší je obsah kyslíka (prebytočný vzduch), napríklad v zadnej časti cementárenskej pece, tým menej NO_x vzniká. To však musí byť vyvážené nárastom CO a SO_2 pri nižších úrovniach kyslíka [37, UK 1996].

Vplyv optimalizácie procesu pece na emisie SO_2 je značný v prípade dlhých mokrých a suchých pecí a zanedbateľný v prípade pecí s predohrievačom. Zníženie SO_2 spôsobuje CaO v dôsledku kalcinácie, znížená prchavosť SO_2 pri nižších teplotách plameňa a horenia a oxidačná atmosféra v peci spolu so stabilnou prevádzkou pece [9, CEMBUREAU 1997, november].

Predchádzanie nestability pece a núdzovým vypnutiam z dôvodu zvýšeného množstva CO pri použití ESP znižuje emisie prachových častíc, a tým znižuje aj emisie akýchkoľvek látok adsorbovaných na prach, napríklad kovov.

Moderné riadiace systémy s rýchlejšími zariadeniami na meranie a reguláciu môžu umožniť vyššie kritériá vypínania, a tým znížiť počet núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO (pozri aj oddiely 1.3.4 .1.1, 1.4.5.3 a 6.2.6).

Viacerí dodávatelia cementárenských zariadení vyvinuli expertné automatické riadiace systémy, ktoré sú zvyčajne založené na kontrole spaľovania pomocou monitorovania úrovne NO_x [37, UK 1996].

Monitorovanie a meranie parametrov procesu a emisií je nevyhnutnou súčasťou optimalizácie riadenia procesu a dosiahnutia stabilného procesu v peci.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie teploty plameňa a horenia spôsobuje redukcii emisií NO_x. Okrem toho sa môže znížiť spotreba paliva. Emisie prachu sa znižujú zamedzením nestability pece a zamedzením núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO pomocou ESP.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Zníženie emisií a spotreby paliva.

Prevádzkové údaje

V závislosti od počiatočnej úrovne NO_x sa pri dlhých mokrých a dlhých suchých peciach zaznamenalo zníženie NO_x až o 30 % a redukcia SO₂ až o 50 %, ale pri peciach s predohrievačom je toto zníženie zanedbateľné [9, CEMBUREAU 1997, november].

Uplatniteľnosť

Uplatniteľnosť optimalizácie riadenia procesu sa vzťahuje na všetky pece a môže zahŕňať mnoho prvkov od inštruktáže/školenia obsluhy pece až po inštaláciu nových zariadení, ako sú dávkovacie systémy, homogenizačné silá, predmiešavacie lôžka a nové chladiče slinku. Vplyv optimalizácie riadenia procesu na emisie SO₂ je značný v prípade dlhých mokrých a dlhých suchých pecí, ale zanedbateľný v prípade pecí s predohrievačom.

Pomocou ESP je v odvetví výroby cementu uplatniteľné riadenie núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO (pozri oddiel 1.4.5.3).

Hospodárske vplyvy

Náklady na techniky optimalizácie riadenia procesov sú veľmi rozdielne, až do výšky 5 miliónov EUR.

Investícia potrebná na vývoj expertných automatických riadiacich systémov založených zvyčajne na riadení spaľovania monitorovaním úrovni NO_x, t. j. počítačového systému riadenia na vysokej úrovni, je približne 300 000 EUR a ďalšie investície môžu byť potrebné na zariadenie požadovaných meracích a dávkovacích systémov v prevádzke.

Optimalizácia pece sa vykonáva predovšetkým s cieľom znížiť operácie, zvýšiť kapacitu a zlepšiť kvalitu výrobkov. Náklady na prevádzku optimalizovanej pece sú zvyčajne nižšie v porovnaní s neoptimalizovaným stavom. Výsledok úspor vyplýva okrem iného zo zníženej spotreby paliva a žiaruvzdorných materiálov, nižších nákladov na údržbu a vyššej produktivity.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[9, CEMBUREAU 1997, november], [37, UK 1996] [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.3.2 Výber palív a surovín

Opis

Starostlivým výberom a kontrolou látok vstupujúcich do pece možno znížiť emisie. Napríklad obmedzenie obsahu síry v surovinách aj palivách môže znížiť uvoľňovanie SO₂. To isté platí pre suroviny a palivá obsahujúce iné látky, napríklad dusík, kovy, organické zlúčeniny, HCl, HF. Medzi rôznymi systémami pecí a miestami dávkovania však existujú určité rozdiely. Napríklad síra v palivách nepredstavuje problém pre systémy suchých pecí s predohrievačom a predkalcinátorom a všetky organické zlúčeniny v palivách privádzaných cez hlavný horák sa úplne zničia.

Obmedzenie obsahu chlóru vo vstupných materiáloch znižuje vznik alkalických chloridov (a iných chloridov kovov), ktoré môžu spôsobiť nahromadenie a narušenie podmienok v peci, a preto môžu zhoršiť výkon elektrostatických odlučovačov, čo následne spôsobuje zvýšené emisie prachu. Materiály s vysokým obsahom alkalických látok si tiež môžu vyžadovať, aby sa časť prachu odvádzala, a nie recyklovala v rámci systému pece, aby sa zabránilo vysokému obsahu alkalických látok v konečnom výrobku. V tomto prípade môže použitie materiálov s nízkym obsahom alkalických látok umožniť vrátenie prachu do procesu, čím sa zníži množstvo odpadu vznikajúceho pri procese.

Rôzne druhy odpadu môžu nahradiť bežné palivá a suroviny. Dôležitá je však dôkladná kontrola kvality špecifických vlastností a parametrov týchto odpadov (pozri oddiely 1.2.4 a 1.2.4.3.2). Odpad používaný ako palivo a vybraný s vhodnou výhrevnosťou a reaktivitou, ako aj s nízkym obsahom vlhkosti a znečisťujúcich látok môže ušetriť fosílna palivá (pozri oddiely 1.3.3 a 1.4.3.3). Odpady používané ako suroviny, ktoré obsahujú prchavé organické látky, halogénované zlúčeniny a ortuť, môžu byť obzvlášť problematické z hľadiska emisií. Do systému pece by sa nemalo privádzať množstvo materiálov s vysokým obsahom prchavých kovov (pozri oddiely 1.3.4.7, 1.3.4.7.1 a 1.4.7). Obsah ortuti v materiáloch sa musí minimalizovať a môže byť potrebné obmedziť vstup ortuti do systému pece (pozri oddiel 1.3.4.13). V tejto súvislosti pozri aj oddiel 6.2.2.1.1, kde sú uvedené príklady rozsahov koncentrácií pre látky v odpade. Odpady obsahujúce prchavé organické látky/halogénované zlúčeniny sa môžu použiť len vtedy, ak sa prchavé zložky môžu rozložiť pri vysokých teplotách a dostatočnom čase zadržania. Pri používaní odpadu je potrebné systematické monitorovanie.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Starostlivým výberom palív a surovín možno obmedziť vstup látok, ktoré môžu spôsobovať emisie. Využívanie odpadových palív môže ušetriť fosílna palivá a navyše môže znížiť skládkovanie.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Všetky druhy palív a surovín vrátane odpadu môžu mať vplyv na emisie (najmä tie, ktoré vznikajú z prchavých kovov, ako je ortuť).

Prevádzkové údaje

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sa v zásade môžu vykonávať v odvetví výroby cementu. Použitie vhodných odpadových materiálov je aplikovateľné, ak je zabezpečené úplné spálenie organických látok a kontrola vstupov odpadu, ako aj kontrola emisií, zaručuje nízku úroveň emisií, napr. kovov a dioxínov.

Hospodárske vplyvy

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[74, CEMBUREAU 2006], [76, Nemecko 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.3.3 Používanie odpadu ako palív

Opis

Vybraté odpady s primeranou (čistou) výhrevnosťou (pozri oddiel 1.3.3.3 a tabuľku 1.20) sa môžu používať ako palivo v cementárenskej peci a nahradiť tak konvenčné fosílné palivá, ako je napríklad uhlie, ak spĺňajú určité špecifikácie a vlastnosti (pozri oddiel 1.2.4.1, oddiel 1.2.4.3). Často sa môžu použiť len po určitej predbežnej úprave, aby sa zabezpečili palivá prispôbené procesu spaľovania slinku (pozri oddiel 1.2.4.3.2). Pri výbere odpadu ako paliva zohrávajú rozhodujúcu úlohu rôzne kritériá, pretože môžu mať vplyv na prevádzku pece a emisie, ako napr.:

- fyzikálne kritériá, napr. unášavosť,
- chemické kritériá, napr. obsah chlóru, síry, alkalických látok a fosfátov, reaktivita a obsah prchavých kovov.

Na zaručenie vlastností odpadového paliva je potrebný systém zabezpečenia kvality. To zahŕňa najmä ustanovenia o odbere vzoriek, príprave vzoriek, analýze a externom monitorovaní. Ďalšie užitočné informácie nájdete v technických špecifikáciách Európskeho výboru pre normalizáciu, napríklad v CEN/TC 343 Tuhé regenerované palivá. V tejto súvislosti pozri aj oddiel 6.2.2.1.1, kde sú uvedené príklady rozsahov koncentrácií pre látky v odpade.

V závislosti od druhov použitého odpadu a jeho vlastností je potrebné zvážiť miesta, v ktorých sa palivá pridávajú do pece (pozri oddiel 1.2.5.1), pretože spôsob, akým sa palivá do pece pridávajú, môže mať vplyv na emisie. Najvyššie teploty spaľovania majú vo všeobecnosti palivá privádzané cez hlavný horák. V prípade všetkých bodov dávkovania závisia teploty a časy zadržania od konštrukcie pece a jej prevádzky (pozri oddiel 1.2.4.1). Na splnenie požiadaviek IED týkajúcich sa spoluspaľovania odpadu musia procesné plyny udržiavať teplotu 850 °C počas dvoch sekúnd (pozri oddiely 1.2.4.3.2 a 1.3.4.5). Pri použití odpadu s obsahom chlóru vyšším ako 1 % musia byť prevádzkové podmienky 1 100 °C a čas zadržania dve sekundy.

Na kontrolu emisií sa môžu nainštalovať niektoré ďalšie environmentálne zariadenia. Na zachovanie environmentálnych, bezpečnostných a kvalitatívnych noriem sú potrebné špeciálne kontrolné a procesné techniky.

Pri používaní nebezpečného odpadu (kvapalné odpadové palivá) sa musí zohľadniť riadenie bezpečnosti pri manipulácii, napr. skladovaní, podávaní (pozri oddiel 1.2.4.3.3). Okrem toho by sa pri používaní odpadového paliva z odpadov získaného z predbežne upravených a vytriedených frakcií odpadov malo zvážiť riadenie bezpečnosti potenciálne samozápalných materiálov.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Výber odpadových palív sa riadi viacerými vzájomne prepojenými hľadiskami vrátane týchto:

- zníženie emisií, napr. fosílného CO₂, NO_x,
- zníženie využívania prírodných zdrojov, napr. fosílnych palív a surovín.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Vlastnosti rôznych druhov odpadových palív, napr. vlhkosť alebo výhrevnosť, môžu ovplyvniť špecifickú spotrebu energie na tonu slinku, napr. nízka (čistá) výhrevnosť a vysoký obsah vlhkosti môžu mať za výsledok zvýšenie špecifickej spotreby energie na tonu

slinku. Na dosiahnutie rovnakej potreby energie sa v porovnaní s konvenčnými palivami používa väčšie množstvo odpadových palív s nižšou výhrevnosťou.

V závislosti od ich vlastností, napr. vysokej koncentrácie prchavých kovov, môžu mať odpadové palivá vplyv na emisie. Toto sa dá kontrolovať a minimalizovať vhodným riadením vstupov.

Prevádzkové údaje

Pri zmene použitej palivovej zmesi sa môže špecifická spotreba energie na tonu slinku z rôznych dôvodov meniť v závislosti od druhu paliva a výhrevnosti použitých palív. Z literatúry vyplýva, že fosílna palivá majú výhrevnosť (priemernú, netto) napr. 26 – 30 MJ/kg pre typické uhlie, 40 – 42 MJ/kg pre typický vykurovací olej a plastový materiál má výhrevnosť od 17 do 40 MJ/kg. Je potrebné poznamenať, že výhrevnosť týchto odpadov sa veľmi líši, a to až o 40 MJ/kg. Výhrevnosť živočíšnej múčky (múčky z jatočných tiel) používanej v cementárenských peciach sa podľa správ pohybuje v rozmedzí od 14 do 22 MJ/kg.

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sa v princípe môžu vykonávať v odvetví výroby cementu za predpokladu, že dôjde k úplnému spáleniu organických látok. Kontrola vstupu odpadu, ako aj kontrola emisií, zaručuje nízku úroveň emisií, napr. kovov a PCDD/F.

Hospodárske vplyvy

V porovnaní s používaním fosílnych palív môže používanie odpadových palív znížiť prevádzkové náklady. Spotreba energie zvyčajne predstavuje 30 – 40 % nákladov na výrobu. Náklady na palivá preto tvoria významnú časť nákladov na výrobu cementu. Odpadové palivá môžu byť lacnejšie ako konvenčné fosílna palivá, hoci náklady sa líšia v závislosti od druhu odpadových palív a miestnych podmienok. Odpadové palivá sa však často musia vopred upraviť a dostatočne homogenizovať, aby sa mohli použiť v cementárskej peci, čo môže spôsobiť dodatočné náklady. Okrem toho môžu vzniknúť dodatočné náklady na monitorovanie a analýzu.

Hnacia sila implementácie

Ekonomické požiadavky.

Zníženie nákladov na palivo.

Miestne podmienky.

Dostupnosť zdrojov.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[59, Európska únia 2000], [60, VDI 2094 Nemecko 2003], [74, CEMBUREAU 2006], [76, Nemecko 2006], [92, Rakúsko 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.4 Emisie prachu (tuhé častice)

V tejto časti sú opísané techniky na zabránenie emisiám odvedeného prachu (pozri oddiely 1.3.4.1.1 a 1.3.4.1.2) a difúznym (pozri oddiel 1.3.4.1.3) emisiám prachu. V tejto súvislosti možno ďalšie informácie nájsť aj v dokumente BREF o emisiách z uskladňovania a v dokumente BREF o spoločných systémoch úpravy odpadových vôd a odpadových plynov v chemickom odvetví [95, Švédsko 2006], [96, Európska komisia 2006].

1.4.4.1 Techniky pre prašné činnosti

Opis

Zdroje difúzných emisií prachu pochádzajú najmä z uskladnenia a manipulácie so surovinami, palivami a slinkom, ako aj z dopravy vozidiel používaných vo výrobnom závode. Odporúča sa jednoduché a lineárne usporiadanie pracoviska, aby sa minimalizovali možné zdroje difúzných emisií prachu. Správna a úplná údržba zariadenia má vždy nepriamy výsledok na zníženie difúzných emisií prachu tým, že znižuje úniky difúzných emisií a netesností.

Použitie automatických zariadení a riadiacich systémov tiež pomáha znižovať prach a zabezpečuje nepretržitú bezporuchovú prevádzku.

Uvádza sa tu niekoľko rôznych techník znižovania difúzných emisií prachu, ktoré možno použiť jednotlivo alebo v kombinácii (pozri oddiel 1.3.4.1):

- uzavretie/zakapotovanie prašných operácií (napr. mletie, triedenie a miešanie),
- zakrytie dopravníkov a elevátorov, ktoré sú konštruované ako uzavreté systémy, ak je pravdepodobné, že z prašného materiálu sa môžu uvoľňovať difúzne emisie prachu,
- zníženie únikov vzduchu a miest úniku, dokončenie zariadenia,
- používanie automatických zariadení a riadiacich systémov,
- zabezpečenie bezproblémovej prevádzky,
- mobilné a stacionárne vysávanie pre správnu a kompletnú údržbu zariadenia:
 - počas údržby alebo pri dopravníkových systémoch môže dôjsť k vysypaniu materiálov. Na zabránenie tvorby rozptýleného prachu počas ich odstraňovania by sa mali využiť vysávacie systémy. Nové budovy možno bez ťažkostí vybaviť systémami na stacionárne vysávanie, kým staršie budovy je obvykle výhodnejšie vybaviť mobilnými systémami s flexibilnými prípojkami.
 - V špecifických prípadoch možno pri pneumatických dopravníkových systémoch uprednostniť proces cirkulácie,
- vetranie a zber v textilných filtroch:
 - manipulácia s materiálom by v najväčšej možnej miere mala prebiehať v uzavretých systémoch udržiavaných pod podtlakom. Vzduch, ktorý sa pritom odsáva, by sa mal pred vypustením do okolitého ovzdušia odprášiť prostredníctvom textilného filtra.
- Využitie uzavretých skladovacích priestorov s automatickým manipulačným systémom:
 - za najúčinnšie riešenie problému s rozptýleným prachom, ktorý vzniká pri skladovaní materiálu s veľkým objemom, sa považujú slinkové silá a uzavreté plne automatické skladovanie surovín. V týchto typoch uskladnenia sú nainštalované textilné filtre, úlohou ktorých je zabrániť tvorbe difúzných emisií prachu pri nakladaní a vykladaní.
 - Využitie skladovacích síl s primeranou kapacitou, hladinomerov s koncovými spínačmi a filtrami na čistenie zaprášeného vzduchu, ktorý sa uvoľní počas plnenia.
- Pri procesoch expedície a nakladania využitie flexibilných plniacich potrubí, ktoré smerujú k nakladacej ploche nákladných áut, pričom sú vybavené systémom na odsávanie prachu pri nakladaní cementu. Vybavené systémom na odsávanie prachu pri nakladaní cementu.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie difúzných emisií prachu.

Zníženie hluku je možné aj uzavretím strojov.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Zvýšenie spotreby energie v dôsledku používania vákuových systémov. Pri údržbe môže vzniknúť ďalší odpad.

Prevádzkové údaje

V závislosti od konkrétneho individuálneho prípadu súvisiaceho s meraním/technikou.

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sa v zásade môžu vykonávať v odvetví výroby cementu.

Hospodárske vplyvy

V závislosti od konkrétneho individuálneho prípadu súvisiaceho s meraním/technikou.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Zdravotné a bezpečnostné požiadavky na pracovisku.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[76, Nemecko 2006], [168, TWG CLM 2007].

1.4.4.2 Techniky pre priestory vyhradené na hromadné skladovanie a haldovanie**Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy**

S cieľom znížiť difúzne emisie prachu z miest uskladňovania prašných surovín alebo palív do voľného ovzdušia môžu byť takéto sklady alebo priestory vyhradené na hromadné skladovanie zakryté alebo ohradené tienením, múrmi alebo ohradou pozostávajúcou zo zvislej zelene (umelé alebo prirodzené veterné bariéry na ochranu pred vetrom na otvorených hromadách).

Niektoré techniky znižovania difúzných emisií prachu sú:

- Ochrana otvorených skladových zásob proti vetru:
 - prašné materiály by sa nemali skladovať vonku, ak sa však tomu nedá vyhnúť, rozptýleniu prachu možno zabrániť správnym rozmiestnením veterných bariér.
- Vodné rozprašovače a chemické prostriedky potláčajúce únik prachu:
 - ak je miesto zdroja rozptyľovania prachu dobre situované, možno nainštalovať systém vodných rozprašovačov. Zvlhčenie prachových častíc podporuje zhukovanie a napomáha tak pri usádzaní prachu. Na zlepšenie celkovej účinnosti vodných rozprašovačov je k dispozícii veľa rôznych chemických prípravkov.
- Dláždenie a zvlhčovanie ciest a udržiavanie poriadku:
 - priestory, ktoré využívajú nákladné autá, by mali byť dláždené a ich povrch by mal byť udržiavaný čo najčistejší. Zvlhčovanie ciest môže znížiť množstvo difúzných emisií prachu, a to najmä pri suchom počasí. Cesty možno čistiť aj zametacími vozidlami. Treba využívať osvedčené postupy na udržiavanie poriadku a udržiavať tak množstvo emisií rozptýleného prachu na čo najnižšej úrovni.
- Zvlhčovanie skladových zásob na haldách:
 - Množstvo difúzných emisií prachu zo skladových zásob možno znížiť dostatočným zvlhčením miest, násypných a výsypných miest ako aj pomocou dopravníkových pásov s nastaviteľnou výškou.

Ak sa nedá zabrániť difúznym emisiám prachu v násypných a výsypných miestach na skladovacích miestach, možno ich znížiť redukciou výšky vysýpania k meniacej sa výške haldy, ak je to možné automaticky, alebo redukciou rýchlosti vysýpania.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Spotreba vody sa zvyšuje pri udržiavaní mokrych miest.

Spotreba energie sa zvyšuje používaním vákuových systémov a systémov na rozprašovanie vody.

Pri údržbe môže vzniknúť ďalší odpad.

Prevádzkové údaje

V závislosti od konkrétneho individuálneho prípadu súvisiaceho s meraním/technikou.

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sa v zásade môžu vykonávať v odvetví výroby cementu.

Hospodárske vplyvy

V závislosti od konkrétneho individuálneho prípadu súvisiaceho s meraním/technikou.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Zdravotné a bezpečnostné požiadavky na pracovisku.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27, prevádzka Gador v Španielsku.

[9, CEMBUREAU 1997, november], [45, Schorcht 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.4.3 Zníženie emisií odvedeného prachu

Existujú rôzne hlavné bodové zdroje emisií prachu z cementární. Ide o systémy pecí, chladiče slinku a mlyny na suroviny, cement a uhlie, ako aj vedľajšie procesy. Podstatnú časť jemného prachu (PM_{10} , $PM_{2.5}$) možno znížiť redukciou celkovej prašnosti a použitím vysokoúčinných systémov odprášenia. V minulosti sa na tieto účely používali rôzne odprašovacie zariadenia, ale v roku 2007 sa na zníženie prachu používajú najmä suché filtračné systémy plynu, textilné filtre, elektrostatické odlučovače (ESP) alebo kombinácia oboch, tzv. hybridné filtre. V niektorých prípadoch sa uvádza použitie spekaných lamelových filtrov, nie však pre cementárenskú pec. Príklady druhov systémov ESP, textilných filtrov a množstva prachu z filtrov a odsávania prachu sú uvedené v tabuľke 1.24. Významné môžu byť aj difúzne emisie prachu z manipulácie a skladovania materiálov a z drvenia a mletia surovín a palív (pozri oddiely 1.4.4.1 a 1.4.4.2). V tabuľke 1.31 je uvedený súhrn prevádzkových údajov, ktoré sú k dispozícii v texte tohto oddielu. Táto tabuľka poskytuje prehľad a mala by sa čítať v spojení s príslušnými oddielmi a odsekmi nižšie.

ESP a textilné filtre majú svoje výhody aj nevýhody. Obe majú veľmi vysokú účinnosť odprášenia počas bežnej prevádzky. Počas špeciálnych podmienok, ako je vysoká koncentrácia CO, spustenie pece, odstavenie pece alebo prechod z kombinovanej prevádzky (zapnutý mlyn na suroviny) na priamu prevádzku (vypnutý mlyn na suroviny), sa môže účinnosť ESP výrazne znížiť, zatiaľ čo účinnosť textilných filtrov je ovplyvnená menej. Pri používaní ESP však možno účinky núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO minimalizovať podľa oddielu 6.2.6. ESP a textilné filtre majú vysokú celkovú účinnosť zadržiavania častíc vyššiu ako 99 % a obidva závisia od veľkosti častíc. Oba typy filtračných systémov sa musia riadne (pravidelne) udržiavať, aby sa zachovala ich primeraná účinnosť. V závislosti od teploty odpadového plynu sa musia použiť rôzne druhy filtračných médií. Nevýhodou textilných filtrov je, že použité filtračné vaky sú odpadom a musia sa likvidovať podľa vnútroštátnych predpisov [9, CEMBUREAU 1997, november], [103, CEMBUREAU 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

Tabuľka 1.31: Prehľad techník kontroly prachu v procese výroby cementu

Meranie/technika	Uplatniteľnosť	Údaje o emisiách ⁽¹⁾		Náklady ⁽²⁾	
		mg/Nm ³ (³)	kg/tona(⁴)	Investície	Prevádzka
				Milión EUR	EUR/t slinkok
Elektrostatické odlučovače	Všetky systémy pecí, chladiče slinku, mlyny na cement	<10 – <20 <10 – <20 <10	0,02 – 0,05 0,02 – 0,05 0,02	2,1 – 6,0 0,8 – 1,2 0,8 – 1,2	0,1 – 0,2 0,09 – 0,18 0,09 – 0,18
Textilné filtre	Všetky systémy pecí, chladiče slinku, mlyny (mlyny na suroviny, cementárenské pece, mlyny na uhlie)	<5 <5 <10	0,01 0,01 0,02	2.1 – 6.0(⁵) 1.0 – 1.4(⁵) 0.3 – 0.5(⁵)	0,15 – 0,35 0,1 – 0,15 0,03 – 0,04
Hybridné filtre	Všetky systémy pecí, chladiče slinku, cementárenské mlyny	<10 – 20	0,02 – 0,05		
Znižovanie difúzných emisií prachu	Všetky prevádzky	–	–	–	–

(1) Údaje o emisiách nájdete v príslušnom odseku tohto oddielu
 (2) Náklady na zníženie emisií na 10 – 30 mg/Nm³, zvyčajne sa vzťahujú na kapacitu pece 3 000 ton slinku denne a počiatočné emisie do 500 g prachu/Nm³
 (3) V prípade systémov pecí, ktoré sa zvyčajne odkazujú na denné priemery, sa používa suchý plyn, 273 K, 101,3 kPa a 10 % O₂
 (4) kg/t slinku: na základe 2 300 m³/t slinku
 (5) Závisí od použitého filtračného média, pozri tabuľku 1.32, s účinnosťou oddelenia vyššou ako 99,9 %.

Ďalšie príklady druhov systémov ESP a textilných filtrov spolu s množstvom prachu z filtra a odsávaním prachu sú uvedené v oddiele 1.3.4.1.1 a v tabuľke 1.24. Tieto hodnoty predstavujú typické rozsahy, ale prehľad umožňuje aj odhad prachu z filtrov a aplikovateľné odsávanie prachu [76, Nemecko 2006].

1.4.4.3.1 Elektrostatické odlučovače (ESP)

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Elektrostatické odlučovače (ESP) vytvárajú elektrostatické pole zasahujúce do dráhy pevných častíc v prúde vzduchu. Častice sa nabíjajú záporným nábojom a presunú sa smerom ku kladne nabitým zberným platňami. Zberné platne sa pravidelne oklepú alebo rozvibrujú a materiál tak spadne do zberného zásobníka, ktorý sa nachádza pod zbernými platňami. Veľmi dôležitá je optimalizácia cyklov oklepávania ESP, aby v čo najmenšej možnej miere dochádzalo k opätovnému včleňovaniu častíc do prúdiaceho vzduchu a aby sa tak minimalizoval potenciál ovplyvniť viditeľnosť mraku. Pre elektrostatické odlučovače je charakteristické, že dokážu pracovať aj pri vysokých teplotách (až 400 °C) a vysokej vlhkosti.

Výkonnosť ESP závisí od rôznych operačných parametrov, ako sú:

- obsah vlhkosti v plyne,
- chémia spalín,
- prietok spalín,
- rozdelenie veľkosti častíc a chemické zloženie,
- elektrický odpor častíc,
- miera zaťaženia časticami,
- teplota plynu
- spustenie a zastavenie prevádzky,
- intenzita elektrického poľa,
- plocha a tvar elektród,
- koncentrácia SO₂,
- obsah vlhkosti,
- prechodné fázy rôznych prevádzkových podmienok.

Výkonnosť môže byť zhoršená najmä nahromadením materiálu, ktorý tvorí izolačnú vrstvu na elektródach a znižuje tak elektrické pole. To sa môže stať, ak sa do pecného procesu dostáva veľké množstvo chlóru a síry, pričom vznikajú chloridy a sírany alkalických kovov. Chloridy alkalických kovov môžu tvoriť submikrónový prach ($0,1 - 1 \mu\text{m}$) a majú vysoký merný odpor prachu ($10^{12} - 10^{13} \text{ a/cm}$), ktorý vytvára izolačné vrstvy na elektródach, čo vedie k problémom pri odstraňovaní prachu.

Problémy s vysokým odporom prachu možno čiastočne vyriešiť vstrekaním vody do odparovacích chladičov. Ďalším spôsobom riešenia problému je použitie textilných filtrov.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Môžu sa tvoriť chloridy a sírany alkalických kovov so submikrónovým prachom. Riziko výbuchu vzniká pri vysokých koncentráciách CO (pozri oddiel 1.4.5.3).

Zvyšuje sa spotreba elektrickej energie so zvyšujúcou sa účinnosťou odstraňovania. Pri údržbe môže vzniknúť ďalší odpad.

Prach sa môže opätovne použiť.

Prevádzkové údaje

Dostatočne dimenzované ESP spolu s dobrou klimatizáciou a optimalizovaným režimom čistenia ESP môžu znížiť úrovně na $5 - 15 \text{ mg/Nm}^3$ mesačného priemeru (suchý plyn, 273 K , $10 \% \text{ O}_2$). Navrhnutá účinnosť zachytávania častíc je vyššia ako $99,99 \%$, a preto možno dosiahnuť emisie len niekoľko mg/Nm^3 . ESP sú veľmi účinné zariadenia na zachytávanie veľmi jemných častíc ($< 0,5 \text{ mm}$) za predpokladu, že častice majú schopnosť aglomerácie. ESP majú ťažkú konštrukciu, čo vedie k ich vysokej aplikovateľnosti a zároveň sú relatívne necitlivé na poruchy v procese. Existujúce zariadenia ESP možno často modernizovať bez potreby úplnej výmeny, čím sa obmedzia náklady. To sa môže dosiahnuť montážou modernejších elektród alebo inštaláciou automatickej regulácie napätia na starších zariadeniach. Okrem toho je možné zlepšiť priechod plynu cez ESP alebo pridať ďalšie fázy. V roku 2006 dosiahli mnohé dobre navrhnuté a udržiavané ESP úrovně emisií prachu $< 10 \text{ mg/Nm}^3$ (priemerná denná hodnota). ESP s emisiami nižšími ako 10 mg/Nm^3 možno vybudovať s použitím najmodernejšieho procesného riadenia, optimálneho vysokého napätia, správnej veľkosti a vhodného počtu elektrických polí.

Okrem prachu odstraňuje ESP aj látky, ktoré sa adsorbujú na prachové častice, napríklad dioxíny a kovy, ak sú prítomné.

Veľkosť a spotreba elektrickej energie ESP exponenciálne rastie so znižujúcim sa obsahom čistého prachu v plyne. Optimálna prevádzka ESP závisí od definovaných podmienok surového plynu, ako je teplota a vlhkosť. Životnosť ESP môže byť niekoľko desaťročí, ak sa riadne vykonáva všetka odporúčaná údržba. Niektoré diely, napríklad kladivá a ložiská, je potrebné po niekoľkých rokoch prevádzky pravidelne vymieňať v rámci bežnej údržby.

Uplatniteľnosť

Elektrostatické odlučovače sa vďaka svojej vysokej účinnosti, nízkym tlakovým stratám, vysokej dostupnosti a účinnosti energie úspešne zaviedli na zachytávanie prachu z odpadových plynov rotačných pecí a chladičov slinku. ESP sa môže použiť takmer v každej cementárenskej peci na zachytávanie prachu z výfukových plynov pece, prachu z obtokového plynu alebo výstupného vzduchu z roštových chladičov.

Z dostupnej literatúry vyplýva, že neexistujú žiadne obmedzenia týkajúce sa uplatniteľnosti ESP na rôzne typy procesov používaných v odvetví výroby cementu. ESP sa však často nevyberá na odprášenie cementárne kvôli nákladom a účinnosti (relatívne vysoké emisie) počas nábehov a odstávok.

Pre elektrostatické odlučovače je charakteristické, že dokážu pracovať aj pri vysokých teplotách (až $400 \text{ }^\circ\text{C}$) a vysokej vlhkosti. Hlavnou nevýhodou tohto merania/techniky je jeho znížená účinnosť pri izolačnej vrstve a nahromadení materiálu, ktorý môže vznikáť pri vysokom

prívode chlóru a síry. Pre celkovú výkonnosť ESP je dôležité zabrániť núdzovým vypnutiam z dôvodu zvýšeného množstva CO (pozri oddiely 1.2.5.6.1, 1.4.5.3 a 6.2.6).

V niektorých prípadoch bude potrebné ESP z bezpečnostných dôvodov odstaviť počas zvýšených úrovní CO v spalinách (núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO) (pozri aj oddiely 1.3.4.1.1, 1.4.3. 1, 1.4.5.3 a 6.2.6).

Hospodárske vplyvy

V roku 2000 boli náklady na nové ESP pre pec s kapacitou 3 000 ton slinku/deň, počiatocnými úrovňami emisií do 500 g/Nm³ a obsahom čistého prachového plynu 10 – 50 mg/Nm³ približne 1,5 – 3,8 milióna EUR a v prípade potreby môžu predstavovať ďalších 0,6 – 0,8 milióna EUR za chladiacu vežu a filtračný ventilátor. Náklady na prevádzku na tú istú pec ESP boli približne 0,1 EUR – 0,2 na tonu slinku. V prípade chladiča slinku s kapacitou pece 3 000 ton slinku denne, počiatocnými úrovňami emisií do 20 g/Nm³ a obsahom prachu v čistom plyne 10 – 50 mg/Nm³ a guľového mlyna na cement s kapacitou 160 ton cementu/hodinu, počiatocnými úrovňami emisií do 300 g/Nm³ a obsahom prachu v čistom plyne 10 – 50 mg/Nm³ boli náklady na ESP približne 0,8 – 1,2 milióna EUR a prevádzkové náklady 0,09 – 0,18 EUR na tonu slinku.

V roku 2006 sa uvádzali investičné náklady na odprášenie odpadového plynu z pece v rozmedzí od 4,5 do 6 miliónov EUR (pec: 3 000 t/d). Široký rozsah závisí od miestnych výrobných nákladov, nákladov na montáž (ktoré sa môžu výrazne líšiť) a veľkosti pece a ESP (ktoré sú funkciou účinnosti). Operačné náklady a náklady na údržbu sú zvyčajne nízke. Rozdiel do značnej miery závisí od miestneho hodnotenia spotreby energie a nákladoch na údržbu (pozri tiež oddiel 1.3.4.1.1, tabuľka 1.24) [76, Nemecko 2006].

Pozri aj oddiel 1.4.8.1 a tabuľku 1.39, kde sú uvedené príklady o nákladoch na techniky znižovania prachu.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Zdravotné a bezpečnostné požiadavky na pracovisku.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[3, Rakúsko 1997], [9, CEMBUREAU 1997, november], [10, Cementa AB/Hagström 1994], [12, Holandsko 1997], [27, Univerzita Karlsruhe 1996], [76, Nemecko 2006], [86, EURITS 2006], [103, CEMBUREAU 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.4.3.2 Textilné filtre

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Textilné filtre sú účinné odlučovače prachu. Základným princípom fungovania textilného filtrovania je použitie textilnej membrány, ktorá prepúšťa plyn, no zadržiava prach. Filtračné médium je v zásade usporiadané geometricky, rozlišujú sa však valcové filtračné vaky (zvislo zavesené), ako je znázornené na obrázku 1.60, a filtračné vaky, ktoré sa zvyčajne inštalujú horizontálne. Na začiatku sa prach usádza na povrchových vláknach a aj vo vnútri textílie, no s postupným zväčšovaním povrchovej vrstvy sa dominantným filtračným médiom stáva samotný prach. Výstupný plyn môže prúdiť buď zvnútra vaku smerom von, alebo opačným smerom. Postupne dochádza k zväčšovaniu hrúbky nánosu prachu, a tak sa zvyšuje aj odpor voči prúdeniu plynu. Je preto potrebné pravidelne čistiť filtračné médium a riadiť tak pokles tlaku plynu vo filtri. V závislosti od typu čistenia patria medzi najbežnejšie metódy čistenia pulzovanie stlačeného vzduchu (pulzné tryskové filtre), reverzné prúdenie vzduchu, mechanické vyklepávanie alebo pretrepávanie a vibrácie. Textilný filter by mal mať viacero priečinkov, ktoré sa dajú v prípade poruchy vaku samostatne oddeliť, a mal by ich byť dostatočný počet, aby sa zachoval primeraný výkon, ak sa niektorý priečinko odpojí.

Do každého oddielu by sa mal nainštalovať detektor pretrhnutia vaku, aby sa v prípade potreby zabezpečila potrebná údržba.

Filtračné vaky sa vyrábajú z rozličných tkaných aj netkaných textílií. Pri vysokoteplotných aplikáciách je výsledkom potreba použiť exotickéjšie typy tkanín, ako sa „bežne“ dodávajú. K dispozícii je však široká ponuka týchto produktov. Moderné syntetické tkaniny môžu operovať pri pomerne vysokých teplotách až do 280 °C. Kľúčové vlastnosti rôznych textilných filtrov spolu s rozpisom nákladov sú uvedené v tabuľke 1.32.



Obrázok 1.60: Príklad textilného filtra a filtračného materiálu používaného v cementárni v Spojenom kráľovstve

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Zvýšená spotreba energie so zvýšenou účinnosťou odstraňovania.

Zvýšené množstvo stlačeného vzduchu pre čistiaci cyklus.

Pri údržbe môže vzniknúť ďalší odpad. Pri použití filtrov zo spekaných lamiel môže dochádzať k emisiám hluku.

Prevádzkové údaje

Moderné syntetické tkaniny obsahujú materiály, ktoré môžu fungovať pri pomerne vysokých teplotách až do 280 °C. Typické hodnoty filtračnej miery sú od 0,5 do 2,0 m/min. Účinnosť odlučovania môže byť vyššia ako 99,9 %, a preto možno dosiahnuť emisie nižšie ako 5 mg/Nm³ pomocou dobre navrhnutých a dobre udržiavaných textilných filtrov (suchý plyn, 273 K, 10 % O₂). Okrem prachu textilný filter odstraňuje aj látky, ktoré sa adsorbujú na prachové častice, napríklad dioxíny a kovy, ak sú prítomné.

Kľúčové vlastnosti rôznych textilných filtrov spolu s rozpisom nákladov sú uvedené v tabuľke 1.32:

Tabuľka 1.32: Kľúčové vlastnosti rôznych filtračných médií a rozpisy nákladov

Technické využitie vlákien v procesoch výroby cementu a v cementárňach											
Druhy vlákien (bez nominácie značky)		Teplota (°C)		Odolnosť voči kyselinám	Odolnosť voči alkalickým látkam (väčšina)	Hydrolyza/horúca vlhkosť	Oxidácia/kyslík >13 %	Odolnosť proti opotrebovaniu na použitie v cementárni	Účinnosť filtrácie <u>bez</u> úpravy povrchu	Chemická alebo mechanická úprava povrchu na zlepšenie filtrácie a Hospodárske vplyvy	Relatívne náklady na zariadenú jednotku plochy
		Nominálna	Vrchol	Odolnosť sa môže meniť v závislosti od teploty a kombinácie zložiek							
Bavlna		80	80	Nedostatočná	Dobrá			Dobrá	Veľmi dobrá		Nízka
Polypropylén	PP	90	100	Vynikajúca	Vynikajúca	Vynikajúca	Vynikajúca	Vynikajúca	Dobrá	Nie je potrebné pre aplikácie	Nízka
Vlna				Dostačujúca	Nedostatočná				Veľmi dobrá		Nízka
Polyester	PES	150	160	Nízka	Dostačujúca	Nedostatočná	Vynikajúca	Vynikajúca	Dobrá	Áno pre proces, nie pre silá difúzných odlučovačov prachu	Nízka
Polyakrylonitril kopolymér	PAN	110	120	Dobrá	Dostačujúca	Vynikajúca	Vynikajúca	Dobrá	Dobrá		Nízka
Polyakrylonitril hymopolymér >95 %		125	135						Dobrá		Nízka
Nylon			205	Nedostatočná až dostačujúca	Vynikajúca			Vynikajúca	Vynikajúca		
Aramid (meta)/aromatický polyamid	AR/PA	180	200	Dostačujúca	Dobrá	Dostačujúca	Vynikajúca	Dobrá	Dobrá	Áno pre aplikácie na úpravu procesných plynov	Stredná
Polyvetylénsulfid	PPS	180	200	Vynikajúca	Vynikajúca	Dobrá	Nedostatočná	Dobrá	Dobrá		Stredná
Polyimid	PI	180	240	Dostačujúca	Dostačujúca	Dostačujúca	Dobrá	Dobrá	Vynikajúca	Nie je potrebné z dôvodu štruktúry vlákien	Vysoká
Tkané sklenené vlákno	GF	280	280	Dobrá, okrem HF	Vynikajúca	Vynikajúca	Vynikajúca	Nedostatočná	Dostačujúca	Odporúčaná nízka rýchlosť filtrácie	Stredná
Sklenené vlákno s ePTFE membránou (rozšírená)	GF + Mem.	260	280					Dostačujúca	Mimoriadna	Zahnuté z dôvodu membrány	Vysoká
Polytetrafluóretylén	PTFE	250	260	Mimoriadna	Mimoriadna	Mimoriadna	Mimoriadna	Dostačujúca	Nedostatočná	Vysoko odporúčané	Veľmi vysoká
V tabuľke sú uvedené priemerné náklady na nákupy stredného až veľkého rozsahu, typické pre cementáreň. Náklady sa líšia v závislosti od energie a filtračného média.											
Plán nákladov	Nízka	do 10 EUR za m² filtračnej tkaniny, zo závodu, zabalená, nenainštalovaná									
	Stredná	od 10 do 20 EUR za m² filtračnej tkaniny, zo závodu, zabalená, nenainštalovaná									
	Vysoká	od 20 do 40 EUR za m² filtračnej tkaniny, zo závodu, balená, neinštalovaná									
	Veľmi vysoká	nad 40 EUR za m² filtračnej tkaniny, zo závodu, balená, neinštalovaná									
Zdroj: [86, EURITS 2006], [81, Castle Cement UK 2006] [134, CEMBUREAU/Federhen 2007]											

Uplatniteľnosť

Toto meranie/technika sa v zásade môže vykonávať v odvetví výroby cementu a môže sa použiť takmer v každej cementárenskej peci na zber prachu z odpadových plynov z pece, prachu z obtokového plynu alebo odpadového vzduchu z roštových chladičov. Z dostupnej literatúry vyplýva, že neexistujú žiadne obmedzenia týkajúce sa uplatniteľnosti textilných filtrov pre rôzne druhy procesov používaných v odvetví výroby cementu. Je však potrebné zohľadniť vlhkosť a teplotu.

Na účinnosť textilných filtrov má vplyv viacero faktorov, napr. zlučiteľnosť filtračného média s vlastnosťami odpadového plynu a prachu, primerané vlastnosti z hľadiska tepelného, fyzikálneho a chemického odporu, napr. hydrolyza, kyseliny, alkalické kovy, oxidácia a procesná teplota. Dôležitými vlastnosťami filtra sú veľkosť filtračnej plochy, účinnosť odlučovania a odpor pri filtrácii, tzv. filtračný diferenčný tlak. Táto hodnota závisí od vlastností filtračného média a prachu. Základným parametrom pri návrhu filtra je objemový prietok. Preto je potrebné určiť mieru filtra, ktorá závisí od druhu, množstva a vlastností prachu a plynu.

Životnosť, spotreba energie a požiadavky na údržbu textilných filtrov sú ovplyvnené tepelným a mechanickým namáhaním. Účinnosť odstraňovania môže ovplyvniť prietok plynu, hrúbka prachového koláča, pórovitosť a cyklus čistenia. Zlepšenia, ako napríklad znížený pokles tlaku v médiu, rýchle odhalenie potenciálnych únikov pomocou nepretržitého monitorovania a detektorov, a čistiacich systémov, majú za výsledok dlhšiu životnosť filtra a nižšie náklady. Okrem toho môžu účinnosť čistiaceho systému ovplyvniť aj čistiace cykly a metódy čistenia filtračného materiálu. Testy ukázali, že, napr. použitím nízkotlakového pulzného čistiaceho systému možno zvýšiť účinnosť a zároveň minimalizovať spotrebu energie, čo má veľké výhody z hľadiska emisií hluku. Tento systém možno použiť na odprášenie odpadových plynov z rotačných pecí, ale aj na odprášenie obtokových alkalických látok, chladiča slinku, mlynov a triedičov.

V kombinácii s textilnými filtrami sú cyklóny uplatniteľné v systémoch chladenia slinku. Pri odstredivých odlučovačoch, resp. cyklónoch, sa častice prachu, ktoré sa majú odstrániť z prúdu výstupného plynu, odstredivým pohybom natlačia na vonkajšiu stenu daného zariadenia, a potom sa odstránia otvorom na spodnej časti zariadenia. Odstredivé sily možno vyvolať tak, že sa tok plynu nasmeruje špirálovitým pohybom smerom nadol cez valcovitú nádobu (cyklónové odlučovače), alebo prostredníctvom otáčavých rotorov zabudovaných do danej jednotky (mechanické odstredivé odlučovače). V odvetví výroby cementu sa cyklóny kombinujú so vzduchovým výmenníkom tepla na redukciu teploty a textilným filtrom (vakovým filtrom) na odstraňovanie prachu napr. z chladiacich odpadových plynov. Cyklón môže znížiť koncentráciu prachu o 70 %. V kombinácii so vzduchovým výmenníkom tepla a vakovým filtrom je možné dosiahnuť vysokú účinnosť čistenia až 99,99 % a nízke hodnoty emisií 5 – 7 mg/Nm³. Je však potrebný dostatočný priestor na výstavbu kvôli veľkým rozmerom cyklónu (napr. 25 m dĺžka, 6,4 m výška, 6,4 m priemer) a kombinovaného výmenníka tepla. Okrem toho sa využíva dodatočná elektrická energia, zatiaľ čo zber a zhodnocovanie separovaného prachu môže viesť k zníženiu spotreby surovín [148, Reitemeier 2005].

Ako filtračné médium sa niekedy používajú spekané lamelové filtre, nie však pre cementárenskú pec. Praktické skúsenosti ukázali, že spekané lamely sú vďaka svojej úplne spekanej a kompaktnej forme a špeciálnemu PTFE povlaku veľmi robustné a nevyžadujú náročnú údržbu. Hlavnými výhodami tohto moderného filtračného média sú veľmi vysoká účinnosť čistenia prachu z odpadových plynov v kombinácii s nízkymi tlakmi, ako aj vysoká odolnosť voči abrazívnemu opotrebovaniu. Geometria filtra zabezpečuje veľmi kompaktnú konštrukciu a filter sa môže zariadiť vo veľmi stiesnených podmienkach. Emisie hluku možno minimalizovať použitím kompaktného protihlukového krytu [144, Adlhoeh 1996].

Hospodárske vplyvy

Investícia potrebná na inštaláciu nového textilného filtra do pece s kapacitou 3 000 ton slinku denne, s počiatočnou úrovňou emisií do 500 g/Nm³ a obsahom prachu v čistom plyne 10 – 50 mg/Nm³ je približne 1,5 – 6 miliónov EUR a ďalších 0,6 – 0,8 miliónov EUR je potrebných na chladiacu vežu a filtračný ventilátor, ak je to potrebné. Pri účinnosti odlučovania vyššej ako 99,9 % pri odprášení plynu z pece sú investičné náklady na textilný filter

(vakové filtre) od 4 miliónov do 8 miliónov EUR v závislosti od druhu a počtu použitých filtračných vakov. Údržba sa môže zdať nízka pri nákladoch do 10 EUR na Nm^2 na filtračný vak, ako je uvedené v tabuľke 1.32. Odsávacie filtre pecí však môžu obsahovať mnoho tisíc vakov, a tak veľmi veľká plocha filtračného plátna zodpovedá mnohým tisícom Nm^2 . Prevádzkové náklady a náklady na údržbu závisia do veľkej miery od miestneho hodnotenia spotreby energie a nákladov na údržbu (pozri aj oddiel 1.3.4.1.1 a tabuľku 1.24).

Chladiace veže sa vo všeobecnosti používajú na dosiahnutie teplôt vhodných na prevádzku textilného filtra. Náklady na prevádzku na ten istý textilný filter v peci sú približne 0,10 – 0,35 EUR na tonu slinku. Tkaninový filter s pulzným preplachom s výmenníkom tepla vzduch-vzduch a filtračným ventilátorom pre roštový chladič slinku s kapacitou pece 3 000 ton slinku denne, s počiatočnou úrovňou emisií do 20 g/Nm^3 a obsahom prachu v čistom plyne 10 – 50 mg/Nm^3 , má náklady približne 1,0 mil. –

1,4 milióna EUR a prevádzkové náklady sú približne 0,10 – 0,15 EUR na tonu slinku. V prípade guľového mlyna na cement s kapacitou 160 ton cementu za hodinu a počiatočnou úrovňou emisií do 300 g/Nm^3 a obsahom prachu v čistom plyne 10 – 50 mg/Nm^3 sú náklady na tkaninový filter s pulzným preplachom približne 0,3 – 0,5 milióna EUR vrátane filtračného ventilátora a prevádzkové náklady 0,03 –

0,04 EUR na tonu slinku [9, CEMBUREAU 1997, november].

Na optimalizáciu prevádzkových nákladov sa v rôznych cementárňach zariadenia optimalizované tlakové pulzné čistiace systémy. Zaťaženie filtračnej plochy, diferenčný tlak vo filtri a čistiaci systém sú tri hlavné dôležité faktory, ktoré ovplyvňujú zníženie nákladov na textilné filtre. Vzhľadom na vzájomnú interakciu týchto parametrov je cieľom dosiahnuť čo najvyšší pomer vzduchu k tkanine, čo najnižší diferenčný tlak a čo najnižší čistiaci tlak. Celkové zníženie nákladov (investičných a operácií) sa pohybuje od 12 do 25 %.

Pozri aj tabuľku 1.32, kde sú uvedené kľúčové vlastnosti rôznych textilných filtrov spolu s rozpisom nákladov. Okrem toho pozri aj oddiel 1.4.8.1 a tabuľku 1.39, kde sú uvedené príklady údajov o nákladoch na techniky znižovania prachu.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Zdravotné a bezpečnostné požiadavky na pracovisku.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

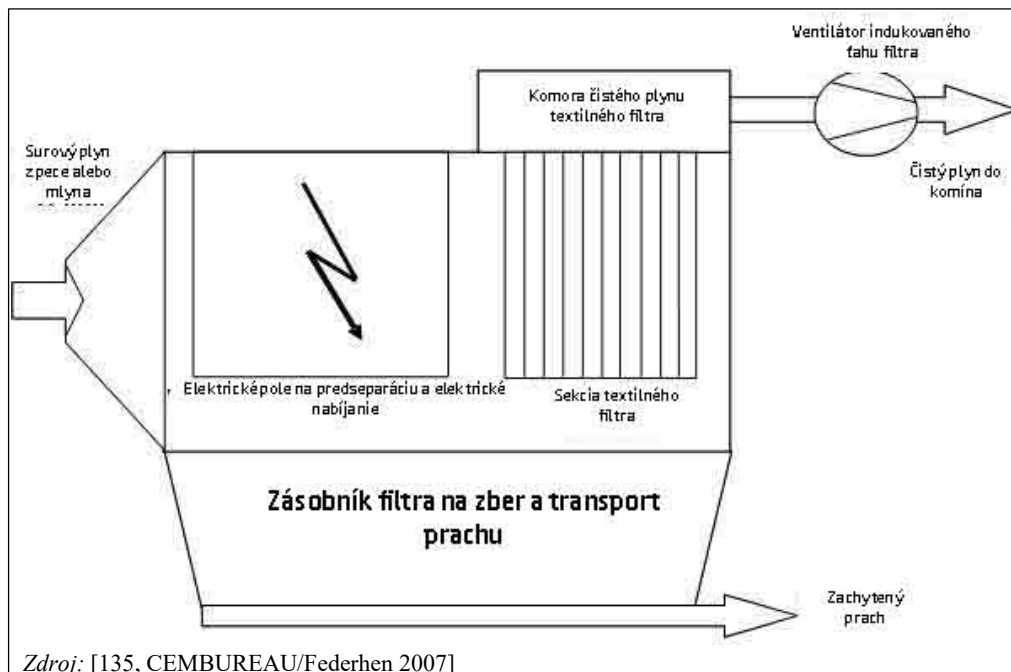
Cementárne v EÚ 27; cementáreň Dudfield v Južnej Afrike (použitie cyklónu v kombinácii s výmenníkom tepla vzduch-vzduch a textilnými filtrami (vakový filter), cementáreň v Nemecku (použitie spekaných lamelových filtrov).

[3, Rakúsko 1997], [9, CEMBUREAU 1997, november], [12, Holandsko 1997], [76, Nemecko 2006], [81, Castle Cement UK 2006], [86, EURITS 2006], [103, CEMBUREAU 2006], [134, CEMBUREAU/Federhen 2007], [144, Adlhoch 1996], [145, Leibinger/Köberl 2001], [146, Leibinger/Neumann 2003], [147, Marmor/Petzold 2006], [148, Reitemeier 2005], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.4.3.3 Hybridné filtre

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Hybridné filtre predstavujú kombináciu elektrostatických odlučovačov a textilných filtrov v jednom zariadení. Vo všeobecnosti je výsledkom konverzie existujúcich ESP. Umožňujú čiastočné opätovné použitie starého zariadenia. Princíp hybridného filtra je znázornený na obrázku 1.61.



Obrázok 1.61: Hybridný filter na zber prachu

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Riziko výbuchu vzniká v prípade vysokej koncentrácie CO (núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO). Pri údržbe môže vzniknúť ďalší odpad.

Znížená spotreba vody v porovnaní s ESP.

Znížené množstvo procesných strát, resp. odpadu v priebehu procesu v porovnaní s textilnými filtermi.

Prevádzkové údaje

Údaje o emisii prachových častíc z hybridných filtrov inštalovaných na peciach sa uvádzajú v rozmedzí od <10 až 20 mg/Nm³ ako priemerná denná hodnota (pozri oddiel 1.3.4.1.1). Emisie prachu nižšie ako 10 mg/Nm³ sa však dosahujú dobre udržiavanými textilnými filtermi (pozri oddiel 1.4.4.3.2).

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sú v zásade uplatniteľné v odvetví výroby cementu.

Hospodárske vplyvy

Pozri aj oddiel 1.4.8.1 a tabuľku 1.39, kde sú uvedené príklady o nákladoch na techniky znižovania prachu.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Prevádzka Sagunto a prevádzka Gador v Španielsku, Cementárne v EÚ 27.

[86, EURITS 2006], [103, CEMBUREAU 2006], [135, CEMBUREAU/Federhen 2007], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.5 Plynné zlučneniny

1.4.5.1 Zníženie emisií NO_x

Na zníženie alebo reguláciu emisií NO_x sa považuje za vhodnú jedna alebo kombinácia primárnych a/alebo procesne integrovaných a sekundárnych techník. Primárne techniky sú:

- chladenie plameňa, napr. vysoký obsah vody, kvapalné/tuhé odpady,
- nízkoemisné horáky NO_x,
- spaľovanie v strede pece,
- pridanie mineralizátorov na zlepšenie páliteľnosti surovín (mineralizovaný slinok),
- viacstupňové spaľovanie (konvenčných alebo odpadových palív) aj v kombinácii s predkalcinátorom a používaním optimalizovanej palivovej zmesi,
- optimalizácia procesu.

Okrem toho sa na znižovanie emisií NO_x môžu použiť sekundárne techniky, ako napr.:

- technika SNCR a technika SNCR s vysokou účinnosťou,
- technika SCR.

Z environmentálnych/bezpečnostných a ekonomických dôvodov by sa mal proces znižovania emisií NO_x prednostne začať implementáciou všeobecných primárnych techník, ako sú techniky integrácie a kontroly procesu, fáza spaľovania a chladenie plameňa, zlepšená technika spaľovania, optimalizované chladiace spojenia a výber paliva, ktoré tiež znižujú emisie NO_x (napr. používanie vybratého odpadu). Niektoré dobre optimalizované systémy pecí s predohrievačom a systémy pecí s predohrievačom/predkalcinátorom dosahujú menej ako 500 mg NO_x/Nm³ buď len primárnymi technikami, alebo v kombinácii s postupným spaľovaním, ako aj kombináciou použitia palivovej zmesi a techník integrovaných do procesu. Kvalita surovín, napr. páliteľnosť surovinových zmesí, ako aj palivové zmesi a konštrukcia systémov pecí, patria medzi dôvody, prečo nie je možné dosiahnuť túto úroveň. V mnohých cementárňach v EÚ 27 (42 % v roku 2008) sa však technika SNCR používa v kombinácii s primárnymi technikami na zníženie NO_x, ako je uvedené v tabuľke 1.33 [76, Nemecko 2006], [85, CEMBUREAU 2006]. Okrem toho dve cementárne používajú techniku SCR (vysoký prach).

V tabuľke 1.33 je uvedený počet známych zariadení v plnom rozsahu v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+ (pozri slovník), ktoré používajú techniky znižovania emisií NO_x.

Tabuľka 1.33: Techniky znižovania emisií NO_x používané v odvetví výroby cementu v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+

Techniky na zníženie/kontrolu emisiíNO _x						
Krajina		Chladienie plameňa	Mineralizovaný slinok	Viacstupňové spaľovanie	SNCR	SCR
Belgicko	BE	2			2	
Bulharsko	BG					
Česká republika	CZ				2 ⁽¹⁾	
Dánsko	DK		2		1	
Nemecko	DE			7	33	1 ⁽²⁾
Estónsko	EE					
Grécko	EL			1		
Španielsko	ES		4	2	3 + 5 (pilotná fáza)	
Francúzsko	FR	2		7	14 + 4 ⁽³⁾	
Írsko	IE			1	2 ⁽⁴⁾	
Taliansko	IT	2		7	16 ⁽²⁾	1 ⁽⁵⁾
Cyprus	CY					
Lotyšsko	LV					
Litva	LT					
Luxembursko ⁽¹⁾	LU					
Maďarsko	HU				3	
Malta	MT					
Holandsko	NL				1	
Rakúsko	AT	3		2	8 ⁽¹⁾	
Poľsko	PL			9		
Portugalsko	PT	6			4	
Rumunsko	RO					
Slovinsko	SI					
Slovensko	SK					
Fínsko	FI				2	
Švédsko	SE				3	
Spojené kráľovstvo	UK			1	9 ⁽⁶⁾	
Švajčiarsko	CH	2	1	1	4	
Nórsko	NO					
Turecko	TR	1	1	2		

(1) Naplánované na rok 2008

(2) Údaje je v prevádzke, ale stále chýba vykazovanie

(3) Naplánované na rok 2008

(4) Uvedenie do prevádzky je naplánované na rok 2007

(5) Jeden závod je v prevádzke od polovice roku 2006, druhý závod od roku 2007

(6) Uvedenie do prevádzky v roku 2007

Zdroj: [85, CEMBUREAU 2006]

V tabuľke 1.34 je uvedený prehľad techník, ktoré majú pozitívny účinok (ale nie nevyhnutne kumulatívny), t. j. na zníženie emisií NO_x vznikajúcich pri výrobe cementu. Táto tabuľka je súhrnom prevádzkových údajov, ktoré sú k dispozícii v texte tohto oddielu, a mala by sa čítať v spojení s príslušnými odsekmi v nasledujúcich oddieloch.

Tabuľka 1.34: Techniky na zníženie emisií NO_x vznikajúcich v procesoch výroby cementu

Meranie/technika	Uplatniteľnosť systémov pecí	Účinnosť zníženia (%)	Údaje o emisiách ⁽¹⁵⁾		Údaje o nákladoch ⁽³⁾	
			mg/Nm ³ ⁽¹⁾	kg/t ⁽²⁾	Investície (v mil. EUR)	Prevádzkové náklady v EUR/t slinku
Chladenie plameňa ⁽⁵⁾	Všetky	0 – 35	Primárne znížená na <500 – 1 000 ⁽⁹⁾	1,15 – 2,3	Do 0,2	Do 0,5
Nízkoemisné horáky NO _x	Všetky	0 – 35	500 – 1 000	1,15 – 2,3	Do 0,45	0,07
Primárne techniky EGTEI 2003 ⁽⁴⁾	Všetky	25	1 400 znížený na 1 050	2,4	0,25	0,056
Pálenie v strede pece	Dlhé	20 – 40	Nie Informácie	–	0,8 – 1,7	Žiadne informácie
Mineralizovaný slinok	Všetky	10 – 15	Žiadne informácie	–	Žiadne informácie	Žiadne informácie
Viacstupňové spaľovanie	Predkalcinátor	10 – 50	<450 – 1 000 ⁽⁹⁾	1,04 – 2,3	0,1 – 2	Žiadne informácie
	Predohrievač				1 – 4	
SNCR ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾ ⁽¹²⁾	Predohrievač a predkalcinátor	30 až 90 ⁽¹⁰⁾	<200 ^(10, 11) –500 ⁽¹⁴⁾	0,4 – 1,15	0,5 – 1,2	0,1 – 1,7
	Roštový predohrievač	35	<500 ⁽¹⁶⁾ –800 ^(5, 6)	1,15 – 1,84	0,5	0,84
SCR ⁽⁷⁾	Prípadne všetky, predohrievač a predkalcinátor	43 ⁽¹³⁾ – 95	<200 ⁽⁸⁾ –500	0,23 – 1,15	2,2 – 4,5	0,33 – 3,0

(1) Zvyčajne odkazuje na denné priemery, suchý plyn, 273 K, 101,3 kPa a 10 % O₂

(2) kg/t slinku: na základe 2 300 m³/t slinku

(3) Zvyčajne odkazuje na kapacitu pece 3 000 ton slinku denne a počiatočné emisie do 2 000 mg NO_x/Nm³

(4) Odhad nákladov EGTEI pre kapacitu pece 1 100 t/d v roku 2000

(5) Experiment vo Francúzsku v spolupráci s ministerstvom životného prostredia, ADEME a ATILH v roku 2000 (vydanie 2003)

(6) Príspevok CEMBUREAU na zníženie emisií NO_x 2006, ročné priemerné hodnoty, pozri oddiel 1.3.4.2 a obrázok 1.29

(7) Nemecko a Taliansko, pozri aj tabuľku 1.35 a tabuľku 6.26, údaje o nákladoch založené na kapacite pece 1 500 m³/t slinku

(8) Výsledky pilotných testov z Nemecka, Talianska a Švédska a výsledky testov z roku 2007 (200 mg/Nm³) z talianskej cementárne využívajúcej SCR; v roku 1997 dvaja dodávatelia v Európe ponúkli odvetviu výroby cementu SCR v plnom rozsahu so zaručenou úrovňou výkonu 100 – 200 mg/Nm³

(9) Výsledky testov z francúzskej cementárne (projekt 10), pec s predkalcinátorom, počiatočná úroveň NO_x 1 000 mg/Nm³; dosiahnutá úroveň NO_x 800 mg/Nm³

(10) Švédske cementárne, ročná priemerná hodnota, počiatočná úroveň NO_x 800 – 1 000 mg/Nm³, únik amoniaku 5 – 20 mg/Nm³ (pozri oddiel 6.2.4.1), vysoká účinnosť SNCR, únik amoniaku sa musí zohľadniť

(11) Nemecko: 200 – 350 mg/Nm³ ako priemerná denná hodnota, je potrebné zvážiť únik amoniaku

(12) Nižší rozsah emisií NO_x môže mať za výsledok vyššie emisie NH₃ (únik amoniaku) v závislosti od úrovne NO_x v toku surového plynu

(13) Výsledky pilotného testu a dlhodobej prevádzky demonštračného zariadenia, pozri tabuľku 1.35

(14) V kombinácii s integrovanými technikami procesu; počiatočná úroveň NO_x 1 200 mg/Nm³; francúzska príručka pre odvetvie výroby cementu o technikách znižovania emisií NO_x, Francúzsko/ADEME/MEDD

(15) Údaje o emisiách nájdete v príslušnom odseku tohto oddielu

(16) [92, Rakúsko 2006], [185, Hackl und Mauschitz 2003], pozri aj BAT 19

Zdroj: [12, Holandsko 1997], [76, Nemecko 2006], [85, CEMBUREAU 2006], [92, Rakúsko 2006], [101,

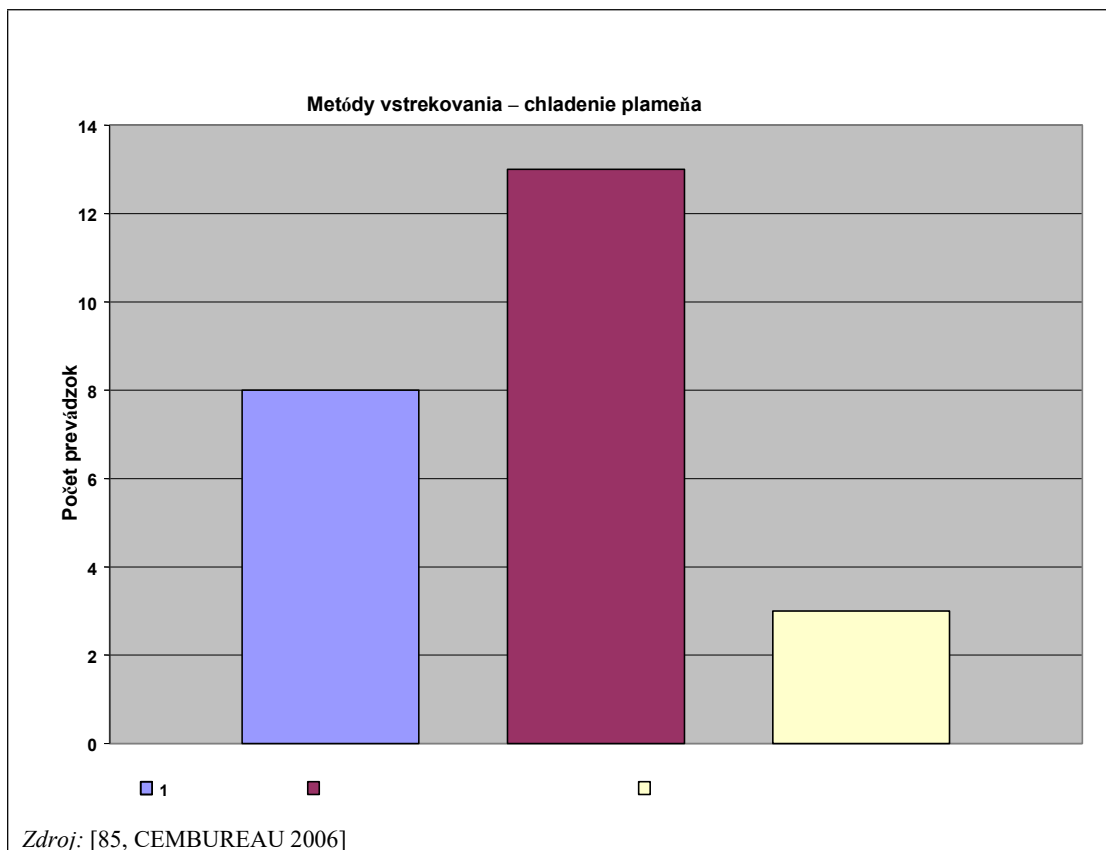
Francúzsko/ADEME/MEDD 2002], [114 Švédsko, 2006], [140, Taliansko 2007], [141, Leibacher/Bellin/Linero 2007],

[173, Nemecko 2007], [182, TWG CLM 2008], [185, Hackl und Mauschitz 2003]

1.4.5.1.1 Chladienie plameňa

Opis

Pridávanie vody do paliva alebo priamo do plameňa pomocou rôznych metód vstrekovania, ako je znázornené na obrázku 1.62, napríklad vstrekovanie jednej kvapaliny alebo dvoch kvapalín (kvapaliny a stlačeného vzduchu alebo tuhých látok) alebo použitie kvapalných/tuhých odpadov s vysokým obsahom vody znižuje teplotu a zvyšuje koncentráciu hydroxylových radikálov. Môže to mať priaznivý vplyv na zníženie emisií NO_x v zóne spaľovania.



Obrázok 1.62: Metódy vstrekovania používané na chladienie plameňa pri výrobe cementu v krajinách EÚ 23+

Dosiahnuté environmentálne prínosy

Zníženie NO_x v zóne spaľovania.

Zníženie emisií NO_x .

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Na odparovanie vody môže byť potrebné dodatočné teplo, ktoré spôsobuje o niečo vyššie emisie CO_2 (približne 0,1 – 1,5 %) v porovnaní s celkovými emisiami CO_2 z pece.

Účinnosť procesu vypaľovania v peci sa znižuje.

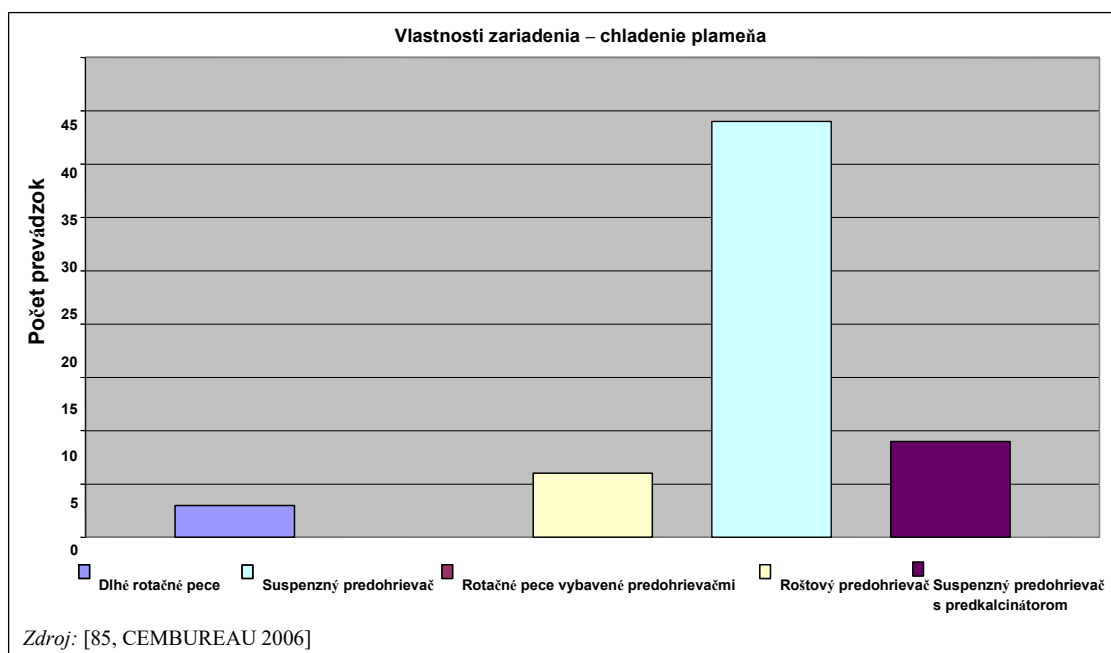
Vstrekovanie vody môže spôsobiť problémy pri prevádzke pece, ako je napríklad znížená produkcia slinky, a môže ovplyvniť kvalitu slinky.

Prevádzkové údaje

Boli zaznamenané miery zníženia/účinnosti od 10 do 35 %. Zaznamenali sa emisie v rozmedzí $<500 - 1\,000 \text{ mg/Nm}^3$ (ročné priemerné hodnoty) (pozri oddiel 1.3.4.2., obrázok 1.27 a obrázok 1.28).

Uplatniteľnosť

Chladienie plameňa možno použiť pre všetky druhy pecí používaných na výrobu cementu. Ako je znázornené na obrázku 1.63, takmer 40 pecí so suspenzným predohrievačom je vybavených chladiením plameňa.



Obrázok 1.63: Vlastnosti zariadenia na chladienie plameňa v krajinách EÚ-23+

Hospodárske vplyvy

Pri kapacite pece 3 000 t/d sa investičné náklady odhadujú na 0,2 milióna EUR a prevádzkové náklady na 0,25 EUR na tonu slinku. Okrem toho, ako je uvedené v tabuľke 1.34, pri účinnosti zníženia emisií NO_x do 35 % boli vykázané náklady do 0,2 milióna EUR na investície a náklady do 0,5 EUR/t slinku na operáciu.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27

[8, CEMBUREAU 2001], [9, CEMBUREAU 1997, november], [76, Nemecko 2006], [85, CEMBUREAU 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.5.1.2 Nízkoemisné horáky NO_x

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Konstruktívne riešenia nízkoemisných horákov NO_x (nepriame spaľovanie) sú veľmi rozdielne, no v zásade ide o plnenie paliva a vzduchu do pece pomocou sústredných rúr. Pomer primárneho vzduchu sa zníži na úroveň 6 až 10 % úrovne potrebnej na stechiometrické spaľovanie (pri bežných horákoch je to obvykle 10 až 15 %). Vo vonkajšom kanáli sa vstrekuje axiálny vzduch s veľkou hybnosťou. Uhlie možno vhaňovať centrálnym potrubím alebo prostredným kanálom. Tretí kanál sa používa na vírivý vzduch, pričom vírenie spôsobujú lopatky pri vývode spaľovacej rúry, prípadne za touto rúrou.

Takto skonštruovaný horák v konečnom dôsledku spôsobí veľmi rýchle vzplanutie predovšetkým prchavých látok v palive v atmosfére s nedostatkom kyslíka, čím sa zníži tvorba NO_x .

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadne problémy.

Prevádzkové údaje

V úspešných zariadeniach je možné dosiahnuť zníženie emisií NO_x až o 35 % a boli zaznamenané úrovne emisií približne 500 – 1 000 mg/Nm³ (priemerná denná hodnota).

Uplatniteľnosť

Nízkoemisné horáky NO_x možno použiť vo všetkých rotačných peciach, v hlavnej peci aj v predkalcinátore. Použitie nízkoemisných horákov NO_x však nie je vždy sprevádzané znížením emisií NO_x .

Je potrebné optimalizovať nastavenie horáka. Ak pôvodný horák pracuje s nízkym podielom primárneho vzduchu, nízkoemisný horák NO_x bude mať okrajové účinky.

Hospodárske vplyvy

Investičné náklady na nový nízkoemisný horák NO_x sú približne 150 000 až 450 000 EUR pri kapacite pece 3 000 ton slinku denne. Výmenou horáka za nízkoemisný horák NO_x sa však investičné náklady môžu zvýšiť až na 600 000 EUR a ďalšie práce sú potrebné na úpravu skladovania a dávkovania jemného uhlia. Ak existujúci systém spaľovania využíva priame spaľovanie, mal by sa zmeniť na systém nepriameho spaľovania, aby sa umožnilo spaľovanie pri nízkom prietoku primárneho vzduchu; to bude znamenať dodatočné náklady na investície vo výške približne 600 000 až 800 000 EUR pri kapacite pece 3 000 ton slinku denne.

Pozri aj tabuľku 1.34 a tabuľku 1.40 (oddiel 1.4.8.2), kde sú uvedené príklady nákladov.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[9, CEMBUREAU 1997, november], [12, Holandsko 1997], [20, Rother 1996 január,] [76, Nemecko 2006], [85, CEMBUREAU 2006], [101, Francúzsko/ADEME/MEDD 2002], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.5.1.3 Viacstupňové spaľovanie

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Stupne spaľovania sa uplatňujú v peciach na cement so špeciálne navrhnutým predkalcinátorom. Prvý stupeň spaľovania prebieha v rotačnej peci pri optimálnych podmienkach na proces výpalu slinku. Druhý stupeň spaľovania predstavuje horák pri vstupe do pece.. Jeho úlohou je vytvoriť redukčnú atmosféru, ktorá rozloží časť oxidov dusíka vytvorených v zóne slinovania. Vysoká teplota v tejto zóne je veľmi priaznivá pre reakciu, ktorá opätovne premení NO_x na základný dusík. V treťom stupni spaľovania sa kalcinačné palivo privádza do kalcinátora s určitým množstvom terciárneho vzduchu, čím sa tam tiež vytvára redukčná atmosféra. Predmetný systém znižuje tvorbu NO_x z paliva a zároveň znižuje množstvo emisií NO_x vychádzajúcich z pece. Vo štvrtom a poslednom stupni spaľovania sa zvyšný terciárny vzduch privádza do systému ako „vrchný vzduch“ na zvyškové spaľovanie.

Kalcinátory sa od seba líšia najmä umiestnením vstupu paliva, spôsobom rozmiestnenia paliva, vsádzky pece a terciárneho vzduchu a geometrickým usporiadaním.

Techniku fázy vypaľovania možno vo všeobecnosti použiť len v peciach vybavených predkalcinátorom. V systémoch s cyklónovým predohrievačom, ktoré nie sú vybavené predkalcinátorom, sú potrebné podstatné úpravy príslušného zariadenia. Ak sa to nedá spojiť so zvýšením kapacity, výrobcovia ponúkajú riešenie s takzvaným „malým“

potrubím terciárneho vzduchu a kalcinátorom. V tomto prípade prechádza kalcinátorom len malá časť, približne 10 – 25 % celkového tepla potrebného z pece, čo však stačí na vytvorenie redukčnej zóny na rozklad oxidov dusíka. Na druhej strane skúsenosti z pece s 10 % výpalom na vstupe do pece ukazujú, že to nie vždy stačí na vytvorenie dostatočnej redukčnej zóny.

Spaľovanie kusového odpadového paliva (napríklad pneumatík) je možným variantom techniky stupňa spaľovania, pretože pri spaľovaní kusového paliva sa vytvára redukčná zóna. V peciach s predohrievačom/predkalcinátorom sa kusové palivo môže zavádzať na vstupe do pece alebo v predkalcinátore. Uvádza sa, že spaľovanie kusového paliva má pozitívny účinok na redukciu NO_x (až o 20 – 30 %) [76, Nemecko 2006]. Je však veľmi ťažké vytvoriť riadenú atmosféru redukcie pri spaľovaní kusového paliva [9, CEMBUREAU 1997, november].

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Emisie CO a SO_2 sa môže zvýšiť, ak sa spaľovací proces v predkalcinátore nedokončí, a pri pokusoch o dosiahnutie vysokej účinnosti boli zaznamenané problémy s CO a upchávaním.

Prevádzkové údaje

Niektoré moderné dobre optimalizované prevádzky dosahujú úroveň emisií pod 450 mg NO_x/Nm^3 (priemerná denná hodnota) pri viacstupňovom spaľovaní a pri použití vhodnej palivovej zmesi, napríklad vysokoreaktívnych palív, zatiaľ čo pri použití nízko reaktívnych palív možno dosiahnuť 800 – 1 000 mg/ Nm^3 (priemerná denná hodnota), ako ukazujú aj skúsenosti zo Španielska. Podobné zníženie NO_x bolo zaznamenané aj pri použití sekundárnych palív.

Počas testov vo Francúzsku v roku 2002 (napr. predkalcinátor fungujúci na viacstupňovom spaľovaní s použitím 100 % vysokosírneho petrolkoku ako paliva) sa dosiahlo zníženie NO_x približne o 200 mg/ Nm^3 pri počiatkových úrovniach NO_x 1 000 mg/ Nm^3 . To sa však dosiahlo len počas krátkych období testov a použitím optimálnej surovínovej múčky z hľadiska páliteľnosti. Extrémnejšie prevádzkové podmienky môžu umožniť dosiahnutie nižších úrovní emisií NO_x . Tieto prevádzkové podmienky však často vedú k prevádzkovým problémom, ako je napríklad zvyšovanie nánosov v peciach a kalcinátoroch. Zvýšenie emisií CO sa pozoruje len vo veľmi malom počte prevádzok navrhnutých s relatívne krátkymi časmi zdržania alebo v prevádzkach, v ktorých spaľovanie nie je správne optimalizované.

V niektorých prípadoch dodávatelia rôznych systémov fázy spaľovania uviedli možné zníženia NO_x až o 50 %. Je však ťažké udržať garantované hodnoty pre túto úroveň zníženia emisií NO_x a zároveň obmedziť emisie CO.

Uplatniteľnosť

Techniku Viacstupňového spaľovania možno vo všeobecnosti použiť len v peciach vybavených predkalcinátorom. V systémoch s cyklónovým predohrievačom, ktoré nie sú vybavené predkalcinátorom, sú potrebné podstatné úpravy príslušného zariadenia.

Pece s predkalcinátorom umožňujú nezávislé nastavenie oxidačných/redukčných úrovní v cementárenskej peci a v peci s predkalcinátorom. Vstrekovanie častí paliva môže viesť k zníženiu emisií NO_x .

Pridanie paliva do roštu *pece Lepol* môže viesť k výraznému zníženiu emisií NO_x , ale môže spôsobiť vznik/zvýšenie iných emisií.

Pece s cyklónovým predkalcinátorom umožňujú znížiť emisie NO_x , avšak emisie SO_2 a VOC sa môžu zvýšiť kvôli miestnej redukčnej zóne. Tieto emisie by sa mali priebežne monitorovať.

V Spojenom kráľovstve je už niekoľko rokov v prevádzke *dlhá pec s viacstupňovým spaľovaním v strede pece*.

Hospodárske vplyvy

Náklady na zariadenie viacfázového spaľovania v peci s predkalcinátorom sú 0,1 až 2,0 milióna EUR v závislosti od konštrukcie existujúcej kalcinácie. Náklady na predkalcinátor a terciárnym potrubím pre pec s predohrievačom s kapacitou 3 000 ton denne s roštovým chladičom do pece s predkalcinátorom predstavujú približne 1 až 4 milióny EUR. Náklady na transformáciu pece s predohrievačom s kapacitou 3 000 ton denne so satelitným chladičom na pec s predkalcinátorom s roštovým chladičom predstavujú približne 15 až 20 miliónov EUR.

Pozri aj tabuľku 1.34 a tabuľku 1.40 (oddiel 1.4.8.2), kde sú uvedené príklady nákladov.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[9, CEMBUROU 1997, november], [12, Holandsko 1997], [42, Billhardt/Kuhlmann/Ruhland/Schneider/Xeller 1996, október], [76, Nemecko 2006], [85, CEMBUROU 2006], [92, Rakúsko 2006], [101, Francúzsko/ADEME/MEDD 2002], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008], [185, Hackl und Mauschitz 2003].

1.4.5.1.4 Pálenie v strede pece

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

V dlhých mokrých a dlhých suchých peciach môže vytvorenie redukčnej zóny pri spaľovaní kusového paliva znížiť emisie NO_x. Keďže dlhé pece zvyčajne nemajú prístup k teplotnej zóne približne 900 – 1 000 °C, v niektorých prevádzkach boli nainštalované systémy na spaľovanie v strednej peci, aby bolo možné používať odpadové palivá, ktoré nemôžu prejsť hlavným horákom (napr. pneumatiky) [9, CEMBUROU 1997, november].

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Miera spaľovania odpadových palív môže mať za výsledok vyhorenie reťazcov alebo môže mať účinok na kvalitu výrobku.

Prevádzkové údaje

Existuje niekoľko takýchto zariadení a v niektorých prípadoch bolo zaznamenané redukcia emisií NO_x o 20 – 40 %.

Uplatniteľnosť

Spaľovanie v strednej peci možno v zásade použiť aj na rotačné pece.

Kľúčovým faktorom v tomto procese je rýchlosť spaľovania palív. Ak sa palivá spaľujú príliš pomaly, v zóne spaľovania môžu nastať redukčné podmienky so závažným dosahom na kvalitu výrobkov. Ak sa palivá spaľujú príliš rýchlo, môže dôjsť k prehriatiu reťazového oddielu pece, a tým k vyhoreniu reťazí.

Mechanická konštrukcia znamená, že palivo sa môže vstrekovat' len prerušovane, raz za otáčku pece. Na zachovanie kontinuity vstupu tepla sa môžu používať tuhé, pomaly horiace palivá, ako sú pneumatiky alebo iné odpadové palivá v nádobách.

Teplotný rozsah nižší ako 1 100 °C vylučuje použitie nebezpečného odpadu s obsahom chlóru vyšším ako 1 %.

Hospodárske vplyvy

Náklady na prestavbu pece a zariadenia na manipuláciu s palivom sa môžu pohybovať v rozmedzí 0,8 – 1,7 milióna EUR a ročné náklady na prácu a údržbu môžu byť podobné.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[9, CEMBUREAU 1997, november], [21, BCA 1997, október], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.5.1.5 Mineralizovaný slinok**Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy**

Prídanie mineralizátorov (napr. fluór) k surovinám predstavuje techniku na úpravu kvality slinku a na zníženie teploty v zóne slinovania. Znížením teploty horenia sa zároveň zníži tvorba emisií NO_x .

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Nadmerné pridávanie fluoridu vápenatého by mohlo viesť k zvýšeniu emisií HF.

Zníženie dopytu po energii.

Prídavné látky by mohli ovplyvniť kvalitu konečného výrobku.

Prevádzkové údaje

Zníženie NO_x môže byť 10 až 15 %, ale bolo zaznamenané zníženie až o 50 %.

Uplatniteľnosť

Toto meranie/techniku možno v zásade uplatniť aj na rotačné pece.

Hospodárske vplyvy

Závisí od ceny mineralizátorov.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne

podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[10, Cementa AB/Hagström 1994], [103, CEMBUREAU 2006], [168, TWG CLM 2007].

1.4.5.1.6 Optimalizácia procesu (NO_x)**Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy**

Emisie NO_x možno znížiť aj optimalizáciou procesov, napr. zabezpečením plynulej a optimálnej prevádzky pece a optimálnych podmienok spaľovania, optimalizáciou kontroly prevádzky pece a/ alebo homogenizáciou dávkovaných palív. Použili sa všeobecné techniky primárnej optimalizácie, ako sú techniky riadenia procesu, zdokonalená technika nepriameho spaľovania, optimalizované zapojenie chladičov a výber paliva a optimalizované úrovne kyslíka. Do roku 2007 bolo zaznamenané zníženie NO_x pomocou techník integrovaných do procesov.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Zníženie dopytu po energii.

Prevádzkové údaje

Emisie NO_x sa pri použití techník optimalizácie riadenia procesu pohybujú v rozmedzí 500 až 1 000 mg/Nm³. Niektoré moderné, dobre optimalizované systémy pecí a systémy pecí s predohrievačom a predkalcinátorom môžu dosiahnuť úrovne emisií NO_x nižšie

ako 500 mg/Nm³ použitím všetkých techník integrovaných do procesu.

Uplatniteľnosť

Kvalita surovín (vlastnosti spaľovania surovinovej zmesi), dostupnosť vysokoprchavých palív a konštrukcia systému pece patria medzi dôvody, prečo nie je možné dosiahnuť vyššie uvedenú úroveň.

Hospodárske vplyvy

Cieľom optimalizácie procesov je znížiť náklady.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

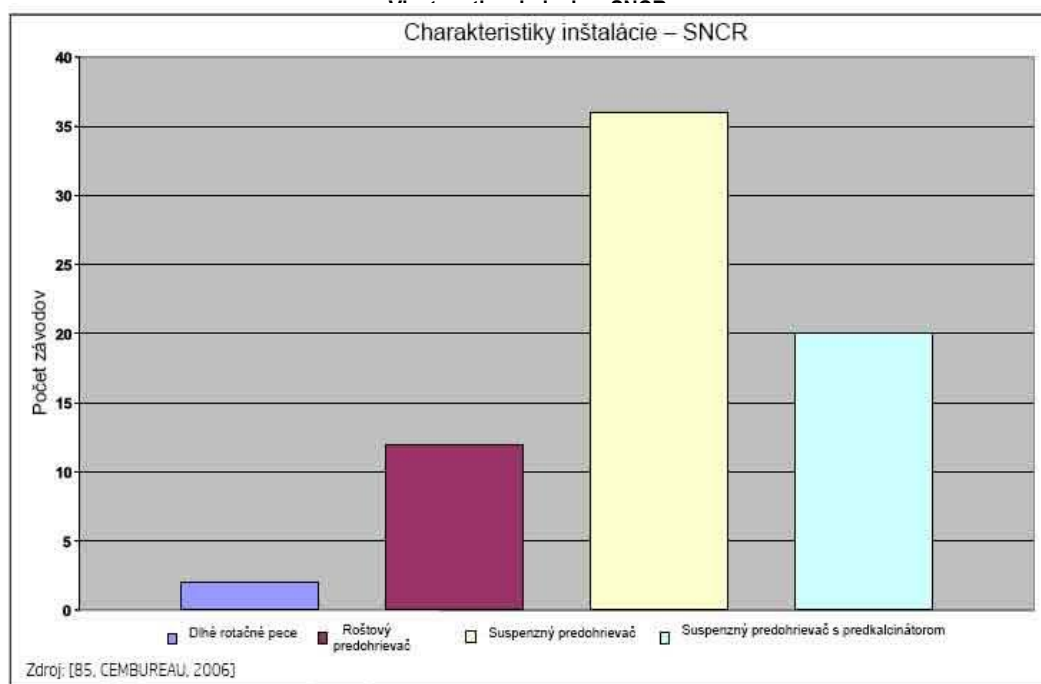
[76, Nemecko 2006], [101, Francúzsko/ADEME/MEDD 2002], [103, CEMBUREAU 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.5.1.7 Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

V roku 2008 bolo v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+ v prevádzke približne 100 plnohodnotných zariadení SNCR. Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR) spočíva vo vstreknutí amoniakovej vody (s maximálnou koncentráciou 25 % NH₃), amoniakových prekurzorových zlúčenín alebo roztoku močoviny do spalín s cieľom redukovať NO na N₂. Reakcia má optimálny účinok v teplotnom rozpätí približne 830 až 1 050 °C a pre vstrekané činidlá musí byť zabezpečený dostatočný reakčný čas na ich reakciu s NO.

Na určenie optimálneho teplotného rozpätia pre močovinu alebo amoniakovú vodu je potrebné vykonať laboratorné experimenty, ako aj skúšky v plnom rozsahu. Správne teplotné rozpätie možno zvyčajne dosiahnuť v peciach so suspenzným predohrievačom, peciach s predkalcinátorom a v peciach Lepol. Avšak aj prevádzky využívajúce dlhé rotačné pece boli vybavené SNCR s cieľom znížiť emisie NO_x. Na obrázku 1.64 je uvedený prehľad vlastností cementární, v ktorých sa použila SNCR.



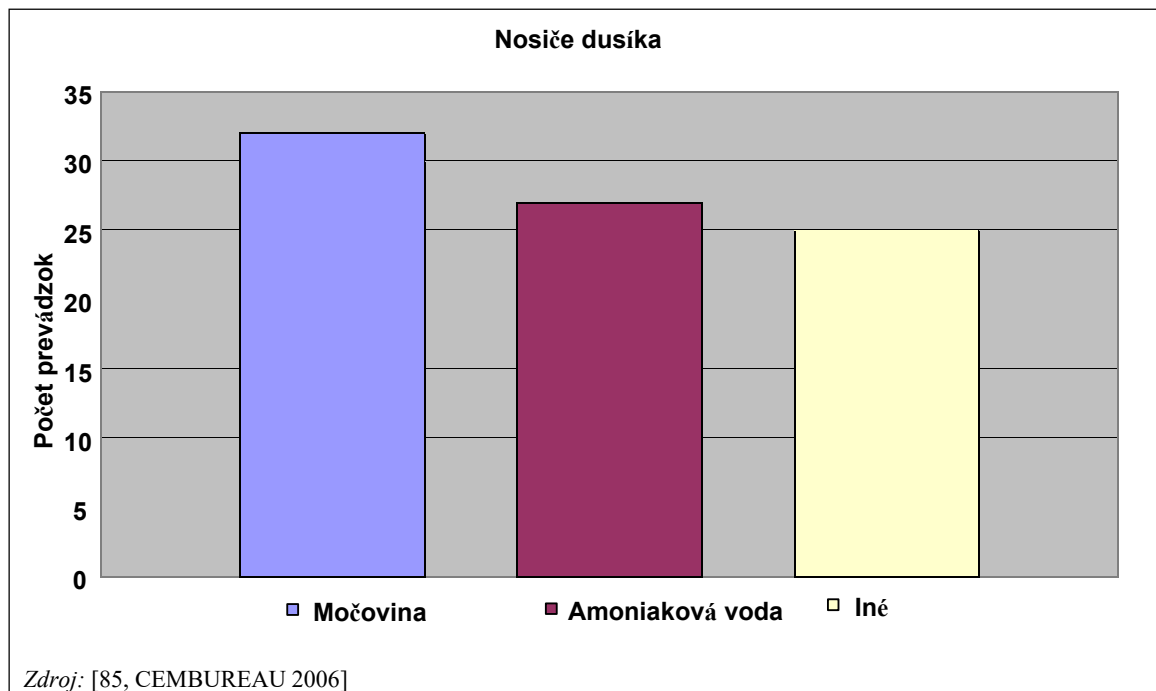
Obrázok 1.64: Vlastnosti cementárne používajúcej SNCR v krajinách EÚ 23+

Najbežnejším činidlom $\text{NH}_2\text{-X}$ je močovina až do 32 %, po ktorej nasleduje amoniaková voda až do 27 %, ako je znázornené na obrázku 1.65 [85, CEMBUREAU 2006]. Ako nosiče amoniaku možno využiť aj odpadové roztoky z iných výrobných procesov [76, Nemecko 2006]. Ďalšími možnými redukčnými činidlami, ktoré možno použiť v priemyselnom meradle, sú plynný amoniak, roztoky amónnych solí, sušená močovina (pelety močoviny), roztoky močoviny, dusikaté vápno alebo kyánamid a iné podobné látky [20, Rother 1996, január]. Skladovacie a prepravné zariadenia musia byť navrhnuté v súlade s fyzikálno-chemickými vlastnosťami príslušnej látky a môžu si vyžadovať dodatočné bezpečnostné techniky. Skúsenosti ukazujú, že pre väčšinu aplikácií je amoniaková voda najlepším prostriedkom na SNCR v systémoch pecí s predohrievačom a predkalcinátorom [9, CEMBUREAU 1997, november]. Priaznivé stechiometrické rozloženie amoniaku je dôležité na dosiahnutie najvyššej účinnosti redukcie NO_x a na zníženie úniku amoniaku. Aby sa dosiahlo optimálne využitie vstrekovanej redukčnej látky – amoniakovej vody alebo roztoku močoviny – a aby sa zabezpečila vysoká účinnosť redukcie NO_x , je potrebné pri návrhu a prevádzke SNCR zohľadniť tieto body. Tieto úvahy umožnia optimálnu technickú a ekonomickú prevádzku systému SNCR:

- vykonávajú vstrekovanie činidla v príslušnom teplotnom rozpätí 830 až 1 050 °C; snažte sa zabrániť úniku amoniaku alebo jeho spaľovaniu – to druhé je potenciálnym zdrojom sekundárnych NO_x ,
- ak sa zmení teplotné rozpätie – upraviť umiestnenie vstrekovacích dýz; pravdepodobne je vhodné použiť viacero vrstiev dýz, aby sa tento problém pokryl; prípadne vyrobiť teplotný profil vstrekovania a priebežne ho monitorovať, aby sa vyhovelo takejto požiadavke,
- nastaviť uhol rozstreku a hĺbku prieniku vstrekovanej vodnej roztoku:
 - obsah vody v roztoku,
 - úroveň tlaku rozprašovaného vzduchu.
 - umiestnenie dýzy a
 - smer vstrekovanej amoniaku,
- dýzy na úrovniach, ktoré sa dočasne nepoužívajú – ochladzujte ideálne vzduchom, aby ste zabránili opotrebovaniu spôsobenému teplom; dýzy, ktoré sa používajú len príležitostne, odsávajte, aby ste zabránili nadmernej spotrebe vzduchu,
- uistite sa, že oblasť vstrekovania je riadne pokrytá správnym množstvom roztoku amoniaku, aby sa zabránilo nadmernému alebo nedostatočnému stechiometrickému vstrekovaniu. Týmto spôsobom sa dá zabrániť neprimeranému úniku amoniaku alebo obchádzaniu neupraveného NO cez SNCR,
- v prípade potreby vykonať meranie úrovne NO_x v každom cyklónovom reťazci, kde je to aplikovateľné (napr. dvojité stúpacie potrubie) a primerane upraviť vstrekovanie,

- skontrolovať stechiometriu prostredníctvom hmotnostnej bilancie redukovaných NO_x k vstrekanému amoniaku, aby sa nevstrekoval prebytočný amoniak. Týmto spôsobom možno minimalizovať únik amoniaku. Okrem toho, čím viac sa stechiometria blíži k jednotke, tým lepšie sú ekonomické výsledky.

Na obrázku 1.65 sú znázornené rôzne nosiče dusíka/ NH_2 -X činidlá používané na zníženie NO_x pomocou SNCR v niekoľkých cementárňach v krajinách EÚ 23+.



Obrázok 1.65: Nosiče dusíka/ NH_2 -X činidlá používané v rámci SNCR v krajinách EÚ

Ak je už prevádzka vybavená systémom viacstupňového spaľovania, je potrebný ďalší vývoj v oblasti používania techniky SNCR. Súčasné používanie týchto techník si vyžaduje vzájomné prispôbenie teplôt, času zadržania a atmosféry plynu v reakčnej sekcii. S cieľom získať skúsenosti so súčasným uplatňovaním týchto dvoch techník znižovania emisií sa vykonali prevádzkové skúšky v niekoľkých peciach vybavených predkalcinátormi. Skúšky ukázali, že zo zásady je možné tieto dve techniky kombinovať. Zníženie emisií NO_x možno dosiahnuť vstrekaním redukčného činidla do oxidačnej zóny, ako aj do redukčnej zóny viacstupňového kalcinátora. Vstrekovanie do oxidačnej zóny je výhodné, pretože pravdepodobnosť zvýšených emisií CO je nižšia, ako keby sa vstrekovalo do redukčnej zóny. Vzhľadom na rôzne techniky kalcinácie sa musí konštrukcia a riadenie zariadenia SNCR prispôbiť a optimalizovať pre príslušnú techniku. Ak sa redukčné činidlo pridá tesne pred spodným cyklónovým stupňom, zdržný čas reagujúcich činidiel v správnom teplotnom rozpätí už nie je dostatočný na dosiahnutie významného zníženia emisií NO_x . V dôsledku toho je pravdepodobný zvýšený únik amoniaku. Na druhej strane sa pri niekoľkých pokusoch ukázalo, že pri vstrekaní redukčného činidla pred zmiešavaciu komoru kalcinátora v oblasti, kde ešte prebieha spaľovanie kalcinovaného paliva, môže dôjsť k zvýšeniu emisií CO.

Vysoká účinnosť SNCR

Vysoká účinnosť techniky SNCR je ďalším vývojom techniky SNCR, ktorá sa používa v cementárňach. Za kontrolovaných podmienok sa cez vrstvy dýz (tyčí) do predohrievača vykonáva vstrekovanie amoniakovej vody (25 % roztok amoniaku). Usporiadanie tyčí sa určuje podľa teplotného profilu v stúpacom potrubí. Vstrekovanie amoniakovej vody sa riadi procesom podľa nameraného teplotného profilu v predohrievači v blízkosti tyčí. Vzhľadom na priaznivú distribúciu amoniaku sa únik NH_3 a spotreba amoniakovej vody môže znížiť. Táto technika

SNCR bola nainštalovaná v rokoch 1996/97 v dvoch švédskych prevádzkach a najmenej v jednej nemeckej prevádzke.

Únik amoniaku

Je dôležité, aby sa amoniak vstrekoval do systému pece, kde je teplotný rozsah 830 – 1 050 °C. Ak teplota klesne pod túto úroveň, dochádza k emisii nekonvertovaného amoniaku (tzv. únik NH_3) a pri výrazne vyšších teplotách sa amoniak oxiduje na NO_x . Únik NH_3 sa môže vyskytnúť aj pri vyšších molárnych pomeroch NH_3 : NO_2 , t. j. od molárneho pomeru približne 1,0 – 1,2. V iných priemyselných odvetviach má únik NH_3 niekedy za následok vznik aerosólov solí amoniaku, ktoré prešli cez filter a sú viditeľné ako biely dym nad komínom odpadového plynu. Výskumy ukázali, že cementárne produkujú podstatne nižšie úrovne aerosólov. Nespotrebovaný amoniak sa môže v atmosfére oxidovať a premieňať na NO_x a vodu a zároveň únik NH_3 môže mať za následok aj prach obohatený amoniakom, ktorý sa nemusí recyklovať do cementu. Možný únik NH_3 by sa mal zohľadniť pri návrhu zariadení SNCR. Mieru zníženia NO_x nemožno jednoducho ľubovoľne zvyšovať, pretože vyššia dávka by mohla spôsobiť únik NH_3 (pozri aj obrázok 2.50 v kapitole o vápne). Správna prevádzka (vhodný riadiaci systém, optimalizované vstrekovanie vody NH_3) systému SNCR neznamena vyššiu emisiu amoniaku, ako je bežné.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Pri použití roztoku amoniakovej vody ako redukčného činidla môže dôjsť k vyššie opísanému úniku amoniaku a k uvoľneniu nekonvertovaného amoniaku. Môžu sa vyskytovať aj emisie oxidu dusného (N_2O), ktoré však zohrávajú len malú úlohu, keďže pri jednotlivých testoch sa zistili koncentrácie od 1 do 5 mg/Nm^3 , čo sa približne rovná detekčnému limitu. Okrem toho môže dôjsť k zvýšeniu emisií oxidu uhoľnatého (CO) pri vstrekaní redukčného činidla pred zmiešavaciu komoru kalcinátora v oblasti, kde ešte prebieha spaľovanie kalcinovaného paliva.

Dodatočné teplo potrebné na odparovanie vody je vyvážené teplom uvoľneným pri exotermickej reakcii DeNO_x , ktorá spôsobuje malé zvýšenie emisií CO_2 . Preprava a skladovanie vodného amoniaku predstavuje potenciálne nebezpečenstvo pre životné prostredie a vyžaduje si niektoré dodatočné bezpečnostné techniky. Je potrebné zvážiť aj vplyvy spojené s výrobou amoniaku a prepravou vody na riedenie roztoku.

Pri použití močoviny ako redukčného činidla sú hlavnými konečnými produktmi amoniak a oxid uhličitý. Z rozkladu močoviny sa uvádzajú emisie oxidu dusného (N_2O) a rôznych koncentrácií kyseliny izokyanovej (HNCO) a oxidu dusnatého (NO). Úroveň N_2 z močoviny je vždy výrazne vyššia ako z vodného amoniaku. Tvorba oxidu dusnatého z močoviny sa mení v závislosti od teploty. Štúdie ukazujú, že vysoké zníženie NO_x a maximálna tvorba N_2O majú rovnaké teplotné rozpätí. Väčšina kyseliny izokyanovej sa hydrolyzuje na amoniak a oxid uhličitý, avšak zo zariadení SNCR sa zaznamenáva únik kyseliny izokyanovej. Okrem toho jedna štúdia ukazuje, že okrem oxidu dusného (N_2O) a kyseliny izokyanovej (HNCO) sa pri vstrekaní močoviny vytvárajú aj kyaničitie ióny (NCO). Tento produkt sa netvorí pri použití amoniaku v podmienkach SNCR. Treba tiež poznamenať, že pri používaní močoviny vznikajú vyššie emisie oxidu uhoľnatého (CO) ako pri používaní amoniaku.

Prevádzkové údaje

Väčšina zariadení SNCR prevádzkovaných v roku 2006 bola navrhnutá a/alebo prevádzkovaná na mieru zníženia NO_x 30 – >50 % (s molárnym pomerom NH_3 : NO_2 0,5 – 0,9) a úroveň emisií NO_x v rozmedzí < 350 – 800 mg/Nm^3 (denné priemerné hodnoty) v závislosti od počiatočnej úrovne NO_x .

Zariadenia navrhnuté a/alebo prevádzkované na vyššie miery zníženia budú fungovať lepšie, ako je opísané nižšie (vysoká účinnosť SNCR). Dve prevádzky so zariadeniami SNCR dodanými dvoma rôznymi dodávateľmi, ktorí obaja zaručili 80 % redukciu, dosahujú mieru redukcie 80 – 90 % (pri počiatočnej úrovni NO_x medzi 800 – 1 100 mg/Nm^3), čo zodpovedá emisiám Nox_x nižším ako 200 mg/Nm^3 , meraným ako ročná priemerná hodnota (pozri oddiel 6.2.4).

Okrem toho boli v roku 2006 zo švédskej prevádzky hlásené emisie NO_x na úrovni 190 mg/Nm^3 (ročný priemer).

V kombinácii s technikami integrovanými do procesu a s vysokoúčinnými zariadeniami SNCR, ktoré pracujú s redukciami v miere 80 – 90 %, je možné dosiahnuť priemerné denné koncentrácie nižšie ako 500 mg/Nm^3 , aj keď počiatočné úrovne presahujú $2\,000 \text{ mg/Nm}^3$ [43, Wulf-Schnabel/Lohse 1998].

Vysoká účinnosť SNCR a únik amoniaku

Vysoká účinnosť SNCR bola nainštalovaná v rokoch 1996/97 v dvoch švédskych prevádzkach a najmenej v jednej nemeckej prevádzkach. Tieto švédske prevádzky (spolu s tromi pecami) používajú pece so suchým spôsobom s cyklónovým predohrievačom/predkalcinátom. Pri použití molárneho pomeru NH_3 : NO 1,0 – 1,2 sa dosiahla redukcia o >80 % a doteraz bolo merané zvýšenie denného priemeru NH_3 až o 20 mg/Nm^3 . Nebol nameraný žiadny významný nárast emisií N_2O a CO a v cemente neboli zistené žiadne stopy NH_3 . V roku 2001 sa v jednej prevádzke zistil počiatočný molárny pomer 1,0 – 1,2 (mol NH_3 k prítomnému mol NO_x), ktorý sa prepočítal na 1,2 – 1,4 pre odstránený NO_x s priemernou účinnosťou odstránenia 80 %, zatiaľ čo v druhej prevádzke bol pomer amoniaku v rozsahu 1,2 – 1,4 mol/mol (prítomný NO_x k vstrekovaniu NH_3) alebo 1,5 – 1,8 (redukovaný NO_x k vstrekovaniu NH_3). Bola zaznamenaná úroveň emisií NO_x 200 mg/Nm^3 (ročný priemer). Je potrebné poznamenať, že táto úroveň emisií NO_x 200 mg/Nm^3 sa dosahuje od roku 1998 v oboch švédskych prevádzkach s počiatočnou úrovňou NO_x $800 - 1\,000 \text{ mg/Nm}^3$, mierou redukcie 80 % a stabilným procesom.

V Nemecku bola SNCR (s použitím 25 % amoniakovej vody ako redukčného činidla) zariadená v štvorfázovej cyklónovej peci s výrobnou kapacitou približne $3\,000 \text{ t}$ slinku denne. Počiatočné úrovne NO_x sa pohybovali v rozmedzí $500 - 1\,200 \text{ mg/Nm}^3$ (na dennej báze). Dlhodobé skúsenosti v priebehu niekoľkých rokov ukázali, že úroveň emisií $500 \text{ mg NO}_2/\text{Nm}^3$ a menej (priemerná denná hodnota) sa dajú neustále dosahovať bez výrazného úniku amoniaku.

V roku 2007 výsledky dlhodobej skúšky (šesťmesačná skúška výkonnosti) ukázali, že hodnoty emisií NO_x 350 mg/Nm^3 a 200 mg/Nm^3 (priemerné denné hodnoty) sa dosiahli použitím zodpovedajúcich molárnych pomerov NH_3 : NO 0,7 – 0,8 a 1,4 – 1,5. Počas týchto výkonnostných testov sa emisie NH_3 merali kontinuálne. Výsledkom merania NH_3 však bol výrazný únik amoniaku pri udržaní $200 \text{ mg/Nm}^3 \text{ NO}_x$ najmä počas prevádzky mlyna (max. $50 - 200 \text{ mg/Nm}^3$). Celkovo bol únik amoniaku dvakrát vyšší, aby sa dosiahla úroveň emisií 200 mg/Nm^3 (NH_3 : trojmesačná priemerná hodnota 11 mg/Nm^3) v porovnaní s úrovňou 350 mg/Nm^3 (NH_3 : trojmesačná priemerná hodnota 21 mg/Nm^3). Pomer prevádzky bez mlyna bol v tomto prípade približne 10 – 20 %. Počas skúšky výkonnosti nebolo možné pozorovať relevantné obohatenie amoniaku v surovinovej múčke a v prachu ESP. Testy ukázali, že emisie amoniaku by sa mali dôkladne zvážiť (pozri aj oddiel 6.2.4.2). Únik amoniaku, ku ktorému dochádza v dôsledku vyššie uvedeného procesu, stanovuje limity pre nadmerne stechiometrické pridávanie redukčných činidiel [160, Nemecko 2007], [173, Nemecko 2007].

V roku 2004 sa v Írsku v rámci krátkodobých skúšok SNCR zistili nízke koncentrácie NH_3 od 4 do 26 mg/Nm^3 (10 % O_2) v surovom plyne po predohrievači pece. Bolo to výsledkom optimalizovanej konfigurácie vstrekovania, ktorá viedla k vysokoúčinnnej redukcii a len k malému množstvu nezreagovaného amoniaku. Tieto koncentrácie sa merali testovaním dvoch konfigurácií vstrekovania (štandardné podmienky; molárny pomer NH_3 : NO jedna (1) s mierou zníženia NO_x 50 %). Únik NH_3 stanovuje limity pre nadmerný prídavok redukčného činidla [123, Írsko 2005].

Podrobný opis techniky SNCR s vysokou účinnosťou používanej v EÚ sa nachádza v oddiele 6.2.4. Emisie amoniaku z výroby cementu sú opísané v oddiele 1.3.4.9.

Uplatniteľnosť

SNCR a vysokoúčinná SNCR sú v princípe aplikovateľné v rotačných cementárenských peciach. Vstrekovacie zóny sa líšia v závislosti od typu procesu.

V peciach s dlhým mokrým a suchým spôsobom je veľmi ťažké dosiahnuť správnu teplotu a potrebný zdržný čas. Len jedna prevádzka s dlhou suchou pecou a jedna prevádzka (Dánsko) s dlhou mokrou pecou úspešne použili redukciu SNCR a dosiahli účinnosť medzi 40 a 50 %.

Riziká spojené so skladovaním amoniaku sa znižujú skladovaním roztoku amoniakovej vody s koncentráciou 25 %.

Hospodárske vplyvy

V prípade pece s predohrievačom s kapacitou 3 000 ton denne s počiatočnými emisiami NO_x do 2 000 mg/Nm^3 a so znížením NO_x do 85 % (t. j. do 300 $\text{mg NO}_x/\text{Nm}^3$) sú náklady na SNCR s použitím amoniakovej vody ako redukčného činidla 0,5 – 1,2 milióna EUR, pričom náklady sú do veľkej miery ovplyvnené miestnymi predpismi o skladovaní amoniakovej vody. Náklady na prevádzku na tú istú pec sú 0,3 – 0,5 EUR na tonu slinku, pričom náklady sú určené najmä nákladmi na vstrekovanie amoniaku [9, CEMBUREAU 1997, november], [85, CEMBUREAU 2006].

SNCR bola nainštalovaná v rokoch 1996/97 v dvoch švédskych prevádzkach. V prípade jednej pece boli investičné náklady približne 1,2 milióna EUR (0,65 milióna EUR na zariadenie SNCR a ďalších 0,55 milióna EUR na skladovanie amoniakovej vody) a prevádzkové náklady približne 0,55 EUR na tonu slinku. Celkové náklady (investície + náklady na prevádzku) boli nižšie ako 0,6 EUR na tonu slinku. Investičné náklady na druhú pec boli približne 0,55 milióna EUR a prevádzkové náklady boli približne 0,3 EUR na tonu slinku. Hnacou silou pre tieto prevádzky, aby investovali do vysokovýkonných zariadení SNCR, bola švédska politika týkajúca sa emisií NO_x . Podľa tejto politiky je prijateľná každá investícia do znižovania emisií, ktorej celkové náklady (investičné + operácia) sú nižšie ako 4,5 EUR (40 SEK) na kilogram zníženého NO_x (ako NO_2).

Prieskum 26 cementární využívajúcich techniku SNCR, ktorý v roku 2004 uskutočnilo nemecké odvetvie výroby cementu, odhalil priemerné investičné náklady vo výške od 0,5 do 0,75 milióna EUR. Francúzsko však vykázalo náklady až do výšky 1 milióna EUR. Výstavba skladu redukčného činidla predstavovala približne 50 % nákladov na investície. Pri použití roztoku amoniaku a strednej až vysokej miere znižovania emisií NO_x sa uvádzali celkové náklady od 0,5 do 0,7 EUR na tonu slinku. Podrobné výpočty nákladov pre rotačnú pec s kapacitou 1 500 t slinku za deň poskytli výsledok špecifických nákladov od 0,4 do 1,2 EUR na tonu slinku v závislosti od miery zníženia NO_x . Dodatočné výpočty pre pec s kapacitou 3 500 t/d a zníženie NO_x z 850 na 250 mg/Nm^3 poskytli výsledok investičných nákladov 0,88 milióna EUR a prevádzkových nákladov 0,40 EUR na tonu slinku.

Pozri aj tabuľku 1.34 a tabuľku 1.40 (oddiel 1.4.8.2), kde sú uvedené príklady nákladov na techniku SNCR.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Prevádzky v EÚ 27, vysokoúčinné prevádzky SNCR vo Švédsku a Nemecku (Maerker).

Opisy príkladov prevádzok zo Švédska a Nemecka sú uvedené v oddieloch 6.2.4.1 a 6.2.4.2, resp.

[8, CEMBUREAU 2001], [9, CEMBUREAU 1997, november], [10, Cementa AB/Hagström 1994], [20, Rother 1996, január], [24, Junker 2001], [41, Kupper/Brentrup 1992], [42, Billhardt/Kuhlmann/Ruhland/Schneider/Xeller 1996, október], [43, Wulf-Schnabel/Lohse 1998], [76, Nemecko 2006], [85, CEMBUREAU 2006], [101, Francúzsko/ADEME/MEDD 2002], [105, YARA 2006], [114, Švédsko 2006], [123, Írsko 2005], [131, YARA 2007],

[160, Nemecko 2007], [168, TWG CLM 2007], [173, Nemecko 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.5.1.8 Selektívna katalytická redukcia (SCR)

Popis

SCR znižuje NO a NO₂ na N₂ pomocou NH₃ a katalyzátora pri teplote približne 300 – 400 °C. Táto technika sa široko používa na znižovanie emisií NO_x v iných priemyselných odvetviach (uhľové elektrárne, spaľovne odpadov). V priemyselnom odvetví výroby cementu možno v zásade uvažovať o dvoch systémoch: usporiadanie s nízkym obsahom prachu medzi odprašovacou jednotkou a komínovou hlavou a usporiadanie s vysokým obsahom prachu medzi predohrievačom a odprašovacou jednotkou. Systémy s nízkym obsahom prachu si vyžadujú opätovné zahrievanie odpadových plynov po odprašení, čo môže spôsobiť dodatočné náklady na energiu a straty tlaku. Systémy s vysokým obsahom prachu sa uprednostňujú z technických aj hospodárskych dôvodov. Pri týchto systémoch nie je potrebný opätovný ohrev, pretože teplota odpadového plynu pri vývode z predhrievacieho systému sa obvykle nachádza v správnom teplotnom rozmedzí na vykonanie SCR.

Veľké zníženie emisií NO_x o 85 – 95 % je potenciálne dosiahnuteľné pomocou systémov SCR s vysokým obsahom prachu, do roku 2008 boli v odvetví výroby cementu testované len systémy s vysokým obsahom prachu.

V roku 2008 sa v EÚ 27 uskutočnili celkovo dve plnohodnotné výrobné prevádzky a zozbierali sa skúsenosti s cieľom odstrániť technické a ekonomické neistoty súvisiace s rozšírením techniky SCR. Hlavné neistoty súvisia s vysokou koncentráciou prachu až do 100 g/Nm³ v plynách, technikami odstraňovania prachu, typom a životnosťou katalyzátorov, celkovými investičnými a prevádzkovými nákladmi. Skúsenosti tiež ukazujú, že veľmi dôležitá je vhodná konštrukcia a chemické zloženie katalyzátorov.

Vzhľadom na vysoký redukčný potenciál, úspešné pilotné testy, dve plnohodnotné zariadenia SCR a skutočnosť, že SCR je najmodernejšou technikou pre porovnateľné zariadenia v iných odvetviach, je SCR zaujímavou technikou pre odvetvie výroby cementu. V Európe existujú najmenej dvaja dodávatelia, ktorí ponúkajú odvetviu výroby cementu SCR v plnom rozsahu so zaručenou úrovňou výkonu 100 – 200 mg/Nm³. Kapitálové výdavky na SCR sú však stále vyššie ako v prípade SNCR [12, Holandsko 1997].

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie emisií NO_x.

Keďže katalyzátory odstraňujú aj uhľovodíky a ak je táto technika navrhnutá, SCR vo všeobecnosti znižuje aj emisie VOC a PCDD/F.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Potreba energie sa môže zvýšiť v dôsledku vnútorného odprašovacieho systému reaktora SCR a dodatočných tlakových strát.

Systémy s nízkym obsahom prachu si vyžadujú opätovné ohrievanie výfukových plynov po odprašení, čo môže spôsobiť dodatočné náklady na energiu a tlakové straty.

Katalyzátory sa musia recyklovať alebo zlikvidovať.

Prevádzkové údaje

V 90. rokoch 20. storočia prvé pilotné pokusy v Nemecku, Taliansku a Švédsku ukázali sľubné výsledky. Úroveň emisií NO_x bola približne 100 – 200 mg/Nm³ bez straty aktivity katalyzátora. V rakúskych cementárňach sa v rokoch 1996 až 2000 uskutočnili tri pilotné testy na malých častiach (3 % plynu) a s vysokou prašnosťou. Jedna z nich bola úspešná v účinnosti zníženia NO_x, ktorá však nepokračovala. Jednou zo vznesených obáv bola dostupnosť katalyzátorov pre prevádzku. Dva pilotné pokusy neboli úspešné, pretože po niekoľkých týždňoch došlo k deaktivácii katalyzátorov v dôsledku prítomnosti ťažkých kovov a alkalických zlúčenín kovov. V jednej prevádzke

došlo k značnému opotrebovaniu katalyzátorov po pracovnej dobe približne 5 000 hodín [18, Göller 2001], [92, Rakúsko 2006].

V roku 2000 bolo v Nemecku s finančnou podporou vlády postavené prvé demonštračné zariadenie SCR v plnom rozsahu, ktoré využívalo systém SCR s vysokým obsahom prachu a bolo v prevádzke od roku 2001 do roku 2006. V roku 2008 však prevádzka čakala vylepšené typy katalyzátorov. V porovnaní so SNCR má tento systém nižšiu spotrebu NH_3 , čo má za výsledok nižšie prevádzkové náklady na amoniak. V hornej časti štvorstupňového predohrievača má odpadový plyn teplotu 320 – 350 °C, ktorá je vhodná pre SCR a nevyžaduje opätovné ohrievanie, ako je to potrebné v prípade konfigurácie medzi textilným filtrom a komínom, čím sa znižujú náklady na energiu. Účinnosť znižovania emisií NO_x sa zvyčajne pohybuje v rozmedzí 59 až 67 %. Ak však prevádzkové podmienky neboli obvyklé pri koncentráciách surového plynu 3 000 mg/ Nm^3 a vyšších, účinnosť znižovania emisií NO_x bola viac ako 80 %. Pri bežnej prevádzke SCR znižuje emisie NO_x z počiatočných koncentrácií surového plynu 1 000 až 1 600 mg/ Nm^3 na približne 400 až 550 mg/ Nm^3 . Pri molárnom pomere 0,8 až 0,9 je spotreba NH_3 výrazne nižšia ako pri použití SNCR. Je potrebné poznamenať, že NH_3 zo suroviny slúži aj ako redukčné činidlo v reaktore, preto je úroveň emisií zvyškového NH_3 veľmi nízka. V tejto nemeckej prevádzke viedla SCR zvyčajne k emisiám NH_3 pod 1 mg/ Nm^3 pri dosiahnutí úrovne emisií NO_x 300 mg/ Nm^3 . Tieto výsledky môžu naznačovať potenciál tejto techniky, najmä preto, že boli dosiahnuté aj pri použití iba troch katalytických vrstiev a úroveň emisií zvyškového NH_3 sa stále pohybovala okolo 1 mg/ Nm^3 . Podrobnejší opis tejto prevádzky, dosiahnuté rozsahy emisií a náklady sú uvedené v oddiele 6.2.5.

V Taliansku je v prevádzke jedna prevádzka SCR na zníženie NO_x . Od roku 2006 je v plnej prevádzke systém SCR v prostredí s vysokou prašnosťou na znižovanie emisií NO_x v peci s kapacitou 1 720 t/d (povolená kapacita 2 400 t/d). Rozmery komory, v ktorej sa nachádzajú moduly, ktoré sa predpokladajú pre sedem vrstiev (úrovní) katalyzátorov, sú 4 m na šírku, 6 m na dĺžku a 27 m na výšku, ako je znázornené na obrázku 1.66.

Objem katalyzátorov nainštalovaných je 21 m³ pre každú úroveň, celkovo 63 m³ pre tri úrovne s nenainštalovanou záložnou kapacitou 42 m³ pre ďalšie dve úrovne, aby sa splnila povolená kapacita 2 400 t/d. Katalyzátory sa automaticky čistia stlačeným vzduchom pri tlaku 5 alebo 6 barov so spotrebou 2,5 kWh/t slinku pre kompresorovú linku. Po 7 000 hodinách prevádzky sa nezistila žiadna redukcia nečinnosti katalyzátorov.



Obrázok 1.66: Príklad zariadenia SCR
Zdroj: [140, Taliansko 2007]



Obrázok 1.67: Príklad individuálneho katalyzátora používaného pri technike SCR
Zdroj: [140, Taliansko 2007]



Obrázok 1.68: Príklad pozície modulu používaného pri technike SCR
Zdroj: [140, Taliansko 2007]

Ako redukčné činidlo sa používa 25 % roztok amoniaku. Prietok sa pohybuje od 30 do 300 litrov za hodinu v závislosti od podmienok v peci a druhu použitých palív, pričom prietok plynu je 110 000 m³/h. Roztok amoniaku sa vstrekuje do prúdu plynu pod

najvyšší cyklón, kde je vhodný teplotný režim 320 – 350 °C. Počas prvých 10 mesiacov prevádzky bola priemerná spotreba roztoku amoniaku 0,7 – 1 kg/t slinku s redukciou emisií NO_x na menej ako 450 mg/Nm³ (10 % O₂). Avšak správy a výsledky testov z tejto talianskej prevádzky ukazujú, že konštrukcia tejto techniky SCR môže znížiť emisie NO_x na komíne na < 200 mg/Nm³ (pri skutočnom % O₂). V závislosti od úrovne NO_x na vstupe a miery vstrekovania NH₃ sa účinnosť redukcie NO_x pohybuje od 43 do 95 %. Korekcie na 10 % O₂ by priniesli ešte nižšiu koncentráciu NO_x. Pred zariadením techniky SCR sa v plyne meralo 50 – 150 mg/Nm³ amoniaku, ktorý pochádzal zo surovín. Toto množstvo amoniaku sa odvtedy využíva v procese SCR, čo má za výsledok emisie NH₃ menšie ako 1 mg/Nm³ a molárny pomer (vstreknutý NH₃: NO_x) menší ako jedna. Parameter, emisie a náklady na techniku SCR, ktoré boli nahlásené z nemeckej cementárne a talianskej cementárne využívajúcej túto techniku redukcie NO_x, sú uvedené v tabuľke 1.35.

Tabuľka 1.35: Parametre SCR, emisie a vykázané náklady

Technika	Uplatniteľnosť systému pece	Účinnosť zníženia (%)	Vykázané emisie		Vykázané náklady	
			mg/Nm ³ (hodnota denného priemeru)	kg NO _x /t slinku	Investície (EUR/t slinku)	Prevádzka (EUR/t slinku)
SCR	Pravdepodobne všetky	43 – 97	300 – 500 ⁽¹⁾	0,15 – 1,0	2,5 ⁽²⁾ 3,2 – 4,5 ⁽³⁾ (⁴)	1,75 – 2 ⁽³⁾

(1) Výsledky pilotných testov a dlhodobej prevádzky demonštračného zariadenia
 (2) Náklady odhadnuté spoločnosťou UBA Nemecko pre zariadenie v plnom rozsahu (kapacita pece 1 500 t slinku za deň, počiatočné emisie 1 200 mg/Nm³ a konečné úrovne 200, 500 a 800 mg/Nm³ (priemerná denná hodnota)
 (3) Náklady vypočítané Združením nemeckého odvetvia výroby cementu (VDZ), ktoré pokrývajú prevádzkové náklady plus odpisy investície do zariadenia v plnom rozsahu (kapacita pece 1 500 t slinku/d, počiatočné emisie 1 200 mg/Nm³ a konečná úroveň 200, 500 a 800 mg/Nm³)
 (4) Najvyššia hodnota patrí systému SCR z talianskej cementárne, kde je zahrnutých 0,9 milióna EUR za katalyzátory (tri vrstvy modulov na mieste a dve na sklade).

Zdroj: [85, CEMBUREAU 2006]

Uplatniteľnosť

SCR bol testovaný len na predohrievačoch a pilotne testovaný na polosuchých (Lepol) peciach, ale v princípe je uplatniteľný aj na iné systémy pece v závislosti od teplotného rozpätia.

Vysoká úroveň prachu kladie vysoké nároky na životnosť a prevádzku katalyzátorov, preto je veľmi dôležitá konštrukcia a chemické zloženie katalyzátorov. Katalyzátory určené na prevádzku s nízkou prachovitosťou v iných priemyselných odvetviach nemusia byť vhodné na prevádzku s vysokou prachovitosťou v cementárni. Vysokoprachová prevádzka reaktora SCR si vyžaduje vysokú mechanickú odolnosť katalyzátora, širšiu rozteč, než je obvyklé pri nízkoprachovej prevádzke, a integrovaný systém odprášenia, aby sa zabránilo upchávaniu a stratám aktivity. Vhodné chemické zloženie katalyzátora sa musí vyhodnotiť skúškami s vysokoprachovými plynmi z cementárenských pecí. Okrem toho, vzhľadom na rozmery komory, v ktorej sa nachádzajú moduly, a množstvo použitých vrstiev, musí byť k dispozícii dostatočný priestor na zariadenie techniky SCR.

Zatiaľ nie sú k dispozícii štandardné katalyzátory, ktoré by boli vhodné pre odvetvie výroby cementu. Rôzne druhy katalyzátorov, ktoré sa používajú, sa stále testujú.

Hospodárske vplyvy

Výsledky použitia techniky SCR ukázali úroveň nákladov 1,25 až 2,00 EUR na tonu v závislosti od veľkosti prevádzky a požadovanej účinnosti odstraňovania NO_x. Technika SCR na rozdiel od techniky SNCR dominuje nad nákladmi, ktoré predstavujú 4 až 9-krát vyššie náklady ako v prípade systému SNCR. Použitie katalyzátorov zvyšuje prevádzkové náklady. Okrem toho spotreba energie je v podstate spôsobená poklesom tlaku a čistiacim vzduchom pre katalyzátor. Špecifické náklady na SCR klesli na približne 1,75 EUR za tonu.

Spoločnosť Cementa AB v meste Slite vo Švédsku má pec so suspenzným predohrievačom a predkalcinátorom s kapacitou 5 800 ton slinku za deň. V roku 1993 približne rok prevádzkovali pilotný vysokoprachový SCR za SNCR a skúmali, aké by boli náklady na zariadenie SCR v plnom rozsahu za SNCR. To znamená, že počiatočné úrovne NO_x do SCR sú nižšie ako 200 mg/Nm³. Odhadované investičné náklady boli približne 11,2 milióna EUR a prevádzkové náklady približne 1,3 EUR na tonu slinku, čo predstavuje celkové náklady 3,2 EUR na tonu slinku. Náklady na dodatočný kilogram znížených NO_x boli v prípade SCR 5,5 – 7,3 EUR. Podľa spoločnosti boli tieto náklady príliš vysoké a neprimerané.

Investičné náklady na predohrievač s kapacitou 3 000 ton slinku denne sa odhadovali na 3,5 – 4,5 milióna EUR, pričom treba poznamenať, že údaje o investičných nákladoch sú známe len od dodávateľa, ale nezahŕňajú úpravy prevádzky.

Štúdie uskutočniteľnosti boli vykonané v Rakúsku, Nemecku, Holandsku a Švédsku. Odhadované náklady na techniku SCR v odvetví výroby cementu sa výrazne líšia, pričom hlavnými premennými sú výrobné náklady a životnosť katalyzátorov.

Pozri aj tabuľku 1.34 a tabuľku 1.35 v oddiele 1.4.5.1, ako aj tabuľku 1.40 v oddiele 1.4.8.2, kde sú uvedené údaje o príkladoch nákladov.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky. Implementácia SCR môže byť vhodná na dosiahnutie vyššej účinnosti znižovania NO_x alebo na dosiahnutie súčasného zníženia NO_x a iných znečisťujúcich látok, napr. amoniaku zo surovín.

Vzorové prevádzky

Solnhofer Portland-Zementwerke (Nemecko), cementáreň Monselice (Taliansko).

Odborná literatúra

[4, Rakúsko 1998] [8, CEMBUREAU 2001], [9, CEMBUREAU 1997, november], [12, Holandsko 1997], [18, Göller 2001], [23, de Jonge 2001] [24, Junker 2001], [43, Wulf-Schnabel/Lohse 1998], [57, Európska komisia 2005], [76, Nemecko 2006], [80, Alvaro A. Linero 2006], [85, CEMBUREAU 2006], [92, Rakúsko 2006], [140, Taliansko 2007], [141, Leibacher/Bellin/Linero 2007], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.5.2 Zníženie emisií SO_2

Prvým krokom v súvislosti s kontrolou SO_2 je zvážiť techniky optimalizácie primárneho procesu, ako je optimalizácia procesu výpalu slinku vrátane zabezpečenia plynulej prevádzky pece, rovnomerného rozloženia horúcej múčky v stúpacom potrubí pece a zabránenia redukčným podmienkam v procese výpalu, ako aj výber surovín a palív. Okrem toho je koncentrácia kyslíka na vstupe do pece rozhodujúca pre zachytávanie SO_2 v náplni pece. Zvýšením obsahu kyslíka v dlhých peciach sa znižuje úroveň SO_2 a zvyšuje úroveň NO_x . Aby sa však dosiahla predpísaná kvalita výrobku, proces výpalu slinku si vyžaduje nadbytok kyslíka. Preto je v spodnej sekcii cyklónového predohrievača alebo v komore horúceho plynu roštového predohrievača vždy dostatočný prísun kyslíka na zabezpečenie vzniku síranov, ktoré sa odvádzajú zo systému pece cez slinok. Optimalizáciou pomeru $\text{NO}_x/\text{SO}_2/\text{CO}$ by sa mala dosiahnuť rovnováha pri ochrane životného prostredia úpravou obsahu kyslíka v zadnej časti. V prípadoch, keď tieto techniky nestačia, možno použiť ďalšie techniky na konci potrubia. Tabuľka 1.36 a tabuľka 1.37 uvádzajú prehľad techník, ktoré majú pozitívny účinok na emisie SO_2 vznikajúce pri výrobe cementu, t. j. znižujú ich, najmä z predohrievača a obtokového procesu. Tabuľka 1.36 je súhrnom prevádzkových údajov, ktoré sú k dispozícii v texte tohto oddielu, a mala by sa čítať v spojení s príslušnými oddielmi v nasledujúcich oddieloch (pozri oddiely 1.4.5.2.1 – 1.4.5.2.3). V tejto súvislosti je potrebné poznamenať, že pri spalovaní odpadu sa musia dodržiavať požiadavky kapitoly IV a prílohy VI k smernici 2010/75/EÚ.

Tabuľka 1.36: Prehľad techník kontroly a znižovania emisií SO₂

Meranie/techniky	Uplatniteľnosť systémov pecí	Účinnosť redukcie	Údaje o emisiách		Náklady	
			mg/Nm ³ ⁽¹⁾	kg/t ⁽²⁾	Investície (v mil. EUR)	Prevádzka (EUR/t)
Absorpčné pridanie	Všetky	60 – 80 %	< 200 – 400 ⁽³⁾	0,23 – 0,92	0,2 – 0,3	0,1 – 0,4
Mokrý práčka	Všetky	> 90 %	< 10 – 300 ⁽⁴⁾	0,02 – 0,69	5,8 – 23 ⁽⁶⁾	0,5 – 2 ⁽⁶⁾
Aktívne uhlie	Suché	Až 95 %	< 50	< 0,11	15 ⁽³⁾	Žiadne informácie.

(1) Zvyčajne odkazuje na denné priemery, suchý plyn, 273 K, 101,3 kPa a 10 % O₂
(2) kg/t slinku: na základe 2 300 m³/t slinku
(3) Tieto náklady zahŕňajú aj proces SNCR, pričom sa vzťahujú na kapacitu pece 2 000 ton slinku denne a počiatočné emisie 50 – 600 mg SO₂/Nm³, údaje o nákladoch z roku 1997
(4) Konečná dosiahnuteľná úroveň emisií závisí od počiatočnej úrovne emisií SO₂ pred inštaláciou mokrej práčky a mohla by byť vyššia
(5) Pri počiatočnej hodnote SO_x úroveň 1 200 mg/Nm³ (pozri oddiel 1.4.5.2.1)
(6) 2008

V tabuľke 1.37 je uvedený počet zariadení v plnom rozsahu v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+, o ktorých je známe, že v roku 2008 používali techniky znižovania SO₂.

Tabuľka 1.37: Techniky redukcie emisií SO₂ používané v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+ v roku 2008

Techniky na zníženie/kontrolu emisií SO ₂				
Krajina		Pridanie absorpčných prostriedkov	Mokrý práčka	Aktívne uhlie
Belgicko	BE	2		
Bulharsko	BG			
Česká republika	CZ	1		
Dánsko	DK		2	
Nemecko	DE	11		
Estónsko	EE			
Grécko	EL			
Španielsko	ES			
Francúzsko	FR	3		
Írsko	IE			
Taliansko	IT	1		
Cyprus	CY			
Lotyšsko	LV			
Litva	LT			
Luxembursko	LU			
Maďarsko	HU			
Malta	MT			
Holandsko	NL			
Rakúsko	AT	1	1	
Poľsko	PL			
Portugalsko	PT	3		
Rumunsko	Ro			
Slovinsko	SI		1	
Slovensko	SK			
Fínsko	FI			
Švédsko	SE		1	
Spojené kráľovstvo	UK		2	
Nórsko	NO			
Švajčiarsko	CH	1	1	1
Turecko	TR			
TOTAL		23	8	1

Zdroj: [73, CEMBUREAU 2006], [182, TWG CLM 2008]

V európskom odvetví výroby cementu sa nepoužívajú žiadne polomokrú a suché práčky. Princípom týchto techník je neutralizácia SO_2 z odpadového plynu vstrekomím chemických alebo fyzikálnych sorpčných činidiel. Reakčnými produktmi sú rozpustené alebo suché soli podľa týchto techník. V roku 2003 bola vo švajčiarskom Untervaze z ekonomických a v menšej miere aj z technických dôvodov odstavená jediná prevádzka v Európe, ktorá bola vybavená suchou práčkou s cirkulujúcim fluidným lôžkom.

1.4.5.2.1 Pridanie absorpčných prostriedkov

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Sekundárne techniky kontroly emisií používané v odvetví výroby cementu sú pridávanie hydroxidu vápenatého pomocou tzv. „suchého aditívneho procesu“ (pridávanie sorbentu do suroviny) alebo „suchého sorpčného procesu“ (vstrekovanie sorbentu do prúdu plynu). Pridávanie hydroxidu vápenatého ponúka ďalšiu výhodu, že prísada obsahujúca vápnik vytvára reakčné produkty, ktoré sa môžu priamo začleniť do procesu výpalu slinku.

Optimálne teplotné rozsahy pre pridávanie hydroxidu vápenatého sú 350 až 400 °C a pod 150 °C, ak je plyn obohatený o vodu. Vhodnými miestami na pridávanie hydroxidu vápenatého v rotačných peciach sú horné stupne cyklónu alebo potrubie surového plynu.

Alternatívne sa môže hydroxid vápenatý pridávať do mlyna na suroviny spolu so zložkami suroviny alebo priamo do vsádzkového otvoru pece. Hydrát alebo hasené vápno ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), nehasené vápno (CaO) alebo aktivovaný popolček s vysokým obsahom CaO sa vstrekuje do plynovodného potrubia pri teplotách blízkyh rosnému bodu vody, čo má za výsledok priaznivejšie podmienky pre zachytávanie SO_2 . V systémoch cementárenských pecí je tento teplotný rozsah dostupný v oblasti medzi surovým mlynom a odľučovačom prachu. Hydroxid vápenatý reaguje s SO_2 v horných stupňoch cyklónu a odvádza sa zo systému ako prach zo surového plynu (odprašovač), ktorý sa vracia do následnej mlecej a sušiackej jednotky spolu so surovým plynom. Faktory, ktoré obmedzujú účinnosť redukcie tohto procesu, sú krátke zdržné časy plynu v horných stupňoch cyklónu (minimálne dve sekundy) a vysoké hladiny CO_2 v odpadových plynoch, ktoré presahujú 30 %.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Intenzívne vstrekovanie vápna má vplyv na kvalitu surovinovej múčky.

Prevádzkové údaje

Potenciál zníženia SO_2 pridaním hydroxidu vápenatého sa určuje na základe počiatkovej úrovne SO_2 a podmienok odpadového plynu v porovnaní s úrovňou koncentrácie sírnych cyklov, ktoré sa tvoria v príslušnej prevádzke. Vstrekomím absorbentov do systémov pecí so suspenzným predohrievačom možno dosiahnuť zníženie emisií SO_2 o 60 až 80 %. Pri počiatkových úrovniach nepresahujúcich 400 mg/Nm³ je teoreticky možné dosiahnuť približne 100 mg/Nm³. Pri počiatkových úrovniach SO_2 do 1 200 mg/Nm³ je možné dosiahnuť redukcii na 400 mg/Nm³. Vyššie počiatkové úrovne SO_2 nad 1 200 mg/Nm³ si vyžadujú značné množstvo absorbentu, čo nemusí byť efektívne z hľadiska nákladov. Okrem toho vyššia počiatková koncentrácia sírnych cyklov vedie k poruchám procesu v dôsledku vzniku usadenín v kalcinačnej oblasti. Preto môže existovať riziko vyššej recirkulácie síry a nestability pece, keďže pri použití tejto techniky sa do pece vracia vyššia úroveň síry.

Uplatniteľnosť

Pridanie absorpčných prostriedkov možno v zásade uplatniť pri všetkých pecných systémoch, hoci zväčša sa používa pri uspenzných predohrievačoch. Pred použitím ESP sa do výfukového plynu vstrekuje suchý NaHCO_3 , aby sa znížila špičková emisie SO_2 . Pridanie vápna do vsádzky pece znižuje kvalitu granúl, resp. nodúl a v peciach Lepol spôsobuje problémy s prietokom.

Proces suchej sorpcie (vstrekovanie absorbentu do prúdu plynu) sa môže použiť v suchej alebo mokrej forme. Čo sa týka pecí s predohrievačom, zistilo sa, že priame vstrekovanie haseného vápna do odpadových plynov je menej účinné ako pridanie haseného vápna do vsádzky pece. SO_2 bude reagovať s vápnom na CaSO_3 a CaSO_4 potom vstúpi do pece spolu

so surovinami a zapracúva sa do slinku. Táto technika je vhodná na čistenie prúdov plynu s miernou koncentráciou SO₂ a môže sa použiť pri teplote vzduchu vyššej ako 400 °C. Najvyššiu mieru redukcie možno dosiahnuť pri teplotách nad 600 °C. Odporúča sa použiť absorbent na báze Ca(OH)₂ s vysokým špecifickým povrchom a vysokou pórovitosťou. Hasené vápno nemá vysokú reaktivitu, preto je potrebné použiť molárne pomery Ca(OH)₂/SO₂ od 3 do 6. Plynové prúdy s vysokými koncentraciami SO₂ si vyžadujú 6 – 7-násobok stechiometrického množstva absorbentu, čo znamená vysoké prevádzkové náklady.

Hospodárske vplyvy

Absorpčný prídavok sa používa v niekoľkých prevádzkach, aby sa zabezpečilo, že sa limity neprekročia v špičkách. To znamená, že vo všeobecnosti nie je v nepretržitej prevádzke, ale len vtedy, keď si to vyžadujú špecifické okolnosti. Pri počiatočnej koncentrácii SO₂ do 3 000 mg/Nm³ predstavuje redukcia až o 65 % a náklady na hasené vápno 85 EUR na tonu investičné náklady na pec s kapacitou 3 000 ton slinku denne približne 0,2 – 0,3 milióna EUR a prevádzkové náklady približne 0,1 – 0,4 EUR na tonu slinku.

Pozri aj tabuľku 1.36 a oddiel 1.4.8.3, kde sú uvedené príklady o nákladoch.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[8, CEMBUREAU 2001], [9, CEMBUREAU 1997, november], [12, Holandsko 1997], [30, Marchal 2001], [76, Nemecko 2006], [97, CEMBUREAU 2007], [101, Francúzsko/ADEME/MEDD 2002], [168, TWG CLM 2007].

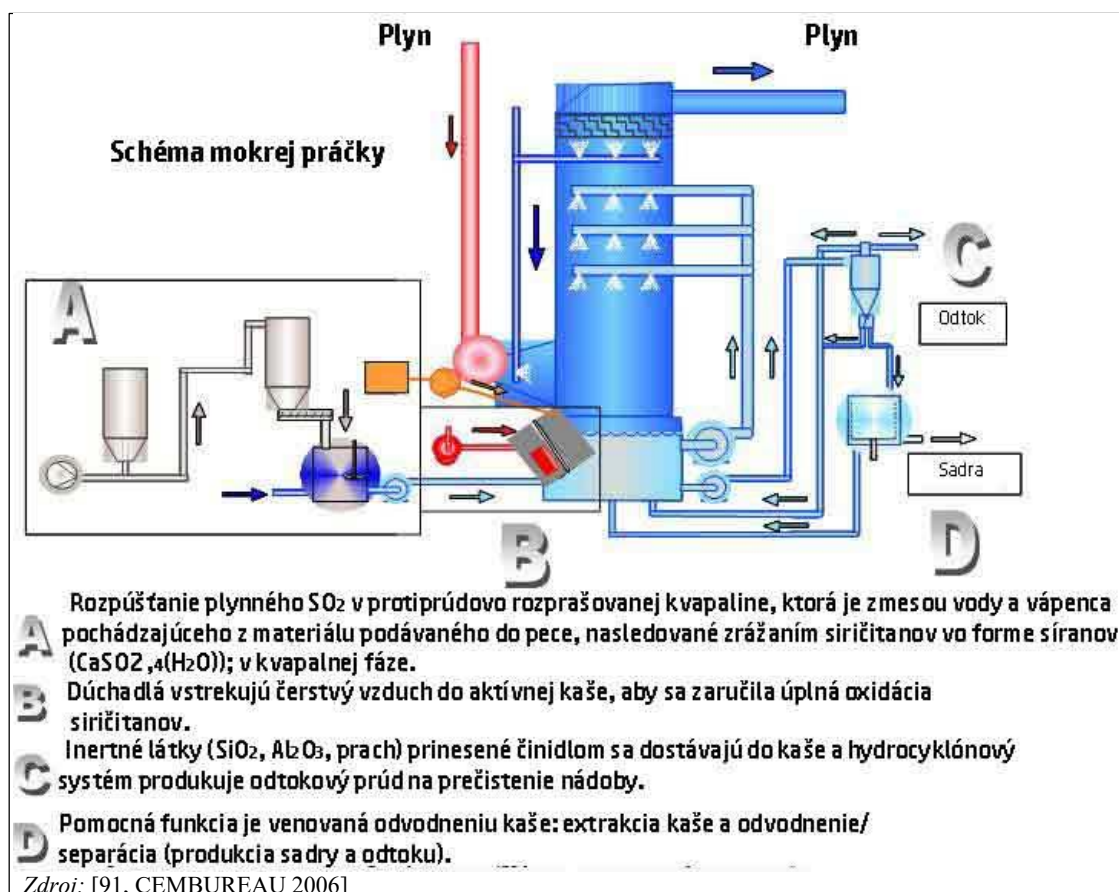
1.4.5.2.2 Mokrá práčka

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Mokrú odsírenie predstavuje najčastejšie používanú techniku na odsírenie odpadového plynu v uhoľných elektrárnach. Pri výrobe cementu je osvedčenou technikou mokrá proces na zníženie emisií SO₂. Mokré odsírenie vychádza z tejto chemickej reakcie:



SO_x sa absorbuje v kvapaline/roztoku, ktorý sa rozprašuje v sprchovej kolóne Absorbentom je uhličitán vápenatý. Čo sa týka rozpustných kyslých plynov, systémy na mokré odsírenie zabezpečujú najúčinnnejšie odstránenie zlúčenín obsahujúcich síru spomedzi všetkých metód na odsírenie odpadových plynov. Mokrá práčka však výrazne znižujú aj emisie HCl, zvyškového prachu a v menšej miere aj emisie kovov a NH₃. Základný princíp pracovného systému mokrej práčky je znázornený na obrázku 1.69.



Obrázok 1.69: Základné prevádzkové vlastnosti mokrej práčky

V roku 2008 sa v súčasnosti používa sedem mokrých práčok a jedna sa plánuje používať v európskom odvetví výroby cementu, pričom všetky sú sprchovými kolónami. Kaša sa rozprašuje proti prúdu do odpadových plynov a zhromažďuje sa v recyklačnej nádrži na dne práčky, kde sa vytvorený siričitan oxiduje vzduchom na síran a vytvára dihydrát síranu vápenatého. Dihydrát sa oddelí a v závislosti od fyzikálno-chemických vlastností sadrovca sa tento materiál môže použiť na mletie cementu a voda sa vráti do práčky.

V porovnaní so suchou práčkou je potenciál vzniku cementového prachu (CKD) pri mokrom procese oveľa nižší a šetria sa prírodné zdroje sadrovca. V Untervaze vo Švajčiarsku bola v roku 2003 z ekonomických a v menšej miere aj z technických dôvodov vyradená z prevádzky jediná inštalovaná suchá práčka s cirkulujúcim fluidným lôžkom v Európe. Bežne sa počas procesu výroby cementu alebo pri aplikáciách čistenia plynov nepočíta s tvorbou odpadového prachu. Pri mokrom odsírovaní vzniká $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ktorý sa používa ako prírodná náhrada sadrovca a v následných procesoch sa integruje ako modulačné činidlo do cementu. Pri suchom/polosuchom spôsobe odsírenia vzniká veľké množstvo produktu $\text{CaSO}_3 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$, ktorý je škodlivý pre kvalitu cementu a možnosti jeho integrácie do cementu sú obmedzené. Väčšinu suchého produktu z práčky by preto bolo potrebné vrátiť späť do pece alebo zlikvidovať.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Zvýšená spotreba energie.

Zvýšená produkcia odpadu z odsírovania plynu (FGD) a pri údržbe môže vzniknúť ďalší odpad.

Zvýšené emisie CO_2 (pozri chemickú reakciu vyššie, kde je znázornené, ako sa CO_2 získava z procesu mokrého prania)

Zvýšená spotreba vody.

Emisie do vody a zvýšené riziko kontaminácie vody.

Zvýšené prevádzkové náklady.

Nahradenie prírodného sadrovca umelým sadrovcom.

Prevádzkové údaje

Dosiahnuté zníženie SO₂ môže byť viac ako 95 %. Spoločnosť Cementa AB vo Švédsku prevádzkuje pec na predohrievač slinku s kapacitou 5 800 ton denne a počiatočná koncentrácia SO₂ v plyne je 800 – 1 000 mg/Nm³, s výsledkom úrovni <10 mg/Nm³. Spoločnosť Castle Cement v Spojenom kráľovstve prevádzkuje pec s predohrievačom slinku s kapacitou 2 500 ton denne a počiatočná koncentrácia SO₂ v spaliniach je približne 800 – 1 400 mg/Nm³ ako denný priemer s maximálnymi hodnotami viac ako 2 000 mg/Nm³. Okrem toho boli v rokoch 2002 až 2006 zaznamenané ročné priemerné emisie SO₂ vo výške 207 mg/Nm³ a maximálne denné priemery sa pohybovali od 248 do 296 mg/Nm³ v dôsledku vysokého obsahu síry v surovinách.

Uplatniteľnosť

Mokrú práčku možno namontovať na všetky druhy cementárenských pecí s vhodnými (dostatočnými) úrovňami SO₂ na výrobu sadrovca.

Hospodárske vplyvy

V roku 2008 dodávateľ odhadol náklady na kapitálové výdavky na mokrú práčku v závode Ribblesdale, Castle Cement v Spojenom kráľovstve, na približne 23 miliónov EUR, ak sa zohľadní inflácia. V roku 2000 boli investičné náklady na práčku v spoločnosti Castle Cement (vrátane úprav prevádzky) vykázané vo výške 7 miliónov EUR a prevádzkové náklady boli približne 0,9 EUR na tonu slinku. V roku 1998 predstavovali investičné náklady spoločnosti Cementa AB vo Švédsku približne 10 miliónov EUR a prevádzkové náklady približne 0,5 EUR na tonu slinka. Pri počiatočnej koncentrácii SO₂ do 3 000 mg/Nm³ a kapacite pece 3 000 ton slinku denne boli investičné náklady koncom 90. rokov 20. storočia 6 až 10 miliónov EUR a prevádzkové náklady 0,5 až 1 EUR na tonu slinku. Okrem toho v roku 1998 boli v rakúskej cementárni investičné náklady na mokrú práčku (zníženie emisií SO₂ na menej ako 200 mg/Nm³) 5,8 milióna EUR a do roku 2008 boli ročné prevádzkové náklady 140 000 EUR. V roku 2008 vykazovalo európske odvetvie výroby cementu investičné náklady vo výške 6 až 30 miliónov EUR a prevádzkové náklady vo výške 1 až 2 EUR na tonu slinku.

Príklad údajov o nákladoch spolu so súborom rôznych údajov vypočítaných pre referenčnú prevádzku s kapacitou 1 100 t/d sa nachádza v tabuľke 1.41 v oddiele 1.4.8.3.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementa AB (Švédsko), Castle Cement (Spojené kráľovstvo), prevádzka Retznei (Lafarge, Rakúsko), Dunbar (Spojené kráľovstvo), Trebovlje (Slovinsko), Untervaz (Švajčiarsko). [8, CEMBUREAU 2001], [9, CEMBUREAU 1997, november], [10, Cementa AB/Hagström 1994], [11, Coulburn 2001], [24, Junker 2001], [81, Castle Cement UK 2006], [86, EURITS 2006], [92, Rakúsko 2006], [103, CEMBUREAU 2006], [114, Švédsko 2006], [132, CEMBUREAU/Federhen 2007], [168, TWG CLM 2007], [175, Lafarge 2007], [182, TWG CLM 2008], [183, Szednyj/Schindler 2005].

1.4.5.2.3 Aktívne uhlie

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Znečisťujúce látky ako SO₂, organické zlúčeniny, kovy, NH₃, NH₄, HCl, HF a zvyškový prach (po ESP alebo textilnom filtri) sa môžu z odpadových plynov odstrániť adsorpciou na aktívnom uhlí. Filter s aktívnym uhlím sa používa pri technike vstrekovania alebo je skonštruovaný ako balený filter s modulárnymi deliacimi stenami. Modulárna konštrukcia umožňuje prispôbiť veľkosť filtrov rôznym prietokom plynu a kapacite pece. Použitý aktivovaný koks

sa pravidelne extrahuje do samostatného sila a nahrádza sa čerstvým adsorbentom. Používaním nasýteného koksu ako paliva v peci sa zachytené látky vracajú do systému a do značnej miery sa fixujú v cementovom slinku.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

S odpadom, ktorý je výsledkom výroby aktívneho uhlia, sa musí nakladať ako s nebezpečným odpadom.

Prevádzkové údaje

Jediný filter s aktívnym uhlím, ktorý ešte existuje v európskom odvetví výroby cementu, je zariadený v cementárni v Siggenthale vo Švajčiarsku. Pec v Siggenthale je pec so štvorstupňovým cyklónovým predohrevačom s kapacitou 2 000 ton slinku denne. Meranie ukázalo vysokú účinnosť odstraňovania SO₂, kovov a PCDD/F. Počas 100-dňovej skúšky sa koncentrácie SO₂ na vstupe do filtra pohybovali v rozmedzí od 50 do 600 mg/Nm³, zatiaľ čo koncentrácie na výstupe boli vždy výrazne nižšie ako 50 mg/Nm³. Koncentrácie prachu klesli z 30 mg/Nm³ na výrazne menej ako 10 mg/Nm³.

Uplatniteľnosť

Filter s aktívnym uhlím možno namontovať na všetky systémy pecí. S odpadmi, ako je použité aktívne uhlie s obsahom PCDD/F a iných znečisťujúcich látok, ako je ortuť, sa musí nakladať ako s nebezpečným odpadom. Monitorovanie a kontrola teploty a CO sú pri takýchto procesoch obzvlášť dôležité, aby sa predišlo požiarom v koksovom filtri.

Hospodárske vplyvy

Systém v Siggenthale zahŕňa aj proces SNCR a v roku 1999 mesto Zürich financovalo približne 30 % celkových nákladov na investície vo výške približne 15 miliónov EUR. Investícia do tohto systému znižovania emisií sa uskutočnila s cieľom umožniť cementárni používať vyhnité čistiarenské kaly odpadových vôd ako palivo.

Prevádzkové náklady sa môžu zvýšiť.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Siggenthal, Švajčiarsko

[9, CEMBUREAU november 1997], [10, Cementa AB/Hagström 1994], [12, Holandsko 1997], [86, EURITS 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.5.3 Zníženie emisií oxidov uhlíka (CO) a núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO

Opis

Odpadový plyn z pece/mlynu na suroviny obsahuje okrem rôznych iných zložiek, ako sú CO₂, N₂, vodná para a kyslík, v menšej miere NO a SO_x, v menšej miere aj CO.

Výber surovín s nízkym obsahom organických látok, ak je to možné, tiež znižuje emisie CO. Emisie oxidu uhoľnatého (CO), ktoré sú výsledkom neúplného spaľovania, vo všeobecnosti predstavujú stratu účinnosti. Prevádzkovateľ sa preto snaží obmedziť emisie CO zo svojich pecí. Zlepšenie spaľovania, ako napríklad optimalizácia a kvalita dávkovaného paliva, vlastností a konfigurácia horáka, ťah pece, teplota spaľovania a čas zadržania, môže znížiť emisie CO.

Okrem toho všetky techniky, ktoré znižujú spotrebu palivovej energie, tiež znižujú emisie CO₂. Výber surovín s nízkym obsahom organických látok a palív s nízkym pomerom obsahu uhlíka k výhrevnosti znižuje emisie CO₂, ak je to možné.

Núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO

Emisie prachových častíc spôsobené núdzovými vypnutiami z dôvodu zvýšeného množstva CO sa môžu vyskytovať v ESP a do určitej miery aj v hybridných filtroch. Počas zvýšených úrovní CO v plynoch sa musia ESP z bezpečnostných dôvodov vypnúť.

Na zníženie prestojov ESP je potrebný systematický postupný prístup:

- stanoviť ciele a posúdiť situáciu, pokiaľ ide o hlavné faktory ovplyvňujúce núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO, ako sú príčiny núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO v dôsledku:
 - nestability procesu,
 - vysokých úrovní CO v pozadí v dôsledku vysokého obsahu organických látok v surovinách,
 - narušenia systému prívodu paliva,
 - nestability spaľovacieho procesu,
- porovnania a vyhodnotenie súčasnej a optimálnej situácie, identifikácie optimalizačného potenciálu a stanovenia priorít – analýzy nedostatkov,
- optimalizácie procesu, systému analýzy, zabezpečenia dostupnosti, spoľahlivosti a rýchlosti, optimalizácie reakčných techník.

Okrem toho sú na identifikáciu akejkoľvek príčiny a riešenie protiopatrení potrebné tieto informácie:

- informácie o spoľahlivosti, dostupnosti a dynamickom správaní analyzovaného zariadenia,
- informácie o štatistikách vývoja CO,
- informácie o používaných palivách, systéme dávkovania paliva a procese.

Systémy dávkovania paliva, ktoré sú navrhnuté tak, aby zabránili nárazovému prísunu paliva do systému pece s cieľom udržať stabilnú prevádzku spaľovacieho systému, môžu minimalizovať núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO.

Na kontrolu úrovne CO v cementárenskej peci sa používa automatické meranie CO na nepretržité monitorovanie CO z plynov. Toto meranie/technika sa musí optimalizovať z hľadiska reakčného času, ako aj postupu vypnutia, a musí sa riadne udržiavať. Ideálny systém monitorovania CO má krátky čas odozvy a mal by byť umiestnený v blízkosti zdroja CO, napríklad na výstupe z predohrievača alebo na vstupe do pece v prípade použitia mokrej pece. Napriek tomu je potrebné vykonať analýzu mŕtveho času celého systému – vrátane času zdržania v dôsledku objemu potrubia. V ideálnom prípade sa mŕtvy čas prepravy vzorky plynu CO z miesta nasávania do analyzátoru pohybuje v rozmedzí 20 – 30 sekúnd (čas oneskorenia analýzy). Ak sa pridá ďalších 10 – 30 sekúnd oneskorenia ako reakčný čas analýzy, celkový maximálny mŕtvy čas by mal byť dosiahnutý pred dosiahnutím približne 85 % maximálnej hodnoty. Celkový mŕtvy čas určuje, kedy treba konať – nie príliš skoro a nie príliš neskoro. Ak sa vykoná podrobnejšia analýza sklonu signálu CO, možno presnejšie predpovedať, kedy sa musí vysokonapäťový systém ESP vypnúť a kedy sa môže opäť uviesť do plnej prevádzky – teda zohľadniť, kedy núdzové vypnutie z dôvodu zvýšeného množstva CO opustilo kritickú oblasť.

Čas oneskorenia monitorovania CO možno skrátiť zvýšením prietoku vzorky, skrátením vzdialenosti od miesta odberu vzorky k analyzátoru, zmenšením objemu v analyzujúcom systéme a rýchlym elektronickým hlásením signálu. K dispozícii sú rýchle systémy in situ s reakčným časom <3 sekundy, ktoré však majú obmedzenia v plynch s vysokým obsahom prachu. Vo všeobecnosti je nevyhnutné dodržiavať prísny režim údržby a kalibrácie. Rozsahy a komponenty analyzátorov však musia primerane zohľadňovať kritické limity do 5 % pre CO a 3 % pre CH₄.

Ak sa núdzové vypnutie z dôvodu zvýšeného množstva CO nedá potlačiť, všetky zdroje vznietenia, najmä vysokonapäťové zariadenia ESP, si vyžadujú osobitnú pozornosť. Núdzové vypnutie zariadenia vysokého napätia ako také je poslednou možnosťou a je nežiaduce. Ďalšími potenciálnymi zdrojmi vznietenia môžu byť statické zaťaženia spôsobené trením medzi pevnými látkami alebo tiež ventilátory, ktoré sú možné v každom systéme zberu prachu. Kritická hranica je vo všeobecnosti > 8 % CO alebo – CH₄ – v prítomnosti >6 % O₂. V skutočnosti sa núdzové vypnutie z dôvodu zvýšeného množstva CO rýchlo šíri plynom sústavou a dosiahne kritickú oblasť pre zdroj vznietenia skôr, ako je analyzujúci systém schopný signalizovať poplach. Preto musí byť akčná úroveň výrazne nižšia ako teoretická úroveň a ďalej závisí od koncentrácií CH₄ a H₂, najmä ak sa ako palivo používa zemný plyn.

K narušeniam dochádza predovšetkým počas počiatočnej prevádzkovej fázy. V záujme bezpečnej prevádzky musia byť analyzátory plynov na ochranu ESP v prevádzke počas všetkých prevádzkových fáz. Prestoj prevádzky možno skrátiť použitím záložného systému, ktorý je v prevádzke.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Redukcia rizika výbuchu, núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO, emisií CO a emisií prachových častíc.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Môžu sa vyskytnúť emisie prachových častíc (tuhých častíc) spôsobené núdzovými vypnutiami z dôvodu zvýšeného množstva CO.

Prevádzkové údaje

CO sa môže nachádzať v spalínach v koncentráciách do 0,1 %, pričom ďalší CO pochádza z uhlíka v surovinách.

Z kontinuálnych meraní boli zaznamenané emisie CO v rozmedzí od 200 do 2 200 mg/Nm³ (priemerná ročná hodnota) (pozri obrázok 1.34 v oddiele 1.3.4.4.2).

K núdzovým vypnutiam z dôvodu zvýšeného množstva CO môže dôjsť v priebehu niekoľkých minút alebo dokonca sekúnd, čím sa rýchlo dosiahne hranica prerušenia prevádzky (pozri oddiely 1.3.4.1.1 a 1.4.4.3.1). Frekvenciu núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO možno minimalizovať a boli uvedené príklady celkového trvania v rozsahu 1 – 29 minút za rok, resp. < 0,001 – 0,009 % celkovej prevádzky pece (pozri oddiel 1.3.4.1.1) [158, Nemecko 2007].

Príklad primárnych techník, ktoré možno použiť na prevenciu núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO v ESP, je opísaný v tabuľke 1.38. Štandardné postupné opatrenia môžu najprv zahŕňať zníženie prívodu paliva a úrovne vysokého napätia. Potom sa úplne preruší prívod paliva a automaticky nastane núdzové vypnutie transformátorov vysokého napätia. Systém je potom potrebné prečistiť tak, že ventilátory zostanú v prevádzke. Potrebný čas preplachovania možno určiť rovnakým spôsobom ako čas oneskorenia.

Tabuľka 1.38: Príklad primárnych techník na predchádzanie núdzovým vypnutiam z dôvodu zvýšeného množstva CO z ESP

Primárne techniky na predchádzanie núdzovým vypnutiam z dôvodu zvýšeného množstva CO		
Bod merania	Úroveň CO (%)	Opatrenie
Vo veži predohrievača	0,5	Alarm, vypnutie predkalcinátora/systému spaľovania pece na vstupe
	1,2	Vypnutie hlavného spaľovacieho systému
	2,5	Vypnutie vysokého napätia elektrického odlučovača
Po veži predohrievača	0,5	Alarm, vypnutie predkalcinátora/systému spaľovania pece na vstupe
	0,8	Vypnutie hlavného spaľovacieho systému
	1,5	Vypnutie vysokého napätia elektrického odlučovača
	0,5	Opätovné spustenie vysokonapäťového zariadenia ESP
Zdroj: [60, VDI 2094 Nemecko 2003], [83, CEMBUREAU 2006]		

Uplatniteľnosť

Techniky na zníženie núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO možno použiť na všetky druhy pecí.

Použitím automatického monitorovacieho zariadenia CO na nepretržité monitorovanie spalín v peciach so sekundárnym spaľovaním možno zabezpečiť ďalšiu prevádzkovú spoľahlivosť filtrov prostredníctvom postupného vypínania spaľovacieho systému počas núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO.

Používanie rôznych palív, najmä tuhých, môže viesť k nestabilnej prevádzke spaľovacieho systému a môže spôsobiť núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO. Systémy dávkovania paliva by mali byť navrhnuté tak, aby sa kedykoľvek zabránilo nárazovému prívodu paliva do systému pece. Dopravné vlastnosti tuhých palív sú v tomto ohľade obzvlášť dôležitým faktorom a musia sa starostlivo kontrolovať, aby sa zabránilo zadržiavaniu alebo upchávaniu systémov prípravy a dávkovania paliva.

Textilné filtre

Problémy môžu mať aj textilné filtre prevádzkované v superkritických prostrediach. Preto mala byť aj prevádzková úroveň CO čo najnižšia. Podobne ako pri ESP, ďalšie horľavé zložky plynu, ako sú CH₄ a H₂ znížia kritickú úroveň, t. j. ak je prítomný vodík s obsahom približne 2 %, kritická úroveň sa zníži na približne 5 %.

Špecifickými potenciálnymi zdrojmi vznietenia pre textilné filtre môže byť statické zaťaženie spôsobené trením umelých vlákien alebo v prípade hybridných filtrov (kombinácia ESP s textilným filtrom) nahromadené statické zaťaženie na vakoch. Aby sa zabránilo prerušeniu, najmä v prípade mlynov na uhlie, sú vaky vybavené sieťkou z nehrdzavejúcich vlákien alebo vodivým povrchom a sú uzemnené k doske bunky vakovej komory. Podobne aj pri hybridných odlučovačoch prachu sa odporúča uzemniť kletku na podporu vaku s doskou bunky. Rovnako ako pri systéme ESP sa musí CO vyčistiť. Preplachovanie mlynov na uhlie sa prednostne vykonáva pomocou inertného plynu, ako je pecný plyn, CO₂ alebo N₂.

Hospodárske vplyvy

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

Usmernenie týkajúce sa kontroly núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO (pozri oddiel 6.2.6) [83, CEMBUREAU 2006].

[60, VDI 2094 Nemecko 2003], [158, Nemecko 2007], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.5.4 Zníženie celkového objemu emisií organického uhlíka (TOC)

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Za normálnych okolností sú emisie prchavých organických zlúčenín (VOC) vo všeobecnosti nízke, ale môžu byť vyššie z dôvodu obsahu organických prchavých látok v surovinách, ktoré sa používajú v prevádzke. Prírodné alebo odpadové suroviny s vysokým obsahom prchavých organických zlúčenín by sa nemali, ak je možná voľba, privádzať do systému pece cestou dávkovania surovín a palív s vysokým obsahom halogénov by sa nemali používať pri sekundárnom výpale.

Ak sa vyskytnú zvýšené koncentrácie prchavých organických látok, možno zvážiť adsorpciu na aktívnom uhlí ako v iných odvetviach.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadne problémy.

Prevádzkové údaje

Emisie TOC vykázané z európskych cementárenských pecí sa pohybujú v rozmedzí od 1 do 40 mg/Nm³ (ročné priemerné hodnoty) a môžu byť vyššie v závislosti od vlastností surovín (pozri oddiel 1.3.4.5).

Pri spalovaní odpadu sa musia dodržiavať požiadavky kapitoly IV a prílohy VI k smernici 2010/75/EÚ.

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sú v zásade uplatniteľné pre cementárenské pece.

Hospodárske vplyvy

Neboli poskytnuté žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[9, CEMBUREAU 1997, november], [59, Európska únia 2000], [76, Nemecko 2006], [97, CEMBUREAU 2007], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.5.5 Zníženie chlorovodíka (HCl) a fluorovodíka (HF)**Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy**

Používanie surovín a palív s nízkymi úrovňami chlóru a fluóru môže znížiť emisie chlóru a fluóru (pozri tiež oddiely 1.4.3.2 a 1.4.3.3). Okrem toho môže mať na emisie HCl a HF vplyv aj použitie absorpčného vstrekovania alebo práčkových techník.

Zlúčeniny chlóru kondenzujú vo vsádzkovom otvore pece alebo na prachu z pece pri teplotách 700 až 900 °C. Vykazujú cyklické správanie a môžu sa obohatiť v oblasti medzi rotačnou pecou a predohrievačom. Použitie obtoku na vstupe do pece umožňuje účinnú redukciu cyklu alkalických chloridov. Okrem toho použitie nízkych úrovní chlóru v surovinách a palivách má za výsledok nízku cirkuláciu chlóru a môže minimalizovať obohacovací cyklus vyplývajúci z vnútornej cirkulácie medzi pecou a predohrievačom.

90 až 95 % fluóru, ktorý je prítomný v rotačných peciach, sa zachytí v slinku a zvyšok je viazaný na prach vo forme fluoridu vápenatého (CaF_2), ktorý je v podmienkach procesu spaľovania stabilný.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Použitie obtokového systému (odvádzanie horúcich surovín a horúceho plynu) vedie k vyššej špecifickej spotrebe energie (pozri oddiel 1.4.2.1.4) a k zvýšenému množstvu odpadu určeného na likvidáciu.

Prevádzkové údaje

Uvádzali sa údaje o najlepšej výkonnosti pre emisie HCl v rozsahu od 0 do 8 mg/Nm³ (ročná priemerná hodnota), ktoré však záviseli od obsahu chlóru v surovinách a palivách (pozri oddiel 1.3.4.8.1).

Najlepšie údaje o výkonnosti emisií HF z pecí na cement sú pod 0,6 mg/Nm³ (ročná priemerná hodnota), vyjadrené ako HF (pozri aj oddiel 1.3.4.8.2).

Pri spoluspaľovaní odpadu sa musia dodržiavať požiadavky kapitoly IV a prílohy VI k smernici 2010/75/EÚ.

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sú v zásade uplatniteľné v odvetví výroby cementu.

Hospodárske vplyvy

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[59, Európska únia 2000], [76, Nemecko 2006], [97, CEMBUREAU 2007], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.6 Zníženie emisií polychlórovaných dibenzo-p-dioxínov (PCDD) a polychlórovaných dibenzofuránov (PCDF)

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Cementárske pece vo všeobecnosti emitujú veľmi nízke úrovne emisií PCDD/F; na ich minimalizáciu však možno použiť všeobecné primárne techniky, ako napríklad:

- plynulý a stabilný proces v peci, ktorá sa prevádzkuje čo najbližšie pri nastavených hodnotách parametrov procesu, je prospešný pre všetky emisie z pece, ako aj pre spotrebu energie. To sa dá dosiahnuť použitím:
 - optimalizácie riadenia procesov vrátane počítačového systému automatického riadenia,
 - používania moderných systémov dávkovania paliva,
- minimalizácie spotreby energie na palivo prostredníctvom:
 - predohrievania a predkalcinácie vzhlľadom na existujúcu konfiguráciu systému pece,
- starostlivého výberu a kontroly látok plnených do pece,
 - výberu a používania homogénnych surovín a palív s nízkym obsahom síry, dusíka, chlóru, kovov a prchavých organických zlúčenín, ak je to možné.

Na minimalizáciu možnosti reformácie PCDD/F sa za najdôležitejšie považujú tieto primárne techniky:

- rýchle ochladenie odpadových plynov z pece na teplotu nižšiu ako 200 °C v dlhých mokrých a dlhých suchých peciach bez predohrievača. V moderných peciach s predohrevom a predkalcinátorom je už táto funkcia zabudovaná
- ako obmedzenie alebo vylúčenie odpadu používaného ako suroviny ako súčasť surovinovej zmesi, ak obsahuje organické chlórované materiály,
- nepoužívanie podávania odpadového paliva počas štartov a odstávok,
- monitorovanie a stabilizácia kritických parametrov procesu, t. j. homogénnej surovej zmesi a paliva, pravidelného dávkovania a prebytku kyslíka [86, EURITS 2006], [88, SINTEF 2006],
- palivá s vysokým obsahom halogénov by sa nemali používať pri sekundárnom výpale.

Ak sa však vyskytnú zvýšené koncentrácie PCDD/PCDF, môže sa zväziť adsorpcia na aktívnom uhlí ako v iných odvetviach.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Používanie zhášacích systémov odpadových plynov, ktoré pozostávajú zo systému rozprašovania vody v rámci dymovodu, môže mať vplyv na účinnosť energie.

Prevádzkové údaje

Väčšina cementárenských pecí môže dosiahnuť úroveň emisií 0,1 ng I-TEQ/Nm³, ak sa použijú primárne techniky [88, SINTEF 2006]. V roku 2004 jednotlivé merania ukázali, že vysoký počet všetkých pecí v krajinách EÚ 27 a EÚ 23+ dosahuje úrovne emisií medzi <0,03 a 0,05 ng I – TEQ/Nm³ použitím primárnych techník (pozri obrázok 1.39 v oddiele 1.3.4.6). Okrem toho mnohé cementárne dosiahli úrovne emisií <0,03 ng I-TEQ/Nm³ ako ročné priemerné hodnoty (pozri obrázok 1.38 v oddiele 1.3.4.6).

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sú v zásade uplatniteľné na cementárenské pece. V mokrých peciach sa môžu emisie PCDD/F minimalizovať riadením prevádzkových podmienok po peci.

Hospodárske vplyvy

Neboli poskytnuté žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[86, EURITS 2006], [88, SINTEF 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.7 Zníženie emisií kovov

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Do systému pece by sa nemalo privádzať množstvo materiálov s vysokým obsahom prchavých kovov. Použitie materiálov s vysokým obsahom prchavých kovov, ako sú Hg a Tl, by sa malo obzvlášť kontrolovať, pretože budú viesť k vyšším emisiám, zatiaľ čo ostatné kovy sa budú nachádzať v slinku a prachu. Starostlivý výber a zaručené vlastnosti látok vstupujúcich do pece môžu znížiť emisie, napr. použitím systému zabezpečenia kvality na zaručenie vlastností použitých odpadových materiálov (pozri oddiely 1.4.3.2 a 1.4.3.3).

Hromadenie kovov, najmä tália, vo vnútorných a vonkajších cykloch systému cementárskych pecí má za výsledok zvyšovanie emisií s rastúcim časom prevádzky pece. Tento stav sa dá znížiť čiastočným alebo úplným prerušením týchto cyklov. Úzke prepojenie medzi vnútornými a vonkajšími cyklami však znamená, že stačí prerušiť len vonkajší cyklus. To sa dá dosiahnuť tak, že sa prach zachytený v odlučovači prachu vyhodí namiesto toho, aby sa vrátil do surovínovej múčky. Ak je jeho chemické zloženie vhodné, môže sa tento vyradený prach z cementárskych pecí pridávať priamo do fázy mletia cementu [27, Univerzita Karlsruhe 1996].

Keďže emitované kovy (okrem časti ortuti) sú do veľkej miery viazané na prach, stratégie znižovania emisií kovov sú zahrnuté v stratégiách znižovania emisií prachu. Účinné odstraňovanie prachu znižuje emisie kovov. Jedným zo spôsobov minimalizácie emisií ortuti je zníženie teploty odpadových plynov. Prchavé prvky zostávajú v procese a vystupujú z pece ako súčasť zloženia cementového slinku. Pri výskyte vysokých koncentrácií prchavých kovov (najmä ortuti) je potrebné minimalizovať obsah prchavých kovov (najmä ortuti) v materiáloch a môže byť potrebné obmedziť vstup týchto látok do systému pece (pozri oddiely 1.3.4.13, 1.4.3.2 a 1.4.3.3).

Okrem toho je možné využiť absorpciu na aktívnom uhlí. Poloprchavé kovy kondenzujú ako jemné výpary a zachytávajú sa, ale s nižšou účinnosťou odstraňovania ako v prípade neprchavých kovov. Keď sa do systému pece dostanú neprchavé kovy, sú do veľkej miery zachytené v slinku (pozri oddiel 1.3.4.7).

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Účinné odstraňovanie prachu tiež znižuje emisie kovov.

Prevádzkové údaje a použiteľnosť

Pomocou vstrekovania práškoveho aktívneho uhlia sa ortuť adsorbuje aktívnym uhlím. Účinnosť odstraňovania ortuti (kovovej a iónovej) sa pri tomto opatrení/technike uvádza približne na úrovni 85 – 95 %. Výsledkom sú emisie Hg na úrovni 0,01 – 0,03 mg/Nm³. Pre toto meranie/techniku však neexistuje žiadna priemyselná referenčná metóda.

Statický filter s aktívnym uhlím alebo koksový filter zahŕňa adsorpciu ortuti s PCDD/F na filteri s aktívnym uhlím, ktorý má tvar plneného lôžka s modulárnymi deliacimi stenami. Použitie tohto merania/techniky zabezpečuje emisie Hg pod 0,03 mg/Nm³. Keď je filter nasýtený, musí sa pravidelne vymieňať. Odpad, ako napríklad použité aktívne uhlie s obsahom PCDD/F a iných znečisťujúcich látok, napríklad ortuti, je nebezpečným odpadom a ako s takým sa s ním musí nakladať [86, EURITS 2006].

V krajinách EÚ 23+ sa však používa len jeden filter s aktívnym uhlím, a to v Siggenthale vo Švajčiarsku (pozri oddiel 1.4.5.2.3).

Okrem toho sa emisie ortuti v rozmedzí $<0,01 - 0,05 \text{ mg/Nm}^3$ dosiahli aj bez vstrekovania aktívneho uhlia, ako je znázornené na obrázku 1.46 (jednotlivé merania) a obrázku 1.47 (ročné priemerné hodnoty, pozri oddiel 1.3.4. 7.1).

Pri spoluspaľovaní odpadu sa musia dodržiavať požiadavky kapitoly IV a prílohy VI k smernici 2010/75/EÚ.

Hospodárske vplyvy

Požadovaný systém zabezpečenia kvality, ktorý zaručuje vlastnosti materiálov dodávaných do pece, môže mať za následok dodatočné náklady.

Účinné odstraňovanie prachu môže zabrániť vysokým nákladom na filtre s aktívnym uhlím.

V prípade prevádzky Siggental vo Švajčiarsku financovalo mesto Zürich približne 30 % celkových nákladov na investície vo výške približne 15 miliónov EUR.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Vzorové prevádzky

Siggental, Švajčiarsko

Odborná literatúra

[27, Univerzita Karlsruhe 1996], [59, Európska únia 2000], [86, EURITS 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

1.4.8 Príklady údajov o nákladoch pre rôzne techniky znižovania emisií plynu a primárne techniky, ktoré možno použiť na zníženie emisií

1.4.8.1 Príklad údajov o nákladoch na techniky znižovania prachu

V tabuľke 1.39 sú uvedené príklady výpočtov nákladov na techniky znižovania prachu. Uvažovalo sa o rôznych technikách znižovania prachu, ako sú ESP a textilné filtre. Variabilné prevádzkové náklady zahŕňajú náklady na elektrickú energiu, prácu a likvidáciu prachu a sú v tejto tabuľke opísané samostatne. Okrem toho kľúčové charakteristiky rôznych textilných filtrov spolu s rozpisom nákladov nájdete v oddiele 1.4.4.3.2, kde sú v tabuľke 1.32 uvedené technické aplikácie vlákien. Informácie v tabuľke 1.32 sú zostavené z roku 2003 a budú podliehať miestnym fixným nákladom, pokiaľ ide o energiu a prácu. Je potrebné poznamenať, že v tabuľke 1.32 nie sú zohľadnené náklady na výmenu filtračných médií v textilných filtroch.

Tabuľka 1.39: Príklady údajov o nákladoch na techniky znižovania emisií prachu

Investície a náklady na techniky znižovania prachu					
Parameter	Jednotka	Opatrenie/technika znižovania emisií			
		ESP		Textilný filter	
Opis referenčnej inštalácie		I ⁽⁰⁾	II.	I ⁽⁰⁾	II.
Kapacita	t slinku/d	1 100	3 000	1 100	3 000
Životnosť	yr	35		35	
Faktory prevádzky	h/rok	7 680		7 680	
Investičné náklady	k EUR	1 500	2 100 – 4 600 ⁽⁸⁾ 4 500 – 6 000 ⁽⁹⁾	1 750	2 100 – 6 800 ⁽¹⁰⁾ 4 000 – 8 000 ⁽¹¹⁾
Ročné kapitálové náklady	k EUR				
Miera úroku	%/100/rok	4		4	
Životnosť riadiaceho zariadenia	yr	10		10	
Celkom	k EUR	184,94		215,76	
Celkom	k EUR/t slinku	5.25E-04		6.13E-04	
Fixné prevádzkové náklady	%/rok ⁽²⁾	4		4	
Celkom	k EUR	60		70	
Celkom	k EUR/t slinku	1.70E-04		1.99E-04	
Variabilné prevádzkové náklady	k EUR/t slinku	3.15E-04		3.77E-04	
Náklady na tonu slinku	k EUR/t slinku	1.01E-03		1.19E-03	
Náklady na tonu znížených PM⁽³⁾	k EUR/t znížených PM				
Faktor neznižených emisií ⁽¹⁾	t PM/t slinku	0,13		0,13	
	mg/Nm ³	56,520		56,520	
Faktor znížených emisií ⁽¹⁾	t PM/t slinku	0,000046		0,000046	
	mg/Nm ³	20		20	
Celkom	k EUR/t znížených PM	0,008		0,009	
Celkové prevádzkové náklady	EUR/t slinku		0,1 – 0,3		0,1 – 0,35
Stanovenie variabilných prevádzkových nákladov					
Náklady na elektrickú energiu⁽⁴⁾					
Dodatočný dopyt po elektrickej energii (e ⁽⁵⁾)	kWh/t slinku	4,15		5,24	
	kW	190		240	
Cena elektrickej energie (e ⁽⁵⁾)	EUR/kWh	0,0569		0,0569	
Celkom	k EUR/t slinku	2.36E-04		2.98E-04	

Investície a náklady na techniky znižovania prachu					
Parameter	Jednotka	Opatrenie/technika znižovania emisií			
		ESP		Textilný filter	
Náklady na mzdy ⁽⁶⁾					
Dopyt po práci (e ¹)	osoborok/t slinku	2.13E-06		2.13E-06	
Mzdy (c ¹)	k EUR/osoborok	37,234		37,234	
Celkom	k EUR/t slinku	7.93E-05		7.93E-05	
Náklady na likvidáciu prachu ⁽⁷⁾					
Celkom	k EUR/t slinku	0		0	
Celkové variabilné prevádzkové náklady	k EUR/t slinku	3.15E-04		3.66E-04	

k EUR = tisíc EUR
 (0) Údaje z roku 2000, referenčná cementáreň s kapacitou 1 100 ton denne, čo predstavuje priemer EÚ 15 v roku 1995
 (1) 10 % O₂ a suchý plyn
 (2) Z investícií
 (3) Rozdelenie 50 % ESP a 50 % textilného filtra; použitie priemeru medzi ESP a textilným filtrom
 (4) Náklady na elektrickú energiu = $e^e - c^e/10^3$ (k EUR/t)
 (5) Dodatočný dopyt po elektrickej energii = nová celková spotreba – stará celková spotreba
 (6) Mzdové náklady = $e^1 - c^1$ (k EUR/t)
 (7) Náklady na likvidáciu prachu = $e^d \cdot c^d \cdot e^f$ neznižované $f/10^3$ (k EUR/t) E^f neznižované: neznižovaná emisia znečisťujúcej látky (t znečisťujúcej látky/t) e^d : potreba odstraňovania prachu (t/t odstránenej znečisťujúcej látky)
 c^d : špecifické náklady na likvidáciu prachu (EUR/t)
 f : účinnosť odstraňovania (=1-efznížené/efneznižované)
 (8) Údaje za rok 2000 zahŕňajú náklady na investície do chladiacej veže a filtračného ventilátora (0,6 – 0,8 mil. EUR)
 (9) Údaje za rok 2006
 (10) Zahŕňa náklady na investície do chladiacej veže a filtračného ventilátora (0,6 – 0,8 mil. EUR)
 (11) Pre účinnosť separácie >99,9 % v závislosti od typu a počtu použitých filtračných vakov
 Zdroj: [9, CEMBUREAU 1997, november], [76, Nemecko 2006], [100, Francúzsko 2006], [102, Francúzsko/DFIU/IFARE Karlsruhe 2003], [103, CEMBUREAU 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008]

1.4.8.2 Príklad údajov o nákladoch na techniky znižovania emisií NO_x

V tabuľke 1.40 sú uvedené príklady výpočtov nákladov na techniky znižovania emisií NO_x pre referenčnú cementáreň s kapacitou, ktorá predstavuje priemer EÚ 15 v roku 1995 (1 100 t/d), a príklady s rôznymi kapacitami. Skúmané techniky znižovania emisií NO_x sú SNCR, SCR a primárne techniky znižovania emisií NO_x. Variabilné prevádzkové náklady zahŕňajú náklady na elektrickú energiu a prácu a náklady na amoniak používaný na SNCR sú v tejto tabuľke opísané samostatne.

Okrem toho porovnanie nákladov na techniky znižovania emisií NO_x SNCR v porovnaní s SCR podľa nemeckej UBA pre nemeckú prevádzku nájdete v oddiele 6.2.4.2, tabuľka 6.26. Investičné aj prevádzkové náklady boli vypočítané pre rôzne dosiahnuté úrovne NO_x, t. j. 200 a 500 mg/Nm³. Ako vyplýva z tabuľky 6.26, operácie na SNCR a SCR – vrátane nákladov na výmenu katalyzátora – sú pri cieľovej úrovni NO_x 500 mg/Nm³ približne rovnaké, zatiaľ čo celkové špecifické náklady na SCR sú približne o 50 % vyššie ako na SNCR. Pri cieľovej úrovni NO_x 200 mg/Nm³ sa zdá, že SCR je účinnejší, pokiaľ ide o prevádzkové náklady, ale celkové špecifické náklady sú stále na rovnakej úrovni ako v prípade SNCR [76, Nemecko 2006].

Tabuľka 1.40: Príklady nákladov na techniky znižovania emisií NO_x

Investície a náklady na techniky znižovania emisií NO _x						
Parameter	Jednotka	Opatrenie/technika znižovania emisií ⁽¹⁾				
		Primárne opatrenia/techniky pre NO _x ⁽²⁾	Chladenie plameňa ⁽³⁾	Viacstupňové ⁽⁷⁾ spaľovanie	SNCR ⁽⁸⁾	SCR
Opis referenčného zariadenia						
Kapacita	t slinku/d	1 100	3 000	3 000	1 100	1 500 ⁽⁷⁾
Kapacita	t slinku/rok	352 000				
Životnosť	yr	35			35	
Faktory prevádzky	h/rok	7 680			7 680	
Investičné náklady	v miliónoch EUR	0,25	do 0,2	0,1 – 2 ⁽⁸⁾ 1 – 4 ⁽⁹⁾ 15 – 20 ⁽¹⁰⁾	0,6	
Konkrétne investičné náklady	EUR/t slinku				0,08 – 0,14 ⁽⁷⁾	0,83 – 0,87 ⁽⁷⁾
Ročné kapitálové náklady	k EUR					
Úroková miera	%/100/rok	4			4	
Životnosť kontrolného zariadenia	yr	8			10	
Celkom	k EUR	37,13			166,97	
Celkom	k EUR/ t slinku	1.05 E-04	až do 2.5E-04		4.74E-04	
Fixné prevádzkové náklady	%/rok ⁽²⁾	4			4	
Celkom	k EUR	10			24	
Celkom	k EUR/ t slinku	2.84E-05			6.82 E-05	
Variabilné prevádzkové náklady	k EUR/ t slinku	2.64 E-05			5.69 E-04	
Náklady na tonu slinku	k EUR/t slinkok	1.60 E-04			1.11 E-03	
Náklady na tonu zníženého NO _x ⁽²⁾	k EUR/t NO _x znížené				330 – 450 ⁽⁷⁾	470 – 540 ⁽⁷⁾
Faktor neznižovaných emisií ⁽¹⁾	t NO _x /t slinku	0,00322			0,002415	
	mg/Nm ³	1 400			1 050	
Účinnosť zníženie ⁽¹⁾	%	25			62	
Celkom	k EUR/t NO _x znížené	0,2			0,74	
Katalyzátory Náklady na výmenu	EUR/t slinku					0,10 – 0,13 ⁽⁷⁾
Stanovenie variabilných prevádzkových nákladov						
Náklady na elektrickú energiu ⁽²⁾						
Dodatočný dopyt po elektrickej energii (e ^o) ⁽⁴⁾	kWh/t slinku	0,44			0,13	
	kW	20			5,96	
Cena elektrickej energie (e ^o)	EUR/kWh	0,0569			0,0569	
Celkom	k EUR/ t slinku	2.48 E-05			7.40 E-06 0,03 – 0,06 ⁽⁷⁾	0,10 – 0,11 ⁽⁷⁾
Náklady na amoniak ⁽⁶⁾						
NH ₃ akumulácia vody	v miliónoch EUR					
efnežnížen	t znečisťujúcej látky/ t slinku	–			0,002415	

Investície a náklady na techniky znižovania emisií NO _x						
Parameter	Jednotka	Opatrenie/technika znižovania emisií ⁽¹⁾				
		Primárne opatrenia/techniky NO _x ⁽⁰⁾	Chladenie plameňa ⁽⁸⁾	Viacstupňové ⁽⁷⁾ spaľovanie	SNCR ⁽⁹⁾	SCR
NH ₃ /NO _x (mol/mol) pre emitované NO _x		–			1,5	
Špecifický dopyt po NH ₃ (e ⁵)	t/t znečisťujúca látka odstránené	–			0,89	
Cena NH ₃ (e ⁵)	EUR/t	–			0,26 – 0,64 ⁽⁷⁾ 400	0,13 – 0,26 ⁽⁷⁾
Účinnosť odstránenia	%	–			62	
Celkom	k EUR/ t slinku	–			5.36 E-04	
Náklady na mzdy⁽⁶⁾						
Dopyt po práci (e ¹)	osoborok/ t slinku	7.10 E-07			7.10 E-07	
Mzdy (e ¹)	k EUR/ osoborok	37,234			37,234	
Celkom	k EUR/ t slinku	2.64 E-05			2.64 E-05	
Celkové variabilné prevádzkové náklady	k EUR/t	2.48 E-05			5.69 E-04 0,30 – 0,70 ⁽⁷⁾	0,33 – 0,70 ⁽⁷⁾
Celkové náklady (investičné a prevádzkové)	EUR/ t slinku				0,38 – 0,62 ⁽⁷⁾ 0,85 ⁽¹¹⁾	0,83 – 0,87 ⁽⁷⁾ 2,3 ⁽¹¹⁾
k EUR = tisíc EUR (0) Údaje z roku 2000, referenčná cementáreň s kapacitou 1 100 ton denne, čo predstavuje priemer EÚ 15 v roku 1995 (1) 10 % O ₂ a suchý plyn (2) Z investícií (3) Náklady na elektrickú energiu = e ^c – c ^o /10 ³ (k EUR/t) (4) Dodatočný dopyt po elektrickej energii = nová celková spotreba – stará celková spotreba (5) Mzdové náklady = e ¹ – c ¹ (k EUR/t) (6) Náklady na amoniak = e ^d – c ^d – efneznížené – f/103 (k EUR/t) Efneznížené: faktor neznižovaných emisií znečisťujúcej látky (t znečisťujúcej látky/t) e ^d : špecifická dopyt po NH ₃ (t/t odstránenej znečisťujúcej látky) c ^d : špecifické náklady na likvidáciu prachu (EUR/t) f: účinnosť odstránenia (= 1 – efzmižené/efzmižené) (7) Nemecko, závisí od úrovne redukcie NO _x na 500 alebo 200 mg/Nm ³ (8) Pec s predkalcinátorom (9) Predkalcinátor a terciárne potrubie pre pec s predohrievačom s kapacitou 3 000 t/d s roštovým chladičom do pece s predohrievačom (10) Transformácia pece s predohrievačom s kapacitou 3 000 t/d so satelitným chladičom na pec s predkalcinátorom s roštovým chladičom (11) Rakúsko Zdroj: [76, Nemecko 2006], [85, CEMBUREAU 2006], [100, Francúzsko 2006], [102, Francúzsko/DFIU/IFARE Karlsruhe 2003], [105, YARA 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008]						

1.4.8.3 Príklad údajov o nákladoch na techniky znižovania emisií SO_x

V tabuľke 1.41 sú uvedené príklady výpočtov nákladov na techniky znižovania emisií SO_x pre referenčnú cementáreň s kapacitou 1 100 t/d. Skúmanými technikami znižovania emisií SO_x sú vstrekovanie absorbentu a/alebo mokré práčky. Variabilné prevádzkové náklady zahŕňajú náklady na elektrickú energiu a mzdové náklady a náklady na likvidáciu odpadu a vápna sú v tejto tabuľke opísané samostatne.

Tabuľka 1.41: Príklad nákladov na techniky znižovania emisií SO_x

Investičné a prevádzkové náklady na techniky znižovania emisií SO _x			
	Jednotka	Opatrenie/technika znižovania emisií	
		Absorpčné vstrekovanie ^(b)	Mokrú práčka 75 % ^(b)
Opis referenčnej inštalácie			
Kapacita	t slinku/d	1 100	1 100
Kapacita	t slinku/rok	352 000	352 000
Prietok odpadových plynov ⁽¹⁾	Nm³/h		105 417
Životnosť	yr	35	35
Faktory prevádzky	h/rok	7 680	7 680
Investičné náklady	k EUR	200	5 500
Ročné kapitálové náklady	k EUR		
Úroková miera	%/100/rok	4	4
Životnosť kontrolného zariadenia	yr	10	10
Celkom	k EUR	24,66	678,10
Celkom	k EUR/t slinku	7.01E-05	1.93E-03
Fixné prevádzkové náklady	%/rok ⁽²⁾	4	4
Celkom	k EUR	8	220
Celkom	k EUR/t slinku	2.27E-05	6.25E-04
Variabilné prevádzkové náklady	k EUR/t slinku	6.98E-04	6.06E-04
Náklady na tonu slinku	k EUR/t slinku	7.91E-04	3.16E-03
Náklady na tonu SO _x znížené	k EUR/t znížených emisií SO _x		
Faktor neznížených emisií	t SO _x /t slinku	0,0023	0,00368
	mg/Nm³	1 000	1 600
Účinnosť znižovania emisií	%	60	75
Celkom	k EUR/t znížených emisií SO _x	0,573	1,144
Stanovenie variabilných prevádzkových nákladov			
Náklady na elektrickú energiu ⁽³⁾			
Dopyt po dodatočnej elektrickej energii (e ^c) ⁽⁴⁾	kWh/t slinku	1,53	8,18
	kW	70	375
Cena elektrickej energie (c ^e)	EUR/kWh	0,0569	0,0569
Celkom	k EUR/t slinku	8.69E-05	4.66E-04
Náklady na likvidáciu odpadu			
Faktor neznížených emisií znečisťujúcej látky (ef _{neznížené} ⁽⁶⁾)	t znečisťujúcej látky/t slinku	0,0023	–
Dopyt po likvidácii odpadu (e ^s)	t/t odstránenej znečisťujúcej látky	0	–
Náklady na špecifickú likvidáciu odpadu (c ^s)	EUR/t		–
Účinnosť odstraňovania (f)	%	60	–
Celkom	k EUR/t slinku	0	0
Náklady na vápno/vápenec			
Faktor neznížených emisií znečisťujúcej látky (ef _{neznížené} ⁽⁶⁾)	t znečisťujúcej látky/t slinku	0,0023	0,00368
	Pomer Ca/S (mol/mol) pre emitované SO _x	2,2	
	Pomer Ca/S (mol/mol) pre odstránené SO _x		1,02

Investičné a prevádzkové náklady na techniky znižovania SO _x			
	Jednotka	Opatrenie/technika znižovania emisií	
		Absorpčné vstrekovanie ⁽⁰⁾	Mokrú práčku 75 % ⁽⁰⁾
Dopyt po špecifickom sorbente (e ^s)	t vápno/t znečisťujúca látka odstránené	4,24	–
Dopyt po špecifickom vápenci (e ^s)	t vápno/t znečisťujúca látka odstránené		1,59
Cena sorbentu (c ^s)	EUR/t	100	20
Účinnosť odstraňovania (f)	%	60	75
Celkom	k EUR/t slinku	5.85E-05	8.80E-05
Náklady na mzdy⁽⁵⁾			
Dopyt po práci (e ^l)	osoborok/t slinku	7.10E-07	1.42E-06
Mzdy (c ^l)	k EUR/osoborok	37,234	37,234
Celkom	k EUR/t slinku	2.64E-05	5.29E-05
Celkové variabilné prevádzkové náklady	k EUR/t slinku	6.98E-04	6.06E-04
k EUR = tisíc EUR (0) Údaje z roku 2000, referenčná cementáreň s kapacitou 1 100 ton denne, čo predstavuje priemer EÚ 15 v roku 1995 (1) 10 % O ₂ a suchý plyn (2) Z investícií (3) Náklady na elektrickú energiu = e ^s - c ^s /10 ³ (k EUR/t) (4) Dodatočný dopyt po elektrickej energii = nová celková spotreba – stará celková spotreba (5) Mzdové náklady = e ^l - c ^l (k EUR/t) (6) Náklady na vápno = e ^s - c ^s - ef _{neznížené} - f/103 (k EUR/t) ef _{neznížené} : faktor neznížených emisií znečisťujúcej látky (t znečisťujúcej látky/t) e ^s : dopyt po špecifickom vápne (t/t odstránenej znečisťujúcej látky) c ^s : cena vápna(EUR/t) f: účinnosť odstránenia (=1-ef _{znížené} /ef _{neznížené}) Zdroj: [100, Francúzsko 2006], [102, Francúzsko/DFIU/IFARE Karlsruhe 2003], [168, TWG CLM 2007]			

1.4.9 Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu

Opis

Pokiaľ je to možné, zhromaždený prach (odprašky) by sa mal opätovne použiť v procese výroby. Túto recykláciu možno vykonať priamym dávkovaním do pece alebo do vsádzkového otvoru pece (obmedzujúcim faktorom je obsah alkalických kovov) alebo zmiešaním s hotovými cementárskymi výrobkami. Pre materiál, ktorý sa nedá recyklovať, možno nájsť alternatívne využitie.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie množstva odpadu vznikajúceho v procese spolu s úsporou surovín.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Obsah kovov v odpraškoch je limitujúcim faktorom pre použitie odpraškov ako suroviny a môže mať negatívny vplyv na emisie kovov.

Okrem toho je obsah chlóru v odpraškoch limitujúcim faktorom pre použitie odpraškov a recyklácia musí byť prispôbena požiadavkám na kvalitu výrobku (vsádzka pece alebo miešanie s hotovými cementárskymi výrobkami).

Prevádzkové údaje

Neboli poskytnuté žiadne údaje.

Uplatniteľnosť

Opätovné využitie procesných strát, resp. odpadu v priebehu procesu je v zásade uplatniteľné v odvetví výroby cementu (pozri oddiel 1.3.5).

Hospodárske vplyvy

Neboli poskytnuté žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

[86, EURITS 2006], [88, SINTEF 2006], [75, Estónsko 2006], [103, CEMBUREAU 2006], [168, TWG CLM 2007].

1.4.10 Hluk**Opis**

Tento oddiel sa zaoberá možnosťami zníženia hluku, ktorý sa vyskytuje v niekoľkých fázach procesov výroby cementu.

Zníženie emisií hluku možno často dosiahnuť priamym použitím techník priamo pri zdroji hluku. Zdrojmi hluku sú napríklad ťažba a proces surovín, ako aj výroba cementu/slinku, drviace jednotky, mletie a prípravné jednotky, samotné cementárenské pece, napr. cementárske mlyny, pásové dopravníky, filtračné jednotky, chladiace systémy pecí, ako sú satelitné chladiče atď. Emisie hluku vznikajú v celom reťazci procesov od odstrelov v lome až po expedíciu konečných výrobkov.

V cementárňach možno použiť rôzne techniky na zníženie hluku s cieľom znížiť úroveň hluku na ochranu okolia, ako napríklad:

- kryt hlučnej jednotky,
- vibračná izolácia jednotiek,
- použitie vnútorného a vonkajšieho obloženia žľabov z odolného materiálu,
- zvukovo izolované budovy, ktoré slúžia ako úkryt pre všetky procesy, pri ktorých sa používa zariadenie na transformáciu materiálu,
- budovanie protihlukových stien,
- výstupné tlmiče hluku pre odpadové komíny,
- izolácia potrubí a napokon dúchadiel, ktoré sú umiestnené v zvukovo izolovaných budovách.

Ak nie je možné použiť vyššie uvedené techniky ochrany pred hlukom a ak nie je možné premiestniť hlučné jednotky do vnútra budovy, napr. vzhľadom na veľkosť pecí a ich zariadení, musia sa vykonať sekundárne techniky ochrany pred hlukom, napr. výstavba budov alebo prírodných bariér, ako sú rastúce stromy a kríky medzi chráneným priestorom a hlučnou činnosťou, napr. pecou alebo sklado. Dvere a okná krytých priestorov musia byť počas hlučnej prevádzky zatvorené.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie emisií hluku.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadne problémy.

Prevádzkové údaje

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Uplatniteľnosť

Techniky na zníženie hluku sú v zásade uplatniteľné v odvetví výroby cementu (pozri oddiel 1.3.7).

Hospodárske vplyvy

Kvôli technikám ochrany proti hluku môžu vzniknúť dodatočné investičné náklady a náklady na údržbu.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Cementárne v EÚ 27.

Viac informácií o znižovaní hluku a schéme znižovania hluku nájdete v kapitole o vápne, oddiel 2.4.10.

[45, Schorcht 2006] [81, Castle Cement UK 2006] [168, TWG CLM 2007].

1.4.11 Všeobecné aspekty zápachu

Zápachu spôsobenému emisiami uhlíkovodíkov sa dá predísť tepelným dohorením, použitím filtra s aktívnym uhlím alebo privádzaním zodpovednej suroviny do horúcej zóny pece.

Ak zápach spôsobujú zlúčeniny síry, riešením môže byť zmena paliva a/alebo suroviny, pozri aj oddiel 1.4.5.2.

Zápach môže byť spôsobený aj skladovaním odpadu, ktorý sa používa ako suroviny alebo palivá. Miesta na skladovanie odpadových materiálov môžu byť zakryté alebo sa môžu použiť systémy na skladovanie odpadu.

1.4.12 Nástroje environmentálneho manažérstva

Opis

formálny systém na preukázanie súladu s environmentálnymi cieľmi.

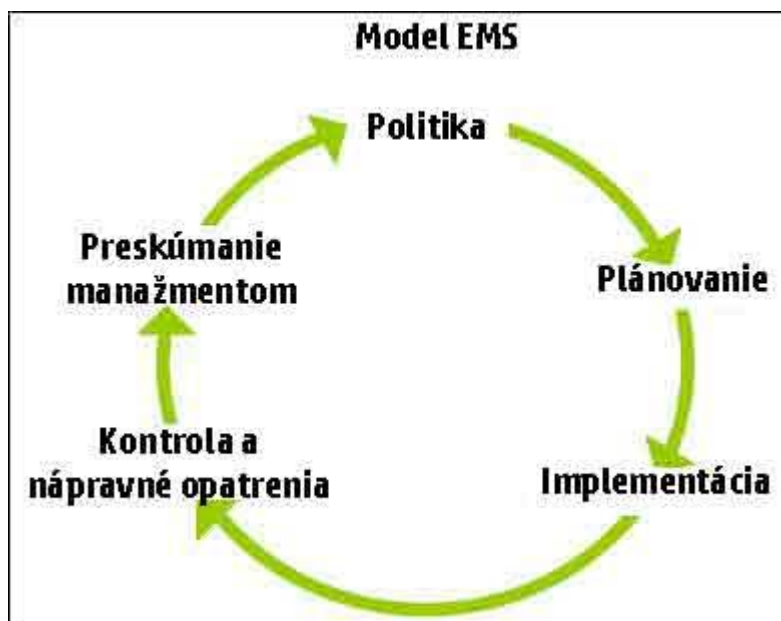
Technický popis

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

V tomto ohľade je systém environmentálneho manažérstva (EMS) technikou, ktorá umožňuje prevádzkovateľom zariadení systematicky a preukázateľne riešiť environmentálne otázky. EMS sú najúčinnnejšie a najefektívnejšie tam, kde tvoria neoddeliteľnú časť celkového manažmentu a prevádzky zariadenia.

EMS sústreďuje pozornosť prevádzkovateľa na environmentálnu výkonnosť zariadenia, najmä prostredníctvom aplikácie jasných prevádzkových postupov pre bežné aj iné ako bežné prevádzkové podmienky a stanovením súvisiacich linkách zodpovednosti.

Všetky účinné EMS obsahujú koncepciu kontinuálneho zlepšovania, čo znamená, že environmentálne manažment je kontinuálny proces, a nie projekt, ktorý má nakoniec hranicu. Existujú rôzne konštrukcie procesov, ale väčšina EMS je založená na cykle plánuj-vykonaj-kontroluj-konaj (ktorý je široko používaný v iných kontextoch manažmentu spoločnosti). Cyklus je iteračný dynamický model, v ktorom ukončenie jedného cyklu prechádza do začiatku ďalšieho (pozri obrázok 1.70).



Obrázok 1.70: Kontinuálne zlepšovanie v modeli EMS

EMS môže mať formu štandardizovaného alebo neštandardizovaného („prispôsobeného“) systému. Zavedenie a dodržiavanie medzinárodne uznávaného štandardizovaného systému, ako je napríklad norma EN ISO 14001:2004, môže zvýšiť dôveryhodnosť EMS, najmä ak sa podrobí riadne vykonanej externej kontrole. EMAS poskytuje dodatočnú dôveryhodnosť vďaka interakcii s verejnosťou prostredníctvom environmentálneho vyhlásenia a mechanizmu na zabezpečenie dodržiavania platných právnych predpisov v oblasti životného prostredia. Neštandardizované systémy však môžu byť v princípe rovnako účinné za predpokladu, že sú správne navrhnuté a vykonané.

Zatiaľ čo štandardizované systémy (EN ISO 14001:2004 alebo EMAS) aj neštandardizované systémy sa v zásade vzťahujú na **organizácie**, tento dokument má užší prístup a nezahŕňa všetky činnosti organizácie, napr. pokiaľ ide o jej výrobky a služby, vzhľadom na skutočnosť, že smernica upravuje len **zariadenia/prevádzky**.

EMS môže obsahovať tieto zložky:

1. angažovanosť manažmentu vrátane vrcholového manažmentu;
2. vymedzenie environmentálnej politiky, ktorá zahŕňa neustále zlepšovanie zariadenia zo strany manažmentu,
3. plánovanie a stanovenie potrebných postupov, úloh a cieľov v spojení s finančným plánovaním a investíciami;
4. realizáciu postupov osobitne zameraných na:
 - (a) štruktúru a zodpovednosť;
 - (b) odborné vzdelávanie, zvyšovanie informovanosti a odbornú spôsobilosť,
 - (c) komunikáciu;
 - (d) zapojenie zamestnancov;
 - (e) dokumentáciu;
 - (f) účinnú kontrolu procesov,
 - (g) programy údržby,
 - (h) pripravenosť na núdzové situácie a reakciu na ne;
 - (i) zabezpečovanie dodržiavania environmentálnych právnych predpisov;
5. kontrolu plnenia a prijímanie nápravných opatrení s osobným dôrazom na:
 - (a) monitorovanie a meranie (pozri tiež referenčný dokument o všeobecných princípoch monitorovania) [151, Európska komisia 2003].

- (b) nápravné a preventívne opatrenia;
 - (c) vedenie záznamov;
 - (d) nezávislé (tam, kde je to možné) interné a externé audity s cieľom určiť, či EMS zodpovedá plánovaným opatreniam a či sa správne zaviedol a riadne sa uplatňuje;
6. revízia systému EMS a jeho trvalej vhodnosti, primeranosti a účinnosti, ktorú vykoná vyššie vedenie;
 7. vypracovanie riadneho environmentálneho vyhlásenia;
 8. overenie certifikačným orgánom alebo externým overovateľom EMS;
 9. sledovanie vývoja čistejších technológií;
 10. zohľadnenie vplyvov na životné prostredie v dôsledku prípadného vyradenia zariadenia z prevádzky vo fáze plánovania nového zariadenia a počas jeho prevádzkovej životnosti,
 11. pravidelné vykonávanie referenčného porovnávania na úrovni odvetvia;

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

EMS podporuje a podporuje kontinuálne zlepšovanie environmentálnej výkonnosti zariadenia. Ak už má zariadenie celkovo dobrú environmentálnu výkonnosť, EMS pomáha prevádzkovateľovi udržať vysokú úroveň výkonnosti.

Environmentálna výkonnosť a prevádzkové údaje

Všetky významné spotreby (vrátane energie) a emisie sú prevádzkovateľom riadené koordinovaným spôsobom v krátkodobom, strednodobom a dlhodobom horizonte v spojení s finančným plánovaním a investičnými cyklami. To znamená, že napr. prispôbenie krátkodobých koncových riešení emisiám môže prevádzkovateľa dlhodobo viazať na vyššiu spotrebu energie a celkovo oddialiť investície do potenciálne environmentálne prospešnejších riešení. To si vyžaduje určité zváženie otázok týkajúcich sa viacerých médií a usmernenia k týmto otázkam a k otázkam nákladov a prínosov sú uvedené v referenčnom dokumente o hospodárskych vplyvoch a dosahu na viaceré zložky životného prostredia [179, Európska komisia 2006] a v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách pre energetickú účinnosť [181, Európska komisia 2008].

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadne hlásenie. Systematická analýza počiatočných environmentálnych vplyvov a možností zlepšenia v kontexte EMS vytvára základ pre posúdenie najlepších riešení pre všetky environmentálne médiá.

Technické aspekty týkajúce sa uplatnenia

Vyššie opísané komponenty možno zvyčajne použiť na všetky zariadenia v rámci rozsahu pôsobnosti tohto dokumentu. Rozsah (napr. miera podrobnosti) a povaha systému EMS (napr. normatívnosť alebo nenormatívnosť) bude vo všeobecnosti závisieť od povahy, miery a zložitosti zariadenia, ako aj od rozsahu jeho možného vplyvu na životné prostredie.

Hospodárske vplyvy

Je ťažké presne určiť náklady a ekonomické prínosy zavedenia a udržiavania dobrého EMS. Používanie EMS prináša aj ekonomické prínosy, ktoré sú výsledkom jeho používania a v jednotlivých odvetviach sa značne líšia.

Externé náklady súvisiace s overovaním systému možno odhadnúť na základe usmernenia vydaného Medzinárodným akreditačným fórom [186, IAF 2010].

Hnacie sily implementácie

Medzi hnacie sily pre vykonávanie EMS patria:

- zlepšená environmentálna výkonnosť;
- lepší prehľad o environmentálnych aspektoch spoločnosti, ktorý možno využiť pri plnení environmentálnych požiadaviek zákazníkov, regulačných orgánov, bánk;

poistovní alebo iných zainteresovaných strán (napr. ľudí žijúcich alebo pracujúcich v blízkosti zariadenia);

- lepší základ pre rozhodnutie;
- lepšia motivácia zamestnancov (napr. manažéri môžu mať istotu, že vplyvy na životné prostredie sú pod kontrolou, a zamestnanci môžu mať pocit, že pracujú pre spoločnosť zodpovednú za životné prostredie);
- ďalšie príležitosti na zníženie prevádzkových nákladov a zlepšenie kvality výrobkov;
- zlepšenie imidžu spoločnosti;
- zníženie nákladov na zodpovednosť, poistenie a nedodržiavanie predpisov.

Vzorové prevádzky

EMS sa používajú v počiatočnom počte zariadení v celej EÚ.

Odborná literatúra

Nariadenie EMAS (ES) č. 1221/2009. [189, Európska únia 2009].

Webová stránka GR pre životné prostredie EMAS. [188, GR pre

životné prostredie 2010] EN ISO 14001: 2004

Webová stránka skupiny noriem ISO 14000. [187, ISO 2004]

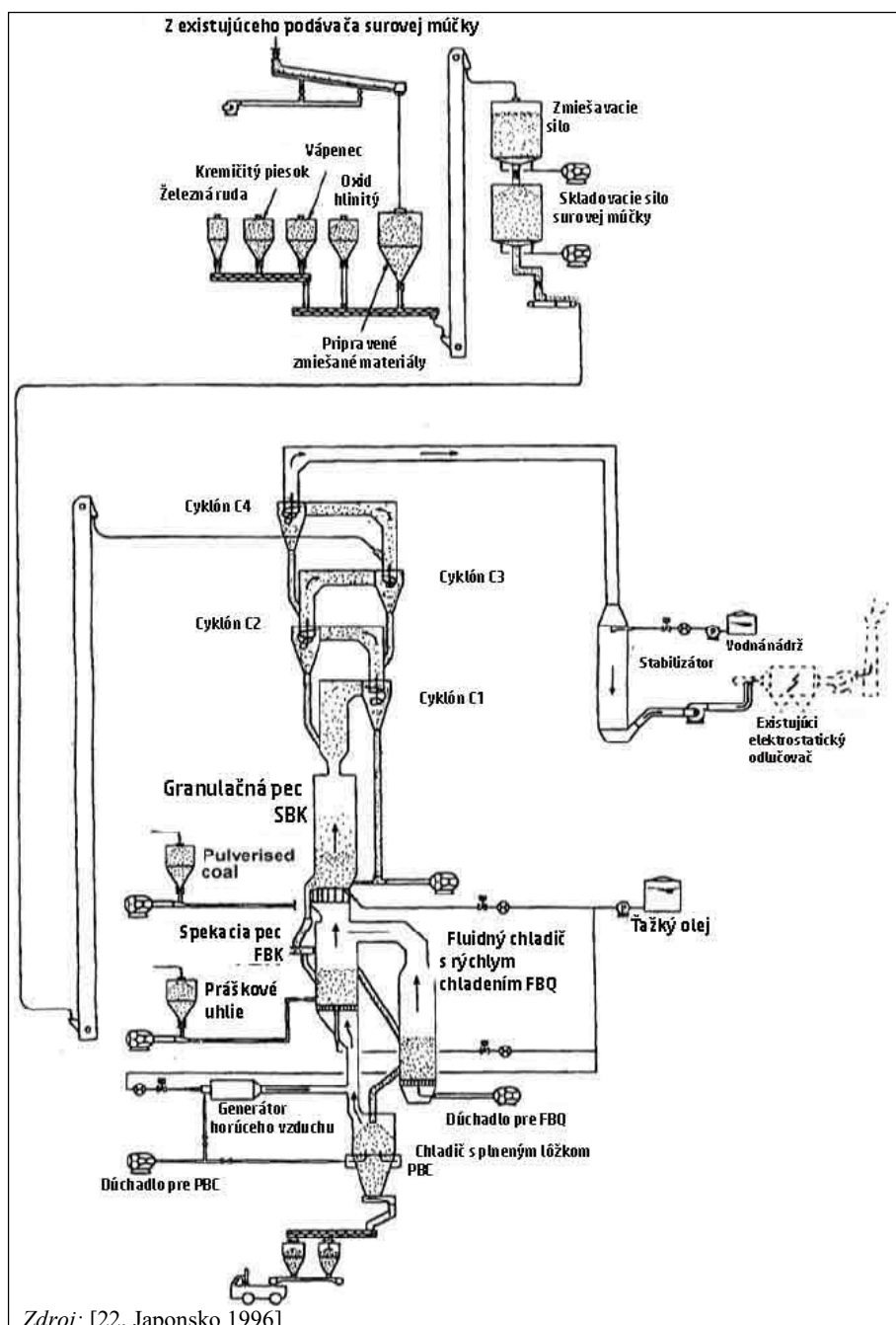
Technický výbor ISO 14000. [190, ISO 2010]

1.5 Nové techniky v odvetví výroby cementu

1.5.1 Technológia výroby cementu vo fluidnom lôžku

Technológia slinovania cementu pomocou systému cementárenskej pece s fluidným lôžkom je od roku 1986 projektom dotovaným Ministerstvom medzinárodného obchodu a priemyslu v Japonsku. Spoločnosť Sumitomo Osaka Cement Co. prevádzkovala pilotnú prevádzku s kapacitou 20 ton slinku denne počas šiestich rokov v rokoch 1989 až 1995. Ltd. v závode Toshigi v Japonsku. Koncom roka 1995 bola postavená veľká pilotná prevádzka s kapacitou 200 ton slinku denne.

Konfigurácia systému cementárenskej pece s fluidným lôžkom s kapacitou 20 ton slinku/deň je znázornená na obrázku 1.71. Systém pozostáva zo suspenzného predohrievača (SP), granulačnej pece s fontánovým lôžkom (SBK), slinovacej pece s fluidným lôžkom (FBK), chladiča s fluidným lôžkom na rýchle chladenie (FBO) a chladiča so stacionárnym lôžkom.



Obrázok 1.71: Cementárenská pec s fluidným lôžkom

Suspenzný predohrievač je konvenčný štvorstupňový cyklónový predohrievač, ktorý predohrieva a kalcinuje surovinovú múčku. V peci sa surovinová múčka granuluje na granule s priemerom približne 1,5 –

2,5 mm pri teplote 1 300 °C. V slinovacej peci sa slinovanie granúl dokončí pri teplote 1 400 °C. Chladič s fluidným lôžkom na rýchle chladenie ochladzuje cementový slinok z 1400 na 1 000 °C. Nakoniec sa cementový slinok ochladí na teplotu približne 100 °C v chladiči so stacionárnym lôžkom.

Cementový slinok vyrobený v peci s fluidným lôžkom má rovnakú alebo lepšiu kvalitu ako slinok z komerčného závodu. Emisie NO_x sú 115 – 190 mg/Nm³ pri použití ťažkého oleja a 440 – 515 mg/Nm³ pri použití práškoveho uhlia ako paliva (prepočítané na 10 % O_2). Podľa štúdie uskutočniteľnosti prevádzky na výrobu 3 000 ton slinku denne sa spotreba tepla môže znížiť o 10 – 12 % v porovnaní s rotačnou pecou so suspenzným predohrievačom a roštovým chladičom, preto sa očakáva, že emisie CO_2 sa môžu znížiť o 10 – 12 %.

Konečné ciele technického rozvoja systému pece s fluidným lôžkom na výrobu cementu sú (v súlade so štúdiou uskutočniteľnosti pre prevádzku s kapacitou 3 000 ton slinku/deň a na základe výsledkov z pilotného zariadenia s kapacitou 20 ton denne):

- zníženie spotreby tepla o 10 – 12 %,
- zníženie emisií CO_2 o 10 – 12 %,
- úroveň emisií NO_x 380 mg/Nm³ alebo menej (prepočítané na 10 % O_2),
- zachovanie súčasnej úrovne emisií SO_x ,
- zníženie nákladov na výstavbu o 30 %,
- zníženie plochy zariadenia o 30 %.

1.5.2 Viacstupňové spaľovanie v kombinácii so SNCR

Teoreticky by kombinácia viacstupňového spaľovania a SNCR mohla byť porovnateľná s SCR. Túto kombináciu považujú dodávatelia za veľmi sľubnú. Niektoré výsledky týkajúce sa používania SCR sú opísané v oddiele 1.4.5.1.8.

1.5.3 Nakladanie so spalínami z cementárenských pecí suchým hydrogenuhličitanom sodným a opätovné použitie chemikálií

Opis

Toto meranie/technika sa zvažuje pre odsírenie spalín z cementárenských pecí, zvyčajne v situáciách, keď sa ako palivo používa odpad. Na dosiahnutie vysokej miery znižovania emisií SO_2 spolu s vysokou účinnosťou znižovania emisií sa používa suchý hydrogenuhličitan sodný a v závislosti od vlastností a zloženia sa odpady na báze sodíka môžu často opätovne použiť v procese výroby cementu. V niektorých prípadoch sa však tieto odpady nemôžu použiť, pretože môžu viesť k príliš vysokému obsahu sodíka v zložení cementu.

S cieľom umožniť vysoké zníženie obsahu SO_2 s nízkym množstvom činidla a zároveň umožniť opätovné použitie odpadu z úpravy plynu sa môžu použiť nové techniky dvojstupňovej filtrácie spalín.

Dvojstupňová filtrácia

Prvý prachový filter zachytáva prach z procesu, ktorý sa môže opätovne použiť v procese, pretože nie je nabitý sodíkom. Za týmto prvým filtrom sa uskutoční vstrekovanie suchého hydrogenuhličitanu sodného. Suchý mletý hydrogenuhličitan sodný sa vstrekuje a reaguje s SO_x , pričom vzniknú sodné soli, najmä síran sodný (Na_2SO_4). Tieto odpady z úpravy spalín sa zachytávajú v druhom filtri, zvyčajne v textilnom.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Toto meranie/technika umožňuje dosiahnuť vysoké a účinné zníženie SO_x v spalínach bez toho, aby bolo ohrozené integrálne opätovné použitie odpadu z úpravy spalín nasledovne:

- žiadny nadmerný obsah sodíka v cement,
- žiadne pridané SO_x do spalín.

Okrem toho nevzniká žiadny ďalší odpad a nevyužívajú sa ďalšie prírodné zdroje.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Odpad na báze sodíka by sa mohol opätovne použiť len v obmedzenom rozsahu. Do roku 2008 sa to nerobilo, pretože opätovné použitie odpadu na báze sodíka ovplyvňuje kvalitu cementu a slinku.

V určitej miere môžu vzniknúť dodatočné emisie SO_x v dôsledku recyklovaných síranov vápenatých alebo sodných.

Nepoužívajú sa žiadne ďalšie prírodné zdroje, pretože činidlo CaCl_2 je k dispozícii v prevádzke na výrobu uhličitanu sodného.

Môžu vzniknúť dodatočné náklady na prepravu, pretože odpad z procesu úpravy spalín sa musí prepraviť z cementárne do prevádzky úpravy. Množstvo príslušných odpadov je však relatívne malé v porovnaní s celkovým množstvom prachu a prachu neobsahujúceho sírany, ktorý sa priamo opätovne používa v cementárni.

Prevádzkové údaje

Táto technika sa testuje na predindustriálnej úrovni. V roku 2008 neboli k dispozícii žiadne prevádzkové údaje.

Uplatniteľnosť

Pri mokrom spôsobe bolo vykonaných len niekoľko pokusov s použitím tejto techniky. Technika dvojstupňovej filtrácie je obzvlášť dobre prispôbená pre prevádzky, v ktorých sa na zníženie emisií prachu používajú ESP. V týchto prípadoch môže byť pridanie druhého filtra (textilného) lacnejšie ako výmena existujúceho filtra. V kombinácii s hydrogenuhličitanom sodným sa však v odvetví nepoužíva v plnom rozsahu.

Pokiaľ ide o dvojitú filtráciu, v kombinácii s hydrogenuhličitanom sodným zatiaľ nie je v prevádzke žiadna cementáreň (2008), ale vykonávajú sa skúšky.

Pokiaľ ide o úpravu odpadu vyplývajúceho z úpravy spalín, táto technika sa testuje na odpadoch na báze síranov v predindustriálnom meradle vo Francúzsku a študujú/plánujú sa ďalšie špecifické prevádzky na úpravu. Táto technika je priemyselne funkčná a používa sa vo Francúzsku a Taliansku v prevádzkach komunálneho odpadu, ktoré spracúvajú odpad zo spalín. Informácie o spaľovaní odpadu možno nájsť aj v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách spaľovania odpadu [87, Európska komisia 2001].

Hospodárske vplyvy

Úprava sodíkových odpadov ako takých, aby ich mohol využiť chemický priemysel, a ako sa už uplatňuje v spaľovniach komunálneho odpadu, je ekonomicky ťažko odôvodniteľná z dôvodu vysokého obsahu prachu v použitých odpadových materiáloch.

Hnacia sila implementácie

Požiadavka na vysokú mieru znižovania emisií alebo vysokú účinnosť znižovania emisií SO_x v spalínach z pece.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Testovacie prevádzky vo Francúzsku. [168, TWG CLM 2007], [176, Francúzsko 2008], [182, TWG CLM 2008].

2 ODVETVIE VÝROBY VÁPNA

2.1 Všeobecné informácie o odvetví výroby vápna

2.1.1 Vápno a jeho použitie

Vápno sa používa takmer od „počiatku vekov“, napr. na Blízkom východe už 8 000 rokov. Existujú tiež dôkazy, že používanie nehaseného vápna (CaO) a hydratovaného vápna (Ca(OH)_2) v stavebníctve bolo rozšírené už v roku 1000 pred n. l. medzi mnohými civilizáciami vrátane Grékov, Egypťanov, Rimanov, Inkov, Mayov, Číňanov a indických Mogulov. Rimanovia dokonca poznali jeho chemické vlastnosti a používali ho napríklad na bielenie bielizne a v medicíne ako vápennú vodu.

V roku 2008 sa vápno používa v širokej škále výrobkov a aplikácií, z ktorých každá zodpovedá konkrétnym požiadavkám trhu. Vápno a jeho deriváty sa používajú napríklad ako tavidlo pri rafinácii ocele, ako spojivo v stavebníctve a pri úprave vody na vyzrážanie nečistôt. Vápno sa vo veľkej miere používa aj na neutralizáciu kyslých zložiek priemyselných odpadových vôd a spalín.

Vápno sa uplatňuje a používa v mnohých odvetviach rôznych priemyselných odvetví a v poľnohospodárstve a tento produkt je prítomný v každodennom živote v podobe mnohých aplikácií, ako je uvedené v tabuľke 2.1.

Tabuľka 2.1: Vápno, univerzálny materiál – niektoré priemyselné aplikácie

Odvetvia použitia	Podrobnosti použitia
Životné prostredie – plyn	- používa sa na neutralizáciu znečisťujúcich látok v spalínach, ako je siera a chlór - v zmesi s prísadami zachytáva ťažké kovy
Životné prostredie – voda	- čistenie odpadových vôd – úprava priemyselných a banských odpadových vôd (úprava pH, odstraňovanie fosforu a dusíka a čistenie vody) - zmäkčovanie pitnej vody a odstraňovanie nečistôt z pitnej vody - úprava odpadovej vody
Životné prostredie – odpad	- úprava zdravotníckeho a nebezpečného odpadu - úprava organických a anorganických kalov
Životné prostredie – kontaminovaná pôda	úprava pH a imobilizácia síranov, fosforečnanov a ťažkých kovov
Stavebné a inžinierske práce	- používané pri výrobe tehál a štruktúrovaných blokov - murovacie a omietkové zmesi na fasády budov - stabilizácia pôdy a vápencové cestné spojivá
Poľnohospodárstvo	úprava pôdy – na úpravu pH pôdy, aby sa vytvorili optimálne podmienky na pestovanie, a tým sa zvýšili výnosy plodín
Oceľ a neželezné kovy	- používa sa v oceľiarskych procesoch na zníženie obsahu síry a fosforu, na úpravu viskozity trosky, na ochranu žiaruvzdorných materiálov a na tvorbu trosky - používa sa ako tavidlo pri tavení medi, olova, zinku a iných kovov z ich rúd - používa sa na neutralizáciu a natieranie drôtu po jeho vyčistení kyselinou
Chemický a papierenský priemysel	- papier – výrobný proces; buničina a suroviny pre vyzrážaný uhličitý vápenatý (PCC) - olejové prísady do mazív (ako sú sulfonáty, fenáty a salicyláty) - plasty – používané ako vysúšadlo pri výrobe produktov na báze petrochémie - používané pri činení kože - používané v sklárskom a sodovkárskom priemysle - neutralizácia kyselín
Farmaceutické výrobky, výrobky osobnej starostlivosti a potraviny	- použitie v zložení matrice liekov - používa sa pri výrobe fosforečnanu vápenatého, prísady do zubnej pasty - používa sa pri výrobe prídavných látok do potravín a nápojov - používa sa v cukrovarníckom priemysle na vyzrážanie nečistôt z výtlačkov z cukrovej repy a cukrovej trstiny a tiež na neutralizáciu zápachu vznikajúceho pri praní cukrovej repy a preprava
Zdroj: [44, EuLA 2006]	

2.1.2 Svetová výroba vápna

V roku 2006 sa celková svetová výroba vápna odhadovala na 172 mil. ton ročne vrátane vápna na vlastnú spotrebu, ako je uvedené v tabuľke 2.2.

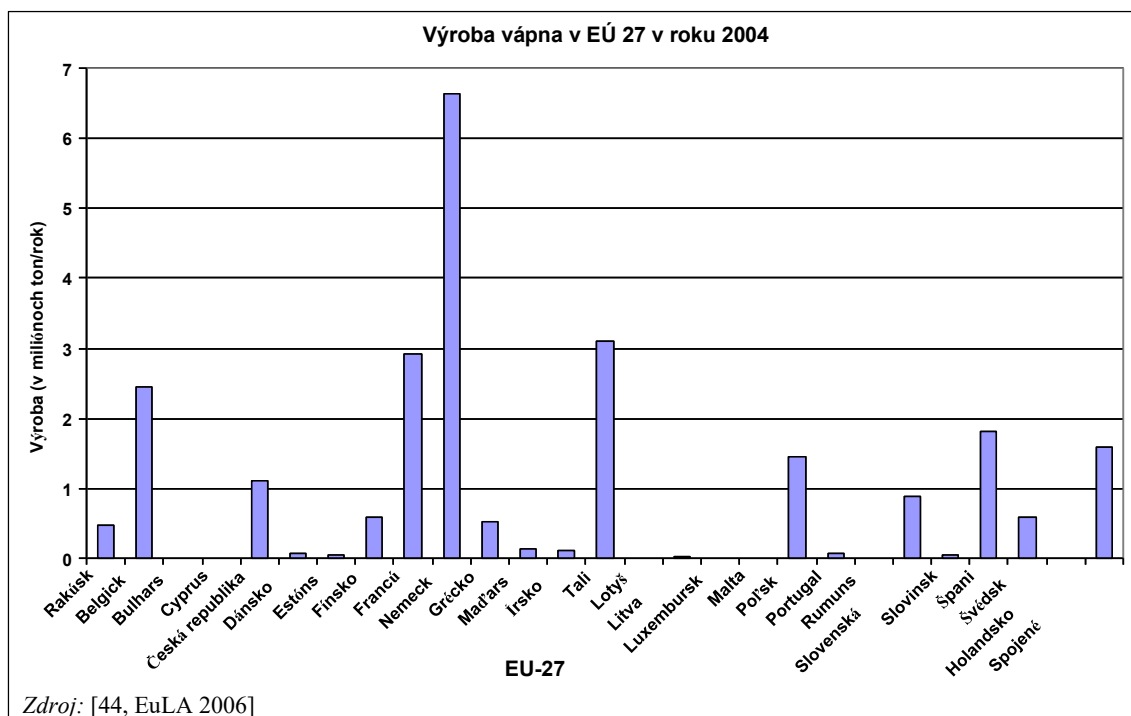
Tabuľka 2.2: Najlepší odhad svetovej výroby nehaseného vápna a dolomitu v roku 2006 vrátane výroby vápna na vlastnú spotrebu

Krajina	Ročná produkcia	
	Mt/rok	%
Brazília	6	3,5
Čína	75	43,6
EU-25	28	16,3
Ostatné európske krajiny	2	1,2
India	4	2,3
Japonsko	10	5,8
Mexiko	4	2,3
Rusko	8	4,7
USA	20	11,6
Ostatné krajiny	15	8,7
Celkom	172	100
Zdroj: [44, EuLA 2006], [168, TWG CLM 2007]		

2.1.3 Geografické rozloženie a všeobecné hospodárske okolnosti v Európe – hlavné ukazovatele

2.1.3.1 Ročná výroba

Najväčšími výrobcami vápna v EÚ 27 sú Nemecko, Francúzsko, Poľsko, Belgicko, Španielsko a Taliansko, ktoré sa na celkovej svetovej výrobe vápna podieľajú približne 20 %. V štyroch členských štátoch EÚ sa vápno nevyrába, a to na Cypre, Malte, v Luxembursku a Holandsku. Štruktúra odvetvia výroby vápna sa v jednotlivých členských štátoch líši. Vo väčšine krajín EÚ však odvetvie výroby vápna charakterizujú malé a stredné podniky rôznych veľkostí. V Európskej únii pôsobí viac ako 100 spoločností. Väčšina z nich sú malí výrobcovia, často s jednou prevádzkou. V posledných rokoch sa však prejavil rastúci trend koncentrácie, pričom malý počet veľkých medzinárodných spoločností získal značný podiel na trhu. Na obrázku 2.1 je znázornený európsky trh s výrobou v EÚ 27 v roku 2004, ktorý predstavoval takmer 25 miliónov ton vápna, pričom celková európska výroba vrátane komerčnej a vlastnej výroby vápna bola 28 miliónov ton.



Obrázok 2.1: Výroba vápna a dolomitu v EÚ-27 v roku 2004

Výroba vápna v krajinách EÚ sa koncom 80. rokov 20. storočia znížila, aby sa začiatkom roka 1994 opäť zvýšila. Bolo to dôsledkom zmien v štruktúre spotreby. Jeden z hlavných používateľov vápna, železiarsky a oceľiarsky priemysel, znížil svoju špecifickú spotrebu vápna na tonu ocele zo 100 na 40 kg. Avšak približne v polovici 90. rokov 20. storočia sa v dôsledku rastúceho používania vápna na ochranu životného prostredia predaj opäť zvýšil.

V minulosti celková spotreba vápna v EÚ stagnovala, pretože odvetvia s rastúcim dopytom, ako je úprava vody a odsiľovanie spalín, len čiastočne kompenzovali znížený dopyt v tradičných odvetviach oceľiarstva a hutníctva.

Vápno je lacný, ale objemný materiál, preto sa zvyčajne prepravuje len na relatívne krátke vzdialenosti. Vývoz vápna z EÚ predstavuje len niekoľko percent jeho výroby. Odhadované podiely komerčného vápna na trhu v krajinách EÚ 27 v roku 2004 podľa rôznych odvetví sú uvedené v tabuľke 2.3.

Tabuľka 2.3: Rozdelenie komerčného vápna podľa odvetví v EÚ 27 v roku 2004

Odvetvia	Príspevok (%)
Výroba ocele a spracovanie neželezných kovov	30 – 40
Ochrana životného prostredia, poľnohospodárstvo a lesníctvo	30
Stavebníctvo a stabilizácia ílovitej pôdy	15 – 20
Iné: chemikálie, rafinácia neželezných kovov, PCC pre papier, potraviny, krmivá a zdravotníctvo	10 – 15
Zdroj: [44, EuLA 2006]	

2.1.3.2 Kľúčové otázky životného prostredia a udržateľného rozvoja

Kľúčovými otázkami životného prostredia pri výrobe vápna sú spotreba energie, emisie CO₂ z procesu a spaľovania, kontrola znečistenia ovzdušia (najmä prachom), doprava a obnova miesta ťažby [44, EuLA 2006].

Kľúčové otázky udržateľného rozvoja v oblasti ťažby hlavných surovín na výrobu vápna spočívajú v prístupe k vysokokvalitným ložiskám vápenca a dolomitu, aby sa zabezpečili geologické zásoby na dlhodobú budúcnosť. Z geologického hľadiska je vápenec bežným kameňom. Zriedkavo sa však nájdu ložiská so všetkými týmito základnými charakteristikami:

- rezerva na 50 rokov alebo viac,
- vysoká chemická čistota,
- špecifické fyzikálne a mechanické vlastnosti,
- blízkosť dopravnej infraštruktúry,
- environmentálne obmedzenia.

V tabuľke 2.4 je uvedené predpokladané využitie vápenca v roku 2030 v porovnaní s rokom 2003.

Tabuľka 2.4: Vývoj spotreby surovín vápenca a dolomitu v období 2003 – 2030

Vývoj spotreby vápenca a dolomitu ako surovín 2003 – 2030		
Použitia vápna: stavebný materiál a priemyselné využitie (oceľ, papier, sklo, cukor, ochrana pôdy, ochrana životného prostredia)	2003 mil. ton ročne	2030 mil. ton ročne
Výroba vápna/dolomitického vápna po kalcinácii vápenca a dolomitu	25	32
Surovinu na výrobu vápna a dolomitického vápna	50	64
Zdroj: [44, EuLA 2006]		

2.1.3.3 Druh vápna a dolomitického vápna

Pojem „vápno“ sa často používa nesprávne na označenie výrobkov z vápenca. Toto je častá príčina nedorozumení. Vápno zahŕňa nehasené vápno a hasené vápno a tento pojem „vápno“ je synonymom pojmu „vápenné výrobky“. Nehasené vápno alebo tzv. „pálené vápno“ je oxid vápenatý (CaO), ktorý sa vyrába dekarbonizáciou vápenca (CaCO_3). Hasené vápno sa vyrába reakciou alebo „hasením“ nehaseného vápna vodou a pozostáva najmä z hydroxidu vápenatého (Ca(OH)_2). Hasené vápno zahŕňa hydratované vápno (suchý prášok hydroxidu vápenatého), vápenné mlieko a vápenná kaša (disperzie častíc hydroxidu vápenatého vo vode). Z celkového množstva sa však 90 % vyrába z vápna a 10 % z dolomitického vápna.

Rôzne druhy vápna sa používajú na rôzne účely. Rozlišujú sa vápna, ktorá patria do skupiny pálených vápien, do skupiny dolomitických vápien a do skupiny hydraulických vápien. Pálené vápno je zďaleka najrozšírenejšou kategóriou a dodáva sa v kusovej, mletej a hydratovanej forme. Dolomitické vápno je špecializovanejší produkt a dodáva sa v menších množstvách v kusovej, mletej, hydratovanej a tvrdo pálenej forme. Hydraulické vápno je čiastočne hydratované, obsahuje cementové zlúčeniny a používa sa výlučne v stavebníctve.

V tomto dokumente sa bude diskutovať len o výrobe komerčného vápna.

V tabuľke 2.5 sú uvedené rôzne synonymá používané v oblasti vápna s príslušnými registračnými číslami CAS (divízia Americkej chemickej spoločnosti) a ich číslami EC, ktoré sa nachádzajú v zozname EINECS (Európsky zoznam existujúcich komerčných chemických látok).

Tabuľka 2.5: Nomenklatúry vápna, čísla EC a CAS

Chemická zlúčenina	Chemický vzorec	Synonymá	Č. EC	Č. CAS
Oxid vápenatý	CaO	Vápno, pálené vápno a nehasené vápno	215 – 138-9	1 305 – 78-8
Oxid horečnato-vápenatý	CaO MgO	Dolomitické vápno	253 – 425-0	37 247 – 91 – 9
Hydroxid vápenatý	Ca(OH) ₂	Vápenný hydrát, hydroxid vápenatý, žieravé vápno, hydratované vápno a hasené vápno	215 – 137-3	1 305 – 62-0
Tetrahydroxid vápenato-horečnatý	CaMg(OH) ₄	Dolomitické hydratované vápno, hydroxid vápenato-horečnatý	254 – 454-1	39 445 – 23-3
Zdroj: [44, EuLA 2006]				

2.1.3.4 Zariadenia na výrobu vápna

V roku 2003 bolo v Európskej únii približne 211 zariadení na výrobu vápna (okrem vlastnej výroby vápna), ktoré boli rozmiestnené v členských štátoch EÚ, ako je uvedené v tabuľke 2.6.

Tabuľka 2.6: Počet komerčných vápeniek v členských štátoch EÚ 27 s výrobou presahujúcou 50 t/d – spolu od roku 2003

Krajina		Výroba vápna a dolomitického vápna	Výroba tvrdo páleného dolomitického vápna
Belgicko	BE	6	1
Bulharsko	BG	6	1
Česká republika	CZ	5	0
Dánsko	DK	1	0
Nemecko	DE	39	1
Estónsko	EE	1	0
Grécko	EL	19	0
Španielsko	ES	22	2
Francúzsko	FR	16	0
Írsko	IE	1	0
Taliansko	IT	36	1
Cyprus	CY	0	0
Lotyšsko	LV	1	0
Litva	LT	1	0
Luxembursko	LU	0	0
Maďarsko	HU	3	0
Malta	MT	0	0
Holandsko	NL	0	0
Rakúsko	AT	6	0
Poľsko	PL	8	0
Portugalsko	PT	4	0
Rumunsko	RO	8	0
Slovinsko	SI	3	0
Slovensko	SK	6	0
Fínsko	FI	6	0
Švédsko	SE	7	0
Spojené kráľovstvo	UK	6	2
TOTAL		211	8
Zdroj: [44, EuLA 2006], [139, Taliansko 2007]			

V roku 2006 bolo v EÚ 27 celkovo približne 597 pecí vyrábajúcich vápno na komerčné účely (okrem vlastných pecí), ktoré možno rozdeliť do šiestich rôznych typov pecí. V tabuľke 2.7 a

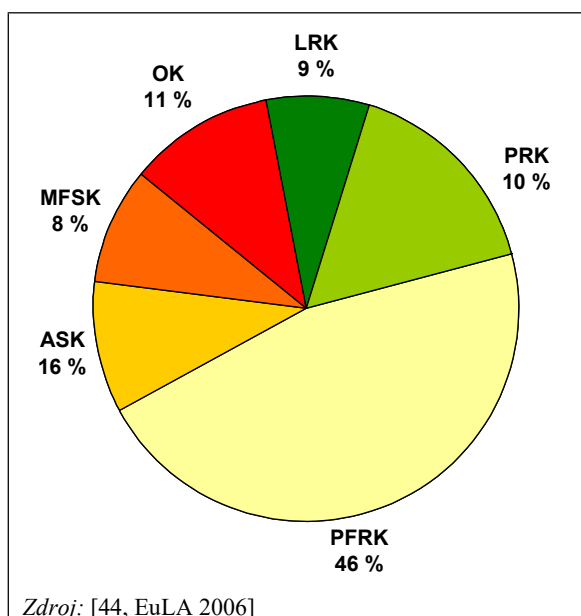
na obrázkoch 2.2, 2.3 a 2.4 je znázornený počet prevádzkovaných pecí podľa druhu pece a ich relatívny význam pri výrobe vápna, dolomitického vápna a sintrovaného dolomitického vápna (tvrdopáleného vápna) v EÚ 27.

Tabuľka 2.7: Počet prevádzkovaných pecí na výrobu vápna podľa druhu pece v roku 2004 v EÚ 27

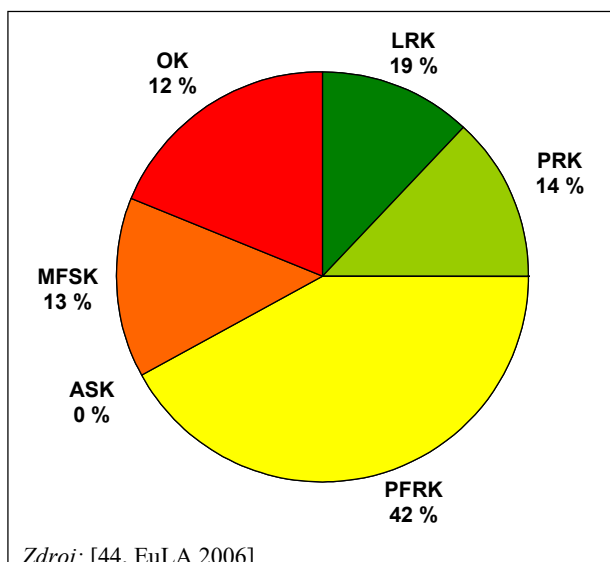
Druh pece	Počet pecí
Dlhé rotačné pece (LRK)	26
Rotačná pec s predohrievačom (PRK)	20
Rekuperačná pec s paralelným tokom (PFRK) (štandardné a jemné vápno)	158
Kruhová šachtová pec (ASK)	74
Šachtová pec s miešaným zavázaním (MFSK)	116
Ostatné pece (OK)	203
TOTAL	597
<i>Zdroj: [44, EuLA 2006] [46, Nemecko 2006]</i>	

Ostatné pece (OK) môžu byť:

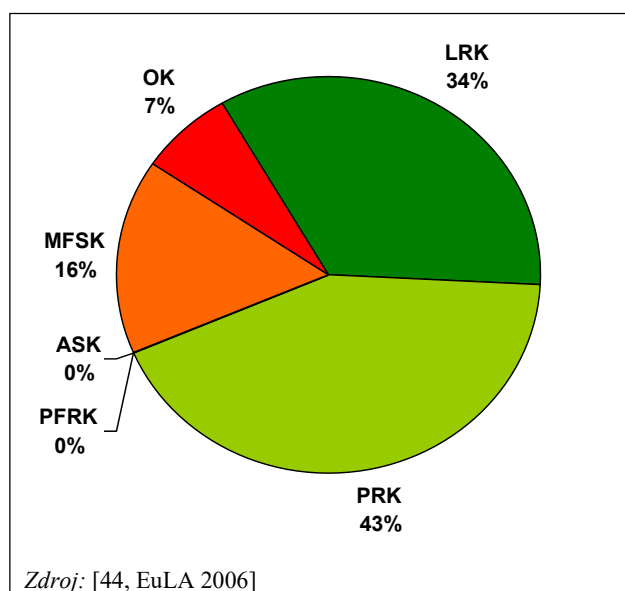
- šachtové pece s dvoma komorami
- viackomorové šachtové pece
- šachtové pece so stredovým horákom
- šachtové pece s externou komorou
- šachtové pece s horákom v nosníku
- šachtové pece s vnútornou klenbou
- pece s pohyblivým roštom
- kužeľovité pece
- iskrové kalcinačné pece
- pece s otočným ohniskom



Obrázok 2.2: Výroba komerčného vápna podľa druhu pece v EÚ 27 v roku 2004



Obrázok 2.3: Výroba komerčného dolomitického vápna podľa druhu peci v EÚ 27 v roku 2004



Obrázok 2.4: Výroba komerčného spekaného dolomitického vápna podľa druhu peci v EÚ 27 v roku 2004

Na výrobu vápna, dolomitického vápna alebo spekaného dolomitického vápna je typická kapacita vápenných pecí od 50 do 500 ton denne. Len približne 10 % týchto pecí na vápno má kapacitu menšiu ako 10 alebo väčšiu ako 500 ton za deň. V tabuľke 2.8 je uvedený prehľad počtu rôznych druhov pecí na výrobu vápna a vápna v jednotlivých krajinách EÚ 27 v roku 2003.

Tabuľka 2.8: Počet pecí na výrobu vápna a dolomitu v jednotlivých krajinách EÚ 27 v roku 2003, bez vlastných pec

Krajina		Dlhé rotačné pece (LRK)	Rotačná pec s predohrievačom (PRK)	Rekuperačná pec s paralelným tokom (PFRK)	Kruhová šachtová pec (ASK)	Šachtová pec s miešaným zavázaním (MFSK)	Ostatné pece (OK)	Celkom
Belgicko	BE	5	3	14	5	9	1	37
Bulharsko	BG	1	–	2	–	–	29	32
Česká republika	CZ	–	2	8	–	4	2	16
Dánsko	DK	1	–	–	–	–	–	1
Nemecko	DE	1	6	15	32	64	17	135
Estónsko	EE	–	–	–	–	–	2	2
Grécko	EL	2	–	2	2	–	40	46
Španielsko	ES	3	1	34	1	1	9	49
Francúzsko	FR	–	2	18	23	–	5	48
Írsko	IE	–	–	1	–	–	–	1
Taliansko	IT	–	–	31	4	–	35	70
Cyprus	CY	–	–	–	–	–	–	0
Lotyšsko	LV	–	–	–	–	–	1	1
Litva	LT	1	–	–	–	–	–	1
Luxembursko	LU	–	–	–	–	–	–	0
Maďarsko	HU	–	–	3	–	–	–	3
Malta	MT	–	–	–	–	–	–	0
Holandsko	NL	–	–	–	–	–	–	0
Rakúsko	AT	–	–	3	3	1	3	10
Poľsko	PL	–	–	4	–	36	1	41
Portugalsko	PT	–	–	3	–	–	6	9
Rumunsko	RO	–	–	7	–	–	14	21
Slovinsko	SI	–	–	–	2	–	10	12
Slovensko	SK	–	4	3	–	1	13	21
Fínsko	FI	5	–	3	1	–	–	9
Švédsko	SE	5	–	4	–	–	–	9
Spojené kráľovstvo	UK	5	2	8	–	–	6	21
Celkom		29	20	163	73	116	194	595
Zdroj: [44, EuLA 2006], [139, Taliansko 2007]								

Odvetvie výroby vápna je energeticky veľmi náročné, pričom energia predstavuje 30 – 60 % celkových nákladov na výrobu. Pece spaľujú fosílna palivá, ako sú tuhé, kvapalné alebo plynne palivá, ako aj odpadové palivá a/alebo biomasu. Použitie odpadu ako palív závisí od očakávanej kvality vápna. Použitie odpadu môže mať vplyv na kvalitu vápna a pred jeho použitím je potrebné preskúmať vlastnosti odpadu. Používanie fosílnych palív sa v posledných rokoch znížilo a používanie odpadových palív vzrástlo. Tabuľka 2.9 uvádza rozdelenie druhov palív používaných v EÚ 27 v roku 2003.

Tabuľka 2.9: Rozdelenie palív používaných na pálenie vápna v EÚ 27 v roku 2003

Typ paliva	Jednotka	EU-27 2003
Plyn (fosílny)	%	43
Tuhé (fosílna)	%	41
Kvapalina (fosílna)	%	7
Iné	%	–
Odpad	%	8
Biomasa	%	1
Zdroj: [16, EuLA 2001], [44, EuLA 2006]		

Hlavné emisie z výroby vápna sú atmosférické emisie z pece. Výsledok sa týka osobitného chemického zloženia použitých surovín a palív. Avšak,

významné emisie prachu môžu pochádzať z ktorejkoľvek časti procesu, najmä z hydrátora a pece. Okrem toho sa môžu vyskytovať rozptýlené emisie prachu, napr. z dopravníkov, z dopravy a z hromadného skladovania. Medzi potenciálne významné emisie z vápeniek patria oxidy uhlíka (CO , CO_2), oxidy dusíka (NO_x), oxid siričitý (SO_2) a prach.

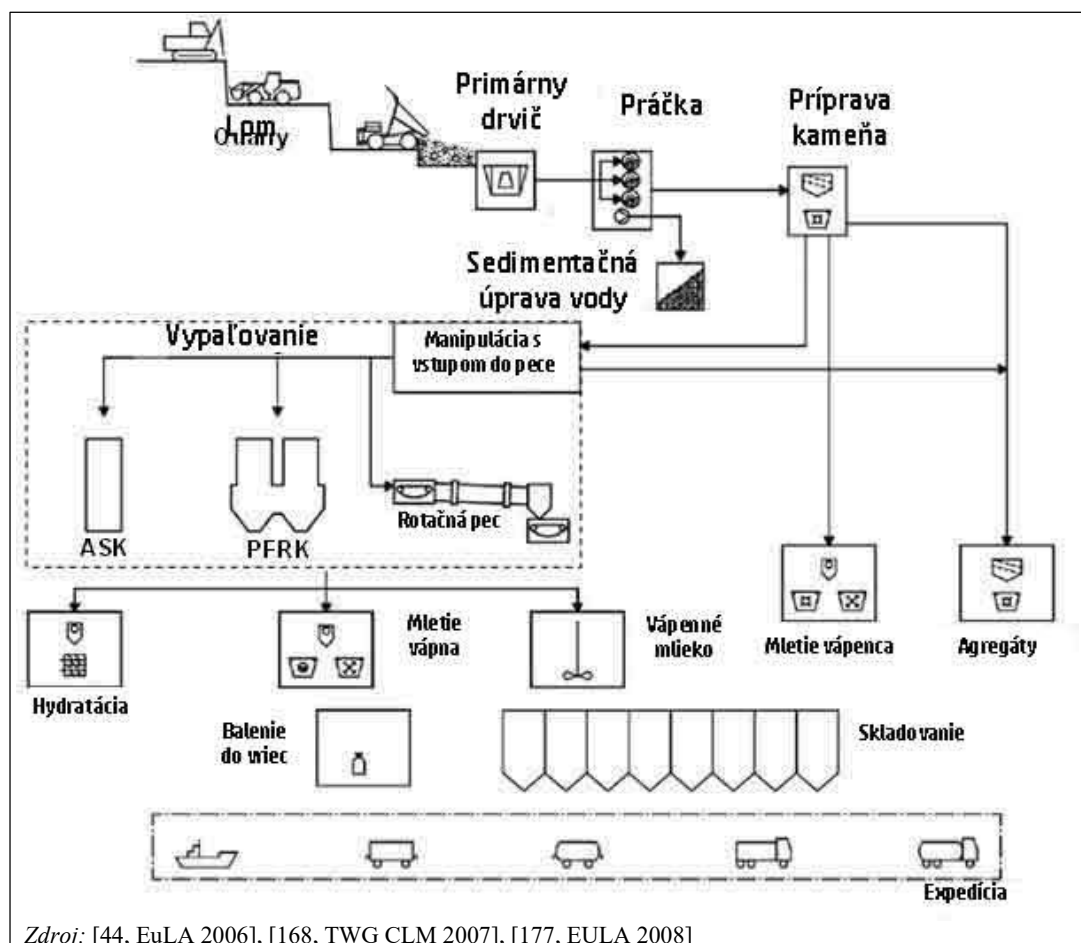
2.2 Aplikované procesy a techniky pri výrobe vápna

Proces výroby vápna spočíva v spaľovaní uhličitanov vápnika a/alebo uhličitanu horečnatého pri teplote medzi 900 a 1 200 °C, ktorá je dostatočne vysoká na uvoľnenie oxidu uhličitého a získanie odvodeného oxidu ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$). Pri niektorých procesoch sú potrebné výrazne vyššie teploty horenia až do 1 800 °C, napríklad pri tvrdo pálenom dolomite.

Výrobok z oxidu vápenatého z pece sa spravidla drví, melie a/alebo preosieva pred tým, ako sa dopraví do skladu v sile. Zo sila sa pálené vápno buď dodáva konečnému používateľovi na použitie vo forme nehaseného vápna, alebo sa prepravuje do hydratačnej prevádzky, kde reaguje s vodou, aby sa z neho vyrobilo hydratované alebo hasené vápna.

Na obrázkoch 2.5, 2.6 a 2.7 sú znázornené základné kroky celkového procesu výroby vápna [44, EuLA 2006]:

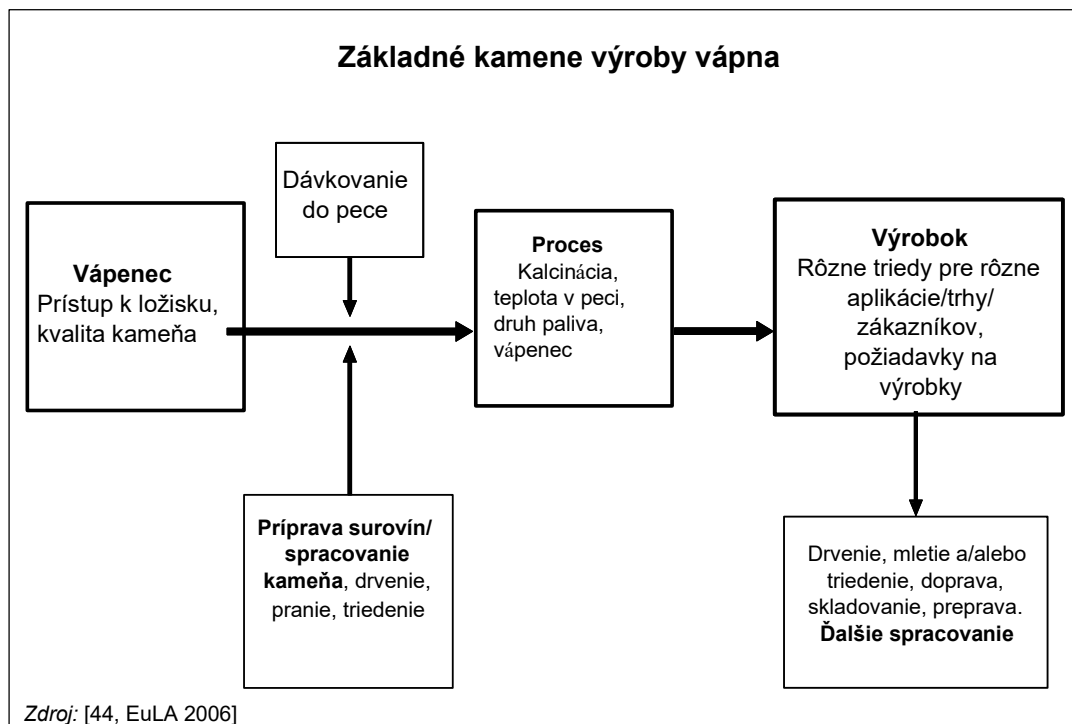
- ťažba/ťažba surovín z vápenca
- skladovanie a príprava vápenca
- skladovanie a príprava rôznych druhov palív
- kalcinácia vápenca
- hydratácia a hasenie nehaseného vápna
- spracovanie nehaseného vápna
- ďalšie spracovanie vápna
- skladovanie, manipulácia a preprava.



Obrázok 2.5: Prehľad procesu výroby vápna

2.2.1 Všeobecný opis výrobného procesu

Výroba vápna závisí predovšetkým od kvality vápenca, ktorá je daná geológiou ložiska. Vápenec sa spracuje a naloží do pece, kde prechádza reakciou tepelného rozkladu, pri ktorej sa dosiahne výsledok v podobe oxidu vápenatého a oxidu uhličitého. Tento „výrobok“, bežne nazývaný pálené vápno alebo nehasené vápno, sa spracúva na požadovanú veľkosť a potom sa skladuje, prepravuje alebo ďalej spracúva. Na obrázku 2.6 je znázornený vývojový diagram základných kameňov výroby vápna.

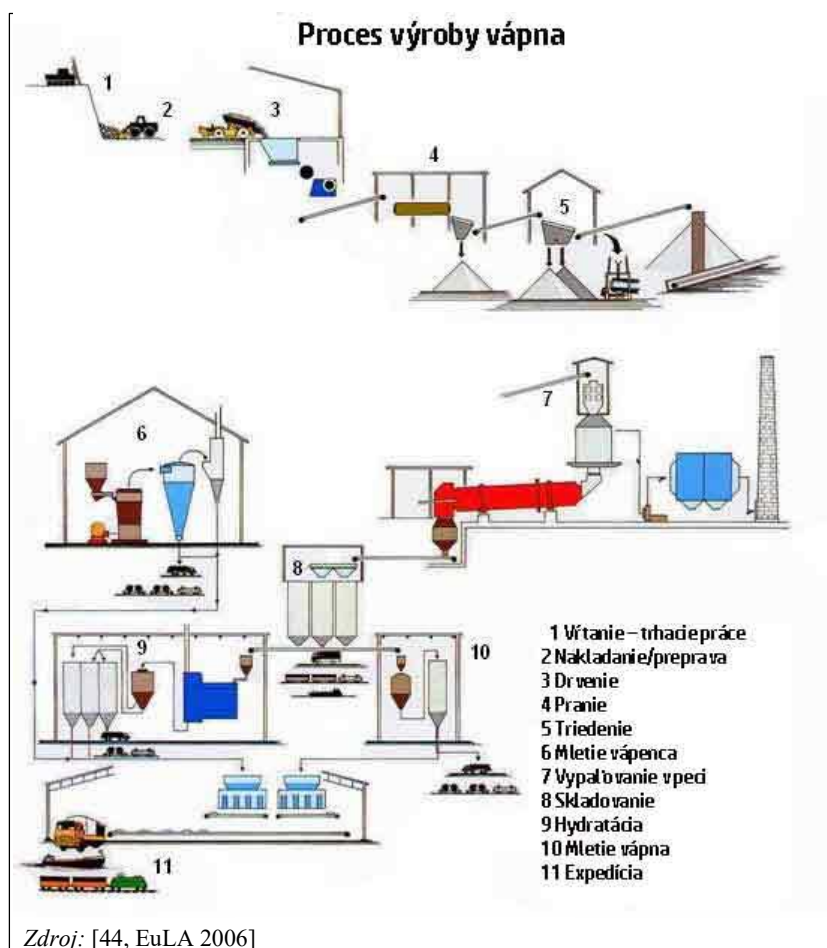


Obrázok 2.6: Vývojový diagram základných kameňov výroby vápna

Tri veľké základné kamene „vápenec“, „spracovanie“ a „výrobok“ tvoria základ „matrice“ a sú navzájom závislé pri výrobe výrobku potrebného na uspokojenie rôznych požiadaviek trhu. Vápno sa používa na výrobu rôznych výrobkov, ktoré sa dajú využiť v mnohých priemyselných odvetviach, a je nevyhnutným medziproduktom pre mnohé procesy. Rôzne oblasti použitia si však vyžadujú aj rôzne fyzikálno-chemické vlastnosti vápna. Požiadavky na kvalitu vápna sú stanovené najmä v národných a európskych normách, ale aj v priamych dohodách medzi výrobcami a zákazníkmi. Odvetvie výroby vápna bolo vždy pripravené splniť širokú škálu kvalitatívnych požiadaviek vyspelou technikou, t. j. špeciálnymi druhmi pecí a ich príslušnými palivami.

Kvalita vápenca, CaCO_3 a dolomitu $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ zohráva osobitnú úlohu vo výrobnom procese, v konečnej kvalite vápna a v chemickom zložení. Technika pece, t. j. druh pece a použité palivo, výrazne ovplyvňuje vlastnosti vyrábaného vápna. Preto boli na celom svete vyvinuté rôzne druhy pecí na výrobu vápna rôznej kvality. Na základe dostupných ložísk vápenca spolu s profilom požiadaviek zákazníka sa vybrala optimálna kombinácia pece a paliva s cieľom vyvinúť najlepšie dostupné techniky na proces výroby vápna.

Proces výroby vápna je znázornený na obrázkoch 2.5 a 2.7.



Obrázok 2.7: Prehľad procesu výroby vápna

2.2.2 Suroviny a získavanie vápenca

Suroviny na výrobu vápna sú vápenec alebo v menšej miere dolomit alebo dolomitický vápenec. Desať percent z celkového svetového objemu sedimentárnych hornín tvorí vápenec.

Vápence zvyčajne obsahujú viac ako 90 % CaCO_3 a niekoľko percent MgCO_3 . Dolomit je dvojité uhličitan obsahujúci 54 – 58 % CaCO_3 a 40 – 44 % MgCO_3 . Dolomitický vápenec zvyčajne odkazuje na vápence, ktoré obsahujú MgCO_3 na vyššej úrovni ako vápence, ale menej ako dolomit. Suroviny, napríklad vápenec, môžu byť staré viac ako 360 miliónov rokov. Hoci sú ložiská vápenca v mnohých krajinách pomerne bohaté, len malá časť z nich je vhodná na komerčnú ťažbu.

Vápenecové horniny vznikajú najprv kombinovaným procesom rozpúšťania vápenatých iónov a oxidu uhličitého, a to buď organickou cestou pôsobením rôznych organizmov, alebo anorganickou cestou kryštalizáciou uhličitanov. Po tomto procese nasleduje proces nazývaný diagenéza alebo premena sedimentov na horniny. Tento proces je pomerne zložitý a zahŕňa niekoľko organických, fyzikálno-chemických ciest. Je preto možné, že vápenec existuje v mnohých formách v závislosti od toho, ako pôvodne vznikol. To sa odráža na veľkosti zrna, mikroštruktúre, štruktúre, nečistotách a obsahu uhličitanov.

Úroveň nečistôt alebo stopových prvkov a obsah uhličitanov sú obzvlášť dôležité pre vhodnosť vápenca na mnohé aplikácie. V tabuľke 2.10 je uvedený typický rozsah bežných nečistôt alebo stopových prvkov, ktoré sa vo vápenci zvyčajne nachádzajú. Príklad zloženia surovín z použitého vápenca v maďarskej prevádzke je uvedený v oddiele 6.3.2.1 v tabuľke 6.29.

Tabuľka 2.10: Typické nečistoty a stopové prvky vo vápenci

	Jednotky	Typický rozsah
Kremík (ako SiO ₂)	%	0,1 – 2,0
Hliník (ako Al ₂ O ₃)	%	0,04 – 1,5
Železo (ako Fe ₂ O ₃)	%	0,02 – 0,6
Síra (S)	%	0,0024 – 0,118
Uhlíkaté látky	%	0,01 – 0,5
Mangán (ako MnO ₂)	mg/kg	20 – 1 000
Antimón	mg/kg	0,1 – 3
Arzén	mg/kg	0,1 – 15
Bór	mg/kg	1 – 20
Kadmium	mg/kg	0,1 – 1,5
Chróom	mg/kg	3 – 15
Meď	mg/kg	1 – 30
Olovo	mg/kg	0,5 – 30
Ortuť	mg/kg	0,02 – 0,1
Molibdén	mg/kg	0,1 – 4
Nikel	mg/kg	0,5 – 15
Selén	mg/kg	0,02 – 3
Striebro	mg/kg	0,2 – 4
Cín	mg/kg	0,1 – 15
Vanád	mg/kg	1 – 20
Zinok	mg/kg	3 – 500
Zdroj: [44, EuLA 2006], [70, Maďarsko 2006], [126, Oates 1998]		

Na výrobu prírodného hydraulického vápna sa používajú suroviny, ktoré obsahujú 65 – 90 %CaCO₃ a MgCO₃. Čistota tejto suroviny sa líši od surovín, ktoré sa používajú na výrobu iných druhov vápna. Okrem toho je obsah organických látok vyjadrený ako TOC oveľa vyšší a pohybuje sa v rozmedzí od 0,8 do 5 % [127, Portugalsko 2007].

Suroviny, ako napríklad vysokočistý vápenec alebo dolomit, sa pred prepravou do vápenky vyťažia, rozdrvia a v niektorých prípadoch aj premyjú a následne preosejú. Vápenec sa zvyčajne získava povrchovou ťažbou, ktorá spravidla susedí s vápenkou, takže suroviny sa môžu dopravovať priamo do prevádzky pomocou pásových dopravníkov, ale v niektorých prípadoch sa využíva bagrovanie v mori alebo dokonca podzemná ťažba. Dodávka surovín z lomov vzdialených od prevádzky je možná aj pomocou plavidiel. Typický proces ťažby zahŕňa:

- odstránenie nadložia (t. j. pôdy, ílu a voľných hornín, ktoré majú pozíciu na ložisku),
- odstrel horniny,
- nakladanie a preprava odstrelenej horniny do drviacej a triediacej prevádzky.

Užitočné informácie týkajúce sa ťažby v lomoch nájdete v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách pre nakladanie s hlušinou a odpadom z ťažby [47, Európska komisia 2004].

2.2.3 Príprava, čistenie a uskladnenie vápenca

2.2.3.1 Príprava vápenca

Výroba vápna závisí predovšetkým od kvality vápenca, ktorá je daná geológiou ložiska. Selektívna ťažba môže zlepšiť kvalitu vápenca na proces kalcinácie. Ak sú nečistoty alebo stopové prvky prítomné heterogénne, niektoré z nich možno spravidla odstrániť selektívnym lámaním, praním alebo triedením. Ak sú však vo vápenci prítomné homogénne, tieto procesy sú neúčinné. Vlastnosti vápenca, ako je jeho pórovitosť, hygroskopické správanie

alebo absorpcia vody, objemová hmotnosť, tvrdosť, pevnosť a dekrepitačné vlastnosti, sú vzájomne závislé. Zistilo sa, že zohrávajú kľúčovú úlohu v procese kalcinácie alebo spaľovania a v chemických a fyzikálnych vlastnostiach výsledného konečného produktu.

Pre vápenec je typické, že sa vrta a odstreľuje na spracovateľných etážach. Odstrelený vápenec sa potom posúva do drviaceho a triediaceho procesu.

Vápence s priemerom jeden meter sa často drvia v primárnych drvičoch na primeranú veľkosť 100 – 250 mm. V závislosti od charakteru horniny (tvrdosť, vrstevnatosť, veľkosť atď.) sa používajú rôzne typy primárnych drvičov, ako sú: čeľusťové drviče, drviče s rolovacím mechanizmom a nárazové drviče. Niekedy sú drviace zariadenia umiestnené v lome a sú mobilné.

Rozdrvený vápenec z primárneho drviča sa prepravuje pomocou dopravníkov na vibračné sitá, kde sa veľké kusy oddeľujú a recyklujú, zatiaľ čo tie, ktoré prejdú, sa používajú ako vsádzka do pece alebo sa môžu dodávať do sekundárnych drvičov umiestnených ďalej v procese.

Sekundárne drviče sa používajú na drvenie vápenca na veľkosť 5 – 80 mm. Keďže vsádzka do pece nemusí byť veľmi jemná, ako sekundárne drviče sa často používajú aj čeľusťové a nárazové drviče, ako aj kladivové mlyny.

Po rozdrvení sa vápenec triedi v triediacej jednotke a potom sa pomocou pásových dopravníkov a/alebo lyžicových výťahov prepravuje do síl na skladovanie vápenca, zásobníkov alebo zásobníkov na uskladnenie pred vstupom do pecí na výrobu vápna.

Rozdelenie veľkosti častíc drveného a triedeného vápenca musí byť v súlade s požiadavkami pece. To si vo všeobecnosti vyžaduje, aby sa vápenec triedil na pomer veľkosti kameňa ideálne 2 : 1 alebo aspoň 3 : 1.

2.2.3.2 Uskladnenie vápenca

Vápence triedených veľkostí sa skladujú v zásobníkoch a vo vonkajších skladoch. Jemné druhy sa zvyčajne skladujú v silách a zásobníkoch.

2.2.3.3 Pranie vápenca

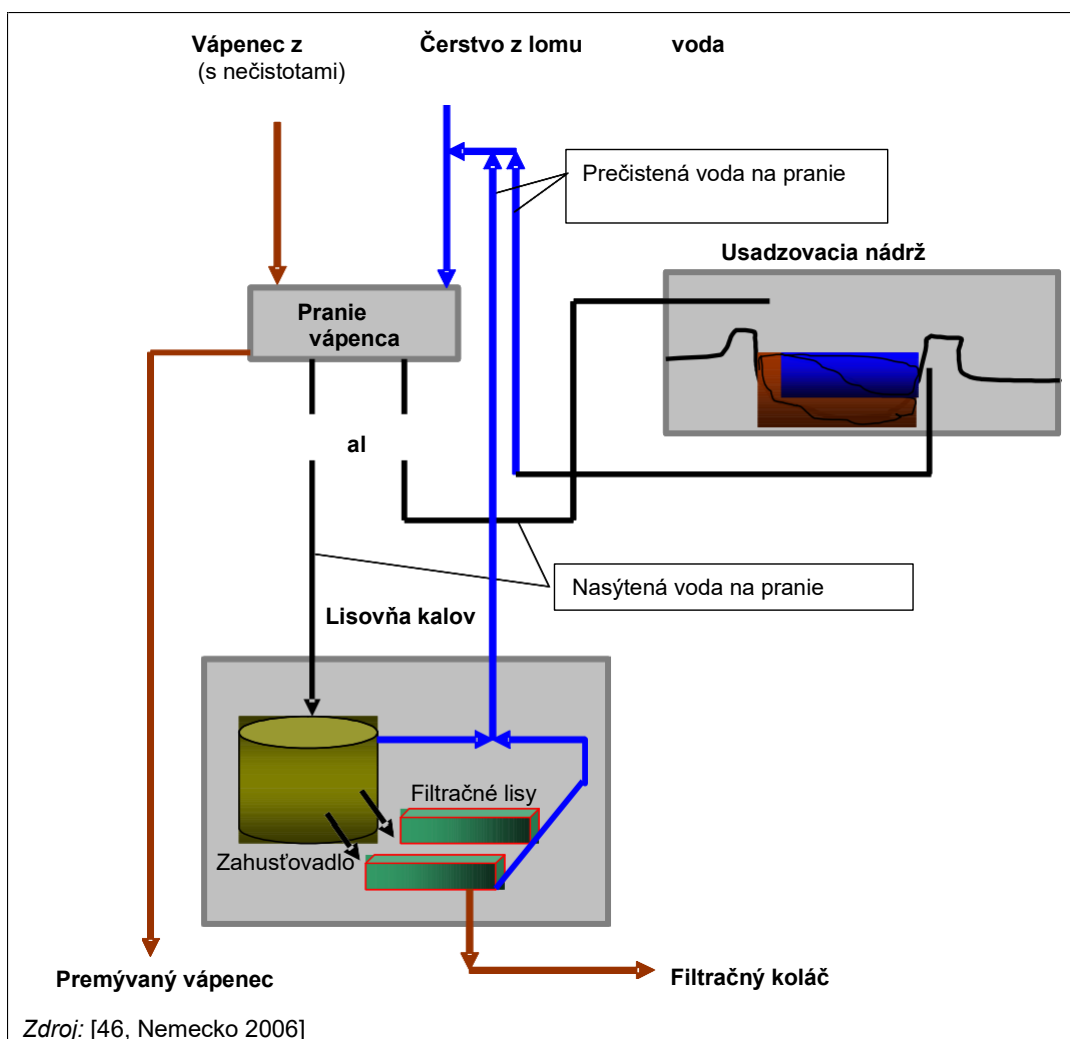
Pred vložením do pece sa vápenec niekedy premýva, napr. v premývacích bubnoch alebo na sitách. Menej ako 10 % vápeniek vápenec premýva, aby sa znížilo množstvo prírodného piesku a ílu, ktoré môžu mať negatívne účinky na pecný proces alebo ovplyvniť kvalitu konečných výrobkov.

Toto umývanie napomáha procesu horenia tým, že medzi kameňmi zostáva voľný priestor na cirkuláciu spaľovacieho vzduchu, čím sa znižuje množstvo prebytočného vzduchu a šetrí elektrická energia. Boli vyvinuté techniky na hromadenie vápenca, aby sa lepšie premýval.

Nerozpustné tuhé látky sa z práce vody odstraňujú:

- v usadzovacích jamách, ktoré sa môžu neskôr ponechať na rekultiváciu,
- dehydratácia vo filtračných lisoch.

Vyčistená voda z oboch systémov sa opätovne používa v procese prania, ako je znázornené na obrázku 2.8.



Obrázok 2.8: Vývojový diagram materiálu pri praní vápenca a čistení praciej vody

2.2.4 Palivá – príprava a uskladnenie

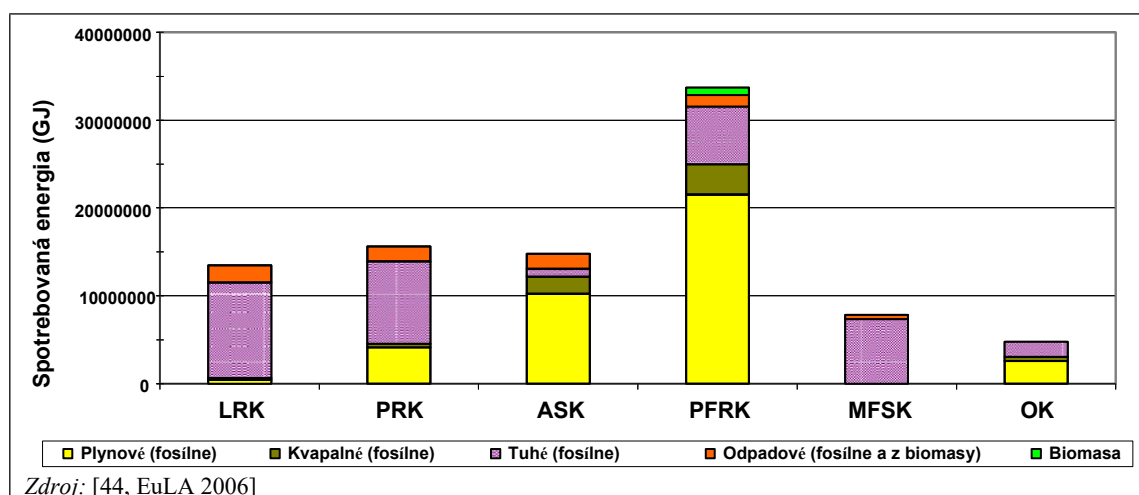
Odvetvie výroby vápna je energeticky veľmi náročné, pričom energia predstavuje až 60 % celkových nákladov na výrobu. Pri pálení vápna dodáva palivo energiu potrebnú na pálenie. Taktiež interaguje s procesom a produkty spaľovania reagujú s nehaseným vápnom. V peciach na výrobu vápna sa používa mnoho rôznych palív. V EÚ sa najčastejšie používajú plynové palivové plyny, ako je zemný plyn, koksárenský plyn, tuhé palivá, ako je uhlie (čierne uhlie, práškové hnedé uhlie a petrolkoks), koks/antracit, ako aj kvapalné palivá, ako je ťažký a/alebo ľahký vykurovací olej. Ako palivo sa používa aj odpad, napr. použitý olej, plasty, papier a živočíšna múčka (mäsovo-kostná múčka) alebo piliny [44, EuLA 2006], [45, Schorcht 2006], [46, Nemecko 2006].

Väčšina pecí môže fungovať na viac ako jedno palivo, ale niektoré palivá sa v niektorých peciach nemôžu používať. Niektoré palivá si vyžadujú špeciálnu žiaruvzdornú výmurovku pece. V tabuľke 2.11 je uvedený percentuálny podiel druhov palív používaných v rôznych peciach na výrobu vápna v roku 2003 a na obrázku 2.9 sú znázornené druhy palív a energia použitá v roku 2005 v EÚ 27.

Tabuľka 2.11: Druhy palív používaných v rôznych peciach na výrobu vápna v roku 2003 v EÚ 27

Typ paliva	Opis paliva	Percentuálny podiel palív používaných v rôznych druhoch pecí na vápno (%)					
		LRK	PRK	ASK	PFRK	MFSK	OK
Plyn (fosilny)	Zemný plyn, koksárenský a konvertorový plyn, bután/propán	3	26	69	64	0	51
Tuhé (fosilne)	Uhlie, petrokoks, metalurgický koks, hnedé uhlie, antracit	81	60	6	20	100	32
Kvapalina (fosilna)	Ťažký, stredný a ľahký vykurovací olej	1	3	14	10	0	10
Odpad (fosilny a z biomasy)	Odpadové drevo, pneumatiky, plasty, odpadové kvapalné palivá, živočíšny tuk, mäsová kostná múčka	14	11	11	3	0	7
Biomasa	Drevo, drevná štiepka, piliny, odpady z poľnohospodárstva a lesníctva	0	0	0	3	0	0

Zdroj: [44, EuLA 2006], [46, Nemecko 2006], [64, Česká republika 2006]



Zdroj: [44, EuLA 2006]

Obrázok 2.9: Druhy palív používaných pri procese pálenia vápna v roku 2005 v EÚ 27

Výber paliva (palív) pre vápenku je veľmi dôležitý z týchto dôvodov:

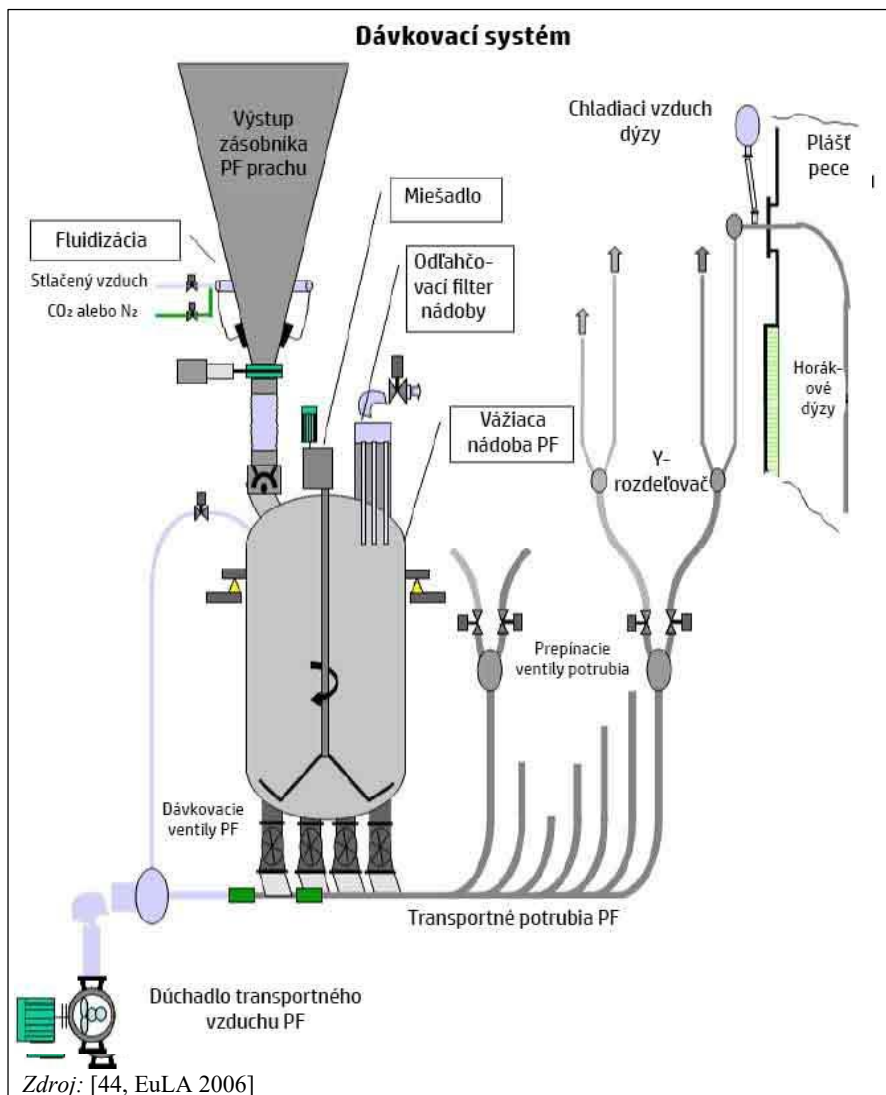
- náklady na palivá – náklady na palivo na tonu vápna môžu predstavovať 30 až 60 % výrobných nákladov,
- dostupnosť paliva na trhu,
- kvalita vápna – vplyv paliva na kvalitu vápna ovplyvňuje zvyškovú úroveň CO₂, nečistoty, belosť, reaktivitu a obsah síry atď.,
- emisie – palivo ovplyvňuje úroveň emisií oxidu uhličitého, oxidu uhľnatého, dymu, prachu, oxidu siričitého a oxidov dusíka, ktoré majú vplyv na životné prostredie,
- úspora primárnej energie – vykurovacieho oleja a plynu.

Porovnanie rôznych palív z hľadiska špecifických nákladov a obsahu síry sa nachádza na obrázku 3.13 v kapitole DBM tohto dokumentu (pozri oddiel 3.4.5).

Palivá sa pripravujú podľa potreby vstrekovacieho systému (s tepelnou úpravou, práškové), ktorý môže byť priamy alebo nepriamy. V prípade tuhých palív ide o dodávku s vhodnou veľkosťou častíc pre inštalované zariadenie manipulačného systému. V prípade kvapalných a plynových palív je potrebné udržiavať požadovaný tlak a (prípadne) teplotu.

Uhlie sa často melie v mlyne na uhlie a skladuje v sile. Musia sa zvážiť bezpečnostné problémy, ako sú riziká výbuchu uhlia, napr. použitie síl odolných voči tlaku s tlakom do 10 barov a použitie inertného plynu. Hnedé uhlie, uhlie a piliny sa musia skladovať tak, aby sa zabránilo samovznieteniu paliva.

Príklad princípu dávkovacieho systému pre šachtovú pec je znázornený na obrázku 2.10 a 2.11.



Obrázok 2.10: Príklad vývojového diagramu dávkovacieho systému v šachtovej peci



Zdroj: [44, EuLA 2006]

Obrázok 2.11: Príklad dávkovacieho systému v šachtovej peci

2.2.5 Využitie odpadov

2.2.5.1 Všeobecné aspekty

Výroba vápna si vyžaduje značné množstvo energie, takže palivo predstavuje najväčšie výrobné náklady. Používanie odpadových palív umožňuje výrobcovi vápna znížiť spotrebu fosílnych palív, ako sú plynové a kvapalné palivá, a prispieva k ekonomickej životaschopnosti odvetvia výroby vápna v Európe. Od roku 1997 sa v európskom odvetví výroby vápna využíva viac odpadových palív, ako aj biomasy. Kvalita týchto odpadových palív je však dôležitá na použitie pri výrobe vápna. Použitie odpadu má okrem toho účinok na kvalitu vápna, napríklad na obmedzenie použitia vápna. V každom prípade je využívanie odpadových palív nákladovo efektívne aj vzhľadom na náklady na dopravu a jednotkové ceny týchto palív.

Členské štáty EÚ podriaďujú používanie odpadového paliva pomerne odlišným právnym požiadavkám. Požiadavky sa vzťahujú na vlastnosti odpadov a na množstvo látok, ktoré sú obsiahnuté v odpadových materiáloch. Vo Francúzsku, Nemecku a Spojenom kráľovstve sú uvedené špecifikácie a prahové hodnoty, ktoré sa môžu v jednotlivých regiónoch líšiť. Okrem toho sú pre kovy definované rôzne prahové hodnoty s rôznymi súčtami, ktoré určujú vnútroštátne alebo regionálne orgány.

Ako pri každej zmene paliva a vzhľadom na špecifické požiadavky na výrobok a povahu výrobných procesov je potrebné zohľadniť špecifické fyzikálne vlastnosti odpadových palív, ktoré musia byť veľmi presne definované (napr. fyzikálny stav, výhrevnosť, chemické zloženie). Vysokovýhrevný odpad, ako napríklad niektoré predspracované frakcie odpadu, môže nahradiť primárne palivo v peciach na výrobu vápna. Preto je nevyhnutná stála kvalita odpadu, napr. dostatočná výhrevnosť, vysoká reaktivita, nízky obsah vlhkosti, kovu, chlóru a popola. Okrem toho musia byť odpadové materiály vhodné pre horáky (viackanálové horáky).

Výber vhodných odpadových palív závisí aj od požadovaných vlastností výrobku a od technických možností ich vstrekovania do vybratej pece. Ich použitie je obmedzené najmä:

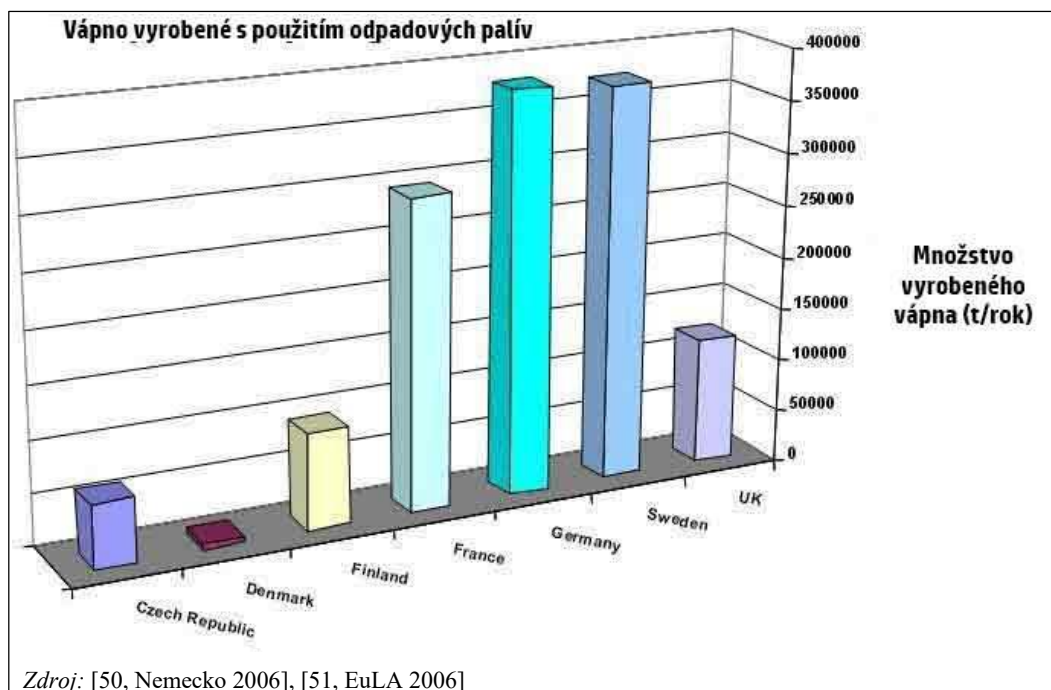
- fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami, ktoré nie vždy spĺňajú príslušné fyzikálne, chemické alebo procesné požiadavky. Napríklad v peciach PFRK nie je možné spaľovať kusové tuhé palivo,

- dostupnosťou na trhu.

Odpadové palivá musia byť k dispozícii v dostatočnom množstve. Takéto palivá sa vo vápenkách nepripravujú. Bežne sa rôzne druhy horľavých odpadov alebo odpadu s oddeliteľnými vysokovýhrevnými frakciami pripravujú v špeciálnych zariadeniach na nakladanie s odpadmi tak, aby sa mohli priamo spaľovať vo vápencových peciach bez akejkoľvek ďalšej úpravy na mieste ich vzniku. Výnimka sa týka filtrovania kvapalných palív, ktoré zabráňujú tomu, aby hrubé častice upchali regulačné ventily alebo horák.

Pri výbere palív (fosílnych alebo odpadových) sa musia zohľadniť aj požiadavky na kvalitu výrobkov, pričom tento výber do veľkej miery závisí od špecifických podmienok na mieste. Preto je na výrobu vápna vhodný len obmedzený počet odpadových palív.

Tieto odpadové palivá predstavujú približne 4 % všetkej energie spotrebovanej v európskom odvetví výroby vápna. V roku 2005 sa odpady ako palivá využívali v siedmich krajinách, a to v Českej republike, Dánsku, Fínsku, Francúzsku, Nemecku, Švédsku a Spojenom kráľovstve, ako je znázornené na obrázku 2.12.



Obrázok 2.12: Množstvo vápna vyrobeného z odpadových palív v rôznych európskych krajinách

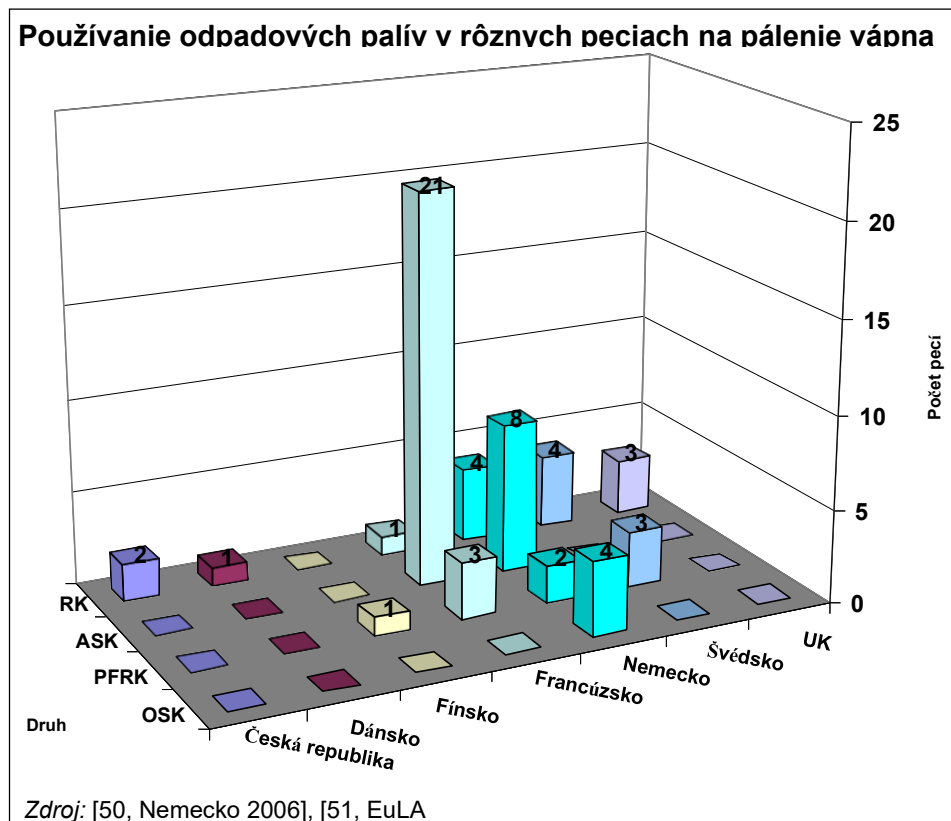
Užitočné informácie týkajúce sa úpravy odpadu možno nájsť v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách pre riadenie odvetví úpravy odpadu [48, Európska komisia 2005].

Informácie o spaľovaní odpadu možno nájsť aj v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách spaľovania odpadu [87, Európska komisia 2001].

2.2.5.2 Technické aspekty

Pri používaní odpadov ako palív sa výrobný proces vápna zásadne nemení. Pece na výrobu vápna môžu fungovať s veľmi rozdielnou mierou substitúcie, napríklad od nízkej miery substitúcie, keď odpadové palivá dodávajú len malé percento celkovej energie, až po úplnú substitúciu.

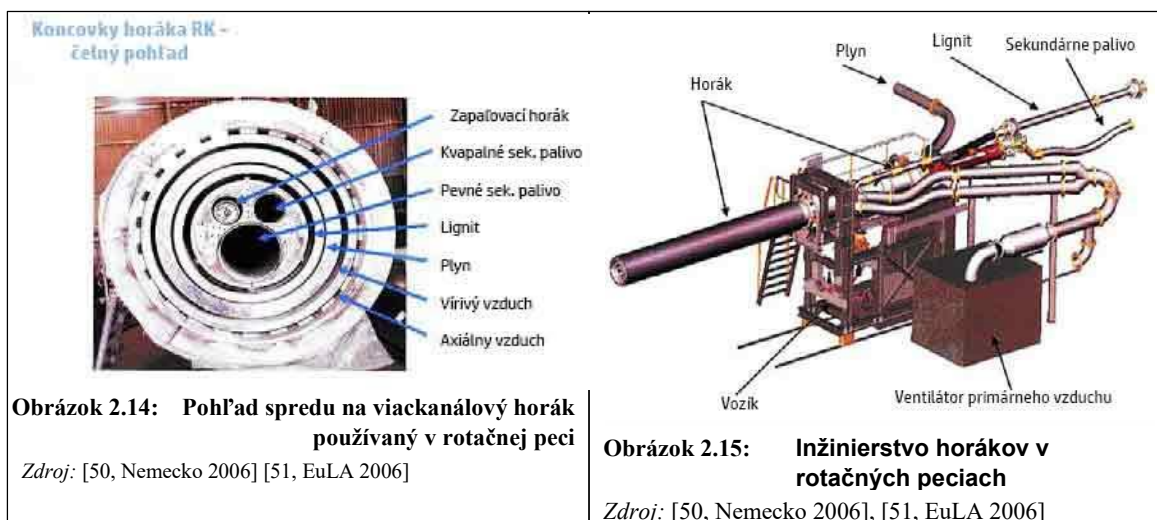
Využívanie odpadu sa môže vykonávať v rotačných peciach (RK), kruhových šachtových peciach (ASK), rekuperačných peciach s paralelným tokom (PFRK) alebo iných šachtových peciach (OSK). Výber druhu pece závisí od požiadaviek na kvalitu a výrobných kapacít. Na obrázku 2.13 je znázornený počet a druh pecí spaľujúcich odpadové palivá v rôznych európskych krajinách. Viac informácií o rôznych typoch pecí používaných v odvetví výroby vápna nájdete v oddiele 2.2.7 tohto dokumentu.



Obrázok 2.13: Rozdelenie pecí na výrobu vápna využívajúcich odpadové palivá v rôznych európskych krajinách

Na používanie odpadových palív vo vyššie uvedených peciach, s výnimkou rekuperačných pecí s paralelným tokom (PFRK), sa musia používať špeciálne horáky buď na plynné palivá, alebo na kvapalné palivá. Tieto pece sú vybavené tyčami špeciálne navrhnutými na spaľovanie plyných, kvapalných a tuhých palív.

V rotačných peciach (RK) sa môžu používať aj tzv. viackanálové horáky na spaľovanie rôznych palív (plynných, tuhých a kvapalných), ako je znázornené na obrázkoch 2.14 a 2. 15.



2.2.5.3 Druhy používaných odpadových palív

Dostupnosť na trhu je do veľkej miery zodpovedná za pozorované rozdiely v druhu odpadového paliva používaného v rôznych európskych krajinách, ako je uvedené v tabuľke 2.12.

Tabuľka 2.12: Druhy odpadových palív používaných v rôznych európskych krajinách

Krajina	Druhy odpadových palív		
	Kvapalné	Tuhé – práškové	Tuhé – kusové
Česká republika	x		x
Dánsko		x	
Fínsko	x		
Francúzsko	x	x	x
Nemecko	x	x	x
Švédsko	x		x
Spojené kráľovstvo	x		

Zdroj: [50, Nemecko 2006], [51, EuLA 2006]

Kvapalné a tuhé odpadové palivá obsahujú nasledujúce zložky a môžu sa spaľovať v rôznych peciach, ako je uvedené v tabuľke 2.13 a tabuľke 2.14.

Tabuľka 2.13: Zložky kvapalných a tuhých odpadových palív

Kvapalné odpadové palivá	Tuhé odpadové palivá
Odpadový olej	Tuhé druhotné palivá
Druhotné palivá na báze rozpúšťadiel a kvapalín	Plasty (okrem PVC)
Živočíšny tuk	Drevný odpad
	Pneumatiky
	Mäsovo-kostná múčka

Zdroj: [50, Nemecko 2006], [51, EuLA 2006]

Tabuľka 2.14: Odpadové palivá používané v rôznych druhoch pecí

Druh pece	Druh odpadového paliva		
	Kvapalné	Tuhé – práškové	Tuhé – kusové
Dlhé rotačné pece (LRK)	x	x	x
Rotačná pec s predohrievačom (PRK)		x	x
Rekuperačná pec s paralelným tokom (PFRK)	x	x	
Kruhovú šachtovú pec (ASK)	x	x	x
Ostatné pece (OK)	x	x	
Zdroj: [50, Nemecko 2006], [51, EuLA 2006]			

Kvapalné odpadové palivá sa môžu používať v rotačných peciach (LRK, PRK), kruhových šachtových peciach (ASK), rekuperačných peciach s paralelným tokom (PFRK) a špeciálnych druhoch ostatných pecí (OK), napr. v bežných šachtových peciach s bočným horákom a v dvojitých šikmých peciach. Ak sú tuhé palivá v prášku, môžu sa používať vo všetkých uvedených druhoch pecí. Malé kusy tuhého paliva sa môžu používať len v rotačných peciach (LRK, PRK) alebo v kruhových šachtových peciach. Pri používaní odpadu ako palív nevznikajú ani tuhé, ani kvapalné odpady.

Techniky, ktoré dodávatelia používajú na prípravu a miešanie určitých vlastností odpadového paliva, závisia od vlastností vstupného materiálu a požiadaviek používateľov. V zariadeniach na spracovanie odpadu sa spracúvajú (napr. triedením, drvením, peletovaním) tieto druhy tuhých odpadov, ktoré nie sú nebezpečné, na použitie pri výrobe vápna:

- jednozložkový odpad s vysokou výhrevnosťou, ako sú použité pneumatiky, živočíšna múčka,
- zmesi rôznych monoodpadov (napr. textilný alebo plastový odpad špecifický pre výrobu),
- separovaná vysokovýhrevná frakcia zmesového komunálneho odpadu, zmesového komerčného odpadu alebo zmesového stavebného a demolačného odpadu.

Kvapalné odpadové palivá sa pripravujú zmiešaním rôznych odpadov, ako sú použité rozpúšťadlá alebo odpadový olej, s vhodnou výhrevnosťou v špeciálnych zariadeniach na nakladanie s odpadmi. Zvyčajne je potrebná len jednoduchá predúprava (odstránenie dna, usadenín a vody). V niektorých prípadoch, napr. pri strojovom oleji/emulzii, sú potrebné chemické procesy na odstránenie kovových znečisťujúcich látok a prísad.

Užitočné informácie týkajúce sa úpravy odpadu možno nájsť v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách pre odvetvie úpravy odpadu [48, Európska komisia 2005].

Kvapalné odpadové palivá môžu byť nebezpečné. Túto skutočnosť je potrebné zohľadniť pri manipulácii s týmto druhom paliva (napr. pri skladovaní, podávaní). Rekuperácia pár sa používa na zamedzenie emisiám organických zlúčenín. Systémy rekuperácie pár sa prevádzkujú tak, aby bol tok organických látok povolený len po pripojení systému rekuperácie pár. Systém rekuperácie pár a pripojené zariadenia počas bežnej prevádzky neuvolňujú do atmosféry žiadny plyn, s výnimkou uvoľňovania potrebného z bezpečnostných dôvodov.

Príklad manipulácie s odpadovým olejom a jeho použitia pri výpale je opísaný a nachádza sa v oddiele 1.1 (výroba vápna).

Pri použití živočíšneho tuku je potrebné poznamenať, že tento odpad vzhľadom na svoju viskozitu tuhne pri teplotách 40 °C a môže upchať potrubia a armatúry. Manipulácia so živočíšnym tukom pri teplotách nad 40 °C je potrebná napr. pomocou dodatočného tepla [50, Nemecko 2006], [51, EuLA 2006].

2.2.5.4 Kontrola kvality palív z tuhého odpadu

Vzhľadom na špecifické požiadavky na výrobky a povahu výrobných procesov musia mať odpadové palivá veľmi presne definované fyzikálne vlastnosti. Pri výrobe vápna sa môže použiť len odpad s vlastnosťami na tento určený účel.

Vysokovýhrevný odpad môže vo peciach na vápno nahradiť primárne palivá, a preto je nevyhnutná stála kvalita odpadu, napr. dostatočná výhrevnosť, nízky obsah vlhkosti, kovov, chlór a popola, a odpad musí byť vhodný pre horáky. Takéto palivá sa pripravujú v špeciálnych zariadeniach na spracovanie odpadu.

Pred prípravou dodávateľom sa musí odpadový materiál skontrolovať a analyzovať z hľadiska rôznych kvalitatívnych vlastností, napr. definovanej dostatočnej výhrevnosti, nízkej vlhkosti a nízkeho obsahu znečisťujúcich látok, ako je síra, chlór a kovy, pretože by mohlo dôjsť k znečisteniu vápna. Príklady typických obsahov znečisťujúcich látok, ktoré sa môžu nachádzať v odpadovom oleji a živočíšnom tuku používaných pri výrobe vápna, sú uvedené v oddiele 6.3.2.2 (pozri tabuľku 6.30). Odpadové palivá sa môžu vyrábať v rôznych formách, napríklad vo forme peliet. Okrem toho sa pred použitím na výpal v peci analyzujú aj pripravené a dodané odpadové materiály. Na analýzu rôznych odpadov sa používajú špeciálne laboratorné zariadenia. Príklad kontroly kvality odpadového paliva spaľovaného v rotačných peciach je uvedený v oddiele 6.3.4 [50, Nemecko 2006], [51, EuLA 2006].

Na zaručenie vlastností odpadového paliva je potrebný systém zabezpečenia kvality. To zahŕňa najmä ustanovenia o odbere vzoriek, príprave vzoriek, analýze a externom monitorovaní. Ďalšie užitočné informácie nájdete v technických špecifikáciách Európskeho výboru pre normalizáciu, napríklad v CEN/TC 343 Tuhé regenerované palivá.

Pôvod a klasifikácia odpadu musia byť uvedené podľa Európskeho katalógu odpadov (EWC) [49, Európska komisia 2000]. Tento katalóg klasifikuje odpadové materiály a rozdeľuje ich do kategórií podľa toho, ako vznikli a aké majú vlastnosti. Na EWC odkazuje viacero smerníc EÚ a rozhodnutí Komisie týkajúcich sa odpadového hospodárstva.

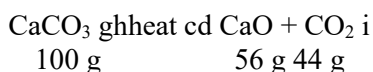
Dodávateľ odpadu musí odpad klasifikovať a musí potvrdiť, že palivá pripravené na použitie majú vlastnosti určené na účely výroby vápna v rôznych peciach.

Príklad kontroly kvality je popísaný spolu s vysvetlením klasifikácie odpadu a nachádza sa v oddiele 6.3.4 [44, EuLA 2006], [46, Nemecko 2006].

2.2.6 Výroba nehaseného vápna a dolomitu

2.2.6.1 Kalcinácia vápenca – chemická reakcia

Vápno sa vyrába spaľovaním uhličitanov vápnika a/alebo uhličitanu horečnatého pri teplotách od 900 do 1 200 °C. Okrem toho je možné dosiahnuť teploty až do 1 800 °C, napr. na dosiahnutie slinovania (napr. tvrdo pálené vápno). Tieto teploty sú dostatočne vysoké na uvoľnenie oxidu uhličitého a získanie odvodeného oxidu. Táto chemická reakcia tepelného rozkladu uhličitanu vápenatého sa často nazýva „kalcinácia“ a možno ju vyjadriť takto:



Preto proces závisí od primeranej teploty výpalu aspoň nad 800 °C, aby sa zabezpečila dekarbonizácia a dobrý čas zadržania, t. j. aby sa vápno/vápenec udržiaval dostatočne dlho pri teplotách 1 000 – 1 200 °C, aby sa kontrolovala jeho reaktivita.

Reaktivita nehaseného vápna je meraním miery, akou nehasené vápno reaguje v prítomnosti vody. Skúšobná metóda na meranie reaktivity mletého vápna rozpúšťaním vápna vo vode je opísaná v európskej norme EN 459-2. Na meranie reaktivity kusového vápna sa vo vápennom priemysle používajú niektoré ďalšie metódy, ako napríklad takzvaný „Wuhrerov test“ [44, EuLA 2006].

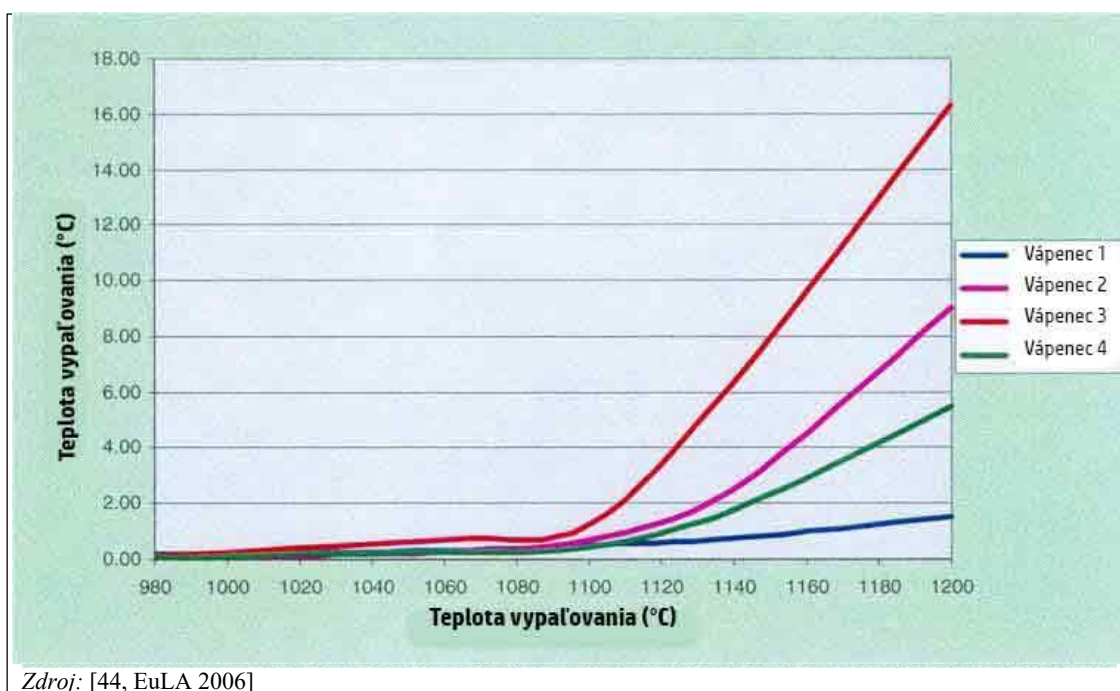
Reaktivita vápna závisí od rôznych parametrov súvisiacich so surovinou a procesom. Tieto parametre sú:

- teplota a čas horenia,
- kryštalická štruktúra vápenca,
- nečistoty vápenca,
- druh pece a palivo.

Klasifikácia vápna sa často posudzuje z hľadiska jeho reaktivity, napr.:

- tvrdo pálené,
- tvrdé,
- stredné,
- mäkké.

Európskou štandardnou metódou na hodnotenie reaktivity vápna je meranie času, tzv. „t60“, ktorý zodpovedá času, za ktorý zmes vápna a vody (za štandardizovaných podmienok) stúpne z 20 °C na 60 °C. V praxi platí, že čím vyššia je hodnota „t60“, tým nižšia je reaktivita vyrobeného vápna. Neexistuje však žiadna norma, v ktorej by sa definovala kvalita výrobku (mäkký, stredný, tvrdo pálený), pretože hranice nie sú jasne definované. Na obrázku 2.16 je znázornená zmena reaktivity (t60) v závislosti od teploty horenia, ako aj od charakteru vápenca.

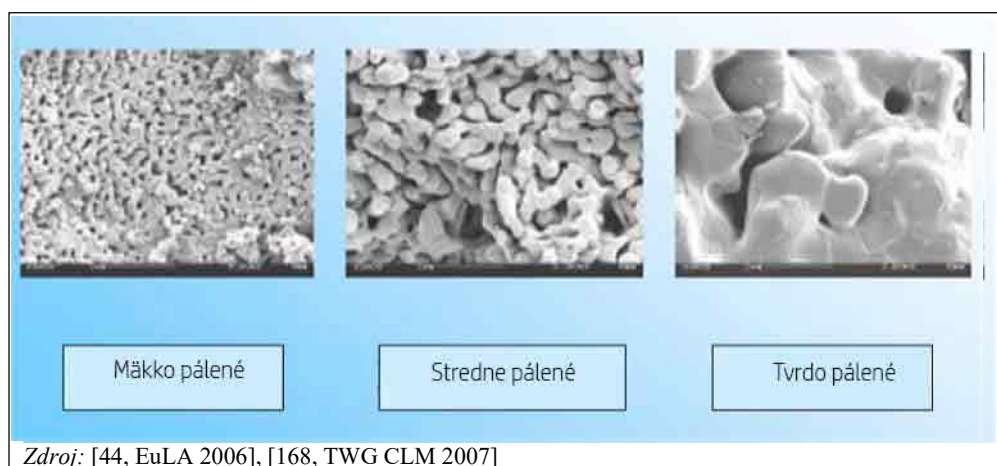


Obrázok 2.16: Zmena reaktivity v závislosti od teploty horenia a druhu vápenca

Vápno s nižšou reaktivitou sa často označuje ako stredné, tvrdé a tvrdo pálené. Zníženie reaktivity je sprevádzané redukciou povrchu a pórovitosti vápna, čo sa nazýva spekanie.

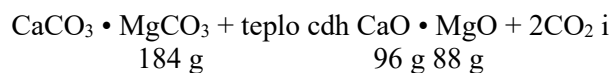
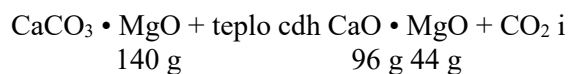
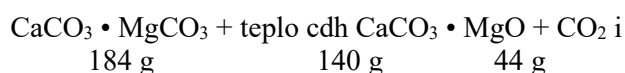
Každý konkrétny typ vápna má špecifickú reaktivitu, ktorá sa riadi požiadavkami aplikácie a konkrétneho procesu. Ako už bolo spomenuté, vlastnosti vápna závisia aj od vápencového materiálu, druhu pece a použitého paliva. Napríklad v šachtových peciach na koks sa zvyčajne vyrába nehasené vápno so strednou až nízkou reaktivitou, zatiaľ čo v rekuperačných peciach s paralelným tokom sa zvyčajne vyrába vápno s vysokou reaktivitou. Chemické zloženie a reaktivita vápna sú hlavnými parametrami, ktoré sú hnacou silou trhu.

Na obrázku 2.17 je znázornený rozdiel v morfológii (tvar častíc) a povrchu mätko páleného vápna v porovnaní so stredne a tvrdo páleným vápnom, ktorý bol nasnímaný a naskenovaný pomocou skenovacieho elektrónového mikroskopu (SEM, zväčšenie: SEMx5000).



Obrázok 2.17: Morfológia mätkého, stredne tvrdého a tvrdého páleného vápna

Rozklad dolomitov a horčíkovo-dolomitického vápenca je oveľa zložitejší. Rozklad môže prebiehať prostredníctvom jednej alebo dvoch samostatných fáz alebo dokonca prostredníctvom medzifáz [44, EuLA 2006]:

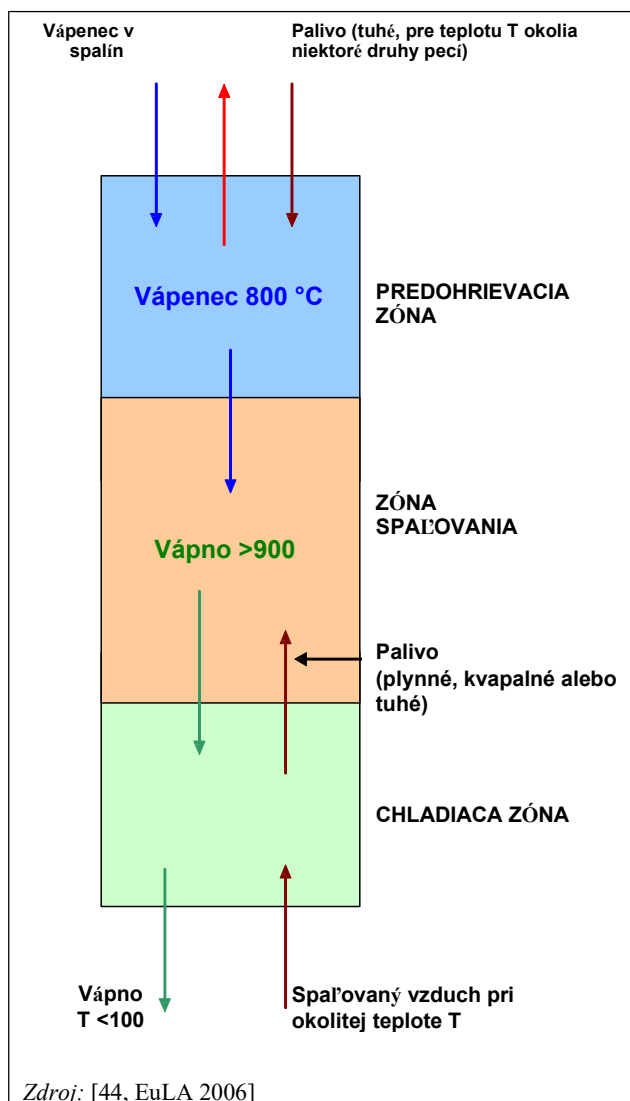


Teplota potrebná na rozklad dolomitov a horčíkových/dolomitického vápenca sa zvyčajne pohybuje v rozmedzí 500 – 750 °C.

2.2.6.2 Kalcinácia vápenca v peci

Prechod vápenca (s významným obsahom uhličitanu horečnatého alebo bez neho) pecou možno rozdeliť na tri fázy alebo zóny prenosu tepla, ktoré sú znázornené na obrázku 2.18 a opísané nižšie:

1. *Predohrievacia zóna:* Vápenec sa ohrieva z teploty okolitého prostredia na približne 800 °C priamym kontaktom s plynmi odchádzajúcimi z kalcinačnej zóny, ktoré pozostávajú najmä z produktov spaľovania spolu s prebytočným vzduchom a CO₂ z kalcinácie.
2. *Zóna spaľovania alebo kalcinácie:* Palivo sa spaľuje v predhriatom vzduchu z chladiacej zóny a (v závislosti od konštrukcie) v dodatočnom „spaľovacom“ vzduchu pridávanom spolu s palivom. V tejto zóne sa dosahujú teploty >900 °C. Pri teplotách od 800 do 900 °C sa povrch vápenca začína rozkladať. Pri teplotách nad teplotou rozkladu vápenca, t. j. 900 °C, dochádza k rozkladu pod povrchom kamienkov. Pri teplote 900 °C tieto kamienky opúšťajú kalcinačnú zónu a niekedy sa nachádzajú ako zvyšky vápenca, ktoré sú v nej stále zachytené. Ak sa kamienky úplne rozložia a stále sa nachádzajú v kalcinačnej zóne, dochádza k ich spekaniu.
3. *Chladiaca zóna:* Nehasené vápno, ktoré opúšťa kalcinačnú zónu pri teplote 900 °C, sa ochladzuje priamym kontaktom s „chladiacim“ vzduchom, časťou alebo celým spaľovacím vzduchom, ktorý sa spätne predohrieva. Vápno opúšťa túto zónu pri teplotách nižších ako 100 °C.



Obrázok 2.18: Všeobecné zásady kalcinácie vápna

Čas zdržania vápna vápenca v peci sa líši v závislosti od druhu pece a druhu požadovaného konečného výrobku. Zistilo sa, že tento čas sa pohybuje od šiestich hodín do dvoch dní.

Nehasené vápno sa často uvádza ako ľahké alebo mäkké, stredne alebo tvrdo pálené v závislosti od stupňa jeho pálenia. Zistilo sa, že stupeň reaktivity, t. j. reaktivita na vodu, sa znižuje so zvyšujúcou sa úrovňou pórovitosti.

Miera rozkladu vápenca v peci preto závisí od viacerých faktorov, ktoré sú vlastné samotným časticiam vápenca, t. j. morfológii a zloženiu, a od podmienok procesu. Zistilo sa, že hlavnými premennými sú:

- chemické vlastnosti vápenca,
- veľkosť a tvar častíc,
- teplotný profil kalcinačnej zóny,
- rýchlosť výmeny tepla medzi plynom a časticami.

Väčšina používaných pecí je založená buď na šachtovej, alebo rotačnej konštrukcii. Existuje niekoľko ďalších pecí založených na iných princípoch. Všetky tieto návrhy zahŕňajú koncept troch zón. Zatiaľ čo šachtové pece zvyčajne obsahujú predohrievač, niektoré iné pece, konkrétne rotačné, niekedy fungujú v spojení so samostatnými predohrievačmi. Používajú sa dva hlavné druhy predohrievačov, vertikálna šachta a pohyblivý rošt.

Väčšina systémov pecí sa vyznačuje protiprúdovým prúdením tuhých látok a plynov, čo má vplyv na uvoľňovanie výsledných znečisťujúcich látok.

2.2.6.3 Spracovanie nehaseného vápna

Cieľom spracovania nehaseného vápna z pecného výpadu (ROK) je vyrobiť niekoľko druhov s veľkosťou častíc a kvalitou požadovanou pre rôzne segmenty trhu. Používa sa niekoľko jednotkových procesov vrátane triedenia, drvenia, mletia, mletia, vzduchového triedenia a dopravy. Dobre navrhnutá vápenka dosahuje niekoľko cieľov, a to:

- maximalizácia výnosu hlavných produktov,
- minimalizácia výťažku prebytočných tried (spravidla jemných),
- zlepšenie kvality niektorých výrobkov,
- pružnosť pri zmene výnosov výrobkov v reakcii na zmeny v požiadavkách trhu.

Spracovateľská prevádzka by mala zahŕňať primerané skladovanie výrobkov aj medziproduktov, aby sa zabezpečila rezerva medzi pecou, ktorá je najlepšie prevádzkovaná nepretržite, a expedíciou, ktorá býva cez noc a cez víkendy na nízkej úrovni.

Vápno ROK sa často preosieva na hrúbku približne 5 mm. Ak má vápno ROK hornú veľkosť nad (napríklad) 45 mm, zmenšuje sa jeho veľkosť s minimálnou produkciou jemných častíc. Na túto úlohu sa bežne používajú čeľuťové a valcové drviče. Rozdrvené vápno ROK sa potom posúva na viacpodlažné sito, ktoré produkuje sekundárnu jemnú frakciu (napr. menej ako 5 mm) a granulovanú alebo „kamienkovú“ frakciu vápna (napr. 5 – 15 mm a 15 – 45 mm).

Produkty sa skladujú v zásobníkoch, odkiaľ sa môžu buď priamo expedovať, alebo sa môžu previezť do iného závodu na mletie alebo hydratáciu.

2.2.6.3.1 Výroba mletého nehaseného vápna

Od 50. rokov 20. storočia rýchlo rástol dopyt po rôznych druhoch a kvalitách mletého nehaseného vápna. Požiadavky na veľkosť častíc sa líšia od relatívne hrubých výrobkov používaných na stabilizáciu pôdy až po veľmi jemne delené výrobky pre špecializované aplikácie.

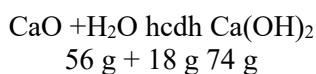
Hrubšie produkty sa vyrábajú relatívne lacno pri jednom prechode cez kladivový mlyn s integrovaným košom. Jemnejšie výrobky sa zvyčajne vyrábajú v guľových mlynoch a vertikálnych valcových lisoch. Väčšina prevádzok používa systémy vzduchového triedenia.

2.2.6.4 Výroba haseného a/alebo hydratovaného vápna

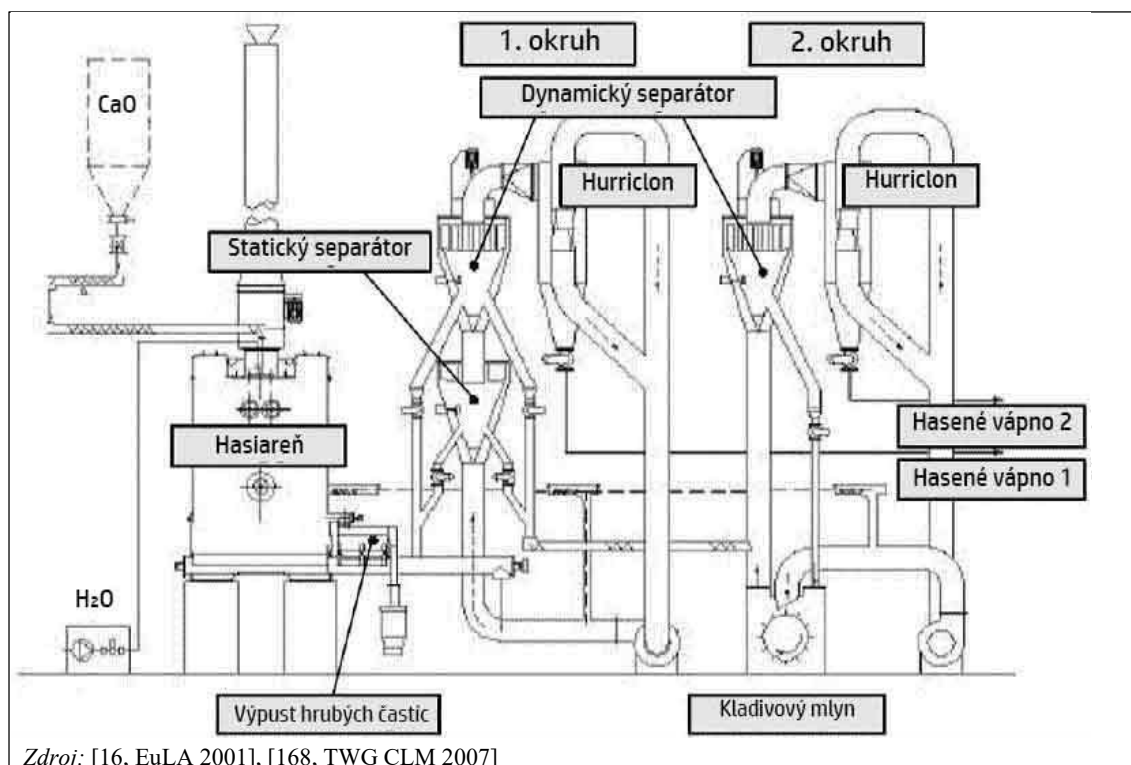
Vápno vo forme vápna sa vzťahuje na hydratované vápno (suchý prášok hydroxidu vápenatého), vápenné mlieko a vápenný tmel (disperzie častíc hydroxidu vápenatého vo vode).

2.2.6.4.1 Výroba hydratovaného vápna

Hydratácia vápna spočíva v pridávaní vody do hydrátora k oxidu vápenatému. Množstvo pridanej vody je približne dvojnásobok stechiometrického množstva potrebného na hydratačnú reakciu. Prebytočná voda sa pridáva na zmiernenie teploty vznikajúcej pri reakčnom teple odparovaním, ako je znázornené nižšie:



Existuje mnoho rôznych typov konštrukcií hydrátorov, ale samotný proces možno v zásade opísať podľa obrázka 2.19. Hydrátor pozostáva napríklad z rotujúcich lopatiek, ktoré intenzívne miešajú vápno v prítomnosti vody. Prebieha silná exotermická reakcia, pri ktorej vzniká 1,14 MJ na 1 kg oxidu vápenatého. Proces hydratácie sa reguluje tak, aby konečným produktom bol suchý prášok. Po hydratácii sa výrobok preniesie do triediča. Časť alebo celá hrubá frakcia sa môže uskladniť, mlieť alebo recyklovať. Výrobky sa skladujú v silách.



Obrázok 2.19: Vývojový diagram hydrátora vápna

Niektoré hydratačné prevádzky zlepšujú kvalitu hydratovaného vápna odstránením horšej kvality, ktorá pozostáva z hrubej frakcie bohatej na uhličitany. Tieto horšie triedy materiálu sa podľa možnosti používajú vo vybratých výrobkoch. V opačnom prípade sa odvážajú na skládku.

2.2.6.4.2 Výroba vápenného mlieka a vápenného tmelu

Vápenné mlieko a vápenný tmel sa vyrábajú hasením vápna prebytočnou vodou. Hasenie sa vykonáva v dávkových aj kontinuálnych hasičoch. Pojem „vápenné mlieko“ sa používa na označenie tekutej suspenzie haseného vápna vo vode. Vápenné mlieka môžu obsahovať až 40 % hmotnosti tuhých látok. Vápno s vysokým obsahom tuhých látok sa niekedy nazýva vápenná kaša. Vápenný tmel je hustá disperzia haseného vápna vo vode. Tmely zvyčajne obsahujú 55 až 70 % hmotnosti tuhých látok. Vápenná pasta sa niekedy používa na označenie polotekutého tmelu.

V mnohých aplikáciách, napr. v stavebných maltách, ako činidlo v chemických reakciách, sa vápno používa ako hydroxid, ako suspenzia vo vode (ako kaša) alebo ako pasta.

Používatelia vápna dávajú z pohodlných dôvodov prednosť práci s hydratovaným vápnom v práškovej forme, ktoré sa riedi vo vode, pred nehaseným vápnom. Proces pálenia je jemný exotermický proces, ktorý si vyžaduje špecifické zariadenie, ktorému sa používatelia vápna radšej vyhýbajú. Okrem toho možno uprednostniť hydratované vápno pred nehaseným vápnom, ktoré okamžite reaguje s vlhkosťou. Nakoniec proces hydratácie umožňuje zvýšiť kvalitu (výťažnosť) produktu odstránením nespálených hrubých častíc (CaCO_3) alebo akýchkoľvek iných hrubých nečistôt.

2.2.7 Druhy pecí na vápno – techniky a konštrukcia

V priebehu rokov sa na celom svete používala široká škála techník a konštrukcií pecí. Hoci v posledných rokoch pri predaji pecí na vápno dominuje relatívne malý počet konštrukcií, k dispozícii je mnoho alternatív, ktoré sú vhodné najmä na špecifické použitie. Pri výbere techniky pece sa musia zohľadniť vlastnosti vápenca, ako je pevnosť pred a po vypaľovaní, druh dostupného paliva a kvalita výrobku. Mnohí výrobcovia vápna prevádzkujú dva alebo viac typov pecí, používajú rôzne veľkosti vápenec a vyrábajú vápno rôznej kvality, čím lepšie využívajú prírodné zdroje, čo je dobrý environmentálny postup.

Na výrobu vápna sa používa šesť všeobecných typov pecí. Hlavnými dôležitými faktormi pri výbere pece sú vo všeobecnosti:

- charakter ložiska nerastu,
 - vlastnosti, dostupnosť a kvalita vápenca,
- vstupná granulometria,
 - mechanické vlastnosti vsádzky pece,
 - pokuty,
- žiadosti zákazníkov týkajúce sa vlastností vápna,
- kapacita pece,
- dostupnosť palív (vrátane odpadových palív),
- náklady (na palivo, investičné a prevádzkové).

Typická miera výroby a veľkosť kameňa suroviny pre rôzne typy pecí sú uvedené v tabuľke 2.15. Typy pecí používaných na výrobu vápna majú všeobecnú životnosť 30 až 45 rokov.

Tabuľka 2.15: Prevádzkové parametre pre druhy pecí na výrobu vápna

Druh pece	Skratka	Výstupný rozsah (t/d)	Rozsah veľkostí vstupného kameňa (mm)
Dlhá rotačná pec	LRK	160 – 1 500	2 – 60
Rotačná pec s predohrievačom	PRK	150 – 1 500	10 – 60
Generatívna pec s paralelným tokom	PFRK	100 – 600	10 – 200
Kruhovú šachtovú pec	ASK	80 – 300	10 – 150
Šachtová pec s miešaným zavázaním	MFSK	60 – 200	20 – 200
Ostatné pece	OK	10 – 200	20 – 250

Zdroj: [16, EuLA 2001] [44, EuLA 2006]

Fyzikálno-chemické vlastnosti vápna sú neodmysliteľne spojené s druhom pecí používaných na kalcináciu. Výber pece môžu ovplyvniť aj ďalšie parametre, ako napríklad:

- druh a dostupnosť paliva,
- kapacita pece,
- investičné náklady,
- prevádzkové náklady,
- vplyv na životné prostredie.

V tabuľke 2.16 sú uvedené druhy pecí, ktoré sa všeobecne používajú na výrobu konkrétnych druhov vápna požadovaných na trhu.

Tabuľka 2.16: Vzťah medzi pecami a druhmi vápna, ktoré sa v nich zvyčajne vyrábajú

Reaktivita	t60 ⁽¹⁾ < 3 min.						t60 ⁽¹⁾ > 3 min.					
Veľkosť zrna vápenca (mm)	< 20		20 – 60		> 60		< 20		20 – 60		> 60	
Obsah síry vo vápne	M ⁽²⁾	L ⁽³⁾	M ⁽²⁾	L ⁽³⁾	M ⁽²⁾	L ⁽³⁾	M ⁽²⁾	L ⁽³⁾	M ⁽²⁾	L ⁽³⁾	M ⁽²⁾	L ⁽³⁾
Dlhá rotačná pec (LRK)				+(4)					o ⁽⁵⁾	+(4)		
Rotačná pec s predohrievačom (PRK)				+(4)			+(4)			+(4)		
Generatívna pec s paralelným tokom (PFRK)	+(4)		+(4)		o ⁽⁵⁾							
Kruhovú šachtovú pec (ASK)			+(4)								+(4)	
Šachtová pec s miešaným zavázaním (MFSK)											o ⁽⁵⁾	
Ostatné pece (OK)	+(4)		+(4)		+(4)		+(4)			+(4)		

(1) t60 = reaktivita vápna, ktorá udáva čas potrebný na dodanie tepla nehasenému vápnu z 20 na 60 °C, keď reaguje s vodou
(2) M = stredná: >0,05 %
(3) L = nízka: <0,05 %
(4) Najčastejšie používané
(5) Používané sa za určitých podmienok
Zdroj: [44, EuLA 2006]

V tabuľke 2.17 sú uvedené rôzne vlastnosti výrobkov, ako je reaktivita pre rôzne trhové odvetvia alebo skupiny spotrebiteľov. Chemické zloženie a reaktivita vápna sú najdôležitejšie parametre, ktoré sú hnacou silou trhu.

Tabuľka 2.17: Orientačné špecifikácie vápna podľa skupín spotrebiteľov

Skupina spotrebiteľov		Percento výroby (%) v roku 2003 (ILA) ⁽¹⁾	Produktové vlastnosti vápna				Obsah síry
			Reaktivita		Chémia		
			t60 ⁽²⁾ < 3 min. ⁽³⁾	t60 ⁽²⁾ > 3 min. ⁽³⁾	Veľm i čisté	CL 70 – 80 ⁽⁴⁾	
I.	Priemysel						
	1. Železiarsky a oceliarsky	39	x		x		x
	2. Neželezné kovy	3					x
	3. Chemický	10	x		x		x
	4. Iné (napr. papierenský)	6					x
II.	Stavebné materiály (priemysel) ⁽⁶⁾	3		x		x	
III.	Stavebné materiály (obchod) ⁽⁶⁾	17		x		x	
IV.	Ochrana životného prostredia ⁽⁶⁾	16					
	1. Úprava spalín						x
	2. Pitná voda						x
	3. Čistenie odpadových vôd						x
V.	Poľnohospodárstvo	2					
Skupina spotrebiteľov		Percento (%) výroby v roku 2003 (ILA) ⁽¹⁾	Produktové vlastnosti dolomitického vápna				Obsah síry
			Reaktivita	Chémia			
				Veľm i čisté	CL 70 – 80 ⁽⁴⁾		
I.	Oceliarsky priemysel		x ⁽⁵⁾				x
II.	Nepoužíva sa pre dolomitické vápno						
III.	Stavebné materiály		Napoly vypálené			DL 80 DL 85 ⁽⁵⁾	
IV.	Nepoužíva sa pre dolomitické vápno						
V.			Napoly vypálené			DL 80 DL 85 ⁽⁵⁾	
VI.	Nepoužíva sa pre dolomitické vápno						
VII.	Ohňovzdorné		Tvrdo pálené				x
(1) Medzinárodné združenie pre vápno							
(2) t60 = reaktivita vápna, ktorá udáva čas potrebný na získavanie tepla z nehaseného vápna z 20 na 60 °C pri reakcii s vodou							
(3) Minúty							
(4) CL 70 – 80 = klasifikačná norma							
CL 70 = vápno definované v EN 459 Stavebné vápno s obsahom CaO + MgO >65 % CL 80 = vápno definované v EN 459 Stavebné vápno s obsahom CaO + MgO >75 %							
(5) DL 80, DL 85 = klasifikačná norma							
o DL 80 = vápno definované v norme EN 459 Stavebné vápno s obsahom CAO + MgO >75 %.							
o DL 85 = vápno definované v norme EN 459 Stavebné vápno s obsahom CAO + MgO >80 %.							
(6) Špecifikácia „veľmi čisté“ používaná v Spojenom kráľovstve							
Zdroj: [44, EuLA 2006]							

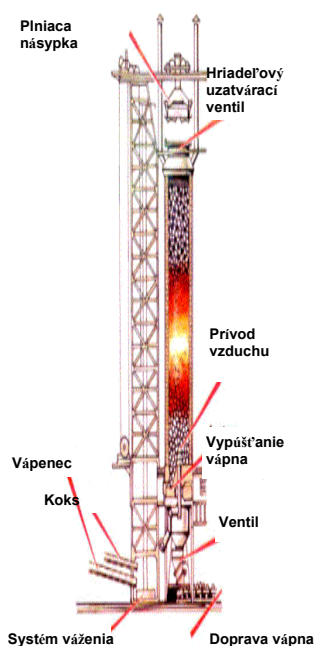
Šachtové pece tvoria približne 90 % všetkých pecí používaných v Európe, ktorých je spolu približne 551. V tomto oddiele sa opisuje základné fungovanie pecí s niektorými rozdielmi pozorovanými v jej podtriadach, a to:

- Šachtové pece s miešaným zavázaním (MFSK)
 - 116 pecí v EÚ 27, väčšina z nich sa nachádza v strednej Európe
- Rekuperačné pece s paralelným tokom (PFRK)
 - 158 pecí v EÚ 27
- Kruhové šachtové pece (ASK)
 - 74 pecí v EÚ 27
- Ostatné pece (OK)
 - 203 pecí v EÚ 27.

Šachtové pece sú zvislé, s výškou do 30 metrov a priemerom do 6 metrov. Pri tomto druhu pece sa vápenec privádza do hornej sekcie pece a postupne prechádza jednotlivými stupňami pece, až kým sa nevypustí na dno vo forme vápna. Výkonnosť tradičných šachtových pecí bola obmedzená ťažkosťami pri dosahovaní rovnomerného rozloženia tepla v sekcii pece a rovnomerného pohybu materiálu v peci [44, EuLA 2006].

2.2.7.1 Šachtové pece s miešaným zavázaním (MFSK)

V šachtových peciach so zmiešaným zavázaním sa používa vápenec s veľkosťou hornej vrstvy v rozsahu 20 až 200 mm a pomerom veľkosti približne 2 : 1. Najčastejšie používaným palivom je hustý koks s nízkym obsahom popola. Veľkosť koksu je len o niečo menšia ako veľkosť kameňa. Preto sa posúva spolu s kameňmi, namiesto toho, aby stekal cez medzery. Kameň a koks sa miešajú a dávajú do pece tak, aby sa minimalizovala segregácia. Antracit sa používa čoraz viac vzhľadom na cenu a dostupnosť koksu metalurgickej kvality. Princíp fungovania šachtovej pece so zmiešaným privodom je znázornený na obrázku 2.20 a príklad takejto pece je na obrázku 2.21.



Obrázok 2.20: Princíp šachtovej pece s miešaným zavázaním

Zdroj: [44, EuLA 2006]



Obrázok 2.21: Šachtová pec s miešaným zavázaním

Zdroj: [44, EuLA 2006]

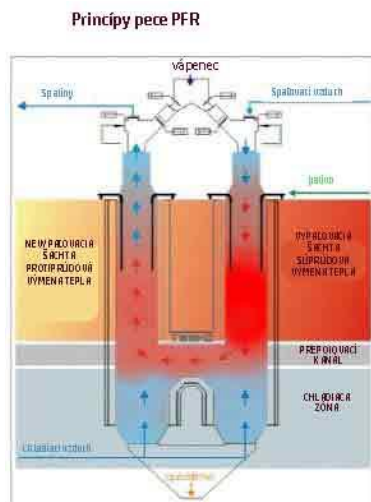
Kvalita nehaseného vápna býva stredne vysoká, pričom reaktivita je podstatne nižšia ako kvalita získaná v rotačných peciach pri rovnakom obsahu CaCO_3 . Síra sa v palive zachytáva vo vysokej miere. Hlavné technické vlastnosti sú uvedené v tabuľke 2.18.

Tabuľka 2.18: Hlavné technické vlastnosti šachtových pecí s miešaným zavázaním

Šachtové pece s miešaným zavázaním (MFSK)	
Druh dávkovania paliva	Zmiešané s vápencom
Výstup (t/deň)	60 – 200
Spotreba tepla (MJ/t vápna)	3 400 – 4 700
Spotreba energie/elektrickej energie (kWh/t vápna)	5 – 15
Štruktúra	Vertikálny valec alebo obdĺžniková šachta so žiaruvzdornou výstelkou
Veľkosť vápenca (mm)	20 – 200
Typ paliva	Kusový koks ⁽¹⁾ a antracit
Vstrekovanie spaľovaného vzduchu	Chladiaci vzduch iba zo spodnej časti
Vynášanie vápna	Otočná excentrická doska
Dôležité body	Vyžaduje rovnomerné miešanie kameňa a paliva Vyžaduje rovnomerné rozloženie kameňa v priereze Vysoká retencia síry z paliva vo vápne
Výhody	Bezpodmienečné Náklady na výstavbu a údržbu Dobrý nástroj pre vápno s nízkou reaktivitou Nízke nároky na elektrickú energiu (ventilátory) (pozri tabuľku 2.23) Chladiaci vzduch sa používa ako spaľovaný Nízky prebytok vzduchu Vysoký obsah CO_2 pre PCC ⁽²⁾ , cukor a sódu na vlastnú výrobu vápna
Nevýhody	Rovnomerné premiešavanie paliva a vzduchu sa ťažko dosahuje, čo spôsobuje kolísanie pomeru vzduch/palivo Podmienky procesu vedúce k emisiám CO Vyžaduje veľké okruhlíky z vápenca, ktoré skracujú životnosť ložiska Nízka reakcia na zmenu parametrov (24 hodín), takže veľká zotrvačnosť
(1) Metalurgický koks (2) Zrážaný uhličitán vápenatý Zdroj: [44, EuLA 2006], [168, TWG CLM 2007]	

2.2.7.2 Rekuperačné pece s paralelným tokom (PFRK)

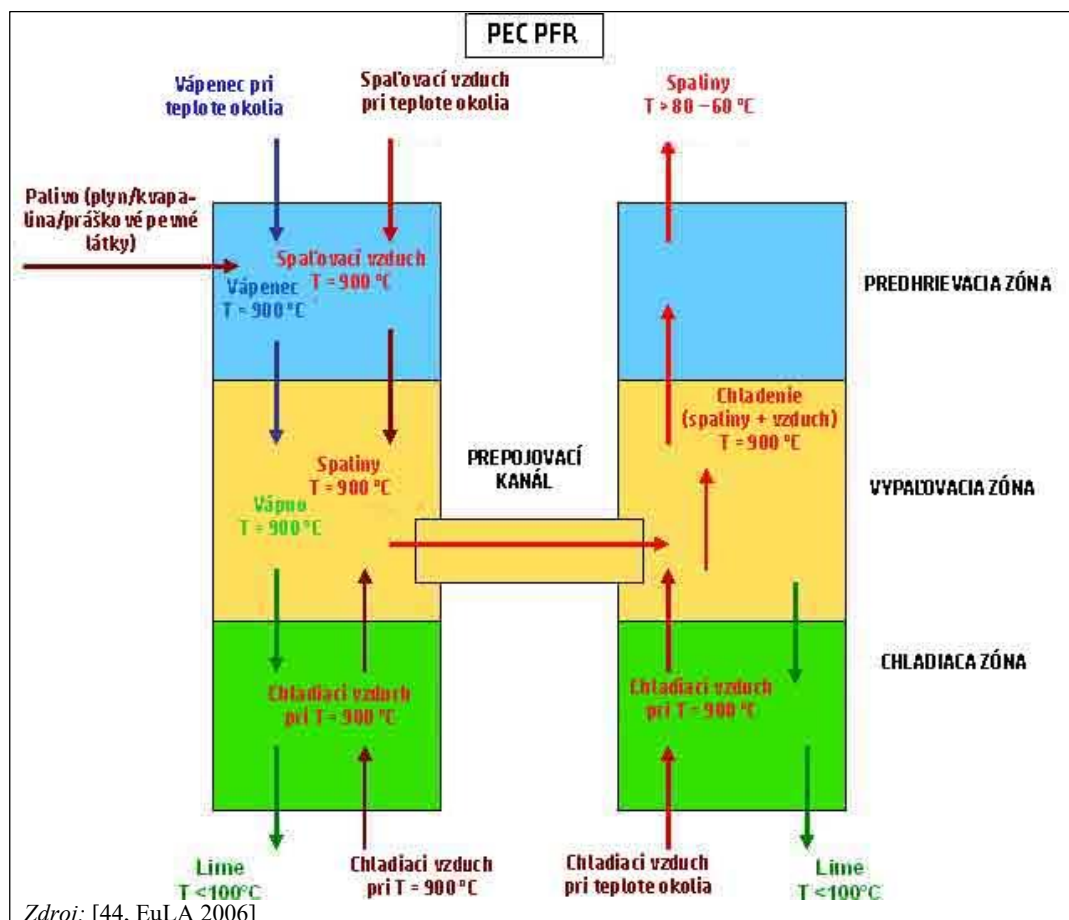
Hlavnou vlastnosťou štandardnej PFRK sú dve kruhové šachty spojené priečnym kanálom, hoci niektoré rané konštrukcie mali tri šachty, zatiaľ čo iné mali obdĺžnikové šachty. PFRK môžu byť navrhnuté na výkony zvyčajne v rozmedzí 100 – 600 t/d. Na obrázkoch 2.22 a 2.24 je znázornený základný princíp činnosti a prúdenie plynu v PFRK a na obrázku 2.23 je príklad PFRK.



Obrázok 2.22: Princípy PFRK
Zdroj: [44, EuLA 2006]



Obrázok 2.23: Príklad PFRK
Zdroj: [44, EuLA 2006]



Zdroj: [44, EuLA 2006]

Obrázok 2.24: Základný princíp fungovania a prúdenie plynu v PFRK

Metóda prevádzky zahŕňa dva kľúčové princípy:

- predohrievacia zóna v každej šachte slúži okrem predohrievača kameňa na teplotu kalcinácie aj ako regeneračný výmenník tepla. Prebytočné teplo v plynách sa v prvej fáze procesu odovzdáva kameňu druhej šachty. Z kameňa sa potom získava spaľovaným vzduchom, ktorý prejde predohrievačom na približne 800 °C. V dôsledku toho má pec veľmi nízku špecifickú spotrebu tepla.
- Kalcinácia nehaseného vápna prebieha pri relatívne miernej teplote, zvyčajne okolo 900 až 1 100 °C. Vďaka tomu sú pece ideálne na výrobu vápna so strednou a vysokou reaktivitou a nízkou úrovňou zvyškového CO₂.

V praxi sa dávky vápenca dávajú striedavo do každej šachty a prechádzajú smerom nadol cez predohrievač, okolo palivových tyčí a potom do kalcinačnej zóny. Z kalcinačnej zóny sa nakoniec dostanú do chladiacej zóny.

Prevádzka pece pozostáva z dvoch rovnakých období, ktoré trvajú 8 až 15 minút pri plnom výkone. Počas prvej periódy sa palivo vstrekuje cez tyče v prvej šachte a horí spolu so spaľovaným vzduchom vŕhaným do tejto šachty. Vyžarované teplo sa čiastočne absorbuje pri kalcinácii vápenca v tejto prvej šachte. Do základne každej šachty sa vŕha chladiaci vzduch na ochladenie vápna. Chladiaci vzduch v šachte číslo 1 spolu so spalínami a oxidom uhličitým z kalcinácie prechádza cez prepojovacie priečne potrubie do šachty číslo 2 pri teplote približne 1 050 °C. V šachte číslo dva sa plyny prichádzajúce zo šachty číslo jeden zmiešajú s chladiacim vzduchom vŕhaným do základne šachty číslo dva a prúdia nahor. Kameň sa tak ohrieva v zóne predohrievača šachty číslo dva.

Ak by uvedený spôsob prevádzky pokračoval, teplota výfukového plynu by sa zvýšila na viac ako 500 °C. Po 8 až 15 minútach sa však prúdenie paliva a vzduchu v prvej šachte zastaví a nastane „reverz“. Po naplnení vápenca do šachty číslo 1 sa palivo a vzduch vstreknú do šachty číslo 2 a odpadové plyny sa vypúšťajú z hornej časti šachty číslo 1.

V peci možno spaľovať plynné, kvapalné alebo tuhé palivá vo forme prášku, ako aj odpadové palivá alebo biomasu. Pec má tiež vysoký pomer zníženia spotreby, hoci pri nižších výrobných mierach môže dôjsť k určitému zníženiu účinnosti energie. Po zapálení pece nie je žiaduce ju vypínať, pretože to môže mať za následok kratšiu životnosť žiaruvzdorného materiálu. Životnosť žiaruvzdorného materiálu v spaľovacom a priečnom kanáli je pri väčšine prevádzok 4 až 8 rokov.

Štandardná PFRK vyžaduje čistý kameň, ideálne s pomerom kameňa nie väčším ako 2 : 1. Minimálna veľkosť kameňa je 30 mm, hoci upravená konštrukcia s názvom PFRK na výpal jemného vápna môže fungovať s veľkosťou 10 až 30 mm na čistom vápenci.

V tabuľke 2.19 sú zhrnuté hlavné technické vlastnosti PFRK.

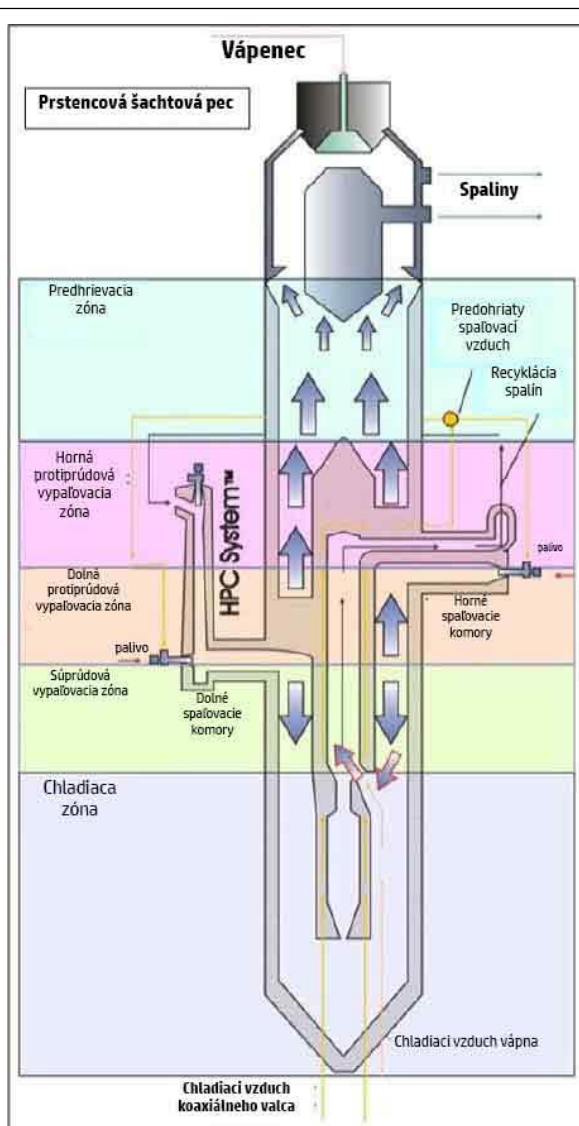
Tabuľka 2.19: Technické vlastnosti rekuperačných pecí s paralelným tokom

Rekuperačná pec s paralelným tokom (PFRK)	
Druh dávkovania paliva	Tyče do vrstvy kameňa
Výstup (t/deň)	100 – 600
Spotreba tepla (MJ/t vápna)	3 200 – 4 200
Spotreba energie/elektrickej energie (kWh/t vápna)	20 – 41
Štruktúra	Dva alebo tri vertikálne valce alebo obdĺžnikové šachty so žiaruvzdorným obložením, spojené kanálom na cirkuláciu horúcich plynov
Veľkosť zrn vápenca (mm)	10 – 200
Typ paliva	Plynné, kvapalné alebo práškové tuhé palivá, odpadové palivá alebo biomas
Vstrekovanie spaľovaného vzduchu	Hore (hlavné) a tyče (10 %)
Vynášanie vápna	Otočná excentrická doska
Dôležité body	Kvalita žiaruvzdorných prác je veľmi dôležitá
Výhody	Flexibilita výroby Vysoká reaktivita vápna Primeraná flexibilita reaktivity od vysokej po strednú, ak to vápenec umožňuje Dobrá distribúcia paliva vďaka malému špecifickému prierezu pripadajúcemu na jednu tyč Nízke nároky na palivo Nízka spotreba energie (pozri tabuľku 2.23) Dlhá životnosť kampane, zastavená až po 5 až 7 rokoch
Nevýhody	Obmedzená flexibilita zastavenia/štartovania Nevhodné pre kameň s vysokou dekrepanciou Obmedzená flexibilita (mäkké a stredne vypálené) Žiaruvzdorná výmurovka je drahšia ako pri iných typoch pecí na výrobu vápna
Zdroj: [44, EuLA 2006]	

2.2.7.3 Kruhové šachtové pece (ASK)

Hlavným znakom tohto druhu pece je centrálny valec, ktorý obmedzuje šírku medzikružia a spolu s oblúkmi na rozvod spaľovacieho plynu zabezpečuje dobré rozloženie tepla, ako je znázornené na obrázkoch 2.25 a 2.27. Centrálna kolóna umožňuje aj odvádzanie časti plynu zo spodných horákov do šachty a ich vstrekovanie späť do spodnej komory.

Táto recyklácia zmierňuje teplotu v spodných horákoch a zabezpečuje, že záverečné fázy kalcinácie prebiehajú pri nízkej teplote. Oba účinky pomáhajú zabezpečiť produkt s nízkou úrovňou CaCO_3 a vysokou reaktivitou. V kruhovej šachtovej peci (príklad je znázornený na obrázku 2.26) sa môže spaľovať plynné, olejové alebo tuhé palivo. Odpadové plyny majú vysokú koncentráciu CO_2 .



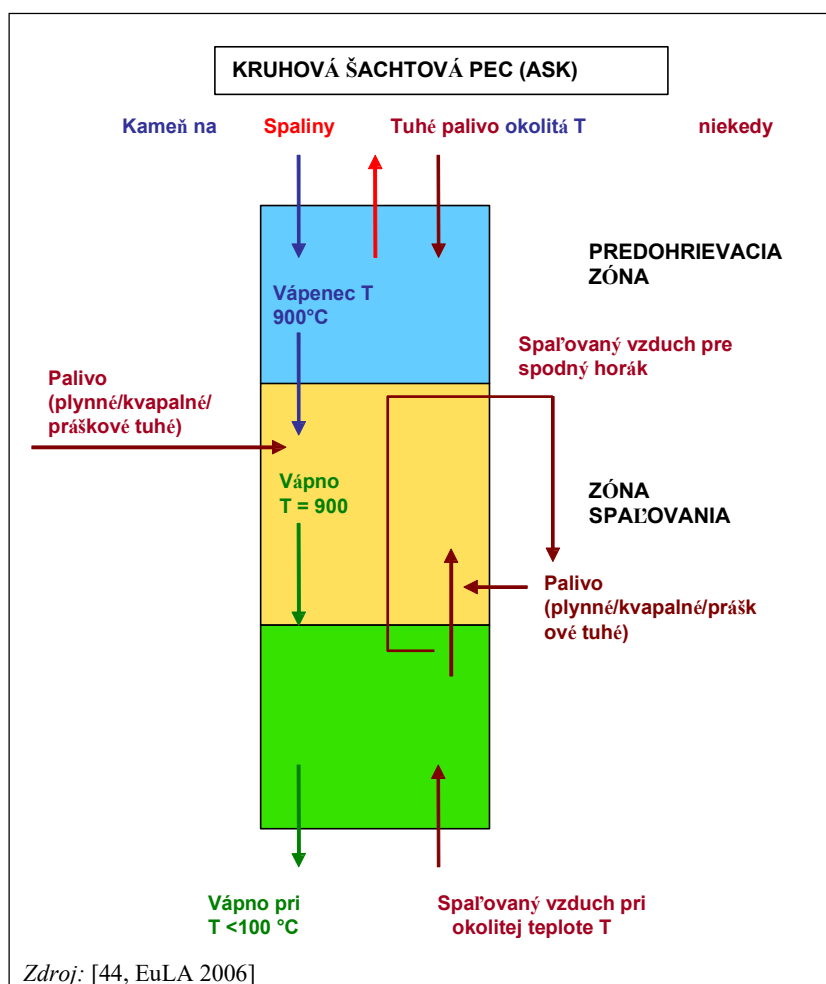
Obrázok 2.25: Kruhová šachtová pec

Zdroj: [44, EuLA 2006]



Obrázok 2.26: Príklad kruhovej šachtovej pece používanej pri výrobe vápna

Zdroj: [44, EuLA 2006]



Obrázok 2.27: Prevádzkový princíp kruhových šachtových pecí (ASK)

Technické vlastnosti kruhových šachtových pecí sú uvedené v tabuľke 2.20 [44, EuLA 2006].

Tabuľka 2.20: Technické vlastnosti kruhových šachtových pecí

Kruhovú šachtová pec (ASK)	
Druh podávaného paliva	Horná a dolná spaľovacia komora; niekedy zmiešané s vápencom
Výstup (t/deň)	80 – 300
Spotreba tepla (MJ/t vápna)	3 300 – 4 900
Spotreba energie/elektrickej energie (kWh/t vápna)	18 – 35 (do 50 pri veľkosti zrna do 40 mm)
Štruktúra	Vertikálny valec so žiaruvzdorným materiálom a vnútorným valcom Vonkajšie komory a horáky
Veľkosť vápenca (mm)	(10) 40 – 150
Typ paliva	Plynné, kvapalné alebo práškové tuhé palivá Odpadové palivo a biomasa
Vstrekovanie spaľovaného vzduchu	Hore: • potrubie • odprášenie • ventilátor
Vynášanie vápna	Otočná excentrická doska
Dôležité body	Vyžaduje veľmi presnú kontrolu procesu
Výhody	Nízky zvyškový CO ₂ Vysoká až stredná reaktivita Úspora paliva vďaka rekuperácii tepla Centrálny valec obmedzuje šírku prstenca Dobrá distribúcia tepla
Nevýhody	Údržba rekuperátora tepla a vonkajších komôr Relatívne vysoké náklady na výstavbu vzhľadom na jej koncepciu
Zdroj: [44, EuLA 2006]	

2.2.7.4 Ostatné pece (OK)

2.2.7.4.1 Ostatné jednoduché šachtové pece

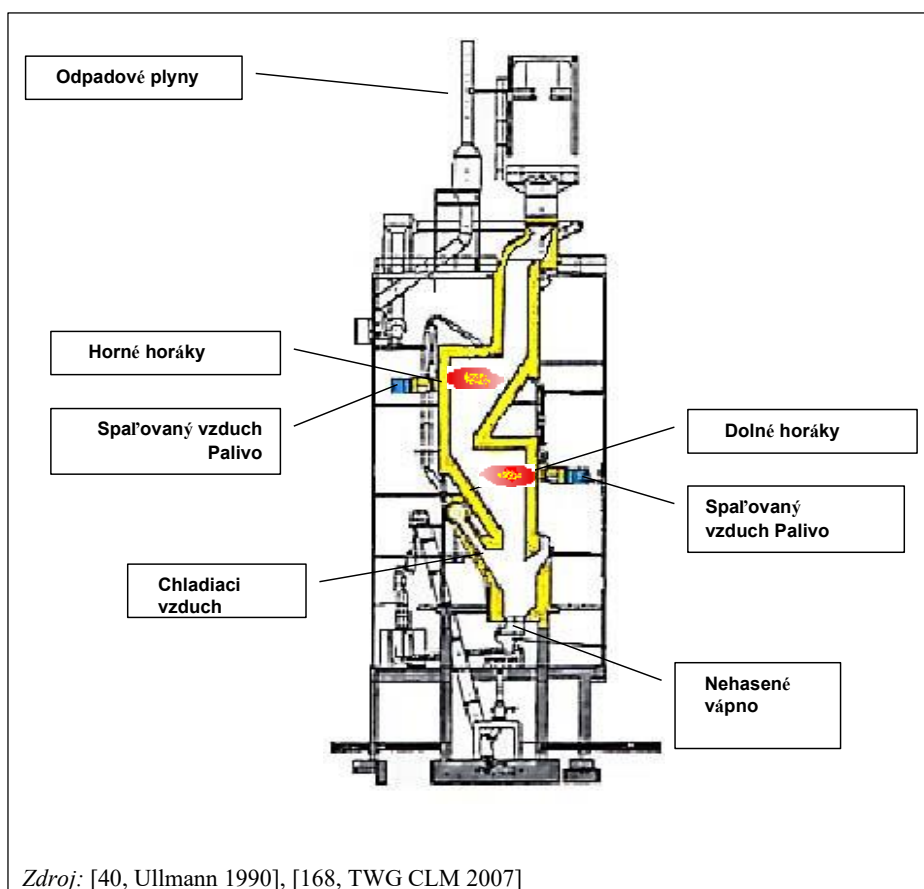
Do tejto skupiny pecí patrí niekoľko konštrukcií, ktoré nie sú opísané vyššie. V týchto konštrukciách sa palivo privádza cez steny pece a spaľuje sa v kalcinačnej zóne, pričom produkty spaľovania sa pohybujú proti prúdu smerom nahor k vápnu a vápencu. V niektorých konštrukciách sa palivo čiastočne spaľuje v externých splyňovačoch. V iných sa zavádza prostredníctvom zariadení, ako je centrálny horák, lúčový horák alebo sa používa vstrekovanie pod vnútorné oblúky.

2.2.7.4.2 Šachtové pece s dvoma komorami

Tento druh pece môže produkovať reaktívny nízkouhličitý produkt. Má v podstate obdĺžnikový prierez, ale v kalcinačnej zóne obsahuje dve šikmé komory. Oproti každej šikmej komore sa nachádzajú odsadené oblúky, ktoré vytvárajú priestory, do ktorých sa cez spaľovacie komory privádza palivo a predhriaty spaľovaný vzduch.

Chladiaci vzduch sa nasáva do spodnej časti pece, kde sa predohrieva, odoberá a znovu vstrekuje cez spaľovacie komory. Kľukaté cesty pre plyny aj bremeno spolu s odpaľovaním z oboch strán zabezpečujú účinnú distribúciu tepla. Možno použiť celý rad tuhých, kvapalných a plyných palív, ktoré by sa však mali vyberať opatrne, aby sa zabránilo nadmernému hromadeniu palivového popola a usadenín síranu vápenatého.

Hlavné znaky šachtových pecí s dvoma komorami sú znázornené na obrázku 2.28.



Obrázok 2.28: Šachtová pec s dvoma komorami

2.2.7.4.3 Viackomorové šachtové pece

Ide o ďalší druh šachtovej pece s dvoma komorami. Skladá sa zo štyroch alebo šiestich striedavo naklonených komôr v kalcinačnej zóne a oproti každej z nich je posunutý oblúk. Oblúky slúžia na rovnaký účel ako v peci s dvoma komorami.

Chladiaci vzduch sa predhrieva vápnom v chladiacej zóne a odoberá sa, odpráša a znovu sa vstrekuje cez spaľovacie komory.

Charakteristickou črtou pece je, že teplotu v spodných spaľovacích komorách možno meniť, a regulovať tak reaktivitu vápna v širokom rozsahu. Pec možno vykurovať pevnými, kvapalnými a plynými palivami alebo zmesou rôznych druhov palív.

2.2.7.4.4 Pece s pohyblivým roštom

Pre vápencové zrná s veľkosťou od 15 do 45 mm je možnosťou „pohyblivý rošt“ alebo CID pec. Tento druh pece bol vyvinutý v Nemecku.

Pozostáva z obdĺžnikovej šachtovej predohrevnej zóny, ktorá privádza vápenec do kalcinačnej zóny. V kalcinačnej zóne vápenec pomaly kaskádovito prechádza cez päť kmitajúcich dosiek, oproti ktorým sa nachádza séria horákov. Vápno prechádza do obdĺžnikovej chladiacej zóny.

Pec môže spaľovať plyné, kvapalné alebo práškové palivá a uvádza sa, že produkuje mäkké pálené vápno so zvyškovým obsahom CaCO_3 menej ako 2,3 %. Štyri doteraz postavené pece majú kapacitu 80 až 130 ton nehaseného vápna denne.

2.2.7.4.5 Pece s tvarovaným vekom

Pec na výrobu vápna s tvarovaným vekom je relatívne novým vývojovým riešením, ktoré prijíma vstupný kameň s hrúbkou 10 až 25 mm. Tento typ pece bol vyvinutý v Japonsku.

Pozostáva z kruhovej predohrevnej zóny, z ktorej sa vápenec posúva pomocou tlačných tyčí do valcovej kalcinačnej zóny. Spaľované plyny z centrálného horáka smerujúceho nadol, vypaľované olejom umiestnené v pozícii v strede predohrevnej zóny, sa odvádzajú ejektorom do kalcinačnej zóny. Vápno potom prechádza do kónickej chladiacej zóny.

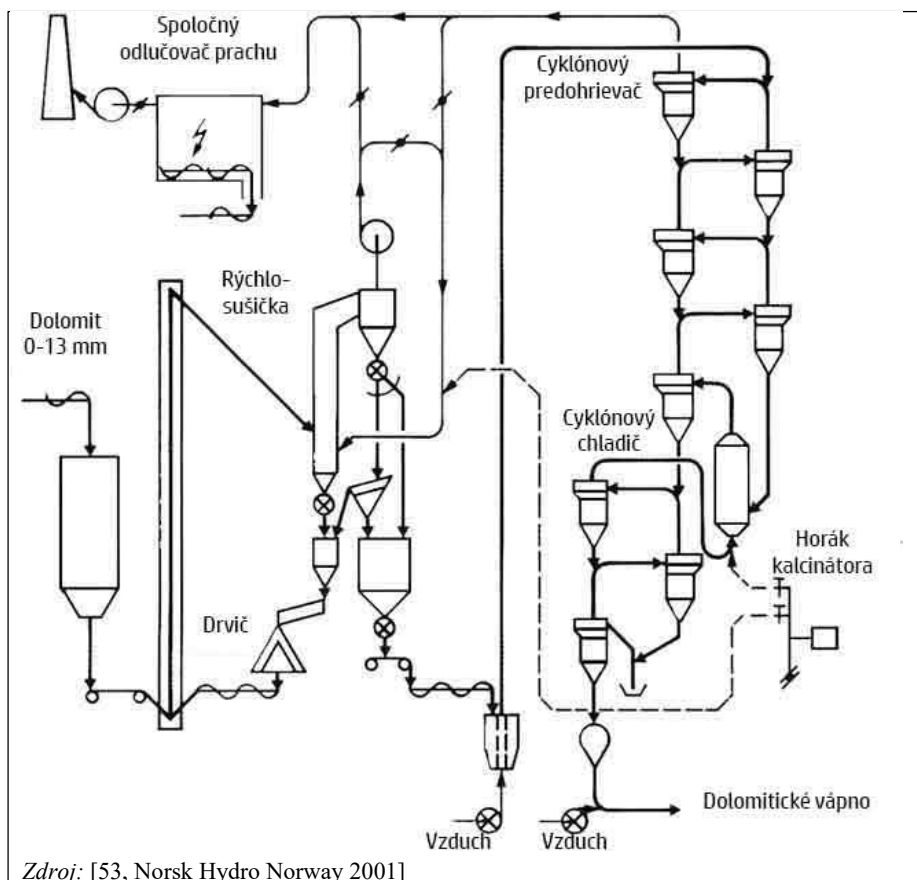
Uvádza sa, že pec vyrába vysokokvalitné nehasené vápno vhodné na výrobu ocele a vyzrážaný uhličitán vápenatý. Kapacita pece je až 100 ton nehaseného vápna za deň. Uvádza sa, že vďaka svojej relatívne nízkej výške môže pec prijímať vápenec s nízkou pevnosťou.

2.2.7.4.6 Kalcinačné pece s plynovou suspenziou (GSC)

Kalcinačné pece s plynovou suspenziou (GSC) sú technikou na spracovanie minerálov, ako je kalcinácia vápenca, dolomitu a magnezitu z rozomletých surovín na výrobu vysokoreaktívnych a homogénnych produktov. V roku 2007 však túto techniku používala iba jedna prevádzka v EÚ 27. Väčšina procesov v prevádzke, ako je sušenie, predohrievanie, kalcinácia a chladenie, sa vykonáva v plynovej suspenzii. Prevádzka pozostáva zo stacionárneho zariadenia a niekoľkých pohyblivých komponentov, ako je znázornené na obrázku 2.29.

Množstvo materiálu prítomného v systéme je zanedbateľné, čo znamená, že po niekoľkých minútach prevádzky bude výrobok vyhovovať špecifikáciám. Počas spúšťania a odstavovania nedochádza k žiadnym stratám materiálu ani kvality, takže nevzniká žiadny produkt na úpravu podložia. Procesom GSC vzniká produkt s vysokou reaktivitou, a to aj pri vysokom stupni kalcinácie.

Materiál, ktorý sa má spracovať v plynovej suspenzii, musí mať vhodnú jemnosť; praktické skúsenosti ukázali, že veľkosť častíc by nemala presiahnuť 2 mm.



Obrázok 2.29: Schéma procesu kalcinácie plynovou suspenziou

Prevádzka GSC na výrobu dolomitického vápna je v nepretržitej prevádzke v spoločnosti Norsk Hydro, Porsgrunn, Nórsko, od augusta 1986. Nižšie sú uvedené niektoré obrazy o výkone pri vyváženej prevádzke GSC a drvenia/sušenia [53, Norsk Hydro Norway 2001]:

- kapacita prevádzky: 430 ton/deň
- spotreba paliva: 4,8 GJ/t výrobku
- spotreba elektrickej energie 33 kWh/t výrobku

2.2.7.4.7 Pece s otočným ohniskom

Tento druh pece, dnes už takmer zastaraný, bol určený na výrobu vápna. Pozostáva z kruhového otočného ohniska, v ktorom sa nachádza vápenec. Vápenec sa páli pomocou viacerých horákov, pričom sa otáča na kruhových ohniskách. Spaľovaný vzduch sa predhrieva prebytočným teplom odpadových plynov a/alebo sa používa na ochladzovanie nehaseného vápna.

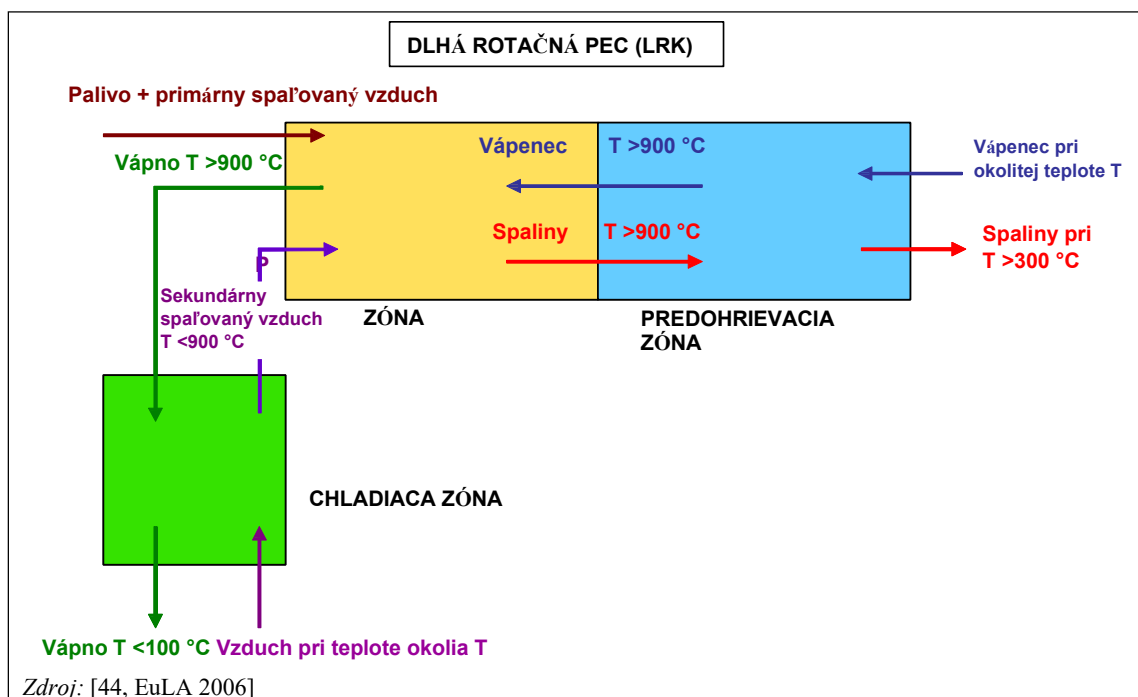
V dôsledku menšieho obrusu v porovnaní s rotačnými a šachtovými pecami sa v peciach s otočným ohniskom vyrába vysoký podiel štrkového vápna.

2.2.7.5 Dlhé rotačné pece (LRK)

V roku 2008 bolo v EÚ 27 približne 29 dlhých rotačných pecí, ktoré sa nachádzali najmä na severe Európy. Dlhá rotačná pec pozostáva z otočného (až 150 m dlhého) valca nakloneného v

uhle 1 až 4 stupne k horizontále s priemerom približne 2 až 4,5 metra. Vápenec sa privádza do horného konca a palivo spolu so spaľovaným vzduchom sa odpaľuje do dolného konca. Nehasené vápno sa z pece odvádza do chladiča vápna, kde sa používa na predhrievanie spaľovaného vzduchu. Používajú sa rôzne konštrukcie chladičov vápna vrátane planetárnych zariadení namontovaných okolo plášťa pece, pohyblivých roštov a rôznych typov protiprúdových šachtových chladičov.

Na obrázku 2.30 je znázornený vývojový diagram dlhej rotačnej pece a typický protiprúdový proces vápna; príklad tohto druhu pece je znázornený na obrázku 2.31. Hlavné vlastnosti sú uvedené v tabuľke 2.21.



Obrázok 2.30: Princíp fungovania dlhých rotačných pecí

Tabuľka 2.21: Technické vlastnosti dlhých rotačných pecí (LRK)

Dlhé rotačné pece (LRK)	
Typ podávania paliva	Horák pri vypúšťaní vápna
Výstup (t/deň)	160 – 1 500
Spotreba tepla (MJ/t vápna)	6 000 – 9 200
Spotreba energie/elektrickej energie (kWh/t vápna)	18 – 25
Štruktúra	Šikmý rotačný valec so žiaruvzdorným obložením „zmiešavačov“ na zlepšenie výmeny tepla: • do dĺžky 150 m • Priemer 2 – 4,5 m Vonkajšie komory a horáky
Typ predohrievača	Žiadne
Typ chladiča	• planetárne okolo plášťa pece • pohyblivý rošt alebo • rotačný valec alebo • statický chladič šachty
Veľkosť zŕn vápenca (mm)	2 – 60
Typ paliva	Plynné, kvapalné alebo práškové tuhé fosilne palivá Odpadové palivá a biomasa
Vstrekovanie spaľovaného vzduchu	Chladiaci vzduch na konci chladiča a primárny vzduch s palivom
Odsávanie odpadových plynov	Na konci rúrky, na strane dávkovania vápencom: • potrubie • chladenie • odprášenie • ventilátor
Vynášanie vápna	Na konci chladiča
Dôležité body	Kvalita žiaruvzdorného materiálu Jemné mletie uhlia na zabezpečenie dobrého spaľovania a na vytvorenie redukcie Nepretržité meranie CO a O ₂ potrebné na správne spaľovanie a bezpečnosť
Výhody	Flexibilita výroby Veľmi rýchla reakcia na úpravu parametrov Široká škála veľkostí vstupných kameňov na zachovanie ložiska/prirodných zdrojov Veľmi nízky zvyškový CO ₂ je dosiahnuteľný Flexibilita reaktivity od mäkkého až po tvrdé pálenie, možnosť výroby tvrdo páleného dolomitu Flexibilita paliva Slabý vápenec (pri kalcinácii produkujú veľa jemných častíc) sa môže použiť, ak nie je vhodný na použitie v peciach v šachte
Nevýhody	Vysoké nároky na energiu (horúce spaliny a vysoká teplota plášťa) Vznik tzv. kruhov (uhlík, sírany vápnika, íl)
Zdroj: [44, EuLA 2006]	



Obrázok 2.31: Príklad dlhej rotačnej pece používanej pri výrobe vápna

Konštrukcia horáka je dôležitá pre účinnú a spoľahlivú prevádzku pece. Plameň by mal byť nastaviteľný pre rôzne druhy palív.

Vzhľadom na to, že podmienky procesu možno ľahko a rýchlo meniť, dlhé rotačné pece môžu produkovať širší rozsah reaktivity vápna a nižšie úrovne zvyškového CO_2 ako šachtové pece. Relatívne slabé vstupné kamene, ako sú nánosy mušlí a vápenec, ktorý sa rozpadá, sú nevhodné ako vstupné kamene pre šachtové pece, ale môžu sa ukázať ako vhodné pre rotačné pece.

V rotačných peciach možno spaľovať širokú škálu palív. Keďže prenos tepla v kalcinačnej zóne je do značnej miery ovplyvnený sálaním a keďže infračervená emisia sa zvyšuje pri postupnosti plynu, oleja a tuhých palív, výber paliva môže mať významný vplyv na spotrebu tepla. Radiačné a konvekčné straty sú v porovnaní s inými konštrukciami vápenných pecí vysoké, čo má za následok všeobecne vyššiu spotrebu energie v porovnaní s inými typmi pecí.

Výhodou rotačnej pece je, že síru z paliva a v menšej miere z vápenca možno z pece vylúčiť v pecných plynoch kombináciou regulácie teploty a percenta CO v kalcinačnej zóne. Nízkosírne vápno sa teda môže vyrábať s použitím palív s vysokým obsahom síry, pričom sa musia dodržiavať všetky emisné limity pre SO_2 v odpadových plynach.

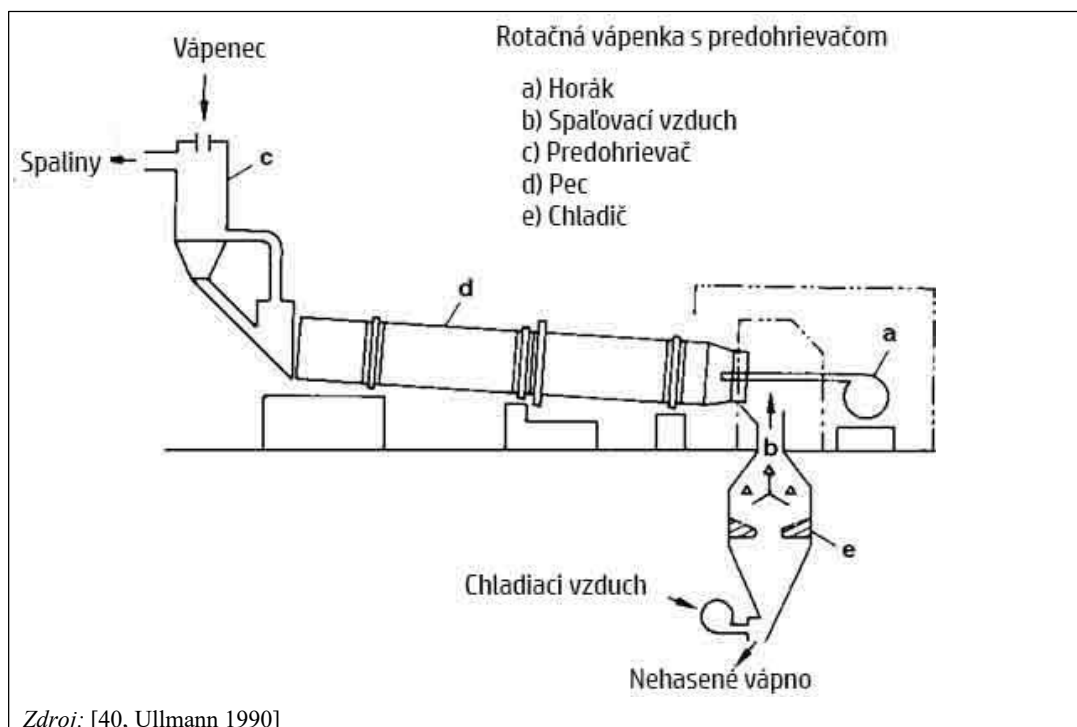
Dlhé rotačné pece sú flexibilné pece, pokiaľ ide o používanie palív a rôzne veľkosti zrna vápenca, najmä jemnejších frakcií.

2.2.7.6 Rotačné pece s predohrievačmi (PRK)

Rotačné pece môžu byť vybavené predohrievačmi a vo všeobecnosti sú podstatne kratšie ako bežné dlhé rotačné pece (napr. 40 až 90 m). Spotreba tepla sa znižuje v dôsledku zníženia radiačných a konvekčných strát, ako aj zvýšeného spätného získavania tepla z odpadových plynov.

V roku 2008 bolo v EÚ 27 v prevádzke 20 rotačných pecí s predohrievačom.

Hlavné prvky rotačnej pece s predohrievačom na výrobu vápna sú znázornené na obrázku 2.32.



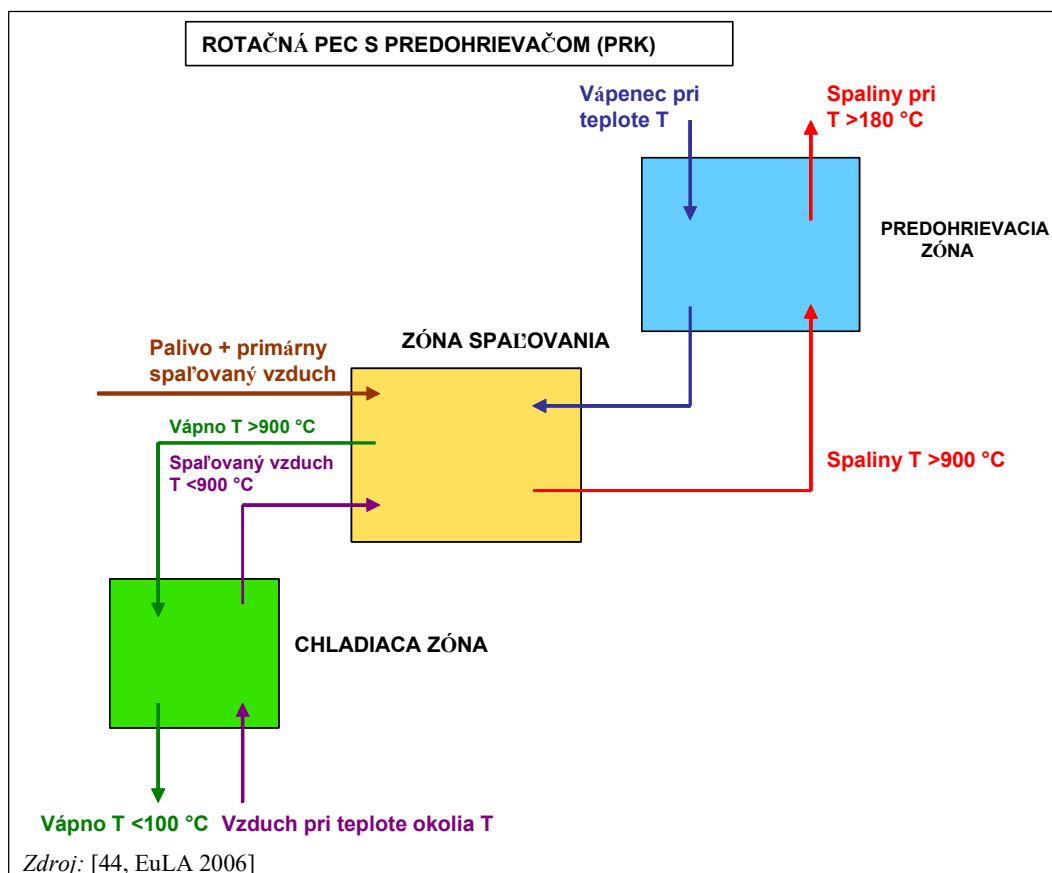
Obrázok 2.32: Rotačná pec s predohrievačom alebo predohrievač rotačnej pece(PRK)

Bolo vyvinutých niekoľko konštrukcií predohrievačov vrátane zvislých šácht a pohyblivých roštov. Predohrievač by sa mal vybrať na základe veľkosti a vlastností vstupného kameňa. Väčšina z nich akceptuje veľkosť dna 10 mm; niektoré používajú kamene s veľkosťou do 6 mm a niektoré neznesú slabé kamene alebo kamene, ktoré sú náchylné na rozbitie.

Hoci je eliminácia síry pri peciach na predohrievač zložitejšia, existuje niekoľko spôsobov, ako ju dosiahnuť:

- prevádzka pece v redukčných podmienkach a privádzanie dodatočného vzduchu na zadnej strane (funguje len pri určitých konštrukciách predohrievača) a na:
 - horák
 - spaľovací vzduch
 - predohrievač
 - pec
 - chladič
- pridaním dostatočného množstva jemne drveného vápenca do vstupného materiálu, aby prednostne absorboval SO_2 a aby sa buď zachytával v zadnom prachovom odprašovači, alebo aby sa odsával z vápna vypúšťaného z chladiča.

Na obrázku 2.33 je znázornený vývojový diagram typickej rotačnej pece s predohrievačom používanej pri výrobe vápna a príklad tohto typu pece je znázornený na obrázku 2.34. Hlavné technické vlastnosti sú uvedené v tabuľke 2.22.



Obrázok 2.33: Princíp fungovania rotačnej pece s predohrievačom (PRK)



Obrázok 2.34: Príklad rotačnej pece s predohrievačom

Tabuľka 2.22: Technické vlastnosti rotačných pecí s predohrievačom (PRK)

Rotačná pec s predohrievačom/predohrievač rotačnej pece (PRK)	
Typ podávania paliva	Horák pri vypúšťaní vápna
Výstup (t/deň)	100 – 1 500
Spotreba tepla (MJ/t vápna)	5100 – 7 800
Spotreba energie/elektrickej energie (kWh/t vápna)	17 – 45
Štruktúra	Šikmý rotačný valec so žiaruvzdorným obložením „zmiešavačov“ na zlepšenie výmeny tepla: • maximálna dĺžka 90 m • Priemer 2 – 4,5 m
Typ predohrievača	Zvislá šachta Pohyblivý rošt
Typ chladiča	Planetárne okolo plášťa pece Rotačný valec s pohyblivým roštom
Veľkosť zŕn vápenca (mm)	10 – 60
Typ paliva	Plynné, kvapalné alebo práškové tuhé fosílné palivá Odpadové palivá a biomasa
Vstrekovanie spaľovaného vzduchu	Chladiaci vzduch na konci chladiča
Odsávanie odpadových plynov	Horúce plyny prechádzajú cez predohrievač: • potrubie a chladenie a odprášenie a ventilátor
Vynášanie vápna	Na konci chladiča
Dôležité body	Kvalita žiaruvzdorného materiálu Jemné mletie uhlia na zabezpečenie dobrého spaľovania a redukcii nárastu Vzduchotesnosť spoja medzi predohrievačom a pecou Veľkosť vápenca: príliš veľká jemných častíc môže zablokovat' predohrievač Kontinuálne meranie CO a O ₂ potrebné pre dobré spaľovanie a bezpečnosť
Výhody	Flexibilita výroby Veľmi rýchla reakcia na úpravu parametrov Široká škála veľkostí vstupných kameňov na zachovanie ložiska/prírodných zdrojov Veľmi nízky zvyškový CO ₂ je dosiahnuteľný. Flexibilita reaktivity od mäkkého až po tvrdé pálenie, možnosť výroby tvrdo páleného dolomitu Flexibilita paliva Slabý vápenec (pri kalcinácii produkujú veľké jemných častíc) sa môže použiť, ak nie je vhodný na použitie v peciach v šachte Nižšie nároky na palivo vďaka lepšej výmene tepla v predohrievača (začiatok dekarbonizácie)
Nevýhody	Vznik tzv. kruhov (uhlík, sírany vápnika, íl) Predohrievač je ďalšie zariadenie, ktoré je potrebné udržiavať
Zdroj: [44, EuLA 2006]	

2.2.8 Uskladnenie a manipulácia

2.2.8.1 Uskladnenie

2.2.8.1.1 Uskladnenie nehaseného vápna

Nehasené vápno sa prednostne skladuje v suchých podmienkach a bez prievanu, aby sa obmedzilo jeho rozpúšťanie vzduchom. Veľká pozornosť sa venuje tomu, aby sa z vápna vylúčila voda, pretože hydratácia uvoľňuje teplo a spôsobuje rozpínanie, čo by mohlo byť nebezpečné.

Tlakové vypúšťacie vozidlá môžu fúkať priamo do zásobníka, ktorý je vybavený filtrom na odstránenie prachu z dopravovaného vzduchu. Filter by mal byť odolný voči poveternostným vplyvom a vodotesný. Zozbieraný prach sa môže vypúšťať späť do zásobníka. Preventívnym opatrením je zariadenie na uvoľnenie tlaku/podtlaku, ktorým je zásobník vybavený.

Všetky skladovacie kontajnery môžu byť vybavené zariadeniami, ktoré dokážu pozitívne utesniť základňu zásobníka, aby bolo možné vykonať údržbu vypúšťacieho mechanizmu.

Ak množstvo nehaseného vápna nie je dostatočné na to, aby bolo možné skladovať ho v zásobníkoch, výrobok sa môže skladovať na betónovom podklade, najlepšie v samostatnom priestore v rámci budovy, aby sa zabránilo nadmernému rozptylu vzduchu.

2.2.8.1.2 Skladovanie hydratovaného vápna

Hydratované vápno absorbuje oxid uhličitý z atmosféry a vytvára uhličitan vápenatý a vodu. Preto je najlepšie skladovať ho v suchých priestoroch bez prievanu.

Hydrát balený v papierových vreciach sa prednostne skladuje pod krytom, aby sa zabránilo znehodnoteniu vlhkosťou a opätovnej rekarbonizácii hydratovaného vápna. Ak sa používajú „veľké vrecia“, je tiež najlepšie ich skladovať pod krytom, aby sa zabránilo ich poškodeniu. Palety s hydrátom vo vreciach sa úspešne skladovali vonku; paleta sa zakryla plastovou fóliou, vrecia sa položili na fóliu a balenie sa zabalilo do zmršťovacej fólie.

Sypký hydrát sa skladuje v silách, ktoré musia byť úplne odolné voči poveternostným vplyvom. Silo sa odvetráva cez textilný filter, ktorý by mal byť odolný voči poveternostným vplyvom a mal by byť schopný zvládnuť dodávaný prúd vzduchu. Ak je filter namontovaný na vrchu sila, zachytený prach sa vypúšťa späť do sila. Vrečná časť sila môže byť vybavená kontrolnou šachtou a tlakovým ventilom. Na zabránenie nadmernému naplneniu je možné namontovať hladinomer alebo alarm. Odporúča sa, aby základňa sila zvierala s vodorovnou rovinou uhol najmenej 60°, aby mala vypúšťací otvor najmenej 200 mm a aby bol na výstupe namontovaný uzatvárací ventil, ktorý umožní údržbu zariadenia pod silami.

Keďže hydratované vápno je náchylné na „klenutie“, na jeho zabránenie sa používajú vhodné zariadenia na rozbíjanie klenby, ako sú prevzdušňovacie podložky, vibrátory a mechanické zariadenia. Naopak, je potrebné prijať preventívne opatrenia, aby sa zabránilo „zaplavovaniu“ prevzdušneného prášku.

2.2.8.1.3 Uskladnenie vápenného mlieka

Mnohí zákazníci, ktorí potrebujú do svojho procesu pridať hasené vápno, zistili, že vápenné mlieko je vhodnou formou na skladovanie a manipuláciu. Za predpokladu dodržania určitých bezpečnostných opatrení sa s ním môže manipulovať ako s tekutinou.

Každý systém skladovania a manipulácie musí venovať náležitú pozornosť skutočnosti, že keď sa vápno riedi vodou alebo keď sa hydratované vápno rozptýli vo vode, akákoľvek uhličitanová tvrdosť vo vode sa usadzuje ako uhličitan vápenatý. Ak sa neprijmú vhodné opatrenia, výsledkom bude vodný kameň na stenách potrubia, na obežnom kolese a na plášti čerpadiel. Možno použiť dva prístupy. Systém môže byť navrhnutý tak, aby sa vyrovnal s vznikom vodného kameňa, alebo sa môžu prijať opatrenia na zabránenie alebo minimalizáciu vzniku vodného kameňa.

V systémoch s vápenným mliekom je dôležité zabrániť usadzovaniu, pretože vzniknutý tmel sa môže ťažko redispergovať. Skladovacie nádrže by sa preto mali miešať. Stupeň miešania môže byť nízky a mal by zabrániť vzniku víru, ktorý by zvýšil absorpciu oxidu uhličitého z atmosféry.

Vypúšťacie potrubie zo skladovacej nádoby nevyhnutne predstavuje mŕtvu bod a je možné zabezpečiť spätné preplachovanie vodou na odstránenie prípadných upchatí.

2.2.8.2 Manipulácia

Na prenos výrobku je vhodných mnoho typov zariadení a neustále sa vyvíjajú nové. Nasledujúce techniky sa úspešne používajú, ale nemusia byť vhodné pre všetky aplikácie.

Skipové kladkostroje sa môžu používať na všetky zrnité a kusové materiály, ale sú vhodnejšie na častice väčšie ako 100 mm. *Výtahy* – pásové aj reťazové výtahy sa používajú pre všetky druhy nehaseného vápna. *Vlečné dopravníky* sú vhodné pre granulované a jemné nehasené vápno. Vo všeobecnosti sa používajú na horizontálny alebo šikmý prenos. *Dopravné pásy* sa široko používajú na prenos kusových a zrnitých materiálov vo vodorovnej polohe a na svahu smerom nahor. *Skrutkové dopravníky* sa široko používajú na jemné nehasené vápno. *Vibračné žlabové dopravníky* sa používajú pre veľkosti častíc do 40 mm. Úspešnejšie fungujú, keď je mierny sklon od miesta podávania k miestu vyprázdňovania.

Pneumatická doprava sa môže používať pre výrobky s maximálnou veľkosťou do 20 mm a často má nižšie náklady ako alternatívy, ale prevádzkové náklady sú vyššie. Produkt sa privádza do rotačného fúkacieho uzáveru pripojeného k dúchadlu. Otvor potrubia a objem/tlak vyfukovaného vzduchu sa navrhuje s ohľadom na veľkosť dopravovaného vápna, mieru prenosu a dĺžku/trasu potrubia. Prijímacie silo je vybavené vzduchovým filtrom a tlakovým ventilom.

2.2.9 Ostatné druhy vápna

2.2.9.1 Výroba hydraulického vápna

Prírodné hydraulické vápno sa vyrába z kremičitého alebo ílovitého vápenca, ktorý obsahuje viac alebo menej oxidu kremičitého, oxidu hlinitého a železa. Typické úrovne vápenca sú SiO_2 : 4 až 16 %, Al_2O_3 : 1 až 8 % a Fe_2O_3 : 0,3 až 6 %. Obsah uhličitanu vápenatého a uhličitanu horečnatého sa môže pohybovať od 78 do 92 %.

Vápenec sa zvyčajne páli v šachtových peciach, ktoré musia byť prísne kontrolované, aby sa zabezpečila reakcia čo najväčšieho množstva oxidu kremičitého a hlinitého bez spekania voľného vápna. Typické teploty kalcinácie sú 950 – 1250 °C: požadovaná teplota sa zvyšuje so zvyšujúcim sa indexom cementácie (t. j. od slabo hydraulických vápencov až po veľmi hydraulické vápno).

Vápno sa hydratuje dostatočným množstvom vody, aby sa voľný CaO premenil na $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Ak je obsah voľného CaO vyšší ako 10 až 15 %, tvrdé spekané hrudky sa rozpadajú na prášok. V opačnom prípade vápno musí pred hydrataciou prejsť mletím. Na dosiahnutie požadovaného stupňa jemnosti a miery tuhnutia môže byť potrebné mlieť hydratovaný výrobok.

„Špeciálne“ prírodné hydraulické vápno sa vyrába zmiešaním práškoveho prírodného hydraulického vápna s práškovými puzolánovými alebo hydraulickými materiálmi. Umelé hydraulické vápno sa vyrába zmiešaním práškoveho hydratovaného vápna s práškovými puzolánovými alebo hydraulickými materiálmi.

2.2.9.2 Výroba kalcinovaného dolomitu

Dolomit sa kalcinuje v šachtových aj rotačných peciach. Vyrábajú sa tri druhy kalcinovaného dolomitu – ľahko vypálený, tvrdo vypálený a napoly vypálený.

Ľahko pálený dolomit sa zvyčajne vyrába buď v rotačných, alebo šachtových peciach. Princípy výroby ľahkého páleného dolomitu sú podobné princípom výroby nehaseného vápna s vysokým obsahom vápnika. Vďaka nižšiemu kalcinačnému teplu a nižšej disociačnej teplote dolomitu (MgCO_3) sa spotrebuje menej tepla.

Tvrdo pálený dolomit sa vyrába v dvoch stupňoch. Kvalita vysokej čistoty, ktorá sa používa na výrobu žiaruvzdorných materiálov, sa dosahuje kalcináciou dolomitu pri teplotách do 1 800 °C v rotačných alebo šachtových peciach. Stupeň „čistenia odliatkov“ sa dosahuje kalcináciou dolomitu s 5 až 10 % oxidu železitého pri teplote 1 400 až 1 600 °C, zvyčajne v rotačnej peci. Odpadové plyny z oboch týchto procesov majú vyššiu teplotu ako z iných pecí na vápno; zvyčajne sa ochladzujú na teplotu nižšiu ako 420 °C pomocou výmenníkov tepla, temperačného vzduchu alebo vstrekovania rozprašovanej vody.

Polovypálený dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgO}$) sa vyrába pomalým kalcinovaním dolomitu pri teplote približne 650 °C. Vyrába sa v relatívne malých množstvách a Nemecko je jedinou krajinou v Európe, ktorá ho vyrába.

2.2.9.3 Výroba spekaného dolomitického vápna dvojcestným procesom

Výroba spekaného dolomitického vápna dvojcestným procesom prebieha v dvoch samostatných krokoch. Každý krok sa vykonáva samostatne vo vyhradenej peci:

- Krok 1: Kalcinácia dolomitu pri teplote materiálu od 900 do 1 200 °C (vo väčšine prípadov menej ako 1 000 °C). Výsledkom je štandardné vápno, ktoré sa používa ako vstupný materiál pre krok zhutňovania.
- Krok 2: Zahusťovanie štandardného dolomitického vápna vyrobeného v kroku 1 pri teplote materiálu vyššej ako 1 600 °C. Výstupom procesu je spekané dolomitické vápno ako hotový výrobok s vhodnou hustotou.

Krok 1 a krok 2 sa môžu vykonávať v šachtových peciach alebo rotačných peciach. Na rozdiel od dvojcestného procesu sa pri jednocestnom procese kroky 1 a 2 vykonávajú v jednom kontinuálnom kroku v jedinečnej peci.

Pri dvojcestnom procese je zvláštnosťou kroku 2 to, že v peci nedochádza ku kalcinácii (ani k zvyškovým) exotermickým reakciám. V dôsledku toho je merná spotreba tepla oveľa nižšia ako pri bežných kalcinačných peciach (napr. krok 1), ale teploty spalín a produktu sú veľmi vysoké. To si vyžaduje veľké množstvo chladiaceho vzduchu a vedie k vysokým hodnotám kyslíka v spalínach, ktoré sú približne 20 % v suchom stave.

2.2.10 Všeobecné aspekty vlastných pecí na výrobu vápna

V mnohých ďalších priemyselných odvetviach, ako sú železiarsky, oceliarsky, cukrovarnícky, papierenský a chemický priemysel, je potrebné vápno a niektoré z týchto odvetví majú vlastné pece na výrobu vápna.

2.2.10.1 Pece na výrobu vápna v železiarskom a oceliarskom priemysle

Väčšina vápna používaného v železiarskom a oceliarskom priemysle sa používa na tavenie nečistôt v základnej peci na kyslík. Vápno sa v menších množstvách používa aj v procese spekania železnej rudy, pri odsírovaní surového železa, ako tavidlo v iných procesoch výroby ocele na kyslík, v procese výroby ocele elektrickým oblúkom a v mnohých sekundárnych procesoch výroby ocele.

Pece na výrobu vápna v železiarskom a oceliarskom priemysle sú prevažne šachtové pece rôznych konštrukcií a kapacít. V štruktúre emisie/spotreby sa nelíšia od komerčných pecí na vápno.

Užitočné informácie týkajúce sa železiarskeho a oceliarskeho priemyslu možno nájsť v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách pri výrobe železa a ocele [87, Európska komisia 2001].

2.2.10.2 Pece na výrobu vápna v odvetví výroby sulfátovej buničiny

V roku 2001 bolo v európskom papierenskom priemysle približne 100 pecí na výrobu vápna. Všetky sú rotačné pece s kapacitou od 30 do 400 ton páleného vápna denne. Väčšina pecí sú dlhé rotačné pece, ale je tu aj niekoľko moderných rotačných pecí s predohrievačom.

Do dlhých rotačných pecí na výrobu vápna sa zvyčajne privádza suspenzia uhličitanu vápenatého s obsahom vody 30 %. Základným palivom je zvyčajne zemný plyn alebo olej. Okrem toho sa zvyčajne spaľujú nekondenzovateľné plyny vznikajúce v niekoľkých oblastiach procesu rozvlákňovania, čím sa zvyšuje obsah H_2S , organických zlúčenín síry a SO_2 v komínových plynach. V niektorých prípadoch sa ako palivo používajú aj piliny a plyny získané splyňovaním biomasy.

Na čistenie odpadových plynov sa bežne inštalujú mokré práčky typu Venturi a elektrostatické odlučovače (na tuhé častice).

Užitočné informácie týkajúce sa celulózo-papierenského priemyslu možno nájsť v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách v celulózo-papierenskom priemysle [124, Európska komisia 2001].

2.2.10.3 Pece na výrobu vápna v cukrovarníckom priemysle

Väčšina pecí na výrobu vápna v európskom cukrovarníckom priemysle sú šachtové pece s miešaným zavázaním. Väčšina pecí vyrába 50 až 350 ton nehaseného vápna denne počas cukrovarníckej kampane, ktorá v sezóne 1997/1998 trvala 63 až 170 dní, pričom priemerná dĺžka bola 86 dní.

Nehasené vápno a CO_2 v odpadových plynach sa používajú v cukrovaroch. Plyn, ktorý vzniká v peci, sa zachytáva a väčšina z neho sa pred použitím v procese výroby cukru (karbonizácia) odpráši v mokrej práčke. Väčšina CO_2 sa rekombinuje s vápenným mliekom vo vápennej šťave a vzniká $CaCO_3$.

Najbežnejším palivom v peciach na výrobu vápna v cukrovarníckom priemysle je koks. Je to najmä preto, že vznikajúci plyn obsahuje viac CO_2 (40 – 42 % CO_2 objemu) ako plyn z pecí vykurovaných olejom alebo plynom (28 – 32 % CO_2 objemu).

Úrovně spotreby (vápenec a palivo) pre pece na výrobu vápna v cukrovarníckom priemysle sú približne rovnaké ako pre rovnaké typy pecí v iných odvetviach.

Užitočné informácie týkajúce sa cukrovarníckeho priemyslu nájdete v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách v potravinárskom, nápojovom a mliekarenskom priemysle (FDM). Informácie o druhu a množstve vyrobeného vápna, ako aj o peciach a použitých palivách, však zatiaľ nie sú zahrnuté v dokumente BREF FDM [125, Európska komisia 2006].

2.3 Súčasná spotreba a úrovne emisií

Hlavnými environmentálnymi problémami spojenými s výrobou vápna sú znečistenie ovzdušia a spotreba energie. Proces spaľovania vápna je hlavným zdrojom emisií a zároveň hlavným spotrebiteľom energie. Významné môžu byť aj sekundárne procesy pálenia vápna a mletia, ako aj vedľajšie činnosti (konkrétne drvenie, triedenie, doprava, skladovanie a vyprázdňovanie), ktoré sú z hľadiska emisií aj spotreby energie relatívne zanedbateľné.

Je potrebné poznamenať, že ak nie je v tomto dokumente uvedené inak, v tejto sekcii týkajúcej sa vápna sa štandardné podmienky merania objemových prietokov a koncentrácie plynov vzťahujú na nasledujúce definície, ktoré sú uvedené aj v slovníku pojmov:

m ³ /h	objemový tok: ak nie je v tomto dokumente uvedené inak, objemové toky sa vzťahujú na 11 obj. % kyslíka a štandardný stav
mg/m ³	koncentrácia: ak nie je v tomto dokumente uvedené inak, koncentrácie plynnej látky alebo zmesi látok odkazujú na suché spaliny pri 11 % obj. kyslíka a štandardnom stave
štandardný stav	znamená na teplote 273 K, tlak 1 013 hPa a suchý plyn

Okrem toho je potrebné poznamenať, že emisné rozsahy sa vzťahujú na úroveň odkazujúcu na 11 % kyslíka, hoci skutočná úroveň kyslíka v procese spaľovania je oveľa nižšia ako 11 %. Výpočtový vzorec na výpočet koncentrácie emisií je uvedený nižšie:

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} * E_M$$

E_R (mg/Nm³): koncentrácia emisií vo vzťahu k referenčnej úrovni kyslíka O_R
 O_R (obj. %): referenčná úroveň kyslíka
 E_M (mg/Nm³): koncentrácia emisií súvisiaca s nameranou úrovňou kyslíka O_M
 O_M (obj. %): nameraná úroveň kyslíka

Ďalšie užitočné informácie o monitorovaní možno nájsť v referenčnom dokumente o všeobecných zásadách monitorovania (MON) [151, Európska komisia 2003].

2.3.1 Spotreba vápenca

Na výrobu vápna sa vo všeobecnosti spotrebuje 1,4 až 2,2 tony vápenca na tonu predajného nehaseného vápna. Spotreba závisí od typu výrobku, čistoty vápenca, stupňa kalcinácie a množstva prachu odvádzaného z pece a odpadových plynov z pece.

2.3.2 Využívanie energie

2.3.2.1 Kalcinácia vápenca

Spotreba energie pre daný typ pece závisí aj od niekoľkých rôznych faktorov, ako je kvalita použitého kameňa, stupeň premeny uhličitanu vápenatého na oxid vápenatý, veľkosť kameňa, vlhkosť, palivo, konštrukcia pece, kontrola procesu, vzduchotesnosť atď.

Disociačné teplo vápenatého vápenca je 3,2 GJ/t vápna (približne o 9 % menej v prípade dolomitického vápna). Čistá spotreba tepla na tonu nehaseného vápna sa líši v závislosti od konštrukcie pece. Rotačné pece si vo všeobecnosti

vyžadujú viac tepla než šachtové pece. Spotreba tepla má tendenciu rásť so zvyšujúcim sa stupňom horenia (pozri oddiel 2.2.6.1).

Spotreba elektrickej energie sa pohybuje v rozmedzí od 5 – 15 kWh/t vápna pri šachtových peciach s miešaným zavázaním až po 20 – 40 kWh/t pri modernejších konštrukciách šachtových pecí a rotačných pecí.

Typická spotreba tepla a elektrickej energie v rôznych typoch pecí na výrobu vápna je uvedená v tabuľke 2.23. Spotreba tepla predstavuje približne 95 % celkovej spotreby energie na výrobu vápna.

Tabuľka 2.23: Typická spotreba tepla a elektrickej energie v EÚ 27 podľa druhov pecí na výrobu vápna a dolomitu

Druh pece	Typ energie používanej na výrobu vápna a dolomitického vápna	
	Spotreba/využitie tepla (1°GJ/t)	Spotreba elektrickej energie v peci kWh/t
Dlhé rotačné pece (LRK)	6,0 – 9,2	18 – 25
Rotačné pece s predohrevom (PRK)	5,1 – 7,8	17 – 45
Rekupačné pece s paralelným tokom (PFRK)	3,2 – 4,2	20 – 40
Kruhové šachtové pece (ASK)	3,3 – 4,9	18 – 35 ⁽²⁾ Do 50 ⁽³⁾
Šachtové pece s miešaným zavázaním (MFSK)	3,4 – 4,7	5 – 15
Ostatné pece (OK)	3,5 – 7,0	20 – 40
(1) Spotreba tepla predstavuje približne 80 % celkovej spotreby energie na výrobu vápna (2) Pre vápenec s veľkosťou zrna od 40 do 150 mm (3) Pre vápenec s veľkosťou zrna <40 mm Zdroj: [46, Nemecko 2006], [54, EuLA 2006], [64, Česká republika 2006], [168, TWG CLM 2007]		

Nasledujúce parametre môžu ovplyvniť hodnoty spotreby energie uvedené v tabuľke 2.23:

- veľkosť zrna
 - do 5 %
- vlhkosť vápenca
 - 1 až 10 %
- palivo (suché, účinnosť atď.)
 - do 5 %
- Zvyškový CO₂:
 - 0,5 až 5 %
- dolomitické vápno:
 - do 9 %/vápno
- tvrdé pálené vápno:
 - ~10 %.

Zvyškový obsah CO₂ vo výrobkoch môže ovplyvniť spotrebu energie. Spotreba energie sa zvyšuje s tvrdosťou výrobkov. Zvyškový obsah CO₂ určuje použitie vápna; vápno s obsahom CO₂ približne 5 % sa používa v oceliarskom priemysle, vápno s obsahom CO₂ približne 1,5 % sa používa na odsírenie odpadových plynov.

V špeciálnom prípade tvrdo páleného vápna sa spotreba energie pohybuje v rozmedzí 6,5 až 13 GJ/t v závislosti od typu pece [54, EuLA 2006].

Na zníženie vysokej spotreby energie paliva sa v rôznych typoch pecí na výrobu vápna zaviedli rôzne techniky, ako napr.:

- optimalizácia a riadenie procesov,
- redukcia prebytku vzduchu.

2.3.2.2 Hydratácia vápna

Proces hydratácie je exotermický, preto sa pridáva prebytočná voda na reguláciu teploty v hydrátoroch. Táto prebytočná voda, ktorej je málo, sa premieňa na paru, ktorá sa vypúšťa do ovzdušia spolu s malým množstvom vzduchu, ktorý sa nasáva do hydrátora, aby sa zabránilo vnikaniu vlhkosti a prachu do prevádzky/zariadenia dávkovanie nehaseného vápna a aby sa pomohlo pri odparovaní prebytočnej vody.

Nároky na energiu na prevádzku hydrátorov, vzduchových triedičov a dopravných zariadení predstavujú približne 5 až 30 kWh na tonu nehaseného vápna.

2.3.2.3 Mletie vápna

Spotreba energie pri mletí vápna sa pohybuje od 4 do 10 kWh/t nehaseného vápna pre hrubšie druhy (napríklad tie, ktoré sa používajú na stabilizáciu pôdy) do 10 až 40 kWh/t nehaseného vápna pre jemnejšie druhy. Množstvo energie, ktoré je potrebné, závisí aj od použitého zariadenia. Jemné nárazové mlyny sa môžu použiť na hrubšie produkty. Na výrobu jemnejších výrobkov sa používajú guľové mlyny, kruhové mlyny a mlyny na vysoký tlak spolu s dezaglomerátormi (s postupne nižšou mernou spotrebou energie).

2.3.3 Emisie do ovzdušia

Pri výrobe vápna vznikajú emisie do ovzdušia a emisie hluku. Okrem toho vznikajú emisie do vody, procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu, a v ojedinelých prípadoch aj zápach. V tomto oddiele sú uvedené rozsahy emisií látok znečisťujúcich ovzdušie pre proces výroby vápna vrátane ďalších krokov procesu, ako je skladovanie a manipulácia so surovinami, palivami alebo výrobkami.

Významné emisie do ovzdušia pri výrobe vápna vznikajú v procese kalcinácie. Najvýznamnejšie emisie do ovzdušia z kalcinácie vápenca sú:

- oxidy uhlíka (CO, CO₂),
- oxidy dusíka (NO_x),
- oxid siričitý (SO₂),
- prach (PM).

Charakter a koncentráciu emisií ovplyvňuje niekoľko faktorov, ako napríklad:

- typ pece a konštrukcia pece,
- operácia alebo podmienky procesu,
- chemické zloženie a kvalita suroviny vápenec,
- používané palivá,
- techniky redukcie emisie.

Ďalšie emisie do ovzdušia vznikajú vo výrobnom procese a môžu zahŕňať:

- chlorovodík (HCl),
- fluorovodík (HF),
- organické zlúčeniny,
- ťažké kovy,
- polychlórované dibenzo-p-dioxíny a dibenzofurány (PCDD/F),
- sírovodík (H₂S).

Druh a konštrukcia pece

Druh pece sa vyberá okrem iného tak, aby zodpovedal veľkosti a povahe dostupného vápenca a aby bol schopný splniť konkrétne požiadavky na kvalitu.

Konštrukcie pecí majú rôzne vlastnosti, ako napríklad:

- ich schopnosť používať špecifické druhy vápenca (chemické zloženie a rozsah veľkosti zrna),
- typy používaných palív a spôsoby ich vstrekovania do pece,
- pomer vzduchu k palivu,
- ich prevádzkové teplotné profily,
- ich rozloženie tepla.

Ďalším dôležitým faktorom súvisiacim s typom pece je interakcia plynu s tuhou látkou, ktorá závisí od teplotného profilu v peci. Umožňuje reakciu určitých zložiek pecných plynov (najmä SO_2 a HCl) s nehaseným vápnom alebo vápencom. Tieto zložky sa odstraňujú z plynu, zakryjú sa vo výrobku a opustia pec ako súčasť výrobku.

Podmienky procesu

Parametre procesu sa volia tak, aby sa minimalizovalo používanie palív a aby sa zabránilo nespáleniu vápenca. Presne zvolené parametre procesu sú dôležité na dosiahnutie požiadaviek na kvalitu výrobku a majú vplyv na emisie.

Chemické zloženie vápenca

Koncentrácia nečistôt a správanie kameňa počas kalcinácie môžu mať vplyv na emisie. Zmeny obsahu síry a chlôru vo vápenci/dolomite zohrávajú dôležitú úlohu a majú účinky na rozsah emisií SO_2 a HCl v odpadových plynach. To závisí od typu pece a podmienok procesu potrebných na výrobu určitej kvality výrobkov.

Typ paliva

Na emisie do ovzdušia má vplyv prirodzené zloženie, napríklad tuhé, kvapalné a plyné, výhrevnosť a spaľovacie vlastnosti používaných palív, ako aj obsah rôznych zložiek, napríklad síry a chlôru.

Príklad princípu systému dávkovania paliva pre šachtovú pec je znázornený na obrázku 2.10 v oddiele 2.2.4.

Zariadenia na znižovanie emisií

Pec na výrobu vápna sú zvyčajne vybavené technikami na znižovanie emisií do ovzdušia, napr. prachu. Typ použitej techniky znižovania emisií závisí napr. od typu pece a použitých palív. K emisiám prachových častíc nedochádza len počas procesu kalcinácie, ale aj pri iných spracovateľských činnostiach používaných pri výrobe vápna, ako je triedenie, drvenie, mletie, hydratácia a balenie.

V roku 2006 európski výrobcovia vápna nahlásili aktuálny rozsah emisií do ovzdušia. Typické emisie pre európske pece na výrobu vápna sú uvedené v tabuľke 2.24.

Tabuľka 2.24: Príklady typických emisií z pecí na výrobu vápna v Európe

Znečisťujúca látka	Koncentrácia		Pomer na tonu vápna	
	Min. mg/Nm ³	Max. mg/Nm ³	Min. kg/t vápna	Max. kg/t vápna
Čiastočky				
Prach	1 ⁽¹⁾ – < 10	> 250	0,003 – 0,006	> 1,3
Plyny				
NO _x	< 50 – 100	> 2 500	< 0,15	> 12,5
SO ₂	< 50	> 2 000	0	> 10,0
CO ₂			987	1975
CO	100	> 2 500	< 0,3	> 12,5
HCl	0,02 ⁽¹⁾ – 10	> 250	0,00006	> 1,3
Dioxíny (priemer)	0,0155 ng I-TEQ/Nm ³	0,0638 ng I-TEQ/Nm ³	4,7*10 ⁻⁸	3,2 *10 ⁻⁷
Ťažké kovy (plynné a vo forme čiaštočiek) ⁽²⁾				
Arzén	< 0,01	< 0,10	< 5*10 ⁻⁵	< 5*10 ⁻⁴
Kadmium	< 0,01	< 0,10	< 5*10 ⁻⁵	< 5*10 ⁻⁴
Meď	< 0,01	< 0,10	< 5*10 ⁻⁵	< 5*10 ⁻⁴
Mangán	< 0,01	< 0,10	< 5*10 ⁻⁵	< 5*10 ⁻⁴
Ortuť	< 0,01	< 0,10	< 5*10 ⁻⁵	< 5*10 ⁻⁴
Cín	< 0,01	< 0,10	< 5*10 ⁻⁵	< 5*10 ⁻⁴
Telúr	< 0,01	< 0,10	< 5*10 ⁻⁵	< 5*10 ⁻⁴
Tálium	< 0,01	< 0,10	< 5*10 ⁻⁵	< 5*10 ⁻⁴
Vanád	< 0,01	> 0,10	< 5*10 ⁻⁵	< 5*10 ⁻⁴
Chróm	< 0,01	> 0,10	< 5*10 ⁻⁵	< 5*10 ⁻⁴
Antimón	< 0,01	< 0,04	< 5*10 ⁻⁵	< 2*10 ⁻⁴
Selén	< 0,01	< 0,06	< 5*10 ⁻⁵	< 3*10 ⁻⁴
Kobalt	< 0,01	< 0,06	< 5*10 ⁻⁵	< 3*10 ⁻⁴
Olovo	< 0,10	> 1,00	< 5*10 ⁻⁴	< 5*10 ⁻³
Zinok	< 0,10	> 1,00	< 5*10 ⁻⁴	< 5*10 ⁻³
Koncentrácie emisií sú priemerné a orientačné hodnoty založené na rôznych technikách merania. Na základe nasledujúcich typických objemov suchých výfukových plynov, štandardných stavových podmienok odkazujúcich sa na tlak 1013 hPa a teplotu 273,15 K, normalizovaných na obsah O₂ 11 %: • 3 000 Nm³/t vápna pre normálne šachtové pece, kruhové šachtové pece a rekuperačné pece s paralelným tokom (min.) • 3 700 Nm³/t vápna pre rotačné pece s predohrievačom • 5 000 Nm³/t vápna pre dlhé rotačné pece (max.) (1) Jednotlivé merania (2) Spodný rozsah zodpovedá úrovni detekcie kovov Zdroj: [54, EuLA 2006], [168, TWG CLM 2007]				

2.3.3.1 Prach (PM)

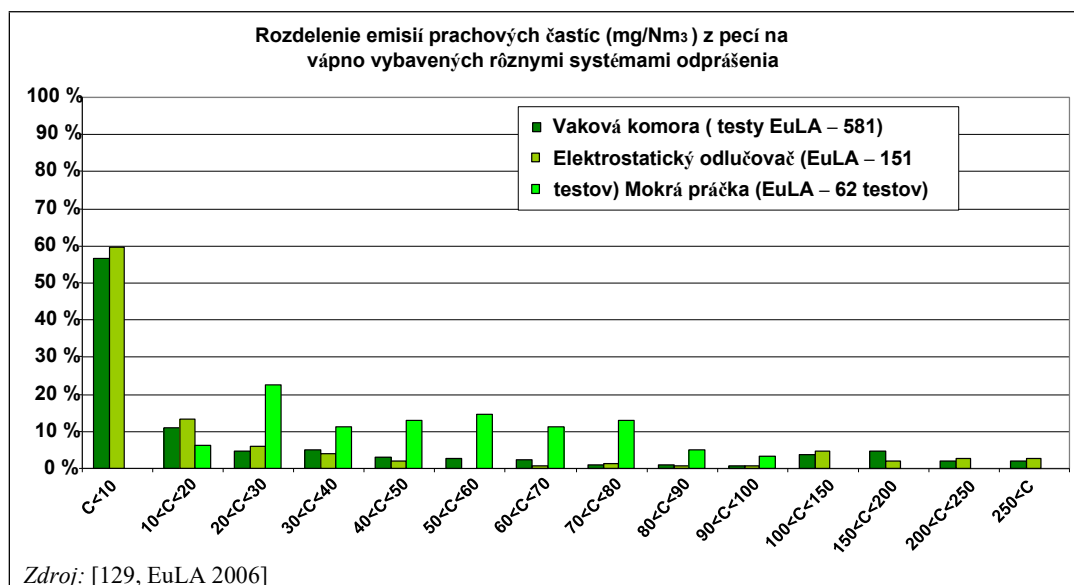
2.3.3.1.1 Emisie odvedeného prachu

Kalcinácia vápenca

Prach (tuhé častice/PM) vzniká z jemne rozptýlených častíc vo vápencovej surovine, z tepelnej a mechanickej (degradácia vápna a vápenca) dekrepancie v peci a v menšej miere z popola z paliva. Úroveň prachu na vstupe do odprašovacieho zariadenia sa značne líši, okrem iného v závislosti od konštrukcie pece, kapacity a použitej suroviny.

Vzhľadom na široký rozsah podmienok odpadových palív sa používajú rôzne odľučovače prachu vrátane cyklónov, mokrých práčok, textilných filtrov, elektrostatických odľučovačov a štrkových filtrov. Typické cyklóny odstraňujú približne 90 % prachu z pecí na vápno.

Po znížení emisií sa zvyčajne pohybujú v rozmedzí 10 až 250 mg/Nm³, pričom 20 až 100 mg/Nm³ sa získava pomocou mokrej práčky. Na obrázku 2.35 sú uvedené výsledky jednotlivého merania a vyplýva z nich, že 70 % testov pecí na vápno s použitím ESP a textilných filtrov poskytuje emisie prachových častíc nižšie ako 20 mg/Nm³ (z nich 60 % je nižších ako 10 mg/Nm³) a že táto hodnota sa dosiahla len pri 6 % testov pecí na vápno s použitím mokrých práčok. Okrem toho boli zaznamenané aj jednotlivé emisie prachu z procesu vypaľovania v peci v rozsahu od 1,4 do 2 mg/Nm³ [16, EuLA 2001], [45, Schorcht 2006], [46, Nemecko 2006], [66, Rakúsko 2006], [68, EuLA 2006], [71, Maďarsko 2006].



Obrázok 2.35: Emisie prachu merané v rôznych druhoch pecí na výrobu vápna pomocou rôznych technik na znížovanie emisií prachu v EÚ 27 (jednotlivé merania, ktoré trvajú najmenej pol hodiny)

V Nemecku sú všetky šachtové pece vybavené textilnými filtrami. Po znížení emisií spalín pomocou textilných filtrov sa emisie prachu zvyčajne pohybujú od <10 to <20 mg/Nm³ (jednotlivé merania, štandardný stav, 10 % O₂ pri použití odpadu). Textilné filtre dosahujúce tieto úrovne majú pomer vzduchu k tkanine od <1 do 1,2 m³/m²·min. Rotačné pece sú vybavené ESP. Typický rozsah emisií je nižší ako 20 mg/m³. Odlúčený prach z textilných filtrov alebo ESP sa väčšinou používa ako produkt. Emisie prachu v čistom plyne po použití mokrých práčok a filtrov so štrkovým lôžkom sa v Nemecku zvyčajne pohybovali v rozmedzí od 30 do 60 mg/Nm³ a merali sa ako priemerné denné hodnoty za štandardných podmienok. Aby sa však dosiahla úroveň emisií prachu nižšia ako 20 mg/Nm³, mokré práčky a filtre so štrkovým lôžkom sa nahradili textilnými filtrami. Z meraní vyplýva, že hodnoty emisií prachu nezávisia od druhu použitého paliva, t. j. fosílného alebo odpadového pôvodu. V prípade odpadu používaného ako palivo, napr. v peciach v šachte, sa emisie prachových častíc pohybujú od <5 do <10 mg/Nm³ ako priemerné denné hodnoty [46, Nemecko 2006].

Hydratácia vápna

Plynné výtoky z hydratačných prevádzok majú pomerne malý objem; ich úroveň sa pohybuje okolo 800 m³/t hydratovaného vápna, ale pred znížením emisií môžu obsahovať 2 g/m³ prachu. Takto môže vzniknúť prach o približne 1,6 kg/t hydratovaného vápna. Na odprášenie emisií sa používajú mokré práčky aj textilné filtre. Obsah vlhkosti v emisiách môže ovplyvniť úroveň emisií. Z tohto dôvodu sa v hydratačných prevádzkach často používajú mokré práčky. Pri použití nových generácií mokrých práčok sa úrovne emisií po znížení pohybujú od 10 do 30 mg/Nm³, čo zodpovedá približne 0,008 až 0,024 kg/t hydratovaného vápna. V Spojenom kráľovstve v roku 2007 tri z najmodernejších mokrých práčok vykazovali výsledky 11 mg/Nm³, 17 mg/Nm³ a 18 mg/Nm³. Boli však zaznamenané aj emisie prachových častíc do 60 mg/Nm³ (vyjadrené za mokra) [168, TWG CLM 2007], [177, EULA 2008].

Mletie vápna

Vzduch sa nasáva cez všetky zariadenia na mletie, aby sa odstránilo mleté/drvené vápno s požadovanou veľkosťou častíc. Produkt sa oddeľuje od vzduchu v textilných filtroch, pred ktorými sú často cyklóny. Zber prachu je preto neoddeliteľnou súčasťou procesu. Po znížení emisií sa emisie prachu zvyčajne pohybujú v rozmedzí <10 až 50 mg/Nm^3 . V Nemecku sú hodnoty emisií z procesu mletia vápna zvyčajne nižšie ako 20 mg/Nm^3 .

Súvisiace a vedľajšie procesy/prevádzky

Takmer všetky súvisiace a vedľajšie procesy v prevádzke na výrobu vápna môžu produkovať emisie prachových častíc, ako napríklad drvenie, triedenie, doprava, rozpúšťanie, skladovanie a vypúšťanie. Emisie prachu sa kontrolujú zadržiavaním. Vzduch prechádza a pravidelne sa oddeľuje v textilných filtroch, napr. pri nasledujúcich procesoch:

- primárny/sekundárny drvič,
- skladovanie vápenca,
- mlyny na mletie nehaseného vápna,
- triediace stroje,
- silá na skladovanie nehaseného vápna,
- skladovanie tuhých palív (napr. práškoveho hnedého uhlia),
- manipulácia s nehaseným vápnom.

Zachytený prach sa spravidla vracia späť do výrobku. Zariadenie na mletie a manipuláciu s nehaseným vápnom sa udržiava pod miernym odsávaním. Hodnoty emisií prachových častíc z týchto zdrojov sa uvádzajú v rozmedzí menej ako 10 až 20 mg/m^3 , ktoré možno bezpečne dosiahnuť.

2.3.3.1.2 Difúzne emisie prachu

Difúzne emisie prachových častíc vznikajú najmä pri skladovaní a manipulácii so surovinami, palivami a vápnom a z vozidiel vo výrobnom závode. Odporúča sa jednoduché a lineárne usporiadanie pracoviska, aby sa minimalizovali možné zdroje difúzneho prachu.

Problémy môže spôsobovať difúzny prach, napríklad zo zásob surovín a tuhých palív, ktorý možno znížiť použitím nasledujúcich techník:

- dostatočné zvlhčovanie zásob, násypných a výsypných miest,
- použitie dopravných pásov s nastaviteľnou výškou.

Dopravníky a elevátory sú konštruované ako uzavreté systémy, ak je pravdepodobné, že sa z prašného materiálu budú uvoľňovať emisie prachu. Cesty v areáli prevádzky, po ktorých jazdia nákladné vozidlá, sú spevnené a pravidelne sa čistia, aby sa zabránilo rozptýleným emisiám prachu. Okrem toho sa na mieste zariadenia vykonáva aj postrek vodou. Ak je to možné, používajú sa uzavreté skladovacie systémy. Na zníženie emisií prachových častíc počas nakladania páleného vápna sa napríklad používajú flexibilné plniace rúry vybavené systémom na odsávanie prachu. Tieto flexibilné plniace rúry sú vybavené odsávacími zariadeniami, ktoré zaručujú bezprašné nakladanie. Umiestnené sú v pozícii na nakladáciu podlahu nákladného vozidla, odkiaľ sa automaticky posúvajú nahor, kým sa nedosiahne naprogramovaná výška plnenia. Po tom, ako sa nákladné vozidlo posunie asi o 30 cm dopredu, sa nastaví pozícia flexibilnej plniacej rúry a začne sa opäť nakladať [46, Nemecko 2006], [66, Rakúsko 2006].

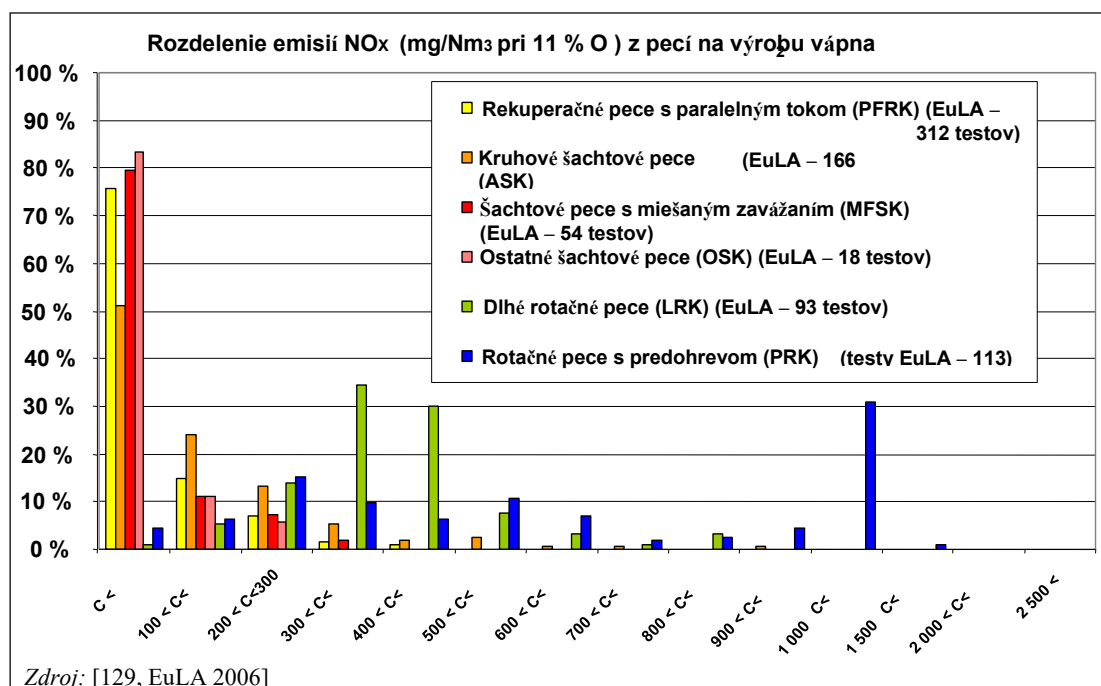
2.3.3.2 Oxidy dusíka

NO a NO₂ sú dominantné oxidy dusíka (NO_x) zistené v plyne rotačných pecí na výrobu vápna, hoci môžu vznikať aj z paliva počas spaľovania. Existujú dva hlavné zdroje vzniku NO_x:

- tepelné NO_x vznikajú najmä pri vysokoteplotnej reakcii dusíka a kyslíka v spaľovacom vzduchu (tepelné NO_x), pričom tento proces je veľmi závislý od teploty a použitých palív,
- palivové NO_x sú výsledkom reakcie zlúčenín dusíka prítomných v palive s kyslíkom zo spaľovaného vzduchu.

Tepelné NO_x vznikajú pri teplotách nad 1 000 °C, t. j. v zóne horenia pece, kde sú teploty dostatočne vysoké. Množstvo produkovaných tepelných NO_x sa zvyšuje s vyššími teplotami a rastúcim obsahom kyslíka v zóne horenia. Keďže pece vyrábajúce tvrdé alebo tvrdo pálené vápno s nízkou reaktivitou musia byť prevádzkované pri vyšších teplotách v zóne spaľovania, majú tendenciu produkovať viac tepelných NO_x ako pece vyrábajúce mäkké pálené vápno s vysokou reaktivitou. Z dôvodu tejto teplotnej závislosti sú emisie NO_x vo zvislých peciach vo všeobecnosti nižšie ako v rotačných peciach, ako je znázornené na obrázku 2.36.

Palivové NO_x vznikajú oxidáciou zlúčenín dusíka prítomných v palive. V závislosti od podmienok spaľovania sa palivový dusík buď spája s inými atómami dusíka za vzniku N₂, alebo reaguje s kyslíkom za vzniku NO_x. V spaľovacej zóne rotačných pecí sú teploty zvyčajne dostatočne vysoké na to, aby podporili určitú oxidáciu palivového dusíka na palivové NO_x.



Obrázok 2.36: Emisie NO_x namerané v rôznych druhoch pecí na výrobu vápna v EÚ 27 (jednotlivé merania, ktoré trvajú najmenej pol hodiny)

Ako je znázornené na obrázku 2.36, emisie NO_x z rotačných pecí sa pohybujú v rozmedzí od 300 do 2 000 mg/Nm³ v závislosti od druhu pece, použitých palív a druhu vyrábaného vápna. Z jednotlivých meraní vyplýva, že pri týchto testoch je 68 % emisií NO_x z rotačných pecí nižších ako 500 mg/Nm³. Emisie NO_x zo šachtových pecí sa pohybujú v rozmedzí od <100 do 500 mg/Nm³ v závislosti od druhu použitej pece a druhu vyrábaného vápna. Z jednotlivých meraní vyplýva, že pri týchto testoch je 60 % emisií NO_x zo šachtových pecí pod 100 mg/Nm³. Okrem toho,

približne 80 % PFRK, MFSK a OSK a približne 50 % ASK dosahuje hodnoty emisií $\text{NO}_x < 100 \text{ mg/Nm}^3$ pri meraniach, ktoré trvajú najmenej pol hodiny.

Rotačné pece (dlhé rotačné pece (LRK) alebo rotačné pece s predohrievačom (PRK))

Plameň je dobre definovaný a teploty plameňa sú vyššie ako v šachtových peciach. V dôsledku procesov prenosu tepla je maximálna teplota pecných plynov tiež vysoká, čo má za výsledok zvýšenú úroveň NO_x .

Tvrdo pálené vápno sa vyrába najmä v rotačných peciach. Tento proces si vyžaduje vyššie teploty, čo má za výsledok ešte vyššiu úroveň NO_x .

Emisie NO_x z týchto pecí sa zvyčajne pohybujú od 300 do 2 000 mg/Nm^3 v závislosti od typu vyrábaného vápna/vápenca (mäkké až tvrdé pálenie) a závisia od obsahu dusíka v palivách, teploty procesu, prebytku vzduchu a vyrábaného produktu. Na základe špecifického prietoku spalín:

- 5 000 Nm^3/t pri 11 % O_2 pre LRK,
- 4 000 Nm^3/t pri 11 % O_2 pre PRK,

špecifický prietok oxidov dusíka sa pohybuje v rozmedzí od 1,5 do 10 kg/t vápna pre LRK a od 1,2 do 8 kg/t vápna pre PRK.

Šachtové pece (ostatné pece (OK), pece s miešaným zavázaním (MFSK), kruhové (ASK) a rekuperačné pece s paralelným tokom (PFRK))

Šachtové pece emitujú menej NO_x ako rotačné pece, pretože teploty v peciach v šachte sú zvyčajne nižšie ako 1 400 °C, takže vznik tepelných NO_x je relatívne nižší.

Okrem toho procesy spaľovania zvyčajne vytvárajú relatívne nižšie teploty plameňa ako rotačné pece, čo spolu s podmienkami miešania s nízkou intenzitou je výsledkom nižších úrovní NO_x v palive.

Emisie NO_x z týchto pecí sa zvyčajne pohybujú od 100 do 500 mg/Nm^3 v závislosti od typu vyrábaného vápna/dolomitického vápna. Na základe špecifického prietoku spalín:

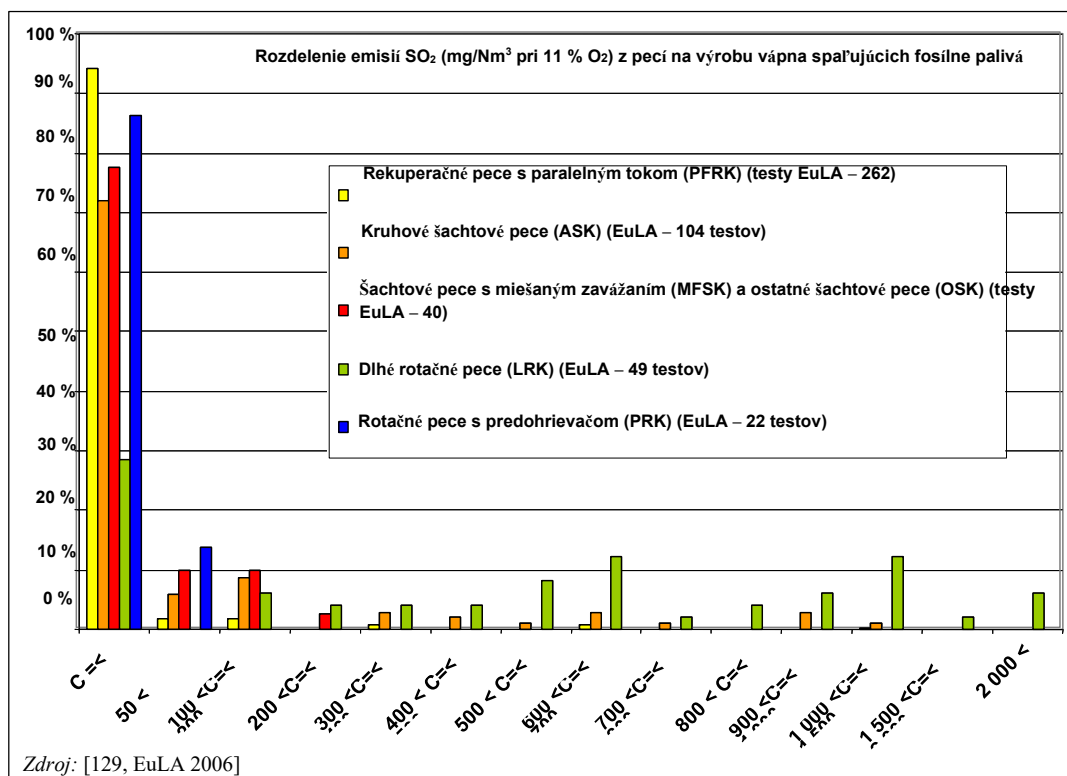
- 3 000 Nm^3/t (11 % O_2) pre PFRK a ASK,
- 2 500 Nm^3/t (11 % O_2) pre MFSK a OK,

špecifický prietok oxidov dusíka je v rozmedzí od 0,3 do 1,5 kg/t vápna pre PFRK/ASK a od 0,25 do 1,3 kg/t vápna pre MFSK/OK.

Ak sa však šachtové pece používajú na výrobu tvrdého páleného vápna alebo tvrdo páleného dolomitu, možno zistiť vyššie úrovne emisií NO_x až do 2 000 mg/Nm^3 .

2.3.3.3 Oxid siričitý

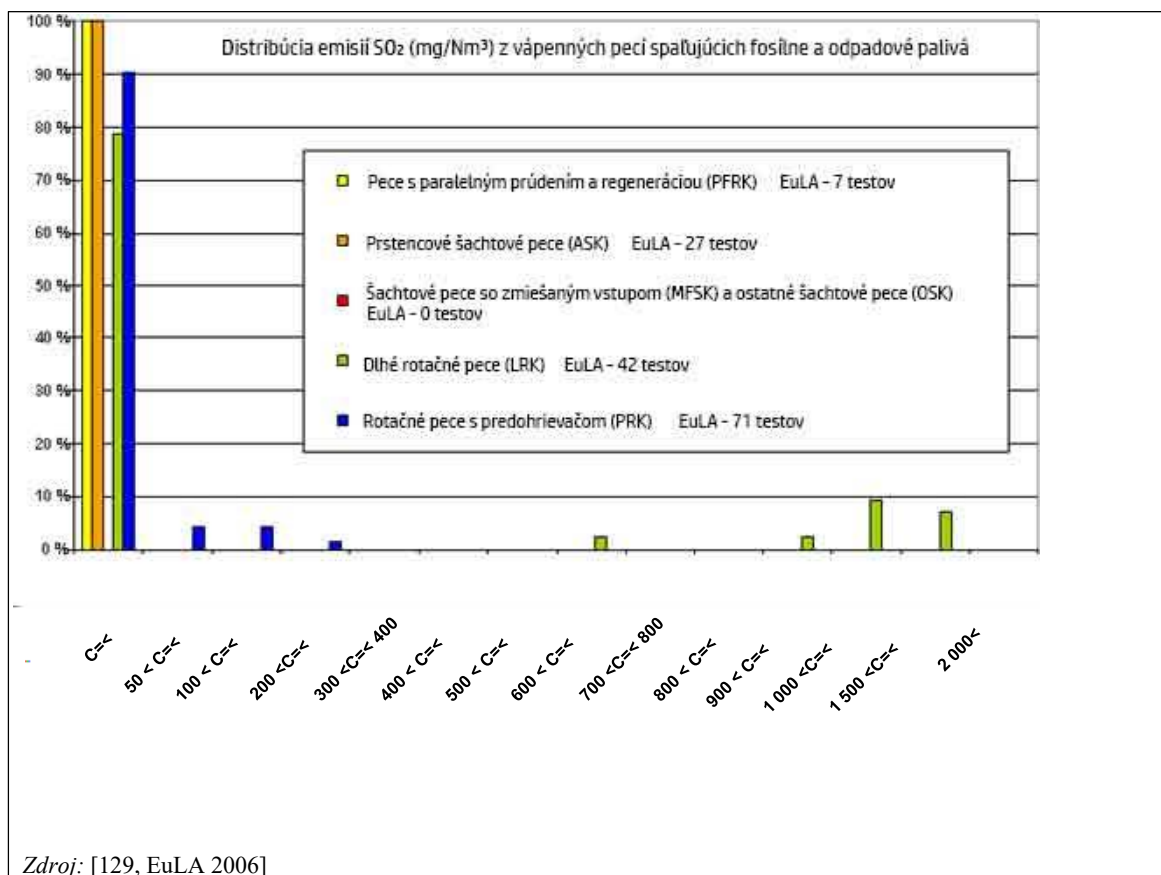
Vo väčšine prevádzok na pálenie vápna zachytáva nehasené vápno väčšinu síry z vápenca a paliva. Účinný kontakt medzi pecnými plynmi a nehaseným vápnom zvyčajne zabezpečuje účinnú absorpciu oxidu siričitého. Z pecí na výrobu vápna v EÚ 27 sa uvádzajú typické emisie SO_2 nižšie ako 50 mg/Nm^3 ako polhodinová priemerná hodnota, ktoré závisia od pece používanej na výrobu vápna, ako je znázornené na obrázku 2.37.



Obrázok 2.37: Emisie SO₂ merané v rôznych druhoch pecí na výrobu vápna využívajúcich fosilné palivá a odpadové palivá na pálenie v peci v EÚ 27 (jednotlivé merania, ktoré trvajú najmenej pol hodiny)

Ako je znázornené na obrázku 2.37, emisie SO_x z rotačných pecí sa pohybujú v rozmedzí od 50 do 2 000 mg/Nm³ v závislosti od pece, typu použitého paliva a typu vyrobeného vápna. Z jednotlivých meraní vyplýva, že 63 % emisií SO_x z rotačných pecí je nižších ako 500 mg/Nm³. Emisie SO_x zo šachtových pecí sa pohybujú v rozmedzí od <50 do 1 000 mg/Nm³ v závislosti od typu použitej pece a typu vyrábaného vápna. Z jednotlivých meraní vyplýva, že z týchto testov, 87 % emisií SO_x zo šachtových pecí je 50 mg/Nm³ alebo menej. Okrem toho, jednotlivé merania ukazujú, že z týchto testov, viac ako 90 % emisií SO_x z PFRK sú < 50 mg/Nm³ a 90 % emisií SO_x z OSK sú < 200 mg/Nm³ (merané ako polhodinové hodnoty). Okrem toho takmer 90 % rotačných pecí s predohrievačom (PRK), približne 78 % kruhových šachtových pecí (ASK), ostatných šachtových pecí (OSK) a šachtových pecí s miešaným zavázaním (MFSK) dosahuje hodnotu 50 mg/Nm³ alebo nižšiu (meraní ako polhodinová hodnota).

Je potrebné poznamenať, že pri použití odpadových palív na spaľovanie dosahuje 100 % pecí PFRK a ASK, 90 % pecí PRK a približne 80 % pecí LRK emisie SO_x 50 mg/Nm³ alebo menej (merané ako polhodinová priemerná hodnota), ako je uvedené na obrázku 2.38.



Obrázok 2.38: Emisie SO₂ merané v rôznych druhoch pecí na výrobu vápna využívajúcich fosilné palivá a odpadové palivá na pálenie v peci v EÚ 27 (jednotlivé merania, ktoré trvajú najmenej pol hodiny)

Dlhé rotačné pece (LRK)

Dlhé rotačné pece majú schopnosť vyrábať nehasené vápno s nízkym obsahom síry v redukčnej atmosfére. V tomto prípade sa časť síry v palive a vápenci vylučuje ako oxid siričitý, najmä v odpadových plynoch.

Emisie SO_x z týchto pecí sa zvyčajne pohybujú od 50 do 1 500 mg/Nm³ v závislosti od druhu použitého paliva a od redukčnej alebo oxidačnej atmosféry v peci, ktorá je potrebná pre rôzne kvality výrobkov. Vyššie emisie súvisia s palivami s vysokým obsahom síry, keďže prevádzkovateľ nemá vždy k dispozícii palivá s nízkym obsahom síry. Na základe špecifického prietoku plynu 5 000 Nm³/t (11 % O₂) sa špecifický prietok oxidu siričitého pohybuje v rozmedzí od 0,3 do 7,5 kg/t vápna.

Rotačné pece s predohrievačom (PRK)

Rotačné pece s predohrievačom majú tiež schopnosť vyrábať nehasené vápno s nízkym obsahom síry v redukčnej atmosfére, ale v tomto prípade sa časť síry v palive zachytáva najmä vo vápne a v prachu. Preto sú emisie síry nižšie ako v prípade LRK.

Emisie SO_x z týchto pecí sa zvyčajne pohybujú od 50 do 400 mg/Nm³ v závislosti od druhu použitého paliva a od redukčnej alebo oxidačnej atmosféry v peci, ktorá je potrebná pre rôzne kvality výrobkov. Na základe špecifického prietoku plynu 4 000 Nm³/t (11 % O₂) sa špecifický prietok oxidu siričitého pohybuje v rozmedzí od 0,2 do 1,6 kg/t vápna.

Šachtové pece (ostatné pece (OK), pece s miešaným zavázaním (MFSK), kruhové (ASK) a rekuperačné pece s paralelným tokom (PFRK))

V šachtových peciach účinný kontakt medzi pecnými plynmi a nehaseným vápnom zvyčajne zabezpečuje účinnú absorpciu oxidu siričitého (čo môže viesť k nehasenému vápnu s vysokým obsahom síry v palive).

Emisie SO_x z týchto pecí sa zvyčajne pohybujú od 50 do 400 mg/Nm^3 v závislosti od typu použitého paliva, okrem ASK, kde je maximum 1 000 mg/Nm^3 . Na základe špecifického prietoku spalín:

- 3 000 Nm^3/t (11 % O_2) pre PFRK a ASK,
- 2 500 Nm^3/t (11 % O_2) alebo MFSK a OK,

špecifický tok oxidu siričitého sa pohybuje v rozmedzí od 0,2 do 1,2 kg/t vápna pre PFRK/ASK a od 0,1 do 1,0 kg/t vápna pre MFSK/OK.

2.3.3.4 Oxidy uhlíka (CO_x)

2.3.3.4.1 Oxid uhličitý (CO_2)

Emisie CO_2 sa stanovujú a vykazujú ako skleníkový plyn. Emisie CO_2 z odvetvia výroby vápna sú zahrnuté do systému obchodovania s emisiami. Pokiaľ ide o emisie CO_2 a systém obchodovania s emisiami, informácie možno nájsť v smernici Európskeho parlamentu a Rady 2003/87/ES z 13. októbra 2003 o vytvorení systému obchodovania s emisnými kvótami skleníkových plynov v Spoločenstve a následnej zmene a doplnení smernice 2009/29/ES [99, Európska únia 2003] [191, Európska únia 2009].

Základnú mineralogickú reakciu pri výrobe vápna/dolomitického vápna možno vyjadriť takto:

- vápno: $\text{CaCO}_3 + \text{energia} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ proces + spaľovanie CO_2
- dolomitické vápno: $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 + \text{energia} \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{MgO} + 2\text{CO}_2$ proces + spaľovanie CO_2

(proces CO_2) určený z výroby vápna/dolomitického vápna
(spaľovanie CO_2) určený zo spotreby energie

Množstvo CO₂ z procesov a spaľovania podľa typu pece je uvedené v tabuľke 2.25.

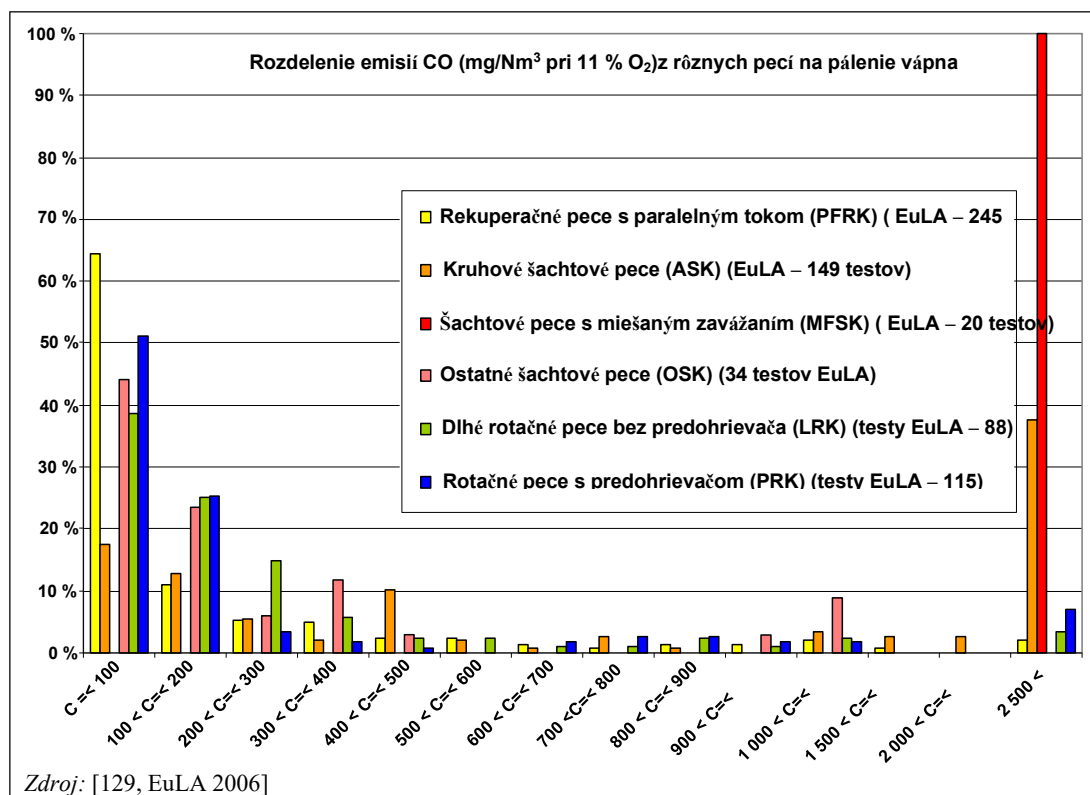
Tabuľka 2.25: Emisné faktory CO₂ z rôznych druhov pecí v odvetví výroby vápna

Druh pece ⁽¹⁾	Tona CO ₂ z procesu na tonu vápna (CaO) ⁽²⁾	Tona CO ₂ z procesu na tonu dolomitického vápna (CaO.MgO) ⁽²⁾	Tona CO ₂ zo spaľovania na tonu vápna/dolomitického vápna	Faktor celkových emisií CO ₂ z činnosti
Dlhé rotačné pece (LRK)	0,785	0,913	0,365 – 1,062	Vápno 1,150 – 1,847 Dolomitické vápno 1,278 – 1,975
Rotačné pece s predohrevom (PRK)	0,785	0,913	0,269 – 0,617	Vápno 1,054 – 1,402 Dolomitické vápno 1,182 – 1,530
Rekuperačné pece s paralelným tokom (PFRK)	0,785	0,913	0,202 – 0,425	Vápno 0,987 – 1,210 Dolomitické vápno 1,115 – 1,338
Kruhové šachtové pece (ASK)	0,785	0,913	0,224 – 0,465	Vápno 1,009 – 1,250 Dolomitické vápno 1,137 – 1,378
Šachtové pece s miešaným zavázaním (MFSK)	0,785	0,913	0,224 – 0,708	Vápno 1,009 – 1,493 Dolomitické vápno 1,137 – 1,621
Ostatné pece (OK)	0,785	0,913	0,224 – 0,508	Vápno 1,009 – 1,291 Dolomitické vápno 1,137 – 1,419
(1) Druh pece závisí od požadovanej kvality výrobku, kvality vápenca a vstupnej granulometrie. (2) Faktor procesných emisií CO₂ definovaný v usmerneniach UNFCCC IPCC. Viac informácií možno nájsť v Usmerneniach IPCC pre národné inventúry skleníkových plynov z roku 2006, zväzok 3, Priemyselné procesy a výroby. Použitie. Zdroj: [54, EuLA 2006]				

Do roku 2008 sa emisie oxidu uhličitého na tonu nehaseného vápna znížili vo väčšine krajín EÚ 27 nielen výmenou starých pecí za tepelne účinnejšie konštrukcie, ale aj zlepšením využívania energie (napríklad lepším riadením procesu) a zvýšením produktivity (napr. znížením množstva produkovaného odpadového prachu).

2.3.3.4.2 Oxid uhoľnatý (CO)

Typické emisie CO z prevádzok vápna sú znázornené na obrázku 2.39. Emisie CO z pecí na vápno sa pohybujú od menej ako 100 do 2 500 mg/Nm³ v závislosti od druhu pece a druhu použitého paliva. Približne 50 % výsledkov náhodných testov vykazuje hodnoty emisií CO nižšie ako 100 mg/Nm³.



Obrázok 2.39: Emisie CO v rôznych druhoch pecí na vápno v EÚ 27

Experimenty vykonané v peciach na výrobu vápna ukazujú, že pomocou tepelnej oxidácie možno bezpečne zvládnuť koncentrácie CO 2 obj. %. Koncentrácia emisií CO v čistom plyne je však vždy < 100 mg/Nm³ [142, EnvNGO/Tebert 2007].

Koncentrácia CO sa meria na dne komína. Keď sa dostane do atmosféry, rýchlo sa oxiduje na CO₂ a rozptýli sa.

Emisie oxidu uhoľnatého (CO), ktoré sú výsledkom neúplného spaľovania, vo všeobecnosti predstavujú stratu účinnosti. Preto sa prevádzkovateľ snaží obmedziť emisie CO zo svojich pecí.

Rotačné pece

Emisia CO sa nepretržite monitoruje na konci trubice na strane odpadového plynu. Emisie CO súvisia s cieľovou kvalitou vápna, ak je vo vápenci a/alebo palive prítomná síra.

Emisie CO v týchto peciach sa zvyčajne pohybuje od 100 do 400 mg/Nm³ v závislosti od druhu použitého paliva. Na základe špecifického prietoku spalín:

- 5 000 Nm³/t pri 11 % O₂ pre LRK,
- 4 000 Nm³/t pri 11 % O₂ pre PRK.

Špecifický tok oxidu uhoľnatého sa pohybuje v rozmedzí od 0,5 do 2,0 kg/t vápna pre LRK a od 0,4 do 1,6 kg/t vápna pre PRK.

Šachtové pece (ostatné pece (OK), pece s miešaným zavázaním (MFSK), kruhové (ASK) a rekuperačné pece s paralelným tokom (PFRK))

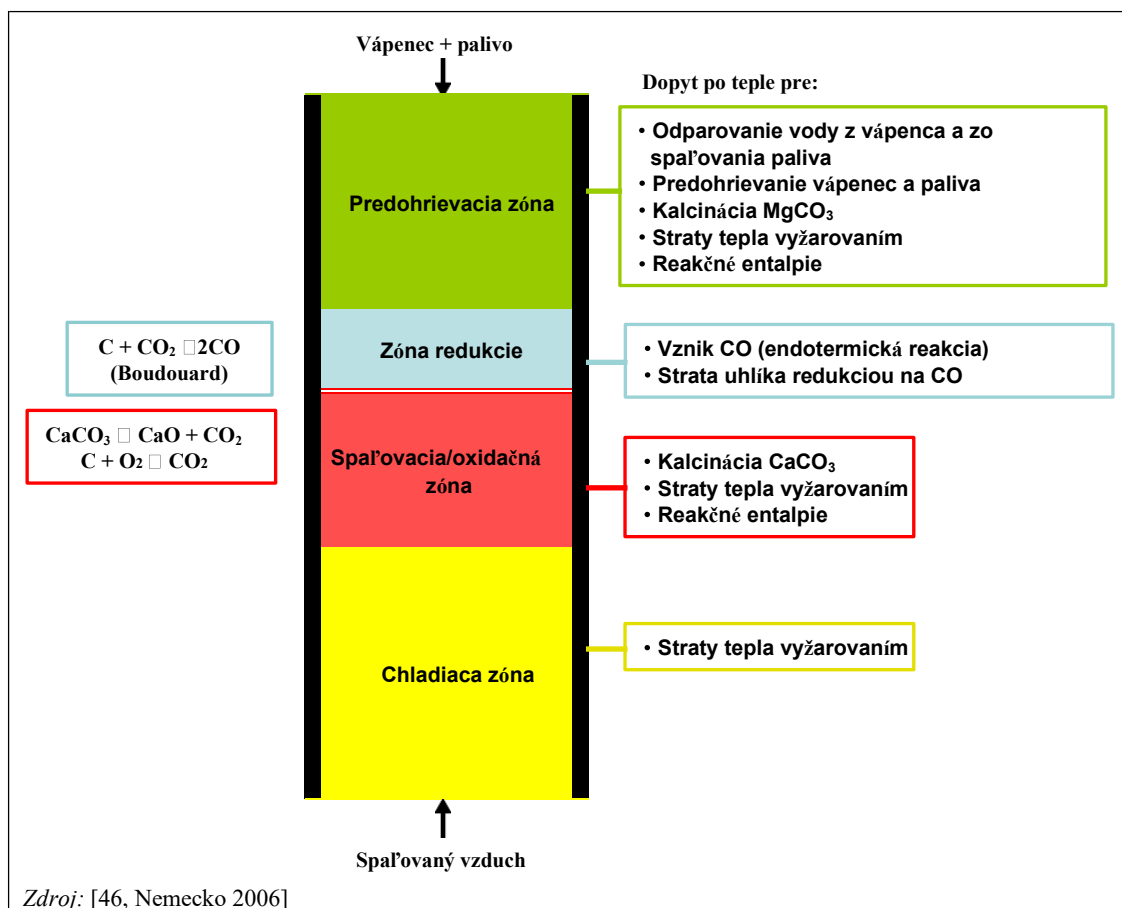
Kruhové šachtové pece (ASK) sa vzhľadom na ich základnú konštrukciu prevádzkujú s prebytkom kyslíka v dolnej úrovni horáka a za stechiometrických podmienok v hornej úrovni horáka. Typické emisie sa preto pohybujú v rozmedzí od 100 do 2 500 mg/Nm³. Na základe špecifického prietoku spalín 3 000 Nm³/t (11 % O₂) sa špecifický prietok oxidu uhoľnatého pohybuje v rozmedzí 0,3 a 7,5 kg/t vápna.

V prípade ostatných šachtových pecí (OSK) množstvo meraní neumožňuje uviesť konzistentné rozsahy emisií CO.

V prípade pecí s miešaným zavázaním je potrebné poznamenať, že na rozdiel od iných spaľovacích procesov úroveň emisií CO v peciach na výrobu vápna automaticky neznamená neúplné spaľovanie. Prevádzkové podmienky pecí na výrobu vápna sa vždy určujú podľa požiadaviek na výrobok, t. j. podľa požadovaných vlastností páleného vápna. Keďže vyššie emisie CO zodpovedajú vyššej spotrebe energie pece (+1 % CO v odpadovom plyne sa rovná dodatočnej spotrebe energie približne 200 kJ/kg vápna), vápenné pece sa zvyčajne prevádzkujú tak, aby sa emisie CO udržiavali na čo najnižšej úrovni v závislosti od jednotlivých produktov. V nemeckom odvetví výroby vápna sa vo všeobecnosti udržiava úroveň CO v odpadovom plyne pod 3 % pomocou techník optimalizácie procesu. V záujme zníženia emisií CO je jedinou možnosťou optimalizácia procesu [46, Nemecko 2006]. Okrem toho je možné pri peciach s miešaným zavázaním pozorovať emisie CO v rozmedzí 1 až 6 % pri výrobe určitých produktov. V týchto prípadoch sú na dosiahnutie požadovanej kvality výrobku potrebné kontrolované úrovne oxidu uhoľnatého. Niektoré použitia vápna si však vyžadujú tvrdé pálenie vápna, ktoré sa vyrába najmä v peciach s miešaným zavázaním. Emisie CO zo šachtových pecí s miešaným zavázaním sa určujú na základe takzvanej Boudouardovej reakcie, ako je znázornené na obrázku 2.40.

Pri rekuperačných peciach s paralelným tokom (PFRK) sa na začiatku cyklov objavujú veľmi krátke špičky CO. Na konci cyklu sa vstrekovanie paliva zastaví a pred „reverzom“ sa určitý čas vstrekuje len vzduch, aby sa zabezpečilo spálenie všetkého paliva. Skúsenosti ukazujú, že napriek tomu môže pod tyčami zostať malé množstvo paliva. Po reverze pokračuje v horení za nepriaznivých podmienok, pričom vzniká „špička“ CO.

Emisie CO v týchto peciach sa zvyčajne pohybujú od 100 do 400 mg/Nm³ v závislosti od druhu použitého paliva. Na základe špecifického prietoku plynu 3 000 Nm³/t (11 % O₂) sa špecifický prietok oxidu uhoľnatého pohybuje v rozmedzí od 0,3 do 1,2 kg/t vápna.



Obrázok 2.40: Chemické reakcie a spotreba energie v šachtovej peci s miešaným zavážaním (Boudouardova reakcia)

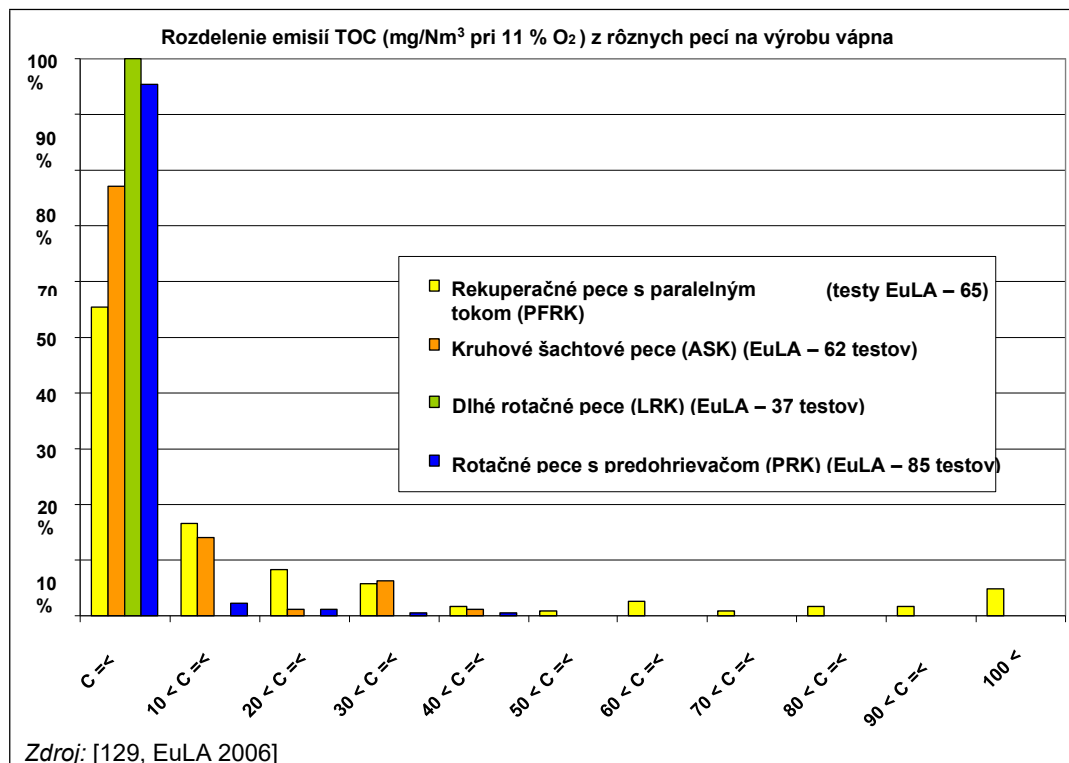
Boudouardova reakcia závisí najmä od teplotného profilu paliva v atmosfére bez kyslíka. Ďalšími dôležitými faktormi sú veľkosť zrna, reaktivita paliva, homogenita vstupnej suroviny, rýchlosť prúdenia vzduchu a počiatočný obsah CO_2 . S vyššou teplotou v zóne redukcie rastie aj miera tvorby CO. Preto môže byť prevencia emisií CO vznikajúcich v šachtových peciach s miešaným zavážaním zložitá a do určitej miery nemožná [46, Nemecko 2006].

Výroba hydraulického vápna

Niektoré vápence obsahujú uhlík, čo môže tiež viesť k vyšším emisiám CO z procesu pálenia vápna, ako napríklad v prípade prevádzok na výrobu prírodného hydraulického vápna (pozri oddiel 2.2.2), v ktorých sa používa OSK, kde vápenec obsahuje 65 – 90 % CaCO_3 a MgCO_3 . Čistota tejto suroviny sa líši od surovín, ktoré sa používajú na výrobu iných druhov vápna. Počas pravidelných meraní (dvakrát ročne) v rokoch 2003 až 2006 boli namerané hodnoty emisií CO v rozsahu od 5 904 do 12 560 mg/Nm^3 (jednotlivé meranie, 8 % O_2 , štandardný stav) (resp. 4 541 – 9 555 mg/Nm^3 pri 11 % O_2) [128, Portugalsko 2007].

2.3.3.5 Organické zlúčeniny/celkový objem organického uhlíka (TOC)

Emisie VOC sa zvyčajne merajú ako celkový objem organického uhlíka (TOC). Špecifická analýza ukázala, že časť TOC je spôsobená najmä metánom, avšak výsledkom merania bol aj benzén. V šachtových peciach s miešaným zavážaním sa z emisií zistilo 80 – 90 % metánu a 2 % benzénu [46, Nemecko 2006] [54, EuLA 2006]. Typické emisie organických zlúčenín merané ako celkový objem organického uhlíka (TOC) z rôznych druhov pecí na výrobu vápna (LRK, PFRK, ASK) sú uvedené na obrázku 2.41.



Obrázok 2.41: Emisie TOC v rôznych druhoch pecí na výrobu vápna v EÚ 27

Emisie VOC často súvisia s emisiami CO, ktoré sú výsledkom neúplného spaľovania paliva. Keďže prevádzkovateľ má tendenciu obmedzovať emisie CO z pecí, emisie VOC zostávajú vo všeobecnosti nízke. Vo veľmi obmedzenom počte prípadov, keď suroviny, vápenec, obsahujú organické látky do 0,1 %, môžu byť prchavé organické zlúčeniny emitované nepretržite.

Pri všetkých druhoch pecí s výnimkou rekuperačných pecí s paralelným tokom (PFRK) a šachtových pecí s miešaným zavázaním (MFSK) sa tieto emisie vyskytujú počas krátkych období počas nábehu alebo nestability, čo vedie k emisiám pod 10 mg/Nm³ (eqC). V prípade PFRK proces zahŕňa cyklické zmeny podmienok spaľovania každých 10 až 12 minút. Preto sú úrovne emisií VOC mierne vyššie ako úrovne zistené pri iných typoch pecí. Pri starších MFSK sa môžu vyskytnúť vyššie emisie TOC z dôvodu osobitných podmienok procesu, ktoré existujú v hornej časti pece (redukčné oblasti).

Výroba hydraulického vápna

Situácia s emisiami v prípade výroby prírodného hydraulického vápna je odlišná. Čistota použitej suroviny sa líši od suroviny, ktorá sa používa na výrobu iných druhov vápna. Vysoký obsah organických látok v surovine je spôsobený fosilizáciou organizmov v materiáli namiesto ich stáročnej premeny na oxid uhličitý a vodu. Obsah organických látok (vyjadrený v TOC) je v typickom rozmedzí od

0,8 – 5 %. Z prípadovej štúdie z roku 2005 vyplýva, že ak sa obsah organických látok v surovinách pohyboval v rozmedzí od 2,8 % do 5 %, obsah TOC v kalcinovanom produkte bol v rozmedzí od 0,7 % do 1,2 %. V obmedzenom počte prípadov, keď vápenec obsahuje značné množstvo organických látok, sa môže prchavý organický uhlík (vyjadrený ako TOC) uvoľňovať nepretržite. Počas pravidelných meraní (dvakrát ročne) v rokoch 2003 až 2006 boli namerané hodnoty emisií TOC v rozmedzí od 593 do 2 169 mg/Nm³ (jednotlivé meranie, 8 % O₂, štandardný stav) (456 – 1 668 mg/Nm³ pri 11 % O₂) [127, Portugalsko 2007].

2.3.3.6 Polychlórované dibenzo-p-dioxíny (PCDD) a polychlórované dibenzofurány (PCDF)

Suroviny alebo palivá, ktoré obsahujú chloridy, môžu potenciálne spôsobiť vznik PCDD/F v ktorejkoľvek z procesných zón, kde sa teplota pohybuje v rozmedzí od 300 do 450 °C.

Údaje uvedené v dokumente Identifikácia relevantných priemyselných zdrojov dioxínov a furánov v Európe naznačujú, že prevádzky na výrobu vápna majú malý význam pre celkovú emisiu PCDD/F v Európe [31, LUA NRW 1997].

Odvetvie výroby vápna vykonalo merania, väčšinou na interné účely, aby získalo lepší prehľad o situácii v oblasti PCDD/F. Údaje dostupné v roku 2006 boli pomerne reprezentatívne pre výrobu vápna v EÚ 27, ako je uvedené v tabuľke 2.26.

Tabuľka 2.26: Priemerné emisie PCDD/F za rôzne druhy pecí v EÚ 27

Druh pece	Priemerné emisie PCDD/F (ng I-TEQ/Nm ³ (11% O ₂))	Počet monitorovaných pecí	Celkový počet pecí v EÚ-27	Percento (%)
Dlhé rotačné pece (LRK)	0,0638	11	25	44
Rotačné pece s predohrievačom (PRK)	0,0698	15	20	75
Rekupačné pece s paralelným tokom (PFRK)	0,0198	45	149	30
Kruhové šachtové pece (ASK)	0,0155	40	77	52
Šachtové pece s miešaným zavázaním (MFSK)	0,0532	25	115	22
Ostatné pece (OK)	0,0050	1	158	0,6
Zdroj: [54, EuLA 2006]				

2.3.3.7 Chlorovodík a fluorovodík (HCl a HF)

Príklady typických emisií HCl a HF z rôznych druhov pecí na výrobu vápna sú uvedené v tabuľke 2.27.

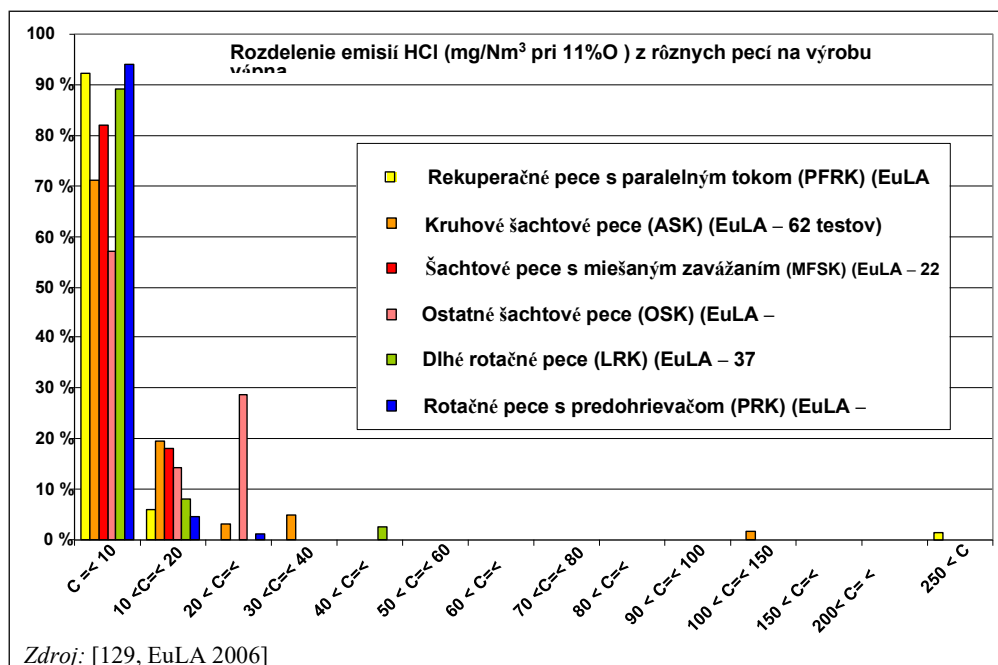
Tabuľka 2.27: Typické emisie HCl a HF z rôznych druhov pecí na výrobu vápna v EÚ 27

Druh pece	mg HCl/Nm ³ (1)	mg HF/Nm ³ (1)
Nehasené vápno (mäkké až tvrdé pálené)		
Dlhé rotačné pece (LRK)	<5 – <50	<1
Rotačné pece s predohrievačom (PRK) (2)	<5 – <20	<1
Rekupačné pece s paralelným tokom (PFRK)	<10	<1
Kruhové šachtové pece (ASK)	<20 – <40	<2
Šachtové pece s miešaným zavázaním (MFSK)	<15 – <20	<1
Ostatné pece (OK)	<10	<1
Dolomitické vápno (mäkké pálené až spekané)		
Dlhé rotačné pece (LRK)	<150	<1
Rotačné pece s predohrevom (PRK)	<30	<1
Šachtové pece s miešaným zavázaním (MFSK)	<20	<1
Využitie odpadov		
Rôzne druhy pecí	10(3)	1(3)
	60(4)	4(4)
(1) Koncentrácie emisií sa merajú ako polhodinové priemerné hodnoty a vzťahujú sa na 10 % O ₂ , aby boli hodnoty porovnateľné (2) Rotačná pec s roštovým predohrievačom (3) Priemerná denná hodnota (4) Polhodinová priemerná hodnota Zdroj: [46, Nemecko 2006], [168, TWG CLM 2007]		

Správanie HCl v peciach na výrobu vápna je veľmi podobné správaniu SO_2 . Vo väčšine prevádzok pálenia vápna sa teda väčšina chlóru, ktorý je prítomný v surovinách (vápenec) a palive, zachytáva v nehasenom vápne. Účinný kontakt medzi pecnými plynmi a vápnom/dolomitickým vápnom zvyčajne zabezpečuje účinnú absorpciu HCl. Platí to najmä pre vertikálne pece, v ktorých dochádza k účinnému kontaktu medzi pecnými plynmi a vápnom/dolomitickým vápnom. Emisie HCl zo šachtových pecí však závisia najmä od obsahu zlúčenín chlóru vo vápenci. Emisie HCl bývajú vyššie pri spaľovaní suchého vápenca. V niektorých prípadoch možno emisie HCl znížiť vstrekaním vody do plynu.

Keďže obsah chlóru je vyšší v dolomitickom vápne (100 až približne 1 000 ppm) ako vo vápenci (10 až 150 ppm), súvisiace emisie HCl sú vo všeobecnosti vyššie, keď sa vyrába vápenec. V prípade rotačných pecí na výrobu vápna sa teda zistilo, že tieto emisie môžu prekročiť emisnú hodnotu 10 mg/Nm^3 (prahová hodnota podľa smernice pre spaľovne odpadov), aj keď sa nepoužíva chlороvané palivo.

Rozdelenie typických emisií HCl z rôznych typov pecí na vápno (LRK, PFRK, ASK) je znázornené na obrázku 2.42.



Obrázok 2.42: Emisie HCl v rôznych peciach na výrobu vápna v EÚ 27

V niektorých prípadoch sa pri používaní odpadu ako palív a/alebo surovín stanovujú ako priemerné denné hodnoty emisia 10 mg/Nm^3 pre HCl a $1,0 \text{ mg/Nm}^3$ pre HF (10 % obsah kyslíka). Tieto úrovne emisií sa musia dodržiavať aj počas jednotlivých alebo periodických meraní [46, Nemecko 2006], [168, TWG CLM 2007].

2.3.3.8 Sírovodík (H_2S)

Vzhľadom na silné redukčné podmienky, ktoré sa vyskytujú v hornej časti pecí na výrobu zmesi, emisie H_2S vznikajú len v tomto type pecí. Zaznamenali sa emisie do 20 mg/Nm^3 .

Nezistila sa však súvislosť medzi obsahom síry vo vsádzke pece, ako je kameň a palivo, a emisiami H_2S . Je to spôsobené tým, že časť síry (vo vsádzke pece) je prítomná v redukovanej forme, napr. pyrit, organicky viazaná síra alebo elementárna síra, zatiaľ čo zvyšná časť je v oxidovanej forme, napr. síran. Podiel oboch zvyčajne nie je známy,

ako ukazuje typická analýza síry, iba súčet oboch. Avšak počas chemických procesov, ktoré prebiehajú v hornej časti šachtovej pece s miešaným zavážaním, vedú k vzniku H_2S len redukované alebo elementárne formy síry [46, Nemecko 2006], [54, EuLA 2006].

2.3.3.9 Kovy

V súčasnosti je k dispozícii veľké množstvo údajov o týchto kovoch: antimón, arzén, kadmium, chróm, kobalt, meď, olovo, mangán, ortuť, nikel, selén, telúr, tálium, vanád a zinok. Okrem toho môžu pri používaní odpadových materiálov vznikáť aj emisie kovov, ako je uvedené na príklade v oddiele 6.3.4 (pozri tabuľku 6.40).

Údaje o emisii kovov v EÚ 27 sú uvedené v tabuľke 2.28. V tejto tabuľke sú uvedené výsledky, ktoré (C) odkazujú na obsah kyslíka 11 % a sú súhrnom kovov vo forme pár a častíc. V prípadoch, keď bola meraná koncentrácia nižšia ako detekčný limit, sa predpokladalo, že výsledok sa rovná detekčnému limitu. Záverom väčšiny týchto meraní je, že emisie sú pod analytickými detekčnými limitmi aj v prípade použitia odpadových palív. Hodnoty emisie sa preto pohybujú v rozmedzí 0,01 – 0,1 mg/Nm³. V prípade olova a zinku možno v niektorých špecifických prípadoch s vyššou emisiou prachových častíc pozorovať hodnoty až do 0,40 mg/Nm³.

Podrobné obrazy o rozložení rôznych typov koncentrácií kovov v plyne pecí na výrobu vápna v EÚ 27 sú uvedené v oddiele 6.3.1 [56, EuLA 2006].

Tabuľka 2.28: Počet prevádzok dosahujúcich rôzne emisie kovov v EÚ 27

Kovy	Výsledky emisie kovov (C) v mg/Nm ³										
	C≤0,010	0,010<C<0,020	0,020<C<0,030	0,030<C<0,040	0,040<C<0,050	0,050<C<0,060	0,060<C<0,070	0,070<C<0,080	0,080<C<0,090	0,090<C<0,100	0,100<C
Arzén (As)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	283	7	1	1	0	0	1	1	1	1	2
Kadmium (Cd)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	279	30	9	8	0	1	0	0	0	0	2
Kobalt (Co)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	248	15	1	0	3	1	0	0	0	0	0
Chróom (Cr)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	242	30	13	13	3	1	0	0	0	0	2
Meď (Cu)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	254	20	6	4	1	5	7	1	1	0	3
Ortuť (Hg)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	237	27	10	6	3	0	0	0	0	0	3
Mangán (Mn)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	206	25	11	6	5	3	3	2	1	0	13
Nikel (Ni)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	230	36	19	14	4	0	4	0	1	0	5
Olovo (Pb)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	292	21	9	1	2	1	1	0	0	0	3
Antimón (Sb)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	255	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Selén (Se)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	139	3	5	0	0	1	0	0	0	0	0
Cín (Sn)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	145	33	5	5	2	4	2	0	0	2	9
Telúr (Te)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	124	6	2	0	0	0	0	0	0	0	1
Tárium (Tl)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	159	40	18	10	1	1	0	0	0	1	0
Vanád (V)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	210	19	2	1	0	1	0	0	0	0	11
	Výsledky emisie kovov (C) v mg/Nm ³										
	CU0.1	0,1<CU0,2	0,2<CU0,3	0,3<CU0,4	0,4<CU0,5	0,5<C<0,6	0,6<C<0,7	0,7<C<0,8	0,8<C<0,9	0,9<C<1	1<C
Zinok (Zn)											
Všetky druhy palív, pece, odprašovacie systémy	184	14	11	5	1	3	1	0	2	0	9
Zdroj: [56, EuLA 2006]											

2.3.3.10 Vplyv na emisie využívaním odpadových materiálov

2.3.3.10.1 Príklady emisií pri používaní odpadového oleja

Nemecká referenčná prevádzka ukazuje typické výsledky analýzy emisií zo šachtovej pece, ktorá ako palivo používa odpadový olej. Táto šachtová pec je vybavená textilným filtrom. V 10 spaľovacích komorách kruhových pecí sa typické teploty pohybujú od 1 140 do 1 300 °C. Spaľovaný odpadový olej sa dodáva prostredníctvom špeciálneho zariadenia na zber a zmiešavanie odpadového oleja. Pred vstupom do horáka prechádza odpadový olej cez filtračné sito s veľkosťou ôk 200 mm. Kvalita odpadového oleja (výhrevnosť približne 0,030 – 0,039 GJ/kg a obsah vody približne 4 – 13 % hmotnosti) spáleného v šachtovej peci je uvedená v tabuľke 2.29. V tejto tabuľke sú uvedené typické výsledky analýzy z roku 2002.

Tabuľka 2.29: Typické výsledky analýzy kvality odpadového oleja používaného v nemeckých šachtových peciach

Znečisťujúca látka	Jednotka	Typický obsah znečisťujúcich látok v odpadovom oleji po filtrácii (200 mm) ⁽¹⁾
Síra	% hmotnosti	0,34 – 0,55
Celkový chlór	% hmotnosti	0,03 – 0,04
Hg	mg/kg	X 0,05
Cd	mg/kg	0,2 – 0,3
Tl	mg/kg	< 0,5
Kovy		
m Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Ni, Mn, V, Sn	mg/kg	42 – 244
m 6 PCB 28, 52, 101, 153, 138, 180	mg/kg	< 1
(1) Typické výsledky analýzy z roku 2002 Zdroj: [46, Nemecko 2006]		

V tabuľke 2.30 sú uvedené nemecké výsledky jednotlivých meraní emisií z roku 2002. Počas merania sa používal iba odpadový olej.

Tabuľka 2.30: Individuálne merania emisií z nemeckej šachtovej pece využívajúcej odpadový olej

Parameter	Jednotka	Rozsah jednotlivých polhodinových meraní
Prach	mg/Nm ³	1 – 11
TOC/VOC	mg/Nm ³	< 4
CO	g/Nm ³	0,06 – 1,2
NO _x	mg/Nm ³	110 – 240
SO ₂	mg/Nm ³	1 – 13
HF	mg/Nm ³	< 0,2
HCl	mg/Nm ³	11 – 19
PCDD/F	ng I-TEQ/Nm ³	< 0,004 ⁽¹⁾
Ťažké kovy		
m Cd, Ti	mg/Nm ³	< 0,01
Hg	mg/Nm ³	< 0,01
m Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Ni, Mn, V, Sn	mg/Nm ³	< 0,04
Obsah kyslíka 10 %, 273,15 K, 101,3 kPa, suchý plyn (1) Pre PCDD/F je obdobie odberu vzoriek 6 hodín Zdroj: [46, Nemecko 2006], [168, TWG CLM 2007]		

Výskumy ukázali, že emisie kovov sú veľmi nízke bez ohľadu na typ pece a spaľované palivo. Merania zo všetkých typov pecí ukázali typické hodnoty kadmia (Cd) v rozmedzí <0,001 – 0,05 mg/Nm³. Pre celkový obsah kovov arzén (As), olovo (Pb), chróm (Cr), meď (Cu), nikel (Ni), selén (Se) a telúr (Te) boli zistené typické úrovne emisií zo šachtových pecí v rozsahu 0,01 – 0,04 mg/Nm³. Pri rotačných peciach

emisie kovov arzénu (As), olova (Pb), chrómu (Cr), medi (Cu), niklu (Ni), selénu (Se) a telúru (Te) boli v niektorých prípadoch vyššie, až do $0,16 \text{ mg/Nm}^3$. Emisie ortuti zo všetkých typov pecí boli vo všeobecnosti $<0,05 \text{ mg/Nm}^3$. Osobitnú pozornosť treba venovať nožnej kontaminácii odpadových palív používaných s ortuťou (napr. drevný odpad). Vzhľadom na prchavosť ortuti sa môžu vyskytnúť relevantné vyššie emisie ortuti. Preto je potrebné obmedziť vstup ortuti prostredníctvom odpadových palív.

Pri používaní odpadu sa zistilo, že namerané emisie ortuti sú nižšie ako $0,03 \text{ mg/Nm}^3$, merané ako priemerná denná hodnota alebo $0,05 \text{ mg/Nm}^3$, merané ako priemerná polhodinová hodnota. V prípade súčtu kadmia a tália boli namerané emisie nižšie ako $0,05 \text{ mg/Nm}^3$, merané ako polhodinová priemerná hodnota a v prípade súčtu arzénu, kobaltu, chrómu, medi, mangánu, olova, antimónu, cínu a vanádu boli namerané emisie nižšie ako $0,5 \text{ mg/Nm}^3$, merané ako polhodinová priemerná hodnota (obsah kyslíka 10 %) [46, Nemecko 2006].

2.3.3.10.2 Príklady emisií pri používaní tuhého odpadu v rotačných peciach

V štyroch rotačných peciach v jednom z príkladov prevádzky v Nemecku sa používa tuhý odpad. Vybraté a použité druhy tuhého odpadu závisia od technických požiadaviek spaľovacieho procesu a kvality produktu. Kontrola kvality týchto pevných odpadových materiálov je ako príklad opísaná v oddiele 6.3.4. Všetky rotačné pece sú vybavené technikami na zníženie emisií, napr. cyklónmi, ESP na zníženie emisií prachu a technikou SNCR na zníženie emisií NO_x .

Z komínov pece sa vykonávajú kontinuálne merania týchto emisií a referenčných faktorov:

- prach (vrátane PM_{10}),
- oxidy dusíka (NO_x),
- oxidy síry (SO_2) (začalo sa v roku 2007),
- objemový prietok spalín,
- vlhkosť spalín,
- tlak spalín,
- teplota spalín,
- obsah kyslíka.

Prístroje na meranie a analytické jednotky sú v súlade s normou DIN/ISO 14181. Hodnoty zmerania sa zaznamenávajú a prenášajú online do monitorovacieho orgánu. V tabuľke 2.31 sú uvedené kontinuálne merania prachu a NO_x zaznamenané v roku 2006. Rozdelenie obdobia merania je spôsobené zmenami vo vnútroštátnych právnych predpisoch. Do konca roka 2006 sa SO_x merali periodicky a kontinuálne meranie SO_x začalo na začiatku roka 2007.

Tabuľka 2.31: Kontinuálne merania emisií vykonané v roku 2006 v nemeckej rotačnej peci využívajúcej tuhé palivá

Parameter	Jednotka	Hodnota emisií (ročný priemer)
Január až október 2006		
Prach	mg/Nm ³	6,1
NO _x (¹)	mg/Nm ³	376
NO _x (²)	mg/Nm ³	737
November až december 2006		
Prach	mg/Nm ³	4,1
NO _x (³)	mg/Nm ³	366
(1) Výroba mäkkého páleného vápna (2) Výroba stredne a tvrdo páleného vápna (3) Výroba mäkkého, stredného a tvrdého páleného vápna Zdroj: [156, Nemecko 2007, 164, Rheinkalk 2007]		

Okrem toho sa v súvislosti s vnútroštátnymi právnymi predpismi okrem kontinuálnych meraní pravidelne merajú aj rôzne emisné parametre. V tabuľke 2.32 sú uvedené jednotlivé merania emisií (priemerné denné hodnoty).

Tabuľka 2.32: Pravidelné individuálne merania emisií vykonané v roku 2006 v nemeckej rotačnej peci používajúcej tuhé palivá

Parameter	Jednotka	Hodnoty emisií (priemerné denné hodnoty)		
		Prvý deň	Druhý deň	Tretí deň
Celkom C (organické látky)	mg/Nm ³	1,7	1,7	0,2
HCl	mg/Nm ³	2,0	1,2	0,9
HF	mg/Nm ³	< 0,1	< 0,2	< 0,2
SO ₂	mg/Nm ³	8,9	2,5	5,2
Hg	mg/Nm ³	0,006	0,005	0,004
M Cd, Tl a zložky	mg/Nm ³	0,003	0,007	0,005
M Kovy a zlúčeniny	mg/Nm ³	< 0,009	< 0,066	< 0,049
Be	mg/Nm ³	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
PCDD/F	ng/Nm ³	0,072	0,044	0,025
Štandardný stav, suchý plyn, 10,25 % O ₂ Zdroj: [164, Rheinkalk 2007]				

2.3.4 Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu

Kalcináciou vápenca môže vzniknúť vedľajší produkt vápno s veľkosťou častíc a úrovňou dekarbonizácie, ktoré nie vždy zodpovedajú požiadavkám trhu. Tento vedľajší produkt sa môže zbierať priamo z výstupu z pece počas postupov spúšťania a odstavovania alebo triedením či odprášením plynu. Tento vedľajší produkt predstavuje 1 až 5 % celkovej ročnej produkcie. Malé množstvá čiastočne kalcinovaného materiálu vznikajú pri spustení pece zo studeného stavu a počas odstávky. Takéto udalosti sa môžu vyskytovať s frekvenciou od raz za 6 mesiacov do raz za 10 rokov.

Oddelená pevná frakcia z prania vápenca, napríklad prírodné nečistoty, ako je oxid kremičitý, íl a ultrajemné častice, sa môže využiť a znovu použiť:

- na rekultiváciu alebo zakrytie kontaminovanej (napr. kyslej) pôdy,
- ako suroviny v odvetví výroby cementu alebo
- na zlepšenie pôdy v poľnohospodárstve.

Prach zachytený z textilných filtrov sa môže použiť v rôznych druhoch komerčných výrobkov [46, Nemecko 2006].

2.3.5 Používanie a čistenie vody

Suroviny z kameňolomu môžu obsahovať malé množstvo ílu a piesku. V tomto prípade sa vápenec pred vstupom do pece premyje vodou. Potreba vody na pranie vápenca je 0,5 až 2 m³ na tonu suroviny v závislosti od povahy a množstva nečistôt. Po použití obsahuje pracia voda 50 až 200 ml suspendovaných pevných látok na liter, čo zodpovedá obsahu pevných látok 5 až 20 g/l. Vo všeobecnosti nie je pracia voda zaťažovaná žiadnymi inými znečisťujúcimi látkami.

Voda používaná na premývanie vápenca sa zvyčajne odoberá z povrchových vôd alebo zo zníženia hladiny podzemnej vody počas ťažby. Ďalšími bežnými zdrojmi vody na umývanie sú dažďové zrážky a studne.

Vyčistená voda z oboch systémov sa opätovne používa v procese umývania. Miera recyklácie vody je približne 85 %; len 15 % predstavuje straty v procese a musí sa nahradiť čerstvou vodou.

Úpravou v zahusťovači a mechanickou dehydratáciou vznikajú lisované koláče so zvyškovým obsahom vlhkosti 10 až 20 % [46, Nemecko 2006].

2.3.6 Hluk

Emisie hluku vznikajú počas celého výrobného procesu vápna, od ťažby a prípravy surovín cez výrobný proces vápna a skladovanie materiálu až po expedíciu a prepravu finálnych výrobkov. Napríklad počas procesu výroby vápna môže nakladanie kusového vápenca do vápenných pecí mať za výsledok hluk a/alebo vibrácie na úrovni, ktorá si vyžaduje zníženie hluku. Zdroje emisií hluku však môžu pochádzať najmä z:

- ťažkých strojov,
- žľabov a zberných platní,
- všetkých činností zahŕňajúcich lámanie, drvenie, mletie a triedenie vápna,
- odsávacích ventilátorov,
- dúchadiel,
- vibrácií potrubia.

Prevádzky musia spĺňať normy na zníženie hluku v súlade s vnútroštátnymi právnymi predpismi.

2.3.7 Zápachy

Vo vápenkách, ktoré používajú šachtové pece s miešaným zavázaním, sa môžu vyskytnúť emisie zápachu z dôvodu emisií sírovodíka (H₂S). Pri použití palivovej zmesi 30 % koksu a 70 % antracitu boli zaznamenané emisie H₂S v rozmedzí 6 až 9,5 mg/Nm³. Pri výhradnom používaní antracitu boli zaznamenané znížené emisie H₂S v rozmedzí od nezistiteľných do <1,6 mg/Nm³.

Okrem toho môžu odpadové materiály používané ako suroviny alebo palivá viesť k emisiám zápachu najmä počas rôznych krokov procesu, ako je príprava a skladovanie.

2.3.8 Monitorovanie

Podľa Európskeho združenia pre vápno sú v prípade zvislých pecí na výrobu vápna podmienky procesu vo všeobecnosti stabilné. Úroveň emisií sa môže zmeniť len vtedy, ak sa zmení chemické zloženie vápenca a/alebo paliva a podmienky procesu potrebné na zabezpečenie určitej kvality výrobku.

Ďalšie užitočné informácie týkajúce sa monitorovania možno nájsť v odkaze na všeobecné princípy monitorovania [151, Európska komisia 2003].

2.3.8.1 Kontinuálne merania

Merania emisií skutočne potvrdzujú stabilitu emisií. Na kontrolu procesu vypaľovania v peci sa nepretržite monitoruje niekoľko parametrov procesu, ktoré preukazujú stabilitu procesu, napr.:

- teplota,
- obsah O₂,
- prúdenie vzduchu,
- tlak.

Okrem toho sú niektoré z týchto procesných parametrov reprezentatívne, a preto sú spojené s emisími parametrami, napr. intenzitou emisií ESP a prachu. Okrem toho môže byť vhodné kontinuálne meranie, ktoré bolo zaznamenané v niektorých konkrétnych prípadoch pre nasledujúce parametre:

- NO_x,
- SO₂,
- prach
- CO.

Ak sa však odpadové materiály používajú ako palivo, zvyčajne sa vyžaduje nepretržité monitorovanie emisií podľa ustanovení prílohy VI k smernici 2010/75/EÚ, napríklad emisií prachu a NO_x a – v niektorých prípadoch – SO₂ a VOC/TOC. Pri spoluspaľovaní odpadu sa musia dodržiavať požiadavky kapitoly IV a prílohy VI k smernici 2010/75/EÚ.

Mohlo by byť vhodné monitorovať aj emisie veľkých rotačných pecí vzhľadom na variabilitu niektorých parametrov ich procesov. Okrem toho môže byť v závislosti od použitých palív, podmienok procesu a relevantnosti emisií potrebné vykonať ďalšie merania [46, Nemecko 2006], [54, EuLA 2006].

2.3.8.2 Periodické merania

Pravidelné merania sa vykonávajú pre tieto znečisťujúce látky, pokiaľ nie sú monitorované nepretržite:

- prach
- oxid siričitý (SO₂),
- oxidy dusíka (NO_x).

V závislosti od vstupných palív, najmä v prípade použitého odpadu, podmienok procesu a relevantnosti emisie, sa vykonávajú dodatočné merania týchto znečisťujúcich látok:

- oxid uhličitý (CO),
- celkový obsah organického uhlíka (TOC),
- chlorovodík (HCl),
- fluorovodík (HF),
- ťažké kovy,
- polychlórované dibenzo-p-dioxíny (PCDD) a polychlórované dibenzofurány (PCDF).

V niektorých prípadoch sa vykonáva monitorovanie benzo-a-pyrénu ($C_{20}H_{12}$), (kategória 2A, pravdepodobne karcinogénny pre ľudí podľa klasifikácie IARC).

2.4 Techniky, ktoré treba zohľadniť pri určovaní BAT

Táto kapitola opisuje techniky (alebo ich kombinácie) a súvisiace monitorovanie, ktoré sa považujú za techniky s potenciálom na dosiahnutie vysokej úrovne ochrany životného prostredia pri činnostiach v rozsahu pôsobnosti tohto dokumentu. Opísané techniky budú zahŕňať použitú technológiu, ako aj spôsob, akým sa zariadenia navrhujú, budujú, udržiavajú, prevádzkové a vyradujú z prevádzky.

Zahŕňa systémy environmentálneho manažérstva, techniky integrované do procesov a koncové opatrenia. Zohľadňuje sa aj predchádzanie vzniku odpadu a nakladanie s ním vrátane postupov minimalizácie odpadu a recyklácie, ako aj techniky, ktoré znižujú spotrebu surovín, vody a energie optimalizáciou používania a opätovného použitia.

V prílohe III k smernici sa uvádza počet kritérií na určenie BAT a informácie v tejto kapitole sa týkajú týchto úvah. V tabuľke 1.30 je v čo najväčšej miere použitá štandardná štruktúra na uvedenie informácií o každej technike, aby sa umožnilo porovnanie techník a posúdenie na základe definície BAT v smernici.

Tento oddiel nemusí nevyhnutne obsahovať vyčerpávajúci zoznam techník, ktoré by sa mohli v tomto odvetví uplatniť. Môžu existovať alebo byť vyvinuté aj iné techniky, ktoré by sa mohli zohľadniť pri určovaní BAT pre jednotlivé zariadenia.

Tabuľka 2.33: Informácie pre každú techniku

Druh zvažovaných informácií	Druh zahrnutých informácií
Opis	Stručný opis techniky s použitím, ak je to vhodné, chemických alebo iných rovníc, obrázkov, diagramov a vývojových diagramov.
Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie	Hlavné potenciálne environmentálne prínosy, ktoré sa dosiahnu zavedením tejto techniky (vrátane zníženej spotreby energie, zníženia emisií do vody, ovzdušia a pôdy, úspory surovín, ako aj zvýšenia výnosu výroby, zníženia odpadu atď.).
Dosah na viaceré zložky životného prostredia	Relevantné negatívne účinky na životné prostredie v dôsledku zavedenia techniky, čo umožňuje porovnanie jednotlivých techník s cieľom posúdiť vplyv na životné prostredie ako celok. To môže zahŕňať otázky, ako sú: • spotreba a charakter surovín a vody, • spotreba energie a príspevok k zmene klímy, • potenciál stenčovania ozónovej vrstvy v stratosfére, • potenciál fotochemickej tvorby ozónu, • okyslenie ako výsledok emisií do ovzdušia • prítomnosť častíc v okolitom ovzduší (vrátane mikročastíc a kovov), • eutrofizácia pôdy a vôd ako výsledok emisií do ovzdušia alebo vody, • potenciál vyčerpania kyslíka vo vode, • perzistentné/toxické/bioakumulatívne zložky (vrátane kovov), • tvorba zvyškov/odpadu, • obmedzenie schopnosti opätovného použitia alebo recyklácie zvyškov/odpadu, • tvorba hluku a/alebo zápachu, • zvýšené riziko nehôd. Mal by sa zohľadniť referenčný dokument o hospodárskych vplyvoch a dosahu na viaceré zložky životného prostredia (ECM).
Prevádzkové údaje	Údaje o skutočnej a špecifickej výkonnosti prevádzky (vrátane úrovni emisií, úrovni spotreby – surovín, vody, energie – a množstva vzniknutých zvyškov/odpadov).

Druh zvažovaných informácií	Druh zahrnutých informácií
	Akékoli ďalšie užitočné informácie o nasledujúcich položkách: - ako navrhnuť, prevádzkovať, udržiavať, kontrolovať a vyradiť techniku z prevádzky, - otázky monitorovania emisií súvisiacich s používaním tejto techniky, - citlivosť a trvanlivosť techniky, - otázky týkajúce sa prevencie nehôd.
Uplatniteľnosť	Uvádza sa, či sa táto technika môže uplatňovať v celom odvetví. Inak sú uvedené hlavné všeobecné technické obmedzenia používania techniky v rámci odvetvia. Môžu to byť: - označenie druhu prevádzok alebo procesov v rámci odvetvia, na ktoré sa technika nemôže použiť; - obmedzenia implementácie v určitých všeobecných prípadoch, napr. vzhľadom na: - to, či ide o novú alebo existujúcu prevádzku, pričom sa zohľadnia faktory súvisiace s modernizáciou (napr. dostupnosť priestoru) a interakcie s už nainštalovanou technikou, - veľkosť prevádzky, kapacitu alebo faktor zaťaženia, - množstvo, druh alebo kvalitu vyrobeného výrobku, - druh použitého paliva alebo suroviny. Tieto obmedzenia sú uvedené spolu s ich dôvodmi. Tieto obmedzenia nemajú byť zoznamom možných miestnych podmienok, ktoré by mohli ovplyvniť použiteľnosť techniky pre jednotlivú prevádzku.
Hospodárske vplyvy	Informácie o nákladoch (kapitálových/investičných, prevádzkových a údržbových vrátane podrobností o tom, ako boli tieto náklady vypočítané/odhadnuté) a o akýchkoľvek možných úsporách (napr. znížená spotreba surovín alebo energie, poplatky za odpad, skrátenie návratnosti v porovnaní s inými technikami) alebo príjmoch alebo iných prínosoch vrátane podrobností o tom, ako boli vypočítané/odhadnuté. V súvislosti s ekonomickými aspektmi a nákladmi na monitorovanie sa zohľadňuje referenčný dokument o hospodárskych vplyvoch a dosahu na viaceré zložky životného prostredia (ECM) a referenčný dokument o všeobecných princípoch monitorovania (MON).
Hnacia sila implementácie	Ak je to uplatniteľné, špecifické miestne podmienky, požiadavky (napr. právne predpisy, bezpečnostné opatrenia) alebo neekologické stimuly (napr. zvýšený výnos, lepšia kvalita výrobku, ekonomické stimuly – napr. dotácie, daňové úľavy), ktoré podnietili alebo stimulovali doterajšiu implementáciu techniky.
Vzorové prevádzky	Odkaz na prevádzky, v ktorých bola technika zavedená a z ktorých boli zozbierané a pri písaní oddielu použité informácie. Údaj o tom, do akej miery sa technika používa v EÚ alebo na celom svete.
Odborná literatúra	Literatúra alebo iný referenčný materiál (napr. knihy, správy, štúdie), ktorý bol použitý pri písaní oddielu a ktorý obsahuje podrobnejšie informácie o technike. Ak referenčný materiál pozostáva z veľkého počtu strán, uvedie sa odkaz na príslušnú stranu (strany) alebo oddiel (oddiely).

2.4.1 Spotreba vápenca

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Minimálna spotreba a trvalo udržateľné využívanie vápenca sú výsledkom maximalizácie výťažku pecného kameňa z lomu optimalizáciou ťažby (vrtanie a odstrel) a techník procesu a predajného nehaseného vápna z pecného kameňa. To sa dá dosiahnuť použitím optimalizovaných pecí, ktoré môžu pracovať so širším rozsahom veľkostí vápenca, napr. PFRK na jemné vápno a/alebo rotačné pece.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadny dosah na viaceré zložky životného prostredia.

Prevádzkové údaje

Prevádzkové parametre pre rôzne typy pecí na výrobu vápna možno nájsť v tabuľke 2.15.

Uplatniteľnosť

Všeobecne uplatniteľné v odvetví výroby vápna, ale spracovanie kameňa a techniky pece závisia od kvality vápenca.

Hospodárske vplyvy

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Konečná dostupnosť vápenca.

Prínos pre životné prostredie vďaka predĺženiu životnosti lomov (udržateľnosť).

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v EÚ 27. [54, EuLA 2006].

2.4.2 Zníženie spotreby energie (energetická účinnosť)

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Systém energetického manažerstva na monitorovanie spotreby energie v peciach je uplatniteľný v odvetví výroby vápna.

Ak sa berie do úvahy len účinnosť energie a emisie CO₂, zvislé pece vo všeobecnosti, a najmä rekuperačné pece s paralelným tokom (PFRK), sú najúčinnnejšie. Avšak aj keď úvahy o energii a CO₂ zohrávajú zásadnú úlohu, pred rozhodnutím o výbere pece (pozri oddiely 2.2.7 a 2.3.2) alebo suroviny je potrebné zvážiť ďalšie špecifikácie. V niektorých prípadoch môžu špecifikácie vytvoriť technickú výhodu rotačných pecí, najmä pri modernizovaných rotačných peciach.

Vo väčšine prípadov nové pece nahrádzajú staré pece, ale niektoré existujúce pece boli upravené tak, aby sa znížila spotreba energie. Takéto úpravy sa pohybujú od menších úprav až po veľké zmeny v konfigurácii pece, napríklad v závislosti od technickej realizovateľnosti, nákladov a skutočnej potreby:

- zariadenie výmenníkov tepla pre dlhé rotačné pece na rekuperáciu prebytočného tepla zo spalín alebo na umožnenie používania širšieho spektra palív.
- využitie prebytočného tepla z rotačných pecí na sušenie vápenca pre iné procesy, ako je mletie vápenca,
- v niektorých prípadoch, keď šachtové pece prestali byť ekonomicky rentabilné, bolo možné ich prestavať na moderné konštrukcie, napríklad prestavbou jednoduchej šachtovej pece na kruhovú šachtovú pec alebo prepojením dvojice šachtových pecí na vytvorenie paralelného toku,

rekuperačná pec. Konverzia predlžuje životnosť drahých zariadení, ako je konštrukcia pece, systém dávkovania kameňa a prevádzka na manipuláciu/skladovanie vápna.

- Vo výnimočných prípadoch môže byť ekonomické skrátiť dlhé rotačné pece a namontovať predohrievač, čím sa zníži spotreba paliva.
- Spotrebu elektrickej energie možno minimalizovať používaním zariadení s vysokou účinnosťou.

Uvedené energeticky účinné opatrenia/techniky majú pozitívny účinok na spotrebu energie:

- riadenie procesu, napr. spaľovanie prebytku vzduchu, prietok paliva
- údržba zariadení, napr. vzduchotesnosť, erózia žiaruvzdornej výmurovky,
- optimalizovaná veľkosť zrna kameňa.

V tabuľke 2.34 sú okrem toho uvedené možnosti zlepšenia účinnosti v peciach na výrobu vápna zoradené podľa zložiek systému pece.

Tabuľka 2.34: Možnosti zlepšenia účinnosti energie pecí na výrobu vápna

Zložka systému pece	Opis	LRK	PRK	PFRK	ASK	MFSK, OK
Spaľovací systém	Vysokoúčinná a flexibilná technika horáka na prispôsobenie teplotného profilu požiadavkám výrobu	X	X	–	–	–
Spaľovací systém	Online monitorovanie spaľovania a znižovania prebytku vzduchu	X	X	–	–	–
Spaľovací systém	Kontrola spaľovania prostredníctvom analýzy spalín	–	–	X	X	X
Spaľovací systém	Vysokoflexibilný spaľovací systém vrátane novej zmesi paliva s odpadovými palivami	X	X	X	X	X
Chladič	Chladič s vysokou účinnosťou s homogénnou distribúciou vzduchu a vypúšťaním produktu na minimalizáciu požadovaného množstva chladiaceho vzduchu	X	X	X	X	X
Chladič	Spoľahlivé zariadenie na meranie úrovne chladiča	X	X	–	–	–
Okruh spalín	Systém na rekuperáciu tepla	X	–	–	–	–
Vstupné ovládanie	Pravidelný odber a analýza vzoriek paliva a kameňa, ako aj príslušná úprava procesu	X	X	X	X	X
Vstupné ovládanie	Opätovné preosievanie kameňa pred vsádzkou pece na kontrolu gradácie kameňa	X	X	X	X	X
Vstupné ovládanie	Spoľahlivé vážiace/meracie zariadenia na kontrolu prietok paliva, kameňa a vzduchu	X	X	X	X	X
Konštrukcia pece ⁽¹⁾	Optimalizovaný pomer dĺžky a priemeru	X	X	X	X	X
Samotná pec	Žiaruvzdorné vnútorné časti vnútri rotujúcej časti na podporu výmeny tepla a minimalizáciu oddeľovania výrobu	X	X	–	–	–
Samotná pec	Účinná izolačná podšívka na minimalizáciu straty tepla plášťa	X	X	X	X	X
Samotná pec	Zníženie úniku vzduchu inštalovaním tesnení na nástavec a vsádzkový otvor pece	X	X	–	–	–
Samotná pec	Pravidelné čistenie kanálov	–	–	X	X	X
Pec a predohrievač	Zníženie úniku vzduchu na kontrolu prebytočného vzduchu	–	–	X	X	X
Prevádzka pece	Automatické regulačné slučky pre ťah nástavca, prebytok vzduchu, mier paliva, otáčky v tonách/pec, nastavenie atď.	X	X	–	–	–
Prevádzka pece	PLC a systém dohľadu s kľúčovými trendmi parametrov	X	X	X	X	X
Prevádzka pece	Jednotné prevádzkové podmienky	X	X	X	X	X
Prevádzka pece	Analýza príčin odstávok a opráv	X	X	X	X	X
Predohrievač	Optimalizácia tlaku v porovnaní s výmenou tepla	–	X	–	–	–
Sledovanie kvality	Pravidelný odber a analýza vzoriek vápna, ako aj nastavenie pece	X	X	X	X	X

(1) Uplatniteľné len na nové pece
Zdroj: [168, TWG CLM 2007], [177, EULA 2008]

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Keďže prístup k prírodným zdrojom je čoraz ťažší, je potrebné na miestnej úrovni nájsť rovnováhu medzi optimálnym využívaním energie a čo najlepším využitím ložiska.

Prevádzkové údaje

Palivo a energia sú vo všeobecnosti najnákladnejšími faktormi pri pálení vápna a v záujme minimalizácie výrobných nákladov sa zlepšila energetická účinnosť. V niektorých prípadoch v Nemecku sa spotreba elektrickej energie na mletie vápna minimalizovala nahradením mlynov na nehasené vápno mlynmi pracujúcimi ako vysokotlakové mletie (napr. valcový mlyn). Pri používaní mlynov na mletie pod vysokým tlakom sa dosiahli úspory energie vo výške 2,5 kWh/t nehaseného vápna. Okrem toho sa v jednom konkrétnom prípade dosiahlo zníženie spotreby elektrickej energie nahradením mokrých práčok textilnými filtrami. V tomto prípade bola zaznamenaná úspora energie 2,9 kWh/t nehaseného vápna [46, Nemecko 2006].

Uplatniteľnosť

Uplatniteľné, v zásade, na všetky typy pecí na výrobu vápna.

Zvislé pece môžu zvyčajne spaľovať len hrubé vápencové okruhliaky. Rotačné pece s vyššou spotrebou energie však môžu zhodnocovať aj malé frakcie a nové vertikálne pece majú tendenciu spaľovať malé granule od 10 mm. Väčšie granule kameňa vsádzky pece sa využívajú viac vo zvislých peciach ako v rotačných peciach.

Hospodárske vplyvy

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Prírodné zdroje.

Zníženie nákladov.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v EÚ 27.

[46, Nemecko 2006], [54, EuLA 2006], [168, TWG CLM 2007].

V tejto súvislosti možno užitočné informácie nájsť aj v referenčnom dokumente o najlepšíach dostupných technikách pre energetickú účinnosť (ENE) [181, Európska komisia 2008].

2.4.3 Optimalizácia riadenia procesov**Opis**

Optimalizácie sa uplatňuje prostredníctvom automatizácie väčšiny procesných krokov v celom procese výroby vápna. Udržiavanie regulačných parametrov pece blízko ich optimálnych hodnôt má za následok zníženie všetkých parametrov spotreby a emisií v procese pálenia vápna. Dôvodom je okrem iného zníženie počtu odstávok a porúch. Systémy riadenia sa môžu používať na zabezpečenie toho, aby všetci zainteresovaní prijali a dodržiavali správne postupy operácie a údržby a aby sa ich dodržiavanie monitorovalo.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Techniky optimalizácie riadenia procesov majú pozitívny účinok na spotrebu energie a emisií.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadne.

Prevádzkové údaje

V závislosti od optimalizačnej úlohy.

Uplatniteľnosť

V rôznej miere sa vzťahuje na všetky vápenky.

Úplnú automatizáciu procesov obvykle nemožno dosiahnuť v dôsledku nekontrolovateľných premenných, t. j. kvalita vápenca.

Hospodárske vplyvy

V závislosti od optimalizačnej úlohy.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v EÚ 27. [54, EuLA 2006].

2.4.4 Výber palív (vrátane odpadových palív)

Opis

Odvetvie výroby vápna je energeticky náročné (pozri oddiel 2.2.4). V závislosti od chemického zloženia paliva a typu použitej pece môže výber vhodných palív alebo zmesi palív viesť k zníženiu emisií a zlepšeniu účinnosti vypaľovania, ako napr.:

- palivá s nízkym obsahom síry vedú k zníženiu emisií SO_2 spojených s energiou. Keďže je však síra z palív chemicky absorbovaná vápnom, niektoré palivá s vyšším obsahom síry sa môžu používať pri výrobe vápna bez toho, aby sa zvýšil obsah SO_2 .
- Biomasa prispieva k úspore fosílnych palív.
- Odpadové palivá znižujú množstvo používaných fosílnych palív a súvisiacich emisií CO_2 (pozri oddiel 2.2.5) zatiaľ čo tuhé fosílné palivá prispievajú k vyšším emisiám CO_2 .

S výnimkou šachtových pecí s miešaným zavázaním môžu všetky typy pecí fungovať so všetkými druhmi palív. Niektoré pece sú určené len na prevádzku s jedným druhom paliva, zatiaľ čo väčšina pecí je určená na prevádzku so zmesou palív. V závislosti od typu pece sa môžu používať plynné, pevné a kvapalné palivá. Tuhé palivá možno ďalej rozdeliť na práškové a kusové palivá, ktoré sa môžu používať aj v kombinácii v závislosti od typu pece.

Do roku 2008 sa v EÚ najčastejšie používal zemný plyn a tuhé palivá, ako je hnedé uhlie, čierne uhlie, petrolkoks a koks. Používajú sa však aj kvapalné palivá, ako aj odpadové palivá, a/alebo biomasa s vysokou výhrevnosťou a vysokou reaktivitou.

Výber vhodných odpadových palív pre proces a horák (napr. odpadový olej, použité rozpúšťadlá, živočíšny tuk, tekutý odpad) spolu s určitými vlastnosťami, kritériami a stálymi vlastnosťami (napr. vysoká výhrevnosť, vysoká reaktivita, nízky obsah síry, chlóru, kovov a popola, ako aj kvantitatívna dostupnosť) znižuje množstvo fosílnych palív (pozri oddiel 2.2.5). Na zaručenie vlastností odpadového paliva je potrebný systém zabezpečenia kvality. To zahŕňa najmä ustanovenia o odbere vzoriek, príprave vzoriek, analýze a externom monitorovaní. Ďalšie užitočné informácie nájdete v technických špecifikáciách Európskeho výboru pre normalizáciu, napríklad v CEN/TC 343 Tuhé regenerované palivá.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Výber vhodných palív alebo zmesi palív môže viesť k zníženiu emisií a zlepšeniu účinnosti spaľovania.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Vyššie emisie sa môžu vyskytnúť v závislosti od chemického zloženia paliva a typu pece.

Je potrebné poznamenať, že pri používaní odpadu môže dôjsť k vzniku rôznych druhov dodatočných emisií.

Okrem toho zmeny v palivovej zmesi často spôsobujú zmeny v špecifickej spotrebe energie na tonu vápna. V závislosti od druhov používaných odpadových palív a ich výhrevnosti sa môže priemerná ročná špecifická potreba energie zvýšiť, ako sa to pozorovalo v odvetví výroby cementu (pozri oddiel 1.3.3 týkajúcu sa odvetvia výroby cementu). Toto zistenie z odvetvia výroby cementu je porovnateľné s využívaním odpadu v odvetví výroby vápna.

Prevádzkové údaje

Pri zmene použitej palivovej zmesi sa môže špecifická spotreba energie na tonu vápna z rôznych dôvodov meniť v závislosti od druhu paliva a výhrevnosti použitých palív. Z literatúry vyplýva, že fosílna palivá majú výhrevnosť (priemernú, čistú) napr. 26 – 30 MJ/kg pre typické uhlie a 40 – 42 MJ/kg pre typický vykurovací olej, zatiaľ čo tuhé odpady, ako napr. plastový materiál, majú vysokú výhrevnosť od 17 do 40 MJ/kg. Je potrebné poznamenať, že výhrevnosť týchto odpadov sa veľmi líši, od 3 do 40 MJ/kg. Palivá s výhrevnosťou nižšou ako 18 MJ/kg však nie sú vhodné pre priemysel vápna kvôli obsahu popola a vlhkosti (pozri aj príklady uvedené v tabuľke 6.41). Výhrevnosť živočíšnej múčky (jatočnej múčky) používanej vo vápencových peciach sa podľa údajov pohybuje v rozmedzí od 14 do 21,5 MJ/kg.

Uplatniteľnosť

Každý typ pece je v princípe schopný spaľovať rôzne druhy palív, ale potrebuje na to technické vybavenie. To môže zahŕňať aj príjem a skladovanie palív. Pece by mali byť tiež vybavené technikou spaľovania špecifického paliva alebo tyčami. Väčšina prevádzok v EÚ je viac alebo menej palivovo flexibilná v závislosti od ich umiestnenia a uvedených ekonomických faktorov. Zmena typu paliva si však môže vyžadovať značné investície.

Je potrebné poznamenať, že pri použití kvapalných odpadov je potrebná nízka viskozita týchto odpadových palív a často je potrebný predohrev paliva (60 až 70 °C). Okrem toho, pri použití živočíšneho tuku tento odpad tuhne pri teplotách 40 °C kvôli svojej viskozite a môže upchať potrubia a armatúry. Pri manipulácii so živočíšnym tukom pri teplotách nad 40 °C je potrebné použiť napr. dodatočné zahrievanie.

Tuhé palivá z nadýchaného odpadu sa môžu používať len v rotačných peciach. Okrem toho sa práškové odpadové palivá môžu používať v rotačných peciach, v rekuperačných peciach s paralelným tokom a v špeciálnych typoch šachtových pecí. V roku 2008 však nebolo dostupné odpadové palivo na použitie v odvetví výroby vápna z dôvodu vysokých nákladov na rozprašovanie nadýchaného odpadu drvením.

Výber vhodných palív závisí od typu používaných pecí, požadovaných vlastností výrobkov, dostupnosti palív a od technických možností ich vstrekovania do vybratej pece. Ich použitie je obmedzené najmä:

- fyzikálno-chemickými vlastnosťami, ktoré nie vždy spĺňajú príslušné fyzikálne, chemické alebo procesné požiadavky,
- dostupnosťou na trhu a zaručenými dodávkami v priebehu celého roka,
- ekonomickými aspektmi,
- úrovňou emisií.

Informácie o používaní odpadových palív nájdete v oddiele 2.2.5.

Hospodárske vplyvy

Najdôležitejšie ekonomické parametre sú:

- náklady na samotné palivo, t. j. náklady na palivo na tonu vápna môžu predstavovať 30 až 60 % výrobných nákladov,
- rozpätie medzi cenami plynu a pevných palív, ktoré sa v čase mení.
- vplyv nákladov na emisné kvóty CO₂,

- náklady na zariadenia potrebné na používanie konkrétneho paliva, napr. na skladovanie, manipuláciu, sušenie, mletie, vstrekovanie a bezpečnosť.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Ekonomické

požiadavky. Miestne

podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v EÚ 27.

[54, EuLA 2006], [143, Williams 2005], [155, Nemecko 2007], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

2.4.5 Emisie prachu (tuhé častice)

V tomto oddiele sú opísané techniky na zabránenie emisiám odvedeného prachu (pozri oddiel 2.3.3.1.1) a difúziou (pozri oddiel 2.3.3.1.2) emisiám prachu.

V tejto súvislosti možno užitočné informácie nájsť aj v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách pre emisie zo skladovania hromadných alebo nebezpečných materiálov a v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách pre spoločné systémy úpravy odpadových vôd a odpadových plynov v chemickom sektore [58, Európska komisia 2003], [96, Európska komisia 2006].

2.4.5.1 Techniky pre prašné činnosti

Opis

Uvádza sa tu niekoľko rôznych techník, ktoré možno použiť jednotlivo alebo v kombinácii (pozri oddiel 2.3.3.1.2):

- Uzavretie prašných prevádzok (napr. drvenie, triedenie a miešanie), resp. obkolesenie týchto prevádzok stenami.
- Zakrytie dopravníkov a elevátorov, ktoré sú konštruované ako uzavreté systémy, ak je pravdepodobné, že z prašného materiálu sa môžu uvoľňovať emisie rozptýleného prachu.
- Využitie skladovacích síl s primeranou kapacitou, hladinomeri s koncovými spínačmi a filtrami na čistenie zaprášeného vzduchu, ktorý sa uvoľní počas plnenia.
- Pri pneumatických dopravníkových systémoch sa uprednostňuje proces cirkulácie.
- Manipulácia s materiálom v uzavretých systémoch s podtlakom a odpráškovaním odsávaného vzduchu prostredníctvom textilného filtra pred vypustením tohto vzduchu do ovzdušia.
- Obmedzenie miest úniku vzduchu a miest, kde dochádza k úniku látok, úplnosť zariadenia.
- Riadna a úplná údržba zariadenia.
- Používanie automatických zariadení a kontrolných systémov.
- Zabezpečenie kontinuálnej bezproblémovej prevádzky.
- Použitie flexibilných plniacich rúr vybavených systémom odsávania prachu na nakladanie páleného vápna, ktoré sú umiestnené v pozícii na podlahe nákladného vozidla.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie predovšetkým difúziou emisií prachu.

Zníženie hluku je možné aj uzavretím strojov.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Zvýšenie spotreby energie v dôsledku používania vákuových systémov. Pri údržbe môže vzniknúť ďalší odpad.

Prevádzkové údaje

V závislosti od konkrétneho individuálneho prípadu súvisiaceho s opatrením/technikou.

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sa v zásade môžu vykonávať v odvetví výroby vápna.

Pri prevádzkach prípravy surovín, ako je drvenie a preosievanie, sa zvyčajne nepoužíva odlučovanie prachu z dôvodu obsahu vlhkosti v surovine. Na zníženie emisií prachu možno suroviny počas procesu zvlhčovať dodatočným rozprašovaním vody.

Hospodárske vplyvy

V závislosti od konkrétneho individuálneho prípadu súvisiaceho s opatrením/technikou.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Zdravotné a bezpečnostné požiadavky na pracovisku.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v EÚ 27.

[46, Nemecko 2006], [54, EuLA 2006].

2.4.5.2 Techniky pre priestory vyhradené na hromadné skladovanie a haldovanie

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

S cieľom primárne znížiť difúzne emisie prachu z hromadného skladovania a haldovania, z miest, kde sa nachádzajú prашné suroviny alebo z palív do voľného ovzdušia, je možné miesta skladovania ohradiť tienením, múrmi alebo vertikálnou zeleňou (umelé alebo prírodné veterné bariéry na ochranu pred vetrom na otvorených hromadách).

Silá na výroby a uzavreté plne automatizované sklady surovín sa považujú za najúčinnější riešenie problému difúzneho prachu vznikajúceho pri veľkoobjemových zásobách. Tieto typy skladov sú vybavené jedným alebo viacerými textilnými filtrami, ktoré zabráňujú vzniku difúzneho prachu pri nakladacích a vykladacích činnostiach (napríklad uzavreté sklady s automatickým manipulačným systémom). Difúzne emisie prachu na haldách možno znížiť dostatočným zvlhčovaním miest nakladania a vykladania zásob a používaním dopravníkových pásov s nastaviteľnou výškou. Ak sa nedá zabrániť difúznym emisiám prachu v miestach nakladania a vykladania zásob, možno ich znížiť redukciami výšky vykladania k meniacej sa výške haldy, ak je to možné automaticky, alebo redukciami rýchlosti vykladania.

Okrem toho možno miesta udržiavať vlhké pomocou rozprašovacích zariadení, najmä v suchých oblastiach (ak je bodový zdroj prachu lokálne obmedzený, možno nainštalovať systém na vstrekovanie vody), a možno ich čistiť pomocou čistiacich nákladných vozidiel. Okrem toho, ak sa používajú zvlhčovacie alebo postrekovacie techniky, pôda sa môže uzavrieť a prebytočná voda sa môže zhromažďovať a v prípade potreby sa môže upravovať a používať v uzavretých cykloch.

Aby sa zabránilo vzniku difúzných emisií prachu počas odstraňovacích činností, môžu sa použiť vákuové systémy. Nové budovy možno bez ťažkostí vybaviť systémami na stacionárne vysávanie, kým staršie budovy je obvykle výhodnejšie vybaviť mobilnými systémami s flexibilnými prípojkami.

Aby sa znížili difúzne emisie prachových častíc vznikajúce na plochách používaných nákladnými vozidlami, môžu byť tieto plochy podľa možnosti vydláždené a povrch by sa mal udržiavať čo najčistejší. Kropenie ciest môže znížiť difúzne emisie prachu, najmä za suchého počasia. Treba využívať osvedčené postupy na udržiavanie poriadku a udržiavať tak množstvo difúzných emisií prachu čo najnižšie.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Spotreba vody sa zvyšuje, keď sa miesta udržiavajú vlhké. Spotreba energie sa zvyšuje používaním vákuových systémov.

Pri údržbe môže vzniknúť ďalší odpad.

Prevádzkové údaje

V závislosti od konkrétneho individuálneho prípadu súvisiaceho s opatrením/technikou.

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sa v zásade môžu vykonávať v odvetví výroby vápna.

Hospodárske vplyvy

V závislosti od konkrétneho individuálneho prípadu súvisiaceho s opatrením/technikou.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Zdravotné a bezpečnostné požiadavky na pracovisku.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v EÚ 27.

[46, Nemecko 2006], [54, EuLA 2006], [168, TWG CLM 2007].

2.4.5.3 Zníženie emisií odvedeného prachu

V tomto oddiele sa opisujú techniky, ktoré sú zamerané výlučne na odstraňovanie prachu (pozri oddiel 2.3.3.1.1). Existujú rôzne hlavné zdroje emisií prachu z vápeniek, napríklad z prípravy surovín, pálenia vápenca, hydratácie vápna, mletia vápna a z pridružených a vedľajších procesov. V závislosti od typu pece používanej na výrobu vápna sa používajú rôzne techniky odprášenia. Techniky odprášenia sú založené na filtrovaní, elektrostatickom odlučovaní a mokrom čistení (čistenie plynu pomocou filtra). Tieto techniky sú spojené s týmito vlastnosťami plynu:

- teplota,
- prietok,
- vlhkosť,
- koncentrácia prachu na vstupe do filtra.

V tabuľke 2.35 je uvedený súhrn prevádzkových údajov, ktoré sú k dispozícii v texte tohto oddielu. Táto tabuľka poskytuje prehľad a mala by sa čítať v spojení s príslušnými oddielmi a odsekmi nižšie.

Tabuľka 2.35: Prehľad techník kontroly prachu v procese výroby vápna

Opatrenie/t echnika	Uplatniteľnosť	Údaje o emisiách ⁽¹⁾		Náklady ⁽²⁾	
		mg/Nm ³ (3)	kg/t (4)	Investície	Prevádzka
				miliónov EUR	EUR/t vápna
ESP	Všetky systémy pecí, mlynské prevádzky, obslužné procesy	<10 – 20	0,015 – 0,1	0,6 – 3,9	> 1,5
Textilný filter	Všetky systémy pecí	<10 – 20	0,015 – 0,15	0,25 – 1,7	> 1,5
	Mlynské prevádzky, obslužné procesy	<10 – 20	0,015 – 0,05		
Mokrý odlučovač prachu	Všetky systémy pecí, zariadenia na hydratáciu	10 – 30	0,06 – 0,25		
Odstredivý odlučovač	Vhodné len ako predseparátory: všetky systémy pecí, mlyny, obslužné procesy	–	–		
Znižovanie difúzneho prachu	Všetky prevádzky	–	–		
(1) Údaje o emisiách nájdete v príslušnom odseku tohto oddielu (2) S odkazom na rôzne kapacity pecí pozri obrázok 2.46 a tabuľku 2.36 (3) V prípade systémov pecí, ktoré sa zvyčajne odkazujú na denné priemery, sa používa suchý plyn, 273 K, 101,3 kPa a 11 % O₂ (4) kg/t vápna na základe: • 3 000 Nm³/t vápna pre ASK a PFRK, • 3 700 Nm³/t vápna pre PRK, • 5 000 Nm³/t vápna pre LRK.					

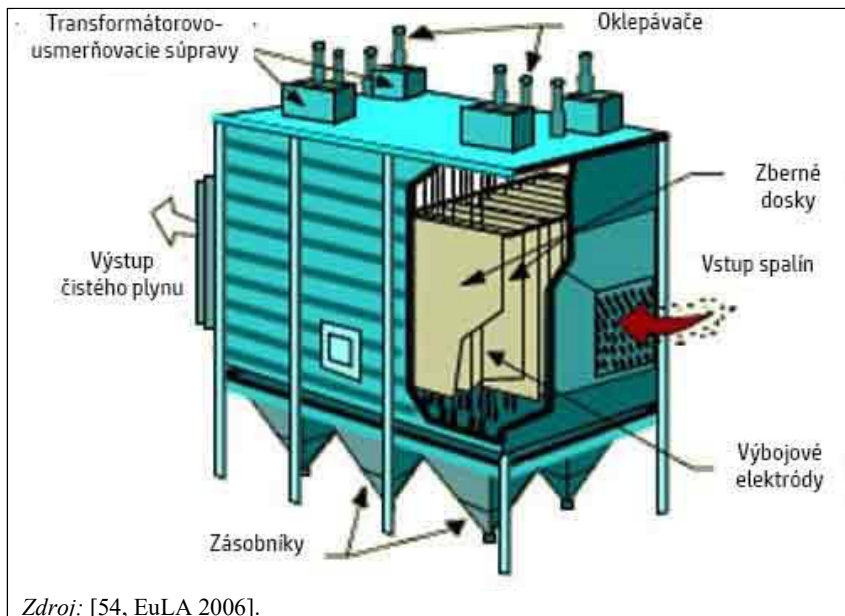
ESP aj textilné filtre majú počas bežnej prevádzky veľmi vysokú účinnosť odprášenia, viac ako 99 % zachytených častíc, hoci obidve závisia od veľkosti častíc. V závislosti od teploty výfukového plynu sa musia použiť rôzne typy filtračných médií. Oba typy filtračných systémov sa musia riadne (pravidelne) udržiavať, aby sa zabezpečila primeraná účinnosť, ktorá je vyššia ako v prípade mokrých odlučovačov prachu. Mokrý odlučovač prachu spotrebúva ďalšiu energiu a vodu a produkuje odpad, ktorý je potom potrebné čistiť. Účinnosť ESP môžu ovplyvniť núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO; tie však možno minimalizovať podľa oddielu 6.2.6. Používajú sa aj odstredivé odlučovače, ktoré sú však vhodné len ako predseparátory; môžu však pracovať s vyššou účinnosťou pri vyššom zaťažení znečisťujúcimi látkami. Informácie o znižovaní difúzneho prachu nájdete v oddieloch 2.4.5.1 a 2.4.5.2.

2.4.5.3.1 Elektrostatické odlučovače (ESP)

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

V elektrostatickom odlučovači prechádzajú spaliny cez komoru s dvoma elektródami. Na prvú elektródu sa privádza vysoké napätie (do 100 kV), ktoré ionizuje spaliny. Vzniknuté ióny sa prilepia na prachové častice v plynoch, v dôsledku čoho sa tieto častice elektricky nabijú. Elektrostatické sily odpudzujú nabitý prach z prvej elektródy a priťahujú ho k druhej, na ktorej sa usadí. Prachové častice sa tak odstránia z prúdu spalín.

Elektrostatické odlučovače vytvárajú elektrické pole na ceste častíc v prúde vzduchu. Častice sa nabijú záporným nábojom a presunú sa smerom ku kladne nabitým zberným platňami. Zberné platne sa pravidelne rozrážajú alebo vibrujú, čím sa materiál uvoľňuje a padá do zberných zásobníkov pod nimi. Pre elektrostatické odlučovače je charakteristické, že dokážu pracovať aj pri vysokých teplotách (až 400 °C) a vysokej vlhkosti. Faktory ovplyvňujúce účinnosť sú prietok plynu, sila elektrického poľa, vodivosť prachu, koncentrácia SO₂, obsah vlhkosti a tvar a plocha elektród. Elektrické pole môže byť nepriaznivo znížené najmä nahromadením materiálu, ktorý vytvára izolačnú vrstvu na zberných platniach, ako je znázornené na obrázku 2.43.



Obrázok 2.43: Schematický pohľad na konvenčný elektrostatický odlučovač (ESP)

Kvôli riziku výbuchu sa bezpečnostná koncentrácia CO na vstupe do ESP zvyčajne obmedzuje na 1 až 2 %, čo je výrazne pod hranicou výbušnosti 10 %. Preto sa musí zabrániť núdzovým vypnutiam z dôvodu zvýšeného množstva CO, čo si vyžaduje nepretržité monitorovanie úrovni CO pred filtrom. Počet núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO možno znížiť použitím moderných riadiacich systémov s rýchlym zariadením na meranie a reguláciu, ktoré umožňuje vyššie kritérium vypnutia. V tejto súvislosti sa v oddiele 6.2.6. nachádza usmernenie týkajúce sa kontroly núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO.

V odôvodnených prípadoch možno pred ESP nainštalovať zhašacie kolóny na zlepšenie čistenia emisií, ako je PCDD.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Pri vysokých koncentráciách CO vzniká riziko výbuchu.

Spotreba energie sa zvyšuje v dôsledku prevádzky ESP (ale nižšia tlaková strata v porovnaní s inými filtračnými systémami vedie k nižšej spotrebe elektrickej energie ventilátorov spalín).

Vzniká ďalší odpad.

Prevádzkové údaje

Počas stabilných prevádzkových podmienok môžu elektrostatické odlučovače spoľahlivo dosiahnuť emisie prachových častíc v rozmedzí 5 až 20 mg/Nm³ (pozri oddiel 2.3.3.1.1). V roku 2005 príklady z fínskych vápeniek ukázali, že emisie prachu nižšie ako 5 mg/Nm³ sa dajú dosiahnuť pri jednotlivých meraniach použitím koksu a uhlia ako paliva v rotačných peciach.

Účinnosť existujúceho ESP sa môže zvýšiť pridaním komôr (elektrických polí) do linky. Toto zlepšenie je však reálne len vtedy, ak je skutočná úroveň emisií prachu vysoká a ak je k dispozícii dostatok priestoru.

Uplatniteľnosť

Elektrostatické odlučovače sú vhodné na použitie pri teplotách nad rosným bodom a do 400 °C (pri konštrukcii z mäkkej ocele). Okrem toho je možné použiť aj ESP v blízkosti rosného bodu alebo pod ním.

Vzhľadom na veľký objem prúdenia a na pomerne veľkú prachovú záťaž sa elektrostatické odlučovače inštalujú najmä do rotačných pecí bez predohrevu, ale aj do rotačných pecí s predohrevom. V niektorých prípadoch je to z dôvodu vysokej teploty odpadových plynov, v iných preto, že pece majú veľké výrobné kapacity a následne produkujú veľké objemy plynov. V prípade skombinovania so zhašacou kolónou možno dosiahnuť vynikajúce výsledky

Hospodárske vplyvy

Investičné náklady na ESP v porovnaní s textilným filtrom rastú s veľkosťou pece a dennou výrobnou kapacitou, ako je znázornené na obrázku 2.46.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Teplota a prietok spalín. Investície (miestne podmienky).

Prevádzkové náklady.

Spotreba energie.

Osvedčená technika.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Lappeenranta, Nordkalk Oy (Fínsko), Rheinkalk GmbH Flandersbach (Nemecko), Hönnetal (Nemecko), prevádzky vápna v EÚ 27.

[54, EuLA 2006], [63, Fínsko 2006], [168, TWG CLM 2007].

2.4.5.3.2 Textilné filtre**Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy**

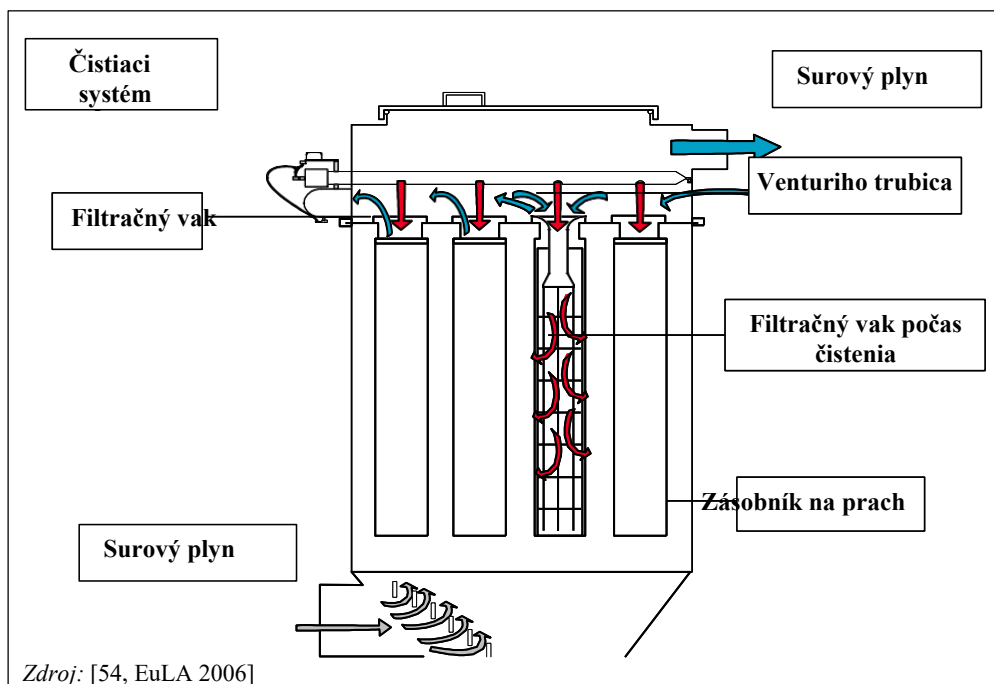
Základným princípom filtrácie v textilných filtroch je použitie tkaninovej membrány, ktorá je priepustná pre plyn, ale zadržiava prachové častice. Prach sa spočiatku usadzuje na povrchu aj v hĺbke tkaniny. Ako sa povrchová vrstva zväčšuje, dominantným filtračným médiom sa stávajú samotné prachové častice. So zhrubnutím vrstvy prachu sa zvyšuje odpor proti prúdeniu plynu (pokles tlaku).

Na kontrolu poklesu tlaku plynu cez filter je preto potrebné pravidelné čistenie média. Medzi bežné metódy čistenia patrí reverzný prúd vzduchu, mechanické pretrepávanie, vibrácie a pulzovanie stlačeného vzduchu (čistenie prúdom).

Čistiaci systém, prúd vzduchu a vzdušné zaťaženie média sú kľúčovými prvkami účinnosti filtrácie. Filter by mal mať viacero priečinkov (čo má vplyv na náklady na investície a na veľkosť filtra – plochu a objem), ktoré možno izolovať v prípade poruchy vaku, a mal by ich byť dostatočný počet, aby bolo možné zachovať primeraný výkon, ak je priečink odstavnený z prevádzky, napr. z dôvodu údržby. Okrem toho by mali byť na každom oddelení umiestnené „detektory prasknutého vaku“, ktoré v takom prípade signalizujú potrebu údržby.

Prach sa bude ukladať do zásobníka, tzv. „zásobníka prachu“ (súčasť priečinka), a odsávať pomocou závitovkových dopravníkov, klapiek alebo rotačných ventilov, ako je znázornené na obrázku 2.44.

Textilné filtre možno operovať v pretlakových aj v odsávacích podmienkach.



Obrázok 2.44: Schéma textilného filtra s čistením pulzným prúdom

V závislosti od teploty výfukového plynu sa môžu použiť rôzne typy filtračného média. Príčinou krátkej životnosti vakov môžu byť:

- teplotné podmienky pri spustení,
- teplotné podmienky pri vypnutí,
- teplotné výkyvy,
- zloženie spalín,
- správanie sa vápenného prachu (upchávanie).

V jednom prípade sa za príčinu krátkej životnosti vakov považovala nedostatočná veľkosť filtra. Problém sa vyriešil zväčšením filtra, ktorý potom dosahoval hodnotu nižšiu ako 5 mg/Nm^3 s dvojročnou zárukou na životnosť vakov. Používali sa aj vaky zo špeciálnych materiálov a kvality, ktoré mali v niektorých prípadoch tiež problémy s krátkou životnosťou. V jednej vápenke sa za príčinu problémov považovala pravidelne nadmerná prevádzková teplota [24, Junker 2001].

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Zvyšuje špecifickú spotrebu energie v dôsledku vysokej tlakovej straty (médium textilného filtra a vrstva prachu na povrchu).

Zvyšuje spotrebu energie a emisie CO_2 v dôsledku dodatočného ohrevu spalín s vysokým obsahom vlhkosti a nízkou teplotou ($<120^\circ\text{C}$), aby sa zabránilo korózii filtra a upchatiu vakov.

Prevádzka textilných filtrov, najmä pri regenerácii tlakovými impulzmi, môže spôsobovať emisie hluku.

V niektorých prípadoch môžu malé nedostatky vo zvaroch a začínajúca korózia (ktoré je ťažké zistiť) vytvoriť obtok a viesť k zvýšeným emisiám prachových častíc nad úroveň, ktorá sa pozoruje počas bežnej prevádzky.

Nedostatočná plocha filtra spôsobí príliš vysokú rýchlosť filtrácie pri vypúšťaní chladiaceho vzduchu do filtra.

Vzniká ďalší odpad.

Prevádzkové údaje

Textilné filtre sa vo všeobecnosti používajú pri teplotách nad rosným bodom – do 180 – 200 °C pre špeciálne tkaniny a do 250 °C pre filtračné médiá, ako sú sklenené vlákna a teflón. Môžu sa však použiť v rosnom bode na úpravu emisií zo zariadení na hydratáciu.

Pri dobre navrhnutých, prevádzkovaných a udržiavaných textilných filtroch (priebežné odprášenie filtračných vakov) sa dosahujú emisie prachových častíc nižšie ako 10 mg/Nm³ (60 % z EÚ 27) a zaznamenávajú sa emisie prachových častíc nižšie ako 20 mg/Nm³. V jednej fínskej vápenke sa emisie prachových častíc, merané raz ročne, pohybovali v roku 2004 v rozmedzí 0,7 – 1,1 mg/Nm³ (4,3 % O₂) a v rozmedzí 1,7 –

2,2 mg/Nm³ (4,3 % O₂) v roku 2005. Tieto emisie sa dosiahli v kruhovej peci s použitím textilných filtrov a ťažkého a ľahkého paliva na spaľovanie. Okrem toho vo Fínsku v roku 2004 dosiahla jedna PFRK emisie prachových častíc 6 mg/Nm³ (krátkodobé, 9,6 % O₂) použitím textilných filtrov a koksového plynu ako paliva (pozri aj tabuľku 6.37). V roku 2005 sa emisie prachových častíc pohybovali v rozmedzí od 1,7 do

2,2 mg/Nm³ a dosiahli sa v kruhovej šachtovej peci pomocou textilného filtra (jednotlivé merania).

Účinnosť a zaťaženie textilných filtrov sa zvyčajne monitorujú meraním poklesu tlaku medzi surovým a čistým plynom. Textilné filtračné prevádzky dosahujú vysokú mieru zadržania častíc, zvyčajne viac ako 98 % a až 99,9 % v závislosti od veľkosti častíc, a môžu sa používať vo všetkých typoch pecí (pozri oddiel 6.3.2.3).

Uplatniteľnosť

Textilné filtre na odstraňovanie prachu z výstupných plynov možno v zásade použiť v odvetví výroby vápna na všetky typy pecí na výrobu vápna a sú široko používané na odprášenie. Sú vhodné pre pece, mlyny a prevádzky na mletie nehaseného vápna, ako aj vápenca, hydratačné zariadenia, zariadenia na prepravu materiálu a skladovacie a nakladacie zariadenia. Často sa využíva kombinácia textilného filtra s cyklónovým predfiltrom.

Funkcia textilného filtra závisí od vlastností odpadového plynu, napr. od teploty, vlhkosti, prachovej záťaže a od chemického zloženia. Na splnenie predmetných podmienok je k dispozícii veľa rôznych materiálov, ktoré bránia mechanickému, tepelnému aj chemickému opotrebovaniu.

Prevádzkové teploty môžu byť až 250 °C pre spaliny z pecí, ktoré používajú tepelne odolné médiá. Teploty nad touto hodnotou si vyžadujú ochladenie plynu ochladzovaním vodou alebo čerstvým vzduchom.

Plyn s vysokým obsahom vlhkosti a nízkou teplotou (<120 °C) sa musia ohrievať, aby sa zabránilo korózii filtra a upchávaniu vakov. To si vyžaduje zariadenie ďalšieho systému tepla pred filtrom. Plášť filtra je často izolovaný a kritické časti sú vyhrievané pomocou tepla a/alebo vyrobené z nehrdzavejúcej ocele.

Vysoká rýchlosť plynu znižuje účinnosť čistenia vaku. V dôsledku toho sa musí zvýšiť tlak čistiaceho vzduchu, aby sa vaky vyčistili, čo skráti ich životnosť. Odporúčaná rýchlosť filtrácie je 0,9 – 1,2 m/min.

Je potrebné mať úplnú kontrolu nad laminárnym prúdením do filtra, aby sa zabránilo poškodeniu filtračného vaku a oceľovej konštrukcie. Toto sa nedá simulovať pomocou modelov, ale treba to zistiť na základe prevádzkových skúseností, napr. ako nastaviť pozíciu tlmičov. Je to otázka typu použitých filtračných materiálov, ako aj rozloženia prietoku plynu vo filtri. Dôležité je tiež vykonávať operácie nad rosným bodom, pretože inak by oceľová konštrukcia skorodovala. V niektorých prípadoch, keď sa vyskytnú (veľké) problémy s koróziou, musia byť niektoré časti filtra vyrobené z nehrdzavejúcej ocele.

Hospodárske vplyvy

Investičné náklady na textilné filtre sa zvyšujú s veľkosťou pece a dennou kapacitou, ako je znázornené na obrázku 2.46 (pozri oddiel 2.4.5.3.5). Náklady na údržbu a energiu sú znázornené na obrázkoch 2.47 a 2.48 (pozri oddiel 2.4.5.3.5).

V rakúskych vápenkách sa náklady na zariadenie textilného filtra pohybovali od 350 000 do 500 000 EUR bez samotného filtra a bez periférií. Operácie náklady sú približne 0,5 – 1,0 EUR na tonu [66, Rakúsko 2006].

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Teplota a prietok plynu. Investičné náklady (miestne podmienky).

Prevádzkové náklady.

Spotreba energie.

Osvedčená technika.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

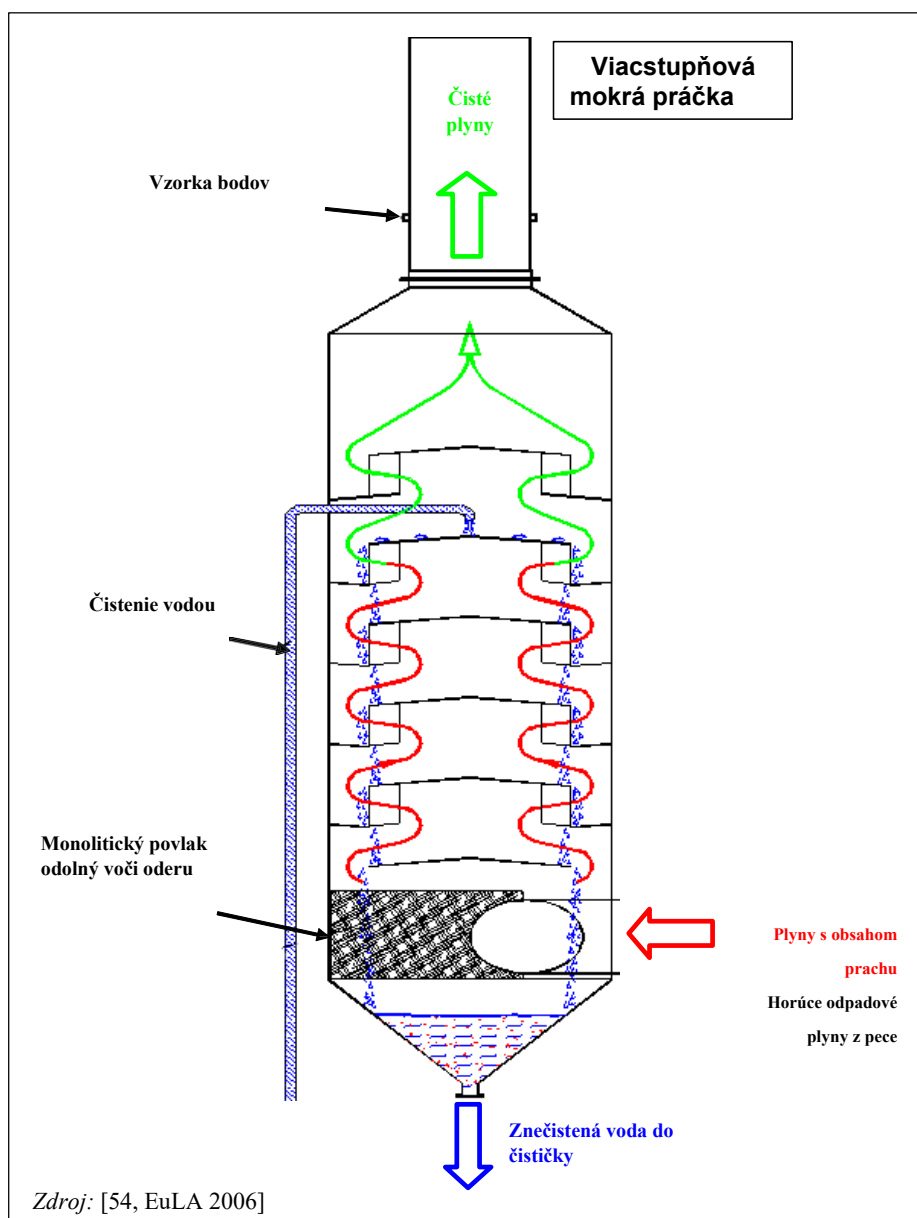
Vápenky v EÚ 27, závod Tytyri vo Fínsku.

[24, Junker 2001] [45, Schorcht 2006], [54, EuLA 2006], [63, Fínsko 2006], [66, Rakúsko 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

2.4.5.3.3 Mokré odlučovače prachu

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Pomocou odlučovačov mokrého prachu sa prach odstraňuje z prúdov výstupného plynu, a to tak, že sa tok plynu privedie do úzkeho kontaktu s pracou kvapalinou (obvykle vodou), aby sa častice prachu zachytili v kvapaline, a potom sa spláchli. Mokré odlučovače prachu možno rozdeliť na rôzne typy podľa ich konštrukcie a princípu fungovania (napríklad Venturiho typ), ale najbežnejšie typy používané pre pece na vápno sú viac kaskádové/viacstupňové práčky, ako je znázornené na obrázku 2.45.



Obrázok 2.45: Schematický pohľad na príklad viacstupňovej mokrej práčky odpadových plynov

Surové plyny z pece prechádzajú pred vypustením do ovzdušia cez viackaskádovú/viacstupňovú práčku. Voda sa čerpá do zariadenia a potom kaskádovito prechádza cez niekoľko sekcií, kde sa zachytáva prach, a nakoniec odteká do čističky vody. Kal, ktorý vzniká z mokrej práčky pece, sa môže predávať ako neutralizačný produkt alebo sa po odvodnení likviduje. Voda sa spravidla recykluje.

Na odstránenie prachu možno použiť viacero druhov mokrých práčok. Medzi hlavné druhy mokrých práčok, ktoré sa používajú v peciach na výrobu vápna, patria kaskádové, resp. viacfázové mokré práčky, dynamické mokré práčky a Venturiho práčky. Väčšina mokrých práčok používaných v peciach na výrobu vápna je viackaskádových/viacstupňových mokrých práčok, ako je znázornené na obrázku 2.45. Na dosiahnutie nižšieho zaťaženia čistým plynom môže byť potrebné, aby boli jednotky predimenzované na daný výkon, mali ďalšie kaskádové sekcie alebo nízke vstupné zaťaženie prachom v dôsledku prania kameňa.

Pri použití Venturiho práčky je plyn nútený prechádzať potrubím, v ktorom rýchlosti dosahujú 60 až 120 m/s. Voda pridávaná pred potrubím sa pneumatickými silami rozbíja na jemné kvapky, a tak sa tesne mieša s plynom. Prachové častice zachytené kvapôčkami sú ťažšie a ľahko sa odstraňujú v odlučovači (zvyčajne cyklónovom) pripojenom k Venturiho práčke.

Zozbieraný materiál je vo forme kalu, takže pri manipulácii s ním nevznikajú žiadne rozptýlené emisie prachových častíc. Pri konštantnom prívode vody zostáva výkon mokrej práčky konštantný a nevyžaduje si výmenu spotrebných dielov.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Spotreba vody sa zvýši. Čisté plyny s vyšším obsahom vlhkosti.

Na komíne pece môže byť v závislosti od atmosférických podmienok a relatívnej vlhkosti viditeľný dym, ktorý je výsledkom vysokého obsahu vlhkosti.

Môžu sa vyskytnúť ďalšie odpady.

Do úvahy treba vziať aj čistenie prácej kvapaliny a odpadovej vody z procesu, manipuláciu s kalom, jeho využitie a likvidáciu.

Ďalšia energia sa môže použiť na úpravu odpadových vôd.

Môže sa vyskytnúť hluk.

Na dosiahnutie nižšieho zaťaženia čistým plynom môže byť potrebné, aby boli jednotky predimenzované, mali ďalšie kaskádové sekcie alebo nízke vstupné zaťaženie prachom v dôsledku prania kameňa.

Môžu vzniknúť dodatočné náklady na investície a údržbu.

Prevádzkové údaje

Pri použití nových generácií mokrých práčok sa úrovne emisií po znížení pohybujú od 10 do 30 mg/Nm³, čo zodpovedá približne 0,008 až 0,024 kg/t hydratovaného vápna. V Spojenom kráľovstve v roku 2007 vykázali najmodernejšie mokré práčky výsledky 11 mg/Nm³, 17 mg/Nm³ a 18 mg/Nm³. Boli však zaznamenané aj emisie prachových častíc do 60 mg/Nm³ (vyjadrené za mokra) [168, TWG CLM 2007], [177, EULA 2008].

Pri účinnej prevádzke môžu viackaskádové/viacstupňové mokré práčky dosiahnuť koncentrácie čistého plynu nižšie ako 30 mg/Nm³; vo väčšine prípadov sú však emisie prachových častíc vyššie ako 30 mg/Nm³. Obrázok 2.35 (pozri oddiel 2.3.3.1.1) ukazuje, že len približne 30 % mokrých práčok dosiahlo úroveň emisií nižšie ako 30 mg/Nm³, približne 12 % nižšie ako 20 mg/Nm³ a žiadna nižšie ako 10 mg/Nm³. Nižší rozsah sa však dosahuje účinnou prevádzkou viackaskádových/viacstupňových práčok a/alebo použitím nových generácií práčok.

V porovnaní s ESP a textilnými filtrami môže byť dosiahnuteľná úroveň emisií mokrých práčok výrazne vyššia.

Typická spotreba vody viackaskádovej/viacstupňovej mokrej práčky je približne 100 l/t vápna.

Uplatniteľnosť

Mokré práčky sa volia vtedy, keď sú teploty spalín blízko rosného bodu alebo pod ním. Mokré práčky sa niekedy používajú aj pri plynach s vyššou teplotou.

V takom prípade voda ochladí tieto plyny a zmenší ich objem.

Hospodárske vplyvy

Pokiaľ ide o prevádzkové náklady, je potrebné zohľadniť práciu kvapaliny aj čistenie procesnej odpadovej vody.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Shapfell Limeworks, Spojené kráľovstvo.

[54, EuLA 2006], [168, TWG CLM 2007], [177, EULA 2008], [182, TWG CLM 2008].

2.4.5.3.4 Odstredivé odlučovače/cyklóny

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Pri odstredivých odlučovačoch, resp. cyklónoch, sa častice prachu, ktoré sa majú odstrániť z prúdu výstupného plynu, odstredivým pohybom natlačia na vonkajšiu stenu danej jednotky, a potom sa odstránia otvorom na spodnej časti jednotky. Odstredivé sily možno vyvolať tak, že sa tok plynu nasmeruje špirálovitým pohybom smerom nadol cez valcovitú nádobu (cyklónové odlučovače), alebo prostredníctvom otáčavých rotorov zabudovaných do danej jednotky (mechanické odstredivé odlučovače). Keďže však predmetné zariadenia majú pri odstraňovaní častíc len obmedzenú účinnosť, možno ich použiť iba ako predseparátory, ktoré pomáhajú elektrostatickým odlučovačom a textilným filtrom, keďže odstraňujú hrubú prachovú záťaž a spomaľujú opotrebovanie.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Prevádzka odstredivých odlučovačov je významným zdrojom hluku.

Prevádzkové údaje

Cyklóny zvyčajne odstraňujú približne 90 % prachu z pecí na výrobu vápna. Ako predseparátory/odlučovače produktov môžu zvyčajne dosiahnuť hodnoty emisie prachových častíc nižšie ako 150 mg/Nm³.

Odstredivé odlučovače pracujú účinnejšie pri vyššom zaťažení znečisťujúcimi látkami za predpokladu, že sa zariadenie nezablokuje.

Uplatniteľnosť

Cyklóny sú relatívne lacné a ľahko ovládateľné, ale častice s malým priemerom sa nezachytávajú efektívne. Použitie odstredivých odlučovačov/cyklónov môže byť obmedzené, ak je veľkosť častíc príliš malá. Vzhľadom na ich prirodzene obmedzenú účinnosť odstraňovania častíc sú vhodné len ako predseparátory a používajú sa najmä na predčistenie výfukových plynov z mlynov, pecí a iných procesov.

Hospodárske vplyvy

Cyklóny sú v porovnaní s ESP a textilnými filtrami relatívne lacné. Pre textilné filtre a ESP sú investičné náklady (v závislosti od veľkosti pece a dennej kapacity) uvedené na obrázku 2.46 a náklady na údržbu a energiu sú uvedené na obrázkoch 2.47 a 2.48 (pozri oddiel 2.4.5.3.5).

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Úspora surovín.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v EÚ 27.

[16, EuLA 2001], [54, EuLA 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

2.4.5.3.5 Príklady údajov o nákladoch na rôzne techniky čistenia spalín

Niektoré príklady údajov o nákladoch na zníženie emisií prachových častíc pomocou rôznych techník znižovania emisií sú uvedené v tabuľke 2.36.

Pri peciach na výrobu vápna sa používajú tri hlavné techniky odprášenia:

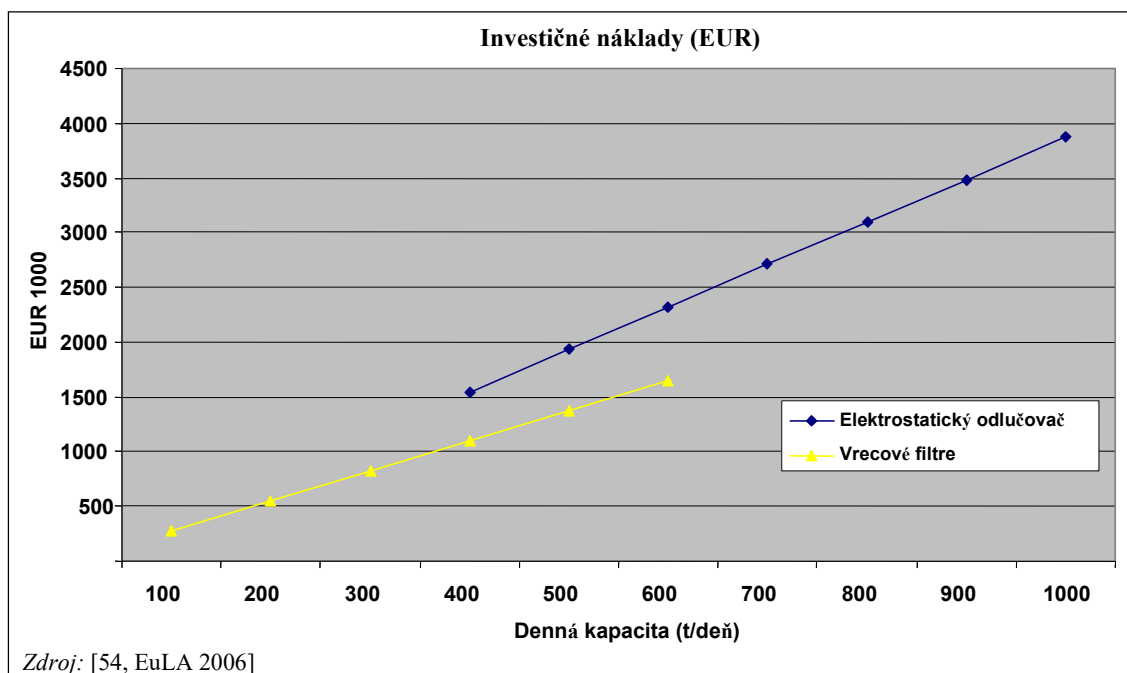
- textilné filtre,
- elektrostatické odlučovače (ESP),
- mokré práčky.

Investičné náklady sú ovplyvnené veľkosťou filtra a prevádzkovými podmienkami. Teploty a plynové komponenty si môžu vyžadovať niekoľko ďalších zariadení, ako napr.:

- izoláciu,
- teplo/chladienie,
- ochranu proti korózii a opotrebovaniu.

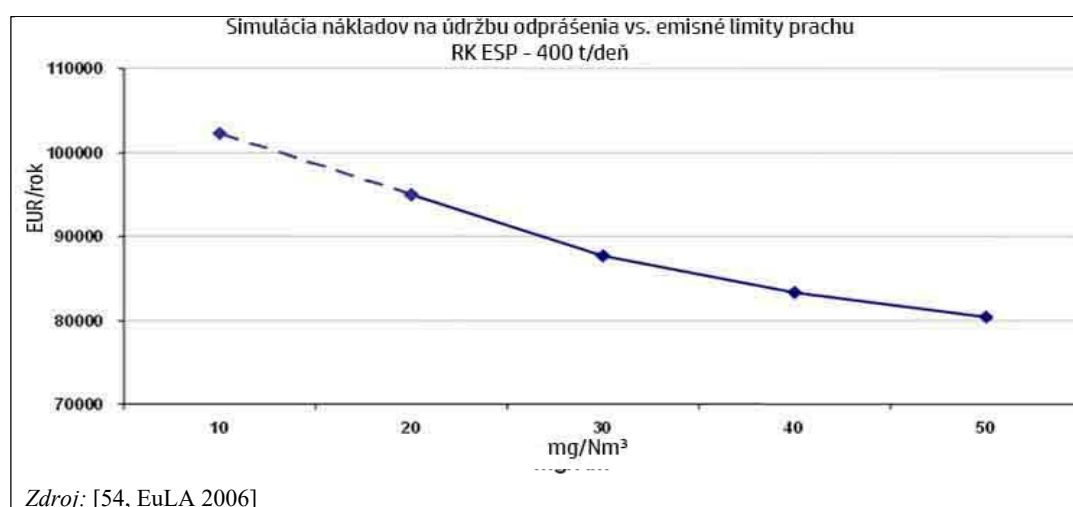
Preto existujú veľké rozdiely v investičných nákladoch. Hlavnými faktormi nákladov sú investície, údržba a energia.

Investičné náklady na ESP v porovnaní s textilným filtrom rastú s veľkosťou pece a dennou výrobnou kapacitou, ako je znázornené na obrázku 2.46.

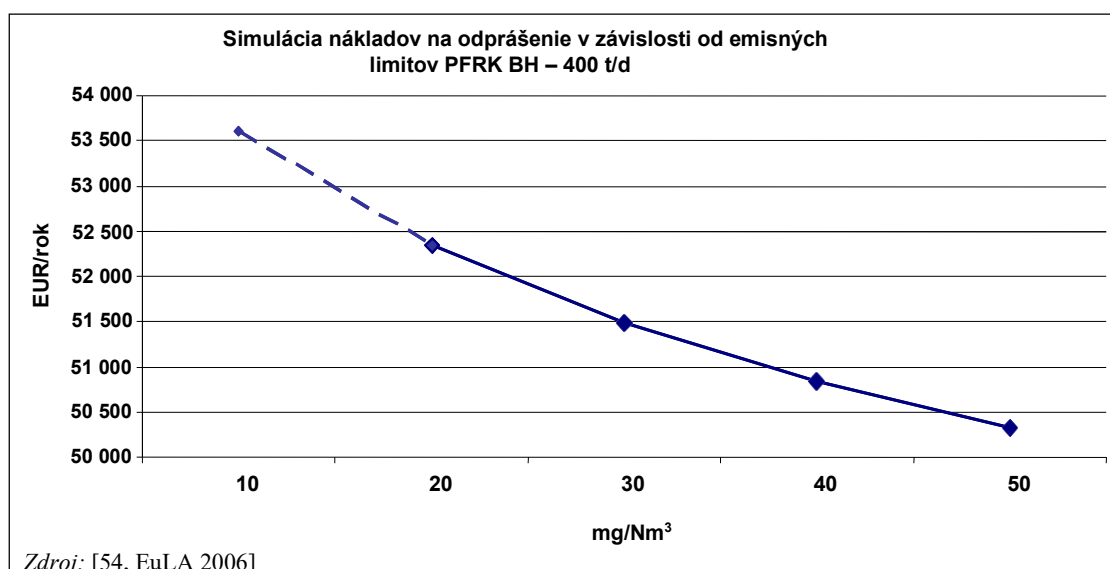


Obrázok 2.46: Náklady na investície v závislosti od kapacity pece pre ESP a textilné filtre – EÚ 27

Investičné náklady na zariadenie sa pohybujú v rozmedzí od 300 000 do 4 000 000 EUR v závislosti od kapacity pece a špecifických vplyvov na lokalitu. Zistilo sa, že náklady na údržbu a energiu sa zvyšujú so znižovaním úrovne emisií, ako je znázornené na obrázkoch 2.47 a 2.48.

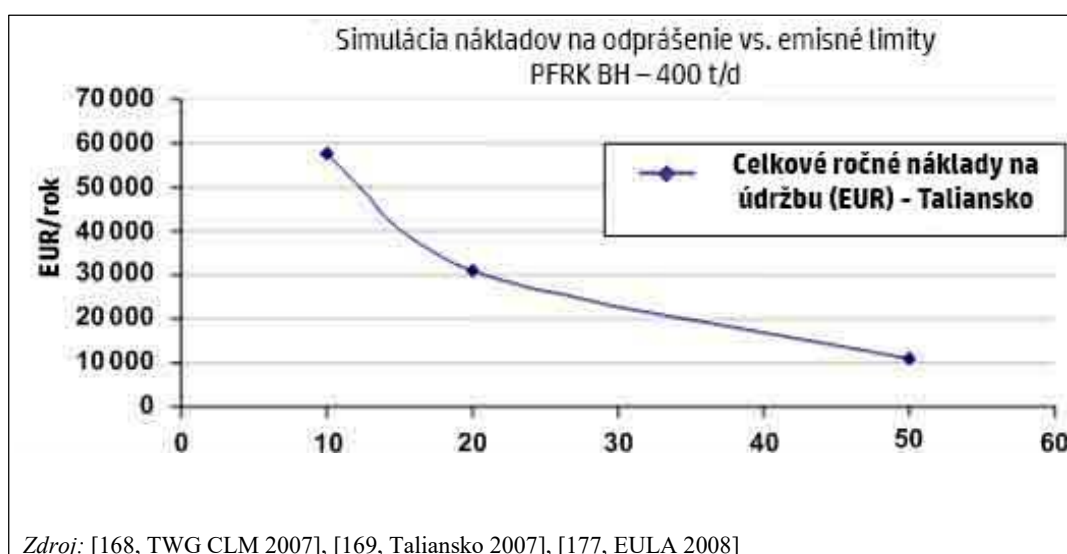


Obrázok 2.47: Simulácia nákladov na odprášenie ako funkcia limitov emisií prachu pre rotačnú pec (RK) s ESP – EÚ 27



Obrázok 2.48: Simulácia nákladov na údržbu pri odprášení ako funkcia limitov emisií prachu pre PFRK a textilné filtre – EÚ 27

V roku 2007 sa v Taliansku uskutočnil prieskum v 33 talianskych PFRK a skúmali sa náklady na odprášení, ktoré závisia od rozsahu emisií prachových častíc z PFRK. Toto prešetrovanie ukázalo parabolickú závislosť medzi nákladmi na odprášení a koncentraciou emisií prachu. Pomer nákladov sa pohybuje okolo 2 pri rozsahu emisií prachu od 20 do 50 mg/Nm³, ako aj pri rozsahu emisií prachu od 10 do 20 mg/Nm³, ako je znázornené na obrázku 2.49.



Obrázok 2.49: Simulácia nákladov na údržbu pri odprášení ako funkcia rozsahu emisií prachu pre PFRK a textilné filtre v Taliansku v roku 2007

Tabuľka 2.36 nižšie uvádza príklady výpočtov nákladov na techniky znižovania emisií prachu z francúzskej referenčnej vápenky. Uvažovalo sa o skúmaných technikách znižovania prachu ESP a textilných filtrov. Variabilné prevádzkové náklady zahŕňajú náklady na elektrickú energiu, mzdové náklady a náklady na likvidáciu prachu a sú uvedené v tejto tabuľke. Okrem toho sú zahrnuté údaje o mokrých práchkach.

Tabuľka 2.36: Investície a náklady na techniky znižovania prachu

Investície a náklady na techniky znižovania prachu				
Parameter	Jednotka	Technika znižovania emisií		
		ESP ⁽⁰⁾	Textilný filter ⁽⁰⁾	Mokrý práčka
Opis referenčného zariadenia				
Kapacita	t vápna/d	140	140	
Kapacita	t/rok			50 000
Faktory prevádzky	h/rok	7 680	7 680	
Prietok odpadových plynov	Nm ³ /h ⁽¹⁾	23 333	23 333	
Investičné náklady	k EUR	600	700	6 – 18
Ročné kapitálové náklady	k EUR			
Úroková miera	%/100/rok	4	4	
Životnosť kontrolného zariadenia	yr	10	10	
Celkom	k EUR	73,97	86,30	
Celkom	k EUR/t vápna	1.65E-03	1.93E-03	
Fixné prevádzkové náklady	%/rok ⁽²⁾	4	4	
Celkom	k EUR	24	28	
Celkom	k EUR/t vápna	5.36E-04	6.25E-04	1.0 – 5.0E-04 (0,1 – 0,5 EUR/t vápna)
Variabilné prevádzkové náklady	k EUR/t vápna	8.06E-04	9.03E-04	
Náklady na tonu vápna	k EUR/t vápna	2.99E-03	3.45E-03	
Náklady na tonu znížených PM ⁽³⁾	k EUR/t znížených PM			
Faktor neznižených emisií	t PM/t vápna	0,015	0,015	
Faktor znížených emisií	t PM/t vápna	0,0002	0,0002	
Celkom	k EUR/t znížených PM	0,202	0,233	
Stanovenie variabilných prevádzkových nákladov				
Náklady na elektrickú energiu ⁽⁴⁾				
Dodatočný dopyt po elektrickej energii (e ^c) ⁽⁵⁾	kWh/t vápna	6,86 40 kW	8,57 50 kW	
Cena elektrickej energie (e ^c)	EUR/kWh	0,0569	0,0569	
Celkom	k EUR/t vápna	3.90E-04	4.88E-04	
Náklady na mzdy ⁽⁶⁾				
Dopyt po práci (e ^l)	osoborok/t vápna	1.12E-05	1.12E-05	
Mzdy (e ^l)	k EUR/osoborok	37,234	37,234	
Celkom	k EUR/t vápna	4.16E-04	4.16E-04	
Náklady na likvidáciu prachu ⁽⁷⁾				
Celkom	k EUR/t vápna	0	0	
Celkové variabilné prevádzkové náklady	k EUR/t vápna	8.06E-04	9.03E-04	
K EUR = tisíc EUR (0) 2 000 údajov (1) 10 % O ₂ a suchý plyn (2) Z investícií (3) Rozdelenie 50 % ESP a 50 % textilného filtra; použitie priemeru medzi ESP a textilným filtrom (4) Náklady na elektrickú energiu = e ^c – c ^d /10 ³ (k EUR/t) (5) Dodatočný dopyt po elektrickej energii = nová celková spotreba – stará celková spotreba (6) Mzdové náklady = e ^l – c ^l (k EUR/t) (7) Náklady na likvidáciu prachu = e ^d • c ^d • ef neznižené • f/10 ³ (k EUR/t) Ef neznižené: neznižená emisia znečisťujúcej látky (t znečisťujúcej látky/t) e ^d : potreba odstraňovania prachu (t/t odstránenej znečisťujúcej látky) c ^d : špecifické náklady na likvidáciu prachu (EUR/t) f: účinnosť odstraňovania (=1-efznižené/efneznižené) Zdroj:[61, Francúzsko, 2006, 62, France/DFIU/IFARE Karlsruhe 2004]				

V súvislosti s výpočtom nákladov z tabuľky 2.36, a najmä pokiaľ ide o rôzne náklady zahrnuté do prevádzkových nákladov, sú ich podiely uvedené v tabuľke 2.37.

Tabuľka 2.37: Podiel rôznych druhov nákladov zahrnutých do prevádzkových nákladov na techniky znižovania emisií

Pomerné náklady zahrnuté do variabilných prevádzkových nákladov			
Druh nákladov	Jednotka	Opatrenie/technika znižovania emisií	
		ESP	Textilný filter
Náklady na elektrickú energiu	%	48,42	53,99
Náklady na mzdy	%	51,58	46,01
Náklady na likvidáciu prachu	%	0,00	0,00
Celkové variabilné prevádzkové náklady	%	100,00	100,00
Zdroj: [61, Francúzsko 2006]			

V Rakúsku sa náklady na zariadenie textilného filtra pohybovali od 350 000 do 500 000 EUR. V týchto nákladoch na zariadenie nie sú zahrnuté náklady na periférie [66, Rakúsko 2006].

2.4.6 Plynné zlúčeniny

2.4.6.1 Zníženie emisií NO_x

Najvyššie emisie NO_x sa zaznamenali pri rotačných peciach. Preto je prioritou kontrola emisií NO_x z rotačných pecí (pozri oddiel 2.3.3.2).

Možnosti zníženia emisií NO_x možno rozdeliť na:

- primárne techniky zamerané na zníženie vzniku NO_x a,
- sekundárne techniky zamerané na ničenie oxidov dusíka ich redukciou na N₂.

Primárne techniky zahŕňajú najmä:

- výber paliva (obmedzenie obsahu dusíka v palive).
- optimalizácia procesu (tvarovanie plameňa a teplotný profil).
- konštrukcia horáka (nízkoemisný horák NO_x).
- postupné spaľovanie.

Tieto techniky sú nákladovo najefektívnejšie, ale ich účinnosť je obmedzená, najmä konštrukciou spaľovacej komory rotačných pecí a úrovňou teploty potrebnej na udržanie kvality vápna.

Sekundárne techniky možno rozdeliť na:

- selektívna nekatalytická redukcia (SNCR) a
- selektívna katalytická redukcia (SCR)

Pri oboch technikách sa používajú zlúčeniny dusíka, ktoré reagujú s oxidmi dusíka, znižujú ich a vytvárajú N₂. Katalytické procesy si zvyčajne vyžadujú vysoké náklady na investície.

V tabuľke 2.38 sú uvedené techniky znižovania emisií NO_x, ktoré sú uplatniteľné v určitých peciach na pálenie vápna.

Tabuľka 2.38: Prehľad techník znižovania emisií NO_x v odvetví výroby vápna

Opatrenie/technika	Uplatniteľnosť	Účinnosť zniženia %	Údaje o emisiách ⁽¹⁾⁽²⁾		Náklady ⁽³⁾	
					Investičné	Prevádzkové
			mg/Nm ³ ⁽⁴⁾	kg/tona ⁽⁵⁾	EUR milión	EUR/t vápna
Optimalizácia procesu	PFRK, ASK, MFSK, OSK		< 100 – < 350 ^(6, 7)	0,3 – 1,05		
	LRK, PRK		< 200 – < 500 ^(6, 7)	0,74 – 2,5		
Postupné spaľovanie (v roku 2007 sa neuplatňovalo v odvetví výroby vápna v EÚ 27)	LRK, PRK	–				
Nízkoemisné horáky NO _x	LRK, PRK	0 – 20			V rozsahu konvenčných techník horákov	V rozsahu konvenčných techník horákov
SNCR ⁽⁸⁾	PRK (rošt Lepol)	30 – 80	< 500 ⁽⁷⁾	< 2,5	0,5 – 1,2	0,1 – 1,7 ⁽⁹⁾
SCR (v roku 2007 sa neuplatňovala v odvetví výroby vápna v EÚ 27)	LRK, PRK	(10)	–	–	(11)	(11)

(1) Štandardný stav, 11 % kyslíka
(2) Údaje o emisiách nájdete v príslušnom odseku tohto oddielu
(3) S odkazom na rôzne kapacity pecí pozri Obrázok 2.46 a tabuľku 2.36
(4) V prípade systémov pecí, pri ktorých sa zvyčajne odkazuje na denné priemery, sa používa suchý plyn, 273 K, 101,3 kPa a 11 % O₂
(5) kg/t vápna na základe:
• 3 000 Nm³/t vápna pre ASK a PFRK,
• 3 700 Nm³/t vápna pre PRK,
• 5 000 Nm³/t vápna pre LRK.
(6) Úroveň môže byť vyššia v závislosti od špecifikácií výrobku, pozri oddiel 2.3.3.2 a obrázok 2.36
(7) Závisí od počiatočnej úrovne NO_x
(8) V roku 2007 sa SNCR uplatňovala len na pece Lepol s roštom; jedna pec na výrobu vápna (rošt Lepol) bola vybavená SNCR
(9) Finančné odhady založené na predbežných testoch s odkazom na kapacitu pece 1 000 t/deň a počiatočnú emisiu do 1 500 mg NO_x/Nm³
(10) V závislosti od použitého katalyzátora, pozri oddiel 2.4.6.1.5
(11) Podobne ako v odvetví výroby cementu (pozri tabuľku 1.34 v oddiele 1.4.5.1, v oddieloch 1.4.8.2 a oddiele 2.4.6.1.5), avšak v súvislosti s vyšším špecifickým objemom v peciach na výrobu vápna sa očakáva, že investičné náklady budú vyššie v odvetví výroby vápna v porovnaní s odvetvím výroby cementu

Okrem toho z obrázka 2.36 (oddiel 2.3.3.2) vyplýva, že emisie NO_x vo vertikálnych šachtových peciach sú vo všeobecnosti nižšie ako v rotačných peciach z dôvodu teplotnej závislosti, ktorá je výsledkom výroby rôznych druhov vápna pomocou rôznych druhov pecí na výrobu vápna. Ako je znázornené na obrázku 2.36, približne 68 % emisií NO_x z rotačných pecí je nižších ako 500 mg/Nm³ (jednotlivé merania na mieste, ktoré trvajú najmenej pol hodiny) a približne 60 % emisií NO_x zo šachtových pecí je nižších ako 100 mg/Nm³. Takisto približne 80 % PFRK, MFSK a OSK a približne 50 % ASK dosahuje hodnoty emisií NO_x <100 mg/Nm³, merané ako polhodinové hodnoty (pozri oddiel 2.3.3.2).

2.4.6.1.1 Optimalizácia procesu

Opis

Na zníženie emisií NO_x sa môže použiť optimalizácia procesu, ako je plynulosť a optimalizácia prevádzky zariadenia a/alebo homogenizácia dodávok paliva a surovín. Významné parametre optimalizácie riadenia procesu v peci na výrobu vápna, ktorých optimalizácia môže mať pozitívny vplyv na emisie NO_x, sú:

- miera tepelného obohatovania,
- úroveň teploty výpalu,
- prebytok vzduchu,

- teplota sekundárneho vzduchu,
- tlak prúdového vzduchu,
- jemnosť mletého uhlia,
- obsah prchavých látok v palive,
- pozíciu, dĺžku a teplotu plameňa.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie emisií a spotreby energie.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Nebol hlásený žiadny dosah na viaceré zložky životného prostredia.

Prevádzkové údaje

Ako ukazuje obrázok 2.36, približne 68 % emisií NO_x z rotačných pecí je nižších ako 500 mg/Nm^3 (jednotlivé merania, ktoré trvajú najmenej pol hodiny) a približne 60 % emisií NO_x zo šachtových pecí je nižších ako 100 mg/Nm^3 . Okrem toho približne 80 % PFRK, MFSK a OSK a približne 50 % ASK dosahuje hodnoty emisií $\text{NO}_x < 100 \text{ mg/Nm}^3$, merané ako polhodinové hodnoty (pozri oddiel 2.3.3.2).

Uplatniteľnosť a hospodárske vplyvy

Optimalizácia a riadenie procesu sa môže uplatniť pri výrobe vápna, ale treba poznamenať, že v praxi sa zahrievacie krivky procesu výpalu vo vápennom priemysle optimalizujú v súlade s kvalitou výrobku a spotrebou energie. Preto sa môžu meniť zahrievacie krivky len vtedy, ak to umožňujú technické vlastnosti konečného výrobku, a pri zmene zahrievacích kriviek z dôvodu emisií by sa mali zohľadniť dodatočné náklady.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v EÚ 27.

[54, EuLA 2006], [168, TWG CLM 2007].

2.4.6.1.2 Postupné spaľovanie

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Vzduchovú fázu možno v princípe použiť aj na rotačné pece na výrobu vápna. Znížením množstva kyslíka v primárnych reakčných zónach sa vytvorí redukčná zóna. Vysoké teploty v tejto zóne sú veľmi priaznivé pre reakciu, ktorá opätovne premení NO_x na základný dusík. V nasledujúcich zónach spaľovania sa množstvo vzduchu a kyslíka zvýši, aby došlo k oxidácii vytvorených plynov. Účinné miešanie vzduchu a plynu v zóne spaľovania je potrebné na zabezpečenie udržania nízkych úrovní CO a NO_x .

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadne ďalšie informácie nie sú k dispozícii.

Prevádzkové údaje

V roku 2007 sa v EÚ ešte netestovala vzduchová fáza v odvetví výroby vápna.

Uplatniteľnosť

V roku 2007 sa v odvetví vápna v EÚ 27 postupné spaľovanie nikdy neuplatnilo, avšak testy ukázali, že je v zásade uplatniteľné na rotačné pece, ale nie na rotačné pece, v ktorých sa vyrába tvrdé pálené vápno. Postupné spaľovanie nie je uplatniteľné na šachtové pece.

Hospodárske vplyvy

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

V roku 2008 neboli v EÚ 27 žiadne vzorové vápenky.

[54, EuLA 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

2.4.6.1.3 Nízkoemisné horáky NO_x

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Emisie oxidov dusíka závisia najmä od kvality vyrábaného vápna a konštrukcie pece a vzniká pri výpale pri teplotách nad 1 300 °C. Tieto emisie NO_x možno minimalizovať prevádzkou špeciálnych nízkoemisných horákov NO_x. Tieto horáky sú užitočné na zníženie teploty plameňa, a tým na zníženie tepelných a (do určitej miery) palivových NO_x. Zníženie emisií NO_x sa dosahuje prívodom oplachového vzduchu na zníženie teploty plameňa alebo pulznou prevádzkou horákov.

Spaľovaný vzduch prichádzajúci cez horák do pece, takzvaný „primárny vzduch“, sa delí na dva prúdy, „vírivý vzduch“ a „axiálny vzduch“. Axiálny vzduch prúdi takmer rovnobežne s osou horáka, zatiaľ čo vírivý vzduch má axiálnu a tangenciálnu zložku. Vírivý vzduch aj axiálny vzduch sú potrebné pre tvar plameňa a zabezpečenie jeho stability.

Nízkoemisné horáky NO_x sú konštruované tak, aby znižovali podiel primárneho vzduchu, čo vedie k nižšej tvorbe NO_x, zatiaľ čo bežné viackanálové horáky pracujú s podielom primárneho vzduchu 10 až 18 % z celkového spaľovaného vzduchu. Vyšší podiel primárneho vzduchu spôsobí vytvorenie krátkodobého a intenzívneho plameňa pri prvotnom premiešaní horúceho sekundárneho vzduchu a paliva. To má za následok vysoké teploty plameňa spolu s tvorbou veľkého množstva NO_x, čomu sa dá predísť použitím nízkoemisných horákov NO_x.

Pri používaní rôznych druhov odpadu je dôležité veľmi dobre prispôsobiť techniku horáka odpadovému palivu, najmä v prípade výmeny paliva alebo pri používaní kvapalných odpadových palív.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadne problémy.

Prevádzkové údaje

V prípade *kruhovej šachtovej pece* boli získané pozitívne skúsenosti s horákmi (prietok paliva 30 – 150 kg/h), ktoré rozprašujú palivo pomocou vysokotlakového vstrekovania vzduchu (6 barov). Okrem toho sa optimalizuje prietok spaľovaného vzduchu a tvar plameňa. V rokoch 2005 a 2006 boli namerané úrovne emisií NO_x <200 mg/Nm³ (štandardný stav, 10 % kyslíka). Keďže obsah dusíka a vody v palivách môže ovplyvniť úroveň emisií NO_x, je potrebné poznamenať, že ako palivo bol použitý ťažký vykurovací olej [46, Nemecko 2006], [157, Nemecko 2007].

Uplatniteľnosť

Nízkoemisné horáky NO_x boli inštalované do rotačných pecí a môžu byť tiež použité v kruhových šachtových peciach za určitých špecifických podmienok (vysoký podiel primárneho vzduchu). Priamy prenos techniky nízkoemisných horákov NO_x z cementárenských pecí na pece na výrobu vápna nie je jednoduchý. V cementárenských peciach sú teploty plameňa vyššie a na zníženie vysokých počiatočných úrovní „tepelných NO_x“ boli vyvinuté nízkoemisné horáky NO_x. Vo väčšine pecí na výrobu vápna sú úrovne NO_x nižšie a „tepelné NO_x“ sú pravdepodobne menej dôležité.

Technika horáka sa musí prispôsobiť použitým palivám, t. j. konvenčným fosílnym palivám alebo odpadovým palivám. PFRK majú bezplameňové spaľovanie, takže nízkoemisné horáky NO_x nie sú pre tento typ pece použiteľné.

Hospodárske vplyvy

Investičné náklady na nízkoemisné horáky NO_x sa pohybujú v rozmedzí nákladov na konvenčné horákové techniky.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Nemecká vápenka (kruhová šachtová pec).

[38, UK 1996], [46, Nemecko 2006], [54, EuLA 2006], [157, Nemecko 2007].

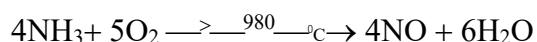
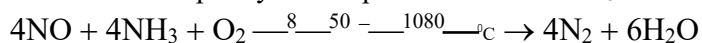
2.4.6.1.4 Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)**Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy**

V procese selektívnej nekatalytickej redukcie (SNCR) sa oxidy dusíka (NO a NO₂) zo spalín odstraňujú selektívnou nekatalytickou redukciou a premieňajú sa na dusík a vodu vstrekaním redukčného činidla do pece, ktoré reaguje s oxidmi dusíka. Ako redukčné činidlo sa obvykle používa amoniak alebo močovina. Reakcie prebiehajú pri teplote od 850 do 1 020 °C, pričom optimálne teplotné rozmedzie je obvykle od 900 do 920 °C.

Vyžaduje sa dobré premiešanie plynov a redukčného činidla, optimálna teplota vstrekovania a dostatočný čas zdržania v optimálnom teplotnom rozpätí. Keďže tieto podmienky nie je vždy ľahké dosiahnuť počas technických procesov výroby vápna, je potrebné použiť nadbytok redukčného činidla, aby sa zabezpečila dostatočná účinnosť redukcie.

Príliš vysoký pomer NH₃ : NO však môže viesť k nežiaducim emisiám amoniaku, tzv. „úniku amoniaku“. Keďže spaliny z pecí na výrobu vápna sa zvyčajne nepoužívajú, t. j. na sušenie materiálov, nie je možné amoniak ďalej zachytávať alebo adsorbovať. V peciach na výrobu vápna vápna tak môže dôjsť k úniku amoniaku oveľa ľahšie ako v iných priemyselných procesoch.

Hlavné reakcie procesu SNCR a teplotný rozsah pre vstrekovanie NH₃ sú tieto:



Dôležitým parameter je teplota. Uvedené reakcie predstavujú hlavné reakcie spomedzi množstva ďalších konkurenčných reakcií. Prvá reakcia ukazuje požadovanú redukciu oxidov dusíka na dusík. Druhá opisuje nežiaducu reakciu, pri ktorej dochádza k oxidácii amoniaku. Táto reakcia zvyčajne prebieha pri vyššej teplote a vyššom obsahu kyslíka v mieste vstrekovania. Namiesto tekutého amoniaku sa môže vykonať vstrekovanie tekutej močoviny. Výhodou močoviny je, že nie je nebezpečná, a preto sa s ňou oveľa ľahšie manipuluje.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

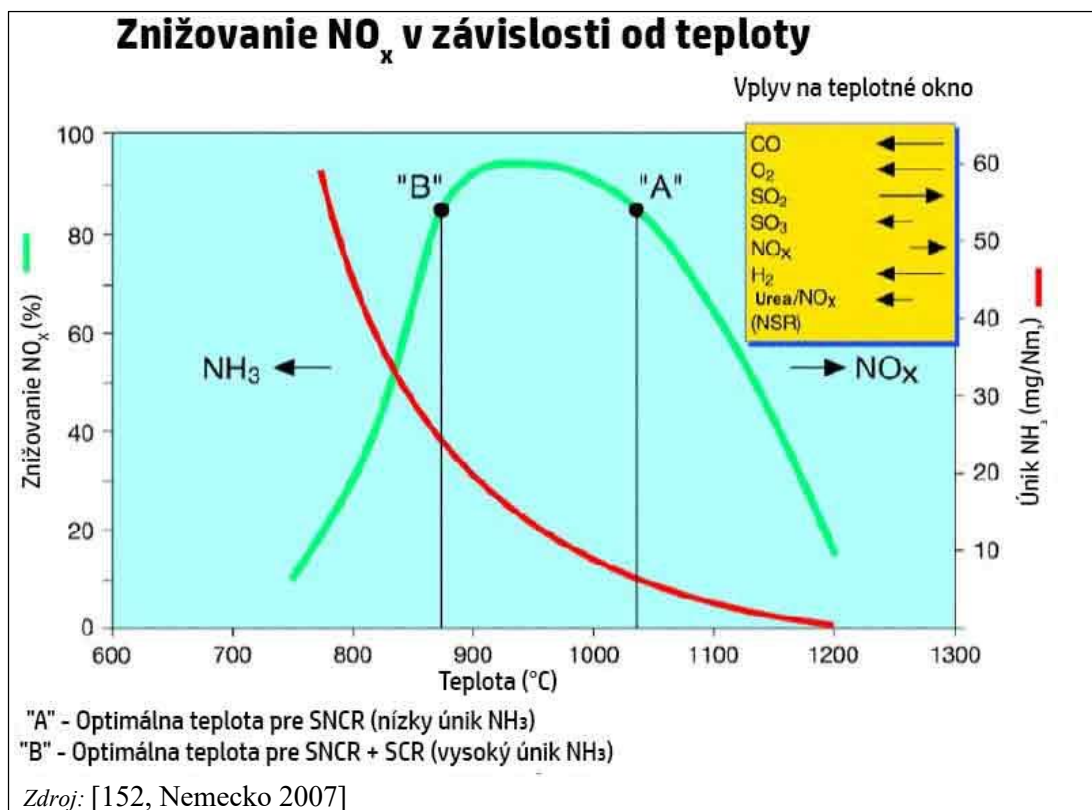
Príliš vysoký pomer NH₃ : NO môže viesť k emisiám amoniaku (únik amoniaku).

V závislosti od obmedzených miest vstrekovania vo vápencových peciach je na dosiahnutie požadovanej úrovne zníženia emisií potrebná vyššia spotreba redukčného činidla. Tým sa opäť zvyšuje riziko úniku amoniaku.

Prevádzkové údaje

Od júla 2006 sa v nemeckom odvetví výroby vápna prvý raz vykonáva pokus so selektívnou nekatalytickou redukciou (SNCR) v jednej prevádzke na fosílna palivá a odpadové palivo. Ako redukčné činidlo sa môže použiť roztok močoviny (45 %), 24,5 % hydroxid amónny a odpad obsahujúci amoniak, ktorých kvalita sa kontroluje, aby sa zabránilo vzniku nežiaducich látok. Redukčné činidlo sa vstrekuje do roštového predohrievača (rošt Lepol). Výber miesta vstrekovania (dýzy)

je dôležitý pre účinnosť a je významným kritériom pre najlepšie prevzdušnenie odpadového plynu, napríklad medzi vstupom do pece a roštom. Reakčná teplota sa pohybuje v rozmedzí 1 080 až 1 150 °C. Vzťahy medzi teplotou, únikom NH_3 a znížením NO_x sú znázornené na obrázku 2.50.



Obrázok 2.50: Zníženie emisií NO_x v závislosti od teploty

Teoretické prevádzkové údaje pre proces SNCR používaný v odvetví výroby vápna, ako je teplotné rozpätie a účinnosť zníženia, sú uvedené v tabuľke 2.39.

Tabuľka 2.39: Teoretické prevádzkové údaje pre proces SNCR

Proces	Katalyzátor	Teplotné rozpätie pre reakciu DeNO_x (°C)	Účinnosť zníženia emisií NO_x (%)
SNCR	Bez katalyzátora NH_3 a $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ (močovina) vstrekaná priamo do spaľovacej komory	850 – 1 150	30 – 80

Zdroj: [93, EuLA 2006], [152, Nemecko 2007]

Na príklade prevádzky v nemeckom Flandersbachu je možné dosiahnuť účinnosť redukcie 50 až 70 %, čo umožňuje udržať úroveň emisií NO_x pod 500 mg NO_x/Nm^3 ako denný priemer (štandardný stav, 10 % O_2). Vyššie stupne znižovania emisií sú v zásade možné, ale okamžité vedú k masívnym únikom amoniaku. Merania vykonané pri rôznych procesných a vstrekovacích podmienkach ukázali, že emisie oxidu dusného (N_2O) zostáva vždy pod 10 mg/ Nm^3 [93, EuLA 2006], [152, Nemecko 2007].

Uplatniteľnosť

Pri výrobe vápna sa SNCR uplatňuje v rotačných peciach s predohrievačom (rošt Lepol).

V prípade zvislých pecí (ktoré predstavujú viac ako 90 % z celkového počtu pecí v EÚ 27) v roku 2007 ešte nie je technicky možné vykonávať úpravu SNCR, pretože teplota plynu je hlboko pod 200 °C.

V dlhých rotačných peciach nie je použitie techniky SNCR praktické, pretože zóna s optimálnym teplotným rozpätím sa nachádza v rotujúcej časti pece. V roku 2007 nie je prístup do tejto časti pece možný a je možné používať len primárne techniky.

V rotačných peciach s predohrievačom teoreticky procesné podmienky umožňujú použitie techniky SNCR, ale len v niektorých špecifických oblastiach, kde sú teploty v ideálnom rozsahu 950 až 1 050 °C (podmienky nespĺňajú všetky PRK, len pece s roštom Lepol). Možnosti nastavenia a optimalizácie miesta vstrekovania (aby sa redukčné činidlo vstrekovalo pri správnej teplote a koncentrácii kyslíka) sú teda pomerne obmedzené. Okrem toho sa vyžaduje minimálny čas zdržania spalín v tomto teplotnom rozpätí:

- na odparenie redukčného činidla (močoviny alebo kvapalného amoniaku),
- aby sa mohlo čo najhomogénnejšie rozmiestniť po celej sekcii
- a redukčné činidlo mohlo reagovať s oxidmi dusíka.

V praxi nemusia byť v rotačných peciach s predohrievačom splnené obe podmienky. V prípade zariadení vybavených zvislými predohrievačmi je čas zdržania spalín v ideálnom teplotnom rozpätí pravdepodobne príliš krátky na to, aby umožnil úplnú reakciu s oxidmi dusíka v celej sekcii. V prípade rotačných pecí vybavených stupňovými predohrievačmi sú tieto podmienky ľahšie splniteľné. Praktické skúsenosti však tiež ukazujú, že účinnosť SNCR môže byť oveľa nižšia, ako sa očakávalo, ako ukazuje nasledujúci príklad z Nemecka, kde sa skúšky DeNO_x vykonali na peci s predohrievačom, ktorá bola v podstate identická s vyššie uvedenými nemeckými pecami (pozri prevádzkové údaje). Množstvo močoviny pri vstrekaní nad rošt Lepol muselo byť obmedzené na molárny pomer NH₂ : NO₂ 1 : 2, aby sa obmedzili masívne emisie amoniaku a amónnych solí v komíne. Test bol v skutočnosti zastavený okamžite po tom, ako sa na komíne objavil biely dym. Kontinuálne monitorovanie emisií NO_x ukázalo mierny pokles emisií NO_x počas vstrekovania močoviny z približne 400 na približne 300 mg/Nm³. Emisie amoniaku z pece bez vstrekovania močoviny sa pohybovali v rozmedzí 3 až 8 mg/Nm³ v porovnaní s menej ako 0,7 mg/Nm³, ktoré sa zvyčajne merajú v rotačných peciach. Na použitie SNCR v rotačných peciach s predohrievačom s roštom Lepol sú však potrebné komplexné testovacie fázy a úpravy, ktoré sa musia vykonať vopred.

Hospodárske vplyvy

V prípade vzorovej prevádzky v nemeckom Flandersbachu boli investičné náklady podobné tým, ktoré uvádza odvetvie výroby cementu, t. j. od 0,5 milióna EUR do 1,2 milióna EUR, pozri oddiel 1.4.8.2). V tomto závode bolo zariadenie v prevádzke len krátke obdobie (niekoľko týždňov) v roku 2007 a v súčasnosti je ťažké presne posúdiť prevádzkové náklady. Finančné odhady založené na predbežných testoch ukazujú, že prevádzkové náklady by mohli byť podobné tým, ktoré uvádza odvetvie výroby cementu, t. j. 0,1 až 1,7 EUR na tonu vápna pri kapacite pece 1 000 t/deň a počiatočných emisiách NO_x do 1 500 mg/Nm³.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenka Flandersbach, Nemecko.

[46, Nemecko 2006] [54, EuLA 2006], [57, Európska komisia 2005], [93, EuLA 2006], [152, Nemecko 2007], [168, TWG CLM 2007].

2.4.6.1.5 Selektívna katalytická redukcia (SCR)**Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy**

Selektívna katalytická redukcia (SCR) vykonáva operáciu v teplotnom rozsahu 300 – 400 °C. NO a NO₂ sa znižujú na N₂ pomocou NH₃ a katalyzátora.

Bez ohľadu na typ použitého redukčného činidla si proces SCR vyžaduje dobré premiešanie plynu a činidla, optimalizovanú teplotu vstrekovania a dostatočný čas zadržania v optimálnom teplotnom rozpätí. Použitie redukčného činidla zabezpečuje dostatočnú účinnosť redukcie. Vo všeobecnosti možno SCR prevádzkovať takmer stechiometricky a stále sa dosahuje vysoká účinnosť redukcie. Spaliny z pecí na výrobu vápna sa zvyčajne nevyužívajú, t. j. na sušenie materiálov. Amoniak nie je možné ďalej zachytávať ani adsorbovať. Pozri aj oddiel 1.4.5.1.8.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Používanie katalyzátorov zvyšuje prevádzkové náklady a musí sa recyklovať alebo likvidovať. V prípade vysokej koncentrácie prachu sa môže zvýšiť potreba energie v dôsledku vnútorného odprašovacieho systému reaktora SCR a dodatočných tlakových strát.

Systémy s nízkym obsahom prachu si vyžadujú opätovné ohrievanie výfukových plynov po odprašení, čo môže spôsobiť dodatočné náklady na energiu a tlakové straty.

Prevádzkové údaje

Teoretické prevádzkové údaje, ako sú teplotné rozsahy a miery redukcie potrebné na použitie tejto techniky redukcie NO_x v odvetví výroby vápna, sú uvedené v tabuľke 2.40.

Tabuľka 2.40: Teoretické teplotné rozsahy a miery znižovania emisií potrebné pre proces SCR

Proces	Katalyzátor	Teplotné rozpätie pre reakciu DeNO _x (°C)	Účinnosť redukcie emisií NO _x (%)
SCR	Kov oxidovaný na keramických telesách	280 – 450	70 – 90
	Molekulové sitá	380 – 480	70 – 90
Zdroj: [93, EuLA 2006]			

Uplatniteľnosť

Selektívnu katalytickú redukciu možno v zásade využiť pre rotačné pece na výrobu vápna s cieľom znížiť emisie NO_x. V roku 2007 však európske odvetvie výroby vápna nemalo s touto technikou znižovania NO_x žiadne skúsenosti, pretože SCR sa ešte nepoužíva.

Pokiaľ ide o použitie SCR v odvetví výroby vápna, je potrebné preskúmať niekoľko parametrov, napr.:

- vysoký prachový náboj,
- vysoký špecifický objem plynu,
- otázku kovových alkalických látok,
- investičné, prevádzkové a údržbové náklady.

Hospodárske vplyvy

Údaje o nákladoch na SCR používanú v odvetví výroby cementu sú uvedené v oddiele 1.4.5.1.8 a v oddiele 1.4.8.2.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

V roku 2008 neboli v EÚ 27 k dispozícii žiadne vzorové vápenky. [54, EuLA 2006], [168, TWG CLM 2007].

2.4.6.2 Zníženie emisií SO₂

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Emisie SO₂, najmä z rotačných pecí, závisia od obsahu síry v palive, konštrukcie pece a požadovaného obsahu síry vo vyrábanom vápne. Výber palív s nízkym obsahom síry preto môže obmedziť emisie SO₂, rovnako ako výroba vápna pomocou palív s vyšším obsahom síry.

Na zníženie emisií SO₂ sú k dispozícii techniky pridávania absorbentov, ako sú kaskádové adsorbéry s pevným lôžkom, modulové adsorbéry a suché čistenie plynu pomocou filtra (textilný filter alebo elektrostatický odlučovač). Používanie absorbentov na zníženie emisií SO₂ je v iných priemyselných odvetviach dobre zavedené, avšak v rotačných peciach na výrobu vápna sa zatiaľ nepoužíva. Pri použití v rotačných peciach možno zvážiť tieto techniky:

- Použitie jemného vápenca: Pri priamej rotačnej peci dávkovanej dolomitom sa zistilo, že k výraznému zníženiu emisií SO₂ môže dôjsť pri vstupných kameňoch, ktoré buď obsahujú veľkú úroveň jemne deleného vápenca, alebo sú náchylné na rozpad pri teple. Jemne rozdrobený vápenec sa vypaľuje, dostáva sa do pecných plynov a odstraňuje SO₂ na ceste do prachového odprašovača a v ňom.
- Vstrekovanie vápna do spaľovaného vzduchu: Patentovaná technika (EP 0 734 755 A1) opisuje zníženie emisií SO₂ z rotačných pecí vstrekaním jemne deleného páleného alebo hydratovaného vápna do vzduchu privádzaného do výpalného krytu pece.
- Vstrekovanie absorbentu do odpadových plynov: Uznávanou technikou na zníženie koncentrácie SO₂ v plynných emisiách je:
 - vstreknúť absorbent (napr. hydratované vápno alebo hydrogenuhličitan sodný) do prúdu plynu a
 - zabezpečiť dostatočný čas zadržania plynu medzi miestom vstrekovania a odlučovačom prachu (najlepšie textilným filtrom), aby sa dosiahla účinnosť absorpcie.

V roku 2007 neboli v žiadnej európskej prevádzke nainštalované zariadenia na znižovanie emisií SO₂. V niektorých prípadoch sa však na zníženie emisií SO₂ používa vstrekovanie hydratovaného vápna [54, EuLA 2006].

V tejto súvislosti možno užitočné informácie o sorpčných prevádzkach nájsť v referenčnom dokumente o najlepších dostupných technikách pre spoločné systémy úpravy odpadových vôd a odpadových plynov v chemickom sektore [58, Európska komisia 2003].

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Prevádzkové údaje

Výsledky testovacích meraní ukazujú, že okrem niekoľkých dlhých rotačných pecí, ktorých je v EÚ 27 menej ako 26, dosahuje väčšina pecí na výrobu vápna (PFRK, ASK, MFSK, OSK, PRK) menej ako 50 mg/Nm³, a to v dôsledku prirodzeného sklonu vápna zachytávať síru (pozri oddiel 2.3.3.3). Okrem toho, pri použití odpadu ako paliva, môže väčšina pecí na výrobu vápna dosiahnuť menej ako 50 mg/Nm³.

Uplatniteľnosť

Techniky pridávania absorbentov na zníženie emisií SO₂ možno v zásade použiť v odvetví výroby vápna. V roku 2007 sa však neuplatňovali.

Uvedené techniky si možno zaslúžia ďalšie skúmanie, aby sa dali prispôbiť na použitie v rotačných peciach na výrobu vápna.

Hospodárske vplyvy

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v EÚ 27.

[54, EuLA 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

2.4.6.3 Zníženie emisií CO

Opis

Výber surovín s nízkym obsahom organických látok, ak je to možné, tiež znižuje emisie CO. Výber surovín však závisí od typu použitej pece a/alebo typu vyrábaného vápna, napr. pri výrobe hydraulického vápna.

Riadenie núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO

Počas zvýšených úrovní CO v spalinách sa musia ESP z bezpečnostných dôvodov vypnúť.

Technika riadenia núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO, ktorá sa vyvíja pre cementárske pece vybavené elektrostatickými odlučovačmi (ESP), môže byť za určitých okolností uplatniteľná aj na rotačné pece na výrobu vápna vybavené ESP. Miera emisií prachu (kg/t výrobku) po deaktivácii ESP je však v prípade pecí na výrobu vápna vo všeobecnosti oveľa nižšia ako v prípade cementárenských pecí, a to z dôvodu relatívne hrubej veľkosti vápenca a absencie recyklácie prachu.

Informácie týkajúce sa kontroly núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO a usmernenie nájdete v oddiele 1.4.5.3 a v oddiele 6.2.6.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO, emisií CO a emisií prachu.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO môžu viesť k výbuchom v ESP.

Prevádzkové údaje

Z PFRK, LRK, PRK, OSK sú zaznamenávané emisie CO v rozsahu <100 – <500 mg/Nm³ (výsledky jednotlivého testu) (pozri tabuľku 2.38 v oddiele 2.3.3.4.2). V prípade ASK a MFSK budú z technických dôvodov potrebné vyššie úrovne emisií CO.

V špeciálnom prípade výroby hydraulického vápna sa obsah organického uhlíka v surovinách zvyčajne pohybuje v rozmedzí 0,8 – 5 %.

Uplatniteľnosť

Riadenie núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO sa v zásade môže použiť na rotačné pece.

Hospodárske vplyvy

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v EÚ 27.

[54, EuLA 2006], [83, CEMBUREAU 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

2.4.6.4 Zníženie celkového objemu emisií organického uhlíka (TOC)

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Emisie VOC sa zvyčajne merajú ako celkový objem organického uhlíka (TOC) a často súvisia s emisiami CO, ktoré sú výsledkom neúplného spaľovania paliva. Keďže prevádzkovateľ má tendenciu obmedzovať emisie CO z pecí, emisie VOC zostávajú vo všeobecnosti nízke. Na udržanie nízkych emisií TOC sa môže použiť optimalizácia procesu, ako je plynulosť a optimalizácia prevádzky zariadenia, procesu spaľovania a/alebo homogenizácia paliva a prísunu surovín.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadne problémy.

Prevádzkové údaje

Vo veľmi obmedzenom počte prípadov, keď surový vápenec obsahuje organické látky do 0,1 %, môžu byť prchavé organické zlúčeniny emitované nepretržite.

V prípade ASK, LRK a PRK sa emisie VOC vyskytujú len počas krátkych období počas nábehu alebo nestability, čo vedie k emisiám pod 10 mg/Nm³ (eqC). V prípade PFRK proces zahŕňa cyklické zmeny podmienok spaľovania každých 10 až 12 minút. Preto sú úrovne emisií VOC mierne vyššie ako úrovne zistené pri iných typoch pecí.

Suroviny používané na výrobu hydraulického vápna obsahujú vysoké množstvo organických látok v typickom rozsahu 0,8 – 5 % (vyjadrené ako TOC), čo vedie k vyšším emisiám TOC ako pri výrobe konvenčného vápna.

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sú v princípe uplatniteľné na pece na výrobu vápna.

Hospodárske vplyvy

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v EÚ 27.

[129, EuLA 2006], [182, TWG CLM 2008].

2.4.6.5 Zníženie chlorovodíka (HCl) a fluorovodíka (HF)

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Používanie palív s nízkymi úrovňami chlóru a fluóru môže znížiť emisie chlóru a fluóru. Väčšinu chlóru, ktorý je prítomný v surovinách a palivách, zachytáva nehasené vápno.

Vo zvislých peciach zabezpečuje účinný kontakt medzi pecnými plynmi a vápnom/vápnom účinnú absorpciu HCl. Emisie HCl zo šachtových pecí však závisia najmä od zlúčenín chlóru vo vápenci. Pri spaľovaní suchého vápenca bývajú emisie HCl vyššie. V niektorých prípadoch možno emisie HCl znížiť vstrekaním vody do plynu.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadne problémy.

Prevádzkové údaje

Obsah chlóru je vyšší v dolomite (100 až približne 1 000 ppm) ako vo vápenci (10 až 150 ppm).

Pri používaní odpadu ako palív boli zaznamenané emisie HCl 10 mg/Nm³ a HF 1 mg/Nm³ (pozri tabuľku 2.27 v oddiele 2.3.3.7).

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sú v zásade uplatniteľné v odvetví výroby vápna.

Hospodárske vplyvy

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Miestne
podmienky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v EÚ 27.

[46, Nemecko 2006], [182, TWG CLM 2008].

2.4.7 Zníženie emisií polychlórovaných dibenzo-p-dioxínov (PCDD) a polychlórovaných dibenzofuránov (PCDF)

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

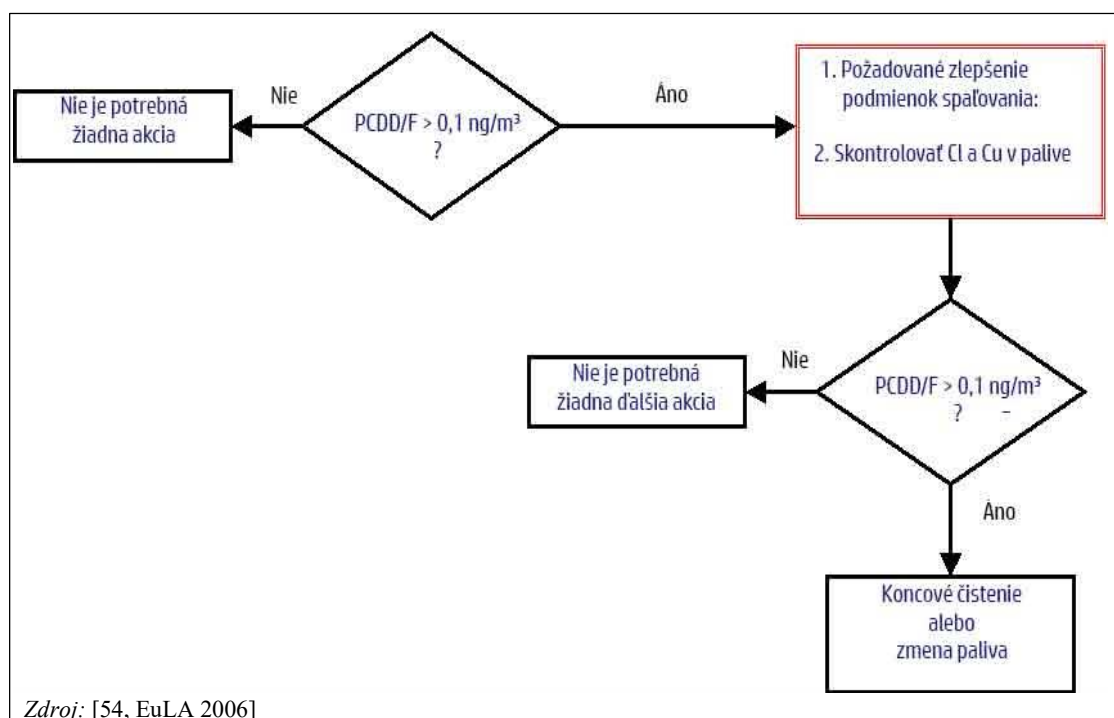
Suroviny alebo palivá, ktoré obsahujú chloridy, môžu potenciálne spôsobiť vznik PCDD a PCDF v ktorejkoľvek z procesných zón, kde sa teplota pohybuje v rozmedzí od 300 do 450 °C.

Ak sa odpad používa ako palivo, môže sa zvýšiť obsah chlóru v palivách, ako aj emisií.

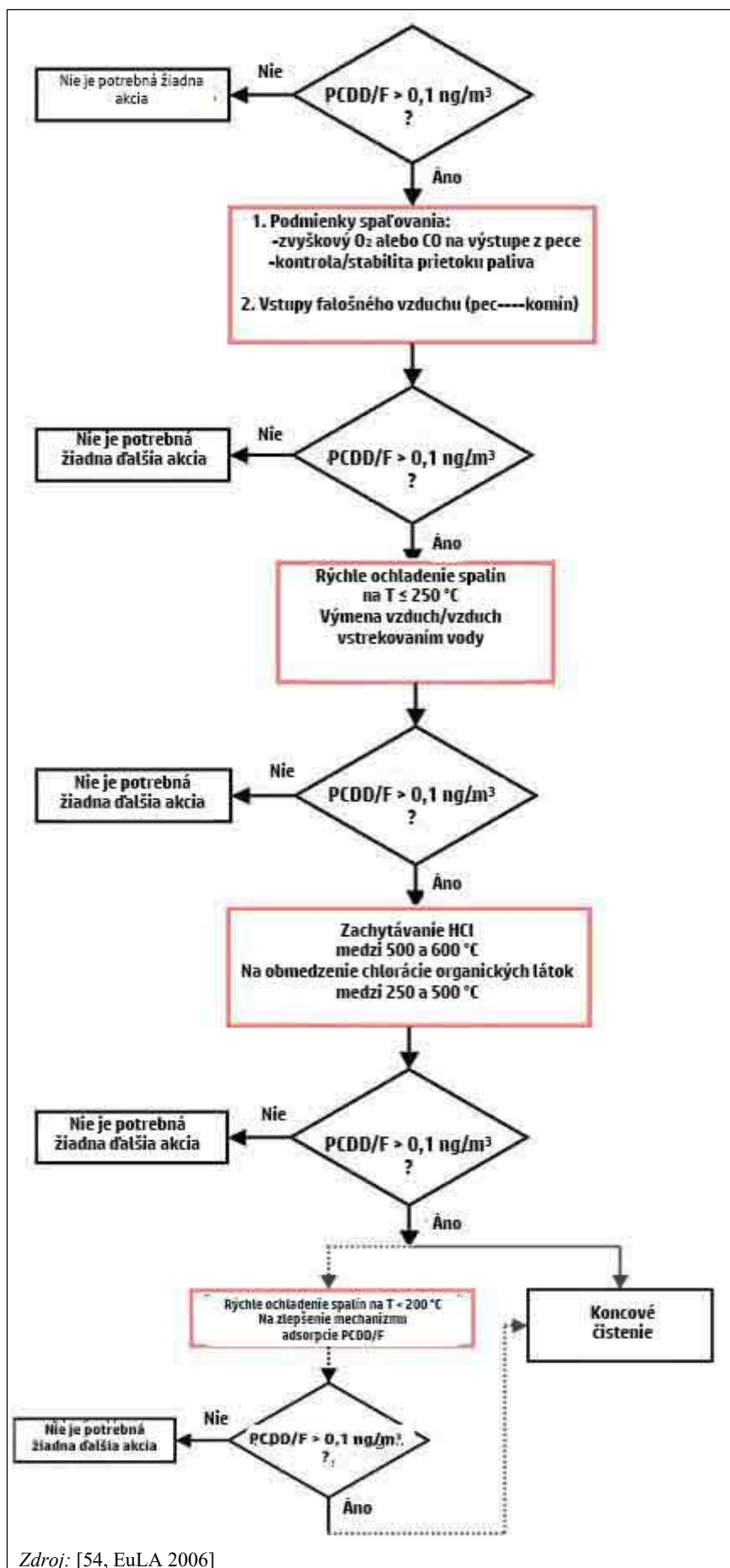
Z príslušnej literatúry o výrobe vápna sú známe tieto kľúčové pravidlá týkajúce sa vzniku PCDD/F:

- obmedziť čas zadržania spalín v zónach s teplotou od 300 do 450 °C,
- obmedziť obsah kyslíka v tých istých zónach.
- obmedziť prísun medi prostredníctvom paliva z dôvodu jej katalytických vlastností pri syntéze PCDD/F.

Na základe týchto pravidiel by sa mohol navrhnuť akčný plán podľa vývojového diagramu uvedeného na obrázku 2.51 a 2.52.



Obrázok 2.51: Vývojový diagram emisií PCDD/F vo zvislých peciach na výrobu vápna



Obrázok 2.52: Vývojový diagram emisií PCDD/F v rotačných peciach (LRK, RPK)

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Používanie odpadov môže ovplyvniť obsah chlóru v palivách a emisie sa môžu zvýšiť.

Prevádzkové údaje

Údaje o emisiách PCDD/F v rozsahu od 0,005 do 0,07 ng I-TEQ/Nm³ boli hlásené z rôznych druhov pecí na výrobu vápna (pozri oddiel 2.3.3.6). Z poskytnutých údajov vyplýva, že namerané priemerné emisie PCDD pre všetky druhy pecí na výrobu vápna v EÚ 27 sú nižšie ako 0,1 ng I-TEQ/Nm³. Táto hodnota emisií je relevantná pri používaní odpadu ako palív v procese. Pri spalovaní odpadu sa musia dodržiavať požiadavky kapitoly IV a prílohy VI k smernici 2010/75/EÚ.

Prebiehajú však výskumy s cieľom zlepšiť pochopenie vzniku PCDD vo vápenkách, aby sa zabezpečilo, že v budúcnosti budú emisie vždy pod úrovňou 0,1 ng I-TEQ/Nm³ pri použití palív s vyšším obsahom chlóru.

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sa v zásade môžu použiť aj v peciach na výrobu vápna. Odpadové palivá sa pred použitím analyzujú.

Hospodárske vplyvy

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v EÚ 27.

[54, EuLA 2006], [182, TWG CLM 2008].

2.4.8 Zníženie emisií kovov**Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy**

Do systému pece by sa nemalo privádzať palivo s vysokým obsahom kovu. Okrem toho by sa malo kontrolovať najmä používanie materiálov s vysokým obsahom prchavých kovov, ako sú Hg a Tl.

Starostlivý výber a zaručené vlastnosti látok vstupujúcich do pece môžu znížiť emisie, napr. použitím systému zabezpečenia kvality na zaručenie vlastností použitých odpadových palív (pozri oddiel 2.4.4). Okrem toho je potrebné venovať osobitnú pozornosť ortuti. Vzhľadom na prchavosť ortuti sa môžu vyskytnúť príslušné vyššie úrovne emisií ortuti. Preto je potrebné kontrolovať a v prípade potreby obmedziť vstup ortuti prostredníctvom odpadových palív (pozri oddiel 2.3.3.10).

Účinné odstraňovanie prachu znižuje emisie kovov, pretože emitované kovy (okrem časti ortuti) sú do veľkej miery viazané na prach. Okrem toho je možné využiť absorpciu na aktívnom uhlí.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Zariadenia na odstraňovanie prachu zvyšujú spotrebu elektrickej energie v dôsledku vyšších tlakových strát.

Prevádzkové údaje

Ako je uvedené v tabuľke 2.28 (pozri oddiel 2.3.3.9), hodnoty emisie kovov sa pohybujú v rozmedzí 0,01 –

0,1 mg/Nm³. V prípade olova a zinku možno v niektorých špecifických prípadoch s vyššou emisiou prachových častíc pozorovať hodnoty až do 0,40 mg/Nm³.

Pri používaní odpadu sa zistilo, že namerané emisie ortuti sú nižšie ako 0,03 mg/Nm³, merané ako priemerná denná hodnota alebo 0,05 mg/Nm³, merané ako priemerná polhodinová hodnota. V prípade kadmia a tália spolu boli namerané emisie nižšie ako 0,05 mg/Nm³, merané ako polhodinová priemerná hodnota, a v prípade súčtu arzénu, kobaltu, chrómu, medi, mangánu, olova, antimónu, cínu a vanádu boli namerané emisie nižšie ako 0,5 mg/Nm³, merané ako polhodinová priemerná hodnota (obsah kyslíka 10 %) (pozri oddiel 2.3.3.10.1) [46, Nemecko 2006].

Uplatniteľnosť

Toto opatrenie/techniku možno použiť v odvetví výroby vápna.

Hospodárske vplyvy

Účinné odstraňovanie prachu môže zabrániť vysokým nákladom na filtre s aktívnym uhlím. Požadovaný systém zabezpečenia kvality, ktorý zaručuje vlastností materiálov dodávaných do pece, môže mať za následok dodatočné náklady.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v EÚ 27.

[46, Nemecko 2006], [51, EuLA 2006], [54, EuLA 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

2.4.9 Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu

2.4.9.1 Všeobecné aspekty opätovného využitia tuhých procesných strát/odpadu ako suroviny

Tento oddiel sa zaoberá možnosťami redukcie množstva tuhého odpadu vznikajúceho v niekoľkých fázach výrobných procesov vápna.

Prach zachytený pri nakladaní, vykladaní, preprave, mechanickej manipulácii a procese surovín možno bežne opätovne použiť ako suroviny. Napríklad pri skladovaní surovín sa môže všetok prach z filtrov vracať priamo do výrobného procesu alebo do sila, ak sa používa miestne čistenie vzduchu pomocou horného filtra sila.

Oddelený prach zachytený z textilných filtrov mletia, triediacich/preosievacích prevádzok, mlynov, hydratačných prevádzok alebo nakladania je vypálené vápno, ktoré sa môže miešať s produktom alebo sa opätovne používa v cementárňach, najmä ak sa cementáreň a vápenky nachádzajú na jednom mieste [66, Rakúsko 2006].

Prach pochádzajúci zo systému čistenia plynu sa môže opätovne použiť len za určitých okolností, pretože tento prach môže obsahovať znečisťujúce látky, ako sú vysoké koncentrácie síry, fluóru a kovov, najmä pri spoluspalovaní odpadu. Vo väčšine prípadov je zachytený prach tvorený najmä uhličitanom vápenatým s rôznym množstvom oxidu vápenatého, palivového popola a ílu. Využitie zachyteného prachu je rôzne, od zapracovania do komerčných výrobkov (napríklad stavebné vápno, vápno na stabilizáciu pôdy, hydratované vápno a peletované výrobky) až po skládkovanie.

Zachytená suspenzia, ktorá vzniká pri čistení spalín pomocou mokrých práčok, sa usadzuje, roztok sa spravidla recykluje a mokré pevné látky sa vo väčšine prípadov skládkujú. Oddelené vedenie rôznych prúdov odpadových plynov preto uľahčuje optimálne využitie strát z prachových procesov. Sadrovec, ktorý vzniká pri čistení spalín, sa nemôže opätovne použiť v procese výroby vápna, ale používa sa v odvetví výroby cementu ako regulátor tvrdnutia.

Materiály, ktoré sa nedajú recyklovať interne, opúšťajú prevádzku a používajú sa v iných odvetviach alebo sa dodávajú do externých zariadení na recykláciu alebo likvidáciu odpadu.

2.4.10 Hluk

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Tento oddiel sa zaoberá možnosťami zníženia hluku, ktorý sa vyskytuje v niekoľkých krokoch počas výroby vápna. Zníženie hluku je obzvlášť dôležité, pretože vápenky sa často nachádzajú v blízkosti obývaných oblastí.

Zníženie emisií hluku možno často dosiahnuť použitím techník priamo pri zdroji hluku. Zdrojmi hluku sú napríklad ťažba a spracovanie vápenca, ako aj výroba vápna, ktorá nevyhnutne zahŕňa drviace jednotky, mletie a prípravné jednotky, samotné vápencové pece, napájacie systémy pecí, pásové dopravníky, filtračné jednotky, chladiace systémy pecí atď.

Vo vápenkách sa môžu použiť rôzne techniky na zníženie hluku s cieľom znížiť úroveň hluku v záujme ochrany okolia. Najúčinnějšíu kombináciu techník je potrebné určiť individuálne pre každú prevádzku alebo výrobné miesto.

V odvetví výroby vápna sa používajú tieto technické postupy:

- vhodný výber miesta pre hlučné prevádzky,
- uzavretie hlučných činností, napr. dávkovanie vsádzky pece, vypúšťanie vápna, preprava výrobkov,
- zariadenie protihlukových bariér a výstavba protihlukových stien, napr. pri vyklápacom zariadení,
- použitie vnútorného a vonkajšieho obloženia žľabov z odolného materiálu,
- zvukovo izolované budovy, ktoré slúžia ako prístrešok pre všetky činnosti zahŕňajúce zariadenia na transformáciu materiálu,
- zvuková izolácia strojovní,
- zvuková izolácia otvorov v stenách, napr. montáž uzatváracích mechanizmov na vstupe do dopravného pásu,
- inštalovanie zariadení na pohlcovanie hluku na výstupy vetracieho vzduchu, napr. na výstup čistého plynu z odprašovacích jednotiek,
- zníženie prietoku v potrubí,
- zvuková izolácia potrubia.
- výstupné tlmiče hluku pre odsávacie komíny,
- izolácia potrubí a napokon dúchadlá, ktoré sú umiestnené v zvukovo izolovaných budovách,
- oddelenie zdrojov hluku a potenciálne rezonujúcich súčastí, napr. kompresorov a potrubí.

Existujúce alebo staršie prevádzky sa modernizujú, aby spĺňali požiadavky vnútroštátnych právnych predpisov, hoci staršie konštrukcie môžu byť spojené s ťažkosťami, ako je nedostatok priestoru na umiestnenie obloženia, prístup na údržbu, na ktorý treba myslieť, atď.

Ak nie je možné použiť vyššie uvedené techniky ochrany pred hlukom a ak nie je možné premiestniť hlučné jednotky do vnútra budovy, napr. z dôvodu veľkosti pecí a ich zariadení, musia sa vykonať sekundárne techniky ochrany pred hlukom, napr. výstavba budov alebo pestovanie stromov a kríkov medzi chráneným priestorom a hlučnou činnosťou, napr. pecou alebo skladoom. Dvere a okná krytých priestorov musia byť počas hlučnej prevádzky zatvorené.

Systémy znižovania hluku

Postupom na zníženie emisií hluku z vápeniek je vypracovanie programu znižovania hluku pre celý závod, pričom sa zohľadnia všetky zdroje hluku vo výrobnom závode, náklady na zníženie hluku, právne požiadavky, ako aj obavy okolia.

Najúčinnjší systém znižovania hluku nemusí nevyhnutne zahŕňať techniky znižovania hluku v najhlučnejšej jednotke, pretože úrovne hluku výrazne klesajú so vzdialenosťou od zdroja. Preto môže byť kombinácia techník pri zdrojoch hluku v blízkosti postihnutých oblastí účinnejšia. V niektorých prípadoch môžu na zníženie obťažovania okolia a splnenie zákonných požiadaviek stačiť organizačné techniky, ako napríklad obmedzenie nočných aktivít.

Vývoj systému znižovania hluku zvyčajne zahŕňa tieto kroky:

- uvedenie všetkých hlavných zdrojov zvuku a určenie ich úrovni akustického tlaku,
- určenie dotknutých oblastí, napr. oblastí bývania,
- počítačový výpočet šírenia hluku (na základe trojrozmerného modelovania miesta a jeho okolia),
- zoradenie zdrojov hluku podľa ich významu pre jednotlivé dotknuté oblasti (osobitne pre dennú a nočnú dobu),
- vyhodnotenie techník znižovania hluku vzhľadom na ich význam pre úroveň hluku v postihnutých oblastiach a odhadované náklady,
- identifikácia kombinácie techník s najnižšími nákladmi, ktorá zabezpečí súlad so zákonnými požiadavkami, ako aj akceptáciu v okolí [46, Nemecko 2006].

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Kvôli technikám ochrany proti hluku môžu vzniknúť dodatočné investičné náklady a náklady na údržbu.

Prevádzkové údaje

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Uplatniteľnosť

Techniky na zníženie hluku sa v zásade uplatňujú v odvetví výroby cementu (pozri oddiel 2.3.6).

Hospodárske vplyvy

Ďalšie investičné náklady môžu vzniknúť v dôsledku techník ochrany proti hluku.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Vápenky v Nemecku, vápenky v EÚ 27. [46, Nemecko 2006].

2.4.11 Všeobecné aspekty zápachu

Vo vápenkách používajúcich šachtové pece s miešaným zavážaním sa môže vyskytovať zápach v dôsledku produkovaných emisií sírovodíka (H_2S). To závisí od časti znížených alebo elementárnych foriem síry, ktoré môžu viesť k emisiám H_2S . Použitie regeneračného prídavného spaľovania s cieľom znížiť obsah H_2S v prúde plynu môže byť úspešné. V roku 2008 bola v Európe len jedna vápenka vybavená tepelným dopaľovacím zariadením na zníženie emisií H_2S , avšak len na obdobie 6 mesiacov. V európskom odvetví výroby vápna nie sú v prevádzke žiadne ďalšie regeneračné dopaľovacie zariadenia.

Zníženie obsahu síry v palivách môže byť možné na zníženie emisie zápachu.

Zápach môžu spôsobovať aj odpady, ktoré sa používajú ako palivo. Sklady odpadových materiálov môžu byť zakryté alebo sa môžu použiť systémy skladovania odpadu.

2.4.12 Nástroje environmentálneho manažérstva

Nástroje environmentálneho manažérstva sú opísané v kapitole o cemente v oddiele 1.4.12 tohto dokumentu.

2.5 Nové techniky v odvetví výroby vápna

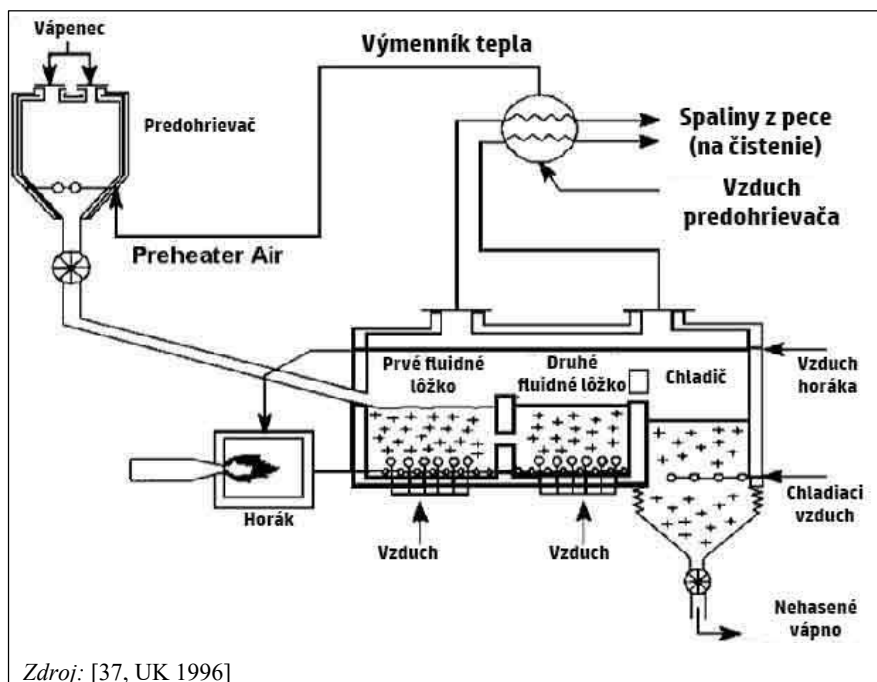
2.5.1 Kalcinácia vo fluidnom lôžku

Kalcinácia jemne deleného vápenca vo fluidnom lôžku sa v relatívne malom rozsahu praktizuje už mnoho rokov. Má niekoľko potenciálnych výhod vrátane:

- využitia prebytočných druhov jemného vápenca,
- nízkych emisií NO_x a
- nízkych emisií SO_2 pri používaní palív s vysokým obsahom síry.

Táto technika však nemá obzvlášť nízku spotrebu špecifického tepla, jemne delené produkty nie sú vhodné na mnohé aplikácie a zvyšková úroveň uhličitanu vápenatého je pomerne vysoká. Zdá sa, že počiatočné problémy s používaním tejto techniky pri peciach s výrobnou kapacitou vyššou ako 150 ton za deň boli vyriešené.

Na obrázku 2.53 je znázornená schéma pece s fluidným lôžkom. Jemný vápenec sa privádza do predohrievača pomocou vzduchu ohrievaného spalínami z pece cez výmenník tepla. Predohrievaný vápenec potom vstupuje do prvej nádoby fluidného lôžka, kde sa zvyšuje teplota a vápenec sa začína kalcinovať. Pri pálení vápenca ľahšie hasené vápno preteká cez prepádovú stenu do ďalšej nádoby fluidného lôžka, kde sa pálenie dokončí. Nehasené vápno potom prechádza cez chladič, kde sa ochladzuje okolitým vzduchom.



Obrázok 2.53: Pec s fluidným lôžkom

Hoci technika fluidného lôžka môže ponúknuť nižšie uvoľňovanie znečisťujúcich látok ako iné techniky pece na výrobu vápna, nie je dostatočne osvedčená a môže produkovať len jemné vápno s vysokou reaktivitou.

2.5.2 Bleskový kalcinátor/suspenzný predohrievač

V odvetví výroby cementu bola vyvinutá technika dodávania jemne deleného vápenca cez suspenzný predohrievač do bleskového kalcinátora. Je však vhodný len pre obmedzený rozsah kvalít vápenca a bol použitý vo veľmi malom počte zariadení. Dve pece v

Austrálii používajú túto techniku. V jednom prípade produkt z bleskového kalcinátora prechádza cez krátku rotačnú pec. Rotačná sekcia je navrhnutá tak, aby bolo možné kontrolovať % CaCO_3 a reaktivitu vápna v rámci špecifikácií zákazníka.

Táto technika je obzvlášť vhodná pre „piesočnatý“ vápenec, pretože do pece na bleskové pálenie sa môže použiť vstupný kameň s hrúbkou 0 – 2 mm. Je známe, že má vysoké náklady na investície, ktoré pravdepodobne obmedzia jeho použitie na relatívne veľké úrovne výroby (napríklad približne 500 ton/deň).

2.5.3 Keramické filtre

Keramické filtre sa v roku 2008 na peciach na pálenie vápna nepoužívali. Sú však schopné odstraňovať prach z plynov pri veľmi vysokých teplotách s účinnosťou a je možné, že pri peciach, ako sú rotačné pece, ktoré produkujú tvrdo pálený dolomit, by odprašovanie plynov pri vysokých teplotách mohlo umožniť, aby sa niektoré systémy rekuperácie tepla stali životaschopnými.

2.5.4 Dodatočné spaľovanie spalín zo šachtových pecí s miešaným zavázaním

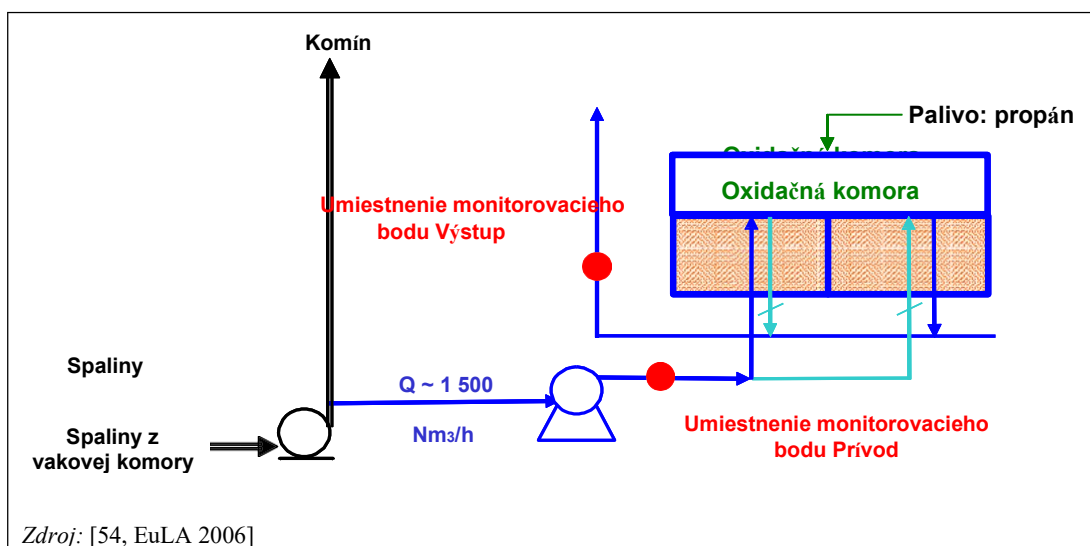
Pri úprave dymových plynov zo šachtových pecí s miešaným zavázaním možno uvažovať o dvoch hlavných technikách znižovania emisií:

- Rekuperačný tepelný oxidátor:

Hlavnou technickou výhodou tejto techniky je jej relatívne nízka citlivosť na koncentrácie prachu do 30 mg/Nm^3 . Okrem toho sa v dôsledku vysokých teplôt v oxidačnom zariadení nemôžu tvoriť amónne soli, ktoré vedú k upchávaniu a korózii. Aj za najlepších prevádzkových podmienok si však táto technika vyžaduje značný príkon dodatočnej energie (až $0,85 \text{ GJ/t}$ výkonu). Praktické skúsenosti o účinnosti znižovania znečisťujúcich látok a prevádzkových nákladoch takýchto zariadení neboli v roku 2008 vo vápennom priemysle k dispozícii.

- Regeneračný tepelný oxidátor:

Pilotné testy s použitím malého regeneratívneho oxidačného zariadenia sa uskutočnili v niekoľkých prevádzkach vybavených šachtovými pecami s miešaným zavázaním, ktoré spaľujú rôzne tuhé palivá. Oxidátor bol nainštalovaný medzi textilným filtrom a komínom v čiastočnom prúde spalín (prúd spalín: $Q < 1\,500 \text{ Nm}^3/\text{h}$), oddelené od hlavného prúdu spalín, ako je znázornené na obrázku 2.54.



Obrázok 2.54: Príklad vývojového diagramu techniky dopaľovania

Zloženie spalín na vstupe a výstupe z oxidačného zariadenia sa pozorne sledovalo počas niekoľkých hodín. Hlavné výsledky týchto testov sú zhrnuté a uvedené v tabuľke 2.41.

Tabuľka 2.41: Zloženie spalín monitorované počas niekoľkých hodín

	Látka	Priemerná koncentrácia prívodu (v sušine) (mg/Nm ³)	Priemerná koncentrácia výstupu (v sušine) (mg/Nm ³)
Prípad 1	CO	4 900	35
	TOC	32	0,1
	H ₂ S	<0,8	<0,7
Prípad 2	CO	14 650	95
	TOC	120	0,4
	H ₂ S	2	<0,8
Prípad 3	CO	6 270	51
	TOC	338	1,3
	H ₂ S	1,4	<1,2
Prípad 4	CO	10 810	95
	TOC	37	0,2
	H ₂ S	/	/
Prípad 5	CO	14 230	128
	TOC	34	0,3
	H ₂ S	20	<0,9
Prípad 6	CO	14 450	115
	TOC	53	0,5
	H ₂ S	33	<0,5
Zdroj: [54, EuLA 2006]			

Z týchto testov možno vyvodiť záver, že ak je oxidačný reaktor dobre navrhnutý, môže fungovať v automatických tepelných podmienkach (t. j. bez potreby dodatočnej energie), ak koncentrácia CO v plyne pred úpravou prekročí rozsah 1,5 až 2 %. V tomto prípade možno dosiahnuť účinnosť znižovania emisií oxidu uhoľnatého, TOC a sírovodíka vo všeobecnosti 98 %. Koncentrácia emisií CO v čistom plyne je vždy <100 mg/Nm³ [142, EnvNGO/Tebert 2007]. Na rozdiel od rekuperačného systému však toto zariadenie vyžaduje veľmi nízku koncentráciu prachu v plyne (spravidla pod 5 mg/Nm³). Ak sú teploty na výstupe príliš nízke (napr. pod 200 °C), môžu sa tvoriť amónne soli. Potom možno očakávať koróziu potrubia a/alebo nekontrolovanú emisiu prachu. Testy tiež ukázali, že ak úroveň CO prekročí 2 až 3 %, v oxidačnom zariadení sa oxidáciou znečisťujúcich látok vytvára príliš veľa energie. To môže viesť k vážnym problémom počas každodennej prevádzky zariadenia.

Rozhodnutie o tom, ktorá technika by sa mala použiť, musí byť založené na nasledujúcom (nevyčerpávajúcom) zozname kritérií:

- vlastnosti spalín (napr. prietok, obsah kyslíka, oxidu uhoľnatého a TOC, teplota),
- variabilita týchto parametrov v čase,
- vlastnosti systému odprášenia.

Najlepšie riešenie preto závisí od miestnych podmienok [54, EuLA 2006].

3 ODVETVIE VÝROBY OXIDU HOREČNATÉHO (SUCHÝM SPÔSOBOM Z VYŤAŽENÉHO MAGNEZITU)

3.1 Všeobecné informácie

3.1.1 Úvod

Oxid horečnatý je najdôležitejšou priemyselnou zlúčeninou horčíka, ktorá sa používa najmä v oceliarskom a žiaruvzdornom priemysle. Vo veľkej miere sa používa aj v mnohých ďalších priemyselných odvetviach vrátane potravinárskeho priemyslu a krmivárstva. Suroviny na výrobu oxidu horečnatého sú prírodný uhličitan horečnatý a brucit alebo chlorid horečnatý z morskej vody a soľanky.

Na výrobu oxidu horečnatého (MgO/magnézie) sa používajú dva všeobecné procesy výroby:

- z uhličitanu horečnatého vysokoteplotnou dekarbonizačnou reakciou, samotný uhličitan horečnatý sa môže získavať z magnezitových baní (prírodnou cestou alebo suchou),
- od chloridu horečnatého cez rôzne procesy, ako je vysokoteplotná hydrolýza a vyzrážanie hydroxidu horečnatého ($\text{Mg}(\text{OH})_2$). Chlorid horečnatý sa môže získavať zo soľanky, rozpúšťaním minerálov bohatých na horčík pomocou kyseliny chlorovodíkovej (HCl) a morskej vody (syntetická alebo mokrá cesta) [108, Európska komisia 2006].

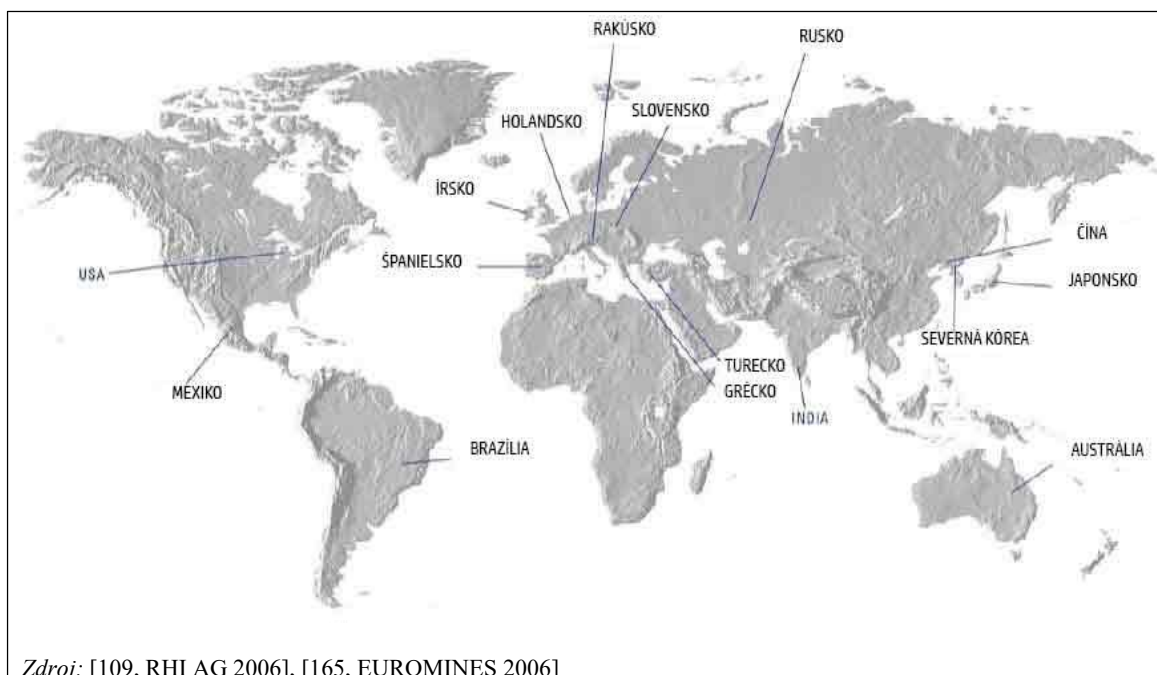
Použitie vyššie uvedenej technologickej cesty vychádzajúcej z chloridu horečnatého (mokrá technologická cesta) sa znižuje, pretože energetické požiadavky sú trikrát vyššie ako pri procese výroby oxidu horečnatého vychádzajúceho z uhličitanu horečnatého (suchá technologická cesta). Viac informácií o mokrom procese sa nachádza v referenčnom dokumente o najlepšej dostupnej technike na výrobu veľkoobjemových anorganických chemikálií – tuhé látky a iné priemyselné odvetvia (LVIC-S), kde je opísaný tento mokrý spôsob výroby oxidu horečnatého [108, Európska komisia 2006].

Táto kapitola sa zaoberá výrobou oxidu horečnatého (MgO/magnézie), ktorého existujú rôzne druhy – DBM, CCM, FM (pozri oddiel 3.1.2.1.1) – pomocou suchého spôsobu na báze vyťaženého prírodného magnezitu (uhličitan horečnatý MgCO_3). V Európe sa brucit na výrobu oxidu horečnatého nepoužíva, avšak výrobné kroky a podmienky spaľovania sú úplne rovnaké. Tento dokument sa nezaoberá mokrým spôsobom s použitím chloridu horečnatého ako východiskového materiálu z dôvodu rozdielov v štruktúre procesu, technikách a surovinách.

V niektorých prípadoch, napríklad z trhových dôvodov, však tieto dva produkty magnézie nemožno oddeliť. Ak sa tieto prípady vyskytnú, v tomto dokumente sa uvedie príslušná poznámka.

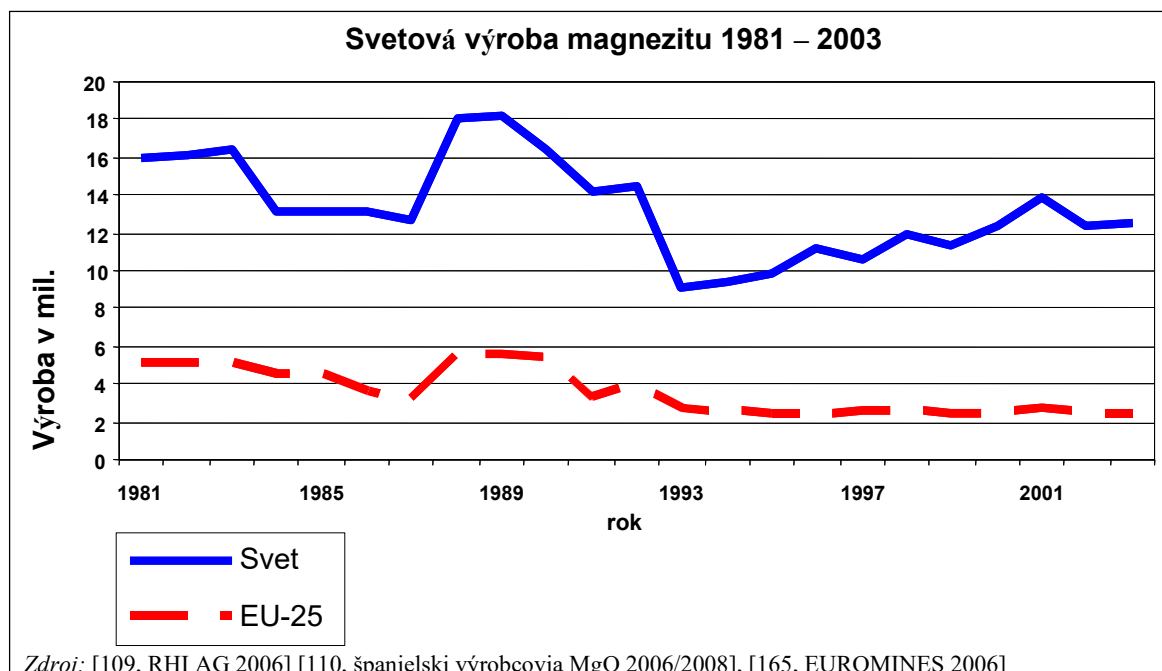
3.1.2 Odvetvie magnezitu vo svete a v Európe

Spekaná alebo tvrdo pálená magnézia (DBM) sa vyrába a obchoduje na celom svete spolu so žieravou kalcinovanou (CCM) a tavenou magnéziou (FM). Na obrázku 3.1 je uvedený prehľad svetových zdrojov a výrobcov oxidu horečnatého.



Obrázok 3.1: Svetové zdroje oxidu horečnatého a krajiny, ktoré ho vyrábajú

Na obrázku 3.2 sú uvedené údaje o celosvetovej výrobe surového magnezitu a údaje o výrobe v EÚ 25 suchým spôsobom od roku 1981 do roku 2003.



Obrázok 3.2: Výroba surového magnezitu v EÚ 25 a vo svete

V tabuľke 3.1 sú uvedené údaje o celosvetovej výrobe v rokoch 2000 až 2005 týkajúce sa krajín výrobcov

Tabuľka 3.1: Celosvetová výroba surového magnezitu (uhličitanu horečnatého) v rokoch 2000 až 2005

Krajina	Výroba surového magnezitu (t)					
	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Albánsko ⁽¹⁾	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Austrália	349 933	540 000	540 000	553 847	586 393	590 000
Rakúsko	725 832	680 534	728 235	766 525	715 459	693 754
Brazília	300 000	265 749	310 000	330 000	350 000	386 759
Kanada	270 000	300 000	200 000	150 000	140 000	120 000
Čína	4 230 000	4 300 000	4 400 000	4 500 000	4 650 000	4 800 000
SNS – Ázia	250 000	260 000	150 000	120 000	NA	NA
SNS – Európa	2 250 000	2 340 000	1 350 000	1 080 000	NA	NA
Kolumbia	7 100	7 000	6 900	6 700	6 500	6 300
Česká republika ⁽²⁾	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Kórejská ľudovodemokratická republika	650 000	650 000	450 000	580 000	NA	NA
Grécko	492 780	483 296	558 057	549 049	499 474	500 000
Guatemala ⁽³⁾	NA	NA	NA	NA	NA	NA
India	340 000	330 000	280 000	300 000	320 000	380 000
Irán	140 000	133 778	128 565	91 700	91 700	120 000
Keňa ⁽⁴⁾	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Kórea	650 000	650 000	450 000	580 000	600 000	800 000
Mexiko ⁽⁵⁾	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Nepál ⁽⁶⁾	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pakistan	3 610	3 000	4 430	4 700	4 900	3 029
Filipíny ⁽⁷⁾	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Poľsko	54 830	23 000	24 000	33 000	35 000	37 000
Rusko (Európa)	1 400 000	1 380 000	1 350 000	1 080 000	900 000	885 000
Rusko (Ázia)	140 000	138 000	150 000	120 000	100 000	95 000
Srbsko a Čierna Hora	0	0	0	73 000	70 000	60 000
Slovensko	1 535 200	1 537 000	1 464 500	1 640 900	965 900	1 555 000
Južná Afrika	97 446	98 000	99 000	100 000	120 000	130 000
Španielsko	423 605	438 194	462 200	468 900	NA	NA
Thajsko ⁽⁸⁾	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Turecko	2 672 089	2 738 086	2 800 000	3 224 278	NA	NA
ZSSR ⁽⁹⁾	NA	NA	NA	NA	NA	NA
USA ⁽¹⁰⁾	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Juhoslávia	80 000	78 000	75 000	73 000	0	0
Zimbabwe	5 800	6 000	6 200	6 400	6 500	6 800
Pre rôzne krajiny sú k dispozícii údaje len za nasledujúce obdobia: (1) Dostupné údaje z rokov 1988 – 1994 (2) Dostupné údaje z rokov 1981 – 1994 (3) Dostupné údaje z rokov 1984 – 1992 (4) Dostupné údaje z rokov 1984 – 1992 (5) Dostupné údaje z rokov 1988 – 1994 (6) Dostupné údaje z rokov 1983 – 1992			(7) Dostupné údaje z rokov 1984 – 1994 (8) Dostupné údaje z rokov 1988 – 1992 (9) Dostupné údaje z rokov 1981 – 1994 (10) Dostupné údaje z rokov 1981 – 1983 NA: nie sú k dispozícii žiadne údaje Zdroj: [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007]			

V roku 2003 predstavovala svetová produkcia magnezitu približne 12,5 milióna ton. V EÚ 27 sa v roku 2003 vyrobilo približne 2,3 milióna ton, čo predstavovalo 18,4 % svetovej výroby. V roku 2003 predstavovala svetová výroba oxidu horečnatého (magnézie) suchým spôsobom približne 5,8 milióna ton. V porovnaní s rokom 1981, keď sa európske krajiny ešte podieľali 32 % na svetovej výrobe, sa tento podiel medzi svetovou výrobou a výrobou EÚ výrazne znížil. Európska komisia preto

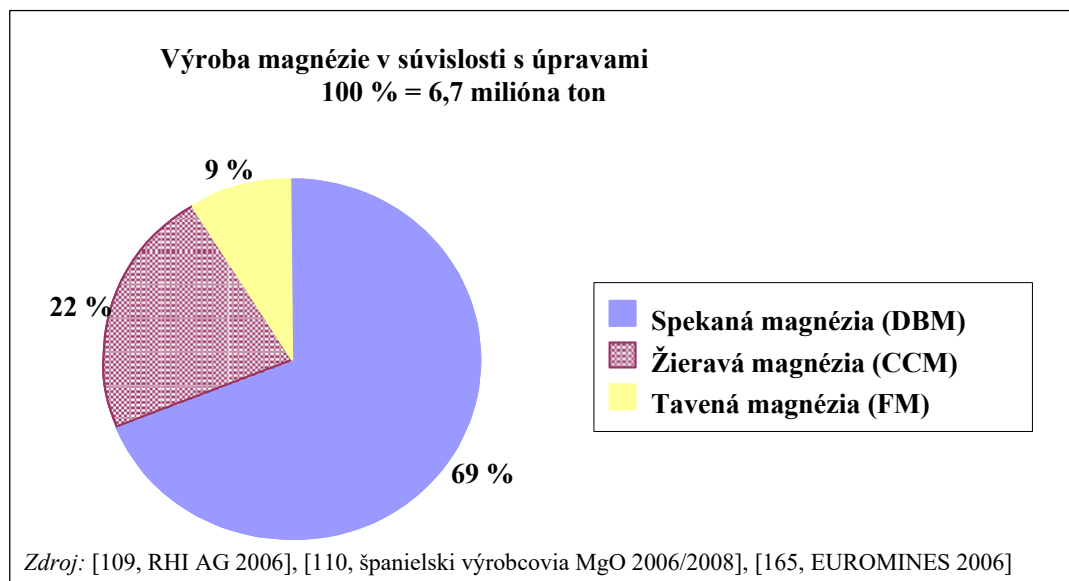
v rokoch 1995 a 2005 uverejnila nariadenia Rady o ochrane pred dumpingovými dovozmi z krajín, ktoré nie sú členmi Európskeho spoločenstva, a uložila konečné antidumpingové clo na dovoz oxidu horečnatého [166, Európska únia 1995], [167, Európska únia 2005].

Odhadovaná výroba spekaného oxidu horečnatého/magnézie v roku 2003 je uvedená v tabuľke 3.2.

Tabuľka 3.2: Celosvetová výroba spekaného oxidu horečnatého/magnézie v roku 2003

Typ vyrábaného oxidu horečnatého	Odhadovaná výroba oxidu horečnatého (v miliónoch ton)
Prírodný oxid horečnatý	5,8 ⁽¹⁾
Syntetický oxid horečnatý	0,6 ⁽²⁾
Celková výroba oxidu horečnatého	6,4 ⁽³⁾
(1) Výroba oxidu horečnatého suchou cestou (2) Mokry spôsob (3) Celková výroba suchým a mokrym spôsobom Zdroj: [109, RHI AG 2006], [110, španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006]	

Celosvetová výroba rôznych úprav oxidu horečnatého (magnézie), ako je spekaná alebo tvrdo vypálená (DBM), žieravo kalcinovaná (CCM) a tavená magnézia (FM), sa v roku 2003 v dôsledku štatistických nepresností pohybovala medzi 6,4 a 6,7 milióna ton. Na obrázku 3.3 je uvedený prehľad rozdelenia výroby rôznych modifikácií/typov oxidu horečnatého (magnézie) vyrábaných na celom svete v roku 2003. Celková výroba predstavovala 6,7 milióna ton.



Obrázok 3.3: Celosvetová výroba úprav oxidu horečnatého v roku 2003

V EÚ 27 je len málo výrobcov oxidu horečnatého, takže je tu primerane nízky počet prevádzok vyrábajúcich spekanú magnéziu, ktoré sú uvedené v tabuľke 3.3. V EÚ 27 je známych len deväť výrobcov, ktorí využívajú 14 prevádzok. Počet pecí na prevádzku je v priemere jedna až tri, s výnimkou jedného výrobcu, ktorý prevádzkuje osem pecí v jednej prevádzke. Hospodárske činnosti v odvetví oxidu horečnatého sú obmedzené na malú oblasť.

Tabuľka 3.3: Výrobcovia spekanej magnézie v EÚ 27

Krajina	Počet výrobcov	Počet prevádzok
Grécko	1	1
Španielsko	2	2
Rakúsko	2	5
Poľsko	1	1 ⁽¹⁾
Slovensko	3	5
Celkom	9	14
(1) Predpoklad Zdroj: [109, RHI AG 2006], [110, španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007]		

V tabuľke 3.4 je uvedená výroba surového magnezitu z baní a výroba magnézie suchým spôsobom v EÚ 25 v roku 2003. Viac ako 98 % vyťaženej magnézie sa používa na výrobu rôznych produktov z magnézie DBM, CCM a FM.

Tabuľka 3.4: Výroba magnezitu a magnézie suchým spôsobom v EÚ 25 v roku 2003

Krajina	Výroba magnezitu ⁽¹⁾ v roku 2003 (t)	Kapacita výroby magnézie v roku 2003 (t)		
		Tvrdo pálená magnézia (DBM)	Žieravá kalcinovaná magnézia (CCM)	Tavená magnézia (FM)
EU-25	2 398 574			
Grécko	549 049	84 635	92 350	
Španielsko	468 900	60 000	150 000	
Rakúsko	766 525			6 000
Poľsko	33 000			
Slovensko	900 000			
(1) Ťažená surová ruda, suroviny na výrobu oxidu horečnatého Zdroj: [109, RHI AG 2006], [110, španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007]				

Surový magnezit sa obchoduje len v malom rozsahu. Špeciálne triedy sa používajú v keramickom a oceliarskom priemysle a ako zdroj horčika na výrobu iných zlúčenín horčika. V roku 2003 tieto trhy predstavovali približne 2 % uvedenej výroby magnezitu [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006].

3.1.2.1 Typy výrobkov z oxidu horečnatého (magnézie)

3.1.2.1.1 Magnézia

Magnézia je chemicky čistý oxid horečnatý (MgO), známy aj ako „periklas“. Teplota topenia magnézie je približne 2 800 °C. Tento vysoký bod topenia je dôvodom, prečo sa magnézia prednostne používa ako suroviny pre žiaruvzdorné výrobky, ktoré sa používajú vo vysokoteplotných procesoch v odvetviach výroby ocele, cementu, vápna, skla a neželezných kovov.

Magnézia sa môže vyrábať a upravovať takto:

- spekaná alebo tvrdo pálená magnézia (DBM),
- žieravá kalcinovaná magnézia (kaustická, CCM),
- tavená magnézia (FM).

Rozdiely v týchto typoch výrobkov z magnézie spočívajú vo fyzikálno-chemických vlastnostiach. Rôzne druhy vyrábanej magnézie sú definované chemickou čistotou. V závislosti od pôvodu obsahuje magnézia vo všeobecnosti oxid horečnatý (MgO) v rozmedzí 55 – 98 %. Najdôležitejšie nečistoty, ktoré sa vyskytujú, sú SiO₂, Fe₂O₃, CaO a Al₂O₃. Tieto nečistoty ovplyvňujú kvalitu výrobku z magnézie. V žieravej kalcinovanej magnézii zostáva vo výrobku značné množstvo CO₂ [67, Rakúsko 2006], [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006].

3.1.2.1.1.1 Spekaná/tvrdo pálená magnézia (DBM)

Spekaná magnézia (MgO = tvrdo pálená magnézia: DBM) sa vyrába procesom spekania pri teplotách 1 600 – 2 200 °C. Rôzne typy sú definované obsahom vápna v surovinách, ktorý sa pohybuje v rozmedzí < 2 – 35 %, a obsahom SiO₂, ktorý musí byť vo všeobecnosti nízky. Špeciálne použitie si vyžaduje aj veľmi nízky obsah železa. Produkt sa vyznačuje kubickou kryštálovou štruktúrou so zdanlivou hustotou spravidla v rozmedzí 3,05 – 3,45 g/cm³ a s rozmermi kryštálov v rozsahu 30 – 200 nm. Spekaná magnézia alebo tvrdo pálená magnézia sa vyrába vo forme zŕn alebo brikiet.

3.1.2.1.1.2 Žieravá kalcinovaná magnézia (CCM)

Žieravá kalcinovaná magnézia (MgO = žieravá kalcinovaná magnézia: CCM) je čiastočne odkyslený magnezit alebo kalcinovaný Mg(OH)₂, pri ktorom sa zachováva pôvodná kryštálová úprava, napr. kryštálová štruktúra pôvodnej látky sa zachováva počas kalcinácie pri teplote rozkladu 600 až 800 °C a body zadržiavania CO₂ sú voľné (medzery v systéme kryštálovej štruktúry). Ako výsledok má CCM vysoký špecifický povrch, čo je dôvodom vysokoreaktívneho správania kaustickej látky v porovnaní s DBM alebo FM. CCM sa vo všeobecnosti vyskytuje v sypkej forme ako prášok (jemný, pórovitý) alebo ako kúsky vo veľmi sypkých kusoch. Na výrobu rôznych druhov CCM sa používa kalcinácia pri teplotách až 1 300 °C.

3.1.2.1.1.3 Tavená magnézia (FM)

Tavená magnézia sa vyrába procesom tavenia v elektrickej oblúkovej peci pri teplote 2 800 °C. Rozdiel medzi spekanou a tavenou magnéziou je na jednej strane v zdanlivej hustote (tavená magnézia má vyššiu hustotu 3,43 – 3,54 g/cm³ ako spekaná magnézia) a na druhej strane vo veľkosti kryštálov, ktorá sa pohybuje v rozmedzí 200 až 2 000 mm. Tavená magnézia sa používa ako žiaruvzdorný materiál a na niektoré špeciálne aplikácie, napríklad v jadrových reaktoroch. V Európe sa tavená magnézia vyrába vo veľmi malých množstvách. Preto sa výroba tavenej magnézie v tomto dokumente podrobne neopisuje.

3.1.3 Použitie magnézie

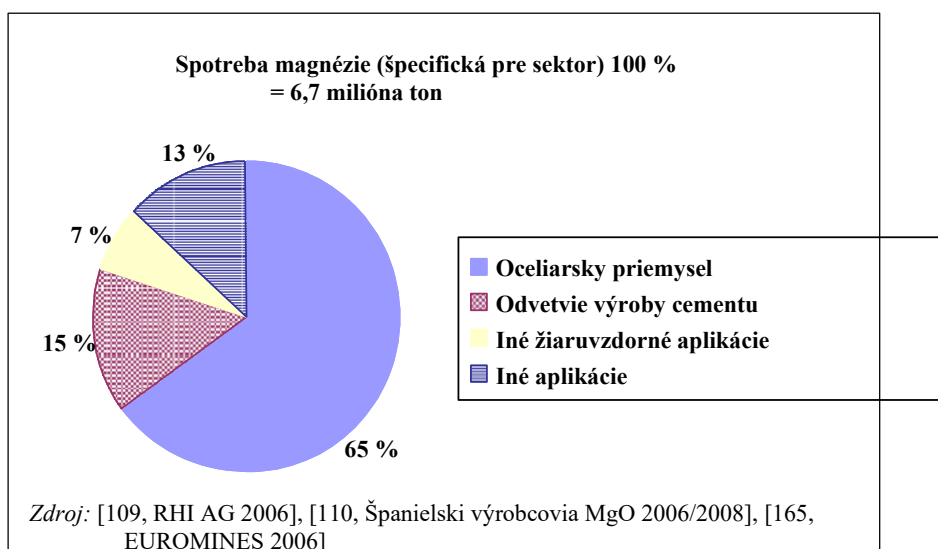
Spekaná alebo tvrdo pálená magnézia sa používa predovšetkým v žiaruvzdornom priemysle. Príkladmi oblastí použitia žiaruvzdorných výrobkov s použitím magnézie sú:

- v oceliarskom priemysle, napr. pre elektrické oblúčové pece, pece na základný kyslík alebo iné pece, konvertory ocele, prepravu horúceho kovu a stroje,
- v odvetví výroby cementu, napr. pre vstupy do predohrievača, pecí a chladičov,
- v odvetví neželezných kovov, napr. pre pece,
- v odvetví výroby vápna, napr. pre vstupy do pecí na vápno,
- v sklárskom priemysle, napr. pre taviace pece, regeneračné komory.

Hlavné využitie žieravej kalcinovanej magnézie je v:

- v poľnohospodárstve ako krmivo alebo hnojivo,
- v oceliarskom priemysle ako kondicionér trosky,
- v stavebníctve ako podlahová krytina a na izoláciu,
- výroba celulózy, papiera, chemikálií, liečiv, nehorľavých a posypových materiálov,
- odvetvie ochrany životného prostredia.

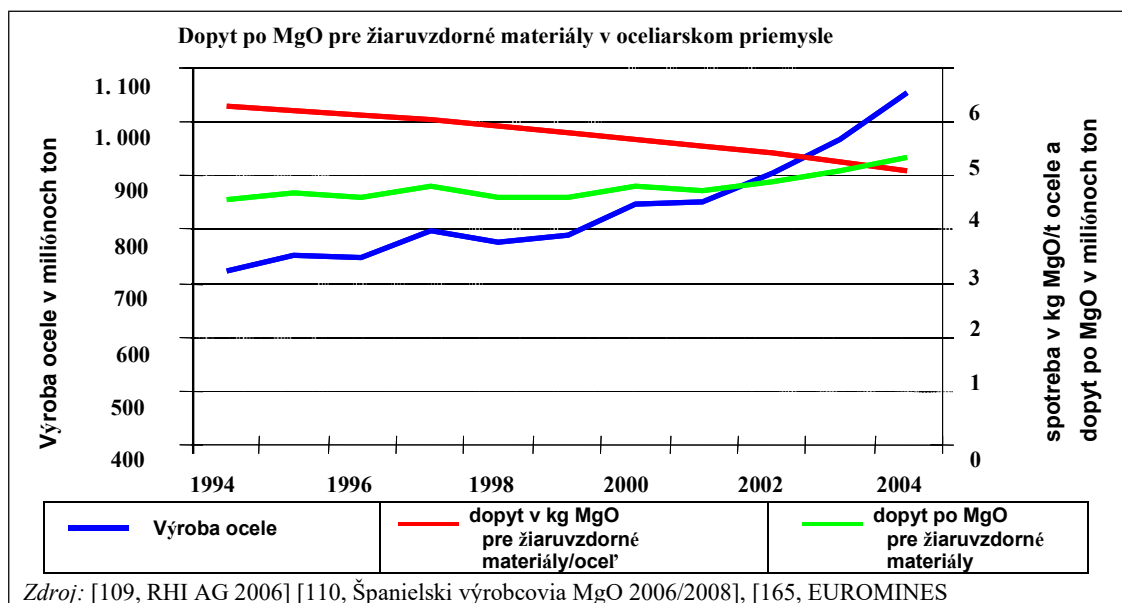
Na základe celosvetovej výroby magnézie vo výške 6,7 milióna ton v roku 2003 je na obrázku 3.4 znázornená spotreba magnézie v rôznych odvetviach vrátane priemyslu syntetickej magnézie. Magnézia sa používa najmä na výrobu žiaruvzdorných výrobkov. 65 % magnézie používanej na výrobu žiaruvzdorných materiálov sa vyrába na použitie v oceliarskom priemysle, 15 % v odvetví výroby cementu, 7 % výroby magnézie sa používa na iné žiaruvzdorné aplikácie, napríklad v odvetví neželezných kovov alebo v sklárskom priemysle, a napokon 13 % celkovej výroby sa používa na iné aplikácie. Tieto ďalšie aplikácie sú veľmi rôznorodé a celkovo je známych 80 aplikácií – väčšina z nich sa týka CCM. Hlavné využitie je v poľnohospodárstve ako krmivo alebo hnojivo, v stavebníctve ako podlahová krytina a izolácia, pri výrobe celulózy, papiera, chemikálií a liečiv, nehorľavých a posypových materiálov, ako aj pri ochrane životného prostredia.



Obrázok 3.4: Spotreba magnézie v jednotlivých odvetviach na svete v roku 2003

Nie sú k dispozícii žiadne štatistiky/hodnotenia, ktoré by ukazovali distribúciu a používanie prírodnej magnézie. Možno však predpokladať, že neexistujú žiadne významné rozdiely oproti syntetickej magnézii.

Špecifické používanie žiaruvzdorných výrobkov s obsahom magnézie celosvetovo klesá, avšak celosvetová výroba ocele sa zvyšuje, čo má za následok, že z celosvetového hľadiska dopyt po žiaruvzdorných výrobkoch s obsahom magnézie stále neustále rastie, ako ukazuje obrázok 3.5. Tento údaj zahŕňa aj magnéziu (MgO) používanú na výrobu trosky (10 % celkovej spotreby MgO).



Obrázok 3.5: Celosvetový dopyt po magnézii na výrobu žiaruvzdorných materiálov používaných v oceliarskom priemysle

V roku 1994 predstavovala celosvetová výroba surovej ocele približne 700 miliónov ton, zatiaľ čo v roku 2005 bola kapacita ocele viac ako 1 000 miliónov ton. V tom istom období sa špecifický dopyt po magnézii neustále znižoval (–24 % v rokoch 1994 až 2004) z približne 5 na 4,2 kg/t ocele. Z globálneho hľadiska a v kombinácii so zvýšenou celosvetovou výrobou ocele však možno konštatovať, že požiadavky na magnéziu a tiež magnezit sa neustále zvyšujú. Súbežne so zvýšeným používaním magnézie v oceliarskom priemysle sa zvýšila aj výroba magnezitu z 9,4 (1994) na 12,5 (2003) miliónov ton ročne, ako je to znázornené aj na obrázku 3.2 [67, Rakúsko 2006], [109, RHI AG 2006], [110 Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007].

3.2 Aplikované procesy a techniky

3.2.1 Suroviny a príprava

Na výrobu produktov z magnézia (DBM, CCM, FM) sú najdôležitejšie suroviny:

- magnezit (uhličitan horečnatý) = MgCO_3 (suchý spôsob),
- brucit (hydroxid horečnatý) = $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (suchý spôsob),
- bischofit (chlorid horečnatý) = $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (mokrý spôsob),
- morská voda a dolomit (mokrý spôsob).

Tento dokument sa zaoberá len suchým spôsobom výroby tvrdo pálenej magnézie z magnezitu, pretože použitie hydroxidu horečnatého (brucitu) zohráva len menšiu úlohu. Spôsob založený na chloride horečnatom, mokrý spôsob, nebude predmetom tohto dokumentu. Viac informácií o mokrom spôsobe výroby sa nachádza v referenčnom dokumente o najlepšej dostupnej technike na výrobu veľkoobjemových anorganických chemikálií – tuhé látky a iné priemyselné odvetvia (LVIC-S), kde je tento proces výroby oxidu horečnatého opísaný [108, Európska komisia 2006].

Suroviny sa ťažia v povrchových a podzemných baniach a prvé zmenšenie veľkosti a predbežná úprava sa vykonáva počas ťažby. Na prípravu surovín sa používajú štandardné procesné jednotky, ako sú drviče, mletie alebo mlynčeky a sitá, prevádzky. V závislosti od charakteru horniny, napr. tvrdosti, veľkosti, sa používajú rôzne typy primárnych a sekundárnych drvičov. Veľkosť kameňov by však nemala byť príliš malá a výsledkom by malo byť len malé množstvo jemných častíc.

Na prípravu magnezitu sa niekedy používa príprava ťažkého kalu. Suroviny sa niekedy premývajú, aby sa vylúčili nečistoty. Okrem toho sa separátory s permanentnými magnetmi používajú na úlohy magnetickej prípravy.

Spekaná alebo tvrdo pálená magnézia sa zvyčajne po procese spaľovania melie a šrotuje a do určitej miery sa s ňou magneticky manipuluje. Žieravá kalcinovaná magnézia sa po procese často melie a potom je hotovým výrobkom. Pri procese mletia sa môžu používať rôzne typy strojov, napr. guľové mlyny, valcové mlyny, oscilačné mlyny a mlecie valce s vysokým tlakom. Briketovacie lisy sa zvyčajne používajú na výrobu žieravých brikiet (dvojfázová úprava tepla).

Tento dokument sa nezaobrá ani procesom ťažby. Užitočné informácie týkajúce sa ťažby v lomoch nájdete v referenčnom dokumente o najlepšíh dostupných technikách nakladania s hlušinou a odpadom z ťažobných činností [47, Európska komisia 2004].

3.2.1.1 Magnezit

Pojem „magnezit“ označuje prírodný uhličitan horečnatý (MgCO_3). Magnezit čiastočne pochádza z hornín a väčšinou sa vyskytuje spolu s dolomitom a tvorí ložiská, ktoré sú spravidla veľmi staré (> 400 miliónov rokov). V Európe sa magnezit vyskytuje na mnohých miestach, avšak existuje len málo komerčne hodnotných ložísk a výrobcov. Jedno z najväčších známych ložísk sa nachádza v drobovom pásme (Grauwacken) v pohorí Alpy. Vo všeobecnosti možno rozlíšiť dva typy, ktoré sa líšia najmä obsahom železa:

- kryštalický magnezit (typ Veitsch, bohatý na železo s obsahom 4 – 6 %),
- celistvý magnezit (typ Kraubath, s nízkym obsahom železa < 0,5 %).

Kryštalický magnezit sa vyznačuje kryštalovými alebo povrchovými kryštalovými útvarmi (makrokryštalický typ) a zvyčajne má vysoký obsah železa. Obsah Fe_2O_3 sa zvyčajne pohybuje v rozmedzí 5 až 8 %. Vznik je zvyčajne metasomatický, t. j. jeden minerál bol nahradený iným bez tavenia a chemické zloženie sa zmenilo interakciou tekutín. Významné ložiská sa nachádzajú v Rakúsku, na Slovensku, v Severnej Kórei, Brazílii, v ázijských častiach krajín SNŠ a v Číne, kde surovina do určitej miery obsahuje aj nízke množstvo Fe_2O_3 .

Celistvý magnezit nemá makroskopickú štruktúru (mikrokryštalický alebo kryptokryštalický typ). Jeho vznik je výsledkom zmien, ktoré nastali v horninách bohatých na horčík (prevažne v serpentíne). Obsah železa je veľmi nízky, menej ako 1 %. Významné ložiská sa nachádzajú v Turecku, Grécku a Austrálii.

3.2.2 Pohonné hmoty

V roku 2007 sa pri procese spaľovania používali najmä tieto rôzne druhy palív:

- zemný plyn,
- ropný koks (petrolkoks),
- ťažký vykurovací olej.

V závislosti od dostupnosti a ekonomickej výhodnosti sa však používajú aj iné palivá, napríklad antracit alebo uhlie. Medzi účinnosťou a cenou ropného koksu existuje dobrý vzťah (pozri aj oddiel 3.4.5 a obrázok 3.13). Vzhľadom na vysokú potrebu energie a vysoké teploty potrebné na výrobný proces je však v niektorých prípadoch potrebné pridať ďalšie horľaviny.

Do procesu spaľovania sa zvyčajne pridáva vzduch. Ak sa na proces spekania alebo tvrdého pálenia vyžadujú vysoké teploty, spaľovací vzduch by mohol byť obohatený o technicky čistý kyslík.

V roku 2007 sa odpad nepoužíval ako palivo kvôli nečistotám, ktoré by sa potom nachádzali buď vo výrobku, alebo vo výfukových plynoch. Väčšina výrobkov musí byť čistá a bez akýchkoľvek nečistôt. Použitie odpadu môže mať účinok na kvalitu výrobku, ktorému je potrebné sa vyhnúť, pretože by sa znížili žiaruvzdorné vlastnosti spekanej alebo tvrdo pálenej magnézie, ktorá sa má použiť na výrobu žiaruvzdorných tehál. Avšak do budúcnosti a vďaka novým technikám spoluspaľovania odpadových materiálov a vďaka niektorým produktom z magnézie uvažuje odvetvie výroby oxidu horečnatého o využití rôznych druhov odpadu, napr. plastov alebo dreva. V tejto súvislosti sú všeobecné aspekty a aspekty kontroly kvality pri využívaní odpadu v odvetví výroby cementu a vápna uvedené v oddieloch 1.2.4 a 2.2.5 tohto dokumentu.

3.2.3 Všeobecný opis procesu výroby magnézie z magnezitu (prírodnej spekanej/tvrdo pálenej magnézie)

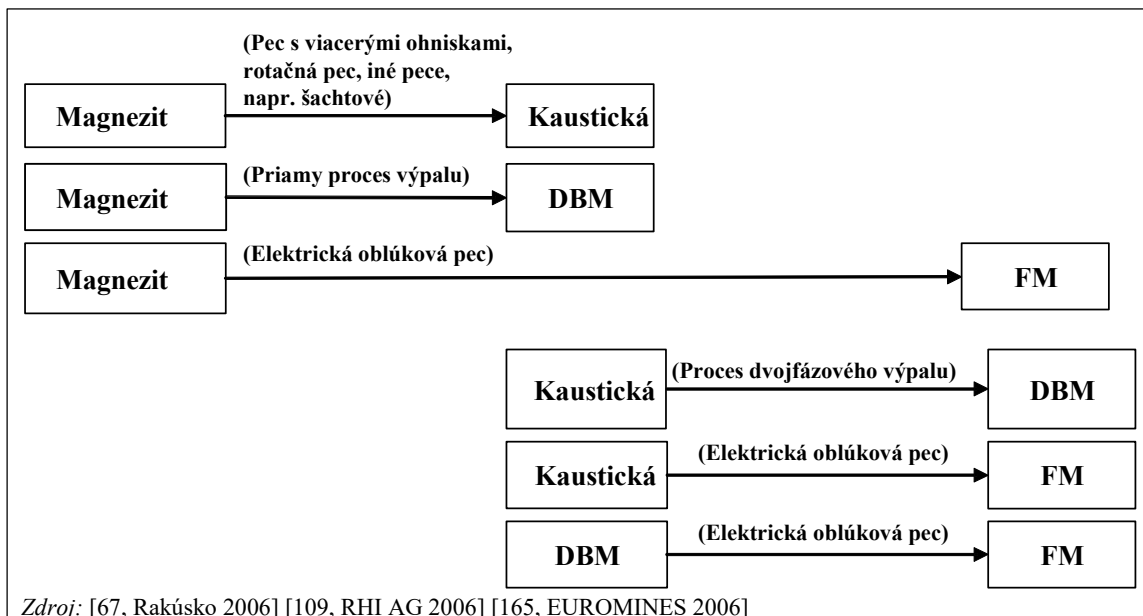
Magnézia sa vyrába vypálením upravenej a pripravenej suroviny z prírodného kameňa v peci s viacerými ohniskami (MHF), v šachtovej peci alebo v rotačnej slinovacej peci. Chemickú reakciu možno vyjadriť takto:



Chemická reakcia je endotermická, závisí od vysokej teploty výpalu a je energeticky veľmi náročná. Príkon energie je vysoký ($nH = + 113 \text{ kJ/mol MgO}$). Proces sa začína pri teplote približne $550 - 800^\circ\text{C}$, pri ktorej sa magnezit odkyslí a uvoľní sa oxid uhličitý. Výsledok tejto reakcie je žieravá kalcinovaná magnézia (CCM), tzv. kaustická magnézia. V ďalšom kroku procesu sa CCM ďalej tepelne spracúva (vypaľuje) pri teplotách od $1\,600$ do $2\,200^\circ\text{C}$ v jednej alebo dvoch fázach na spekanú alebo tvrdo pálenú magnéziu. Teploty spolu s trvaním úpravy sú rozhodujúcimi kontrolnými faktormi na

získanie výrobku, ktorý je dobre kryštalizovaný a ktorý môže dosiahnuť vysokú hustotu. Pri tomto procese sa kryštalová sústava magnezitu (trigonálna) mení na kubickú štruktúru a dosahuje sa vysoký nárast hustoty.

Schéma procesu prírodnej cesty výroby rôznych druhov magnézie je znázornená na obrázku 3.6.



Obrázok 3.6: Schéma procesu výroby magnézie prirodzenou cestou

3.2.3.1 Procesy výpalu

3.2.3.1.1 Priamy proces vypaľovania (jednofázové vypaľovanie)

Surový magnezit sa spaľuje na spekanú alebo tvrdo pálenú magnéziu v jednom cykle pomocou šachtových alebo rotačných slinovacích pecí. Výhodou tohto procesu je nižšia náročnosť na energiu v porovnaní s dvojfázovým procesom tepla. Kvalita spekaného výrobku však závisí od surovín a nedá sa zmeniť pridaním rôznych materiálov, ako je napr. oxid zirkoničitý alebo oxid chromitý.

Prvý proces sa spravidla vykonáva tak, že sa suroviny analyzujú v dávkach a potom sa oddelia a uskladnia v triedach kvality. Cyklus náplní sa vyrába zmiešaním rôznych tried kvality surovín. Táto zmes surovín sa potom vypáli v šachtovej alebo rotačnej aglomeračnej peci pri teplotách od 1450 do 2 200 °C. Produktom je takzvaný „surový spekanec“. Po tomto procese výpalu sa môže surová spekaná magnézia ďalej spracúvať a upravovať.

3.2.3.1.1.1 Príprava „surového spekanca“

Vo väčšine prípadov je potrebná príprava a úprava „surového spekanca“. Magnézia bohatá na železo sa pripravuje a upravuje v dvoch fázach:

- drvenie a mletie (hustota, chromatickosť, flotácia; úprava pred procesom vypaľovania v peci),
- magnetická príprava (úprava po procese vypaľovania v peci).

Nakoniec sa môže ochladený surový spekanec magneticky upraviť pri teplote okolia. Oddeľujúcou charakteristikou je obsah vápna v spekanici. Nízky obsah vápna v

spekanci je požiadavkou na výrobu tvarovaných žiaruvzdorných výrobkov (tehál). Magnetická separácia sa vykonáva buď pomocou separátora s permanentnými magnetmi, alebo elektromagnetického separátora. Magnéziový ferit (MgFe_2O_4) je minerálna fáza, ktorá sa používa ako magnetizujúci nosič a vzniká pri ochladzovaní magnézia z teplôt 1 200 až 900 °C.

Rozhodujúci princíp tohto procesu je: čím rýchlejšie chladnutie, tým viac magnezitového feritu sa vytvorí. Výsledkom je zlepšený proces magnetickej prípravy, t. j. čím viac magnezitového feritu je k dispozícii, tým lepšie, a proces magnetickej prípravy sa zlepšuje.

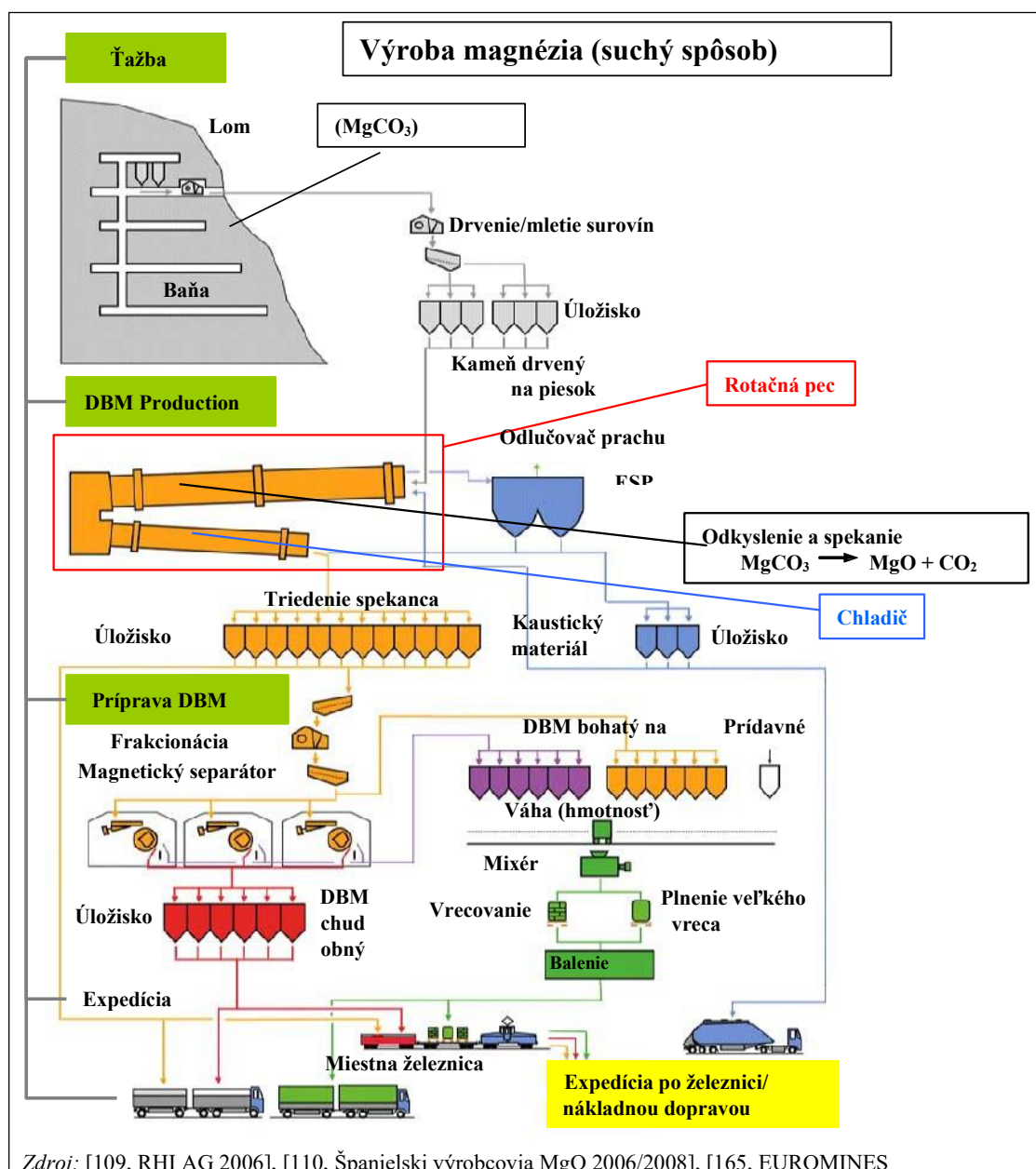
Využíva sa fyzikálna vlastnosť, že v materiáli chudobnom na CaO sa tvorí viac magnezitového feritu ako v materiáli bohatom na CaO. Rozdelenie sa uskutočňuje prostredníctvom relatívneho podielu magnezitového feritu. Častice chudobné na CaO sú teda silnejšie magnetizovateľné a majú lepšiu príľnavosť k magnetickému bubnu ako častice bohaté na CaO.

Výsledky tejto prípravy magnetického spekanca sú:

- spekaná magnézia chudobná na CaO (magnéziový ferit s dobrými magnetizačnými vlastnosťami) a
- spekaná magnézia bohatá na CaO (vyšší obsah CaO so slabými magnetizačnými vlastnosťami).

Výkon sa výrazne mení v závislosti od náplne surového spekanca a pozície separátora na výsypnom bubne.

Na obrázku 3.7 je znázornený príklad procesnej schémy výroby magnézia suchou cestou.



Obrázok 3.7: Príklad procesného diagramu výroby magnézie suchým spôsobom zo zariadenia DBM

3.2.3.1.2 Dvojfázový proces vypaľovania

V prvom kroku tohto procesu sa môžu použiť rôzne zariadenia a typy pecí, ako sú pece s horným plnením, šachtové alebo rotačné slinovacie pece, pece s viacerými ohniskami (MHF) a špeciálne skonštruované typy pecí na výrobu žieravej kalcinovanej magnézie (CCM).

Najprv sa surový magnezit odkyslí v peci pri teplote do 1 000 °C. Žieravý kalcinovaný materiál (CCM) sa potom môže mlieť. Mletie je veľmi dôležité na dosiahnutie vysokej hustoty DBM. Tento mletý materiál sa formuje do briek, ktoré sa potom spaľujú v rotačnej alebo šachtovej peci na spekanie/tvrdo pálenie magnéziu (DBM).

Na rozdiel od jednofázového procesu možno vlastnosti spekaného materiálu výrazne ovplyvniť veľkosťou kryštálov a hustotou bez spracovania pridaním rôznych materiálov, tzv. „dopovacích činidiel“, ako sú napr. oxid chrómu, oxid zirkónia.

3.2.3.2 Druhy pecí – techniky a konštrukcia

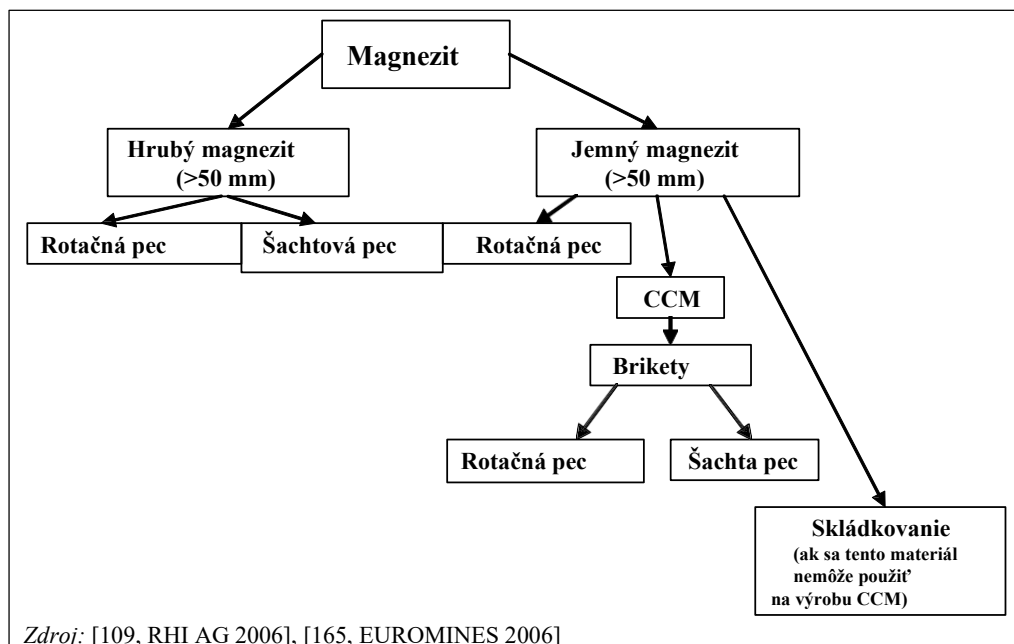
Rôzne typy ložísk nerastných surovín si vyžadujú do určitej miery veľmi rôznorodé výrobné metódy. Je potrebné poznamenať, že na výrobu magnézie z magnezitu (prírodný proces) neexistuje žiadna štandardná pec. Okrem toho neexistuje ani normalizácia používaných procesov a techník. Na výrobu magnézie sa však používa široká škála procesov, techník a pecí.

Druh pece, ktorá sa má použiť, sa určuje podľa rôznych parametrov, ako sú:

- vlastnosti magnezitu dostupného na lokalite,
- druh vyrábaného výrobku (spekaná magnézia, tavená magnézia, žieravá magnézia),
- kvalita a vlastnosti výrobku, napr. hustota, čistota, veľkosť kryštálov,
- cena a/alebo dostupnosť používaných palív.

Druh pece je často špecifický pre samotné suroviny a výrobné kapacity a kvalita výrobku veľmi závisí od druhu pece a druhu procesu. Môžu sa používať rôzne druhy pecí, ale najčastejšie sa používajú rotačné alebo šachtové. Na jednofázový tepelný proces spekania magnézie sa používajú šachtové alebo rotačné slinovacie pece (dlhé rotačné pece, pece Lepol). Pri použití dvojfázového procesu výroby spekanej magnézie sa v prvej fáze používajú rovnaké druhy pecí ako pri čistej žieravej výrobe, napríklad šachtové alebo rotačné slinovacie pece. Na následný proces spekania sa používajú šachtové alebo rotačné pece. Na výrobu žieravej kalcinovanej magnézie sa používajú rotačné pece, pece s horným plnením a špeciálne konštruované typy pecí. Na výrobu tavennej magnézie sa používajú elektrické oblúkové pece. Tieto pece (okrem elektrických oblúkových pecí a špeciálne konštruovaných typov pecí) využívajú princíp protiprúdu s cieľom dosiahnuť vysokú účinnosť energie.

V peciach v šachte sa zvyčajne používa hrubý drvený magnezit s veľkosťou zrna viac ako 50 mm alebo brikety CCM. Jemnozrnný magnezit sa buď vypaľuje v rotačných peciach, alebo sa kaustifikuje, vyrába sa z neho briketa a vypaľuje sa v šachtových alebo rotačných peciach, alebo sa skládkuje, ako je znázornené na obrázku 3.8.

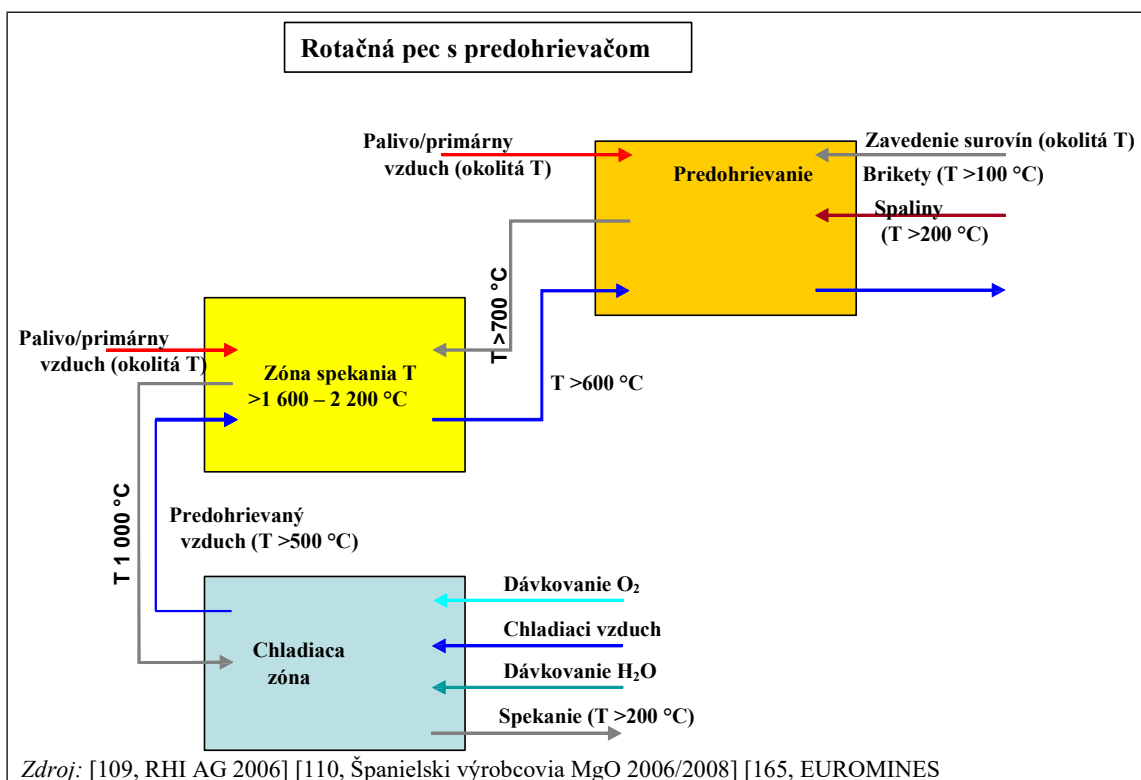


Obrázok 3.8: Cesta hrubého a jemného magnezitu na výrobu magnézie

3.2.3.2.1 Rotačné pece

3.2.3.2.1.1 Rotačné pece s predohrievačom

V rotačných peciach s predohrievačom (pec Lepol) sa suroviny privádzajú do vstupnej a predohrievacej zóny pece cez predohrevnú mriežku. Najprv sa suroviny predhrejú a čiastočne odkyslia horúcimi výfukovými plynmi na princípe protiprúdu. Čiastočne odkyslený magnezit sa presunie do pece, kde sa dokončí odkyslenie pred spaľovacou zónou pece. Počas fázy predohrievača prepadávajú časti surovín vo forme jemnozrnného kaustického materiálu MgO cez mriežku Lepol a potom sa priamo dostávajú do spaľovacej zóny pece. V spaľovacej zóne sa materiály spekajú pri teplotách od 1 600 do 2 200 °C. Čas cyklu pece je 8 až 16 hodín. Na ďalší proces sa spekaný materiál ochladí na 200 °C v chladiacej zóne pece. Princíp prevádzky rotačnej pece s predohrievačom používanej na suchý spôsob výroby magnézie je znázornený na obrázku 3.9. Rotačné pece s predohrievačom používané na výrobu spekanej/tvrdo pálenej magnézie (DBM) majú dĺžku 60 až 80 m a priemer 2 až 4 m [67, Rakúsko 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [109, RHI AG 2006], [165, EUROMINES 2006].



Obrázok 3.9: Princíp fungovania rotačných pecí s predohrievačom používaných pri výrobe magnézie

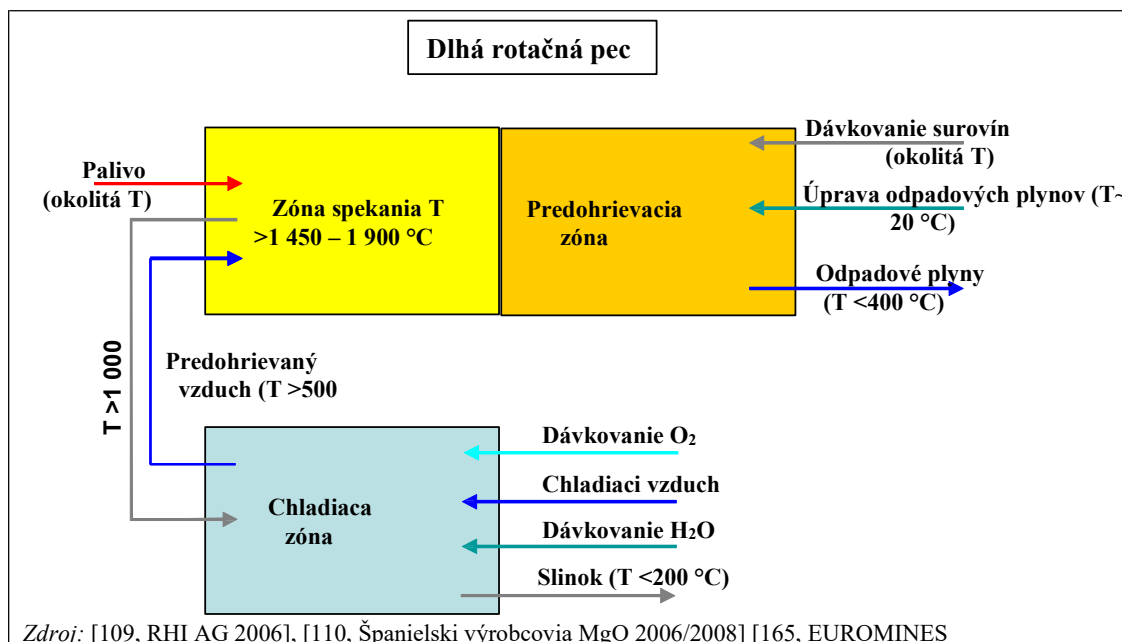
3.2.3.2.1.2 Dlhé rotačné pece

V dlhých rotačných peciach prebieha predohrev, odkyslenie a spekanie výlučne vnútri pece. To je z veľkej časti dôvod, prečo je tento typ pece podstatne dlhší ako rotačné pece s predohrievačom. Dlhé rotačné pece používané na výrobu DBM majú dĺžku 80 až 120 m a priemer 2 až 4 m.

V dôsledku rotácie a horizontálneho sklonu pece sa materiály v peci presúvajú do spekacej zóny a pred dosiahnutím spekacej zóny sa predhrievajú a odkysľujú v dôsledku teplotného profilu spalín. Proces spekania prebieha v zóne spekania dlhej rotačnej pece pri teplotách od 1 600 do 2 200 °C, kde

magnéziový slinok dosahuje požadovanú hustotu. Pri vypúšťaní z pece sa výrobok prepravuje do chladiacej rúry. Chladienie prebieha pomocou sekundárneho prúdu vzduchu, ktorý sa nasáva na princípe protiprúdu. Tento predohrievaný vzduch z chladiča sa potom opäť použije ako spaľovací vzduch. Na obrázku 3.10 je znázornený princíp činnosti dlhej rotačnej slinovacej pece používanej na suchý spôsob výroby magnézia.

Ochladený spekaný výrobok sa prepravuje dopravným dopravníkom do ďalšieho procesu.



Obrázok 3.10: Princíp fungovania dlhých rotačných pecí používaných pri výrobe magnézie

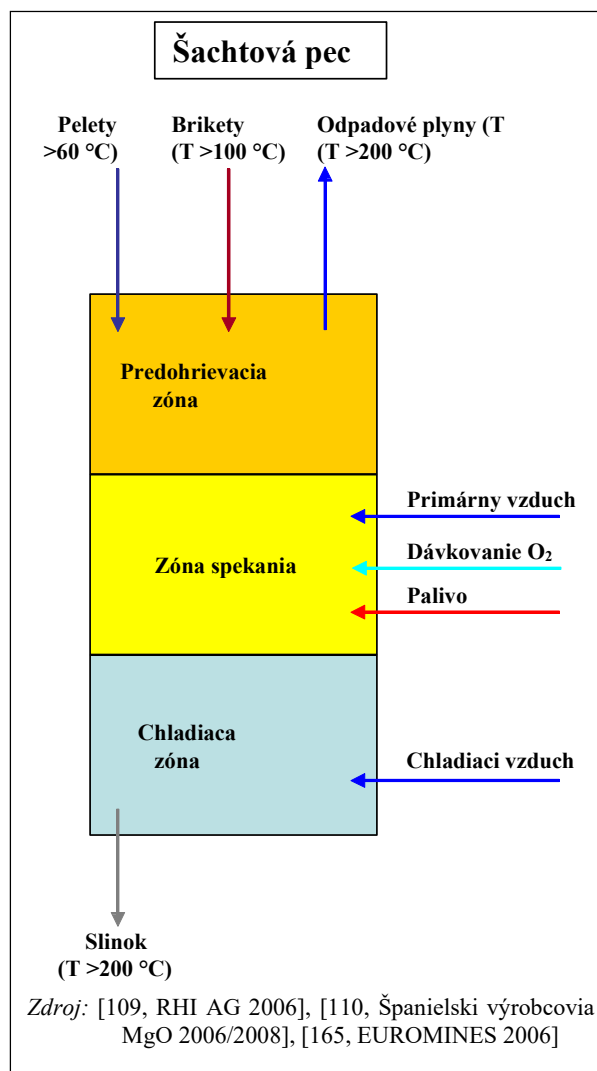
3.2.3.2.2 Šachtové pece

Na výrobu magnézia sa môžu používať rôzne typy šachtových pecí.

3.2.3.2.2.1 Šachtové pece s otočnou doskou

Jemne mletá žiaruvzdorná surovina, ktorá sa pripravuje v definovaných zmesiach, sa vloží do rotujúceho peletovacieho bubna a pridaním vody sa formuje do peliet (Ø 20 – 30 mm). Pelety sa sušia kontinuálnym prietokovým procesom a potom sa vypália v peci na teplotu približne 1 750 °C. Spekanec sa vypúšťa cez otočnú dosku a pred ďalším procesom sa ukladá do medziskladu. Princíp prevádzky šachtovej pece používanej pri výrobe magnézie je znázornený na obrázku 3.11.

Týmto procesom možno spaľovať aj prírodné magnezitové horniny s veľkosťou 20 až 200 mm.



Obrázok 3.11: Princíp fungovania šachtových pecí používaných pri výrobe magnézie

3.2.3.2.2 Šachtové pece s otočným roštom

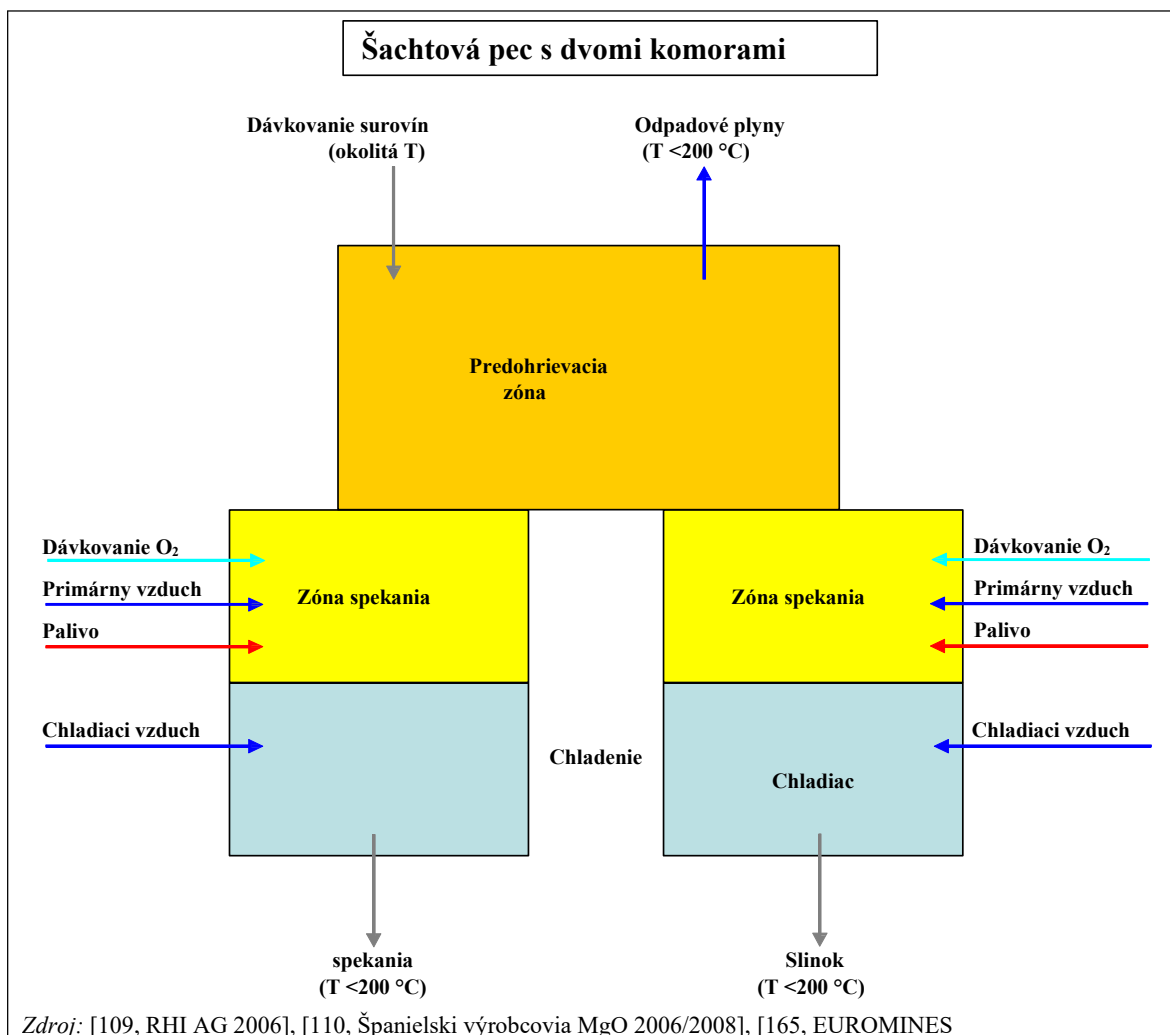
Pomocou tohto druhu šachtovej pece sa vyrába špeciálny druh brikiet. Brikety majú zloženie z kaustického magnézitu a chrómovej rudy a lisujú sa v procese valcového briketovania pridaním vody ako spojiva. Na dosiahnutie požadovanej kvality slinku v tomto type pece sa používajú teploty 2 200 °C. Okrem toho je na tento účel potrebný prúd spaľovaného vzduchu obohateného kyslíkom. V peci sa kolóna kompaktného materiálu prepravuje rotačným výtlakom a potom sa z pece vypúšťa.

Tento slinok sa pred ďalším procesom na žiaruvzdorné výrobky jemne melie a preosieva.

3.2.3.2.3 Šachtová pec s dvomi komorami

Pri použití tohto druhu pece sa surový magnézit umiestňuje do jednej šachty v hornej časti pece, takzvanej „predohrievacej šachty“, kde sa surový magnézit predohrieva a odkysľuje. Po predohrevnej zóne je šachta rozdelená na dve sekcie – tzv. dvojtitú šachtu – kde prebiehajú spekanie a chladenie. Po prechode zónou predohrievača sa surový magnézit speká pri teplotách 1 600 – 2 200 °C. V chladiacich zónach v spodnej časti šachtovej pece s dvomi komorami sa spekaný magnézitový výrobok ochladí na teplotu nižšiu ako 200 °C pomocou chladiaceho

vzduchu. Vychladnutý spekaný magnéziový výrobok sa potom vypustí z pece. Na obrázku 3.12 je znázornený princíp činnosti šachtovej pece s dvomi komorami používanej pri výrobe magnézia.



Obrázok 3.12: Princíp fungovania šachtových pecí s dvomi komorami používaných pri výrobe magnézie

3.2.4 Výroba tavenej magnézie

Tavená magnézia sa vyrába v špeciálnych elektrických oblúkových peciach, ktoré fungujú v dávkových procesoch. V zásade sa pec skladá z plošinového voza, na ktorom je umiestnený výstupný otvor pece (zrezaný kužeľ).

Suroviny sa tavia vnútri tohto vývodu pece elektrickým oblúkom, ktorý sa rozpáli medzi dvoma grafitovými elektródami. Proces tavenia prebieha zvislo zdola nahor. Počas procesu tavenia sa suroviny do pece privádzajú v dávkach zhora. Neuskutočňuje sa žiadne odlievanie. Tavený materiál zostáva na plošinovom voze v zrezanom kuželi, kde prebieha aj proces chladienia. Po tavení sa voz presunie od elektród a môže sa začať ďalší cyklus. Na jeden blok výrobku sa zvyčajne získa približne 5 až 8 ton tavenej magnézie. Surový kameň, kausticky kalcinovaná alebo spekaná/tvrdo pálená magnézia sa môže miešať a používať ako surovina procesu. Je potrebné poznamenať, že počas procesu chladienia sa nečistoty tvoria na okrajoch (v kôre) a chemicky najčistejšie časti sú k dispozícii v strede bloku roztaveného výrobku.

Po ochladení sa blok výrobku vyklopí, zmenší sa mletím a často sa triedi ručne. Hlavnou výrobnou krajinou je Čína. Niekoľko výrobných miest sa však nachádza aj v Európskej únii, hoci vyrobené množstvá sú veľmi nízke, a preto sa v tomto dokumente neuvádzajú podrobnosti o výrobe tavenej magnézie [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006].

3.3 Súčasná spotreba a úrovne emisií

Hlavnými environmentálnymi problémami pri výrobe rôznych druhov magnézie sú spotreba energie a emisie do ovzdušia. Proces spaľovania magnézie je hlavným spotrebiteľom energie a hlavným zdrojom emisií. Významný môže byť aj proces sekundárneho mletia, ako aj vedľajšie činnosti (ako je drvenie, triedenie, doprava, skladovanie a vyprázdňovanie).

Je potrebné poznamenať, že ak nie je v tomto dokumente uvedené inak, pre tento oddiel týkajúci sa odvetvia oxidu horečnatého sa štandardné podmienky merania objemových tokov a koncentrácií vzťahujú na nasledujúce definície, ktoré sú uvedené aj v slovníku:

m ³ /hm	objemový tok: ak nie je v tomto dokumente uvedené inak, objemové toky sa vzťahujú na 10 obj. % kyslíka a štandardný stav
mg/m ³	koncentrácia: ak nie je v tomto dokumente uvedené inak, koncentrácie plynových látok alebo zmesí látok sa vzťahujú na suché spaliny pri 10 obj. % kyslíka a štandardný stav
štandardný stav	znamená teplotu 273 K, tlak 1 013 hPa a suchý plyn

Okrem toho je potrebné poznamenať, že emisné rozsahy sa vzťahujú na referenčnú úroveň kyslíka 10 %, hoci skutočná úroveň kyslíka v procese spaľovania je oveľa nižšia ako 10 %. Výpočtový vzorec na výpočet koncentrácie emisií je uvedený nižšie:

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} * E_M$$

E_R (mg/Nm³): koncentrácia emisií vo vzťahu k referenčnej úrovni kyslíka O_R
 O_R (obj. %): referenčná úroveň kyslíka
 E_M (mg/Nm³): koncentrácia emisií súvisiaca s nameranou úrovňou kyslíka O_M
 O_M (obj. %): nameraná úroveň kyslíka

Ďalšie užitočné informácie o monitorovaní možno nájsť v referenčnom dokumente o všeobecných princípoch monitorovania (MON) [151, Európska komisia 2003].

3.3.1 Spotreba surovín (nespracovaný magnezit) a vody

Pri vysokých teplotách sa magnezit (MgCO₃) tepelne rozkladá na magnéziu (MgO) a oxid uhličitý (CO₂). Ak vezmeme za základ molekulovú hmotnosť magnezitu (84,31 g/mol), výsledkom rozkladu je nasledujúce množstvo magnézie a oxidu uhličitého, ako je uvedené v tabuľke 3.5:

Tabuľka 3.5: Množstvo magnézie a oxidu uhličitého po rozklade

Materiál	Množstvo			Celkové množstvo (g/mol)
	Mg (g/mol)	C (g/mol)	O (g/mol)	
Magnezit (MgCO ₃)	24,31	12,01	48,00	84,31
Oxid uhličitý (CO ₂)	–	12,01	32,00	44,01
Magnézia (MgO)	24,31	–	16,00	40,30
Zdroj: [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006]				

Tento výsledok sa môže prezentovať aj v relatívnom vyjadrení ako podiel materiálu/zloženie z magnezitu, ako je uvedené v tabuľke 3.6.

Tabuľka 3.6: Výtťažok magnézie a oxidu uhličitého v magnezite

Materiál	Podiel v magnezite (MgCO ₃) (%)
Magnézia (MgO)	47,80
Oxid uhličitý (CO ₂)	52,20
Celkom	100,00
Zdroj: [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006]	

Pri rozklade 1 kg magnezitu vznikne v tomto procese približne 522 g oxidu uhličitého a 478 g magnézie. To znamená, že pri výrobe jednej tony magnézie (MgO) je výsledkom rozkladom uhličitanov 1,092 tony oxidu uhličitého. Táto otázka je však teoretická, pretože magnezit obsahuje rôzne prímеси, ako napríklad SiO₂, CaO, Fe₂O₃. Je potrebné poznamenať, že na výrobu jednej tony magnézie je spravidla potrebné množstvo 2,1 až 2,4 tony magnezitu v závislosti od magnezitovej rudy, vyrábanej kvality a typu použitej pece [109, RHI AG 2006] [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007].

Spotreba vody

Spotreba technologickej vody je nízka, pretože sa používa len malé množstvo vody, napr. na premývanie suroviny (magnezitu) s cieľom vylúčiť nečistoty alebo na chladenie produktu magnézie v chladiacej zóne pece a na proces separácie ťažkých médií. Niektoré prevádzky však majú systémy na pranie odpadových plynov a emisie plyny sa premývajú vodou. Voda je potrebná v množstve približne 5 – 12 m³/t produktu magnézie [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007].

3.3.2 Spotreba energie

Výroba magnézie (suchý spôsob) je náročná na energiu, pretože magnézia, hlavne DBM, sa vyrába pri veľmi vysokých teplotách.

Magnezit (MgCO₃) sa tepelne rozkladá na magnéziu (MgO) a oxid uhličitý (CO₂). Proces je vysoko endotermický a jeho teoretická reakčná entalpia je 2 803 MJ/kg MgO. Rozklad magnezitu začína pri teplote 550 °C a končí pri teplote nižšej ako 800 °C, ak obsahuje značné množstvo iných uhličitanov.

Na proces sa používa zemný plyn, ropný koks a vykurovací olej. V tabuľke 3.7 je uvedená požiadavka na palivo na výrobu jednej tony spekanej magnézie pomocou procesu priameho tepla. Vyššie hodnoty uvedené v tejto tabuľke sú potrebné na výrobu spekanej alebo tvrdo pálenej magnézie.

Tabuľka 3.7: Požiadavky na palivo na výrobu jednej tony magnézie (MgO)

Pohonné hmoty	Minimálne	Maximum
Zemný plyn	176 Nm ³ /t	310 Nm ³ /t
Ropný koks	240 kg/t	393 kg/t
Vykurovací olej	190 kg/t	330 kg/t
Zdroj: [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008] [165 EUROMINES, 2006]		

Dopyt po energii na výrobu magnézie sa pohybuje v rozmedzí od 6 do 12 GJ/t MgO a závisí od rôznych faktorov, ako sú vlastnosti a obsah vlhkosti (vlhký alebo veľmi suchý) surového magnezitu.

Na dosiahnutie veľmi vysokej teploty spaľovania nad 2 000 °C, ktorá je potrebná, sa môže použiť aj kyslík. Množstvo potrebného kyslíka sa pohybuje od 15 do 150 Nm³/t spekanej magnézie. Je potrebné poznamenať, že ak sa majú vyrábať špeciálne typy spekanej magnézie s veľmi vysokou úrovňou čistoty alebo veľkými rozmermi kryštálov, môžu byť tieto hodnoty podstatne vyššie – až 150 Nm³/t.

Elektrická energia sa používa pre mechanické stroje, napr. pre ventilačný systém, proces briketovania a pre čerpadlá. Elektrická energia sa zvyčajne nakupuje od poskytovateľov elektrickej energie (národná sieť). Potreba elektrickej energie sa môže líšiť v závislosti od použitého strojného zariadenia a zvyčajne sa pohybuje v rozmedzí od 75 do 180 kWh/t (270 – 648 MJ/t) spekanej magnézie. Hodnoty sú podobné pri výrobe žieravej magnézie.

Na výrobu tavenej magnézie je potrebná podstatne viac energie (elektrické oblúkové pece) v rozsahu 3 500 – 4 500 kWh/t. Pri výrobe veľmi čistej magnézie však môže byť hodnota potreby energie dvojnásobná alebo dokonca vyššia [109, RHI AG 2006], [165, EUROMINES 2006].

3.3.3 Emisie

Pri výrobe oxidu horečnatého/horčíka suchou cestou vznikajú emisie do ovzdušia, vody a pôdy (procesné straty/odpad ako surovina) a tiež emisie hluku. V tomto oddiele sú uvedené rozsahy emisií látok znečisťujúcich ovzdušie pre suchý spôsob výroby oxidu horečnatého/horčíka.

3.3.3.1 Emisie do ovzdušia

Pri procese spaľovania vznikajú významné emisie do ovzdušia, napríklad prach, NO_x, SO_x a CO. Tieto emisie čiastočne pochádzajú z magnezitu použitého ako surovina a čiastočne z použitých palív.

V dôsledku vysokých teplôt pri vypaľovaní v peci sa SO₂ z palív zvyčajne nezachytí vo výrobku. Ak sa však pri vypaľovaní v peci používajú nižšie teploty, SO₂ je len čiastočne absorbovaný výrobkom a pokrytý prachom vznikajúcim v procese vypaľovania (pozri oddiel 3.4.7.3). Emisie SO₂ pochádzajúce zo suroviny (magnezitu) závisia od obsahu síry v surovine. V princípe sú nízke z dôvodu nízkeho obsahu SO₂ vo väčšine surovín. V niektorých prípadoch však môžu emisie SO₂ zo surovín predstavovať 50 % celkových emisií SO₂. Okrem toho obsah síry v surovine súvisí s veľkosťou častíc alebo zrna suroviny. V tabuľke 3.8 sú uvedené príklady vzťahu medzi veľkosťou zrna a obsahom síry v surovinách.

Tabuľka 3.8: Príklady vzťahu medzi zrnitosťou a obsahom síry v surovinách

Zrornosť surovín (mm)	Obsah síry v surovinách (%)
>1	0,04
0,02 – 1	0,19
<0,02	1,80
Zdroj: [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [168, TWG CLM 2007]	

Porovnanie rôznych zdrojov energie na základe špecifických nákladov v EUR/GJ a obsahu síry v týchto palivách je uvedené na obrázku 3.13. Najvyššie množstvo síry obsahuje petrolkoks, po ktorom nasleduje čierne uhlie a antracit.

Takzvané „emisie z procesu CO₂“ sú výsledkom rozkladu magnezitu (MgCO₃) na magnéziu (MgO) a môžu predstavovať približne 1 t CO₂/t magnézie. Okrem toho emisie CO₂ sú aj výsledkom spaľovacieho procesu paliva, napr. pri použití zemného plynu alebo ropného koks. Približne 0,4 až 1,3 t CO₂/t spekanej magnézie prispieva k emisiám CO₂ z procesu spaľovania paliva.

K emisiám do ovzdušia nedochádza len počas procesu vypaľovania, ale aj počas ďalších výrobných krokov, ako sú:

- skladovanie a manipulácia so surovinami, palivami alebo výrobkami – môžu vznikáť emisie prachových častíc,
- pri mletí a frézovaní môžu vznikáť emisie prachových častíc.

Difúzne emisie prachových častíc vznikajú najmä pri skladovaní a manipulácii so surovinami a palivami a z vozidiel používaných v prevádzke. Významné môžu byť aj emisie prachových častíc z balenia a expedície magnéziového výrobku. Na minimalizáciu možných zdrojov difúzneho prachu sa odporúča jednoduché a lineárne usporiadanie pracoviska, ako aj organizačné techniky [67, Rakúsko 2006], [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008] [165, EUROMINES 2006].

Hodnoty rôznych emisií do ovzdušia z procesu spekania pri typických objemových tokoch plynov v rozmedzí od 4 000 do 12 000 m³/t spekanej magnézie sú uvedené v tabuľke 3.9. Je potrebné poznamenať, že nie všetky koncentrácie emisií uvedené v tabuľke 3.9 sa vzťahujú na štandardné podmienky, pretože pre niektoré údaje neboli poskytnuté odkazové podmienky.

Tabuľka 3.9: Koncentrácie emisných zložiek pochádzajúcich z odvetvia výroby oxidu horečnatého v EÚ 27

Zložka emisií	Jednotka	Stredná koncentrácia ⁽¹⁾	Maximálne koncentrácie ⁽²⁾
Prach	mg/Nm ³	20 – 118	400
NO _x	mg/Nm ³	650 – 2 500 ⁽⁵⁾	5 000 ⁽⁵⁾
SO ₂	mg/Nm ³	10 ⁽⁴⁾ – 3 350 ⁽³⁾	5 000 ⁽³⁾
CO	mg/Nm ³	33 – 1 000	1 323
CO ₂	g/Nm ³	165 – 350	360

(1) Priemerné koncentrácie dosiahnuté dlhým obdobím pozorovania, merané raz ročne počas jedného týždňa
(2) Krátkodobé špičkové hodnoty
(3) Vyššie hodnoty súvisia s palivami bohatými na síru a zariadeniami s najnižšou/najmenšou inštalovanou technikou znižovania emisií
(4) Používanie zemného plynu
(5) Vyššie hodnoty pre vysokoteplotný proces DBM
Zdroj: [67, Rakúsko 2006], [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006]

V závislosti od typu paliva použitého v procese môže až 50 % oxidu siričitého byť výsledkom palív (pozri aj oddiel 3.4.5 a obrázok 3.13 obsah síry v palivách). Pri výrobe žieravej magnézie v rotačnej peci sa získava približne 40 – 50 % oxidu siričitého ako výsledok paliva, najmä z filtračného prachu. Uvádza sa, že vstrekovanie reaktívnych stupňov MgO do prúdu plynu znižuje emisiu SO₂ pod 1 500 mg/Nm³ pri počiatočnej hodnote SO₂ 3 000 mg/Nm³ [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

3.3.3.2 Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu

Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu výroby magnézie sú rôzne druhy prachu uhličitanu horečnatého, ktoré sa oddeľujú v čistiacich jednotkách plynov, napr. v odlučovači prachu. Druhy prachu sú napr. uhličitan horečnatý obsahujúci rôzne podiely žieravej

kalcinovanej a spekanej magnézie. Odpad z obalov (plast, drevo, kov, papier atď.) vzniká pri balení.

Niektoré druhy prachu možno v rámci procesu recyklovať a opätovne použiť. Okrem toho sa zachytený prach môže použiť aj v iných environmentálnych aplikáciách, napr. pri úprave priemyselných odpadových vôd, zachytávaní kovu pri skládkovaní. Techniky, ktoré sa používajú pre prach a iné odpady v zariadeniach na zneškodňovanie odpadov, sa pohybujú od opätovného použitia vo výrobkoch určených pre trh a recyklácie až po zneškodnenie.

Pracie kvapaliny používané na mokré pranie prechádzajú fázovým sedimentačným procesom na oddelenie pevných materiálov. Pevné látky získané týmto procesom sa skladujú v medzisklade na neskoršie použitie v rámci procesu, zatiaľ čo voda sa opätovne používa a vracia do systému.

Kal, ktorý je výsledkom mokrého procesu odsírenia plynu (usadzovanie a/alebo filtračné metódy; v Rakúsku existuje jedna prevádzka), sa môže opätovne použiť v procese alebo v iných odvetviach.

3.3.3.3 Emisie do vody

Voda sa používa v rôznych fázach procesu. Voda na pranie surovín (magnezitu) a na proces separácie ťažkých médií sa po dekantácii a vyčírení kalu opätovne používa v procese. Okrem toho sa na chladenie výrobku v chladiacej zóne pece používa voda. Táto voda sa však odparuje kvôli vysokým teplotám procesu. Voda sa používa aj v niektorých prevádzkach so systémami prania odpadových plynov, v ktorých sa čistia emisné plyny.

Pri procese výroby magnézie suchým spôsobom nevzniká žiadny odpad. Pri mokrom spôsobe odsírenia plynu (v Rakúsku existuje jedna prevádzka) vzniká odpad. Táto odpadová voda sa musí upravovať usadzovaním a/alebo filtračnými metódami, aby sa oddelil síranový/sulfidový kal. Tento kal sa môže opätovne použiť v procese alebo v iných odvetviach.

3.3.3.4 Hluk

Ťažba a proces surovín, ako aj výroba magnézie nevyhnutne zahŕňa hlučné činnosti. Prevádzka veľkých a ťažkých strojov a veľkých ventilátorov môže spôsobovať emisie hluku a/alebo vibrácií.

Na zníženie emisií hluku sa môžu použiť prirodzené protihlukové bariéry, ako sú kancelárske budovy, steny, stromy alebo kríky. Prevádzky sú povinné dodržiavať štandardy redukcie emisií v súlade s vnútroštátnymi právnymi predpismi.

3.3.4 Monitorovanie

Na kontrolu procesov v peci sa odporúča kontinuálne meranie nasledujúcich parametrov:

- teplota,
- tlak
- obsah O₂,
- obsah CO.

Okrem toho môžu byť kontinuálne merania vhodné pre tieto parametre:

- obsah NO_x,
- SO₂,
- prach.

Na stanovenie a presné vyčíslenie emisií sa uvádzajú pravidelné merania týchto parametrov:

- obsah NO_x,
- prach
- SO₂,
- (CO₂ – je všeobecne vypočítaný).

Ďalšie užitočné informácie týkajúce sa monitorovania možno nájsť v referenčnom dokumente o všeobecných princípoch monitorovania [151, Európska komisia 2003].

3.4 Techniky, ktoré treba zohľadniť pri určovaní BAT

V tomto oddiele sa opisujú techniky (alebo ich kombinácie) a súvisiace monitorovanie, ktoré sa považujú za techniky s potenciálom na dosiahnutie vysokej úrovne ochrany environmentálneho prostredia pri činnostiach v rozsahu pôsobnosti tohto dokumentu. Opísané techniky budú zahŕňať použitú technológiu, ako aj spôsob, akým sa zariadenia navrhujú, budujú, udržiavajú, prevádzkové a vyradujú z prevádzky.

Zahŕňa systémy environmentálneho manažérstva, techniky integrované do procesov a opatrenia na konci potrubia. Zohľadňuje sa aj predchádzanie vzniku odpadu a nakladanie s ním vrátane postupov minimalizácie odpadu a recyklácie, ako aj techniky, ktoré znižujú spotrebu surovín, vody a energie optimalizáciou používania a opätovného použitia.

V prílohe III k smernici sa uvádza počet kritérií na určenie BAT a informácie v tejto kapitole sa týkajú týchto úvah. V tabuľke 3.10 je v čo najväčšej miere použitá štandardná štruktúra na uvedenie informácií o každej technike, aby sa umožnilo porovnanie techník a posúdenie na základe definície BAT v smernici.

Tento oddiel nemusí nevyhnutne obsahovať vyčerpávajúci zoznam techník, ktoré by sa mohli v tomto sektore uplatniť. Môžu existovať alebo byť vyvinuté aj iné techniky, ktoré by sa mohli zohľadniť pri určovaní BAT pre jednotlivé zariadenia.

Tabuľka 3.10: Informácie pre každú techniku

Druh zvažovaných informácií	Druh zahrnutých informácií
Opis	Stručný opis techniky s použitím, ak je to vhodné, chemických alebo iných rovníc, obrázkov, diagramov a vývojových diagramov.
Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie	Hlavné potenciálne environmentálne prínosy, ktoré sa dosiahnu zavedením tejto techniky (vrátane zníženej spotreby energie, zníženia emisií do vody, ovzdušia a pôdy, úspory surovín, ako aj zvýšenia výnosu výroby, zníženia odpadu atď.).
Dosah na viaceré zložky životného prostredia	Relevantné negatívne účinky na životné prostredie v dôsledku zavedenia techniky, čo umožňuje porovnanie jednotlivých techník s cieľom posúdiť vplyv na životné prostredie ako celok. To môže zahŕňať otázky, ako sú: • spotreba a charakter surovín a vody, • spotreba energie a príspevok k zmene klímy, • potenciál stenčovania ozónovej vrstvy v stratosfére, • potenciál fotochemickej tvorby ozónu, • okyslenie ako výsledok emisií do ovzdušia, • prítomnosť častíc v okolitom ovzduší (vrátane mikročastíc a kovov), • eutrofizácia pôdy a vôd ako výsledok emisií do ovzdušia alebo vody, • potenciál vyčerpania kyslíka vo vode, • perzistentné/toxické/bioakumulatívne zložky (vrátane kovov), • tvorba zvyškov/odpadu, • obmedzenie schopnosti opätovného použitia alebo recyklácie zvyškov/odpadu, • tvorba hluku a/alebo zápachu, • zvýšené riziko nehôd. • Mal by sa zohľadniť referenčný dokument o hospodárskych vplyvoch a dosahu na viaceré zložky životného prostredia (ECM).
Prevádzkové údaje	Údaje o skutočnom výkone a výkone špecifickom pre danú prevádzku (vrátane úrovni emisií, úrovne spotreby surovín, vody, energie a množstva

Druh zvažovaných informácií	Druh zahrnutých informácií
	vzniknutých zvyškov/odpadov). Akéoľvek ďalšie užitočné informácie o nasledujúcich položkách: • ako navrhnuť, prevádzkovať, udržiavať, kontrolovať a vyradiť techniku z prevádzky, • otázky monitorovania emisií súvisiacich s používaním tejto techniky, • citlivosť a trvanlivosť techniky, • otázky týkajúce sa prevencie nehôd.
Uplatniteľnosť	Uvádza sa, či sa táto technika môže uplatňovať v celom odvetví. Inak sú uvedené hlavné všeobecné technické obmedzenia používania techniky v rámci odvetvia. Môžu to byť: • označenie druhu prevádzok alebo procesov v rámci odvetvia, na ktoré sa technika nemôže použiť; • obmedzenia implementácie v určitých všeobecných prípadoch, napr. vzhľadom na: • to, či ide o novú alebo existujúcu prevádzku, pričom sa zohľadnia faktory súvisiace s modernizáciou (napr. dostupnosť priestoru) a interakcie s už nainštalovanou technikou, • veľkosť prevádzky, kapacitu alebo faktor zaťaženia, • množstvo, druh alebo kvalitu vyrobeného výrobku, • druh použitého paliva alebo suroviny. Tieto obmedzenia sú uvedené spolu s ich dôvodmi. Tieto obmedzenia nie sú zoznamom možných miestnych podmienok, ktoré by mohli ovplyvniť použiteľnosť techniky pre jednotlivú prevádzku.
Hospodárske vplyvy	Informácie o nákladoch (kapitálových/investičných, prevádzkových a údržbových vrátane podrobností o tom, ako boli tieto náklady vypočítané/odhadnuté) a o akýchkoľvek možných úsporách (napr. znížená spotreba surovín alebo energie, poplatky za odpad, skrátenie návratnosti v porovnaní s inými technikami) alebo príjmov alebo iných prínosoch vrátane podrobností o tom, ako boli vypočítané/odhadnuté. V referenčnom dokumente o hospodárskych vplyvoch a dosahu na viaceré zložky životného prostredia (ECM) a referenčnom dokumente o všeobecných princípoch monitorovania (MON) sa zohľadňujú hospodárske aspekty a náklady na monitorovanie.
Hnacia sila implementácie	Aplikovateľná špecifická miestna podmienka, požiadavky (napr. právne predpisy, bezpečnostné opatrenia) alebo neekologické podnety (napr. zvýšený výnos, lepšia kvalita výrobkov, ekonomické stimuly – napr. dotácie, daňové úľavy), ktoré podnietili alebo stimulovali doterajšie vykonávanie tejto techniky.
Vzorové prevádzky	Odkaz na prevádzky, v ktorých bola technika zavedená a z ktorých boli zozbierané a pri písaní oddielu použité informácie. Údaj o tom, do akej miery sa technika používa v EÚ alebo na celom svete.
Odborná literatúra	Literatúra alebo iný referenčný materiál (napr. knihy, správy, štúdie), ktorý bol použitý pri písaní oddielu a ktorý obsahuje podrobnejšie informácie o technike. Ak referenčný materiál pozostáva z veľkého počtu strán, uvedie sa odkaz na príslušnú stranu (strany) alebo oddiel (oddiely).

3.4.1 Všeobecné aspekty spotreby surovín

Recyklácia a/alebo opätovné použitie jemnozrnných materiálov (použitie v šachtových peciach a v kombinácii s rotačnými pecami) a zníženie a recyklácia strát/odpadu z procesu znižujú celkovú spotrebu surovín.

3.4.2 Všeobecné aspekty vody

Pracie kvapaliny používané na mokré pranie prechádzajú fázovým sedimentačným procesom na oddelenie pevných materiálov. Voda sa opätovne využíva a vracia sa do okruhu sladkej vody.

3.4.3 Zníženie spotreby energie (energetická účinnosť)

Opis

Zlepšená konštrukcia pecí, optimalizácia procesu a čo najvyššia úroveň rekuperácie a opätovného využitia prebytočného tepla z pecí a chladičov môžu znížiť spotrebu energie a palív. Okrem toho sa použitím kyslíka (spaľovacieho vzduchu obohateného kyslíkom) pri procese výpalu môže zvýšiť účinnosť procesu výpalu, čím sa výrazne zvýši účinnosť pece. To je spojené so znížením potreby vzduchu, a tým aj znížením balastu N_2 v peci. Týmto spôsobom možno trvalo znížiť potrebu energie.

S cieľom minimalizovať spotrebu energie na palivo sa využíva spätné získavanie tepla z výfukových plynov predbežným ohrevom magnezitu. Tepelné straty z pece možno využiť na sušenie palív, surovín a niektorých obalových materiálov.

Spotreba elektrickej energie sa minimalizuje používaním elektrických zariadení s vysokou účinnosťou.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie spotreby energie a zvýšenie energetickej účinnosti. Ďalším účinkom je zníženie emisií CO_2 v dôsledku palív, pretože proces sa stáva účinnejším.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Zvýšenie emisie NO_x môže byť spôsobené použitím vyššej teploty plameňa pri procese spaľovania.

Prevádzkové údaje

Špecifická spotreba energie sa pohybuje od 6 do 12 GJ/t. Teoretická reakčná entalpia tohto vysokoendotermického procesu je 2 803 MJ/kg (pozri oddiel 3.3.2).

Uplatniteľnosť

Zníženie spotreby energie je v princípe uplatniteľné na odvetvie výroby magnézie.

Hospodárske vplyvy

Náklady na energiu môžu tvoriť 35 – 40 % celkových nákladov.

Zníženie spotreby energie môže znížiť celkové náklady a emisie CO_2 .

Pri používaní kyslíka je potrebné zohľadniť celkové náklady na energiu a energetickú bilanciu.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Zníženie potreby energie a nákladov.

Zníženie emisií CO_2 .

Zníženie nákladov.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Prevádzky v Rakúsku, Španielsku a EÚ 27.

V tejto súvislosti možno užitočné informácie nájsť aj v referenčnom dokumente Techniky energetickej účinnosti (ENE).

[67, Rakúsko 2006], [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

3.4.4 Optimalizácia riadenia procesov

Opis

Plynulý a stabilný proces v peci, ktorý sa blíži k požadovanej stechiometrickej hodnote vzduchu, je prospešný pre všetky emisie z pece, ako aj pre spotrebu energie. V praxi je zvyčajne prebytok kyslíka približne 1 – 3 %, aby sa dosiahla požadovaná kvalita produktov a optimálne spaľovanie. To možno dosiahnuť použitím optimalizácie riadenia procesov. Proces vypaľovania sa optimalizuje s cieľom znížiť spotrebu tepla a zlepšiť/zachovať kvalitu spekanej, žieravej kalcinovanej alebo tavenej magnézie, napríklad nízkou špecifickou spotrebou energie a nízkymi špecifickými emisiami. Vo všeobecnosti sú pece vybavené systémom riadenia procesu na monitorovanie a riadenie celého procesu z centrálného bodu. Niektoré parametre procesu sa zaznamenávajú priebežne, napríklad spotreba energie, teplota a niekedy aj NO_x. Zníženie emisií, ako sú CO, NO_x, SO₂ a prach, môže byť sekundárnym účinkom tejto optimalizácie.

Keďže v tej istej peci sa zvyčajne vyrába niekoľko rôznych výrobkov, prevádzkové charakteristiky pece musia byť prispôbené týmto výrobkom. Operačné podmienky pece sa môžu výrazne líšiť v závislosti od zaťaženia a požadovanej kvality.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Je možné dosiahnuť redukcii emisií, ako sú CO, NO_x, SO₂ a prach.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadne problémy.

Prevádzkové údaje

Neboli predložené žiadne údaje.

Uplatniteľnosť

Optimalizáciu procesnej kontroly možno uplatniť na všetky typy pecí používané v priemyselnom odvetví výroby oxidu horečnatého. Môže to však vyžadovať zavedenie prepracovanejšieho systému procesnej riadenia.

Hospodárske vplyvy

Kompletný systém riadenia procesu pre slinováciu alebo kalcinačnú prevádzku má náklady približne 1 milión EUR.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Prevádzky v Rakúsku, Španielsku a EÚ 27.

[109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006].

3.4.5 Výber paliva

Opis a prevádzkové údaje

Výroba magnézie suchou cestou je odvetvie s vysokou spotrebou energie (pozri oddiel 3.3.2). V EÚ sa používa najmä zemný plyn, ropný koks a ťažký vykurovací olej. Pri spaľovaní sa však môže používať aj uhlie (antracit a hnedé uhlie) aj v procese spaľovania.

Je potrebný dôkladný výber a kontrola látok vstupujúcich do pece, ktoré môžu ovplyvniť a znížiť emisie, najmä SO₂. Preto by sa mali vyberať palivá s nízkym obsahom síry, ak je ich cena primeraná a palivo dostupné.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie emisií SO₂.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Používaním petrolkoku a uhlia na spaľovanie sa môžu zvýšiť emisie SO₂ v porovnaní s používaním zemného plynu a/alebo vykurovacieho oleja (pozri obrázok 3.13). Plyn môže produkovať vyššie emisie NO_x v dôsledku vyššej teploty plameňa, avšak emisie CO₂ je nižšia v dôsledku nižšieho pomeru C:O v plyne v porovnaní s koksom alebo uhlím.

Prevádzkové náklady

35 –40 % nákladov súvisí s nákladmi na energiu.

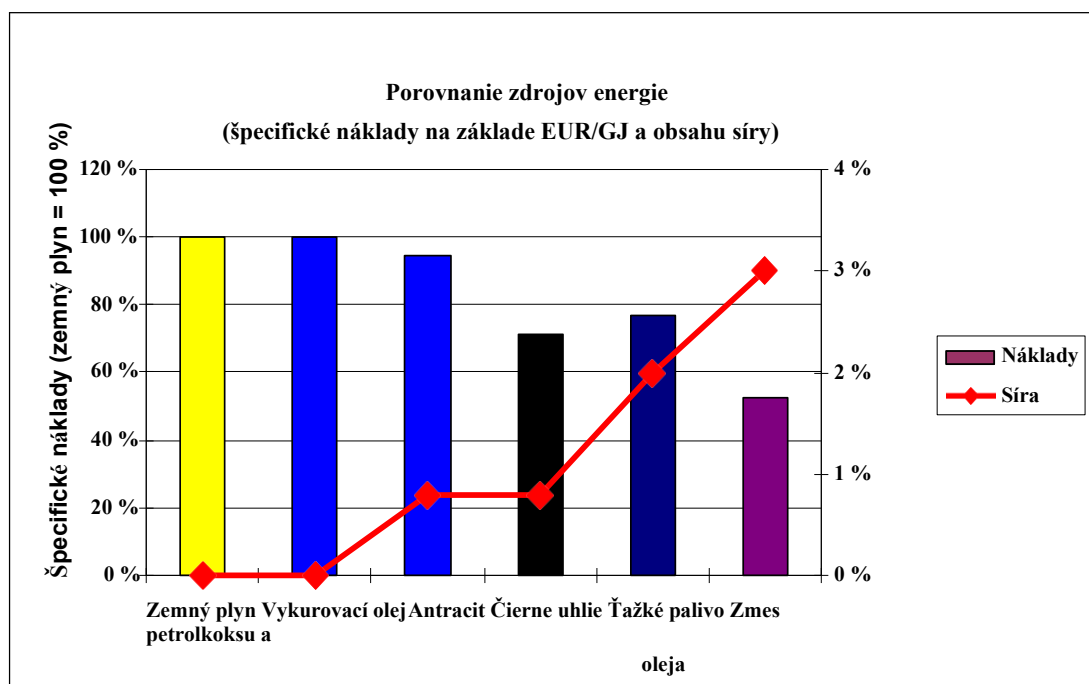
Uplatniteľnosť

Palivá sa môžu používať najmä v peciach na výrobu magnézie. Niekoľko palív, napr. zemný plyn, nemusí byť dostupných vo všetkých regiónoch, a preto sa tieto techniky môžu použiť len tam, kde je to možné. Pec musí byť vybavená technikou spaľovania špecifického paliva alebo tyčami. Tuhé palivá, ako napríklad petrolkok, však nie sú aplikovateľné pre šachtové pece s otočnou doskou alebo otočným roštom, ako je opísané v oddiele 3.2.3.2.2.1 a 3.2.3.2.2.2.

V roku 2007 sa odpadové materiály nepoužívali ako palivo kvôli nečistotám, ktoré by sa potom dostali do výrobku. Výrobok musí byť čistý, bez akýchkoľvek nečistôt. Avšak v budúcnosti a vďaka novým technikám spoluspaľovania odpadu a vďaka určitým produktom z magnézie zvažuje odvetvie výroby magnézie použitie iných druhov odpadu, napr. plastov alebo dreva. V tejto súvislosti sa v oddieloch 1.2.4 a 2.2.5 tohto dokumentu uvádzajú všeobecné aspekty a aspekty kontroly kvality pri používaní odpadu v odvetví výroby cementu a vápna.

Hospodárske vplyvy

Porovnanie rôznych zdrojov energie na základe špecifických nákladov v EUR/GJ a obsahu síry v týchto palivách je uvedené na obrázku 3.13. Najvyššie množstvo síry obsahuje petrolkok, potom nasleduje ťažký vykurovací olej a potom čierne uhlie a antracit.



Obrázok 3.13: Porovnanie palív z hľadiska špecifických nákladov a obsahu síry

Medzi účinnosťou a cenou ropného koksu existuje dobrý vzťah (pozri obrázok 3.13). Náklady na energiu však dosiahli vysokú úroveň 35 – 40 % a je potrebné zohľadniť ekonomický faktor.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Zníženie obsahu SO₂.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Prevádzky v Rakúsku, Španielsku a EÚ 27.

[109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

3.4.6 Emisie prachu (tuhé častice)

3.4.6.1 Techniky pre prašné prevádzky

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Difúzne emisie prachu vznikajú najmä pri skladovaní a manipulácii so surovinami a palivami a z vozidiel v prevádzke. Významné môže byť aj uvoľňovanie častíc z balenia a expedície výrobku. Na zníženie a minimalizáciu možných zdrojov difúzneho prachu sa odporúča jednoduché a lineárne usporiadanie pracoviska, ako aj organizačné techniky.

Uvádzame tu niekoľko rôznych techník, ktoré možno použiť jednotlivo alebo v kombinácii (pozri oddiel 3.3.3.1):

- Udržiavanie poriadku v budovách a na cestách spolu s riadnou a úplnou údržbou daného zariadenia.
- Polievanie surovín skladovaných v haldách vodou.
- Uzavretie/zakrytie prašných prevádzok (napr. drvenie a triedenie), resp. obkolesenie týchto prevádzok stenami.
- Zakrytie dopravníkov a elevátorov, ktoré sú konštruované ako uzavreté systémy, ak je pravdepodobné, že z prašného materiálu sa môžu uvoľňovať emisie prachu.

- Skladovacie silá s dostatočnou kapacitou a vybavené filtrami, ktoré sa zaoberajú vzduchom obsahujúcim prach, ktorý sa uvoľňuje počas plniacich činností.
- Pri pneumatických dopravníkových systémoch sa uprednostňuje proces cirkulácie.
- Obmedzenie množstva únikov vzduchu a miest, kde dochádza k vytekaniu látok.
- Používanie automatických zariadení a kontrolných systémov.
- Zabezpečenie kontinuálnej bezproblémovej prevádzky.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Zvýšenie spotreby energie v dôsledku používania filtračných systémov. Pri údržbe môže vzniknúť ďalší odpad. Zníženie hluku je možné aj uzavretím strojov.

Prevádzkové údaje

Neboli predložené žiadne údaje.

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sa v zásade môžu vykonávať v odvetví výroby magnézie.

Hospodárske vplyvy

V závislosti od konkrétneho individuálneho prípadu súvisiaceho s opatrením/technikou.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Zdravotné a bezpečnostné požiadavky na pracovisku.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Prevádzky v Rakúsku, Španielsku a EÚ 27.

[109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006].

3.4.6.2 Zníženie emisií odvedeného prachu

K emisiám prachu dochádza pri spaľovaní, ale aj pri skladovaní a manipulácii so surovinami a palivami (napr. dopravníky alebo elevátory), ako aj pri mletí a drvení.

Nasledujúce odprašovacie zariadenia možno použiť jednotlivo alebo v kombinácii:

- elektrostatické odlučovače (ESP),
- cyklóny,
- mokré odlučovače prachu,
- textilné filtre.

V triediacich, mlecích a mlynských jednotkách sa na zber produktu a na odprašenie dopravného vzduchu používajú textilné filtre.

Pece používané v odvetví výroby magnézie sú vo všeobecnosti vybavené technikami na redukciu prachu, ktoré zohľadňujú relatívne vysoké teploty odpadových plynov pri vypaľovaní v peci. Z týchto pecí je niekoľko vybavených elektrostatickými odlučovačmi a/alebo kombináciou cyklónu a ESP a/alebo cyklónu a mokrej práčky z dôvodu relatívne vysokých teplôt plynu. Okrem toho sa používajú textilné filtre, ktoré majú vysokú účinnosť pri znížení emisií prachových častíc. Pri použití textilných filtrov je však veľmi dôležitá vysoká teplota spalín, ktorá môže byť kritická, pretože v závislosti od použitého filtračného materiálu sa môže pri vyšších teplotách zapáliť.

3.4.6.2.1 Elektrostatické odlučovače (ESP)**Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy**

Elektrostatické odlučovače (ESP) sa môžu používať na odsávanie prachu pri teplotách odpadových plynov nad rosným bodom a do 370 – 400 °C. Je potrebné vyhnúť sa núdzovým vypnutiam z dôvodu zvýšeného množstva CO kvôli riziku výbuchu. CO sa meria nepretržite z dôvodu kontroly procesu a bezpečnosti. Frekvenciu núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO možno znížiť používaním moderných systémov riadenia procesov s zariadeniami na meranie a reguláciu, ktoré reagujú rýchlo. Informácie a usmernenie týkajúce sa kontroly výpadkov CO sa nachádzajú v kapitole o cemente v oddiele 1.4.5.3 tohto dokumentu a v oddiele 6.2.6.

Viac technických informácií a vysvetlení o prevádzke ESP nájdete v kapitole o cemente, oddiel 1.4.4.3.1 a v kapitole o vápne, oddiel 2.4.5.3.1. Prevádzkové údaje týkajúce sa ESP používaných v odvetví výroby magnézie sú však uvedené nižšie.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Riziko výbuchu vzniká najmä pri použití suchých systémov ESP.

Spotreba energie sa zvyšuje v dôsledku prevádzky ESP v porovnaní napr. s používaním cyklónov. Pri údržbe môže vzniknúť ďalší odpad.

Prevádzkové údaje

Pri vstupnej teplote plynu do ESP približne 400 °C boli zistené emisie prachových častíc 75 mg/Nm³, merané diskontinuálne ako priemerná hodnota z jedného týždňa za rok. V závislosti od prevádzkového režimu sú však ESP schopné dosiahnuť úroveň emisií prachu nižšiu ako 10 mg/Nm³.

Uplatniteľnosť

ESP sa používajú najmä v rotačných peciach.

Môžu sa používať pri teplotách odpadových plynov nad rosným bodom až do 370 – 400 °C.

Hospodárske vplyvy

Pri prevádzke ESP je potrebné zohľadniť relatívne vysoké náklady na prevádzku.

Hnacia sila implementácie

Požiadavky na proces.

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Dva prevádzky v EÚ 27.

[67, Rakúsko 2006], [109, RHI AG 2006] [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

3.4.6.2.2 Odstredivé odlučovače/cyklóny**Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy**

Cyklóny využívajú odstredivú silu na oddelenie pevných častíc od prúdu plynu. Sú robustné a majú široký prevádzkový teplotný rozsah s nízkou náročnosťou na energiu [86, EURITS 2006].

Pri odstredivých odlučovačoch, resp. cyklónoch, sa častice prachu, ktoré sa majú odstrániť z prúdu výstupného plynu, odstredivým pohybom natlačia na vonkajšiu stenu danej jednotky, a potom sa odstránia otvorom na spodnej časti jednotky. Odstredivé sily možno vyvolať tak, že sa tok plynu nasmeruje špirálovitým pohybom smerom nadol cez valcovitú nádobu (cyklónové odlučovače), alebo prostredníctvom otáčavých rotorov zabudovaných do danej jednotky (mechanické odstredivé odlučovače).

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Prevádzka odstredivých odlučovačov/cyklónov je významným zdrojom hluku. Pri údržbe môže vzniknúť ďalší odpad.

Prevádzkové údaje

V iných odvetviach, napríklad výroby vápna, sa odstredivé odlučovače/cyklóny používajú ako predseparátory/odlučovače produktov. Zvyčajne môžu dosiahnuť len hodnoty emisií prachových častíc nižšie ako 150 mg/Nm^3 (pozri oddiel 2.4.5.3.4). V odvetví výroby cementu sa cyklóny kombinujú s výmenníkom vzduchu/tepla na zníženie teploty a textilným filtrom na odstránenie prachu napr. z chladiacich odpadových plynov. Cyklón môže znížiť koncentráciu prachu o 70 %. V kombinácii so vzduchovým výmenníkom tepla a textilným filtrom je možné dosiahnuť vysokú účinnosť čistenia až 99,99 % a nízke hodnoty emisií $5 - 7 \text{ mg/Nm}^3$, ktoré boli zaznamenané v cementárni v Južnej Afrike (pozri kapitolu o cemente, oddiel 1.4.4.3.2).

Odstredivé odlučovače pracujú účinnejšie pri vyššom zaťažení znečisťujúcimi látkami za predpokladu, že sa zariadenie nezablokuje.

Uplatniteľnosť

Častice s nízkou veľkosťou zrna nie sú účinne zadržiavané odstredivými odlučovačmi/cyklónmi. Keďže miera separácie závisí od daného systému, cyklóny sa používajú najmä na predbežnú separáciu hrubého prachu a odpadových plynov.

Hospodárske vplyvy

Odstredivé odlučovače/cyklóny sú relatívne lacné a ľahko sa prevádzkujú.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Požiadavky na proces.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Prevádzky v Rakúsku, Španielsku a EÚ 27.

[86, EURITS 2006], [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

3.4.6.2.3 Mokré odlučovače prachu**Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy**

Pomocou mokrých odlučovačov prachu sa z prúdov výstupných plynov odstraňuje prach. Mokré odlučovače prachu (nazývané aj mokré práčky) možno rozdeliť na rôzne typy podľa ich konštrukcie a princípov fungovania, ako napríklad Venturiho typ. Tento typ odlučovača mokrého prachu má v odvetví výroby magnézie viacero využití, napr. pri usmernení plynu cez najužšiu časť Venturiho trubice (Venturiho hrdlo) možno dosiahnuť rýchlosť plynu v rozmedzí od 60 do 120 m/s. Pracie tekutiny, ktoré sa plnia do hrdla Venturiho trubice, sa rozptýlia do oparu pozostávajúceho z veľmi drobných kvapôčok, a potom sa intenzívne premiešajú s plynom. Častice odlúčené na kvapky vody sú ťažšie a možno ich priamo odčerpať kvapkovým odlučovačom, ktorý je súčasťou Venturiho odlučovača mokrého prachu.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Pri technike mokrého odlučovania sa znečisťujúce látky prenášajú zo vzduchu do vody, takže je nevyhnutné druhé zariadenie na čistenie mokrého odpadového produktu (suspenzie), a preto je možná aj ďalšia spotreba energie.

Prevádzkové údaje

Pri účinnom fungovaní môžu moderné viacskádové mokré práčky dosiahnuť koncentrácie čistého plynu od 10 do 20 mg/Nm^3 (pozri oddiel 2.4.5.3.3 kapitoly o vápne).

Uplatniteľnosť

Mokrý odlučovač prachu Venturiho typu odstraňuje z prúdu spalín prach, prchavé látky, HCl a SO₂. Táto technika nespôsobuje žiadne nevýhody ani žiadne vedľajšie účinky.

Hospodárske vplyvy

Pokiaľ ide o prevádzkové náklady, je potrebné zohľadniť práciu kvapalinu aj čistenie procesnej odpadovej vody.

Hnacia sila implementácie

Požiadavky na
proces. Právne
požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Dva prevádzky v EÚ 27.

[109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007].

3.4.6.2.4 Textilné filtre

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

V textilnom filtri prechádza odpadový plyn cez filtračný vak a prachové častice sa usadzujú na povrchu filtra vo forme filtračného koláča. Textilné filtre dosahujú vysokú retenciu častíc, zvyčajne viac ako 98 % a až 99 % v závislosti od veľkosti častíc. Táto technika je z hľadiska zadržiavania častíc najúčinnnejšia v porovnaní s inými opatreniami, resp. technikami na znižovanie emisií prachu v odvetví výroby magnézie. Vzhľadom na vysoké teploty pecných odpadových plynov však treba použiť špeciálny filtračný materiál, ktorý je odolný voči vysokým teplotám.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Prevádzka textilných filtrov, najmä pri regenerácii tlakovými impulzmi, môže spôsobovať emisie hluku a môže tiež zvyšovať spotrebu elektrickej energie v dôsledku ich vysokého poklesu tlaku. Pri údržbe môže vzniknúť ďalší odpad.

Prevádzkové údaje

Textilné filtre sú k dispozícii v rôznych typoch tkaných filtrov a niektoré z nich môžu operovať s pomerne vysokými teplotami a znášať ich. Informácie o technickom použití rôznych typov tkanín nájdete v oddiele 1.4.4.3.2 (kapitola o cemente) tohto dokumentu.

Z iných prašných prevádzok, ako je proces vypaľovania v peci, možno v iných odvetviach dosiahnuť emisie prachových častíc v rozmedzí menej ako 5 – 10 mg/Nm³ použitím textilných filtrov. Pri dobre navrhnutých, prevádzkovaných a udržiavaných textilných filtroch (priebežné odprášenie filtračných vriec) sa v odvetví výroby vápna dosahujú emisie prachových častíc nižšie ako 10 mg/Nm³ (pozri 2.4.5.3.2). Účinnosť odlučovania môže byť vyššia ako 99,9 %, a preto sa v odvetví výroby cementu môžu dosiahnuť emisie nižšie ako 5 mg/Nm³ (suchý plyn, 273 K, 10 % O₂) (pozri 1.4.4.3.2). Okrem toho sa v odvetví výrobu oxidu horečnatého zaznamenali úrovne emisií prachu nižšie ako 20 mg/Nm³ z procesov vypaľovania v peciach pomocou textilných filtrov [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008].

Uplatniteľnosť

Textilné filtre na odstraňovanie prachu z výstupných plynov možno v zásade použiť pre všetky jednotky v procese výroby oxidu horečnatého, najmä pre prašné prevádzky, triedenie, drvenie a mletie. Môžu sa používať pri teplotách odpadových plynov nad rosným bodom až do 280 °C.

Z dôvodu vysokých teplôt odpadových plynov 250 až 400 °C a korozívnej povahy a veľkého objemu odpadových plynov vznikajúcich pri procese vypaľovania v peci na výrobu žieravej kalcinovanej magnézie (CCM) a spekanej/tvrdo pálenej magnézie (DBM) sa musia používať špeciálne textilné filtre s filtračným materiálom odolným voči vysokým teplotám.

Skúsenosti z odvetvia výroby magnézie vyrábajúceho DBM však ukazujú, že pre teploty plynu približne 400 °C pri výrobe magnézie nie je k dispozícii žiadne vhodné zariadenie, napr. filtračný materiál.

Pri výrobe DBM sa používajú filtračné materiály na operácie pri teplotách do 250 °C, ako napríklad filtračný materiál PTFE (teflón). Tento filtračný materiál vykazuje dobrú odolnosť voči kyselinám alebo zásadám a vyriešilo sa ním mnoho problémov s koróziou [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008].

Hospodárske vplyvy

Náklady na filtračné materiály tolerujúce vysoké teploty plynu sú v porovnaní s inými filtračnými materiálmi relatívne vysoké. Náklady na prevádzku sú vyššie v prípade textilných filtrov ako v prípade ESP z dôvodu vyššej tlakovej straty filtračných materiálov. Informácie o technickom použití a nákladoch na rôzne typy tkanín nájdete v oddiele 1.4.4.3.2 (kapitola o cemente) tohto dokumentu.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Tri prevádzky v EÚ 27.

[109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO, 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

3.4.7 Plynné zlúčeniny

3.4.7.1 Zníženie emisií NO_x

Opis

Významným faktorom ovplyvňujúcim emisie NO_x je teplota výpalu, ktorá je potrebná pre proces výpalu v odvetví výroby magnézie. Vo všeobecnosti to priamo súvisí s kvalitou vyrobenej spekanej/tvrdo pálenej magnézie. Táto teplota výpalu je vo všeobecnosti veľmi vysoká v porovnaní s inými aplikáciami tej istej jednotky. Teploty výpalu sa však líšia v závislosti od výrobku. Vzhľadom na vlastnosti výrobku, ktorý sa má vyrábať, a priamy vzťah medzi výrobkom a teplotou výpalu nie je možné túto teplotu výpalu znížiť.

Existuje jeden zdroj vzniku NO_x:

- tepelné NO_x sú spôsobené reakciou pri vysokých teplotách medzi N₂ a O₂ zo spaľovaného vzduchu.

Tepelné NO_x vznikajú pri teplotách nad 1 000 °C, t. j. v zóne horenia pece, kde sú teploty dostatočne vysoké. Množstvo produkovaných tepelných NO_x sa zvyšuje s vyššími teplotami a rastúcim obsahom kyslíka v zóne horenia.

Na zníženie emisií NO_x možno použiť rôzne techniky, napríklad primárne alebo sekundárne techniky, prípadne kombináciu oboch. Primárne techniky znižujú vznik NO_x, zatiaľ čo sekundárne techniky ničia oxidy dusíka a redukovávajú ich na N₂.

Primárne techniky sú techniky integrované do procesu a zahŕňajú najmä:

- optimalizáciu procesu,
- zdokonalená technika vypaľovania,
- viacstupňové spaľovanie/postupné spaľovanie,
- konštrukcia horáka.

V roku 2007 sa v odvetví výroby oxidu horečnatého nepoužívalo žiadne viacstupňové spaľovanie. Sekundárne techniky na redukciu NO_x zahŕňajú:

- selektívnu nekatalytickú redukciu (SNCR),
- selektívnu katalytickú redukciu (SCR).

V roku 2007 sa v odvetví výroby oxidu horečnatého nepoužívali žiadne sekundárne techniky na redukciu NO_x .

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie emisií NO_x .

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Ako je uvedené v oddiele 1.4.5.1.7 a v oddiele 2.4.6.1.4 (kapitola o cemente), ak sa uvažuje o použití SNCR, musí sa zohľadniť aj únik amoniaku. Vzťah medzi teplotou, únikom NH_3 a znížením NO_x je znázornený na obrázku 2.50 (pozri oddiel 2.4.6.1.4 kapitoly o vápne) [46, Nemecko 2006]. V roku 2008 sa však v odvetví výroby magnézie nepoužíva žiadna technika SNCR (pozri použiteľnosť).

Prevádzkové údaje

Pozri oddiel 3.3.3.1 a tabuľku 3.9. Pri použití len primárnych techník zníženia NO_x boli v roku 2006 zaznamenané emisie NO_x v rozmedzí 650 – 2 500 mg/Nm³. Vyššia hodnota však súvisí s vysokoteplotným procesom DBM.

Uplatniteľnosť

Primárne techniky

Primárne techniky sú v zásade uplatniteľné na väčšinu druhov pecí používaných na výrobu magnézie.

Niektoré primárne techniky používané v iných odvetviach sa však v odvetví výroby magnézie nedajú použiť, napríklad nízkoemisné horáky NO_x a chladenie plameňa. Nízkoemisné horáky NO_x sa nepoužívajú/nemôžu sa používať z dôvodu vysokej teploty spaľovania potrebnej na výrobu DBM. Tento typ horáka operuje s teplotami maximálne 1 600 °C, zatiaľ čo teplota spaľovania pri výrobe DBM je až 2 200 °C. Kvôli týmto vysokým teplotám sa nepoužíva/nemôže používať ani chladenie plameňa.

Na použitie v odvetví výroby magnézie je potrebné ďalej rozvíjať viacstupňové spaľovanie/postupné spaľovanie. V roku 2007 sa v odvetví výrobu oxidu horečnatého nepoužívalo žiadne viacstupňové spaľovanie.

Sekundárne techniky

V EÚ 27 sa v roku 2008 *selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)* na zníženie NO_x v odvetví výroby magnézie nepoužívala, pretože technika SNCR funguje v teplotnom rozmedzí 800 – 1 000 °C, zatiaľ čo proces výroby DBM je endotermický proces, ktorý toto teplotné rozmedzie nedosahuje. Počas procesu odkyslenia materiálu sa teplota pohybuje v rozmedzí 500 až 800 °C. Stabilná teplota nad 800 °C nie je dosiahnuteľná bez vysokého množstva energie, ktorá sa musí dodatočne použiť na dosiahnutie teploty, pri ktorej funguje technika SNCR. Okrem iného by došlo k výraznému zvýšeniu dodatočných nákladov na energiu.

Z hodnotiacej štúdie vykonanej koncom 90. rokov 20. storočia vyplynulo, že *selektívna katalytická redukcia (SCR)* na zníženie NO_x v odvetví DBM je neistá z technického aj ekonomického hľadiska. Dôvodom bola najmä neistá životnosť katalyzátorov a silná znečisťujúca povaha výstupných plynov [108, Európska komisia 2006].

Technika SCR funguje v teplotnom rozmedzí od 300 do 400 °C. NO a NO_2 sa znižujú na N_2 pomocou NH_3 a katalyzátora. Tento proces si vyžaduje dobré premiešanie plynu

a činidla, optimalizovanú teplotu vstrekovania a dostatočný čas zadržania v optimálnom teplotnom rozpätí.

V EÚ 27 sa v roku 2008 technika SCR na zníženie NO_x v odvetví výroby magnézie nepoužívala. Katalyzátory sú veľmi citlivé na magnéziu. Z dôvodu vysokého zaťaženia prachom sa odpadové plyny musia pred prechodom cez katalyzátory SCR odprašovať, napr. pomocou textilných filtrov. Kvôli potrebnej vysokej teplote sa však odpadové plyny musia pred odprašením špeciálnymi textilnými filtermi ochladiť na maximálne 250 °C. Na použitie techniky SCR sa potom musia odpadové plyny ohriať na teplotné rozmedzie 300 až 400 °C, pri ktorom sa vykonáva SCR. To si vyžaduje ďalšiu energiu a môže spôsobiť ďalšie emisie, napr. CO_2 .

Hospodárske vplyvy

Katalytické procesy si zvyčajne vyžadujú vysoké náklady na investície.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Prevádzky na výrobu magnézie v EÚ 27 využívajúce primárne techniky na znižovanie emisií NO_x . [46, Nemecko 2006], [54, EuLA 2006], [85, CEMBUREAU 2006], [108, Európska komisia 2006], [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

3.4.7.2 Zníženie emisií CO

Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy

Výber surovín s nízkym obsahom organických látok, ak je to možné, tiež znižuje emisie CO. Priebežná regulácia teploty spaľovania a riadené pridávanie paliva môžu tiež ovplyvniť emisie CO, napr.:

- používanie dávkovacích váh a presných otočných ventilov na plnenie petrokoksu a/alebo
- použitie prietokomerov a presných ventilov na reguláciu prívodu ťažkého oleja alebo plynu do horáka pece.

Pre zníženie emisií CO je kľúčové, aby dochádzalo k úplnému a správne spaľovaniu. Počas spaľovania možno regulovať primárny vzduch, prísun vzduchu z chladiča a ťah komínového ventilátora a udržiavať tak obsah kyslíka na úrovni medzi 1 (slinovací) a 1,5 % (žieravý). Pravidelnou analýzou plynu možno zistiť vysoké koncentrácie CO (150 mg/Nm^3), pričom zmena vzduchu a palivovej náplne môže tieto emisie znížiť.

Okrem toho je možné znížiť emisie CO zmenou hĺbky horáka [108, Európska komisia 2006]. Emisie CO sa meria s cieľom optimalizovať proces (optimalizácia procesu) a kontrolovať spaľovanie (100 % spaľovanie) palív.

V niektorých prípadoch a za určitých okolností je opatrenie/technika riadenia núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO, ktoré boli vyvinuté pre pece vybavené ESP, uplatniteľné aj v odvetví výroby magnézie. Informácie a usmernenie týkajúce sa núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO sa nachádzajú v kapitole o cemente v oddiele 1.4.5.3 tohto dokumentu a v oddiele 6.2.6.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Žiadne problémy.

Prevádzkové údaje

Emisie CO sa pohybovali v rozmedzí od 33 do $1\,000 \text{ mg/Nm}^3$.

Celkový CO₂ na tonu produktu MgO je súčet CO₂ z procesu a CO₂ z paliva. Podiel CO₂, ktorý pochádza z paliva, sa v závislosti od produktu pohybuje v rozmedzí 0,35 – 0,59 t_{CO2}/t_{MgO} pre plyn a približne 0,813 t_{CO2}/t_{MgO} pre „mix OECD“. Podiel CO₂, ktorý vzniká pri tomto procese, je 1 t_{CO2}/t_{MgO} (kalcinácia magnezitu na oxid horečnatý).

Uplatniteľnosť

Toto meranie/technika je v zásade uplatniteľná na odvetvie výroby magnézie.

Hospodárske vplyvy

Neboli predložené žiadne údaje.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Prevádzky na výrobu magnézie v EÚ 27.

[46, Nemecko 2006], [54, EuLA 2006] [85, CEMBUREAU 2006], [108, Európska komisia 2006], [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

3.4.7.3 Zníženie emisií SO₂

Opis

Emisie SO₂ závisia najmä od obsahu síry v palive. Emisie síry zo suroviny (magnezitu) závisia od obsahu síry v surovine. V zásade sú nízke z dôvodu nízkeho obsahu síry vo väčšine surovín. V niektorých prípadoch však môžu emisie SO₂ zo surovín predstavovať 50 % a až 100 % celkových emisií SO₂.

V odvetví výroby magnézie sa na zníženie emisií SO₂ používajú rôzne techniky odsírenia spalín, ako napr.:

- mokrý odlučovač prachu (mokrý práčka),
- rozprašovacia suchá práčka,
- proces vstrekovania sorbentu (vstrekovanie pevných alebo kvapalných adsorbentov do prúdu plynu),
- regeneračný proces.

Technické informácie a vysvetlenia týkajúce sa prevádzky mokrých práčok nájdete v kapitole o cemente, oddiel 1.4.5.2.2.

Pri použití procesu vstrekovania sorbentu je na dosiahnutie vysokoúčinnnej absorpcie veľmi dôležitý dostatočný čas zadržania plynu medzi miestom vstrekovania a odlučovačom prachu. Reaktívne triedy MgO sa už používajú ako sorbenty SO₂ s vysokou účinnosťou v iných odvetviach, napr. v prevádzkach tepelných elektrární. Napriek nižšej účinnosti v porovnaní s inými technikami má použitie tohto opatrenia/techniky v odvetví výroby magnézie dvojitú výhodu: nižšie náklady na investície a prach z filtra nie je kontaminovaný inými látkami. Zozbieraný filtračný prach sa potom môže opätovne použiť a pridať do výrobkov, aby sa minimalizovala tvorba odpadu.

Okrem toho technické informácie a vysvetlenia o procese vstrekovania sorbentu (pridávanie adsorbentu) v iných odvetviach nájdete v kapitole o cemente v oddiele 1.4.5.2.1 a v kapitole o vápne v oddiele 2.4.6.2 tohto dokumentu.

Dosiahnuté prínosy pre životné prostredie

Zníženie emisií SO₂. Prchavé látky a emisie prachových častíc spolu s emisiami HCl a SO₂ možno znížiť použitím mokrých odlučovačov prachu použitím Venturiho práčky.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Minimalizácia tvorby odpadu (opätovné použitie filtračného prachu).

Pri používaní mokrých odlučovačov prachu (mokrú práčku) môže dochádzať k emisiám do vody.

Prevádzkové údaje

Pri použití palív bohatých na síru, ako je ropný koks, a mokrej práčky na znižovanie emisií SO_2 sa pri jednotlivých meraniach zistili emisie SO_2 v rozmedzí 17,1 – 50 mg/Nm³. Pri použití zemného plynu sa dosiahli úrovne emisií SO_2 10 mg/Nm³ [109, RHI AG 2006].

Pri výrobe žieravej magnézie v rotačnej peci sa približne 40 % oxidu siričitého ako výsledok paliva získava najmä z filtračného prachu.

Uplatniteľnosť

Tieto techniky sa v zásade môžu vykonávať v odvetví výroby magnézie. Ako je opísané v oddiele 3.4.6.2.3, mokré odlučovače prachu pomocou Venturiho práčky spolu s HCl a SO_2 odstraňujú aj prchavé látky a prach. Toto opatrenie/technika sa v iných odvetviach považuje za účinné.

Na dosiahnutie vysokoúčinnnej absorpcie pomocou procesu vstrekovania sorbentu je veľmi dôležitý dostatočný čas zadržania plynu medzi miestom vstrekovania a odlučovačom prachu.

Hospodárske vplyvy

V priemysle MgO môže byť inštalácia mokrej práčky spojená s nákladmi vo výške približne 2 až 3 milióny EUR. Okrem toho sa v oddieloch 1.4.5.2 a 1.4.8.3 tohto dokumentu nachádzajú vzorové údaje o nákladoch na opatrenia/techniky znižovania emisií SO_x v odvetví výroby cementu.

V závislosti od použitého opatrenia/techniky môžu procesy odsírenia spalín zahŕňať vysoké investičné náklady.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Prevádzky v Rakúsku, Španielsku a EÚ 27.

[109, RHI AG 2006] [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006], [168, TWG CLM 2007], [182, TWG CLM 2008].

3.4.8 Všeobecné aspekty procesných strát, resp. odpad v priebehu procesu

Procesné straty, ako sú rôzne druhy prachu uhličitanu horečnatého, ktoré sa zachytávajú, by sa mali recyklovať späť do výrobných procesov, kedykoľvek je to možné, alebo by sa mali opätovne použiť v obchodovateľných výrobkoch. Okrem toho by sa kaly ako výsledok mokrého procesu odsírenia plynov (usadzovanie a/alebo filtračné metódy) mali podľa možnosti opätovne použiť v procese alebo v iných odvetviach v súlade so špecifikáciou.

Pre materiál, ktorý sa nedá recyklovať, sa môžu nájsť alternatívne spôsoby využitia, napr. odpadové obaly alebo odpady ako výsledok údržby niektorých zariadení.

3.4.9 Hluk**Opis a dosiahnuté environmentálne prínosy**

Ťažba a spracovanie surovín, ako aj výroba DBM, nevyhnutne zahŕňa hlučné činnosti. Emisie hluku sa vyskytujú počas celého procesu a môžu vznikáť v rôznych fázach procesu, napríklad z drviacich a mlecích jednotiek, mletia a prípravných jednotiek,

z pecí a dávkovacích systémov pecí, pásových dopravníkov, filtračných jednotiek, chladiacich systémov pecí atď. Prevádzka veľkých a ťažkých strojov a veľkých ventilátorov môže spôsobovať emisie hluku a/alebo vibrácií. Priamym použitím techník pri zdroji hluku možno často dosiahnuť zníženie týchto emisií, ako napr.:

- krytu hlučnej jednotky,
- minimalizáciou hluku použitím zvukovo izolovaných budov,
- izoláciou potrubí a napokon dýchadiel, ktoré sú umiestnené v zvukovo izolovaných budovách.
- protihlukovými stenami,
- výstupnými tlmičmi hluku pre odsávavacie komíny,
- tlmičmi pri filtračných ventilátoroch,
- použitím zvukovo izolovaných modulov pre technické zariadenia (napr. kompresory),
- použitie gumených ochranných krytov v drviacich zariadeniach (zabránenie vzájomnému kontaktu kovových častí).

Ak nie je možné použiť vyššie uvedené techniky ochrany pred hlukom a ak nie je možné premiestniť hlučné jednotky do budovy, napr. vzhľadom na veľkosť pecí a ich zariadení, musia sa vykonať sekundárne techniky ochrany pred hlukom, napr. výstavba budov alebo pestovanie stromov a kríkov medzi chráneným priestorom a hlučnou činnosťou (pecou alebo skladoom). Dvere a okná krytých priestorov musia byť počas hlučnej prevádzky zatvorené.

Na zníženie emisií hluku sa môžu použiť prirodzené protihlukové bariéry, ako sú kancelárske budovy, steny, stromy alebo kríky. Prevádzky musia dodržiavať normy na zníženie hluku v súlade s vnútroštátnymi právnymi predpismi.

Viac informácií o znižovaní hluku a programe znižovania hluku nájdete v kapitole o vápne v oddiele 2.4.10 tohto dokumentu.

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Kvôli technikám ochrany proti hluku môžu vzniknúť dodatočné investičné náklady a náklady na údržbu.

Prevádzkové údaje

Nie sú k dispozícii žiadne údaje.

Uplatniteľnosť

Techniky na zníženie hluku sú v zásade uplatniteľné v odvetví výroby magnézie (pozri oddiel 3.3.3.4).

Hospodárske vplyvy

Ďalšie investičné náklady môžu vzniknúť v dôsledku techník ochrany proti hluku.

Hnacia sila implementácie

Právne požiadavky.

Príklady prevádzok a referenčná literatúra

Prevádzky na výrobu oxidu horečnatého (magnézie) v Rakúsku, Španielsku a EÚ 27.

Viac informácií o znižovaní hluku a programe znižovania hluku nájdete v kapitole o vápne, oddiel 2.4.10.

[45, Schorcht 2006] [109, RHI AG 2006], [110, Španielski výrobcovia MgO 2006/2008], [165, EUROMINES 2006].

3.4.10 Nástroje environmentálneho manažérstva

Nástroje environmentálneho manažérstva sú opísané v kapitole o cemente v oddiele 1.4.12 tohto dokumentu.

3.5 Nové techniky

Zatiaľ neboli poskytnuté žiadne nové techniky pre odvetvie výroby oxidu horečnatého využívajúce suchý spôsob výroby.

4 ROZSAH ZÁVEROV

O BAT

Tieto závery o BAT sa týkajú priemyselných činností uvedených v prílohe I bode 3.1 k smernici 2010/75/EÚ, konkrétne:

„3.1. Výroba cementu, vápna a oxidu horečnatého“, kam patrí:

- (a) výroba cementového slinku v rotačných peciach s výrobnou kapacitou presahujúcou 500 ton za deň alebo iných peciach s výrobnou kapacitou presahujúcou 50 ton za deň,
- (b) výroba vápna v peciach s výrobnou kapacitou presahujúcou 50 ton za deň,
- (c) výroba oxidu horečnatého v peciach s výrobnou kapacitou presahujúcou 50 ton za deň.

Pokiaľ ide o bod 3.1 písm. c), tieto závery o BAT sa zameriavajú len na výrobu oxidu horečnatého suchým spôsobom z vytlačeného magnezitu (uhličitan horečnatý – MgCO_3).

Čo sa týka spomínaných činností, tieto závery o BAT sa vzťahujú najmä na tieto oblasti:

- výroba cementu, vápna a oxidu horečnatého (suchým spôsobom),
- suroviny – uskladnenie a príprava,
- palivá – uskladnenie a príprava,
- využitie odpadu ako suroviny a/alebo paliva – požiadavky na kvalitu, kontrola a príprava,
- výrobky – uskladnenie a príprava,
- balenie a expedícia.

Závery o BAT sa netýkajú týchto činností:

- výroby oxidu horečnatého mokrým spôsobom, pri ktorom sa ako vstupný materiál používa chlorid horečnatý – na tento výrobný proces sa zameriava referenčný dokument o najlepších dostupných technikách výroby veľkoobjemových anorganických chemických látok – pevných a iných látok (LVIC-S),
- výroby vápna s veľmi nízkym obsahom uhlíku (t. j. zmes oxidov vápnika a horčíka, ktorá vzniká takmer úplnou dekarbonizáciou dolomitu ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$). Zvyškový CO_2 obsah produktu je nižší ako 0,25 % a objemová hmotnosť je výrazne nižšia ako $3,05 \text{ g/cm}^3$)
- šachtové pece na výrobu cementového slinku,
- činnosti, ktoré priamo nesúvisia s primárnou činnosťou, napr. ťažbu v lomoch.

V nasledujúcej tabuľke uvádzame ostatné referenčné dokumenty relevantné pre činnosti, na ktoré sa vzťahujú tieto závery o BAT.

Referenčné dokumenty	Činnosť
Emisie vznikajúce pri skladovaní (EFS)	Skladovanie surovín a výrobkov a manipulácia s nimi
Všeobecné zásady monitorovania (MON)	Monitorovanie emisií a spotreby
Spracovanie odpadu (WT)	Nakladanie s odpadom
Energetická účinnosť (ENE)	Energetická účinnosť všeobecne
Hospodárske vplyvy a dosah na viaceré zložky životného prostredia (Economic and Cross-media Effects, ECM)	Hospodárske vplyvy a dosah na viaceré zložky životného prostredia

Techniky uvedené a opísané v týchto záveroch o BAT nie sú normatívne ani úplné. Na zabezpečenie minimálne ekvivalentnej úrovne ochrany životného prostredia možno použiť aj iné techniky.

Ustanovenia týkajúce sa zariadení na spoluspaľovanie odpadov sa v týchto záveroch o BAT uvádzajú bez toho, aby boli dotknuté ustanovenia kapitoly IV a prílohy VI smernice 2010/75/EÚ.

Ak sa tieto závery o BAT týkajú účinnosti energie, nie sú tým dotknuté ustanovenia novej smernice 2012/27/EÚ o účinnosti energie.

POZNÁMKA K VÝMENE INFORMÁCIÍ

Výmena informácií o BAT pre odvetvia výroby cementu, vápna a oxidu horečnatého sa skončila v roku 2008. Na dosiahnutie týchto záverov o BAT sa použili informácie dostupné v danom čase, ktoré sa doplnili informáciami o emisiách z výroby oxidu horečnatého.

VYMEDZENIE POJMOV

Na účely týchto záverov o BAT sa uplatňuje toto vymedzenie pojmov:

Použitý pojem	Vymedzenie
Nová prevádzka	Prevádzka umiestnená v lokalite zariadenia po uverejnení týchto záverov o BAT alebo úplné nahradenie prevádzky na existujúcich základoch zariadenia po uverejnení týchto záverov o BAT
Existujúca prevádzka	Prevádzka, ktorá nie je novou prevádzkou
Rozsiahla modernizácia	Modernizácia prevádzky/pece zahŕňajúca významnú zmenu požiadaviek na pec alebo technológiu alebo výmenu pece
„Využitie odpadu ako paliva a/alebo ako suroviny“	Daný pojem sa vzťahuje na: - palivá vyrobené z odpadov s vysokou výhrevnosťou a - odpadové materiály bez vysokej výhrevnosti, no s obsahom minerálnych zložiek, ktoré sa používajú ako suroviny prispievajúce k vypáleniu medziproduktov a - odpadové materiály, ktoré majú vysokú výhrevnosť, a zároveň obsahujú minerálne zložky

Vymedzenie niektorých výrobkov

Použitý pojem	Vymedzenie
Biely cement	Cement patriaci pod tento kód PRODCOM 2007: 26.51.12.10 – Biely portlandský cement
Špeciálny cement	Cement, ktorý patrí do skupiny výrobkov vymedzenej týmito kódmi PRODCOM 2007: 26.51.12.50 – hlinitanový cement 26.51.12.90 – ostatné hydraulické cementy
Dolomitické vápno alebo kalcinované dolomitické vápno	Zmes oxidov vápnika a horčíka vyrobená dekarbonizáciou dolomitu ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) so zvyškovým obsahom CO_2 vo výrobku presahujúcim 0,25 % a objemovou hustotou komerčného výrobku výrazne pod 3,05 g/cm ³ . Stránka voľný obsah MgO sa zvyčajne pohybuje medzi 25 % a 40 %.
Spekané dolomitické vápno	Zmes oxidov vápnika a horčíka používaná výlučne na výrobu žiaruvzdorných tehál a iných žiaruvzdorných výrobkov s minimálnou objemovou hmotnosťou 3,05 g/cm ³

Vymedzenie niektorých látok znečisťujúcich ovzdušie

Použitý pojem	Vymedzenie
NO _x vyjadrené ako NO ₂	Súčet oxidu dusíka (NO) a oxidu dusičitého (NO ₂), vyjadrený ako NO ₂
SO _x , vyjadrené ako SO ₂	Súčet oxidu siričitého (SO ₂) a oxidu sírového (SO ₃), vyjadrený ako SO ₂
Chlorovodík vyjadrený ako HCl	Všetky plynné zlúčeniny chlóru vyjadrené ako HCl
Fluorovodík vyjadrený ako HF	Všetky plynné zlúčeniny fluóru vyjadrené ako HF

Použité skratky

ASK	Kruhová šachtová pec
DBM	Tvrdo pálený oxid horečnatý
I-TEQ	Medzinárodný koeficient toxickkej ekvivalencie
LRK	Dlhá rotačná pec
MFSK	Šachtová pec s miešaným zavážaním
OK	Ostatné pece V odvetví výroby vápna sa tento pojem vzťahuje na nasledujúce typy pecí: • šachtové pece s dvoma komorami • viackomorové šachtové pece • šachtové pece so stredovým horákom • šachtové pece s externou komorou • šachtové pece s horákom v nosníku • šachtové pece s vnútornou klenbou • pece s pohyblivým roštom • pece s tvarovaným vekom • iskrové kalcinačné pece • pece s otočným ohniskom
OSK	Ostatné šachtové pece (pece, ktoré nepatria do kategórie ASK ani MFSK)
PCDD	Polychlóvaný dibenzo-p-dioxín
PCDF	Polychlóvaný dibenzofurán
PFRK	Rekuperačná pec s paralelným tokom
PRK	Rotačná pec s predohrievačom

VŠEOBECNÉ ASPEKTY

Priemerované obdobia a referenčné podmienky pre emisie do ovzdušia

Úroveň emisií spojená s najlepšimi dostupnými technikami (BAT-AEL) uvedené v týchto záveroch o BAT sa vzťahuje na štandardné podmienky: suchý plyn pri teplote 273 K a tlaku 1 013 hPa.

Uvedené hodnoty koncentrácií platia pri týchto referenčných podmienkach:

Činnosti		Referenčné podmienky
Činnosti prebiehajúce v peciach	Priemyselné odvetvie výroby cementu	objemová koncentrácia kyslíka 10 %
	Priemyselné odvetvie výroby vápna ⁽¹⁾	objemová koncentrácia kyslíka 11 %
	Priemyselné odvetvie výroby oxidu horečnatého (suchým spôsobom) ⁽²⁾	objemová koncentrácia kyslíka 10 %
Činnosti, ktoré neprebiehajú v peciach	Všetky procesy	Žiadna korekcia pre kyslík
	Zariadenia na hydratáciu vápna	Podľa emisií (žiadna korekcia na kyslík a pre suchý plyn)
(1) Pre sintrované (spekané) dolomitické vápno vyrobené dvojstupňovým výpalom sa neuplatňuje korekcia pre kyslík. (2) Pre tvrdo pálený oxid horečnatý vyrobený dvojstupňovým výpalom sa neuplatňuje korekcia na kyslík.		

Pri priemerovaných obdobiach sa uplatňujú tieto vymedzenia:

Priemerná denná hodnota	Priemerná hodnota za obdobie 24 hodín meraná kontinuálnym monitorovaním emisií
Priemer za obdobie odberu vzoriek	Priemerná hodnota jednotlivých meraní (periodických) v trvaní najmenej 30 minút, pokiaľ nie je uvedené inak

Prevod na referenčnú koncentráciu kyslíka

Vzťah na prepočet koncentrácie emisií na referenčný obsah kyslíka je:

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} * E_M$$

kde:

E_R (mg/Nm³): koncentrácia emisií vo vzťahu k referenčnej úrovni kyslíka O_R

(obj. %): referenčná úroveň kyslíka

E_M (mg/Nm³): koncentrácia emisií súvisiaca s nameranou úrovňou kyslíka O_M

O_M (obj. %): nameraná úroveň kyslíka

4.1 Všeobecné závery o BAT

BAT uvádzané v tomto oddiele sa uplatňujú na všetky zariadenia, na ktoré sa vzťahujú tieto závery o BAT (výroba cementu, vápna a oxidu horečnatého).

Okrem všeobecných BAT uvedených v tomto oddiele sa uplatňujú aj BAT vzťahujúce sa na konkrétne výrobné procesy, ktoré sa uvádzajú v oddieloch 4.2 – 4.4.

4.1.1 Systémy environmentálneho manažérstva (EMS)

1. Na zlepšenie celkového environmentálneho pôsobenia tovární, resp. zariadení na výrobu cementu, vápna a oxidu horečnatého sa má v rámci BAT zaviesť a dodržiavať systém environmentálneho manažmentu, ktorý sa vyznačuje všetkými týmito charakteristikami:

- i. angažovanosť manažmentu vrátane vyššieho manažmentu;
- ii. vymedzenie environmentálnej politiky, ktorá zahŕňa neustále zlepšovanie zariadenia zo strany manažmentu,
- iii. plánovanie a stanovenie potrebných postupov, úloh a cieľov v spojení s finančným plánovaním a investíciami;
- iv. realizácia postupov osobitne zameraných na:
 - (a) štruktúru a zodpovednosť;
 - (b) odborné vzdelávanie, zvyšovanie informovanosti a odbornú spôsobilosť,
 - (c) komunikáciu;
 - (d) zapojenie zamestnancov;
 - (e) dokumentáciu;
 - (f) účinnú kontrolu procesov,
 - (g) programy údržby,
 - (h) pripravenosť na núdzové situácie a reakciu na ne;
 - (i) zabezpečovanie dodržiavania environmentálnych právnych predpisov;
- v. kontrolu výkonnosti a prijímanie nápravných opatrení, pričom osobitnú pozornosť treba venovať:
 - (a) monitorovaniu a meraniu (pozri aj referenčný dokument o všeobecných zásadách monitorovania),
 - (b) nápravným a preventívnym opatreniam,
 - (c) vedeniu záznamov,
 - (d) nezávislým (tam, kde je to možné) interným a externým auditom s cieľom určiť, či EMS zodpovedá plánovaným opatreniam a či sa správne zaviedol a riadne sa uplatňuje,
- vi. revízií systému EMS a jeho trvalej vhodnosti, primeranosti a účinnosti, ktorú vykoná vyššie vedenie,
- vii. sledovaniu vývoja čistejších technológií;
- viii. zohľadneniu vplyvov na životné prostredie v dôsledku prípadného vyradenia zariadenia z prevádzky vo fáze plánovania nového zariadenia a počas jeho prevádzkovej životnosti,
- ix. pravidelnému vykonávaniu referenčného porovnávania na úrovni odvetvia.

Uplatniteľnosť

Rozsah (napr. miera podrobnosti) a povaha systému EMS (napr. normatívnosť alebo nenormatívnosť) bude vo všeobecnosti závisieť od povahy, miery a zložitosti zariadenia, ako aj od rozsahu jeho možného vplyvu na životné prostredie.

4.1.2 Hluk

2. Na zníženie, resp. minimalizovanie emisií hluku pri procesoch výroby cementu, vápna a oxidu horečnatého sa má v rámci BAT používať primeraná kombinácia týchto techník:

	Technika
a)	Výber primeraných umiestnení pre hlučné prevádzky
b)	Uzatvorenie hlučných prevádzok, resp. jednotiek
c)	Použitie protivibračnej izolácie na prevádzky, resp. jednotky
d)	Použitie vnútorného a vonkajšieho obloženia z materiálu, ktorý absorbuje nárazy.
e)	Používanie zvukovo izolovaných budov na ochranu pred hlukom pri prevádzkach zahŕňajúcich transformáciu materiálu.
f)	Budovanie protihlukových ochranných stien a/alebo prírodných prekážok brániacich šíreniu hluku
g)	Použitie tlmičov hluku na výpustiach odsávacích komínov
h)	Izolovanie potrubí a koncových dúchadiel, ktoré sú umiestnené vo zvukotesných budovách
i)	Zatváranie dverí a okien v hlučných priestoroch
j)	Zvuková izolácia strojovní
k)	Zvuková izolácia otvorov v stenách, napr. montáž uzatváracích mechanizmov na vstupe do dopravného pásu
l)	Inštalovanie zariadení na pohlcovanie hluku na výstupy vetracieho vzduchu, napr. na výstup čistého plynu z odprašovacích jednotiek
m)	Zníženie prietoku v potrubíach
n)	Zvuková izolácia potrubí
o	Použitie oddeleného usporiadania zdrojov hluku a potenciálne rezonančných komponentov, napr. kompresorov a potrubia
p)	Použitie tlmičov pri filtračných ventilátoroch
q)	Využívanie zvukotesných modulov technických zariadení (napr. kompresorov)
r)	Použitie gumených ochranných krytov v drviacich zariadeniach (zabránenie vzájomnému kontaktu kovových častí)
s)	Výstavba budov alebo výsadba stromov a krov medzi chráneným územím a hlučnou činnosťou

4.2 Závery o BAT v priemyselnom odvetví výroby cementu

Pokiaľ sa neuvádza inak, závery o BAT uvedené v tomto oddiele možno uplatniť na všetky zariadenia v priemyselnom odvetví výroby cementu.

4.2.1 Všeobecné primárne techniky

3. Na zníženie emisií z pece a efektívne využitie energie sa má v rámci BAT dosiahnuť plynulý a stabilný proces prevádzky pece, blížiaci sa stanoveným hodnotám procesných parametrov využitím týchto techník:

	Technika
a)	Optimalizácia riadenia procesu vrátane automatizovaného riadenia počítačom
b)	Využitie moderných gravimetrických systémov dávkovania tuhých palív

4. Na predchádzanie vzniku, resp. zníženie množstva emisií sa v rámci BAT má vykonávať starostlivý výber a kontrola všetkých látok, ktoré sa dávajú do pece.

Opis

Starostlivý výber a kontrola látok, vstupujúcich do pece, možno znížiť množstvo emisií. Chemické zloženie látok a spôsob ich plnenia do pece predstavujú faktory, ktoré treba pri výbere zobrať do úvahy. Medzi príslušné látky môžu patriť aj látky uvedené v BAT č. 11 a v BAT č. 24 až 28.

4.2.2 Monitorovanie

5. V rámci BAT sa majú pravidelne monitorovať a merať procesné parametre a emisie podľa príslušných európskych noriem a v prípade, že európske normy nie sú k dispozícii, podľa noriem ISO, vnútroštátnych alebo iných medzinárodných noriem, ktorými sa zabezpečia údaje na ekvivalentnej vedeckej úrovni vrátane:

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Kontinuálne meranie procesných parametrov preukázanie stability procesu, ako je teplota, obsah O ₂ , tlak a prietok	Všeobecne uplatniteľné
b)	Monitorovanie a stabilizácia kritických parametrov procesu, t. j. homogénnej zmesi surovín a dávkovania paliva, pravidelného dávkovania a prebytku kyslíka	Všeobecne uplatniteľné
c)	Kontinuálne meranie emisií NH ₃ , keď sa používa SNCR	Všeobecne uplatniteľné
d)	Kontinuálne merania prachu, NO _x , SO _x a emisií CO	Uplatniteľné na procesy prebiehajúce v peciach
e)	Pravidelné emisii z PCDD/F a kov merania	
f)	Kontinuálne alebo periodické merania HCl, HF a emisií TOC.	
g)	Kontinuálne alebo periodické merania prachu	Uplatniteľné na činnosti, ktoré neprebiehajú v peciach. V prípade malých zdrojov (<10 000 Nm ³ /h) z iných prašných prevádzok, ako chladenie a hlavne procesy mletia, by frekvencia meraní alebo kontrol výkonu mala vychádzať z údržby systému riadenia.

Opis

O tom, či sa vykonajú kontinuálne alebo periodické merania v zmysle BAT č. 5 písm. f), sa rozhodne na základe zdroja emisií a typu očakávaných znečisťujúcich látok.

4.2.3 Spotreba energie a výber procesu**4.2.3.1 Výber procesu**

- 6. Na zníženie spotreby energie sa v rámci BAT majú používať pece so suchým spôsobom s viacstupňovým predohrevom a predkalcináciou s cieľom dosiahnuť zníženie spotreby energie.**

Opis

Pri takomto type pecného systému možno odpadové plyny a získané odpadové teplo z chladenia využiť na predohrev a predkalcináciu surovín pred vstupom do pece. Dosiahnu sa tak značné úspory pri spotrebe energie.

Uplatniteľnosť

Uplatniteľné na nové zariadenia a pri rozsiahlych modernizáciách v závislosti od množstva vlhkosti obsiahnutej v surovinách.

Úrovně spotreby energie spojené s BAT

Pozri tabuľku 4.1.

Tabuľka 4.1: Úrovně spotreby energie spojené s BAT platné pre nové zariadenia a rozsiahle modernizácie pri používaní pece so suchým spôsobom výroby s viacstupňovým predohrevom a predkalcináciou

Proces	Jednotka	Úrovně spotreby energie spojené s BAT ⁽¹⁾
Suchý spôsob s viacstupňovým predohrevaním a predkalcináciou	MJ/t slinku	2 900 – 3 300 ⁽²⁾ ⁽³⁾
(1) Úrovně sa nevzťahujú na prevádzky vyrábajúce špeciálny cement alebo biely cementový slinok, ktoré si vyžadujú výrazne vyššie procesné teploty vzhľadom na špecifikácie výrobku. (2) Za normálnych (s výnimkou nábehu alebo odstavenia z prevádzky a pod.) a optimalizovaných prevádzkových podmienok. (3) Výrobná kapacita má vplyv na spotrebu energie. Vyššie kapacity umožňujú dosahovať úspory energie a nižšie kapacity vyžadujú viac energie. Spotreba energie závisí aj od počtu stupňov cyklónového predohrievača. Čím je počet stupňov cyklónového predohrievača vyšší, tým je spotreba energie v rámci daného pecného procesu nižšia. Primeraný počet stupňov cyklónového predohrievača možno stanoviť predovšetkým na základe obsahu vlhkosti v surovinách.		

4.2.3.2 Spotreba energie

7. Na zníženie, resp. minimalizovanie spotreby tepelnej energie sa má v rámci BAT používať kombinácia týchto techník:

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Aplikovanie vylepšených a optimalizovaných pecných systémov plynulej a stabilnej prevádzky pece, blížiacej sa stanoveným hodnotám procesných parametrov využitím týchto techník: I. optimalizácia riadenia procesu vrátane automatizovaných systémov kontrol počítačom, II. moderné gravimetrické systémy dávkovania tuhých palív, III. predohrev a predkalcinácia v najvyššej možnej miere pri zohľadnení usporiadania existujúceho pecného systému.	Všeobecne uplatniteľné. Pri existujúcich peciach závisí uplatnenie predohrevu a predkalcinácie od usporiadania pecného systému.
b)	Spätné získanie prebytočného tepla z pecí, predovšetkým zo zóny chladenia. Prebytočné teplo z chladiacej zóny pece (horúci vzduch) alebo z predohrievača možno využiť najmä na vysušanie surovín.	Všeobecne uplatniteľné v priemyselnom odvetví výroby cementu. Spätné získanie prebytočného tepla zo zóny chladenia možno uplatniť pri použití roštových chladičov. Pri rotačných (planetových) chladičoch možno docieľiť len obmedzenú účinnosť regenerácie.
c)	Použitie vhodného počtu cyklónových stupňov súvisiacich s charakteristikami a vlastnosťami použitých surovín a palív	Fázy cyklónového predohrievača sú uplatniteľné na nové prevádzky a významné modernizácie.
d)	Využívanie palív, ktorých charakteristické vlastnosti priaznivo vplyvajú na spotrebu tepelnej energie.	Táto technika je všeobecne uplatniteľná na cementárenské pece v závislosti od dostupnosti paliva a na existujúce pece v závislosti od technických možností vstrekovania paliva do pece
e)	Pri nahrádzaní konvenčných palív odpadovými palivami s použitím optimalizovaných a vhodných systémov cementárenských pecí na spaľovanie odpadov	Všeobecne uplatniteľné na všetky typy cementárenských pecí
f)	Minimalizovanie prietokov v bypasse pecného systému	Všeobecne uplatniteľné na odvetvie výroby cementu

Opis

Na spotrebu energie v moderných pecných systémoch má vplyv viacero faktorov, napríklad vlastnosti surovín (napr. obsah vlhkosti, páliteľnosť), používanie palív s rôznymi vlastnosťami, ako aj inštalácia systému bypassu (odvádzanie plynov obtokom). Na spotrebu energie má vplyv aj výrobná kapacita pece.

Technika 7c: primeraný počet cyklónových stupňov na predohrev je určený hmotnostným tokom a obsahom vlhkosti vstupných surovín a palív, ktoré majú byť vysušené prebytočným teplom odpadových plynov, pretože suroviny dostupné v jednotlivých lokalitách sa vo veľkej miere líšia z hľadiska obsahu vlhkosti a páliteľnosti.

Technika 7d: v priemyselnom odvetví výroby cementu možno využiť konvenčné a odpadové palivá. Charakteristické vlastnosti použitých palív, napríklad primeraná výhrevnosť a nízky obsah vlhkosti, majú priaznivý vplyv na špecifickú energetickú spotrebu danej pece.

Technika 7f: odstránenie horúcich surovín a horúceho plynu vedie k vyššej špecifickej spotrebe energie približne 6 – 12 MJ/t slinku na percentuálny bod odstráneného vstupného plynu do pece. Minimalizácia používania plynového obtoku má preto pozitívny vplyv na spotrebu energie.

- 8. Na zníženie spotreby primárnej energie sa má v rámci BAT zvážiť zníženie množstva slinku v cemente a cementárenských výrobkoch.**

Opis

Zníženie množstva slinku v cemente a cementárenských výrobkoch možno doceliť pridaním plnív a/alebo prímiesí, napr. trosky, vápenca, popolčeka alebo (puzolánu) v etape mletia v súlade s príslušnými normami na výrobu cementu.

Uplatniteľnosť

Všeobecne uplatniteľné na priemyselné odvetvie výroby cementu v závislosti od (miestnej) dostupnosti stužovadiel, resp. plnív a/alebo prímiesí a od špecifických vlastností miestneho trhu.

- 9. Na účely zníženia spotreby primárnej energie má BAT zvážiť kogeneráciu/kombinovanú výrobu tepla a elektriny.**

Opis

V priemyselnom odvetví výroby cementu možno využiť kogeneračné zariadenia na výrobu pary a elektriny alebo kombinované zariadenia na výrobu tepla a elektriny, a to využitím odpadového tepla z chladiča slinku alebo z pecných odpadových plynov prostredníctvom procesov konvenčného parného cyklu alebo prostredníctvom iných techník. Okrem toho možno prebytočné teplo získané z chladiča slinku alebo z pecných odpadových plynov využiť na diaľkové vykurovanie alebo na iné priemyselné účely.

Uplatniteľnosť

Predmetnú techniku možno uplatniť vo všetkých cementárenských peciach, ak vzniká dostatok prebytočného tepla, pokiaľ možno dosiahnuť vhodné procesné parametre a je zaistená hospodárska životaschopnosť.

- 10. Na zníženie/minimalizovanie spotreby elektrickej energie sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):**

	Technika
a)	Používanie systémov na riadenie hospodárenia s elektrinou
b)	Používanie mlecích zariadení a iných elektrických zariadení s vysokou energetickou účinnosťou
c)	Používanie dokonalejších monitorovacích systémov
d)	Obmedzenie prieniku falošného vzduchu do systému netesnosťami
e)	Optimalizácia riadenia procesov

4.2.4 Využitie odpadov

4.2.4.1 Kontrola kvality odpadu

- 11. Na zabezpečenie vlastností odpadu, ktorý sa má použiť ako palivo a/alebo ako surovina v cementárenských peciach, ako aj na zníženie množstva emisií, sa v rámci BAT majú používať tieto techniky:**

	Technika
a)	Prostredníctvom systémov zabezpečenia kvality zaručiť vlastnosti odpadov a analyzovať všetky druhy odpadov, ktoré sa majú použiť ako surovina a/alebo palivo v cementárenskej peci, z hľadiska: I. stálej kvality, II. fyzikálnych kritérií (napr. tvorba emisií, zrnitosť, reaktivnosť, páliteľnosť, výhrevnosť), III. chemických kritérií (napr. obsah chlóru, síry, alkalických zložiek, fosfátov a príslušných kovov).
b)	Kontrola množstva príslušných parametrov pre každý odpad, ktorý sa má použiť ako surovina a/alebo palivo v cementárenskej peci, ako sú chlór, príslušné kovy (napr. kadmium, ortuť, tálium), síra, celkový obsah halogénov.
c)	Používanie systémov zabezpečenia kvality pri každej dávke odpadu

Opis

Rôzne druhy odpadových materiálov môžu pri výrobe cementu nahradiť primárne suroviny alebo fosilné palivá a prispieť tak k úspore prírodných zdrojov.

4.2.4.2 Dávkovanie odpadu do pece

- 12. Na zabezpečenie primeraného nakladania s odpadom, ktorý sa použije ako palivo a/alebo surovina v peci, sa v rámci BAT majú používať tieto techniky:**

	Technika
a)	Používanie vhodných bodov na dávkovanie odpadu do pece z hľadiska teploty a času zdržania v závislosti od konštrukcie pece a prevádzky pece.
b)	Na dávkovanie odpadu obsahujúceho organické zložky, ktoré sa môžu odparovať pred kalcinačnou zónou do primerane vysokoteplotných zón pecného systému.
c)	Prevádzkovanie tak, aby sa plyn vznikajúci pri spoluspaľovaní odpadu zvyšoval kontrolovaným a homogénnym spôsobom, a to aj za najnepriaznivejších podmienok, na teplotu 850 °C počas 2 sekúnd.
d)	Zvýšenie teploty na 1 100 °C, ak sa sa spoluspaľuje nebezpečný odpad s obsahom viac ako 1 % halogénovaných organických látok vyjadrených ako chlór.
e)	Kontinuálne a konštantné dávkovanie odpadu.
f)	Odloženie alebo zastavenie spoluspaľovania odpadu pri činnostiach, ako je spustenie a/alebo zastavenie prevádzky, keď nie je možné dosiahnuť vhodné teploty a časy zdržania, ako je uvedené v bodoch a) až d) vyššie.

4.2.4.3 Riadenie bezpečnosti pri používaní nebezpečného odpadu

- 13. V rámci BAT sa má uplatňovať riadenie bezpečnosti pri skladovaní manipulácii a dávkovaní nebezpečných odpadových materiálov, ako prístup, založený na rizikách v závislosti na zdroji a druhu odpadu, napríklad pri označovaní, kontrole, odoberaní vzoriek a testovaní odpadu, s ktorým sa nakladá.**

4.2.5 Emisie prachu

4.2.5.1 Difúzne emisie prachu

14. Na minimalizovanie množstva, resp. zamedzenie vzniku emisií difúzneho prachu z prašných prevádzok sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Jednoduché a lineárne priestorové usporiadanie v rámci lokality príslušného zariadenia	Uplatniteľnosť len na nové prevádzky
b)	Uzavrenie/zapuzdrenie prašných prevádzok, ako je mletie, triedenie a miešanie	Všeobecne uplatniteľné
c)	Kryt dopravníkov a elevátorov, ktoré sú konštruované ako uzavreté systémy, ak sa z prašného materiálu budú pravdepodobne uvoľňovať difúzne emisie prachu	
d)	Obmedzenie únikov difúzných emisií a netesností.	
e)	Používanie automatických zariadení a radiacích systémov.	
f)	Zabezpečenie bezproblémovej prevádzky.	
g)	Zabezpečenie riadnej a úplnej údržby zariadenia prostredníctvom mobilného a stacionárneho vysávania: a) Počas údržby alebo pri dopravníkových systémoch môže dôjsť k vysypaniu materiálov. Na zabránenie tvorby rozptýleného prachu počas ich odstraňovania by sa mali využiť vysávacie systémy. Nové budovy možno bez ťažkostí vybaviť potrubím na stacionárne vysávanie, kým existujúce budovy je obvykle výhodnejšie vybaviť mobilnými systémami s flexibilnými prípojkami, • V špecifických prípadoch možno pri pneumatických dopravníkových systémoch uprednostniť proces cirkulácie.	
h)	Ventilácia a zhromažďovanie prachu v textilných filtroch: • Manipulácia s materiálom by v najväčšej možnej miere mala prebiehať v uzavretých systémoch udržiavaných pod podtlakom. Vzduch, ktorý sa pritom odsáva, by sa mal pred vypustením do okolitého ovzdušia odprášiť prostredníctvom textilného filtra.	
i)	Využitie uzavretých skladovacích priestorov s automatickým manipulačným systémom: • Za najúčinnšie riešenie problému s rozptýleným prachom, ktorý vzniká pri skladovaní materiálu s veľkým objemom, sa považujú slinkové silá a uzavreté plne automatické skladovanie surovín. V týchto typoch uskladnenia sú nainštalované textilné filtre, úlohou ktorých je zabrániť tvorbe difúzných emisií prachu pri nakladaní a vykladaní. • Používajte skladovacie silá s primeranou kapacitou, hladinometry s koncovými spínačmi a filtre na spracovanie vzduchu s prachom, ktorý sa uvoľňuje počas činnosti plnenia	
j)	Využívanie flexibilných plniacich rúrok na proces expedície a proces nakladania, ktoré sú vybavené systémom odsávania prachu pri nakladaní cementu, ktorý je umiestnený v pozícii smerom k podlahe nákladného vozidla.	

- 15. Na minimalizovanie množstva, resp. zamedzenie vzniku difúzných emisií prachu z priestorov na skladovanie voľne sypaného materiálu, sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):**

	Technika
a)	Zakrytie skladovacích priestorov alebo hald alebo ich ohradenie tienením, múrmi alebo ohradou z vertikálnej zelene (umelé alebo prirodzené veterné bariéry na ochranu otvorených skládok pred vetrom).
b)	Využitie ochrany otvorených skladových zásob proti vetru: b) Prašné materiály by sa nemali skladovať vonku, ak sa však tomu nedá vyhnúť, rozptýleniu prachu možno zabrániť správnym rozmiestnením veterných bariér.
c)	Používanie vodných rozprašovačov a chemických prostriedkov potlačajúcich únik prachu: c) Ak je miesto zdroja rozptyľovania prachu dobre situované, možno nainštalovať systém vodných rozprašovačov. Zvlhčenie prachových častíc podporuje zhlukovanie a napomáha tak pri usádzaní prachu. K dispozícii je aj široká škála prostriedkov na zlepšenie celkovej účinnosti rozprašovania vody
d)	Zabezpečenie dláždenia a zvlhčovania ciest a udržiavanie poriadku: d) Priestory, ktoré využívajú nákladné autá, by mali byť dláždené a ich povrch by mal byť udržiavaný čo najčistejší. Kropenie ciest môže znížiť difúzne emisie prachu, najmä za suchého počasia. Cesty možno čistiť aj zametacími vozidlami. Treba využívať osvedčené postupy na udržiavanie poriadku a udržiavať tak množstvo emisií rozptýleného prachu na čo najnižšej úrovni.
e)	Zabezpečenie zvlhčovania skladových zásob na haldách: e) Množstvo difúzných emisií prachu zo skladových zásob možno znížiť dostatočným zvlhčením miest, násypných a výsypných miest ako aj pomocou dopravníkových pásov s nastaviteľnou výškou.
f)	Prispôsobenie výšky vyprázdňovania meniacej sa výške haldy, ak je to možné, automaticky alebo znížením rýchlosti vyprázdňovania, ak sa pri nabíjaní alebo vyprázdňovaní objavia difúzne emisie prachu, nie je možné vyhnúť sa miestam uskladnenia.

4.2.5.2 Emisie odvedeného prachu z prašných prevádzok

Tento bod sa vzťahuje na emisie prachu vznikajúce v dôsledku prašných činností iných ako procesov výpalu v peciach, chladenia a hlavného mletia. Zahŕňa tieto procesy: drvenie surovín dopravníky a elevátory na prepravu surovín, skladovanie surovín, slinku a cementu, skladovanie palív a expedícia cementu.

- 16. Na zníženie množstva emisií odvedeného prachu sa má v rámci BAT uplatňovať systém riadenia údržby, ktorý sa osobitne zameriava na fungovanie filtrov aplikovaných na prašné činnosti iné ako z procesov výpalu v peciach, chladenia a hlavného mletia. Pri zohľadnení týchto systémov riadenia sa má v rámci BAT používať suché čistenie vypúšťaných plynov filtráciou.**

Opis

Pri prašných činnostiach pri suchom čistení vypúšťaných plynov sa obvykle využíva textilný filter. Opis textilných filtrov je uvedený v oddiele 4.5.1.

Úrovně emisií súvisiace s BAT

BAT-AEL pre emisie odvedeného prachu z prašných prevádzok (iných ako sú procesy výpalu, chladenia a hlavného mletia) je $< 10 \text{ mg/Nm}^3$, pričom uvedená hodnota je vyjadrená ako priemerná hodnota nameraná pri odoberaní vzoriek (jednotlivé meranie, ktoré trvá najmenej pol hodiny).

Treba uviesť, že v prípade malých zdrojov ($< 10\,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$) by sa pri určovaní frekvencie kontrol účinnosti filtra malo zohľadniť poradie priorit na základe riadenia systému údržby (pozri aj BAT č. 5).

4.2.5.3 Emisie prachu z procesov výpalu v peciach

17. Na zníženie množstva emisií prachu z odpadových plynov z procesov výpalu by sa v rámci BAT malo používať suché čistenie odpadových plynov filtráciou.

Technika ⁽¹⁾	Uplatniteľnosť
a. Elektrostatické odlučovače (ESP)	Uplatniteľné na všetky pecné systémy
b. Textilné filtre	
c. Hybridné filtre	
(1) Opis techník je uvedený v oddiele 4.5.1.	

Úrovně emisií súvisiace s BAT

BAT-AEL pre emisie prachu z odpadových plynov z procesov spaľovania v peciach je < 10 – 20 mg/ Nm³ (priemerná denná hodnota). Nižšiu hodnotu možno dosiahnuť používaním textilných filtrov a nových alebo zmodernizovaných elektrostatických odlučovačov.

4.2.5.4 Emisie prachu z procesov chladenia a mletia

18. Na zníženie množstva emisií prachu z odpadových plynov z procesov chladenia a mletia sa má v rámci BAT používať suché čistenie výfukových plynov filtráciou.

	Technika ⁽¹⁾	Uplatniteľnosť
a)	Elektrostatické odlučovače (ESP)	Všeobecne uplatniteľné v systémoch chladenia slinku a mlynov na cement.
b)	Textilné filtre	Všeobecne uplatniteľné v systémoch chladenia slinku a mlynov.
c)	Hybridné filtre	Uplatniteľné na chladiče slinku a mlyny na cement.
(i) Opis techník je uvedený v oddiele 4.5.1		

Úrovně emisií súvisiace s BAT

BAT-AEL pre emisie prachu z odpadových plynov z procesov chladenia a mletia je < 10 – 20 mg/Nm³ (priemerná denná hodnota alebo priemer za vzorkovaciu periódu – jednotlivé meranie, ktoré trvá najmenej pol hodiny). Nižšiu hodnotu možno dosiahnuť používaním textilných filtrov a nových alebo zmodernizovaných elektrostatických odlučovačov.

4.2.6 Plynné zlúčeniny

4.2.6.1 Emisie NO_x

19. Na zníženie množstva emisií NO_x zo spalín z procesov výpalu v peciach alebo z procesov predohrievania, resp. predkalcinácie sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika ⁽¹⁾	Uplatniteľnosť
a)	Primárne techniky	
	I. Chladenie plameňa	Uplatniteľné na všetky typy pecí, ktoré sa používajú na výrobu cementu. Stupeň uplatniteľnosti môže byť obmedzený požiadavkami na kvalitu výrobkov a možnými vplyvmi na stabilitu proces
	II. Nízkoemisné horáky NO _x	Uplatniteľné na všetky rotačné pece, v hlavnej peci aj v predkalcinátore
	III. Pálenie v strede pece	Všeobecne uplatniteľné na dlhé rotačné pece.
	IV. Pridanie mineralizátorov na zlepšenie páliteľnosti surovínovej múčky (mineralizovaný slinok)	Všeobecne uplatniteľné na rotačné pece v závislosti od požiadaviek na kvalitu hotového výrobku.
	V. Optimalizácia procesu	Všeobecne uplatniteľné na všetky pece.
b)	Viacstupňové spaľovanie (konvenčných alebo odpadových palív) aj v kombinácii s predkalcinátorom a používaním optimalizovanej palivovej zmesi	Vo všeobecnosti možno túto techniku uplatniť len v peciach s predkalcinátorom. V systémoch s cyklónovým predohrievačom, ktoré nie sú vybavené predkalcinátorom, sú potrebné podstatné úpravy príslušného zariadenia. V peciach bez predkalcinátora môže mať spaľovanie kusových palív pozitívny účinok na zníženie emisií NO _x v závislosti od schopnosti vytvoriť riadenú atmosféru znižovania a kontrolovať súvislé emisie CO
c)	Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR)	V zásade uplatniteľné na rotačné cementárské pece. Vstrekovacie zóny sa líšia v závislosti od typu procesu. V peciach s dlhým mokrym a dlhým suchým procesom môže byť ťažké získať správnu potrebnú teplotu a zdržný čas. Pozri aj BAT č. 20.
d)	Selektívna katalytická redukcia (SCR)	Uplatniteľnosť je podmienená vhodným katalyzátorom a vývojom procesu v odvetví výroby cementu

(1) Opis techník je uvedený v oddiele 0

Úrovně emisií súvisiace s BAT

Pozri tabuľku 4.2.

Tabuľka 4.2: BAT pre NO_x z odpadových plynov z procesov spaľovania v peciach alebo z procesov predohrievania, resp. predkalcinácie v priemyselnom odvetví výroby cementu

Druh pece	Jednotka	BAT-AEL (priemerná denná hodnota)
Pece s predohrievačom	mg/Nm ³	<200 – 450 ⁽¹⁾ ⁽²⁾
Pece Lepol a dlhé rotačné pece	mg/Nm ³	400 – 800 ⁽³⁾
(1) Horná úroveň rozsahu BAT-AEL je 500 mg/Nm³, ak je počiatočná úroveň NO_x po primárnych technikách >1 000 mg/Nm³. (2) Schopnosť dodržať rámec rozpätia hodnôt môže ovplyvniť existujúca konštrukcia pecného systému, vlastnosti palivovej zmesi vrátane odpadu a páliteľnosť surovín (napr. špeciálny cement alebo biely cementový slinok). Hodnoty < 350 mg/ Nm³ sa dosahujú v peciach s priaznivými podmienkami pomocou SNCR. V roku 2008 bola nižšia hodnota 200 mg/Nm³ uvádzaná ako mesačný priemer pre tri prevádzky (použitá zmes na ľahké spaľovanie) s použitím SNCR. (3) V závislosti od úrovni a úniku NH₃.		

20. Pri použití SNCR má BAT docieľiť účinné zníženie NO_x pri čo najnižšom úniku amoniaku, pričom sa využije táto technika:

	Technika
a)	Uplatnenie primeranej a dostatočnej účinnosti zníženia NO _x spolu so stabilným prevádzkovým procesom
b)	Použitie dobrého stechiometrického rozdelenia amoniaku s cieľom dosiahnuť najvyššiu účinnosť zníženia NO _x a zníženie úniku NH ₃
c)	Udržať emisie úniku NH ₃ (v dôsledku nezreagovaného amoniaku) zo spalín čo najnižšie pri zohľadnení korelácie medzi účinnosťou znižovania emisií NO _x a únikom NH ₃

Uplatniteľnosť

SNCR sa dá všeobecne uplatniť na rotačné cementárenské pece. Vstrekovacie zóny sa líšia v závislosti od typu procesu. V dlhých peciach s mokrým a dlhým suchým spôsobom môže byť zložité docieľiť správnu teplotu a potrebnú reakčnú dobu. Pozri aj BAT č. 19.

Úrovně emisií súvisiace s BAT

Pozri tabuľku 4.3.

Tabuľka 4.3: Úrovně emisií súvisiace s BAT pre únik NH₃ v spalínach pri použití SNCR

Parameter	Jednotka	BAT-AEL (priemerná denná hodnota)
Únik NH ₃	mg/Nm ³	<30 – 50 ⁽¹⁾
(1) Únik amoniaku závisí od počiatočnej úrovne NO _x a od účinnosti znižovania emisií NO _x . Pre pece Lepol a dlhé rotačné pece môže byť úroveň ešte vyššia.		

4.2.6.2 Emisie SO_x

21. Na zníženie, resp. minimalizovanie množstva emisií SO_x zo spalín z procesov výpalu v peciach a/alebo z procesov predohrievania/predkalcinácie by sa v rámci BAT mala používať jedna z týchto techník:

	Technika ⁽¹⁾	Uplatniteľnosť
a)	Pridanie absorpčných prostriedkov	Pridanie absorpčných prostriedkov možno v zásade uplatniť pri všetkých pecných systémoch, hoci zväčša sa používa pri uspenznych predohrieváčoch. Pridanie vápna do vsádzky pece znižuje kvalitu granúl, resp. nodúl a v peciach Lepol spôsobuje problémy s prietokom. Pri peciach s predohrieváčom sa zistilo, že priame vstrekovanie haseného vápna do plynu je menej účinné ako pridávanie haseného vápna do vsádzky pece
b)	Mokrý práčka	Uplatniteľné na všetky typy pecí na cement s vhodnými (dostatočnými) úrovňami SO ₂ pri výrobe sadrovca
(1) Opis techník je uvedený v oddiele 4.5.3.		

Opis

V závislosti od použitých surovín a kvality paliva možno množstvo emisií SO_x udržať na nízkej úrovni aj bez nutnosti využiť techniku na zníženie emisií.

V prípade potreby možno na zníženie množstva emisií SO_x využiť primárne techniky alebo techniky na zníženie emisií, napr. pridanie absorpčných prostriedkov alebo mokré odsírenie.

Mokrý odsírenie sa už použilo v zariadeniach s nezníženým vstupným obsahom SO_x na úrovni $> 800 - 1\,000 \text{ mg/Nm}^3$.

Úrovně emisíí súvisiace s BAT

Pozri tabuľku 4.4.

Tabuľka 4.4: BAT-AEL pre SO_x zo spalín z procesov výpalu v peciach a/alebo z procesov predohrievania/predkalcinácie v priemyselnom odvetví výroby cementu

Parameter	Jednotka	BAT-AEL ⁽¹⁾ ⁽²⁾ (priemerná denná hodnota)
SO_x , vyjadrené ako SO_2	mg/Nm^3	$<50 - 400$
(1) Rozpätie hodnôt zohľadňuje obsah síry v surovinách. (2) Pri výrobe bieleho cementu a špeciálneho cementového slinku môže byť schopnosť slinku zadržiavať síru v palive výrazne nižšia, čo vedie k vyšším emisiám SO_x .		

22. Na zníženie množstva emisií SO_2 z pece sa v rámci BAT majú optimalizovať procesy mletia suroviny.

Opis

Technika spočíva v optimalizácii procesu mletia suroviny tak, aby surovinový mlyn pri prevádzke pôsobil ako zariadenie na znižovanie emisií SO_2 . Možno to dosiahnuť prispôbením týchto faktorov:

- f) vlhkosť suroviny,
- g) teplota v mlyne,
- h) zdržný čas v mlyne,
- i) jemnosť mletého materiálu.

Uplatniteľnosť

Uplatniteľné v prípade, ak sa proces suchého mletia vykonáva v zlúčenom režime.

4.2.6.3 Emisie CO a núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO

4.2.6.3.1 Zníženie núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO

23. Na minimalizovanie výskytu núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO a udržanie ich celkového trvania pod úrovňou 30 minút ročne pri využívaní elektrostatických odlučovačov (ESP) alebo hybridných filtrov sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika
a)	Riadenie zvýšeného množstva CO s cieľom znížiť prestoje ESP
b)	Nepretržité automatické meranie CO pomocou monitorovacieho zariadenia s krátkym reakčným časom a umiestnenie v blízkosti zdroja CO

Opis

Z bezpečnostných dôvodov v dôsledku rizika výbuchu sa v prípade zvýšeného obsahu CO v spalínach musia vypnúť elektrostatické odlučovače (ESP). Nasledujúce techniky zabráňujú vzniku núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného obsahu CO a skracujú tak čas, keď sa musia vypnúť elektrostatické odlučovače:

- riadenie procesu spaľovania,
- riadenie obsahu organických látok v surovinách,
- riadenie kvality palív a systému na dávkovanie palív.

K narušeniam dochádza predovšetkým počas počiatočnej prevádzkovej fázy. Ak má byť prevádzka bezpečná, plynové analyzátory zaisťujúce ochranu elektrostatických odlučovačov musia byť aktívne zapojené počas všetkých prevádzkových fáz.

Systém kontinuálneho monitorovania obsahu CO treba optimalizovať tak, aby mal čo najkratší čas odozvy a aby bol umiestnený v blízkosti zdroja emisií CO, t. j. pri vývode z predohrievača alebo pri prívode do pece (v prípade mokrého spôsobu prebiehajúceho v peci).

V prípade použitia hybridných filtrov sa odporúča uzemniť klietku na uchytenie vriec ku stene.

4.2.6.4 Celkový objem emisií organického uhlíka (TOC)

24. Na minimalizovanie emisií celkového organického uhlíka z odpadových plynov z procesov výpalu v peciach sa má v rámci BAT zabrániť dávkovaniu surovín s vysokým obsahom prchavých organických zlúčenín do pecného systému cestou dávkovania surovín.

4.2.6.5 Emisie chlorovodíka (HCl) a fluorovodíka (HF)

25. Na zamedzenie vzniku, resp. zníženie množstva emisií HCl z odpadových plynov z procesov spaľovania v peciach sa v rámci BAT majú používať tieto primárne techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika
a)	Používanie surovín a palív s nízkym obsahom chlóru.
b)	Obmedzenie obsahu chlóru v každom odpade, ktorý sa má použiť ako suroviny a/alebo palivo v cementárenskej peci

Úrovně emisií súvisiace s BAT

BAT-AEL pre emisie HCl je $< 10 \text{ mg/Nm}^3$ (priemerná denná hodnota alebo priemer za vzorkovaciu periódu (jednotlivé meranie, ktoré trvá najmenej pol hodiny)).

26. Na zamedzenie vzniku, resp. zníženie množstva emisií HF z odpadových plynov z procesov spaľovania v peciach sa v rámci BAT majú používať tieto primárne techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika
a)	Používanie surovín a palív s nízkym obsahom fluóru.
b)	obmedzenie obsahu fluóru v každom odpade, ktorý sa má použiť ako suroviny a/alebo palivo v cementárenskej peci

Úrovně emisií súvisiace s BAT

BAT-AEL pre emisie HF je $< 1 \text{ mg/Nm}^3$ ako priemerná denná hodnota alebo priemer za vzorkovaciu periódu (jednotlivé meranie, ktoré trvá najmenej pol hodiny).

4.2.7 Emisie polychlórovaných dibenzo-p-dioxínov a dibenzofuránov (PCDD/F)

27. Na zamedzenie vzniku, resp. zníženie množstva emisií PCDD/F z odpadových plynov z procesov výpalu v peciach na nízkej úrovni sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Starostlivý výber a kontrola vstupov do pece (surovín), t. j. chlóru, medi a prchavých organických zlúčenín	Všeobecne uplatniteľné
b)	Starostlivý výber a kontrola vstupov do pece (palív), t. j. chlóru a medi	Všeobecne uplatniteľné
c)	Obmedzenie/vyhýbanie sa používaniu odpadu, ktorý obsahuje chlórované organické materiály	Všeobecne uplatniteľné
d)	Vyhýbanie sa dávkovaniu palív s vysokým obsahom halogénov (napr. chlóru) pri sekundárnom spaľovaní	Všeobecne uplatniteľné
e)	Rýchle ochladenie plynu z pece na teplotu nižšiu ako 200 °C a minimalizácia času zadržania plynu a obsahu kyslíka v zónach, kde sa teplota pohybuje v rozmedzí 300 až 450 °C.	Uplatniteľné v peciach s dlhým mokrým a dlhým suchým spôsobom bez predohrevu. V moderných peciach s predohrievačom a predkalcinátorom je funkcia už neoddeliteľnou súčasťou
f)	Zastavenie spoluspaľovania odpadu pri činnostiach, ako je napríklad začatie činnosti a/alebo vypnutie	Všeobecne uplatniteľné

Úrovně emisií súvisiace s BAT

BAT-AEL pre emisie PCDD/F zo spalín z procesov vypaľovania v peciach je <0,05 – 0,1 ng PCDD/F I-TEQ/Nm³ ako priemer za obdobie odberu vzoriek (6 – 8 hodín).

4.2.8 Emisie kovov

28. Na minimalizovanie množstva emisií kovov z odpadových plynov z procesov výpalu v peciach sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika
a)	Výber materiálov s nízkym obsahom príslušných kovov a obmedzenie obsahu príslušných kovov v materiáloch, najmä ortuti
b)	Zaručenie požadovaných vlastností použitých odpadových materiálov prostredníctvom systému zabezpečenia kvality.
c)	Používanie účinných postupov na odstránenie prachu, ktoré sú uvedené v BAT č. 17.

Úrovně emisií súvisiace s BAT

Pozri tabuľku 4.5.

Tabuľka 4.5: BAT-AEL pre kovy z odpadových plynov z procesov spaľovania v peciach

Kovy	Jednotka	BAT-AEL (priemer za obdobie odberu vzoriek (jednotlivé merania na mieste, ktoré trvajú najmenej pol hodiny))
Hg	mg/Nm ³	<0,05 ⁽²⁾
M (Cd, Tl)	mg/Nm ³	<0,05 ⁽¹⁾
M (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	mg/Nm ³	<0,5 ⁽¹⁾
(1)Zaznamenali sa nízke úrovne na základe kvality surovín a palív. (2)Zaznamenali sa nízke úrovne na základe kvality surovín a palív. Hodnoty vyššie ako 0,03 mg/Nm ³ je potrebné ďalej skúmať. Hodnoty blízke 0,05 mg/Nm ³ vyžadujú zváženie ďalších techník (napr. zníženie teploty plynu, aktívne uhlie).		

4.2.9 Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu

29. Na zníženie množstva tuhého odpadu z procesu výroby cementu pri súčasných úsporách surovín sa v rámci BAT majú používať tieto techniky:

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Opätovné použitie zozbieraného prachu v procese, všade tam, kde je praktické	Všeobecne uplatniteľné, ale podliehajú chemickému zloženiu prachu
b)	Využitie odpraškov v iných komerčných výrobkoch, pokiaľ je to možné.	Využitie prachu v iných komerčných výrobkoch nemusí byť pod kontrolou prevádzkovateľa

Opis

Pokiaľ je to možné, zhromaždený prach (odprašky) by sa mal opätovne použiť v procese výroby. Túto recykláciu možno vykonať priamym dávkovaním do pece alebo do vsádzkového otvoru pece (obmedzujúcim faktorom je obsah alkalických kovov) alebo zmiešaním s hotovými cementárskymi výrobkami. Pri recyklácii zhromaždeného prachu vo výrobnom procese sa môže požadovať dodržanie postupov v rámci systému zabezpečenia kvality. Pri materiáli, ktorý nemožno recyklovať, možno nájsť alternatívne využitie (napr. prímes na odsírenie odpadového plynu v spaľovacích zariadeniach).

4.3 Závery o BAT v priemyselnom odvetví výroby vápna

Pokiaľ sa neuvádza inak, závery o BAT uvedené v tomto oddiele možno použiť vo všetkých zariadeniach na výrobu vápna.

4.3.1 Všeobecné primárne techniky

- 30. Na zníženie množstva všetkých emisií z pecí a účinné využívanie energie sa má v rámci BAT zabezpečiť bezproblémový a stabilný proces prebiehajúci v peci, ktorý funguje blízko stanovených hodnôt procesných parametrov, a to pomocou týchto techník:**

	Technika
a)	Optimalizácia riadenia procesu vrátane automatizovaného riadenia počítačom
b)	Využitie moderných gravimetrických systémov vsádzania tuhých palív a prietokomerov plynu

Uplatniteľnosť

Optimalizáciu riadenia procesu možno v rozličnej miere uplatniť na všetky zariadenia výroby vápna. Úplnú automatizáciu procesov obvykle nemožno dosiahnuť v dôsledku nekontrolovateľných premenných, t. j. kvalita vápenca.

- 31. Na zamedzenie vzniku, resp. zníženie množstva emisií sa v rámci BAT majú starostlivo vybrať a skontrolovať suroviny plnené do pece.**

Opis

Suroviny plnené do pece majú vzhľadom na obsah nečistôt výrazný vplyv na emisie vypúšťané do ovzdušia. Starostlivý výber surovín môže teda zabezpečiť zníženie množstva týchto emisií pri zdroji. Zmeny obsahu síry a chlóru vo vápenci, resp. dolomite má napríklad vplyv na rozsah emisií SO₂ a HCl v spalínach, kým prítomnosť organických látok má vplyv na emisie CO a celkového organického uhlíka.

Uplatniteľnosť

Uplatnenie závisí od (miestnej) dostupnosti surovín s nízkym obsahom nečistôt. Ďalšie obmedzenie môže predstavovať druh hotového výrobku a typ príslušnej pece.

4.3.2 Monitorovanie

32. V rámci BAT sa majú pravidelne monitorovať a merať parametre procesov a emisie podľa príslušných európskych noriem a v prípade, že európske normy nie sú k dispozícii, podľa noriem ISO, vnútroštátnych alebo iných medzinárodných noriem, ktorými sa zabezpečia údaje na ekvivalentnej vedeckej úrovni vrátane:

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Kontinuálne meranie procesných parametrov preukazujúce stabilitu procesu, napríklad teploty, obsahu O ₂ , tlak, prietok a emisie CO	Uplatniteľné na procesy prebiehajúce v peciach
b)	Monitorovanie a stabilizácia kritických parametrov procesu, napr. dávkovanie paliva, pravidelné dávkovanie a prebytok kyslíka	
c)	Kontinuálne alebo periodické merania prachu, NO _x , SO _x , emisií CO a NH ₃ pri použití SNCR	Uplatniteľné na procesy prebiehajúce v peciach
d)	Kontinuálne alebo periodické merania emisií HCl a HF v prípade spoluspaľovania odpadov	Uplatniteľné na procesy prebiehajúce v peciach
e)	Kontinuálne alebo periodické merania emisií TOC alebo kontinuálne merania v prípade, že sa odpady spaľujú spoločne	Uplatniteľné na procesy prebiehajúce v peciach
f)	Periodické merania emisií polychlórovaných dibenzo-p-dioxínov a dibenzofuránov (PCDD/F) a emisií kovov	Uplatniteľné na procesy prebiehajúce v peciach
g)	Kontinuálne alebo periodické merania emisií prachu	Uplatniteľné na procesy, ktoré neprebiehajú v peciach. Pri malých zdrojoch (< 10 000 Nm ³ /h) by mala frekvencia meraní vychádzať zo systému riadenia údržby.

Opis

O tom, či sa vykonajú kontinuálne alebo periodické merania v zmysle BAT č. 32 písm. c) až písm. f), sa rozhodne na základe zdroja emisií a typu očakávaných znečisťujúcich látok.

Pri periodických meraniach emisií prachu, NO_x, SO_x a CO sa ako indikatívny údaj pre frekvenciu meraní uvádza meranie raz mesačne až raz ročne v čase bežných prevádzkových podmienok.

Pri periodických meraniach emisií PCDD/F, celkového organického uhlíka, HCl, HF a emisií kovov by sa mala zaviesť frekvencia meraní primeraná surovinám a palivám použitým v predmetnom procese.

4.3.3 Spotreba energie

33. Na zníženie, resp. minimalizovanie spotreby tepelnej energie sa má v rámci BAT používať kombinácia týchto techník:

	Technika	Opis	Uplatniteľnosť
a)	Aplikovanie vylepšených a optimalizovaných pecných systémov a bezproblémového a stabilného procesu prebiehajúceho v peci, ktorý funguje blízko stanovených hodnôt procesných parametrov, pri použití týchto techník: I. optimalizácia riadenia procesov, II. regenerácia tepla z odpadových plynov (napr. využitie zvyškového tepla z rotačných pecí na sušenie vápenca pre iné procesy, napr. drvenie vápenca), III. moderné gravimetrické systémy dávkovania tuhých palív, IV. údržba zariadení (napr. vzdychotesnosť, erózia žiaruvzdornej výmurovky V. využívanie kameňa s optimalizovanou zrnitosťou	Ak sú kontrolné parametre pece blízko úrovne optimálnych hodnôt, má to vplyv na zníženie všetkých parametrov spotreby (okrem iného) z dôvodu menšieho počtu odstávok a nestabilných podmienok. Využívanie kameňa s optimalizovanou zrnitosťou závisí od dostupnosti príslušných surovín	Technika podľa písm. a) ods. II je uplatniteľná len na dlhé rotačné pece.
b)	Využívanie palív s charakteristickými vlastnosťami s priaznivým vplyvom na spotrebu tepelnej energie.	Vlastnosti palív, napr. vysoká výhrevnosť a nízky obsah vlhkosti môžu mať pozitívny vplyv na spotrebu energie.	Uplatniteľnosť závisí od technickej možnosti dávkovať vybrané palivo do pece a od dostupnosti vhodných palív (napr. vysoká výhrevnosť a nízka vlhkosť), ktoré môžu byť ovplyvnené energetickou politikou členského štátu.
c)	Obmedzenie prebytku vzduchu.	Zníženie prebytku vzduchu využívaného na spaľovanie má priamy vplyv na spotrebu paliva, pretože pri vysokých podieloch vzduchu treba viac tepelnej energie na zohriatie prebytočného objemu. Obmedzenie prebytku vzduchu má vplyv na spotrebu tepelnej energie len v prípade dlhých rotačných pecí a rotačných pecí s predohrevom. Táto technika môže spôsobiť zvýšenie emisií CO a celkového organického uhlíka.	Uplatniteľné na dlhé rotačné pece a rotačné pece s predohrevom, pričom treba zabrániť potenciálnemu prehriatiu niektorých oblastí pece, ktoré spôsobuje skrátenie životnosti žiaruvzdornej výmurovky.

Úroveň emisií spojená s BAT
Pozri tabuľku 4.6.

Tabuľka 4.6: Hodnoty spotreby tepelnej energie spojené s BAT v priemyselnom odvetví výroby vápna a dolomitického vápna

Druh pece	Spotreba tepelnej energie ⁽¹⁾ GJ/t výrobku
Dlhé rotačné pece (LRK)	6,0 – 9,2
Rotačné pece s predohrevom (PRK)	5,1 – 7,8
Rekupačné pece s paralelným tokom (PFRK)	3,2 – 4,2
Kruhové šachtové pece (ASK)	3,3 – 4,9
Šachtové pece s miešaným zavázaním (MFSK)	3,4 – 4,7
Ostatné pece (OK)	3,5 – 7,0
(1) Spotreba energie závisí od druhu výrobku, kvality výrobku, podmienok procesu a surovín.	

34. Na minimalizovanie spotreby elektrickej energie sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika
a)	Používanie systémov na riadenie hospodárenia s elektrinou
b)	Používanie optimalizovanej zrnitosti vápenca
c)	Používanie mlecích zariadení a iných elektrických zariadení s vysokou energetickou účinnosťou

Opis – technika podľa písmena b)

V zvislých peciach možno obvykle spaľovať len hrubozrné vápencové kamenivo. Rotačné pece s vyššou spotrebou energie však môžu zhodnocovať aj malé frakcie a nové vertikálne pece môžu spaľovať malé granule od 10 mm. Väčšie granule kameňa vsádzky pece sa využívajú viac vo vertikálnych peciach ako v rotačných peciach.

4.3.4 Spotreba vápenca

35. Na minimalizovanie spotreby vápenca sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Špecifická ťažba, drvenie a účinné využívanie vápenca (kvalita, zrnitosť).	Všeobecne uplatniteľné v odvetví výroby vápna; spracovanie kameňa však závisí od kvality vápenca
b)	Výber pecí využívajúcich optimalizované techniky, ktoré umožňujú prevádzku so širšou škálou zrnitosti vápenca s cieľom dosiahnuť optimálne využitie vytlačeného vápenca.	Uplatniteľné na nové zariadenia a pri rozsiahlych modernizáciách existujúcich pecí. V zvislých peciach možno v zásade spaľovať len hrubozrné vápencové kamenivo. PFRK na jemné vápno a/alebo rotačné pece môžu fungovať s menšou veľkosťou vápenca

4.3.5 Výber palív

36. Na zamedzenie vzniku, resp. zníženie množstva emisií sa v rámci BAT majú starostlivo vybrať a skontrolovať palivá plnené do pece.

Opis

Palivá plnené do pece majú vzhľadom na obsah nečistôt výrazný vplyv na emisie do ovzdušia. Obsah síry (predovšetkým v dlhých rotačných peciach), dusíka a chlóru ovplyvňuje rozsah emisií SO_x , NO_x a HCl v spalinách. V závislosti od chemického zloženia paliva a typu použitej pece môže výber vhodných palív alebo vhodnej palivovej zmesi viesť k zníženiu množstva emisií.

Uplatniteľnosť

Okrem šachtovej pece s miešaným zavázaním sa môžu všetky typy pecí prevádzkovať s využitím ľubovoľného typu paliva alebo palivovej zmesi v závislosti od dostupnosti daných palív, pretože na dostupnosť palív môže mať vplyv energetická politika daného členského štátu. Výber paliva závisí aj od požadovanej kvality hotového výrobku, technických možností plnenia daného paliva do vybranej pece a od hospodárskych okolností.

4.3.5.1 Používanie odpadových palív

4.3.5.1.1 Kontrola kvality odpadu

37. Na zabezpečenie vlastností odpadu, ktorý sa má použiť ako palivo v peciach na výrobu vápna, sa v rámci BAT majú používať tieto techniky:

	Technika
a)	Prostredníctvom systému zabezpečenia kvality zaručiť a kontrolovať vlastnosti odpadov a analyzovať všetky druhy odpadov, ktoré sa majú použiť ako palivo v peci, z hľadiska: I. stálej kvality, II. fyzikálnych kritérií (napr. tvorba emisií, zrnitosť, reaktivnosť, páliteľnosť, výhrevnosť), III. chemických kritérií, napr. celkový obsah chlóru, síry, alkalických kovov, fosfátov a príslušných kovov (napr. celkový obsah chrómu, olova, kadmia, ortuti, tália).
b)	Kontrola množstva relevantných zložiek každého odpadu, ktorý sa má použiť ako palivo, ako napr. celkového obsahu halogénov, kovov (napr. celkový obsah chrómu, olova, kadmia, ortuti, tália) a síry.

4.3.5.1.2 Dávkovanie odpadu do pece

38. Na zabránenie vzniku, resp. zníženie množstva emisií v dôsledku odpadu ako paliva do pece, sa v rámci BAT majú používať tieto techniky:

	Technika
a)	Používanie vhodných horákov na dávkovanie vhodných odpadov v závislosti od konštrukcie pece a jej prevádzky.
b)	Prevádzka tak, aby sa plyn vznikajúci ako výsledok spalovania odpadu zvyšoval kontrolovaným a homogénnym spôsobom a aj za najnepriaznivejších podmienok, na teplotu 850 °C počas 2 sekúnd.
c)	Zvýšenie teploty na 1 100 °C, ak sa spája nebezpečný odpad s obsahom viac ako 1 % halogénovaných organických látok, vyjadrených ako chlór.
d)	Kontinuálne a konštantné dávkovanie odpadu.
e)	V prípade potreby zastavenie dávkovania odpadu pri činnostiach, ako je spustenie a/alebo vypnutie, keď nie je možné dosiahnuť teploty a časy zdržania, ako je uvedené v písmenách b) a c) vyššie.

4.3.5.1.3 Riadenie bezpečnosti pri používaní nebezpečného odpadu

39. Na zamedzenie vzniku náhodných emisií sa v rámci BAT má uplatňovať riadenie bezpečnosti pri skladovaní a plnení nebezpečných odpadových materiálov do pece a pri manipulácii s nimi.

Opis

Uplatňovanie riadenia bezpečnosti pri skladovaní a plnení nebezpečných odpadových materiálov a pri manipulácii s nimi znamená, že sa pri označovaní, kontrole, odbere vzoriek a testovaní odpadu, s ktorým treba manipulovať, využíva prístup založený na riziku podľa zdroja a druhu odpadu.

4.3.6 Emisie prachu

4.3.6.1 Difúzne emisie prachu

40. Na minimalizovanie množstva, resp. zamedzenie vzniku emisií difúzneho prachu z prašných prevádzok sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika
a)	Uzavretie prašných prevádzok (napr. drvenie, triedenie a miešanie), resp. obkolesenie týchto prevádzok stenami
b)	Používanie krytých dopravníkov a elevátorov, ktoré sú skonštruované ako uzavreté systémy, ak sa emisie prachu budú pravdepodobne uvoľňovať z prašného materiálu
c)	Používanie skladovacích síl s primeranou kapacitou, hladinomeri s koncovými spínačmi a filtrami na zaobchádzanie s prachovým vzduchom vytlačeným počas plniacich činností
d)	Využitie procesu cirkulácie, ktorý sa uprednostňuje pri pneumatických dopravníkových systémoch.
e)	Manipulácia s materiálom v uzavretých systémoch udržiavaných pod tlakom a odprašovanie odsávaného vzduchu textilným filtrom pred jeho vypustením do ovzdušia
f)	Obmedzenie miest úniku vzduchu a miest, kde dochádza k úniku látok, úplnosť zariadenia.
g)	Riadna a úplná údržba zariadenia
h)	Používanie automatických zariadení a kontrolných systémov
i)	Zabezpečenie kontinuálnej bezproblémovej prevádzky
j)	Používanie flexibilných plniacich rúrok vybavených systémom odsávania prachu na nakladanie vápna, ktoré sú umiestnené v pozícii na nakladacej ploche nákladného vozidla

Uplatniteľnosť

Vzhľadom na obsah vlhkosti v surovinách nie je pri príprave surovín (napr. drvenie alebo triedenie) oddeľovanie prachu obvykle potrebné.

- 41. Na minimalizovanie množstva, resp. zamedzenie vzniku difúzných emisií prachu z priestorov na skladovanie voľne sypaného materiálu, sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):**

	Technika
a)	Uzavretie skladovacích miest pomocou tienenia, stien alebo vertikálnej zelene (umelej alebo prirodzenej veternej zábrany na ochranu proti vetru na otvorených pilótach)
b)	Používanie zásobníkov výrobkov a uzavretých plne automatických skladovacích zariadení na suroviny. Tieto typy skladov sú vybavené jedným alebo viacerými textilnými filtrami, ktoré zabráňujú vzniku difúzneho prachu pri nakladaní a vykladaní
c)	Zníženie množstva difúzných emisií prachu zo skladových zásob dostatočným zvlhčením miest nakládky a vykládky, ako aj pomocou dopravníkových pásov s nastaviteľnou výškou. Pri používaní vysýpania premenlivej výške haldy, ak je to možné, automaticky alebo znížením rýchlosti vykladania.
d)	Zníženie difúzných emisií prachu v násypných miestach skladov, ak sa im nedá vyhnúť, prispôbením výšky automaticky alebo znížením rýchlosti vykladania.
e)	Udržiavanie miest vlhkých, najmä suchých miest, pomocou postrekovacích zariadení, a čistých čistením nákladných vozidiel.
f)	Využívanie vysávacích vákuových systémov pri odstraňovaní materiálu. Nové budovy možno ľahko vybaviť stacionárnymi vákuovými čistiacimi systémami, zatiaľ čo existujúce budovy sú zvyčajne lepšie vybavené mobilnými systémami a flexibilnými pripojeniami.
g)	Zníženie množstva difúzných emisií prachu v oblastiach využívaných nákladnými autami, a to tak, že sa tieto priestory pokiaľ možno vydláždia a ich povrch sa udržiava čo najčistejší. Kropenie ciest môže znížiť difúzne emisie prachu, najmä za suchého počasia. Správne postupy hospodárenia sa môžu použiť na to, aby sa obmedzili difúzne emisie prachu častíc na minimum.

4.3.6.2 Emisie odvedeného prachu z prašných prevádzok iné ako z procesov výpalu v peciach

- 42. Na zníženie emisií odvedeného prachu z prašných prevádzok iných než z procesov výpalu v peciach sa má v rámci BAT uplatňovať systém riadenia údržby, ktorý sa osobitne zameriava na fungovanie filtrov, ako aj tieto techniky:**

	Technika ⁽¹⁾ ⁽²⁾	Uplatniteľnosť
a)	Textilný filter	Všeobecne uplatniteľné na zariadenia na mletie a drvenie a na obslužné procesy v priemyselnom odvetví výroby vápna, na dopravu materiálu, skladovacie a nakladacie priestory. Uplatniteľnosť textilných filtrov v hydratačných vápenkách môže byť obmedzená vysokou vlhkosťou a nízkou teplotou spalín.
b)	Mokrý práčky	Uplatniteľné najmä na zariadenia na hydratovanie (hasenie) vápna.
(1) Opis techník je uvedený v oddiele 4.6.1.		
(2) V prípade potreby možno na predbežnú úpravu spalín využiť odstredivé odľučovače, resp. cyklóny.		

Úrovně emisií súvisiace s BAT

Pozri tabuľku 4.7.

Tabuľka 4.7: BAT-AEL pre emisie odvedeného prachu z prašných prevádzok iných ako z procesov výpalu v peciach

Technika	Jednotka	BAT-AEL (priemerná denná hodnota alebo priemerná hodnota nameraná pri odoberaní vzoriek – jednotlivé merania, ktoré trvajú najmenej pol hodiny)
Textilný filter	mg/Nm ³	<10
Mokrý práčka	mg/Nm ³	<10 – 20

Je potrebné poznamenať, že v prípade malých zdrojov (<10 000 Nm³/h) je potrebné zohľadniť prioritný prístup, pokiaľ ide o frekvenciu kontroly výkonu filtra (pozri BAT 32).

4.3.6.3 Emisie prachu z procesov výpalu v peciach

43. Na zníženie množstva emisií prachu z odpadových plynov z procesov pálenia v peciach sa má v rámci BAT vykonať čistenie odpadových plynov filtráciou. Možno použiť tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika ⁽¹⁾	Uplatniteľnosť
a)	ESP	Uplatniteľné na všetky pecné systémy
b)	Textilný filter	Uplatniteľné na všetky pecné systémy
c)	Mokrý odlučovač prachu	Uplatniteľné na všetky pecné systémy
d)	Odstredivý odlučovač, resp. cyklón	Odstredivé odlučovače sú vhodné len ako predseparátory a môžu sa používať na predčistenie spalín zo všetkých systémov pecí.

(1) Opis techník je uvedený v oddiele 4.6.1

Úrovně emisií súvisiace s BAT

Pozri tabuľku 4.8.

Tabuľka 4.8: BAT-AEL pre emisie prachu z odpadových plynov z procesov pálenia v peciach

Technika	Jednotka	BAT-AEL (priemerná denná hodnota alebo priemerná hodnota nameraná pri odoberaní vzoriek – jednotlivé merania na mieste, ktoré trvajú najmenej pol hodiny)
Textilný filter	mg/Nm ³	<10
Elektrostatický odlučovač alebo iné filtre	mg/Nm ³	<20*

(*) Vo výnimočných prípadoch, keď je odpor prachu vysoký, môže byť BAT-AEL vyššia, až do 30 mg/Nm³, ako denná priemerná hodnota.

4.3.7 Plynné zlúčeniny

4.3.7.1 Primárne techniky na zníženie emisií plynných zlúčenín

44. S cieľom znížiť emisie plynných zlúčenín (t. j. NO_x , SO_x , HCl , CO , TOC/VOC , prchavé kovy) zo spalín z procesov výpalu v peciach je najlepšou dostupnou technikou použitie jednej z týchto techník alebo ich kombinácie:

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Starostlivý výber a kontrola látok vstupujúcich do pece	Všeobecne uplatniteľné
b)	Zníženie prekursorov látok znečisťujúcich životné prostredie v palivách a podľa možnosti aj v surovinách, t. j. I. výber palív (podľa možnosti) s nízkym obsahom síry (najmä v prípade dlhých rotačných pecí), dusíka a chlóru, II. výber surovín (podľa možnosti) s nízkym obsahom organických látok, III. výber odpadových palív, vhodných pre daný proces a horák.	Všeobecne uplatniteľné v priemyselnom odvetví výroby vápna v závislosti od miestnej dostupnosti surovín a palív, od typu danej pece, od požadovanej kvality výrobku a od technických možností plnenia palív do vybranej pece.
c)	Používanie techník na optimalizáciu procesu s cieľom zabezpečiť účinnú absorpciu oxidu siričitého (napr. účinný kontakt medzi pecnými plynmi a nehaseným vápnom).	Uplatniteľné na všetky zariadenia na výrobu vápna. Úplnú automatizáciu procesov obvykle nemožno dosiahnuť v dôsledku nekontrolovateľných premenných, t. j. kvality vápenca.

4.3.7.2 Emisie NO_x

45. Na zníženie emisií NO_x zo spalín z procesov výpalu v peciach sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Primárne techniky	
	I. Výber vhodného paliva spolu s obmedzením obsahu dusíka v danom palive	Uplatniteľnosť vo odvetví výroby vápna v závislosti od dostupnosti paliva, ktorá môže byť ovplyvnená energetickou politikou členského štátu, a od technickej možnosti dávkovať určitý druh paliva do vybratej pece.
	II. Optimalizácia procesu vrátane tvarovania plameňa a teplotných profilov	Optimalizácia procesu a riadenie procesu sa môže uplatniť pri výrobe vápna, ale podlieha kvalite konečného výrobku.
	III. Konštrukcia horáka (nízkoemisný horák NO_x) ⁽¹⁾	Nízkoemisné horáky NO_x možno uplatniť v rotačných peciach a v kruhových šachtových peciach, ktoré splňajú podmienky vysokého obsahu primárneho vzduchu. PFRK a iné pece majú bezplameňové spaľovanie, preto horáky s nízkymi emisiami NO_x nie sú uplatniteľné na tento druh pece.
	IV. Postupné spaľovanie ⁽¹⁾	Neuplatňuje sa na šachtové pece. Uplatnenie môže závisieť od konkrétneho typu hotového výrobku. Uplatniteľnosť môže byť obmedzená obmedzeniami vyplývajúcimi z druhu konečného výrobku, z dôvodu možného prehriatia v niektorých oblastiach pece a následným zhoršením stavu žiaruvzdornej výmurovky.
b)	SNCR ⁽¹⁾	Uplatniteľné na rotačné pece Lepol. Pozri aj BAT 46

(1) Opis techník je uvedený v oddiele 4.6.2

Úrovně emisí súvisiace s BAT

Pozri tabuľku 4.9.

Tabuľka 4.9: BAT-AEL pre emisie NO_x zo spalín z procesov výpalu v peciach v odvetví výroby vápna

Druh pece	Jednotka	BAT-AEL (priemerná denná hodnota alebo priemerná hodnota nameraná pri odoberaní vzoriek – jednotlivé merania na mieste, ktoré trvajú najmenej pol hodiny – vyjadrené ako NO ₂)
PFRK, ASK, MFSK, OSK	mg/Nm ³	100 – 350 ⁽¹⁾ ⁽²⁾
LRK, PRK	mg/Nm ³	<200 – 500 ⁽¹⁾ ⁽²⁾
(1) Vyššie hodnoty v daných rozpätiach sa týkajú výroby dolomitického a tvrdo páleného vápna. Vyššie úrovne ako horná hranica rozsahu môžu súvisieť s výrobou spekaného dolomitického vápna. (2) Pri dlhých rotačných peciach a rotačných peciach s predohrievačom, v ktorých sa vyrába tvrdo pálené vápno, sa najvyššia hodnota pohybuje až na úrovni 800 mg/Nm³. (3) Ak primárne techniky uvedené v BAT 45 písm. a) I nepostačujú na dosiahnutie tejto úrovne a ak sekundárne techniky nie sú uplatniteľné na zníženie emisií NO_x na 350 mg/Nm³, horná úroveň je 500 mg/Nm³, najmä v prípade tvrdého páleného vápna a používania biomasy ako paliva.		

46. Pri použití SNCR má BAT doceliť účinné zníženie NO_x pri čo najnižšom úniku amoniaku, pričom sa využije táto technika:

	Technika
a)	Zavedenie primeranej a dostatočnej účinnosti zníženia emisií spolu so stabilným procesom prevádzky.
b)	Použitie dobrého stechiometrického pomeru a distribúcie amoniaku s cieľom dosiahnuť najvyššiu účinnosť zníženia NO _x a zníženie úniku amoniaku.
c)	Udržanie emisií úniku NH ₃ (v dôsledku nezreagovaného amoniaku) zo spalín čo najnižšie pri zohľadnení korelácie medzi účinnosťou znižovania emisií NO _x a únikom NH ₃ .

Uplatniteľnosť

Uplatniteľné len pre rotačné pece Lepol, kde je dostupný ideálny teplotný rozsah 850 až 1 020 °C. Úroveň emisií spojená s BAT

Úrovně emisí súvisiace s BAT

BAT-AEL pre emisie úniku NH₃ zo spalín je <330 mg/Nm³ ako priemerná denná hodnota alebo priemerná hodnota za obdobie odberu vzoriek (jednotlivé merania na mieste, ktoré trvajú najmenej pol hodiny).

4.3.7.3 Emisie SO_x

47. Na zníženie množstva emisií SO_x zo spalín z procesov výpalu v peciach sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Optimalizácia procesu s cieľom zabezpečiť účinnú absorpciu oxidu siričitého (napr. účinný kontakt medzi pecnými plynmi a nehaseným vápnom).	Optimalizáciu procesnej kontroly možno uplatniť na všetky zariadenia na výrobu vápna.
b)	Výber palív s nízkym obsahom síry	Všeobecne uplatniteľné v závislosti od dostupnosti palív, najmä na použitie v dlhých rotačných peciach (LRK), kvôli vysokým emisiám SO _x .
c)	Použitie techník zameriavajúcich sa na pridanie absorbentov (napr. absorbentov, suché čistenie odpadových plynov prostredníctvom filtra, mokré odsírenie alebo vstrekovanie aktívneho uhlia) ⁽¹⁾	Techniky pridávania absorbentu sú v zásade použiteľné v odvetví výroby vápna; táto technika sa však v odvetví výroby vápna do roku 2007 ešte nepoužívala. Najmä v prípade rotačných pecí na výrobu vápna je na posúdenie jej uplatniteľnosti potrebný ďalší výskum.
(1) Opis techník je uvedený v oddiele 4.6.3		

Úrovně emisí svisiace s BAT

Pozri tabuľku 4.10.

Tabuľka 4.10: BAT-AEL pre emisie SO_x zo spalín z procesov pálenia v peciach v odvetví výroby vápna

Druh pece	Jednotka	BAT-AEL ⁽¹⁾ ⁽²⁾ (priemerná denná hodnota alebo priemerná hodnota za obdobie odberu vzoriek (jednotlivé merania na mieste, ktoré trvajú najmenej pol hodiny), SO _x , vyjadrené ako SO ₂)
PFRK, ASK, MFSK, OSK, PRK	mg/Nm ³	<50 – 200
LRK	mg/Nm ³	<50 – 400
(1) Úroveň závisí od počiatočnej úrovne SO _x v spalínach a od použitej techniky zníženia. (2) Pri výrobe spekaného dolomitického vápna s použitím „dvojstupňového výpalu“ môžu byť emisie SO _x vyššie ako horná hranica rozsahu.		

4.3.7.4 Emisie CO a núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO**4.3.7.4.1 Emisie CO**

48. Na zníženie emisií CO z odpadových plynov z procesov spaľovania v peciach sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Výber surovín s nízkym obsahom organických látok	Všeobecne uplatniteľné v odvetví výroby vápna v rámci obmedzení daných miestnou dostupnosťou a zložením surovín, typom použitej pece a kvalitou konečného produktu
b)	Použitie techník na optimalizáciu procesov s cieľom dosiahnuť stabilné a úplné spaľovanie	Uplatniteľné na všetky zariadenia na výrobu vápna. Úplnú automatizáciu procesov obvykle nemožno dosiahnuť v dôsledku nekontrolovateľných premenných, t. j. kvality vápenca.

V tejto súvislosti pozri aj BAT 30 a 31 v oddiele 4.3.1 a BAT 32 v oddiele 4.3.2.

Úrovně emisí svisiace s BAT

Pozri tabuľku 4.11.

Tabuľka 4.11: BAT-AEL pre emisie CO z odpadových plynov z procesov spaľovania v peciach

Druh pece	Jednotka	BAT-AEL ⁽¹⁾ ⁽²⁾ (priemerná denná hodnota alebo priemerná hodnota za obdobie odberu vzoriek (jednotlivé merania na mieste, ktoré trvajú najmenej pol hodiny))
PFRK, OSK, LRK, PRK	mg/Nm ³	<500
(1) Emisie môžu byť aj vyššie v závislosti od použitých surovín a od druhu vyrobeného vápna, napr. hydraulické vápno. (2) BAT-AEL sa nevzťahuje na MFSK a ASK.		

4.3.7.4.2 Zníženie núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO

- 49. Na minimalizovanie výskytu núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO pri využívaní elektrostatických odlučovačov (ESP) sa v rámci BAT majú používať tieto techniky:**

	Technika
a)	Riadenie zvýšeného množstva CO s cieľom znížiť prestoje ESP
b)	Nepretržité automatické meranie CO pomocou monitorovacieho zariadenia s krátkym reakčným časom a umiestnenie v blízkosti zdroja CO

Opis

Z bezpečnostných dôvodov v dôsledku rizika výbuchu sa v prípade zvýšeného obsahu CO vo odpadových plynov musia vypnúť elektrostatické odlučovače (ESP). Nasledujúce techniky zabráňujú vzniku núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného obsahu CO a skracujú tak čas, keď sa musia vypnúť elektrostatické odlučovače:

- riadenie procesu spaľovania,
- riadenie obsahu organických látok v surovinách,
- riadenie kvality palív a systému na dávkovanie palív.

K narušeniam dochádza predovšetkým počas počiatočnej prevádzkovej fázy. Ak má byť prevádzka bezpečná, plynové analyzátory zaisťujúce ochranu elektrostatických odlučovačov musia byť aktívne zapojené počas všetkých prevádzkových fáz.

Systém kontinuálneho monitorovania obsahu CO treba optimalizovať tak, aby mal čo najkratší čas odozvy a aby bol umiestnený v blízkosti zdroja emisií CO, t. j. pri vývode z predhrievača alebo pri prívode do pece (v prípade mokrého postupu prebiehajúceho v peci).

Uplatniteľnosť

Všeobecne uplatniteľné na rotačné pece vybavené elektrostatickými odlučovačmi (ESP).

4.3.7.5 Celkový objem emisií organického uhlíka (TOC)

- 50. Na zníženie množstva emisií TOC z odpadových plynov z procesov spaľovania v peciach sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):**

	Technika
a)	Uplatňovanie všeobecných primárnych techník a monitorovanie (pozri aj BAT 30 a 31 v oddiele 4.3.1 a BAT 32 v oddiele 4.3.2)
b)	Zabránenie dávkovaniu surovín s vysokým obsahom prchavých organických zlúčenín do systému pece (okrem výroby hydraulického vápna)

Uplatniteľnosť

Uplatniteľnosť všeobecných primárnych techník a monitorovania je uvedená v BAT 30 a 31 v oddiele 4.3.1 a v BAT 32 v oddiele 4.3.2.

Technika podľa písm. b) je všeobecne uplatniteľná v priemyselnom odvetví výroby vápna v závislosti od miestnej dostupnosti surovín a od typu vyrobeného vápna.

Úrovně emisií súvisiace s BAT

Pozri tabuľku 4.12.

Tabuľka 4.12: BAT-AEL pre emisie TOC z odpadových plynov z procesov pálenia v peciach

Druh pece	Jednotka	BAT-AEL ⁽¹⁾ (priemerná denná hodnota alebo priemerná hodnota nameraná pri odoberaní vzoriek – jednotlivé merania na mieste, ktoré trvajú najmenej pol hodiny)
LRK, PRK	mg/Nm ³	<10
ASK, MFSK ⁽²⁾ , PFRK ⁽²⁾	mg/Nm ³	<30

(1) Úroveň môže byť vyššia v závislosti od obsahu organických látok v použitých surovinách a/alebo od druhu vyrábaného vápna, najmä na výrobu prírodného hydraulického vápna.
(2) Vo výnimočných prípadoch môže byť úroveň vyššia.

4.3.7.6 Emisie chlorovodíka (HCl) a fluorovodíka (HF)

51. Na zníženie množstva emisií HCl a emisií HF z odpadového plynu z procesov spaľovania v peciach pri používaní odpadu sa v rámci BAT majú používať tieto primárne techniky:

	Technika
a)	Používanie konvenčných palív s nízkym obsahom chlóru a fluóru.
b)	Obmedzenie obsahu chlóru a fluóru v každom odpade, ktorý sa má použiť ako palivo v peci na výrobu vápna.

Uplatniteľnosť

Uvedené techniky možno všeobecne využiť v priemyselnom odvetví výroby vápna v závislosti od miestnej dostupnosti vhodného paliva.

Úrovně emisií súvisiace s BAT

Pozri tabuľku 4.13.

Tabuľka 4.13: BAT-AEL pre emisie HCl a HF z odpadového plynu z procesov pálenia v peciach pri používaní odpadu

Druh emisií	Jednotka	BAT-AEL (priemerná denná hodnota alebo priemerná hodnota nameraná pri odoberaní vzoriek – jednotlivé merania na mieste, ktoré trvajú najmenej pol hodiny)
HCl	mg/Nm ³	<10
HF	mg/Nm ³	<1

4.3.8 Emisie polychlórovaných dibenzo-p-dioxínov a dibenzofuránov (PCDD/F)

52. Na zníženie množstva emisií PCDD/F z odpadového plynu z procesov pálenia v peciach sa v rámci BAT majú používať tieto primárne techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika
a)	Výber palív s nízkym obsahom chlóru.
b)	Obmedzenie množstva medi, ktoré vstupuje do pece v palive.
c)	Minimalizácia času zdržania plynu a obsahu kyslíka v zónach, v ktorých sú teploty v rozmedzí od 300 do 450 °C

Úrovně emisií súvisiace s BAT

BAT-AEL sú < 0,05 – 0,1 ng PCDD/F I-TEQ/ Nm³, pričom uvedená hodnota je vyjadrená ako priemerná hodnota nameraná pri periódu odberu vzorky (šesť až osem hodín).

4.3.9 Emisie kovov

53. Na minimalizovanie množstva emisií kovov z odpadových plynov z procesov pálenia v peciach sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika
a)	Výber palív s nízkym obsahom kovov
b)	Zaručenie požadovaných vlastností použitých odpadových palív prostredníctvom systému zabezpečenia kvality
c)	Obmedzenie množstva príslušných kovov v materiáloch (predovšetkým ortuť)
d)	Používanie postupov na odstránenie prachu, ktoré sú uvedené v BAT č. 43 (samostatne alebo v kombinácii).

Úrovně emisií súvisiace s BAT

Pozri tabuľku 4.14.

Tabuľka 4.14: BAT-AEL pre kovy z odpadových plynov z procesov pálenia v peciach pri používaní odpadu

Kovy	Jednotka	BAT-AEL (priemerná hodnota nameraná pri odoberaní vzoriek jednotlivé merania na mieste, ktoré trvajú najmenej pol hodiny)
Hg	mg/Nm ³	<0,05
M (Cd, Tl)	mg/Nm ³	<0,05
M (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	mg/Nm ³	<0,5

Poznámka: Pri uplatnení techník uvedených v BAT č. 53 písm. a) až d) sa zaznamenali nízke hodnoty.

V tejto súvislosti pozri aj BAT 37 (oddiel 4.3.5.1.1) a BAT 38 (oddiel 4.3.5.1.2).

4.3.10 Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu

54. Na zníženie množstva tuhého odpadu vznikajúceho pri procese výroby vápna a na úsporu surovín sa v rámci BAT majú používať tieto techniky:

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Opätovné použitie zachyteného prachu alebo iných tuhých častíc (napr. piesku, štrku) v procese	Podľa možností všeobecne uplatniteľné
b)	Využitie prachu, nehaseného vápna a hydratovaného vápna bez špecifikácie vo vybraných komerčných produktoch	Všeobecne využívané pri rozličných typoch vybraných komerčných výrobkov v závislosti od konkrétnych možností

4.4 Závěry o BAT v průmyselném odvětví výroby oxidu horečnatého

Pokud sa neuvádza inak, závery o BAT uvedené v tomto oddiele možno použiť vo všetkých zariadeniach v priemyselnom odvetví výroby oxidu horečnatého (suchým postupom).

4.4.1 Monitorovanie

55. V rámci BAT sa majú pravidelne monitorovať a merať parametre procesov a emisie podľa príslušných európskych noriem a v prípade, že európske normy nie sú k dispozícii, podľa noriem ISO, vnútroštátnych alebo iných medzinárodných noriem, ktorými sa zabezpečia údaje na ekvivalentnej vedeckej úrovni vrátane:

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Kontinuálne meranie procesných parametrov preukazujúcich stabilitu procesu, ako je teplota, obsah O ₂ , tlak, prietok	Všeobecne uplatniteľné na procesy prebiehajúce v peciach
b)	Monitorovanie a stabilizácia kritických parametrov procesu, t. j. suroviny a paliva, pravidelné dávkovanie a prebytok kyslíka	
c)	Kontinuálne alebo periodické merania prachu, emisií NO _x , SO _x a CO	Všeobecne uplatniteľné na procesy prebiehajúce v peciach
d)	Kontinuálne alebo periodické merania emisií prachu	Uplatniteľné na procesy prebiehajúce mimo pece Pri malých zdrojoch (<10 000 Nm ³ /h) by frekvencia meraní alebo kontroly výkonu mala vychádzať z riadenia údržby systém

Opis

O tom, či sa vykonajú kontinuálne alebo periodické merania v zmysle BAT č. 55 písm. f), sa rozhodne podľa zdroja emisií a typu očakávaných znečisťujúcich látok.

Pre periodické merania emisií prachu, NO_x, SO_x a CO sa ako referenčný údaj pre frekvenciu meraní uvádza vykonávanie meraní raz mesačne až raz ročne počas bežných prevádzkových podmienok.

4.4.2 Spotreba energie

56. Na zníženie spotreby tepelnej energie sa má v rámci BAT používať kombinácia týchto techník:

	Technika	Opis	Uplatniteľnosť
a)	Aplikovanie vylepšených a optimalizovaných pecných systémov a bezproblémového a stabilného procesu prebiehajúceho v peci cestou týchto techník: I. optimalizácia riadenia procesov, II. regenerácia tepla z odpadových plynov z pece a chladičov.	Na zníženie spotreby palivovej energie možno využiť regeneráciu tepla z odpadových plynov na predhrievanie magnezitu. Teplo získané z pece možno využiť na sušenie palív, surovín a niektorých obalových materiálov.	Optimalizáciu procesnej kontroly možno uplatniť na všetky typy pecí používané v priemyselnom odvetví výroby oxidu horečnatého.
b)	Využívanie palív s charakteristickými vlastnosťami s priaznivým vplyvom na spotrebu tepelnej energie.	Vlastnosti palív, napr. vysoká výhrevnosť a nízky obsah vlhkosti, majú pozitívny účinok na spotrebu energie	Všeobecne uplatniteľné v závislosti od dostupnosti palív, od typu danej pece, od požadovanej kvality výrobku a od technických možností plnenia palív do pece.
c)	Obmedzenie prebytku vzduchu	Prebytok kyslíka na dosiahnutie požadovanej kvality produktov a optimálneho spaľovania je zvyčajne v praxi približne 1 – 3 %	Všeobecne uplatniteľné

Úroveň emisií spojená s BAT

Hodnoty spotreby tepelnej energie spojené s BAT sú 6 – 12 GJ/t v závislosti od konkrétneho procesu a konkrétnych výrobkov ⁽¹⁾.

57. Na minimalizovanie spotreby elektrickej energie sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika
a)	Používanie systémov na riadenie hospodárenia s elektrinou
b)	Používanie mlecích zariadení a iných elektrických zariadení s vysokou energetickou účinnosťou

⁽¹⁾ Uvedené rozmedzie zohľadňuje len informácie z kapitoly referenčného dokumentu o najlepších dostupných technikách (BREF), ktorá sa týka výroby oxidu horečnatého. Podrobnejšie informácie o najlepších technikách spoločne s vyrobenými výrobkami neboli k dispozícii.

4.4.3 Emisie prachu

4.4.3.1 Difúzne emisie prachu

58. Na minimalizovanie množstva, resp. zamedzenie vzniku emisií difúzneho prachu z prašných prevádzok sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika
a)	Jednoduché a lineárne priestorové usporiadanie v rámci danej lokality
b)	Dobrá údržba budov a ciest spolu s riadnou a úplnou údržbou zariadenia
c)	Polievanie surovín skladovaných v haldách vodou
d)	Uzavretie/zakrytie prašných prevádzok (napr. drvenie a triedenie), resp. obkolesenie týchto prevádzok stenami
e)	Používanie krytých dopravníkov a elevátorov, ktoré sú skonštruované ako uzavreté systémy, ak sa emisie prachu budú pravdepodobne uvoľňovať z prašného materiálu
f)	Používanie skladovacích síl s primeranou kapacitou a ich vybavenie filtermi čistenie zaprášeného vzduchu, ktorý sa uvoľní počas plnenia.
g)	Pri pneumatických dopravníkových systémoch sa uprednostňuje proces cirkulácie.
h)	Obmedzenie množstva únikov vzduchu a miest, kde dochádza k vytekaní látok.
i)	Používanie automatických zariadení a kontrolných systémov
k)	Zabezpečenie kontinuálnej bezproblémovej prevádzky

4.4.3.2 Emisie odvedeného prachu z prašných prevádzok iné ako z procesov výpalu v peciach

59. Na zníženie množstva emisií odvedeného prachu z prašných prevádzok s výnimkou procesov výpalu v peciach sa má v rámci BAT uplatňovať systém riadenia údržby, osobitne zameraný na účinnosť jednotlivých techník, a využívanie čistenia odpadových plynov filtráciou, a to uplatnením týchto techník (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika ⁽¹⁾	Uplatniteľnosť
a)	Textilné filtre	Uplatniteľné na všetky jednotky výrobného procesu oxidu horčíka, najmä pri prašných činnostiach, triedení, mletí a drvení.
b)	Odstredivé odlučovače, resp. cyklóny	Z dôvodu obmedzeného stupňa separácie závislého od systému sú cyklóny uplatniteľné najmä ako predbežné odlučovače hrubého prachu a plynu.
c)	Mokrú odlučovače prachu	Všeobecne uplatniteľné
⁽¹⁾ Opis techník je uvedený v oddiele 4.7.1		

Úrovně emisií súvisiace s BAT

BAT-AEL pre emisie odvedeného prachu z prašných činností (iných ako proces pálenia v peciach) je $< 10 \text{ mg/Nm}^3$, pričom uvedená hodnota je vyjadrená ako priemerná denná hodnota alebo priemerná hodnota nameraná pri odoberaní vzoriek (jednotlivé merania na mieste, ktoré trvajú najmenej pol hodiny).

Je potrebné poznamenať, že v prípade malých zdrojov ($< 10\,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$) je potrebné zohľadniť prioritný prístup založený na systéme riadenia údržby, pokiaľ ide o frekvenciu kontroly výkonu filtra (pozri BAT 55).

4.4.3.3 Emisie prachu z procesu výpalu v peciach

60. Na zníženie množstva emisií prachu z odpadových plynov z procesov pálenia v peciach sa má v rámci BAT vykonať čistenie odpadových plynov filtráciou, a to pomocou týchto techník (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika ⁽¹⁾	Uplatniteľnosť
a)	Elektrostatické odlučovače (ESP)	Elektrostatické odlučovače možno využiť najmä v rotačných peciach. Sú uplatniteľné na teploty plynu nad rosným bodom a do 370 – 400°C
b)	Textilné filtre	Textilné filtre určené na odstraňovanie prachu odpadových plynov možno v zásade využiť vo všetkých zariadeniach vo výrobe oxidu horečnatého. Textilné filtre sa dajú použiť pri teplotách odpadových plynov v rozmedzí od teploty rosného bodu až po 280 °C. Pri výrobe žieravého kalcinovaného oxidu horečnatého a tvrdo páleného oxidu horečnatého (DBM) sa musia používať špeciálne textilné filtre s filtračným materiálom s vysokou teplotnou odolnosťou, vzhľadom na korozívny charakter, vysoké teploty a veľký objem odpadových plynov, vznikajúcich počas procesu pálenia v peci. Skúsenosti z odvetvia výroby magnézie vyrábajúceho DBM však ukazujú, že pre teploty plynu približne 400 °C nie je k dispozícii žiadne vhodné zariadenie. na výrobu magnézie.
c)	Odstredivé odlučovače, resp. cyklóny	Vzhľadom na obmedzený stupeň separácie závislý od systému sú cyklóny uplatniteľné najmä ako predbežné odlučovače hrubého prachu a spalín.
d)	Mokrú odlučovače prachu	Všeobecne uplatniteľné
(1) Opis techník je uvedený v oddiele 4.7.1		

Úrovně emisií súvisiace s BAT

BAT-AEL pre emisie prachu zo spalín z procesov spaľovania v peciach je < 20 – 35 mg/ Nm³ (priemerná denná hodnota alebo priemerná hodnota nameraná pri odoberaní vzoriek – jednotlivé merania, ktoré trvajú najmenej pol hodiny).

4.4.4 Plynné zlúčeniny

4.4.4.1 Všeobecné primárne techniky na zníženie emisií plynných zlúčenín

61. S cieľom znížiť emisie plynných zlúčenín (t. j. NO_x , HCl , SO_x , CO) zo spalín z procesov vypaľovania v peciach, BAT je používať jednu alebo kombináciu nasledujúcich primárnych techník:

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Starostlivý výber a kontrola látok plnených do pece s cieľom znížiť prekursorov látok znečisťujúcich životné prostredie, t. j.: I. výber palív s nízkym obsahom síry, chlóru a dusíka (podľa dostupnosti), II. výber surovín s nízkym obsahom organických látok, III. výber odpadových palív, vhodných pre daný proces a horák.	Všeobecne uplatniteľné v závislosti od miestnej dostupnosti surovín a palív, od typu danej pece, od požadovanej kvality výrobku a od technických možností plnenia palív do vybranej pece. Odpadové materiály možno v priemyselnom odvetví výroby oxidu horečnatého považovať za palivá, ale v roku 2007 sa v danom priemyselnom odvetví ešte neuplatňovali.
b)	Používanie opatrení/techník optimalizácie procesov na zabezpečenie plynulého a stabilného procesu pece, ktorá sa prevádzkuje v blízkosti stechiometrického požadovaného množstva vzduchu	Optimalizáciu procesnej kontroly možno uplatniť na všetky typy pecí používané v priemyselnom odvetví výroby oxidu horečnatého. Avšak, môže byť potrebný vysokosofistikovaný systém riadenia procesov

4.4.4.2 Emisie NO_x

62. Na zníženie množstva emisií NO_x zo spalín z procesov pálenia v peciach sa v rámci BAT majú používať tieto techniky (samostatne alebo v kombinácii):

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Vhodný výber paliva spolu s obmedzeným obsahom dusíka v palive	Všeobecne uplatniteľné v závislosti od dostupnosti palív
b)	Optimalizácia procesov a technika zlepšenia výpalu	Všeobecne uplatniteľné v priemyselnom odvetví výroby oxidu horečnatého

Úrovně emisií súvisiace s BAT

BAT-AEL pre emisie NO_x zo spalín z procesov vypaľovania v peciach je $<500 - 1\,500$ mg/Nm^3 ako denná priemerná hodnota alebo priemerná hodnota za obdobie odberu vzoriek (jednotlivé merania, ktoré trvajú najmenej pol hodiny), uvedená ako NO_2 . Na proces výroby tvrdo páleného oxidu horečnatého pri vysokých teplotách sa uplatňujú vyššie hodnoty.

4.4.4.3 Emisie CO a núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO**4.4.4.3.1 Emisie CO**

63. Na zníženie množstva emisií CO z odpadových plynov z procesov pálenia v peciach sa má v rámci BAT používať kombinácia týchto techník:

	Technika	Opis
a)	Výber surovín s nízkym obsahom organických látok	Časť emisií CO vyplýva z organických látok v surovinách, preto výber surovín s nízkym obsahom organických látok môže znížiť emisie CO.
b)	Optimalizácia riadenia procesov	Pre zníženie emisií CO je kľúčové, aby dochádzalo k úplnému a správne spaľovaniu. Počas spaľovania možno regulovať primárny vzduch, prísun vzduchu z chladiča a ťah komínového ventilátora a udržiavať tak obsah kyslíka na úrovni medzi 1 (sintrový) a 1,5 % (žieravý). Zmena plnenia paliva a vzduchu môže znížiť emisie CO. Okrem toho sa môžu emisie CO znížiť zmenou hĺbky horáka
c)	Dávkovanie palív kontrolované, stále a kontinuálne	Kontrolované plnenie palív zahŕňa napr.: • používanie dávkovacích váh a presných otočných ventilov na plnenie petrokoksu a/alebo • používanie prietokových meračov a presných ventilov na reguláciu plnenia ťažkého oleja alebo plynu do horáka pece.

Uplatniteľnosť

Techniky na zníženie emisií CO sú všeobecne uplatniteľné v priemyselnom odvetví výroby oxidu horečnatého. Výber surovín s nízkym obsahom organických látok závisí od dostupnosti daných surovín.

Úrovně emisií súvisiace s BAT

BAT-AEL pre emisie CO zo spalín z procesov spaľovania v peciach je $< 50 - 1\,000 \text{ mg/Nm}^3$ (priemerná denná hodnota alebo priemerná hodnota nameraná pri odoberaní vzoriek – jednotlivé merania na mieste, ktoré trvajú najmenej pol hodiny).

4.4.4.3.2 Zníženie núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO

64. Na minimalizovanie počtu núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO pri využívaní elektrostatických odľučovačov (ESP) sa v rámci BAT majú používať tieto techniky:

	Technika
a)	Riadenie núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO s cieľom znížiť prestoje ESP
b)	Nepretržité automatické meranie CO pomocou monitorovacieho zariadenia s krátkym reakčným časom a v blízkosti zdroja CO

Opis

Z bezpečnostných dôvodov v dôsledku rizika výbuchu sa v prípade zvýšeného obsahu CO vo odpadových plynov musia vypnúť elektrostatické odľučovače (ESP). Nasledujúce techniky zabráňujú vzniku núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného obsahu CO a skracujú tak čas, keď sa musia vypnúť elektrostatické odľučovače:

- riadenie procesu spaľovania,
- riadenie obsahu organických látok v surovinách,
- riadenie kvality palív a systému na dávkovanie palív.

K narušeniam dochádza predovšetkým počas počiatočnej prevádzkovej fázy. Ak má byť prevádzka bezpečná, plynové analyzátory zaisťujúce ochranu elektrostatických odlučovačov musia byť aktívne zapojené počas všetkých prevádzkových fáz.

Systém kontinuálneho monitorovania obsahu CO treba optimalizovať tak, aby mal čo najkratší čas odozvy a aby bol umiestnený v blízkosti zdroja emisií CO, t. j. pri vývode z predhrievača alebo pri prívode do pece (v prípade mokrého postupu prebiehajúceho v peci).

Uplatniteľnosť

Všeobecne uplatniteľné na pece vybavené elektrostatickými odlučovačmi (ESP).

4.4.4.4 Emisie SO_x

65. Na zníženie množstva emisií SO_x z odpadových plynov z procesov pálenia v peciach sa má v rámci BAT používať kombinácia týchto primárnych a sekundárnych techník:

	Technika	Uplatniteľnosť
a)	Techniky optimalizácie procesov	Všeobecne uplatniteľné
b)	Výber palív s nízkym obsahom síry	Všeobecne uplatniteľné v závislosti od dostupnosti palív s nízkym obsahom síry, na čo môže mať vplyv energetická politika daného členského štátu. Výber paliva závisí aj od kvality konečného výrobku, technických možností a ekonomických aspektov.
c)	Technika pridávania suchého absorbentu (pridávanie sorbentu do prúdu plynu, ako sú reaktívne triedy MgO, hydratované vápno, aktívne uhlie atď.) v kombinácii s filtrom ⁽¹⁾	Všeobecne uplatniteľné
d)	Mokrý práčka ⁽¹⁾	Uplatniteľnosť môže byť obmedzená v suchých oblastiach veľkým objemom potrebnej vody a potrebou úpravy odpadových vôd a súvisiacim dosahom na viaceré zložky životného prostredia.
⁽¹⁾ Opis opatrenia/techniky je uvedený v oddiele 4.7.2		

Úrovně emisií súvisiace s BAT

Pozri tabuľku 4.15.

Tabuľka 4.15: BAT-AEL pre emisie SO_x zo spalín z procesov spaľovania v peciach v priemyselnom odvetví výroby oxidu horečnatého

Parameter	Jednotka	BAT-AEL ⁽¹⁾ ⁽²⁾ (denná priemerná hodnota alebo priemer za obdobie odberu vzoriek (jednotlivé merania na mieste, ktoré trvajú najmenej pol hodiny))
SO _x , vyjadrené ako SO ₂	mg/Nm ³	<50 – 400 ⁽³⁾
(1) BAT-AEL závisia od obsahu síry v surovinách a palivách. Spodná hranica rozsahu je spojená s používaním surovín s nízkym obsahom síry a používaním zemného plynu; horná hranica rozsahu je spojená s používaním surovín s vyšším obsahom síry a/alebo používaním palív obsahujúcich síru. (2) Pri posudzovaní najlepšej kombinácie BAT na zníženie emisií SO_x by sa mali zohľadniť vzájomné účinky jednotlivých médií. (3) Ak nie je možné uplatniť mokré pranie, BAT-AEL závisia od obsahu síry v surovinách a palivách. V tomto prípade je BAT-AEL <1 500 mg/Nm³ pri zabezpečení účinnosti odstraňovania emisií SO_x najmenej 60 %.		

4.4.5 Procesné straty, resp. odpad v priebehu procesu

66. Na zníženie, resp. minimalizovanie procesných strát/odpadu, sa v rámci BAT majú v priebehu procesu opätovne využívať rozličné druhy zhromaždeného prachu uhličitanu horečnatého.

Uplatniteľnosť

Všeobecne uplatniteľné v závislosti od chemického zloženia prachu.

67. Na zníženie, resp. minimalizovanie strát/odpadu v priebehu procesu sa v rámci BAT majú využívať rozličné druhy zhromaždeného prachu uhličitanu horečnatého v iných výrobkoch uvádzaných na trh, pokiaľ predmetné druhy prachu nemožno recyklovať.

Uplatniteľnosť

Využitie prachu uhličitanu horečnatého v iných výrobkoch uvádzaných na trh nemusí závisieť výlučne od rozhodnutia príslušného prevádzkovateľa.

68. Na zníženie, resp. minimalizovanie výrobných procesných strát/odpadu sa má v rámci BAT v priebehu procesu alebo v iných odvetviach opätovne využiť kal pochádzajúci z mokrého procesu odsírenia odpadového plynu.

Uplatniteľnosť

Využitie kalu pochádzajúceho z mokrého procesu odsírenia odpadového plynu v iných odvetviach nemusí závisieť výlučne od rozhodnutia príslušného prevádzkovateľa.

4.4.6 Využitie odpadu ako paliva alebo ako suroviny

69. Na zabezpečenie charakteristických vlastností odpadu, ktorý sa použije ako palivo alebo surovina v peciach na spracovanie oxidu horečnatého, sa v rámci BAT majú používať tieto techniky:

	Technika
a)	Výber vhodných odpadov, ktoré sa využijú v rámci daného procesu a na prevádzku horáka.
b)	Prostredníctvom systému zabezpečenia kvality zaručiť a kontrolovať vlastnosti odpadov a analyzovať všetky druhy použitých odpadov z hľadiska: I. dostupnosti, II. stálej kvality, III. fyzikálnych kritérií (napr. tvorba emisií, zrnitosť, reaktivnosť, páliteľnosť, výhrevnosť), IV. chemických kritérií, napr. obsah chlóru, síry, alkalických kovov, fosfátov a príslušných kovov (napr. celkový obsah chrómu, olova, kadmia, ortuti, tália).
c)	Kontrola množstva príslušných parametrov pre každý odpad, ktorý sa má použiť, ako napr. obsah halogénov, kovov (napr. celkový obsah chrómu, olova, kadmia, ortuti, tália) a síry

Uplatniteľnosť

V priemyselnom odvetví výroby oxidu horečnatého možno využiť odpad ako palivo alebo ako surovinu (hoci sa to v roku 2007 v priemyselnom odvetví výroby oxidu horečnatého ešte neuplatňovalo) v závislosti od dostupnosti, typu danej pece, požadovanej kvality výrobku a technických možností plnenia palív do pece.

OPIS TECHNÍK

4.5 Opis techník v priemyselnom odvetví výroby cementu

4.5.1 Emisie prachu

	Technika	Opis
a)	Elektrostatické odľučovače	Elektrostatické odľučovače (ESP) vytvárajú elektrostatické pole zasahujúce do dráhy pevných častíc v prúde vzduchu. Častice sa nabíjajú záporným nábojom a presunú sa smerom ku kladne nabitým zberným platňami. Zberné platne sa pravidelne oklepávajú alebo rozvibrujú a materiál tak spadne do zberného zásobníka, ktorý sa nachádza pod zbernými platňami. Veľmi dôležitá je optimalizácia cyklov oklepávania ESP, aby v čo najmenšej možnej miere dochádzalo k opätovnému vŕeňovaniu častíc do prúdiaceho vzduchu a aby sa tak minimalizoval potenciál ovplyvniť viditeľnosť mraku. Pre elektrostatické odľučovače je charakteristické, že dokážu pracovať aj pri vysokých teplotách (až 400 °C) a vysokej vlhkosti. Medzi hlavné nevýhody tejto techniky patrí znížená účinnosť elektrostatických odľučovačov pri izolačnej vrstve a hromadenie materiálu, ktoré môžu spôsobiť vstupy s vysokým obsahom chlóru a síry. Z hľadiska celkovej účinnosti elektrostatických odľučovačov je dôležité zabrániť núdzovým vypnutiam z dôvodu zvýšeného množstva CO. Aj keď neexistujú žiadne technické obmedzenia pre použiteľnosť ESP v rôznych procesoch v odvetví výroby cementu, nie sú často volené na odprášenie cementárne kvôli nákladom a účinnosti (relatívne vysoké emisie) počas spúšťania a vypínania.
b)	Textilné filtre	Textilné filtre sú účinné odľučovače prachu. Základným princípom fungovania textilného filtrovania je použitie textilnej membrány, ktorá prepúšťa plyn, no zadržiava prach. Filtračné médium má v zásade geometrické usporiadanie. Na začiatku sa prach usádza na povrchových vláknach a aj vo vnútri textílie, no s postupným zväčšovaním povrchovej vrstvy sa dominantným filtračným médium stáva samotný prach. Výstupný plyn môže prúdiť buď zvnútra vaku smerom von, alebo opačným smerom. Postupne dochádza k zväčšovaniu hrúbky nánosov prachu, a tak sa zvyšuje aj odpor voči prúdeniu plynu. Je preto potrebné pravidelne čistiť filtračné médium a riadiť tak pokles tlaku plynu vo filtri. Textilný filter by mal pozostávať z viacerých oddielov, ktoré môžu byť individuálne izolované pre prípad, že dôjde k zlyhaniu vaku. Počet oddielov by mal postačovať na zabezpečenie primeraného fungovania aj v prípade, ak sa jeden z oddielov vyradí z činnosti. Do každého oddielu by sa mal nainštalovať detektor pretrhnutia vaku, aby sa v prípade potreby zabezpečila potrebná údržba. Filtračné vaky sa vyrábajú z rozličných tkaných aj netkaných textílií. Moderné syntetické textílie sú schopné prevádzky pri pomerne vysokých teplotách (až do 280 °C). Na účinnosť textilných filtrov má vplyv viacero faktorov, napr. zlučiteľnosť filtračného média s vlastnosťami odpadového plynu a prachu, primerané vlastnosti z hľadiska tepelného, fyzikálneho a chemického odporu, napr. hydrolýza, kyseliny, alkalické kovy, oxidácia a procesná teplota. Vlhkosť a teplota plynových spalín sa musí zohľadniť pri výbere techniky.
c)	Hybridné filtre	Hybridné filtre predstavujú kombináciu elektrostatických odľučovačov a textilných filtrov v jednom zariadení. Vo všeobecnosti vyplývajú z konverzie existujúcich ESP. Umožňujú čiastočné opätovné použitie starého zariadenia.

4.5.2 Emisie NO_x

	Technika	Opis
a)	Primárne opatrenia, resp. techniky	
	I Chladienie plameňa	Pridanie vody do paliva alebo priamo do plameňa rôznymi metódami, napríklad vstrekováním jednej tekutiny (kvapalina) alebo dvoch tekutín (kvapalina a stlačený vzduch alebo tuhé látky), alebo využitie kvapalných alebo tuhých odpadov s vysokým obsahom vody, znižuje teplotu a zvyšuje koncentráciu hydroxylových radikálov. Môže to mať priaznivý vplyv na zníženie emisií NO _x v zóne spaľovania
	II Nízkoemisné horáky NO _x	Konštrukčné riešenia nízkoemisných horákov NO _x (nepriame spaľovanie) sú veľmi rozdielne, no v zásade ide o plnenie paliva a vzduchu do pece pomocou sústredných rúr. Pomer primárneho vzduchu sa zníži na úroveň 6 až 10 % úrovne potrebnej na stechiometrické spaľovanie (pri bežných horákoch je to obvykle 10 až 15 %). Vo vonkajšom kanáli sa vstrekuje axiálny vzduch s veľkou hybnosťou. Uhlie možno vháňať centrálnym potrubím alebo prostredným kanálom. Tretí kanál sa používa na vírivý vzduch, pričom vírenie spôsobujú lopatky pri vývode spaľovacej rúry, prípadne za touto rúrou. Takto skonštruovaný horák v konečnom dôsledku spôsobí veľmi rýchle vzplanutie predovšetkým prchavých látok v palive v atmosfére s nedostatkom kyslíka, čím sa zníži tvorba NO _x . Použitie nízkoemisných horákov NO _x nie je vždy sprevádzané znížením emisií NO _x . Je potrebné optimalizovať nastavenie horáka.
	III Spaľovanie v strede pece	V dlhých mokrých a dlhých suchých peciach môže vytvorenie redukčnej zóny pri spaľovaní kusového paliva znížiť emisie NO _x . Keďže pri dlhých peciach obvykle nie je prístup k teplotnej zóne v rozsahu 900 až 1 000 °C, možno nainštalovať systémy na spaľovanie v strede pece a využiť tak odpadové palivá, ktoré sa nemôžu priblížiť k hlavnému horáku (napr. pneumatiky). Kľúčovým faktorom v tomto procese je rýchlosť spaľovania palív. Ak sa palivá spaľujú príliš pomaly, v zóne spaľovania môžu nastať redukčné podmienky so závažným dosahom na kvalitu výrobkov. Ak je príliš vysoká, môže dôjsť k prehriatiu sekcie pece – výsledkom je prepálenie reťazcov. Teplotný rozsah nižší ako 1 100 °C vylučuje použitie nebezpečného odpadu s obsahom chlóru vyšším ako 1 %.
	IV Pridanie mineralizátorov na zlepšenie páliteľnosti surovínovej múčky (mineralizovaný slinok)	Pridanie mineralizátorov (napr. fluór) k surovinám predstavuje techniku na úpravu kvality slinky a na zníženie teploty v zóne slinovania. Znížením teploty horenia sa zároveň zníži tvorba emisií NO _x .
	V Optimalizácia procesu	Emisie NO _x možno znížiť aj optimalizáciou procesov, napr. zabezpečením plynulej a optimálnej prevádzky pece a optimálnych podmienok horenia, optimalizáciou kontroly prevádzky pece a/alebo zabezpečením homogenizáciou dávkovaných palív. Všeobecné primárne optimalizačné merania/techniky, ako sú opatrenia/techniky merania procesu, zdokonalená technika nepriameho vypaľovania, optimalizované zapojenie chladiča a výber paliva a optimalizované úrovne kyslíka.

	Technika	Opis
b)	Viacstupňové spaľovanie (konvenčných alebo odpadových palív) aj v kombinácii s predkalcinátorom a používaním optimalizovanej palivovej zmesi	Odstupňované spaľovanie sa používa v cementárenských peciach s osobitne konštrukčne upraveným predkalcinátorom. Prvý stupeň spaľovania prebieha v rotačnej peci pri optimálnych podmienkach na proces výpalu slinku. Druhý stupeň spaľovania predstavuje horák pri vstupe do pece.. Jeho úlohou je vytvoriť redukčnú atmosféru, ktorá rozloží časť oxidov dusíka vytvorených v zóne slinovania. Vysoká teplota v tejto zóne je veľmi priaznivá pre reakciu, ktorá opätovne premení NO_x na základný dusík. V treťom stupni slinovania sa do kalcinátora dávkuje kalcinačné palivo spolu s určitým množstvom terciárneho vzduchu, a tak sa aj v tejto oblasti vytvorí redukčná atmosféra. Tento systém znižuje tvorbu NO_x z paliva a tiež znižuje emisie NO_x vychádzajúce z pece. Vo štvartej a poslednej fáze spaľovania sa zvyšný terciárny vzduch privádza do systému ako „horný vzduch“ na zvyškové spaľovanie
c)	SNCR	Selektívna nekatalytická redukcia (SNCR) zahŕňa vstrekovanie amoniakovej vody (až 25 % NH_3), zlúčenín amoniaku alebo roztoku močoviny do spaľovaného plynu s cieľom znížiť NO na N_2 . Reakcia má optimálny účinok v teplotnom rozmedzí približne 830 až 1 050 °C a musí sa poskytnúť dostatočný zdržný čas na reakciu vstrekaných látok s NO
d)	SCR	SCR znižuje NO a NO_2 na N_2 pomocou NH_3 a katalyzátora pri teplote približne 300 – 400 °C. Táto technika sa bežne používa na meranie NO_x v iných priemyselných odvetviach (uhľné elektrárne, spaľovne odpadu). V priemyselnom odvetví výroby cementu možno v zásade uvažovať o dvoch systémoch: usporiadanie s nízkym obsahom prachu medzi odprašovacou jednotkou a komínovou hlavou a usporiadanie s vysokým obsahom prachu medzi predohrievačom a odprašovacou jednotkou. Systémy odpadových plynov s nízkym obsahom prachu vyžadujú opätovné ohriatie odpadových plynov po odprašení, čo môže viesť k dodatočným nákladom a poklesom tlaku. Systémy s vysokým obsahom prachu sa uprednostňujú z technických aj hospodárskych dôvodov. Tieto systémy si nevyžadujú opätovný ohrev, pretože teplota odpadového plynu na výstupe zo systému predohrievača je zvyčajne v správnom teplotnom rozsahu na prevádzku SCR.

4.5.3 Emisie SO_x

	Technika	Opis
a)	Pridanie absorpčných prostriedkov	Absorbent sa buď pridáva do surovín (napr. prídavok hydratovaného vápna), alebo sa používa na vstrekovanie do prúdu plynu (napr. hydratované alebo hasené vápno (Ca(OH)₂), nehasené vápno (CaO), aktivovaný popolček s vysokým obsahom CaO alebo hydrogenuhličitan sodný (NaHCO₃)). Hydratované vápno možno dávkovať do mlyna spolu so surovinovými zložkami alebo ho možno pridať priamo do vsádzkového otvoru pece. Pridanie hydratovaného vápna je výhodné, pretože prímies obsahujúca vápnik vytvára produkty reakcie, ktoré možno priamo zapracovať do procesu výpalu slinku. Absorbent sa vstrekuje do dráhy odpadového plynu približne pri teplote rosného bodu vody. V dôsledku toho sa vytvoria priaznivejšie podmienky na zachytávanie SO₂. V systémoch cementárenských pecí sa tento teplotný rozsah zvyčajne dosahuje v oblasti medzi mlynom na suroviny a odlučovačom prachu
b)	Mokrú práčka	Mokrú práčku predstavuje najčastejšie používanú techniku na odsírenie spalín v uhoľných elektrárnach. Pri výrobe cementu je osvedčenou technikou. mokrý proces na zníženie emisií SO₂. Mokré odsírenie vychádza z tejto chemickej reakcie: $\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ SO_x podlieha absorpcii kvapaliny, resp. kaše, ktorá sa vstriečne v sprchovej kolóne. Vo všeobecnosti sa ako absorbent používa uhličitan vápenatý. Čo sa týka rozpustných kyslých plynov, systémy na mokré odsírenie zabezpečujú najúčinnnejšie odstránenie zlúčenín obsahujúcich síru spomedzi všetkých metód na odsírenie odpadových plynov. Táto technika si vyžaduje určité množstvo vody s následnou potrebou úpravy odpadových vôd

4.6 Opis techník v priemyselnom odvetví výroby vápna

4.6.1 Emisie prachu

	Technika	Opis
a)	ESP	Všeobecný opis elektrostatických odlučovačov sa uvádza v bode 1.5.1. Elektrostatické odlučovače sa dajú použiť pri teplotách v rozmedzí od teploty rosného bodu až po 400 °C. Elektrostatické odlučovače možno navyše použiť aj pri teplotách v blízkosti teploty rosného bodu, resp. pri teplotách nižších ako je teplota rosného bodu. Vzhľadom na veľký objem prúdenia a na pomerne veľkú prachovú záťaž sa elektrostatické odlučovače inštalujú najmä do rotačných pecí bez predohrevu, ale aj do rotačných pecí s predohrevom. V prípade kombinácie so zhášacou kolónou je možné dosiahnuť vynikajúci výkon.
b)	Textilný filter	Všeobecný opis textilných filtrov sa uvádza v bode 1.5.1. Textilné filtre možno použiť v peciach, v zariadeniach na mletie a brúsenie vápenca, ako aj nehaseného vápna, v zariadeniach na hydratáciu vápna, pri preprave materiálu a v skladovacích a nakladacích priestoroch. Často sa využíva kombinácia textilného filtra s cyklónovým predfiltrom. Funkcia textilného filtra závisí od vlastností odpadového plynu, napr. od teploty, vlhkosti, prachovej záťaže a od chemického zloženia. K dispozícii sú rôzne tkaninové materiály, ktoré odolávajú mechanickému, tepelnému a chemickému opotrebeniu, aby sa splnili tieto podmienky.
c)	Mokrý odlučovač prachu	Pomocou odlučovačov mokrého prachu sa prach odstraňuje z prúdov výstupného plynu, a to tak, že sa tok plynu privedie do úzkeho kontaktu s pracou kvapalinou (obvykle vodou), aby sa častice prachu zachytili v kvapaline, a potom sa spláchni. Na odstránenie prachu možno použiť viacero druhov mokrých práčok. Medzi hlavné druhy mokrých práčok, ktoré sa používajú v peciach na výrobu vápna, patria kaskádové, resp. viacfázové mokré práčky, dynamické mokré práčky a Venturiho práčky. V peciach na výrobu vápna sa väčšinou používajú viacfázové, resp. viacstupňové mokré práčky. Mokré práčky sa na znižovanie emisií prachu využívajú aj v prípade obmedzených priestorových možností. Mokré práčky sa niekedy používajú aj pri plynach s vyššou teplotou. Mokré práčky sa niekedy používajú pri plynach s vyššou teplotou, v takom prípade voda ochladzuje plyny a znižuje ich objem
d)	Odstredivý odlučovač, resp. cyklón	Pri odstredivých odlučovačoch, resp. cyklónoch, sa častice prachu, ktoré sa majú odstrániť z prúdu výstupného plynu, odstredivým pohybom natlačia na vonkajšiu stenu danej jednotky, a potom sa odstránia otvorom na spodnej časti jednotky. Odstredivé sily možno vyvolať tak, že sa tok plynu nasmeruje špirálovitým pohybom smerom nadol cez valcovitú nádobu (cyklónové odlučovače), alebo prostredníctvom otáčavých rotorov zabudovaných do danej jednotky (mechanické odstredivé odlučovače). Keďže však predmetné zariadenia majú pri odstraňovaní častíc len obmedzenú účinnosť, možno ich použiť iba ako predbežné odlučovače, ktoré pomáhajú elektrostatickým odlučovačom a textilným filtrom, keďže odstraňujú hrubú prachovú záťaž a spomaľujú opotrebovanie.

4.6.2 Emisie NO_x

	Technika	Opis
a)	Konstrukčné riešenie horáka (nízkoemisný horák NO _x)	Nízkoemisné horáky NO _x sú užitočné na zníženie teploty plameňa, a tým na zníženie tepelných a (do určitej miery) palivových NO _x . Zníženie NO _x sa dosiahne prívodom oplachového vzduchu na zníženie teploty plameňa alebo pulznou prevádzkou horákov. Nízkoemisné horáky NO _x sú navrhnuté tak, aby znižovali podiel primárneho vzduchu, čo vedie k nižším emisiám NO _x , zatiaľ čo bežné viackanálové horáky pracujú s podielom primárneho vzduchu 10 až 18 % z celkového objemu spaľovacieho vzduchu. Vyšší podiel primárneho vzduchu spôsobí vytvorenie krátkodobého a intenzívneho plameňa pri prvotnom premiešaní horúceho sekundárneho vzduchu a paliva. Výsledkom sú vysoké teploty plameňa spolu so vznikom vysokého množstva NO _x , ktorému sa dá predísť používaním nízkoemisných horákov NO _x
b)	Postupné spaľovanie	Znížením množstva kyslíka v primárnych reakčných zónach sa vytvorí redukčná zóna. Vysoké teploty v tejto zóne sú veľmi priaznivé pre reakciu, ktorá opätovne premení NO _x na základný dusík. V nasledujúcich zónach spaľovania sa množstvo vzduchu a kyslíka zvýši, aby došlo k oxidácii vytvorených plynov. Účinné miešanie vzduchu a plynu v zóne spaľovania je potrebné na zabezpečenie toho, aby sa CO a NO _x na nízkych úrovniach. Postupné spaľovanie sa v priemyselnom odvetví výroby vápna v roku 2007 nepoužívalo.
c)	SNCR	Oxidy dusíka (NO a NO ₂) z odpadových plynov sa odstránia selektívnou nekatalytickou redukciou a premenia sa na dusík a vodu. Táto reakcia prebehne na základe vstreknutia redukčného činidla do pece, pričom dané činidlo reaguje s oxidmi dusíka. Ako redukčné činidlo sa obvykle používa amoniak alebo močovina. Reakcie prebiehajú pri teplotách medzi 850 °C a 1 020 °C, pričom optimálny rozsah je zvyčajne 900 až 920 °C

4.6.3 Emisie SO_x

	Technika	Opis
a)	Techniky využívajúce prídanie absorpčných prostriedkov	Táto technika spočíva v pridaní absorbentu v suchej forme priamo do pece (plnením alebo vstrekaním) alebo v suchej alebo mokrej forme (napr. hydratované vápno alebo hydrogenuhličitan sodný) do odpadových plynov s cieľom odstrániť emisie SO _x . Pri vstrekaní absorbentu do odpadových plynov je potrebné zabezpečiť dostatočný čas zdržania medzi miestom vstrelu a zberačom prachu (textilný filter alebo elektrostatický odlučovač), aby sa umožnilo dosiahnutie účinnej absorpcie. Pri rotačných peciach môžu absorpčné techniky zahŕňať: • Použitie jemného vápenca: Pri priamej rotačnej peci napájanej dolomitom môže dôjsť k výraznému zníženiu emisií SO₂ pri vstupných kameňoch, ktoré buď obsahujú vysokú úroveň jemne deleného vápenca, alebo sú náchylné na rozpad pri teplote. Kalcíny nadrobno rozkúskovaného vápenca sa dostávajú do pecných plynov a odstraňujú SO₂ na ceste do odlučovača prachu a v ňom. • Vstrekovanie vápna do spaľovaného vzduchu: Patentovaná technika (EP 0 734 755 A1), ktorá odstraňuje emisie SO₂ z rotačných pecí vstrekaním nadrobno rozkúskovaného páleného alebo hydratovaného vápna do vzduchu privádzaný do komínového nástavca pece.

4.7 Opis techník v priemyselnom odvetví výroby oxidu horečnatého (suchým postupom)

4.7.1 Emisie prachu

	Opatrenie/technika	Opis
a)	Elektrostatické odlučovače (ESP)	Všeobecný opis elektrostatických odlučovačov sa uvádza v bode 1.5.1.
b)	Textilné filtre	Všeobecný opis textilných filtrov sa uvádza v bode 1.5.1. Textilné filtre dosahujú vysokú mieru zadržiavania častíc, obvykle nad 98 %, a dokonca až 99 % v závislosti od veľkosti častíc. Táto technika je z hľadiska zadržiavania častíc najúčinnnejšia v porovnaní s inými opatreniami, resp. technikami na znižovanie emisií prachu v priemyselnom odvetví výroby oxidu horečnatého. Vzhľadom na vysoké teploty pecných odpadových plynov však treba použiť špeciálny filtračný materiál, ktorý je odolný voči vysokým teplotám. Pri výrobe DBM sa používajú filtračné materiály na operácie pri teplotách do 250 °C, ako napríklad filtračný materiál PTFE (teflón). Tento filtračný materiál vykazuje dobrú odolnosť voči kyselinám alebo alkalickým látkam a vyriešil veľa problémov s koróziou.
c)	Cyklóny (odstredivé odlučovače)	Všeobecný opis cyklónov sa uvádza v bode 1.6.1. Ide o masívne zariadenie, ktoré sa vyznačuje širokým prevádzkovým teplotným rozpätím a nízkou energetickou náročnosťou. Keďže miera separácie závisí od daného systému, cyklóny sa používajú najmä na predbežnú separáciu hrubého prachu a spalín.
d)	Mokrý odlučovač prachu	Všeobecný opis odlučovačov mokrého prachu (nazývaných aj mokré práčky) sa uvádza v bode 1.6.1. Existuje viacero typov odlučovačov mokrého prachu, ktoré rozlišujeme podľa konštrukčného riešenia a princípu fungovania (napr. Venturiho odlučovač). Tento typ odlučovača mokrého prachu má v priemyselnom odvetví výroby oxidu horečnatého viacero využití, napr. pri usmernení plynu cez najužšiu časť Venturiho trubice (Venturiho hrdlo) možno dosiahnuť rýchlosť plynu v rozmedzí od 60 do 120 m/s. Pracie tekutiny, ktoré sa plnia do hrdla Venturiho trubice, sa rozptýlia do oparu pozostávajúceho z veľmi drobných kvapôčok, a potom sa intenzívne premiešajú s plynom. Častice oddelené na kvapkách vody sú ťažšie a možno ich ľahko odsať pomocou kvapkového separátora nainštalovaného v tomto Venturiho odlučovači mokrého prachu

4.7.2 Emisie SO_x

	Technika	Opis
a)	Technika využívajúca prídanie absorpčných prostriedkov	Táto technika spočíva vo vstreknutí absorbentu v suchej alebo mokrej forme (polosuché pranie) do odpadových plynov s cieľom odstrániť emisie SO _x . Veľmi dôležité je zabezpečiť dostatočný čas zdržania medzi miestom vstrekú a zberačom prachu, aby sa umožnilo dosiahnutie vysoko účinnej absorpcie. Reaktívne triedy MgO sa môžu používať ako absorbenty s účinnosťou pri SO ₂ v odvetví výroby magnézie. Napriek nižšej účinnosti v porovnaní s inými absorbentmi má použitie reaktívnych tried MgO dvojité výhodu, pretože znižuje investičné náklady a filtračný prach nie je kontaminovaný inými látkami a môže byť opätovne použitý namiesto surovín na výrobu magnézie alebo použitý ako hnojivo (síran horečnatý), čím sa minimalizuje tvorba odpadu.
b)	Mokrú práčku	V rámci mokrého odsírenia SO _x absorbuje kvapalina, resp. kaša, ktorá sa ako protiprúd vstrekuje do odpadových plynov v sprechovej kolóne. Táto technika si vyžaduje množstvo vody medzi 5 a 12 m ³ /t výrobku, s následnou potrebou úpravy odpadových vôd

5 ZÁVEREČNÉ POZNÁMKY A ODPORÚČANIA PRE BUDÚCU PRÁCU

Načasovanie procesu preskúmania dokumentu CLM BREF a transformácie v rámci IED

Úvodné stretnutie na preskúmanie dokumentu BREF o cemente a vápne sa konalo v septembri 2005 v rámci smernice IPPC. TWG sa dohodla na rozšírení rozsahu tohto dokumentu a pridaní ďalšieho priemyselného odvetvia výroby oxidu horečnatého (MgO/magnézia) suchou cestou do dokumentu BREF pre cement a vápno. Po období zhromažďovania informácií a údajov sa vo februári 2007 uskutočnilo druhé zasadnutie pracovnej skupiny TWG s cieľom overiť a odsúhlasiť informácie a údaje, ktoré by sa mali použiť na revíziu dokumentu BREF. Okrem toho TWG požiadala o procedurálnu výnimku pre proces preskúmania tohto dokumentu s cieľom rozdeliť diskusie o oddieloch 1 – 4 a oddieloch o BAT na tri kapitoly o cement, vápno a oxide horečnatom.

Na základe požiadavky TWG a s prihliadnutím na všeobecný harmonogram preskúmania dokumentov BREF (december 2005) sa IEF dohodol na rozdelení diskusií o oddieloch 1 – 4 a oddieloch o BAT na tri kapitoly o cement, vápno a oxide horečnatom.

Prvý návrh revidovaného dokumentu CLM BREF bol vydaný na konzultáciu v septembri 2007. Druhá časť prvého návrhu, ktorá zahŕňa oddiely o technikách, ktoré sa majú zohľadniť pri určovaní BAT, a o záveroch o BAT, bola vydaná na konzultáciu v máji 2008. Záverečné zasadnutie TWG sa konalo v septembri 2008.

Na základe všeobecného harmonogramu preskúmania dokumentov BREF (december 2005) revízia dokumentu BREF o cemente a vápne neznamenała úplné prepracovanie prvého dokumentu prijatého v decembri 2001, ale aktualizáciu existujúceho dokumentu a zahrnutie dodatočných informácií, ktoré boli preskúmané (napríklad pokiaľ ide o techniky), keďže mohli mať vplyv na závery o BAT. Výmena informácií a zber údajov vychádzali zo želaní TWG a zo záverov dohodnutých na druhom zasadnutí TWG (január 2007).

Dokument CLM BREF bol prijatý a uverejnený v roku 2010 v rámci smernice IPPC (2008/1/ES). Vo februári 2012 sa Európska komisia rozhodla pristúpiť k transformácii dokumentu CLM BREF na dokument, v rámci ktorého sa závery o BAT môžu použiť na implementáciu IED. Návrh záverov o BAT bol vydaný na konzultáciu s TWG vo februári 2012. V máji 2012 sa uskutočnilo zasadnutie TWG s cieľom prediskutovať návrh záverov o BAT a overiť, či presne odrážajú technický obsah záverov, ktoré TWG schválila na záverečnom zasadnutí TWG v septembri 2008 v rámci smernice IPPC. Tento dokument obsahuje závery o BAT transformované na prijatie podľa smernice 2010/75/EÚ. Počas prispôbovania dokumentu CLM BREF ustanoveniam IED boli závery o BAT pre všetky tri odvetvia zhrnuté do novej kapitoly 4 a existujúce záverečné poznámky do novej kapitoly 5.

5.1 Odvetvie výroby cementu

Zdroje informácií a informačné nedostatky

Revidovaná kapitola o cemente vychádza z veľkého počtu dokumentov a z viac ako 50 zdrojov informácií z odvetvia aj členských štátov. Správy predložilo CEMBUREAU, priemyselné združenie zastupujúce väčšinu európskych výrobcov cementu a členské štáty Nemecko, Rakúsko, Švédsko, Francúzsko, Spojené kráľovstvo, Írsko, Holandsko, Taliansko, Maďarsko, Estónsko, Španielsko, Portugalsko, Fínsko a Česká republika. Okrem toho informácie poskytlo priemyselné združenie EURITS, ktoré zastupuje väčšinu odvetvia spaľovania nebezpečného odpadu v EÚ a dodávateľa z Nórska. Tieto dokumenty možno považovať za stavebné prvky revidovaných častí tejto kapitoly o cemente.

Ďalšie užitočné informácie sa získali návštevou závodov na výrobu cementu v Spojenom kráľovstve, Rakúsku, Nemecku, Belgicku, Španielsku, Fínsku a Maďarsku.

Napriek mnohým veľmi užitočným informáciám a mnohým pripomienkam týkajúcim sa viacerých rôznych otázok je potrebné poukázať na niektoré problémy s údajmi a ich dôsledky pre túto kapitolu o cemente:

- chýbajú informácie o frekvencii meraní, t. j. v prípade periodických meraní
- chýbajú informácie o problematike emisií ortuti a o prepojení medzi emisiami ortuti a technickými možnosťami, ktoré sú k dispozícii na zníženie ortuti
- do určitej miery, chýbajú konzistentné informácie o technikách monitorovania a systémoch merania emisií, napr. emisií ortuti,
- v súvislosti s používaním aktívneho uhlia boli poskytnuté informácie a údaje len o znížení emisií SO_x, namiesto toho, aby sa považovali za techniku zníženia viacerých znečisťujúcich látok pre niekoľko ďalších emisií do ovzdušia.
- Boli poskytnuté vstupné údaje týkajúce sa využívania odpadu, ktoré sa v EÚ 27 líšia, napr. pokiaľ ide o vlastnosti a parametre, pretože ide o špecifické údaje pre danú prevádzku. Údaje, ktoré boli v tejto súvislosti predložené, ukazujú mnoho špecifických detailov, ale vedú k záveru, že je ťažké urobiť všeobecné kvantitatívne vyhlásenia týkajúce sa tejto problematiky a príslušný záver o BAT je založený na kvalitatívnom prístupe.
- Ako nová technika je opísaná technika výroby cementu vo fluidnom lôžku (pozri oddiel 1.5.1); TWG však neposkytla žiadne informácie o tom, ako by sa táto technika mala/mohla ďalej rozvíjať.

Počas záverečného zasadnutia CLM TWG sa uskutočnila podrobná diskusia o zdroji a možných technikách redukcie emisie ortuti. Z diskusie vyplynulo nasledovné:

- úroveň emisií ortuti je ovplyvnená najmä zložením surovín. Pokiaľ ide o poskytnuté údaje o emisiách, ukázalo sa, že možno dosiahnuť úrovne nižšie ako 0,05 mg/Nm³; neboli však k dispozícii žiadne dôkazy o tom, odkiaľ tieto nižšie úrovne pochádzajú. CEMBUREAU súhlasilo s výskumom tejto problematiky s cieľom lepšie pochopiť tieto emisie ortuti a to, ako táto problematika súvisí so všetkými prevádzkami. CEMBUREAU sa pokúsi pri ďalšej revízii tohto dokumentu CLM BREF predložiť úplný súbor údajov týkajúcich sa tejto problematiky.
- Kontinuálne monitorovanie emisií ortuti sa vykonáva v Nemecku a Rakúsku na základe právne záväzných požiadaviek na kontinuálne monitorovanie ortuti (v Nemecku od roku 2000). V roku 2008 bolo v nemeckom odvetví výroby cementu v prevádzke 34 ortuťových CEM (kontinuálnych monitorov emisií). Monitorovacie zariadenia boli predmetom výskumu a vo všeobecnosti sa až do roku 2008 zlepšovala výkonnosť CEM, aby fungovali správne a poskytovali spoľahlivé výsledky. Vo všeobecnosti sa zistilo, že v niektorých prípadoch bolo potrebné vykonať dodatočnú údržbu. V niektorých iných prípadoch bolo potrebné v súlade s príslušným orgánom upraviť komerčne dostupné zariadenia tak, aby boli vhodné

na individuálne použitie. Existujú len zriedkavé prípady (10 %), keď sa CEM nedajú správne použiť. Konečné závery o dlhodobej stabilite týchto zariadení zatiaľ nie sú k dispozícii. Intervaly pravidelnej údržby CEM sa musia upraviť na základe budúcich skúseností. V októbri 2007 sa nemecký úrad UBA opýtal dodávateľov a poskytovateľov týchto zariadení na meranie ortuti na ich skúsenosti. Ako výsledok sú v súčasnosti k dispozícii usmernenia na zabezpečenie kvality, ktoré stanovujú aj požiadavky na postup údržby väčšiny CEM. Okrem toho je správna kalibrácia CEM podľa štandardu EN 14181 výzvou. V prípade ortuťových CEM si tento kalibračný postup vyžaduje väčšie úsilie ako v prípade CEM pre iné emisie, napr. prach alebo NO_x. Pravidelné postupy zabezpečenia kvality by mali vykonávať len skúsení pracovníci. Mal by sa dodržiavať proces priebežného vývoja. Výsledok by sa mal zohľadniť pri ďalšom preskúvaní tohto dokumentu CLM BREF a mali by sa zhromaždiť informácie a údaje týkajúce sa tejto problematiky, aby sa mohli vypracovať všeobecné kvantitatívne vyhlásenia o kontinuálnom meraní emisií ortuti.

Mal by sa sledovať prebiehajúci výskumný proces a mali by sa uskutočniť prieskumy, pokiaľ ide o zlepšenia a ďalší vývoj. Výsledok by sa mal zohľadniť pri ďalšom preskúvaní tohto dokumentu CLM BREF a mali by sa zhromaždiť informácie a údaje týkajúce sa tejto problematiky, aby sa mohli vypracovať všeobecné kvantitatívne vyhlásenia o kontinuálnom meraní emisií ortuti.

Stupeň konsenzu dosiahnutý počas výmeny informácií

Závery práce týkajúce sa kapitoly o cemente boli schválené na záverečnom zasadnutí TWG v septembri 2008 a na zasadnutí TWG v máji 2012. V súvislosti so závermi o BAT (najlepších dostupných technikách) pre odvetvie výroby cementu sa dosiahla vysoká úroveň konsenzu a neboli zaznamenané žiadne rozdielne názory.

Odporúčania pre budúcu prácu

Výmena informácií a jej výsledok pre odvetvie výroby cementu, t. j. kapitola o cemente v tomto dokumente, predstavuje dôležitý krok vpred pri dosahovaní integrovanej prevencie a kontroly znečistenia pri výrobe cementu. Ďalšia práca na týchto otázkach by mohla byť pokračovaním procesu:

- zhromažďovať údaje s prihliadnutím na usmernenia stanovené vo vykonávacom rozhodnutí Komisie 2012/119/EÚ o zhromažďovaní údajov a o vypracovaní referenčných dokumentov o BAT, aby bolo možné posúdiť výkonnosť určitých techník na úrovni prevádzky, najmä potenciálnych BAT,
- zhromažďovať informácie o vzťahu medzi typom procesu, použitým odpadom (typ, množstvo) a emisiami,
- zhromažďovať údaje o nákladoch (napr. investičných, prevádzkových) týkajúce sa všetkých techník, ktoré sa majú zohľadniť pri určovaní BAT,
- zhromažďovať údaje o nákladoch spolu s údajmi o účinnosti redukcie emisií,
- zhromažďovať informácie a údaje o možnostiach minimalizácie spotreby energie alebo zvýšenia energetickej účinnosti,
- zhromažďovať údaje o spotrebe energie spolu s údajmi o najlepšej výkonnosti v súvislosti s použitými typmi pecí,
- zhromažďovať informácie a údaje týkajúce sa znižovania emisií NO_x, najmä pokiaľ ide o techniku SCR a SNCR,
- zhromažďovať informácie o emisiách NH₃,
- zhromaždiť viac informácií o aktívnom uhlí, ktoré sa považuje za opatrenie/techniku na redukcii viacerých znečisťujúcich látok, napr. pre redukcii emisií SO_x,
- zhromažďovať informácie týkajúce sa monitorovania emisií a frekvencie monitorovania, napr. pri pravidelných meraniach, aby orgány mohli kontrolovať povinnosti/podmienky povolenia,
- preskúmať revíziu dokumentu o všeobecných princípoch monitorovania,

- zhromažďovať informácie a údaje týkajúce sa emisií TOC,
- zhromažďovať údaje a skúmať techniky, ktoré by sa mohli použiť na redukciu obsahu kovov (ortuť),
- zhromažďovať informácie a údaje o všetkých vstupoch do procesu, najmä o ortuti,
- zhromažďovať informácie a údaje týkajúce sa vstupných kritérií pre odpad,
- zhromažďovať informácie o technikách kontinuálneho monitorovania emisií ortuti používaných v odvetví výroby cementu,
- zhromažďovať informácie o technológii výroby cementu vo fluidnej vrstve,
- zhromažďovať informácie o technike znižovania emisií v polosuchých práčkach v odvetví výroby cementu,
- zahŕňajú štandardné metódy (napr. normy EN, normy ISO), ktoré sa používajú na monitorovanie konkrétnych znečisťujúcich látok v priemysle cementu.

Navrhované témy pre budúci výskum a vývoj

V súvislosti s používaním SCR na zníženie NO_x v odvetví výroby je ešte potrebné vykonať ďalšie práce týkajúce sa vývoja vhodných katalyzátorov a ďalšieho vývoja procesu (pozri BAT 19 d v oddiele 4.2.6.1).

Najmä v súvislosti s technikami opísanými v časti Nové techniky (oddiel 1.5) bude v budúcnosti ešte potrebné a užitočné vykonať určité výskumné a vývojové práce, aby sa tieto techniky mohli v budúcnosti zohľadniť pri určovaní BAT pre odvetvie výroby cementu.

Komisia prostredníctvom svojich programov výskumu a technologického rozvoja spúšťa a podporuje sériu projektov zameraných na čisté technológie, nové technológie spracovania odpadových vôd a recyklácie odpadových vôd a stratégie manažmentu. Tieto projekty by potenciálne mohli byť užitočným príspevkom k budúcim preskúmaniam dokumentu BREF. Čitatelia sa preto vyzývajú, aby poskytli Európskej kancelárii IPPC všetky informácie o výsledkoch výskumu, ktoré sa týkajú rozsahu pôsobnosti tohto dokumentu (pozri tiež piaty oddiel predhovoru tohto dokumentu).

Zdroje informácií a informačné nedostatky

Revidovaná kapitola o vápne je založená na 35 dokumentoch, ktoré poskytujú informácie od odvetvia aj členských štátov. Správy predložila EuLA, priemyselné združenie zastupujúce väčšinu európskych výrobcov vápna a členské štáty Nemecko, Rakúsko, Francúzsko, Fínsko, Portugalsko, Taliansko, Španielsko, Maďarsko a Česká republika. Tieto správy možno považovať za stavebné prvky tejto revidovanej kapitoly o vápne v tomto dokumente.

Ďalšie užitočné informácie sa získali návštevou vápeniek v Rakúsku, Nemecku a Fínsku.

Napriek mnohým veľmi užitočným informáciám a mnohým pripomienkam k viacerým rôznym otázkam je potrebné poukázať na niektoré problémy s údajmi a na niektoré z nich vyplývajúce dôsledky pre túto kapitolu o vápne:

- chýbajú informácie o spotrebe energie spolu s údajmi o najlepšej výkonnosti v súvislosti s typmi pecí a rôznymi druhmi výrobkov; spotreba energie však bola zohľadnená v záveroch o BAT,
- chýbajú informácie o monitorovaní emisií a frekvenciách monitorovania, napr. o pravidelných meraniach,
- na zníženie emisií NO_x sa používajú primárne techniky. Okrem toho sa v roku 2008 SNCR uplatňovala len na pece Lepol (jedno zariadenie so štyrmi pecami). Táto SNCR bola v testovacej fáze a v prevádzke celkovo 2 roky. V prípade používania SNCR v odvetví výroby vápna chýbajú informácie a údaje z dlhodobých skúseností, napr. účinnosti zníženia spolu s údajmi o najlepšom výkone emisií NO_x, úniku NH₃. V roku 2008 neboli k dispozícii žiadne informácie o tom, či okrem pecí Lepol

by mala byť SNCR na znižovanie emisií Nox_x uplatniteľná aj na iné typy rotačných pecí používaných na výrobu vápna.

- Pokiaľ ide o emisie CO, chýbajú informácie o typoch iných pecí (OSK), ktorých emisie v súčasnosti prekračujú BAT-AEL. V prípade niektorých z týchto typov pecí pre šachtu by ich osobitné technické vlastnosti mohli brániť dosiahnutiu dohodnutého BAT-AEL pre CO. Takéto technické vlastnosti by mohli príslušné orgány zohľadniť pri stanovovaní podmienok povolenia.
- Chýbajú informácie o frekvencii a trvaní núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO pri použití ESP, takže príslušné závery o BAT sú založené na kvalitatívnom prístupe.
- Do určitej miery chýbajú informácie o problematike emisií kovov a o súvislosti medzi emisiami kovov (ortuť) a cennými technickými možnosťami, ktoré sú k dispozícii a ktoré by sa mohli použiť na ich zníženie.
- Pokiaľ ide o pece s miešaným zavázaním (MFSK), chýbajú informácie o emisiách TOC a ich znižovaní. Okrem toho boli zaznamenané vysoké emisie CO okolo $2\,500\text{ mg/Nm}^3$ z MFSK, ktoré sú ovplyvnené a podmienené viacerými faktormi (napr. Boudouardovou reakciou, pozri obrázok 2.40). Prevencia môže byť ťažká a do istej miery nemožná. Ako nová technika by sa mohlo použiť dodatočné spaľovanie spalín, avšak táto technika sa musí ďalej rozvíjať a skúmať.
- Ako nová technika je opísaná kalcinácia vo fluidnom lôžku na výrobu vápna (pozri oddiel 2.5.1); TWG však neposkytla žiadne informácie o tom, ako by sa táto technika mohla ďalej rozvíjať.

Úroveň konsenzu na záverečnom zasadnutí TWG

Závery práce týkajúce sa kapitoly o vápne boli schválené na záverečnom zasadnutí TWG v septembri 2008 a na zasadnutí TWG v máji 2012. V súvislosti so závermi o BAT (najlepších dostupných technikách) pre odvetvie výroby vápna sa dosiahla vysoká úroveň konsenzu a neboli zaznamenané žiadne rozdielne názory.

Odporúčania pre budúcu prácu

Výmena informácií a jej výsledok pre odvetvie výroby vápna, t. j. kapitola o vápne v tomto dokumente, predstavujú dôležitý krok vpred pri dosahovaní integrovanej prevencie a kontroly znečistenia pri výrobe vápna. Ďalšia práca na týchto otázkach by mohla byť pokračovaním procesu:

- zhromažďovať údaje s prihliadnutím na usmernenia stanovené vo vykonávacom rozhodnutí Komisie 2012/119/EÚ o zhromažďovaní údajov a o vypracovaní referenčných dokumentov o BAT, aby bolo možné posúdiť výkonnosť určitých techník na úrovni prevádzky, najmä potenciálnych BAT,
- zhromažďovať informácie o vzťahu medzi typom procesu, použitým odpadom (typ, množstvo) a emisiami,
- zhromažďovať údaje o nákladoch (napr. investičných, prevádzkových) týkajúce sa všetkých techník, ktoré sa majú zohľadniť pri určovaní BAT,
- zhromažďovať údaje o nákladoch spolu s údajmi o účinnosti redukcie emisií,
- zhromažďovať informácie a údaje o možnostiach minimalizácie spotreby energie alebo zvýšenia energetickej účinnosti,
- zhromažďovať informácie o spotrebe energie spolu s údajmi o najlepšej výkonnosti v súvislosti s typmi používaných pecí a rôznymi typmi vyrábaných výrobkov,
- zhromažďovať informácie týkajúce sa monitorovania emisií a frekvencie monitorovania, napr. skúmať pravidelné monitorovanie emisií, aby orgány mohli kontrolovať povinnosti/podmienky povolenia,
- preskúmať revíziu dokumentu o všeobecných princípoch monitorovania,
- zhromažďovať informácie a údaje týkajúce sa využívania odpadu (napr. zloženie, vstupné kritériá),

- zhromažďovať informácie a údaje týkajúce sa používania SNCR v odvetví výroby vápna na zníženie emisií NO_x , napr. účinnosť zníženia, únik NH_3 ,
- zhromažďovať viac a podrobnejších údajov o emisiách kovu a o technikách výskumu, ktoré by sa mohli použiť na redukciiu emisií kovu (najmä ortuti),
- skúmať a zhromažďovať údaje týkajúce sa frekvencie a trvania núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO pri použití ESP,
- v prípade PFRK je potrebné vykonať ďalšie skúmanie s cieľom nájsť riešenie na riešenie problému emisií TOC,
- pre MFSK je potrebné zhromaždiť ďalšie informácie týkajúce sa emisií CO a TOC (najmä v súvislosti s vývojom následného spaľovania, ako je opísané v oddiele 2.5.4),
- zhromažďovať informácie o technike výroby vápna vo fluidnom lôžku,
- zahrnúť štandardné metódy (napr. normy EN, normy ISO), ktoré sa používajú na monitorovanie konkrétnych znečisťujúcich látok v odvetví výroby vápna,
- zhromažďovať informácie o výrobe spekaného vápna a dolomitického vápna s použitím biomasy ako paliva (úroveň emisií a spotreby).

Navrhované témy pre budúci výskum a vývoj

Najmä v súvislosti s technikami opísanými v oddiele Nové techniky (oddiel 2.5) bude v budúcnosti ešte potrebné a užitočné vykonať určité výskumné a vývojové práce, aby sa tieto techniky mohli v budúcnosti zohľadniť pri určovaní BAT pre odvetvie výroby cementu.

Komisia prostredníctvom svojich programov výskumu a technologického rozvoja spúšťa a podporuje sériu projektov zameraných na čisté technológie, nové technológie spracovania odpadových vôd a recyklácie odpadových vôd a stratégie manažmentu. Tieto projekty by potenciálne mohli byť užitočným príspevkom k budúcim preskúmaniam dokumentu BREF. Čitatelia sa preto vyzývajú, aby poskytli Európskej kancelárii IPPC všetky informácie o výsledkoch výskumu, ktoré sa týkajú rozsahu pôsobnosti tohto dokumentu (pozri tiež piaty oddiel predhovoru tohto dokumentu).

5.2 Odvetvie výroby oxidu horečnatého

Zdroje informácií a informačné nedostatky

Kapitola o MgO bola vypracovaná od začiatku a vychádza zo šiestich dokumentov a piatich zdrojov informácií z odvetvia a jedného členského štátu. Správy predložilo priemyselné združenie EUROMINES, ktoré zastupuje európskych výrobcov MgO, a členský štát Rakúsko. Tieto dokumenty možno považovať za stavebné kamene kapitoly o MgO v tomto dokumente.

Ďalšie užitočné informácie sa získali návštevou jedného výrobného závodu MgO v Rakúsku.

Je potrebné poznamenať, že v roku 2008 bolo v EÚ 27 na základe dostupných informácií známych len deväť výrobcov oxidu horečnatého, ktorí využívali 14 prevádzok, takže počet prevádzok vyrábajúcich spekaný oxid horečnatý je primerane nízky.

Napriek mnohým veľmi užitočným informáciám a mnohým pripomienkam k viacerým otázkam je potrebné poukázať na niektoré problémy s informáciami a údajmi a na niektoré príslušné dôsledky pre túto kapitolu o MgO:

- chýbajú informácie o spotrebe energie pre rôzne typy pecí spolu s konkrétnymi výrobkami a údajmi o najlepšej výkonnosti. Pokiaľ ide o závery o BAT týkajúce sa spotreby energie (BAT 56, oddiel 4.4.2), rozsah odráža len informácie poskytnuté pre tento dokument BREF. Podrobnejšie informácie o najlepších technikách spoločne s vyrobenými výrobkami neboli k dispozícii.
- Chýbajú informácie o monitorovaní a frekvencii monitorovania, napr. pri pravidelných meraniach.
- V roku 2008 sa na znižovanie emisií NO_x používali len primárne techniky. Sekundárne techniky, napr. SCR, SNCR, nie sú zatiaľ v odvetví výroby MgO z rôznych technických dôvodov uplatniteľné; túto otázku je však potrebné preskúmať.
- Chýbajú informácie o emisiách SO_x pochádzajúcich zo surovín na jednej strane a z palív na strane druhej, spolu s informáciami o technikách na zníženie emisií.
- Chýbajú informácie o frekvencii a trvaní núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO pri použití ESP, takže príslušné závery o BAT sú založené na kvalitatívnom prístupe.
- Nie sú k dispozícii žiadne informácie o nových technikách.

Úroveň konsenzu na záverečnom zasadnutí TWG

Závery práce týkajúce sa kapitoly o MgO boli schválené na záverečnom zasadnutí TWG v septembri 2008 a na zasadnutí TWG v máji 2012.

Ďalším bodom diskusie bolo výslovne uviesť v oddiele o záveroch a odporúčaní ťažkosti pri spracovaní informácií, ktoré boli doručené veľmi neskoro počas záverečného zasadnutia TWG a po záverečnom zasadnutí. To sa týka najmä informácií a údajov o používaní ropného koksu bohatého na síru (petrolkoks), príslušných počiatkových emisií SO_x a dostupnosti a uplatniteľnosti techník zníženia SO_x. TWG na to poukázala a dospela k záveru, že vo všeobecnosti je najlepšou dostupnou technikou (BAT) na zníženie množstva plyných zlúčenín použitie všeobecných primárnych techník jednotlivito alebo v kombinácii (pozri oddiel 4.4.4.1, BAT 61). Okrem toho TWG dospela k záveru, že na zníženie emisií SO_x je najlepšou dostupnou technikou použitie kombinácie primárnych a sekundárnych techník (pozri oddiel 4.4.4.4, BAT 65).

Na záverečnom stretnutí sa uskutočnila aj podrobná diskusia o BAT-AEL pre emisie SO_x, najmä v prípade obsahu síry >0,25 % v surovinách (pozri BAT 65 v oddiele 4.4.4.4). Niekoľko členov TWG zastupujúcich odvetvie výroby oxidu horečnatého zastávalo názor, že tento BAT-AEL nie je možné dosiahnuť z dôvodu veľmi vysokých počiatkových hodnôt SO_x.

najmä ako dôsledok používania palív s vysokým obsahom síry. V podrobných presvedčivých technických argumentoch sa však uvádza, že kombináciou primárnych a sekundárnych techník (pozri BAT 61 a BAT 65) možno dosiahnuť emisie SO_x na úrovni 400 mg/Nm^3 (ako priemerná denná hodnota), najmä pri použití mokrej práčky. Členovia TWG nemohli poskytnúť žiadne odôvodnenie na podporu BAT-AEL pre SO_x vyššej ako 400 mg/Nm^3 . TWG sa však zhodla na tom, že vo výnimočných prípadoch by vzhľadom na zloženie surovín mohli byť úrovne emisií SO_2 vyššie ako 400 mg/Nm^3 . Členovia TWG zastupujúci odvetvie výroby oxidu horečnatého odkazovali na veľmi vysoké počiatočné úrovne SO_x pred znížením emisií pri použití petroľkoku bohatého na síru ako jediného paliva.

Bolo zdôraznené, že na trhu je k dispozícii niekoľko druhov petroľkoku. Informácie týkajúce sa výberu paliva spolu s porovnaním palív vzhľadom na špecifické náklady a obsah síry sú k dispozícii v dokumente BREF (pozri oddiel 3.4.5, obrázok 3.13). Informácie o rôznych druhoch petroľkoku obsahujúcich rôzne množstvá síry však neboli poskytnuté. Okrem toho by sa prechodom na iné palivo ako petroľkoks alebo dokonca na druh petroľkoku s nižším obsahom síry, ak je to možné, mohla znížiť počiatočná úroveň SO_x (pozri oddiel 4.4.4.1, BAT 61). Okrem toho sa musí použiť kombinácia primárnych a sekundárnych techník, ako sa uvádza v BAT 65 (pozri oddiel 4.4.4.4). Okrem toho by sa pri posudzovaní najlepšej kombinácie BAT na zníženie SO_x emisií mali zohľadniť vzájomné účinky jednotlivých médií. Článok 15 ods. 4 smernice o priemyselných emisiách (2010/75/EÚ) možno použiť v súvislosti s miestnymi úvahami, ktoré by mohli odôvodniť podmienky povolenia.

Na záverečnom zasadnutí TWG v septembri 2008 sa dosiahla všeobecná úroveň konsenzu o BAT (najlepších dostupných technikách) pre odvetvie výroby MgO a neboli zaznamenané žiadne rozdielne názory.

Po záverečnom zasadnutí CLM TWG však spoločnosť Euromines a odvetvie výroby MgO vyjadrili svoje obavy týkajúce sa BAT-AEL pre emisie SO_x , uplatniteľnosti dostupných techník znižovania emisií a súvisiaceho dosahu na viaceré zložky životného prostredia (celková ochrana životného prostredia). Táto otázka bola podrobne prediskutovaná na zasadnutí CLM TWG v máji 2012. Dosiahol sa konečný záver týkajúci sa BAT pre emisie SO_x v odvetví výroby MgO , s vysokou úrovňou konsenzu.

Odporúčania pre budúcu prácu

Výmena informácií a jej výsledok pre priemysel oxidu horečnatého, t. j. kapitola o oxide horečnatom v tomto dokumente, predstavujú dôležitý krok vpred pri dosahovaní integrovanej prevencie a kontroly znečistenia pri výrobe oxidu horečnatého. Ďalšia práca na týchto otázkach by mohla byť pokračovaním procesu:

- zhromažďovať údaje s prihliadnutím na usmernenia stanovené vo vykonávacom rozhodnutí Komisie 2012/119/EÚ o zhromažďovaní údajov a o vypracovaní referenčných dokumentov o BAT, aby bolo možné posúdiť výkonnosť určitých techník na úrovni prevádzky, najmä potenciálnych BAT,
- zhromažďovať údaje o nákladoch (napr. investičných, prevádzkových) týkajúce sa všetkých techník, ktoré sa majú zohľadniť pri určovaní BAT,
- zhromažďovať údaje o nákladoch spolu s údajmi o účinnosti redukcie emisií,
- zhromažďovať informácie a údaje o možnostiach minimalizácie spotreby energie alebo zvýšenia energetickej účinnosti,
- zhromažďovať informácie týkajúce sa monitorovania a frekvencie monitorovania a ďalej ich skúmať, napr. pri pravidelných meraniach, aby orgány mohli kontrolovať povinnosti/podmienky povolenia,
- preskúmať revíziu dokumentu o všeobecných princípoch monitorovania,
- zhromažďovať informácie o spotrebe energie pre rôzne typy pecí spolu s konkrétnymi výrobkami,
- vykonávať výskum a ďalší vývoj primárnych techník zníženia emisií NO_x .

- vykonávať výskum a vývoj s cieľom uplatniť SNCR alebo SCR na zníženie emisií NO_x v odvetví oxidu horečnatého a zhromažďovať informácie a údaje týkajúce sa tejto problematiky,
- zhromažďovať informácie o obsahu síry v surovinách a palivách spolu s ekonomickými údajmi,
- ďalej skúmať a zhromažďovať ďalšie informácie týkajúce sa uplatniteľnosti techník znižovania emisií SO_x (primárne a sekundárne techniky), ich potenciálneho dosahu na viaceré zložky životného prostredia, dostupnosti palív s nízkym obsahom síry, uplatniteľnosti prechodu na palivo s nízkym obsahom síry a zhromažďovať informácie o emisiách SO_x vyplývajúcich zo surovín a/alebo palív,
- skúmať a zhromažďovať údaje týkajúce sa frekvencie a trvania núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO pri použití ESP,
- preskúmať, či sú k dispozícii nové techniky,
- zahrnúť štandardné metódy (napr. normy EN, normy ISO), ktoré sa používajú na monitorovanie špecifických znečisťujúcich látok v odvetví výroby oxidu horečnatého.

Navrhované témy pre budúci výskum a vývoj

Pre odvetvie výroby oxidu horečnatého by mohli byť užitočné niektoré výskumné a vývojové práce s cieľom preskúmať nové techniky, ktoré v súčasnosti pre toto odvetvie neexistujú.

Komisia prostredníctvom svojich programov výskumu a technologického rozvoja spúšťa a podporuje sériu projektov zameraných na čisté technológie, nové technológie spracovania odpadových vôd a recyklácie odpadových vôd a stratégie manažmentu. Tieto projekty by potenciálne mohli byť užitočným príspevkom k budúcim preskúmaniam dokumentu BREF. Čitatelia sa preto vyzývajú, aby poskytli Európskej kancelárii IPPC všetky informácie o výsledkoch výskumu, ktoré sa týkajú rozsahu pôsobnosti tohto dokumentu (pozri tiež piaty oddiel predhovoru tohto dokumentu).

5.3 Konzultácie s fórom a následný postup formálneho prijatia záverov o BAT

Fórum na výmenu informácií podľa článku 13 smernice 2010/75/EÚ o priemyselných emisiách (IED) (všeobecne nazývané fórum podľa článku 13 IED) bolo konzultované o navrhovanom obsahu tohto referenčného dokumentu o BAT 25. júna 2012 a poskytlo svoje stanovisko na svojom zasadnutí 13. septembra 2012.

V stanovisku fóra IED podľa článku 13 sa rozlišuje medzi dvoma rôznymi súbormi pripomienok. Po prvé, v stanovisku sa uvádzajú tie pripomienky, v prípade ktorých fórum vyjadrilo súhlas s ich zahrnutím do konečného odkazu o BAT. Po druhé, v stanovisku sú uvedené pripomienky, ktoré predstavujú názory niektorých členov fóra, ale v súvislosti s ktorými nedošlo k dohode o ich zahrnutí do konečného referenčného dokumentu o BAT.

Celé stanovisko fóra je k dispozícii tu:

http://circa.europa.eu/Public/irc/env/ied/library?l=/ied_art_13_forum/opinions_article/production_13092012&vm=detailed&sb=Title

Komisia následne zohľadnila stanovisko fóra podľa článku 13 IED pri príprave návrhu vykonávacieho rozhodnutia Komisie, ktorým sa stanovujú závery o BAT pre výrobu cementu, vápna a oxidu horečnatého.

Výbor podľa článku 75 smernice o priemyselných emisiách (IED) vydal na svojom zasadnutí 20. novembra 2012 kladné stanovisko k návrhu vykonávacieho rozhodnutia.

Počas tohto procesu neboli v dokumente vykonané žiadne podstatné zmeny.

6 PRÍLOHY

6.1 Environmentálne právne predpisy ES týkajúce sa výroby cementu a vápna v EÚ 27

- Európsky katalóg odpadov (EWC), ktorý bol vypracovaný podľa článku 1 písm. a) smernice Rady 75/442/EHS o odpadoch:
 - rozhodnutie Komisie 2000/532/ES z 3. mája 2000, ktorým sa nahrádza rozhodnutie 94/3/ES, ktorým sa ustanovuje zoznam odpadov podľa článku 1 písm. a) smernice Rady 75/442/EHS o odpadoch, a rozhodnutie Rady 94/904/ES, ktorým sa ustanovuje zoznam nebezpečných odpadov podľa článku 1 ods. 4 smernice Rady 91/689/EHS o nebezpečných odpadoch [oznámené pod číslom C(2000) 1147] (Text s významom pre EHP),
- smernica Rady 2004/8/ES o podpore kogenerácie založenej na dopyte po využiteľnom teple na integrovanom trhu s energiou, ktorou sa mení a dopĺňa smernica 92/42/EHS (11. februára 2004).

6.2 Príloha o výrobe cementu

6.2.1 Skupiny odpadových palív CEMBUREAU v porovnaní so skupinami EWC

Tabuľka 6.1: Skupiny odpadových palív CEMBUREAU v porovnaní so skupinami EWC

Skupina 1: Drevo, papier, lepenka		
Kategória odpadu	Opis odpadu	Nebezpečný
Kategória 02	Odpady z poľnohospodárstva, záhradníctva, akvakultúry, lesníctva, poľovníctva a rybolovu, prípravy a spracovania potravín	
02 01 07	Odpad z lesného hospodárstva	
Kategória 03	Odpad zo spracovania dreva a výroby dosiek a nábytku, celulózy, papiera a lepenky	
03 01 04	Piliny, hobliny, odrezky, drevo, drevotrie dosky a dyhy obsahujúce nebezpečné látky	*
03 01 05	Piliny, hobliny, odrezky, drevo, drevotrieskové dosky a dyhy, iné ako tie, ktoré sú uvedené v 03 01 04	
03 03 07	Mechanicky separovaný odpad z rozvlákňovania odpadového papiera a lepenky	
Kategória 15	Odpady z obalov; absorbenty, utierky, filtračné materiály a ochranné odevy, inak nešpecifikované	
15 01 01	Obaly z papiera a lepenky	
15 01 03	Drevené obaly	
Kategória 17	Stavebný a demolačný odpad (vrátane výkopovej zeminy z kontaminovaných lokalít)	
17 02 01	Drevo	
Kategória 20	Komunálny odpad (odpad z domácností a podobný obchodný, priemyselný a inštitucionálny odpad) vrátane oddelene zbieraných frakcií	
20 01 01	Papier a lepenka	
20 01 37	Drevo obsahujúce nebezpečné látky	*
Skupina 2: Textil		
Kategória odpadu	Opis odpadu	Nebezpečný
Kategória 04	Odpad z kožiarskeho, kožušinového a textilného priemyslu	
04 02	Odpad z textilného priemyslu	
Kategória 15	Odpady z obalov; absorbenty, utierky, filtračné materiály a ochranné odevy, inak nešpecifikované	
15 01 09	Textilné obaly	
Kategória 19	Odpad zo zariadení na nakladanie s odpadmi, z prevádzok na úpravu odpadových vôd mimo lokality a prípravy vody určenej na ľudskú spotrebu a vody na priemyselné použitie	
19 12 08	Textil	
Kategória 20	Komunálny odpad (odpad z domácností a podobný obchodný, priemyselný a inštitucionálny odpad) vrátane oddelene zbieraných frakcií	
20 01 10	Oblečenie	
Skupina 3: Plasty		
Kategória odpadu	Opis odpadu	Nebezpečný
Kategória 02	Odpady z poľnohospodárstva, záhradníctva, akvakultúry, lesníctva, poľovníctva a rybolovu, prípravy a procesu potravín	
02 01 04	Odpad z plastov (okrem obalov)	
Kategória 12	Odpady z tvarovania a fyzikálnej a mechanickej úpravy kovu a plastov	
12 01 05	Hobliny a triesky z plastov	
Kategória 15	Odpady z obalov; absorbenty, utierky, filtračné materiály a ochranné odevy, inak nešpecifikované	

15 01 02	Plastové obaly	
Katégoria 20	Komunálny odpad (odpad z domácností a podobný obchodný, priemyselný a inštitucionálny odpad) vrátane oddelene zbieraných frakcií	
Skupina 4: RDF		
Katégoria odpadu	Opis odpadu	Nebezpečný
Katégoria 15	Odpady z obalov; absorbenty, utierky, filtračné materiály a ochranné odevy, inak nešpecifikované	
15 01 06	Zmiešané obaly	
Katégoria 19	Odpad zo zariadení na nakladanie s odpadmi, z prevádzok na úpravu odpadových vôd mimo lokality a prípravy vody určenej na ľudskú spotrebu a vody na priemyselné použitie	
19 02 10	Horľavé odpady, iné ako uvedené v 19 02 08 a 19 02 09	
19 12 10	Horľavý odpad (palivo z odpadkov)	
19.12.04	Plast a guma	
Katégoria 20	Komunálny odpad (odpad z domácností a podobný obchodný, priemyselný a inštitucionálny odpad) vrátane oddelene zbieraných frakcií	
20 03 01	Zmiešaný odpad	
Skupina 5: Guma/pneumatiky		
Katégoria odpadu	Opis odpadu	Nebezpečný
Katégoria 16	Odpad, ktorý nie je inak špecifikovaný v zozname	
16 01 03	Pneumatiky po skončení životnosti	
16 02 16	Komponenty odstránené z vyradeného zariadenia okrem tých, ktoré sú uvedené v 16 02 15,	
Skupina 6: Priemyselné kaly (filtračné koláče, odstredené, sušené atď.)		
Katégoria odpadu	Opis odpadu	Nebezpečný
Katégoria 03	Odpad zo spracovania dreva a výroby dosiek a nábytku, celulózy, papiera a lepenky	
03 03 02	Usadeniny a kaly zo zeleného výluhu (po úprave čierneho výluhu)	
Katégoria 04	Odpad z kožiarskeho, kožušinového a textilného priemyslu	
04 02 19	Kaly zo spracovania kvapalného odpadu v mieste jeho vzniku, ktoré obsahujú nebezpečné látky	*
04 02 20	Kaly zo spracovania kvapalného odpadu v mieste jeho vzniku, iné ako uvedené v 04 02 19	
Katégoria 05	Odpady z rafinácie ropy, čistenia zemného plynu a pyrolytickej úpravy uhlia	
05 01 09	Kaly zo spracovania kvapalného odpadu v mieste jeho vzniku, ktoré obsahujú nebezpečné látky	*
05 01 10	Kaly zo spracovania kvapalného odpadu v mieste jeho vzniku, iné ako uvedené v 05 01 09	
Katégoria 06	Odpady z anorganických chemických procesov	
06 05	Kaly zo spracovania kvapalného odpadu v mieste jeho vzniku	
Katégoria 07	Odpad z organických chemických procesov	
07 01 11	Kaly zo spracovania kvapalného odpadu v mieste jeho vzniku, ktoré obsahujú nebezpečné látky	*
07 01 12	Kaly zo spracovania kvapalného odpadu v mieste jeho vzniku, iné ako uvedené v 07 01 11	
Katégoria 08	Odpad z výroby, miešania, dodávky a používania (MFSU) náterových látok (farby, laky a sklovité emaily), lepidlá, tmely a tlačiarenské farby	
Katégoria 10	Odpad z tepelných procesov	
Katégoria 11	Odpady z chemickej úpravy povrchu a úpravy povrchu kovu a iných materiálov; hydrometalurgia neželezných kovov	
Katégoria 12	Odpad z tvarovania a fyzikálnej a mechanickej úpravy povrchu kovov a plastov	
Katégoria 13	Ropné odpady a odpad z kvapalných palív (okrem jedlých olejov a tých, ktoré sú uvedené v kapitolách 05, 12 a 19)	
Katégoria 14	Odpadové organické rozpúšťadlá, chladivá a hnacie plyny (okrem 07 a 08)	

Skupina 7: Kaly z komunálnych odpadových vôd		
Kategória odpadu	Opis odpadu	Nebezpečný
Kategória 19	Odpad zo zariadení na nakladanie s odpadmi, z prevádzok na úpravu odpadových vôd mimo lokality a prípravy vody určenej na ľudskú spotrebu a vody na priemyselné použitie	
19 03 07	Tuhý odpad iný ako uvedený v 19 03 06	
19 02 05	Kaly z fyzikálno-chemickej úpravy obsahujúce nebezpečné látky	*
19 02 06	Kaly z fyzikálno-chemickej úpravy, iné ako uvedené v 19 02 05	
19 08 05	Kaly z úpravy komunálnych odpadových vôd	
Skupina 8: Živočíšna múčka, tuky		
Kategória odpadu	Opis odpadu	Nebezpečný
Kategória 02	Odpady z poľnohospodárstva, záhradníctva, akvakultúry, lesníctva, poľovníctva a rybolovu, prípravy a procesu potravín	
02 01 02	Odpad zo živočíšnych tkanív	
02 02 02	Odpad zo živočíšnych tkanív	
Skupina 9: Uhlie/uhlíkový odpad		
Kategória odpadu	Opis odpadu	Nebezpečný
Kategória 05	Odpad z rafinácie ropy, čistenia zemného plynu a pyrolytickej úpravy uhlia	
05 01 09	Kaly zo spracovania kvapalného odpadu v mieste jeho vzniku, ktoré obsahujú nebezpečné látky	*
05 01 10	Kaly zo spracovania kvapalného odpadu v mieste jeho vzniku, iné ako uvedené v 05 01 09	
05 01 17	Bitúmen	
05 06 01	Kyslé dechty	*
05 06 03	Ostatné dechty	*
Kategória 19	Odpad zo zariadení na nakladanie s odpadmi, z prevádzok na úpravu odpadových vôd mimo lokality a prípravy vody určenej na ľudskú spotrebu a vody na priemyselné použitie	
19 01 10	Použitie aktívne uhlie z úpravy plynu	
19 01 17	Pyrolýzne odpady obsahujúce nebezpečné látky	*
19 09 04	Použitie aktívne uhlie	
Skupina 10: Poľnohospodársky odpad		
Kategória odpadu	Opis odpadu	Nebezpečný
Kategória 02	Odpady z poľnohospodárstva, záhradníctva, akvakultúry, lesníctva, poľovníctva a rybolovu, prípravy a procesu potravín	
02 01 03	Odpad z rastlinných tkanív	
02 01 08	Agrochemický odpad obsahujúci nebezpečné látky	*
02 01 09	Agrochemický odpad iný ako uvedený v 02 01 08	
02 01 07	Odpad z lesného hospodárstva	
Kategória 03	Odpad zo spracovania dreva a výroby dosiek a nábytku, celulózy, papiera a lepenky	
03 01 01	Odpadová kôra a korok	
03 03 01	Odpadová kôra a drevo	
Skupina 11: Odpadové palivo (impregnované piliny)		
Kategória odpadu	Opis odpadu	Nebezpečný
Kategória 03	Odpad zo spracovania dreva a výroby dosiek a nábytku, buničiny, papiera a lepenky	
03 01 04	Piliny, hobliny, odrezky, drevo, drevotrieskové dosky a dyhy obsahujúce nebezpečné látky	*
Kategória 19	Odpad zo zariadení na nakladanie s odpadmi, z prevádzok na úpravu odpadových vôd mimo lokality a prípravy vody určenej na ľudskú spotrebu a vody na priemyselné použitie	
19 12 11	Ostatný odpad (vrátane zmesí materiálov) z mechanickej úpravy odpadu obsahujúceho nebezpečné látky	*

Skupina 12: Rozpúšťadlá a súvisiaci odpad		
Kategória odpadu	Opis odpadu	Nebezpečný
Kategória 02	Odpady z poľnohospodárstva, záhradníctva, akvakultúry, lesníctva, poľovníctva a rybolovu, prípravy a procesu potravín	
02 03 03	Odpad z extrakcie rozpúšťadlom	
Kategória 07	Odpad z organických chemických procesov	
07 01 04	Ostatné organické rozpúšťadlá, pracie kvapaliny a matečné lúhy	*
07 01 08	Ostatné destilačné zvyšky a reakčné splodiny	*
07 03 04	Ostatné organické rozpúšťadlá, pracie kvapaliny a matečné lúhy	*
07 03 07	Halogénované destilačné zvyšky a reakčné splodiny	*
07 03 08	Ostatné destilačné zvyšky a reakčné splodiny	*
07 04 03	Organické halogénované rozpúšťadlá, pracie kvapaliny a matečné lúhy	*
07 04 04	Ostatné organické rozpúšťadlá, pracie kvapaliny a matečné lúhy	*
07 04 07	Halogénované destilačné zvyšky a reakčné splodiny	*
07 04 08	Ostatné destilačné zvyšky a reakčné splodiny	*
07 05 03	Organické halogénované rozpúšťadlá, pracie kvapaliny a matečné lúhy	*
07 05 04	Ostatné organické rozpúšťadlá, pracie kvapaliny a matečné lúhy	*
07 05 07	Halogénované destilačné zvyšky a reakčné splodiny	*
07 05 08	Ostatné destilačné zvyšky a reakčné splodiny	*
07 06 03	Organické halogénované rozpúšťadlá, pracie kvapaliny a matečné lúhy	*
07 06 04	Ostatné organické rozpúšťadlá, pracie kvapaliny a matečné lúhy	*
07 06 07	Halogénované destilačné zvyšky a reakčné splodiny	*
07 06 08	Ostatné destilačné zvyšky a reakčné splodiny	*
07 07 03	Organické halogénované rozpúšťadlá, pracie kvapaliny a matečné lúhy	*
07 07 04	Ostatné organické rozpúšťadlá, pracie kvapaliny a matečné lúhy	*
07 07 07	Halogénované destilačné zvyšky a reakčné splodiny	*
07 07 08	Ostatné destilačné zvyšky a reakčné splodiny	*
Kategória 08	Odpad z výroby, miešania, dodávky a používania (MFSU) náterových látok (farby, laky a sklovité emaily), lepidlá, tmely a tlačiarenské farby	
08 01 11	Odpadové farby a laky obsahujúce organické rozpúšťadlá alebo iné nebezpečné látky	*
08 01 12	Odpadové farby a laky iné ako uvedené v 08 01 11	
08 01 21	Odstraňovač odpadových farieb alebo lakov	*
08 03 12	Odpadový atrament obsahujúci nebezpečné látky	*
08 03 13	Odpadové farby iné ako tie, ktoré sú uvedené v 08 03 12	
08 04 09	Odpadové lepidlá a tmely obsahujúce organické rozpúšťadlá alebo iné nebezpečné látky	*
08 05 01	Odpadové izokyanidy	*
Kategória 09	Odpad z fotografického priemyslu	
09 01 03	Vývojové riešenia na báze rozpúšťadiel	*
Kategória 14	Odpadové organické rozpúšťadlá, chladivá a hnacie plyny (okrem 07 a 08)	
14 06 02	Iné halogénované rozpúšťadlá a zmesi rozpúšťadiel	*
14 06 03	Iné rozpúšťadlá a zmesi rozpúšťadiel	*
Kategória 19	Odpad zo zariadení na nakladanie s odpadmi, z prevádzok na úpravu odpadových vôd mimo lokality a prípravy vody určenej na ľudskú spotrebu a vody na priemyselné použitie	
19 02 08	Kvapalný horľavý odpad obsahujúci nebezpečné látky	*
Kategória 20	Komunálny odpad (odpad z domácností a podobný obchodný, priemyselný a inštitucionálny odpad) vrátane oddelene zbieraných frakcií	
20 01 13	Rozpúšťadlá	*
20 01 27	Farby, atramenty, lepidlá a živice obsahujúce nebezpečné látky	*
20 01 28	Farby, atramenty, lepidlá a živice iné ako uvedené v 20 01 27	
Skupina 13: Olej a olejový odpad		
Kategória odpadu	Opis odpadu	Nebezpečný
Kategória 01	Odpady ako výsledok prieskumu, ťažby, dobývania a fyzikálnej a chemickej úpravy minerálov	
Kategória 04	Odpad z kožiarskeho, kožušinového a textilného priemyslu	

Kategória 05	Odpad z rafinácie ropy, čistenia zemného plynu a pyrolytickej úpravy uhlia	
Kategória 12	Odpady z tvarovania a fyzikálnej a mechanickej úpravy povrchu kovu a plastov	
Kategória 13	Ropné odpady (a odpad z kvapalných palív okrem jedlých olejov a olejov v kapitolách 05, 12 a 19)	
13 01 01	Hydraulické oleje obsahujúce PCB	*
13 01 04	Chlórované emulzie	*
13 01 05	Nechlórované emulzie	*
13 02 04	Chlórované minerálne motorové, prevodové a mazacie oleje	*
13 02 05	Nechlórované minerálne motorové, prevodové a mazacie oleje	*
13 02 08	Ostatné motorové, prevodové a mazacie oleje	*
13 03 01	Izolačné oleje alebo teplonosné oleje obsahujúce PCB	*
13 03 06	Chlórované minerálne izolačné a teplonosné oleje, iné ako tie, ktoré sú uvedené v 13 03 01	*
13 03 07	Nechlórované minerálne izolačné a teplonosné oleje	*
13 03 08	Syntetické izolačné a teplonosné oleje	*
13 04 01	Odpadové oleje z prevádzky lodí vnútrozemskej plavby	*
13 04 02	Odpadové oleje z prístavných kanálov	*
13 04 03	Odpadové oleje z prevádzky iných lodí	*
13 05 01	Tuhé látky z lapačov piesku a odlučovačov oleja z vody	*
13 08	Olejový odpad inak nešpecifikovaný	*
Kategória 16	Odpad, ktorý nie je inak špecifikovaný v zozname	
16 01 13	Brzdové kvapaliny	*
Skupina 14: Iné		
Zdroj: [192, CEMBUREAU 2012].		

6.2.2 Výroba cementu – špecifické údaje o prevádzke

6.2.2.1 Príklady druhov použitých odpadov, vplyv na emisie a rozsahy koncentrácií látok v odpadových materiáloch (vstupné kritériá)

Príklady druhov a množstiev odpadov používaných v nemeckých peciach sú uvedené v tabuľke 6.2. Tieto druhy odpadu často obsahujú nebezpečné zložky.

Tabuľka 6.2: Druhy a množstvá odpadu a odpadových palív použitých v nemeckých cementárenských peciach v roku 2004

Typ odpadového paliva	Množstvo použité v roku 2004 (kt/rok)
Pneumatiky/guma	290
Opadový olej	100
Spracované frakcie priemyselného/komerčného odpadu	863
Frakcie z procesu odpadu z domácností	157
Živočíšna múčka a tuk	439
Drevný šrot	42
Rozpúšťadlá	72
Podsól ⁽¹⁾	11
Kal z čističiek odpadových vôd	48
Iné	20
Celkom	2 042
(1) bieliaci íl Zdroj: [76, Nemecko 2006]	

Tieto rôzne druhy tuhých a kvapalných odpadových palív, ktoré sa používajú, často obsahujú aj nebezpečné zložky, ako je uvedené v tabuľke 6.3.

Tabuľka 6.3: Množstvo rôznych druhov odpadových palív používaných v nemeckom odvetví výroby cementu

Druhy paliva		Množstvo (kt/rok)	
		2003	2004
Kvapalné odpadové palivo			
Opadový olej	Zmesový odpad (nebezpečný)	116	100
použité rozpúšťadlá	Zmesový odpad, monoodpad, ktorý je zahrnutý, musí byť deklarovaný kódom odpadu (nebezpečný)	48	72
Opadové palivo			
Pneumatiky po skončení životnosti	Monoodpad	247	290
Drevo	Zmesový odpad, monoodpad, ktorý je zahrnutý, musí byť deklarovaný kódom odpadu (môže byť nebezpečný)	48	42
Živočíšna múčka	Monoodpad	452	439
Kal z čističiek odpadových vôd	Monoodpad	4	48
Bieliaca zemina	Monoodpad (nebezpečný)	20	11
Opad špecifický pre výrobu	Zmesový odpad, monoodpad, ktorý je zahrnutý, musí byť deklarovaný s kódom odpadu	626	862
Oddelené frakcie zmesového komunálneho odpadu	Kvalita paliva v závislosti od použitých krokov procesu	155	157
Zdroj: [76, Nemecko 2006]			

Už v roku 2006 dosiahli vzorové cementárne v Nemecku mieru náhrady odpadov viac ako 80 % a až 100 % spotreby energie sa môže využiť z odpadových palív. V systéme pece so suchým spôsobom, ktorý pozostáva z rotačnej pece so štvorstupňovým, dvojvetvovým predohrievačom a planetárnym chladičom, sa už mnoho rokov používajú odpadové palivá. Ako palivá sa používajú najmä pneumatiky, odpadový olej, drevo, spracované frakcie priemyselného odpadu, ako sú plasty, papier alebo textil a rozpúšťadlá. V tabuľke 6.4 sú ako príklad uvedené hodnoty prijaté na používanie priemyselného odpadu a rozpúšťadiel v tejto prevádzke.

Tabuľka 6.4: Príklady akceptovaných hodnôt rôznych parametrov na využitie priemyselného odpadu a rozpúšťadiel

Parameter	Jednotka	Prijaté hodnoty v priemyselnom odpade	Prijaté hodnoty v rozpúšťadlách
S	%	2	3 ⁽¹⁾
Cl	%	1	1
Cd	mg/kg	10	10 ⁽²⁾
Tl	mg/kg	1	0,5
Hg	mg/kg	0,5	1
Sb	mg/kg	75	5
As	mg/kg	10	20
Pb	mg/kg	100	700 ⁽³⁾
Cr	mg/kg	100	100
Co	mg/kg	20	300
Cu	mg/kg	300	5
Mn	mg/kg	100	1 000
Ni	mg/kg	100	10
V	mg/kg	25	0,5
Sn	mg/kg	75	1
(1) Ročný priemer 1 mg/kg (2) Ročný priemer 5 mg/kg (3) Ročný priemer 300 mg/kg Zdroj: [76, Nemecko 2006]			

Podmienky a výsledky ročného monitorovania emisií sú uvedené v tabuľke 6.5 a 6.6. Počas meraní tvorili odpadové palivá viac ako 80 % energie. Možno dosiahnuť prísne úrovne emisií.

Tabuľka 6.5: Údaje o prevádzke nemeckej cementárenskej pece využívajúcej odpadové palivá (priemer údajov za obdobie troch dní)

Parameter	Jedno tka	Počet a obdobie meraní		
		1	2	3
		08:00 - 18:00	08:00 - 18:00	08:00 - 18:00
Fosílné palivá				
Hlavný výpal (uhľový prach)	T/h	2,9	3,3	2,4
Odpadové palivá				
Pneumatiky	T/h	3,4	3,4	3,4
Rozpúšťadlá – riadok 1	T/h	3,0	3,0	3,0
Rozpúšťadlá – riadok 2	T/h	3,0	3,0	3,0
Plasty/drevo	T/h	6,3	6,3	6,3
Vstup do pece				
Surovinová múčka	T/h	200	200	200
Výhrevnosť				
Uhlie	Mj/kg	26,8	26,8	26,8
Pneumatiky	Mj/kg	26,0	26,0	26,0
Rozpúšťadlá – riadok 1 ⁽¹⁾	Mj/kg	27,7	27,7	27,7
Rozpúšťadlá – riadok 2 ⁽²⁾	Mj/kg	26,6	26,6	26,6
Plasty/drevo	Mj/kg	19,0	19,0	19,0
% spotreby energie				
Uhlie	%	17	19	15
Pneumatiky	%	20	19	20
Rozpúšťadlá – riadok 1 ⁽¹⁾	%	19	18	19
Rozpúšťadlá – riadok 2 ⁽²⁾	%	18	17	18
Plasty/drevo	%	27	28	27
Odpadové palivá spolu	%	83	81	85
Celkom	%	100	100	100
Výrobok				
Slinok	T/h	121	121	121
Kapacita	%	97	97	97
Zdroj: [76, Nemecko 2006]				

Tabuľka 6.6: Výsledky monitorovania emisií pri používaní odpadových palív v nemeckej cementárenskej peci

Komponent	Jednotka	Výsledky ⁽¹⁾	
		Priemerná hodnota pre mlyn	Mlyn mimo priemeru
Teplota	°C	106	151
Vlhkosť	Obj. %	17	17
Objemový tok	m³/h	275 900	2 391 000
Prach	mg/Nm³	3 ⁽²⁾	
NO _x	mg/Nm³	385 ⁽²⁾	
SO _x	mg/Nm³	18 ⁽²⁾	
HCl	mg/Nm³	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾
HF	mg/Nm³	0,09 ⁽⁴⁾	0,06 ⁽⁴⁾
Hg	mg/Nm³	0,009 ⁽⁴⁾ <0,01 ⁽²⁾	0,033 ⁽⁵⁾ <0,002 ⁽²⁾
M (Cd, Ti)	mg/Nm³	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾
M (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)	mg/Nm³	0,055 ⁽⁴⁾	0,071 ⁽⁴⁾
M (As, benzo-a-pyrén, Cd, Co, Cr)	mg/Nm³	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾
TOC	mg/Nm³	8	9
PCDD/F	ng I-TEQ/Nm³	n.d. ⁽³⁾	n.d. ⁽³⁾
Benzén	mg/Nm³	<1 ⁽⁴⁾	
(1) Štandardné podmienky pri 1 013 hpa a 273 k; po odčítaní obsahu vody a kyslíka v spalinách 10 % obj.			
(2) Ročná priemerná hodnota ako výsledok kontinuálnych meraní			
(3) Nezistené			
(4) Priemerná hodnota za obdobie odberu vzoriek 0,5 h			
Zdroj: [76, Nemecko 2006]			

Ako príklad možno uviesť estónsku cementáreň, kde sa používa odpadové palivo, ktoré je homogénnou zmesou kvapalných pálitelných nebezpečných odpadov a ktorého základom sú odpadové oleje. Ak takáto zmes spĺňa technické požiadavky uvedené v tabuľke 6.7, zmes sa nazýva odpadové palivo so špeciálnym názvom a predpokladá sa jej použitie len ako doplnkového paliva v cementárenských peciach. Dávka odpadového paliva je pevne stanovený objem kvapalného odpadového paliva, ktoré sa pred dodaním konečnému používateľovi spracuje ako jedna dávka za určitých podmienok a dodá sa so špecifikáciou kvality. Príklady analýzy vlastností sú uvedené v tabuľke 6.8. Príklady požiadaviek na kvalitu odpadu sú uvedené v tabuľke 6.9.

Tabuľka 6.7: Karta údajov o kvalite odpadového paliva z Estónska

Karta kvality pre odpadové palivo VA ⁽¹⁾				
Č.	prvku	Jednotka	Limitná hodnota; poznámky	Meraná hodnota
Dodávateľ analyzuje každú dávku				
1	Výhrevnosť po prijatí	MJ/kg	>17	
2	Obsah vody v stave, v akom bola prijatá	v hmotn. %	<35; voľná voda v odpade pri prijatí chýba	
3	Obsah popola	v hmotn. %	<15	
4	Teplota vzplanutia	°C	>60	
5	Tuhé častice <5 mm v palive VA ⁽¹⁾	mm	Chýba	
6	Hustota pri 15 °C	kg/Nm ³	Žiadne normy	
7	Viskozita VA ⁽¹⁾ pri 40 °C	cSt	Vykládka nákladu na mieste prijatia je zaručená bez použitia externých prostriedkov	
8	Reakčná skúška pri miešaní s tavidlami z olejových bridlic (koagulácia, plyny, exotermická reakcia)		Negatívne	
Analýzy dodávateľa za každých 500 Nm³ VA⁽¹⁾ alebo aspoň raz ročne				
8	Síra (S)	v hmotn. %	<2	
9	Celkový obsah halogénov Cl + Br + F + I	v hmotn. %	<1	
10	Kovy: Cd + Tl Hg Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	ppm	<15 <5 <2 500	
Analýzy dodávateľa za každých 2 000 Nm³ odpadu alebo aspoň raz ročne				
11	PCB ⁽²⁾	ppm	<50	
(1) Špeciálne pripravené odpadové palivo VA je homogénna zmes kvapalných páliteľných nebezpečných odpadov a je na báze odpadových olejov (2) Polychlórované bifenylly Zdroj: [75, Estónsko 2006]				

Tabuľka 6.8: Analýza vlastností z estónskej cementárne

Analýzy tavených výrobkov		
Parameter	Jednotka	Analýzy
Vyššia výhrevnosť	kJ/kg	15 072
Nižšia výhrevnosť	kJ/kg	9 211
Tuhé látky ⁽¹⁾	%	24,3 (100)
Uhlie ⁽²⁾ (C)	%	24,7
Síra (S)	%	5,3
Ostatné horľavé tuhé látky	%	20,6
Popol (nehorľavý)	%	49,4
Kvapaliny ⁽³⁾	%	36,6 (100)
Benzín	%	30,3
Olej	%	69,4
Fenoly	%	0,3
PCB ⁽⁴⁾	%	0,5 ⁽⁵⁾
Obsah vody	%	39,1
Hustota	kg/l	1,15
Teplota vzplanutia	°C	70
Popol (nehorľavý), oxidovaný:		
Chlór (Cl)	%	stopových prvkov
Sodík (Na + K)	%	2
Draslík (K)	%	
Vápnik (Ca)	%	38,5
Kremík (Si)	%	28,8
Meď (Cu)	%	stopových prvkov
Horčík (Mg)	%	6,5
Železo (Fe)	%	6,1
Fosfor (P)	%	0,2
Hliník (Al)	%	7,7
Kadmium (Cd)	%	stopových prvkov
Vanád (V)	%	stopových prvkov
Olovo (Pb)	%	stopových prvkov
Zinok (Zn)	%	stopových prvkov
Chróom (Cr)	%	stopových prvkov
Nikel (Ni)	%	stopových prvkov
Síra (S)	%	8,7
Titán (Ti)	%	0,4
Iné	%	1,1
(1) Suché látky, w = 0 % (2) Uhlík (3) Organické (4) polychlórované bifenyly Zdroj: [75, Estónsko 2006]		

Tabuľka 6.9: Požiadavky na kvalitu odpadu z estónskej cementárne

Požiadavky na kvalitu odpadu		
Parameter	Jednotka	Požiadavka
Dodacia teplota	°C	90
Viskozita pri teplote 80 °C	cST ⁽¹⁾	5,5 – 6,0
Viskozita pri teplote 100 °C	cST ⁽¹⁾	3,6 – 4,2
Výhrevnosť, nižšia	MJ/kg	nie nižšia ako 26
Objemová hmotnosť	kg/m ³	1 130 – 1 140
Bod vzplanutia v otvorenom tégliku	°C	nie nižší ako 130
Teplota topenia	°C	až do 50
Obsah popola	%	do 0,5
Mechanické prísady ⁽²⁾	%	do 2,0
Obsah vody	%	do 4,0
Hodnota/faktor kyslosti	mg KOH ⁽³⁾ /g	do 260
Chemické zloženie:		
Síra (S)	%	do 0,2
Chlór (Cl)	%	do 0,1
Ťažké kovy: Na, K, Mn, V, Co, Ni, Cu, Pb, Zn	%	do 0,005
(1) cST = centistokes (2) Veľkosť zrna nie väčšia ako 3 mm (3) KOH = hydroxid draselný Zdroj: [75, Estónsko 2006]		

V tabuľke 6.10 je uvedený nárast využívania odpadu a odpadových palív v estónskej cementárni v rokoch 2000 až 2005.

Tabuľka 6.10: Spotreba odpadových palív používaných v estónskej cementárni

Rok	Spotreba odpadových palív (t/rok)				
	Kvapalný				Tuhý
	Ropné bridlice	Odpadový olej	Materiál s kyselinou benzoovou	Celkom	Polokoks z ropných bridlíc
2000	–	365	–	365	–
2001	4 415	1 223	–	5 638	9 366
2002	16 809	3 322	–	20 131	10 013
2003	16 304	4 020	–	20 324	27 503
2004	19 921	5 643	1 500	27 064	15 300
2005	19 242	4 552	3 312	27 106	–
Zdroj: [75, Estónsko 2006]					

6.2.2.1.1 Príklady rozsahov koncentrácií látok v odpadových materiáloch/kritériá pre vstup odpadov

V tabuľkách 6.11 až 6.13 sú uvedené príklady typických rozsahov koncentrácie kovov a typických vstupných kritérií pre rôzne látky z vhodných odpadov používaných ako palivo a/alebo suroviny v rôznych cementárňach v niekoľkých krajinách.

Tabuľka 6.11: Limitné hodnoty v rôznych povoleniach a nariadeniach v Rakúsku, Švajčiarsku a Nemecku pre použité odpady

Parameter	Rakúsko ^(1, 10)			Švajčiarsko ⁽²⁾		Nemecko ⁽³⁾	
	Horľavý odpad ^(4, 9) všeobecne	Plasty, papier, textilný odpad, drevo atď. s vysoko výhrevnými frakciami z bežného odpadu	Rozpúšťadlá, použitý olej, odpadové laky	Horľavý odpad ^(5, 9) všeobecne	Ostatné odpady na zneškodnenie	Plasty, papier, textilný odpad, drevo atď. s vysoko výhrevnými zlomkami z bežného odpadu ⁽⁶⁾	Rozpúšťadlá, použitý olej
	Maximálne hodnoty (mg/kg)						
As	15	15	20	15	–	13	15
Sb	5	20 (200) ⁽⁷⁾	100	5	800 ⁽⁴⁾	120	20
Be	5	–	–	5	–	2	2
Pb	200	500	800	200	500	400	150
Cd	2	27	20	2	5	9	4
Cr	100	300	300	100	500	250	50
Cu	100	500	500	100	600	700	180
Co	20	100	25	20	60	12	25
Ni	100	200	–	100	80	160	30
Hg	0,5	2	2	0,5	5 ⁽⁸⁾	1,2	1
Tl	3	10	5	3	–	2	2
V	100	–	–	100	–	25	10
Zn	400	–	–	400	–	–	–
Sn	10	70	100	10	–	70	30
Cl (spolu)	1 %	2 %	–	–	–	1,5 %	–
PCB	50	–	100	–	–	–	–

(1) Dobrovoľný vlastný záväzok odvetvia výroby cementu voči úradom a príslušnému ministerstvu.
(2) BUWAL, usmernenia pre spoločné spracovanie zo Švajčiarska
(3) Dobrovoľný vlastný záväzok odvetvia spracovania odpadu a nariadenia vlády Severného Porýnia-Vestfálska (NRW) Nemecko
(4) Čistá výhrevnosť 25 MJ/kg
(5) Priemerná čistá výhrevnosť 18 MJ/kg
(6) Polyetyléntereftalát (PET)
(7) Polyetyléntereftalát (PET), polyester
(8) Špeciálny prípad, čistenie plynov pre Hg
(9) Ostatný horľavý odpad všeobecne (nevzťahuje sa na vybrané povolené toky odpadov)
(10) Aktuálnejšie hodnoty možno nájsť v Usmernení pre odpadové palivo Spolkového ministerstva Rakúska, ktoré notifikovala Európska komisia
Zdroj: [104, HOLCIM/GTZ 2006], [168, TWG CLM 2007]

Tabuľka 6.12: Príklady limitných hodnôt pre odpadové palivá pre rôzne krajiny/regióny na základe individuálnych povolení

Parameter	Jednotka	Španielsko(1)	Belgicko(1)	Francúzsko(1)
Výhrevnosť	MJ/kg	—	—	—
Halogeny (vyjadrené ako Cl)	%	2	2	2
Cl	%	—	—	—
F	%	0,20	—	—
S	%	3	3	3
Ba	mg/kg	—	—	—
Ag	mg/kg	—	—	—
Hg	mg/kg	10	5	10
Cd	mg/kg	50/100(2)	70	—
Tl	mg/kg	50/100(2)	30	—
M Hg + Cd + Tl	mg/kg	100	—	100
Sb	mg/kg	—	200	—
M Sb + As + Co + Ni + Pb + Sn + V + Cr	mg/kg	0,50 %	2 500	2 500
As	mg/kg	—	200	—
Co	mg/kg	—	200	—
Ni	mg/kg	—	1 000	—
Cu	mg/kg	—	1 000	—
Cr	mg/kg	—	1 000	—
V	mg/kg	—	1 000	—
Pb	mg/kg	—	1 000	—
Sn	mg/kg	—	—	—
Mn	mg/kg	—	2 000	—
Be	mg/kg	—	50	—
Se	mg/kg	—	50	—
Te	mg/kg	—	50	—
Zn	mg/kg	—	5 000	—
PCB	mg/kg	30	30	25
PCDD/PCDF	mg/kg	—	—	—
Br + I	mg/kg	—	2 000	—
Kyanid	mg/kg	—	100	—
(1) Limitné hodnoty stanovené úradmi pre jednotlivé povolenia pre cementárne v Španielsku, Belgicku a Francúzsku				
(2) Aktualizácia Španielsko 2007				
Zdroj: [104, HOLCIM/GTZ 2006], [182, TWG CLM 2008]				

Tabuľka 6.13: Príklady limitných hodnôt pre odpady, ktoré sa majú použiť ako suroviny v rôznych krajinách/regiónoch

Parameter	Jednotka	Španielsko ¹	Belgicko ⁽¹⁾	Francúzsko ⁽¹⁾	Švajčiarsko ⁽²⁾
TOC	mg/kg	2 %	5 000	5 000	–
Celkový obsah halogénov (vyjadrený ako Cl)	%	0,25	0,5	0,5	–
F	%	0,1	–	–	–
S	%	3	1	1	–
Hg	mg/kg	10	–	–	0,5
Cd	mg/kg	100	–	–	0,8
Tl	mg/kg	100	–	–	1
M Hg + Cd + Tl	mg/kg	100	–	–	–
Sb	mg/kg	–	–	–	1
M Sb + As + Co + Ni + Pb + Sn + V + Cr	mg/kg	0,50 %	–	–	–
As	mg/kg	–	–	–	20
Co	mg/kg	–	–	–	30
Ni	mg/kg	–	–	–	100
Cu	mg/kg	–	–	–	100
Cr	mg/kg	–	–	–	100
V	mg/kg	–	–	–	200
Pb	mg/kg	–	–	–	50
Sn	mg/kg	–	–	–	50
Mn	mg/kg	–	–	–	–
Be	mg/kg	–	–	–	3
Se	mg/kg	–	–	–	1
Te	mg/kg	–	–	–	–
Zn	mg/kg	–	–	–	400
PCB	mg/kg	30	–	–	1
pH	mg/kg	–	–	–	–
Br + I	mg/kg	–	–	–	–
Kyanid	mg/kg	–	–	–	–

(1) Limitné hodnoty stanovené úradmi pre jednotlivé povolenia pre cementárne v Španielsku, Belgicku a Francúzsku
(2) Limitné hodnoty pre odpady používané ako suroviny, BUWAL 1998 (Švajčiarsko), Usmernenia pre likvidáciu odpadov v cementárňach
Zdroj: [104, HOLCIM/GTZ 2006]

V tabuľke 6.14 a 6.15 sú uvedené príklady typických vstupných kritérií pre látky v odpadoch používaných v nemeckých cementárňach.

Tabuľka 6.14: Príklady typických rozsahov koncentrácie kovov z odpadových palív

Prvok	Koncentrácia (mg/MJ)
Olovo	0,09 – 25
Kadmium	0,01 – 0,7
Chróm	0,09 – 21
Nikel	0,1 – 25
Ortuť	0,01 – 0,1
Tárium	<0,01 – 0,1
Zinok	0,5 – 625

Zdroj: [60, VDI 2094 Nemecko 2003]

Tabuľka 6.15: Príklady vstupných kritérií na použitie vhodného odpadu v nemeckých cementárenských peciach

Parameter	Koncentrácia (mg/kg)
Arzén	13
Kadmium	9
Kobalt	12
Chróm	250
Meď	700 ⁽¹⁾
Ortuť	0,5 – 1
Mangán	500
Nikel	100
Olovo	400
Antimón	120
Tálium	1 – 2
Vanád	25
Cín	70
(1) V jednotlivých vzorkách sa môžu vyskytnúť vyššie hodnoty	
Zdroj: [76, Nemecko 2006]	

V tabuľke 6.16 a 6.17 sú uvedené kritériá pre povolenie rôznych látok pre druhy odpadu používaných v rakúskych cementárňach. V niektorých prípadoch je výber druhov odpadových palív a ich vstupných kritérií založený na tzv. pozitívnom zozname, ktorý je vlastným záväzkom odvetvia výroby cementu. Okrem toho v niektorých prípadoch miestne orgány stanovili prísnejšie vstupné kritériá. Všetky povolenia obsahujú maximálne hodnoty, niektoré vo vzťahu k výhrevnosti, iné vo vzťahu k druhom odpadového paliva. Okrem maximálnych hodnôt obsahuje jedno povolenie aj mediánové a 80 percentilové hodnoty v závislosti od druhu odpadového paliva. Jedno povolenie bolo vydané v roku 2005.

Tabuľka 6.16: Príklady kritérií povolenia (mediánové hodnoty) pre látky v použitom odpade v rakúskych cementárňach

Parameter	Odpadové palivá okrem kalov z čističiek odpadových vôd ⁽³⁾ (výhrevnosť = 25 MJ/kg)	Papier a kaly z čističiek k odpadovým vôd	Odpadový olej, rozpúšťadlá, odpad z lakov	Plasty, frakcie s vysokou výhrevnosťou	Drevný odpad	Použitá pneumatika	Papier	Guma	Živočišná múčka
Maximálne hodnoty (mg/kg suchej látky)									
As	15	5 – 10	10 – 20	15	15	–	0,5	36	0,3
Sb	200	20	10 – 100	20 – 30 (800 ⁽¹⁾)	20	–	0,5	8,4	1
Pb	150	100 – 500	250 – 800	500	300 – 800	–	500	33,8	2
Cd	5	3 – 5	1 – 20	25 – 27	10 – 15	–	5	8	0,1
Cr	150	100 – 500	50 – 300	300	70	–	300	97	5
Co	50	50 – 60	3 – 25	20 – 100	14	–	60	128	1
Cu	700	350 – 600	500	500	100 – 400	–	600	748	15
Mn	500	700	70 – 100	–	150	–	300	4 250	30
Ni	100	60	40 – 100	200	100	–	80	200	1,5
Hg	0,5	2 – 3	1 – 2	0,86 – 2	1	–	0,6	0,4	0,2
Tl	3	3	1 – 5	3 – 10	2	–	5	1	0,6
V	100	100	10 – 100	70	60	–	15	40	1
Zn	–	1 000 – 2 000	300 – 3 000	–	1 000	20 000	2 000	11 400	150
Sn	50	10 – 50	–	70	–	–	10	20	1,5
Cl	1 hmot. % ⁽²⁾	0,8 hmot. %	1 hmot. %	2 hmot. %	0,5 % hmot. %	–	–	–	–
S	3 hmot. %	–	–	–	–	–	–	–	–
(1) Len pre polyetyléntereftalát (PET)									
(2) Cl, F									
(3) Z jedného povolenia									
Zdroj: [161, Rakúsko 2006], [168, TWG CLM 2007], [170, Rakúsko 2007]									

Tabuľka 6.17: Príklady kritérií povolenia (mediánové a 80-percentilové hodnoty) pre látky v použitom odpade v rakúskych cementárňach

Parameter	Papier a kaly z čističiek odpadových vôd	Odpadový olej	Rozpúšťadlá	Plasty	Drevný odpad	Papier	Guma	Živočišna múčka
Mediánové a 80-percentilové hodnoty (mg/kg suchej látky)								
	Mediánové	Mediánové	Mediánové	80-percentilové	80-percentilové	Mediánové	Mediánové	80-percentilové
As	3,78	12	6	10	10	0,46	16,4	0,2
Sb	4,97	67	6	20	20	0,37	5,72	0,6
Pb	25,5	59	180	150	150	31,85	28	1,5
Cd	1,02	0,5	0,6	15	5	0,63	3,9	0,05
Cr	28	8	30	150	50	12,2	26	3
Co	6,6	1	1,8	15	10	3,6	80	0,4
Cu	160,5	52	300	300	50	10,75	300	12
Mn	350	0,1	42	200	150	287	28,6	25
Ni	22	1	24	100	100	11,1	77	1
Hg	1,2	0,47	0,6	0,6	0,5	0,26	0,02	0,1
Tl	6,69	0,05	0,6	1,5	1	1,11	0,4	0,3
V	16,05	1	6	30	60	6,11	12	0,5
Zn	40,6	390	30	30	20	1,76	10	1
Sn	877	1 000	180	–	–	34,9	8 597	120
Cl	–	0,4 % hmot. %	–	–	–	–	–	–
S	–	2 hmot. %	–	–	–	–	–	–
PCB/PCT	–	50	–	–	–	–	–	–
Mediánová hodnota: 50-percentilová hodnota Maximálna hodnota: 100-percentilová hodnota 80-percentilová hodnota: 80-percentilová hodnota Zdroj: [161, Rakúsko 2006], [168, TWG CLM 2007], [170, Rakúsko 2007]								

Príklady vstupných kritérií pre látky vo vhodnom odpade používanom v cementárňach vo Francúzsku (minimálne a maximálne limitné hodnoty), Španielsku a Poľsku sú uvedené v tabuľke 6.18 a tabuľke 6.19.

Tabuľka 6.18: Príklady vstupných kritérií pre látky vhodné pre odpadové palivá používané v cementárňach s francúzskymi povoleniami

Parameter	Jednotka	Maximálna hodnota	Minimálna hodnota	Komentár
Hg	ppm	<10	<10	(¹)
Hg + Cd + Tl	ppm	<1 000	<100	(²)
Cr	ppm	<10 000	<250	(3)
Cu	%	<2	<1	
Zn	%	<15	<1	
Co	%	<1	–	
Ni	%	<1	–	
Mn	%	<1	–	
Pb	%	<0,6	<0,1	
M As + Ni + Co + Se + Te + Cr + Pb + Sb + Sn + V	ppm	<10 000	<2 500	
M As + Ni + Co + Se + Te + Cr + Pb + Sb + Sn + V + Cu	ppm	–	<3 500	
M Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V + Cd + Tl + Hg	%	–	<1	
M As + Ni + Co + Se + Te + Cr + Pb + Sb + Sn + V + Cu + Zn + Mn	%	–	<2	
M Cd + Hg + Cr + Pb + Sn + V + Co + As + Cu + Mn + Mo + Tl + Ni	%	–	<1	
Síra	%	<12	<0,5	(4)
PCB/PCB + PCT(*)	ppm	<50	<50	(5)
PCP(*)	ppm	<50	–	(6)
Celkový chlór	%	<4	<1	(7)
Ostatné halogény (bromid + jodid + fluorid)	%	–	<0,5	–
Alkalické látky (Na ₂ O + K ₂ O)	%	<15	0,8	(4)
Fosforečnany (P ₂ O ₅)	%	<15	<0,75	(4)

(1) Hodnota 10 ppm je relevantná pre ortuť pre všetky povolenia pre cementáreň
 (2) Veľký počet povolení pre cementáreň má limit 100 ppm pre prchavé látky
 (3) V závislosti od miestnych orgánov. Tri cementárne nemajú žiadne obmedzenia týkajúce sa kovov, 10 povolení súvisí s predchádzajúcimi právnymi predpismi EÚ, niektoré prevádzky dostali povolenia so špecifickými zoznamami kovov alebo špecifickými obmedzeniami pre špecifické kovy
 (4) Veľký rozsah akceptácie tohto parametra
 (5) Len jeden limit na PCB/PCT
 (6) Len jeden limit na PCP
 (7) Veľký rozsah akceptovateľnosti tohto parametra; v závislosti od jednotlivých pecí môžu existovať prísnejšie obmedzenia pre dodávky odpadu
 (8) PCB: polychlórovaný bifenyľ; PCT: polychlórovaný terfenyl
 (9) PCP: pentachlórfenol
 Zdroj: [168, TWG CLM 2007], [174, EUCOPRO 2007]

Tabuľka 6.19: Príklady vstupných kritérií pre látky vhodné pre odpadové palivá používané v cementárňach v Španielsku a Poľsku

Parameter	Jednotka	Španielsko			Poľsko		
		Vnútroštátne právne predpisy	Prevádzka a 1	Prevádzka a 2	Vnútroštátne právne predpisy	Prevádzka a 1	Prevádzka a 2
Hg	ppm	nc	10	–	nc	nc	nc
M Hg + Cd + Tl	ppm	nc	100	100	nc	nc	nc
M Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Ni + Mn + V	ppm	nc	5 000	10 000	nc	nc	nc

nc: žiadne vstupné kritériá
 Zdroj: [168, TWG CLM 2007], [174, EUCOPRO 2007]

Tabuľka 6.20: Špecifikácie vstupných kritérií pre príklad odpadu

Parameter	Jednotka	Maximálna hodnota
Síra	% hm.	1,5
Chlór	% hm.	2,0
Fluór	% hm.	0,5
Bróm	% hm.	0,5
Jód	% hm.	0,2
Ortuť	ppm	10
M Cadmium + tálium (spolu)	ppm	30
Antimón	ppm	300
Arzén	ppm	60
Chróom	ppm	200
Kobalt	ppm	100
Meď	ppm	300
Olovo	ppm	500
Mangán	ppm	250
Nikel	ppm	500
Cín	ppm	200
Vanád	ppm	50
Polychlórované bifenyle (PCB)	ppm	10
Pentachlórfenol (PCP)	ppm	20
Tuhé látky	% hm.	15
popol	% hm.	10
Voda	% hm.	20
Zdroj: [168, TWG CLM 2007], [174, EUCOPRO 2007]		

6.2.2.2 Príklady spotreby energie

V rakúskych cementárňach sa spotreba konvenčných palív, ako aj odpadových palív používaných na pokrytie potreby tepelnej energie v rokoch 1997 až 2004 trvalo zvyšovala, ako je uvedené v tabuľke 6.21.

Tabuľka 6.21: Spotreba paliva v rakúskom cementárskom priemysle

Palivo	1997 (t/rok)	1998 (t/rok)	1999 (t/rok)	2000 (t/rok)	2001 (t/rok)	2002 (t/rok)	2003 (t/rok)	2004 (t/rok)
Uhlie	200 241	159 331	131 580	166 965	149 354	76 504	70 523	72 218
Lignit	7 434	4 335	11 774	35 023	38 855	62 908	69 786	62 551
Vykurovací olej	53 423	46 762	45 081	17 574	11 004	11 714	12 363	14 909
Plyn ⁽¹⁾	12 618	11 595	12 394	13 438	11 343	10 735	8 727	8 528
Petrolkoks	3 275	11 692	24 021	10 367	8 648	51 882	50 089	57 147
Iné fosílné palivá	0	0	0	0	0	0	82	1 028
Fosílné palivá spolu	273 347	233 171	221 271	239 486	215 928	210 643	209 050	213 916
Sekundárne palivá	101 063	121 719	135 065	169 888	218 048	238 959	267 822	274 032
Palivá spolu	374 411	354 890	356 336	409 374	433 976	449 602	476 872	487 948
(i) 1 000 m ³ (Vn/rok)								
Zdroj: [92, Rakúsko 2006]								

6.2.2.3 Príklady údajov o emisiách

Údaje o emisiách z estónskej cementárne z roku 2006 sú uvedené v tabuľke 6.22.

Tabuľka 6.22: Príklady porovnania rôznych údajov o emisiách z estónskej cementárne v roku 2006 s údajmi o povolených emisiách

Názov a zdroj znečisťujúcej látky		Povolené údaje (t/rok)	Údaje o skutočných emisiách za rok 2006 (t/rok)
Celkový prach		542,98	245,5
Celkový prach v dôsledku	rotačných pecí v špeciálnom režime	420,0	89,84
	Rotačné pece v bežnom režime	149,60	71,11
	Mlyny na ropné bridlice	21,60	8,66
	Chladiče slinku	178,60	63,23
	Dopravníky slinku	5,76	1,85
	Drviče vápenca	5,04	0,86
	Mlyny na cement	7,56	2,25
	Mlyny na cement so separátorom	2,52	0,80
	Baliace stroje na cement	1,08	0,44
	Vápenný lom	50,96	2,5
	Skládka priemyselného odpadu	4,32	1,02
	Lom na ropné bridlice	1,44	0,35
	Prístav (rôzne materiály)	114,50	2,85
SO ₂		5 762,70	1 696,63
SO ₂ pochádzajúci z	rotačných pecí	5 760,00	1 696,63
	Mlyny na ropné bridlice	2,70	–
NO _x (vypočítané ako NO ₂)		3 072,6	576,57
NO _x pochádzajúci	z rotačných pecí	2 880,00	534,37
	Mlyny na ropné bridlice	43,2	15,76
	Elektráreň	149,4	26,44
CO		3 072,60	510,43
CO pochádzajúci	z rotačných pecí	4 608,00	460,00
	Mlyny na ropné bridlice	10,8	7,72
	Elektráreň	149,40	42,71
CO ₂		787 333	745 620
Chlorovodík		247,60	5,03
Fluorovodík		12,68	–
VOC		307,44	26,17
Ťažké kovy		20,32	0,08
Zdroj: [75, Estónsko 2006]			

Jemný prach PM_{10} a $PM_{2,5}$

Príklady jemného prachu frakcií PM_{10} a $PM_{2,5}$ emitovaných z írskych cementární sú uvedené v tabuľke 6.23.

Tabuľka 6.23: Príklady meraní jemných prachových častíc PM_{10} a $PM_{2,5}$ z cementární v Írsku

Zdroj		PM	Koncentrácie			Hmotnostná miera emisií (kg/h)
			Emitovaný As (mg/Nm ³)	Opravené na 10 % kyslíku (mg/Nm ³)	Štandardné podmienky (mg/Nm ³)	
Prevádzka 1 ⁽⁶⁾	Mlyn na suroviny (ESP)	PM_{10}	2,67 ⁽¹⁾	2		0,7684
		PM_{10}	2,65 ⁽¹⁾	2		0,7237
	Roštový chladič (ESP)	PM_{10}	7 ⁽²⁾			1,4782
		PM_{10}	7 ⁽²⁾			1,6866
	Mlyn na uhlie (textilný filter)	PM_{10}	9,33 ⁽³⁾	9		0,2979
		PM_{10}	10,1 ⁽³⁾	10		0,3085
	Mlyn na cement (textilný filter)	PM_{10}	107 ⁽⁴⁾			4,38
		PM_{10}	73 ⁽⁴⁾			3,00
Prevádzka 2 ⁽⁷⁾	Odľučovač pre mlyn na cement (textilný filter)	PM_{10}	3 ⁽⁵⁾			0,4095
		PM_{10}	0 ⁽⁵⁾			0
	Výduchy textilného filtra	PM_{10}		0,007 – 0,302		
	Mlyn na cement (textilný filter)	PM_{10}			3,33	
		$PM_{2,5}$			<1,1	
	Mlyn na uhlie (textilný filter)	PM_{10}			3,33	
		$PM_{2,5}$			3,33	
	Mlyn na suroviny a mlyn na cement (ESP)	PM_{10}			2,22	
		$PM_{2,5}$			5,56	
	Vsádzka pece (textilný filter)	PM_{10}			1,11	
		$PM_{2,5}$			2,22	
	Dopravník slinku (textilný filter)	PM_{10}			1,11	
		$PM_{2,5}$			1,11	
	Textilný filter	PM_{10}			1,11 – 7,78	
		$PM_{2,5}$			1,11 – 2,22	
	Mlyn na cement	PM_{10}			5,56 – 3,33	
		$PM_{2,5}$			1,11 – 2,22	
	Sila	PM_{10}			1,11	
		$PM_{2,5}$			<1,1 – 3,33	
	Mlyn na uhlie dopravník vsádzky	PM_{10}			4,44	
		$PM_{2,5}$			3,33	
	Sekundárny drvič	PM_{10}			1,11	
		$PM_{2,5}$			<1,1	

(1) 7 % kyslík, teplota 139 °C, priemerný prietok plynu 280 397 Nm³/h, 3 925 558 Nm³/deň
(2) 20,9 % kyslíku, teplota 216 °C, priemerný prietok plynu 225 272 Nm³/h, 2 703 269 Nm³/deň
(3) 10 % kyslíka, teplota 86 °C, priemerný prietok plynu 31 241 Nm³/h, 656 063 Nm³/deň
(4) 20,9 % kyslíka, teplota 110 °C, priemerný prietok plynu 40 901 Nm³/h, 940 739 Nm³/deň
(5) 20,9 % kyslíku, teplota 86 °C, priemerný prietok plynu 136 940 Nm³/h, 2 191 046 Nm³/deň
(6) Meranie z roku 2001
(7) Meranie z roku 2004
Zdroj: [113, Írsko 2007], [182, TWG CLM 2008]

Emisie do vody

V jednej vzorovej prevádzke v Estónsku, ktorá využíva mokrý spôsob, sa v roku 2005 spotrebovalo 602 000 m³ vody na odlučovač kalov a oleja. Emisie do vody vznikajú v technickom procese výroby kalu a z odlučovača oleja. Emisie do vody a množstvo znečisťujúcich látok v odpadoch z estónskej cementárne sú uvedené v tabuľke 6.24.

Tabuľka 6.24: Množstvo znečisťujúcich látok v odpadoch z estónskej cementárne

Množstvo znečisťujúcich látok v odpadových vodách			
Znečisťujúca látka	Jednotka	Odlučovač kalu a oleja	
		2004	2005
Biologická spotreba kyslíka	mg/l	5	7
Nerozpustné tuhé látky	mg/l	8,3	11
Celkový dusík	mg/l	1,8	1,4
Fosfor celkovo	mg/l	0,08	0,057
Sulfáty	mg/l	–	
Fenoly I základné	\g/l	0,019	<0,5
Fenoly II základné	\g/l	0,0053	<0,5
Olej	mg/l	0,03	0,01
Chemická spotreba kyslíka	mg/l	54	–
Zdroj: [75, Estónsko 2006]			

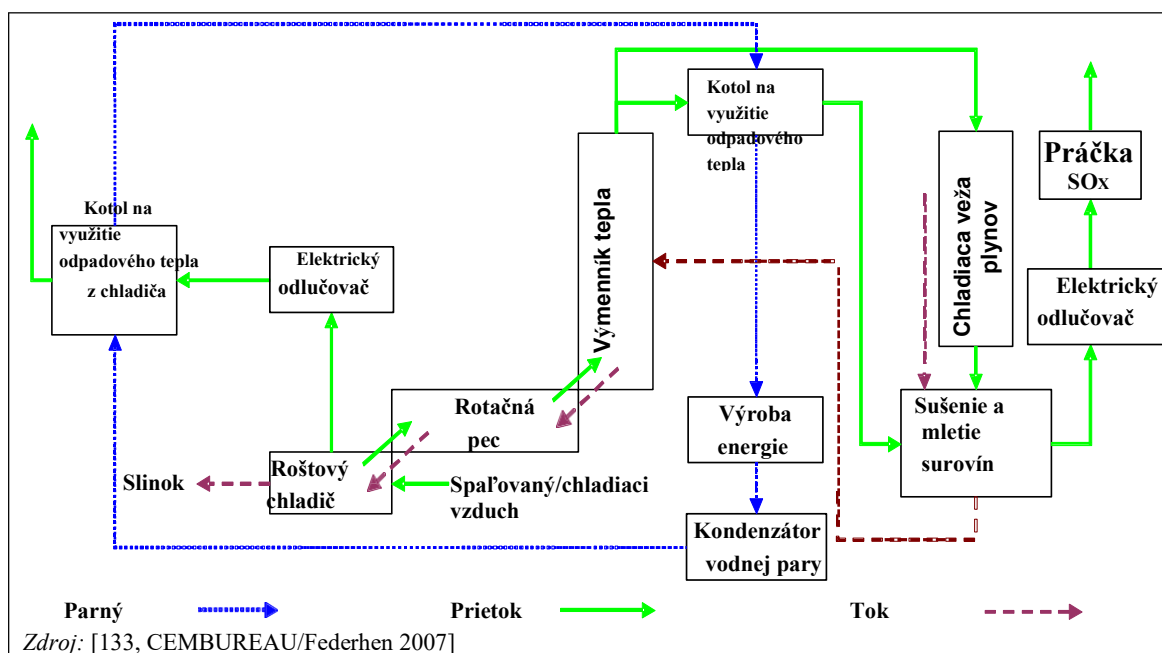
6.2.3 Výroba cementu – kogenerácia/spätné získanie prebytočného tepla

6.2.3.1 Kogenerácia elektrickej energie prostredníctvom konvenčného parného cyklu – cementáreň Slite vo Švédsku

Cementáreň (dve pece) v Slite (ostrov Gotland/Švédsko), ktorá bola pôvodne navrhnutá na výrobu 6 000 t slinku za deň, neustále zvyšovala svoju výrobu, ktorá teraz dosahuje 7 000 t za deň. Teplota výstupného plynu vo veži závesného cyklónového predohrievača je približne 440 °C. Okrem toho má prevádzka priaznivo nízku vlhkosť surovín medzi 2 – 3 %. Na suché mletie je potrebná len časť tepla z pece.

Získané teplo sa posiela do existujúcej elektrárne, ktorá sa nachádza v susedstve cementárne a ktorú prevádzkuje tretia strana, ktorá opätovne využíva parnú turbínu na výrobu elektrickej energie. Para sa vyrába v dvojstupňovom systéme kotla s rekuperáciou tepla, jeden v chladiči slinku a druhý v zostupnom potrubí pece. Pri inštalácii podľa obrázka 6.1 je prevádzka schopná dodávať vodnú paru dostatočnej kvality:

- chladič slinku s odpadovými plynmi ako zdrojom odpadového tepla (cca 330 °C),
- elektrický odlučovač na chladiči slinku v toku plynu,
- kotly na odpadové teplo – na chladiči slinku – s okruhom vodnej pary,
- druhý kotol na odpadové teplo vo výstupnom plyne z veže predohrievača ako vysokoprašná inštalácia,
- turbína a generátor, v ktorých sa vyrába energia,
- kondenzátor s morskou vodou na dochladzovanie vodnej pary.



Obrázok 6.1: Vývojový diagram dvojstupňového systému na rekuperáciu tepla na báze vody na kogeneráciu energie v cementárni Slite vo Švédsku

V prvom kroku fungujú kotly na využitie odpadového tepla z chladičov slinku podľa očakávaní. Kotol na výstupný plyn z predohrievača nevyrába paru, na ktorú bol pôvodne navrhnutý – a to ani po úpravách. Toto zlyhanie možno považovať za výsledok izolačnej vrstvy jemného prachu na rúrkach výmenníka tepla. Na prekonanie neefektívnosti kotla je potrebný účinnejší systém dúchadla na prach. Interný prieskum ukázal, že bežná technika čistenia rúr pomocou pary nie je ekonomická. Namiesto toho je potrebný kotol na odpadové teplo s rozsiahlymi plochami výmenníka tepla. Táto možnosť by však spôsobila oveľa väčší pokles tlaku a zvýšila by vnútornú potrebu energie.

V roku 2007 odoberala prevádzka zo systému približne 30 MW tepla; pôvodne bola projektovaná na 9 MW a teraz po optimalizácii dodáva približne 6 MW. Náklady vypočítané v roku 1999 boli 8 x 106 EUR na kotol a rozvod pary, z čoho 25 % bolo dotovaných. Neboli však uvedené žiadne náklady na opätovne použitú existujúcu parnú turbínu, ktorá významne prispela k hospodárnosti zariadenia. Ročná výroba elektrickej energie je teraz približne 50 GWh, čo predstavuje ¼ celkovej potreby energie prevádzky.

6.2.3.2 Kogenerácia s organickým Rankinovým cyklom (ORC) – cementáreň v Lengfurte v Nemecku

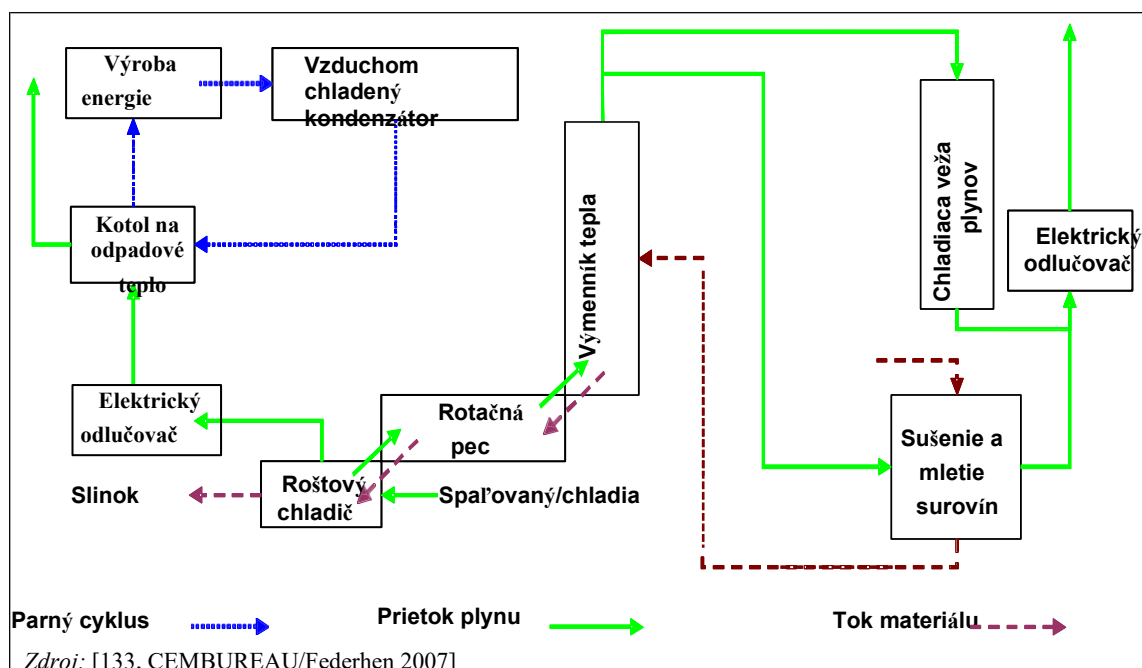
Prevádzka v Lengfurte využíva takzvaný nízko-teplotný organický Rankinov cyklus (ORC). Tento proces je v podstate založený na použití organického hnacieho média (pentánu), ktoré sa odparuje pri podstatne nižších teplotách ako voda, namiesto toho, aby sa ako hnacie médium používala para. Základné princípy tejto techniky sa už dlho úspešne používajú v chladiarenských technikách. Technika ORC sa používa najmä na výrobu energie z geotermálnych zdrojov tepla, avšak použitie tohto procesu v cementárni je svetovým unikátom. Na obrázku 6.2 je znázornený vývojový diagram tohto procesu.

Proces ORC na výrobu energie z nízko-teplotného odpadového tepla v cementárni v Lengfurte sa v roku 2007, po siedmich rokoch skúseností, mohol považovať za technicky realizovateľnú alternatívu k elektrárnam využívajúcim vodnú paru a vďaka financovaniu regionálnou vládou aj za ekonomickú alternatívu pre vlastníka.

Jeho osobitnou výhodou je stabilná a robustná prevádzka, kompaktná konštrukcia a relatívne vysoká úroveň účinnosti, ktorú možno dosiahnuť pri zdrojoch tepla s teplotou nižšou ako 275 °C. Tento proces však nie je typický pre cementáreň a personál prevádzky a údržby potrebuje špeciálne školenie.

Samotná prevádzka na výrobu tepla odpadového ORC sa v podstate skladá z niekoľkých podsystémov:

- chladiča slinku s odpadovým plynom ako zdrojom odpadového tepla,
- ESP na zníženie emisií prachu:
 - poznámka: textilné filtre nie sú vhodné pre teplotnú úroveň v takomto usporiadaní,
- kotla na odpadové teplo s pentánovým okruhom,
- turbíny a generátora, v ktorých sa vyrába energia,
- vzduchového kondenzátora na recirkulačné chladenie pentánového okruhu.



Obrázok 6.2: Vývojový diagram systému na rekuperáciu odpadového tepla na báze pentánu na kogeneráciu energie v zariadení Lengfurt v Nemecku

Výsledky ukázali, že pri danom režime prevádzky možno vyrobiť 1,0 MW (netto) elektrickej energie. Dosiahnutá dostupnosť bola 97 % času prevádzky cementárenskej pece. Chladič slinku má výstup odpadového tepla prostredníctvom odpadového vzduchu z chladiča slinku 14 MW a teplotu odpadového plynu medzi 300 – 350 °C, z čoho sa v priemere odoberá približne 9 MW.

Niekedy je v dôsledku určitých prevádzkových podmienok pece a chladiča slinku na rošte pece výkon turbíny nižší, ako bol pôvodne navrhnutý. V roku 2007 prevádzka na výrobu tepla pokrývala až 9 %; v budúcnosti však táto prevádzka umožní pokryť až 12 % potreby elektrickej energie potrebnej pre cementáreň. Týmto spôsobom možno znížiť emisie CO₂ zo spaľovania súvisiaceho s výrobou energie o približne 3 000 až 7 620 t/rok.

Celkové kapitálové náklady predstavovali 4 milióny EUR. Z týchto celkových nákladov predstavovali 2 milióny EUR náklady na prevádzku ORC s pentánovým chladiacim okruhom vrátane nákladov na zariadenie. Zvyšok sa použil na kotol na odpadové teplo, prevádzka tepla, pevnú konštrukciu, elektroinštaláciu, projektovanie, uvedenie do prevádzky, ostatné zariadenia a poplatky. Výsledkom sú špecifické investičné náklady vo výške približne 4 000 EUR/kW (netto) alebo 1 300 EUR/t CO₂ ročne. Vyrobená elektrická energia predstavovala približne 6 000 MWh/rok, pričom náklady na prevádzku boli 50 000 EUR ročne. Do prevádzkových nákladov však neboli zahrnuté žiadne rezervy na veľké opravy, čo bude požiadavkou, keď prevádzka zostarne [78, E. Baatz + G. Heidt 2000], [79, Nemecko 2001], [133, CEMBUREAU/Federhen 2007].

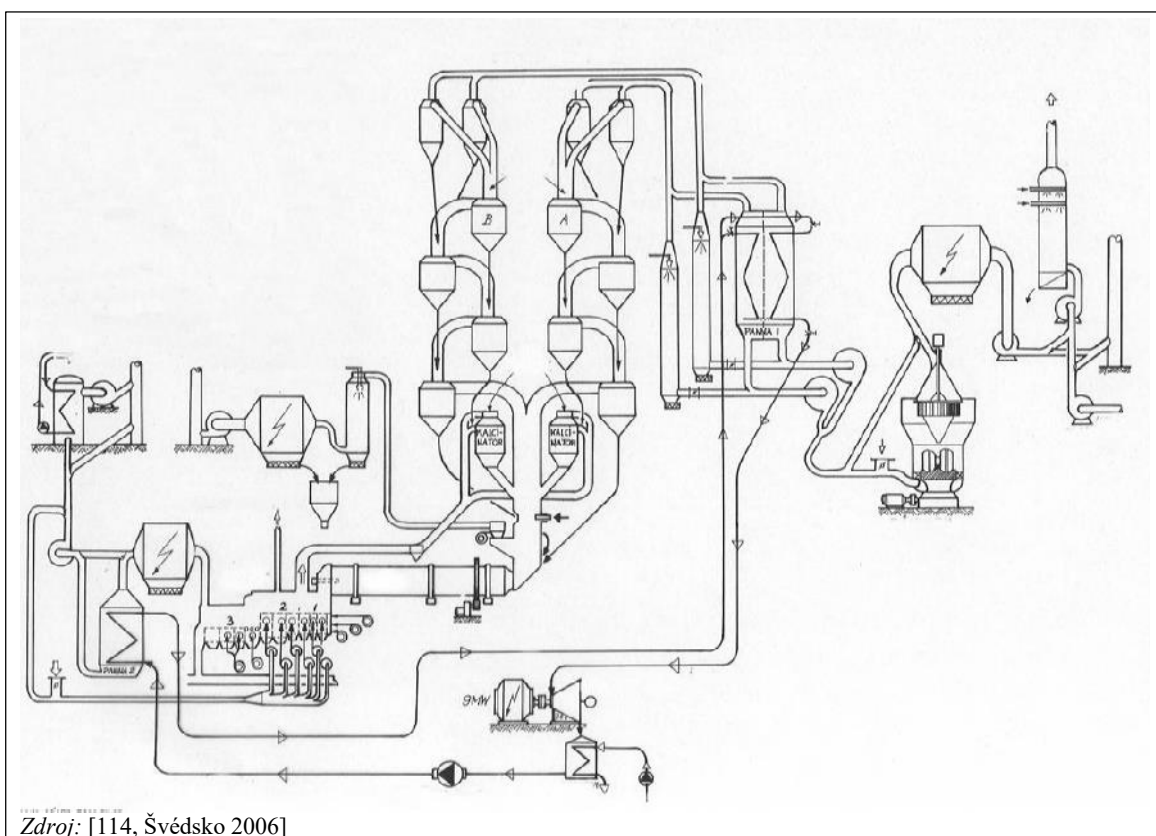
6.2.4 Výroba cementu – príklady zníženia emisií NO_x pomocou techniky s vysokou účinnosťou SNCR

Použitie techniky SNCR v peciach na cement má viac ako 25-ročnú históriu. Prvé prevádzkové skúšky ukázali hlavnú použiteľnosť SNCR v rotačných cementárenských peciach, za predpokladu, že sa dodrží teplotné rozpätie medzi 900 a 1 000 °C. V 90. rokoch 20. storočia boli testy rozšírené na mnohé cementárske pece v rôznych krajinách (Nemecko, USA, Rakúsko, Švédsko, Švajčiarsko atď.). Vo väčšine prípadov sa podarilo dosiahnuť mieru zníženia NO_x viac ako 50 %. V súčasnosti sa SNCR používa v odvetví výroby cementu na znižovanie NO_x a úspešne sa uplatňuje v mnohých cementárenských peciach v Európe a USA.

6.2.4.1 Príklad techniky SNCR používanej vo Švédsku

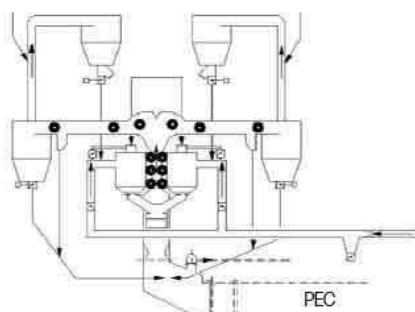
Proces

Vo Švédsku spoločnosť Cementa AB prevádzkuje vysokoúčinnú SNCR na redukciu NO_x od roku 1997 na troch cementárenských peciach s kapacitou 1 900 t/d (päťstupňové pece s predohrievačom a satelitným chladičom) vo svojej cementárni Skövde a s kapacitou pecí 1 200 a 5 800 t/d vo svojej cementárni Slite. Na obrázku 6.3 je znázornená schéma toku z pece s predohrievačom a satelitným chladičom v Slite.



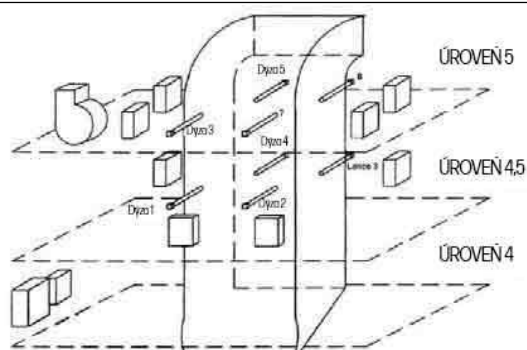
Obrázok 6.3: Vývojový diagram procesu výroby cementu v Slite (Švédsko)

Na vstrekovanie amoniaku do toku plynu sa používa rôzny počet párov dýz. Zvyčajne sa v cementárni Slite používajú tri až štyri páry dýz, ako je znázornené na obrázku 6.4, zatiaľ čo schematický pohľad na rozmiestnenie dýz na vstrekovanie roztoku amoniaku v Skövde je znázornený na obrázku 6.5.



Obrázok 6.4: Vývojový diagram vstrekovania roztoku NH_3 pre SNCR v cementárni Slite vo Švédsku

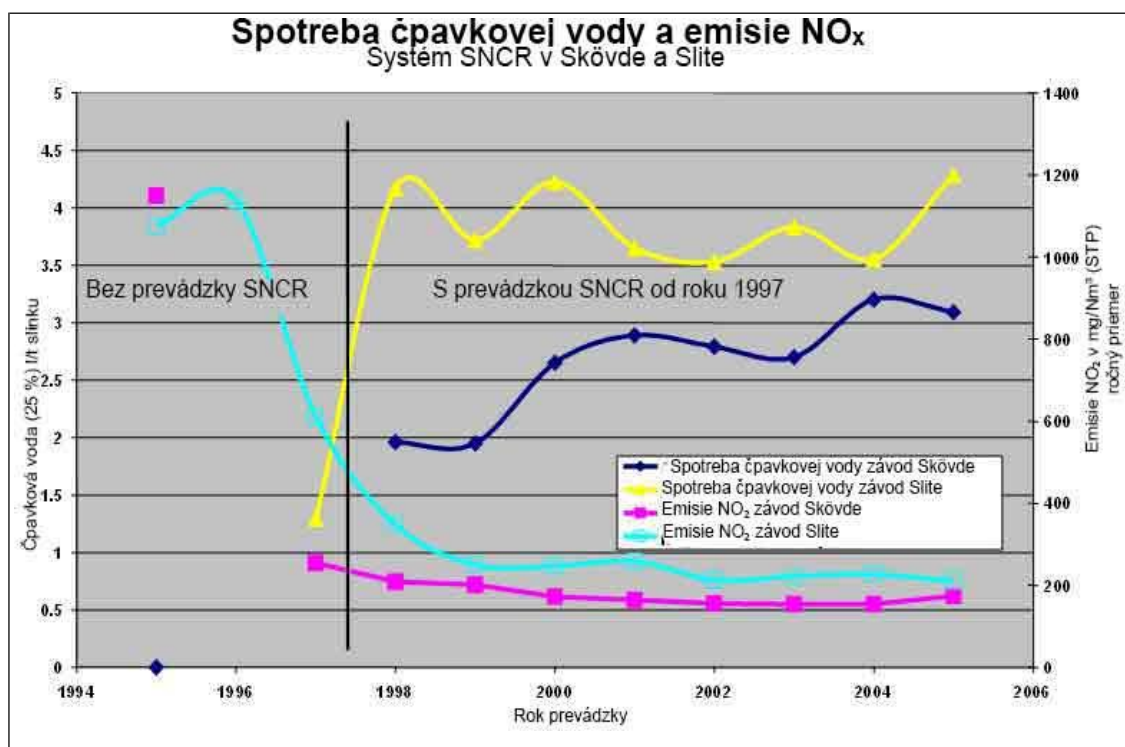
Zdroj: [114, Švédsko 2006]



Obrázok 6.5: Vývojový diagram a plán rozmiestnenia dýz na vstrekovanie roztoku NH_3 pre SNCR v cementárni Skövde vo Švédsku

Zdroj: [114, Švédsko 2006]

V obidvoch prevádzkach sa počiatočná úroveň NO_x pohybovala medzi 800 až 1 100 mg/Nm^3 , takže miera redukcie zostala približne 80 %, ako sa pôvodne zistilo. Od roku 1998 sa dlhodobo dosahovali emisie NO_x okolo 200 mg/Nm^3 , ale v prevádzke Skövde menej ako 200 mg/Nm^3 , merané ako ročné priemery. Od roku 1997 sa spotrebovalo približne 63 500 t amoniaku na zníženie približne 45 000 t NO_x . V cementárni Slite sa spotreba amoniakovej vody (25 %) stabilizovala na úrovni približne 3,5 až 4,5 l/t vyrobeného slinku. Cementáreň Skövde sa pohybovala medzi 2,5 a 3,5 l/t. Na obrázku 6.6 je znázornená spotreba amoniakovej vody a emisie NO_x , ktoré sa dosiahli v týchto prevádzkach od roku 1995 do roku 2005. Vplyv kolísajúcej spotreby amoniaku je pravdepodobne spôsobený zmenou podmienok spekania slinku a v menšej miere aj opotrebovaním dýz v systéme. Je pozoruhodné, že v rokoch 1997 až 2005 nebolo potrebné meniť dýzy a prestoje troch pecí boli kratšie ako 200 hodín.



Obrázok 6.6: Emisie NO_x a spotreba amoniakovej vody v cementárňach v Slite a Skövde vo Švédsku od roku 1995 do roku 2005

Molárny pomer

V roku 2001 sa zistil počiatočný molárny pomer 1 – 1,2 (mol NH_3 na prítomný mol NO_x) v prevádzke Skövde. Pri priemernej účinnosti odstraňovania 80 % sú tieto hodnoty vypočítané na 1,2 až 1,4 pre odstránené NO_x . V prevádzke Slite sa pomer amoniaku podľa pôvodných zistení opäť pohyboval v rozmedzí 1,2 – 1,4 mol/mol (prítomné NO_x v pomere k vstrekanému NH_3) alebo 1,5 – 1,8 (znížené NO_x v pomere k vstrekanému NH_3).

Únik amoniaku

V rokoch 1994 až 1996 testy úniku a emisií amoniaku ukázali, že v oboch prevádzkach boli prirodzené emisie amoniaku pochádzajúce zo surovín, a to 10 až 30 mg/Nm³ v prevádzke Skövde a 15 až 20 mg/Nm³ v prevádzke Slite.

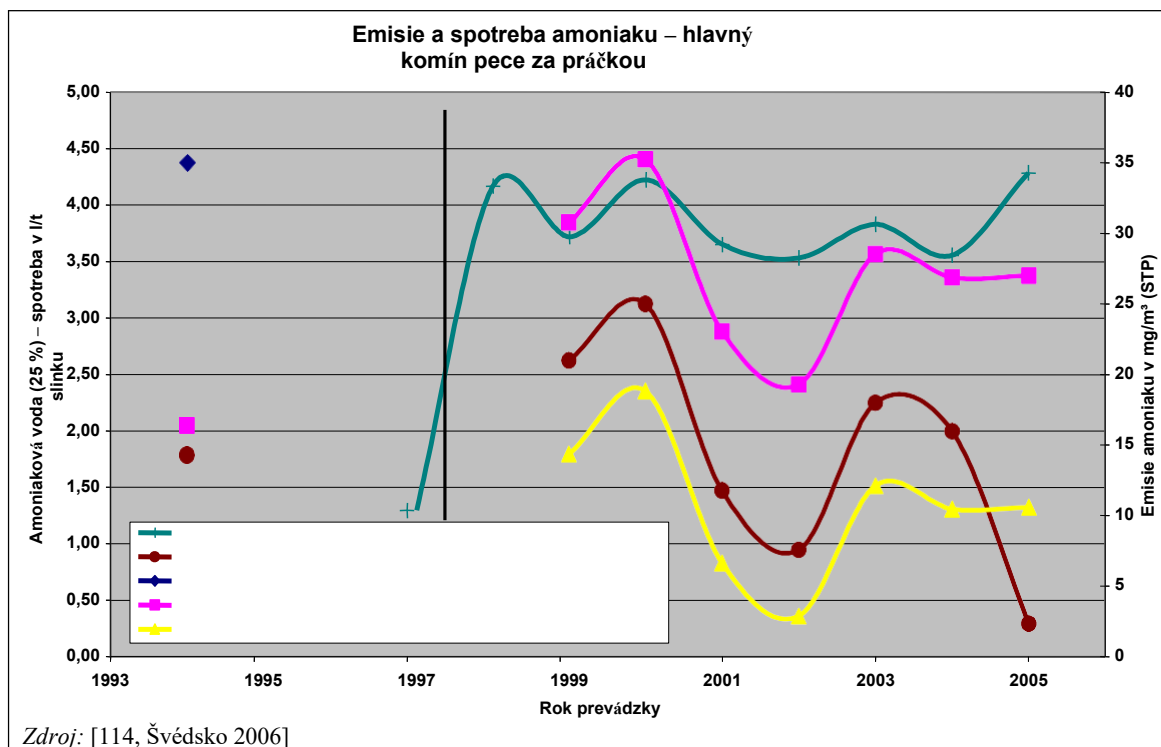
V Skövde bol po uvedení SNCR do prevádzky únik amoniaku 5 – 10 mg/Nm³. V prevádzke Slite bol únik amoniaku k prirodzeným emisiám približne 5 až 20 mg/Nm³.

V roku 2003 sa pri opakovaných meraniach v prevádzke Skövde zistilo, že emisie amoniaku sú nižšie ako 5 mg/Nm³ bez použitia SNCR a 20 mg/Nm³ pri použití SNCR.

Pre obidve prevádzky je dôležité, že sa používali mlyny na suroviny. V týchto systémoch mletia sa zachytával amoniak. V Skövde boli počas takmer 98 % obdobia prevádzky v prevádzke systémy mletia (mlyny na suroviny a uhlie). Preto emisie amoniaku, ktoré sa tam zistili v kombinovanom režime (prevádzka mlyna/mlyn vypnutý), predstavovali priemerné údaje.

Naopak, v cementárni Slite je práčka SO_x , kde sa amoniak vo vypieracom roztoku pufruje, čím sa vyrovnávajú špičky a poklesy. Spolu so sadrovcovým produktom sa do zariadení na výrobu cementu odvádza len malá časť amoniaku (3 kg/h). Mlyn na cement pracuje pri nízkych teplotách v uzavretom okruhu a len veľmi zriedkavo bol v cementárskom sile zistený zápach amoniaku. Okrem toho sa od roku 1998 vykonávali kontinuálne merania emisií amoniaku na komíne práčky. Údaje o meraní emisie amoniaku a spotreby amoniakovej vody v prevádzke Slite sú uvedené na obrázku 6.7. Počas obdobia prevádzky bez práčky SO_2 sa emisie amoniaku pohybovali v rozmedzí 15 až 35 mg/Nm³.

Odkedy je práčka v prevádzke, krátkodobé špičky sú vyššie, dokonca až 125 mg/Nm³. Je to preto, že teplota kvapaliny v práčke sa teraz zvýši z 53 °C na 59 °C, rovnováha sa posunie a časť nahromadeného amoniaku sa opäť uvoľní. Pri použití práčky v prevádzke Slite priemerná úroveň amoniaku 20 – 35 mg/Nm³ väčšinou kopíruje trend spotreby amoniakovej vody. Tento efekt ukazuje, že napriek vysokej účinnosti systémov SNCR by sa mal naďalej klásť dôraz aj na primárnu kontrolu NO_x prostredníctvom optimalizácie podmienok procesu spaľovania.



Obrázok 6.7: Emisie NH_3 a spotreba amoniakovej vody v dvoch cementárenských peciach v cementárni Slite vo Švédsku od roku 1994 do roku 2005

Vo švédskych cementárňach sa použilo špeciálne zariadenie. Použitím tohto zariadenia a konštrukcie s nízkymi emisiami NO_x boli dodatočné emisie amoniaku na úrovni 5 – 20 mg/Nm^3 . Únik amoniaku však kolíše v závislosti od charakteru procesu výroby cementu.

Náklady na prevádzku

Náklady na prevádzku systému SNCR závisia predovšetkým od spotreby amoniakovej vody. Je potrebná len malá energia na čerpanie a spaľovanie amoniaku v zóne redukcie pri teplote 900 – 1 100 °C kompenzuje teplo potrebné na odparovanie vody (nosiča amoniaku).

Pri nákladoch približne 100 EUR na tonu 25 % amoniakovej vody v roku 1996 a 130 EUR na tonu v roku 2006 sa náklady na redukcii na tonu vyrobeného slinku v Skövde mierne zvýšili z pôvodných 0,30 EUR na 0,35 EUR. Kumulované náklady tu vtedy predstavovali 0,40 až 0,45 EUR na tonu slinku.

Keďže náklady na dopravu na ostrov Gotland sú vyššie ako na pevninu (v roku 2007 boli náklady 140 EUR za tonu), náklady v meste Slite sa pohybovali okolo 0,40 až 0,50 EUR za tonu slinku. Vo výrobných nákladoch sa kumulujú náklady na elektrickú energiu, údržbu a odpisy vo výške 0,10 EUR na tonu slinku. Podľa pôvodných výpočtov zostali celkové náklady na tonu slinku na úrovni približne 0,50 až 0,60 EUR na tonu slinku.

V období rokov 1997 až 2005 dosiahli náklady na redukciiu približne 11 miliónov EUR. Zároveň sa znížilo približne 45 000 t NO_x . Celkové náklady s odpismi, kapitálovými nákladmi, náklady na energiu a náklady na amoniak súvisiace so znížením NO_x boli 250 EUR na tonu NO_x .

6.2.4.2 Príklad techniky SNCR používanej v Nemecku

V jednej cementárni v Nemecku, ktorá využíva moderný systém suchých pecí, sa proces SNCR používa už mnoho rokov. V tejto prevádzke sa používa rotačná pec s priemerom 5,5 m a dĺžkou 89 m so štvorstupňovým dvojvetvovým predohrievačom a planetárnym chladičom. Kapacita je približne 3 000 t/d slinku. Pec môže byť 100 % času vykurovaná odpadovými palivami. V oblasti stúpacieho potrubia je dané vhodné teplotné rozpätie na použitie procesu SNCR. Počiatočná úroveň emisií NO_x je pomerne nízka, približne 400 – 600 mg/Nm^3 na dennej báze. Môže však dosahovať aj 1 200 mg/Nm^3 alebo viac.

Amoniaková voda (25 % roztok amoniaku) sa skladuje v nádrži s objemom 100 m^3 . Odtiaľ sa amoniaková voda prečerpá do menšej nádoby a vstrekovanie čpavkovej vody riadené vhodným zariadením prebieha cez osem tyčí, ako je znázornené na obrázku 6.8. Usporiadanie tyčí sa určuje podľa teplotného profilu v stúpacom potrubí.



Zdroj: [76, Nemecko 2006]

Obrázok 6.8: Vysokoúčinný systém SNCR a miesto na vstrekovanie amoniakovej vody cez vstrekovacie tyče na pozíciách od č. 21 do č. 26

Použitím vysokoúčinného procesu SNCR by sa mohla neustále dosahovať úroveň emisií 500 $\text{mg NO}_2/\text{Nm}^3$ bez výrazného úniku amoniaku. Vykonal sa skúšky na preskúmanie optimalizácie prevádzky SNCR s cieľom dosiahnuť emisie NO_x pod 500 mg/Nm^3 . V roku 2007 posledné výsledky šesťmesačného testu výkonnosti ukázali, že hodnoty emisií NO_x 350 mg/Nm^3 (denné priemerné hodnoty) sa dosiahli pri použití molárneho pomeru $\text{NH}_3 : \text{NO}$ 0,7 (prepojená prevádzka/zapnutý mlyn) – 0,8 (priama prevádzka/vypnutý mlyn). Okrem toho sa dosiahli hodnoty emisie NO_x 200 mg/Nm^3 (priemerné denné hodnoty) pri použití molárneho pomeru $\text{NH}_3 : \text{NO}$ 1,4 (prepojená prevádzka/zapnutý mlyn) – 1,5 (priama prevádzka/vypnutý mlyn). Pri použití vysokých molárných pomerov $\text{NH}_3 : \text{NO}$ je však potrebné starostlivo zvážiť emisie amoniaku. Počas výkonnostných skúšok sa emisie NH_3 merali kontinuálne. Výsledkom merania NH_3 však bol výrazný únik amoniaku pri udržaní 200 $\text{NO}_x \text{ mg}/\text{Nm}^3$ najmä počas prevádzky mlyna (max. 50 – 200 mg/Nm^3). Celkovo bol únik amoniaku dvakrát vyšší, aby sa dosiahla úroveň emisií 200 mg/Nm^3 (NH_3 : trojmesačná priemerná hodnota 11 mg/Nm^3) v porovnaní s úrovňou 350 mg/Nm^3 (NH_3 : trojmesačná priemerná hodnota 21 mg/Nm^3). Pomer prevádzky s vypnutým mlynom v tomto prípade bola približne 10 – 20 %. Počas

skúšky výkonnosti nebolo možné pozorovať príslušné obohatenie amoniaku v surovinovej múčke a v prachu ESP. Testy ukázali, že emisie amoniaku by sa mali dôkladne zväžiť. Únik amoniaku, ku ktorému dochádza v dôsledku vyššie uvedeného procesu, stanovuje limity pre nadmerné stechiometrické pridávanie redukčných činidiel [76, Nemecko 2006], [168, TWG CLM 2007], [173, Nemecko 2007], [182, TWG CLM 2008].

6.2.5 Výroba cementu – príklad zníženia emisií NO_x pomocou techniky SCR

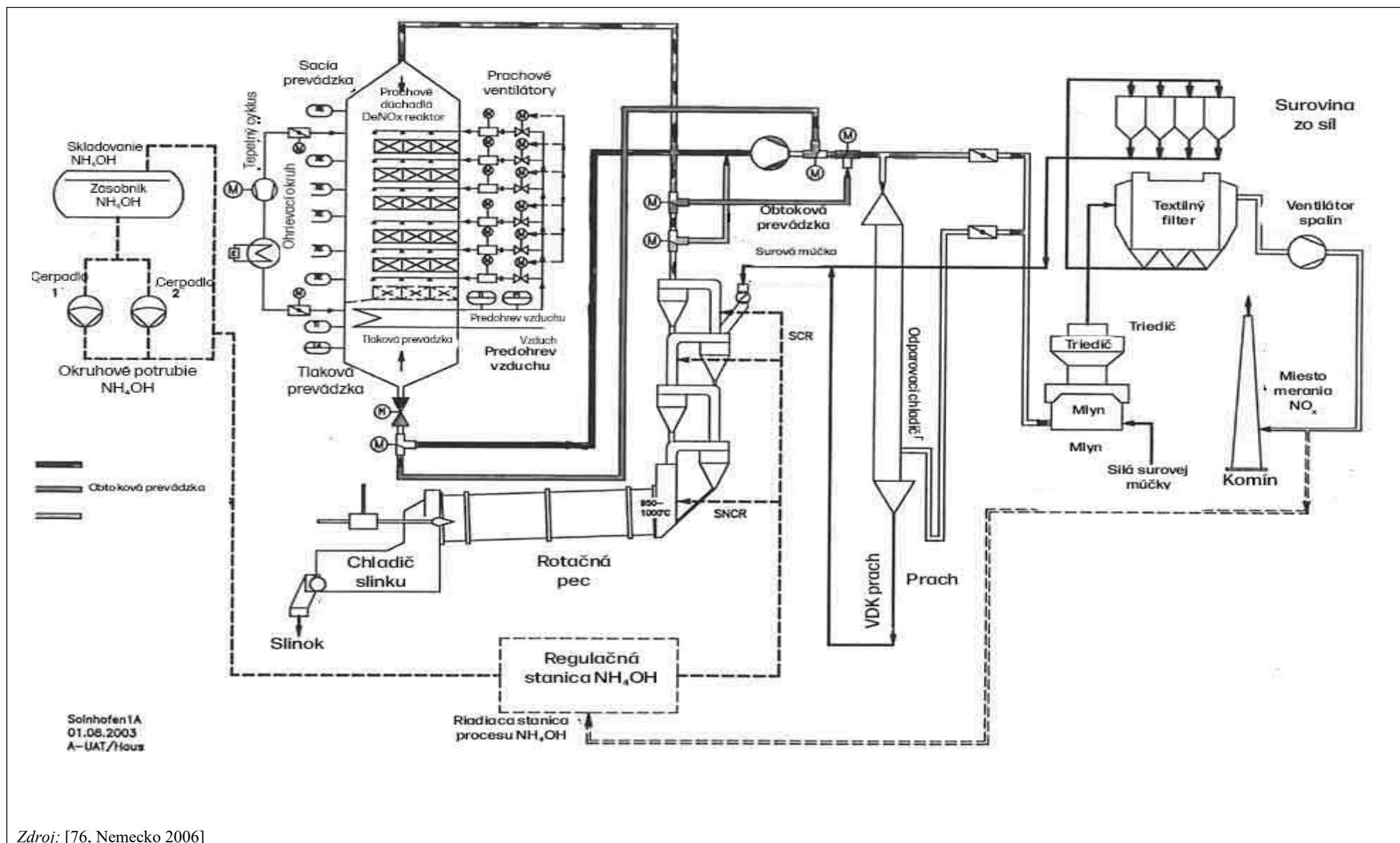
Opis

Prvé demonštračné prevádzkové zariadenie SCR v plnom rozsahu bolo postavené v Nemecku s finančnou podporou vlády. Táto prevádzka (Solnhofen Portland-Zementwerke) funguje od roku 2001. Spoločnosť Solnhofen Portland-Zementwerke sa rozhodla implementovať systém SCR v prostredí s vysokou prašnosťou z týchto dôvodov:

- nižšia spotreba NH₃ v porovnaní so SNCR, čo má za následok nižšie prevádzkové náklady,
- v hornej časti štvorstupňového predohrievania má odpadový plyn teplotu 320 – 350 °C, ktorá je vhodná pre SCR a nevyžaduje opätovné ohrievanie (ako v prípade konfigurácie medzi textilným filtrom a komínom), čím sa znižujú náklady na energiu a tlakové straty.

Reaktor SCR v Solnhofene umožňuje zariadenie šiestich vrstiev katalytických prvkov, ale v prevádzke boli len tri z týchto vrstiev. Každá vrstva pozostáva zo šiestich modulov, z ktorých každý má 72 katalytických prvkov. Katalytické prvky majú veľkosť 15 x 15 x 90 cm, hrebeňovitú štruktúru a špeciálne zloženie na báze TiO₂ a V₂O₅. Rozstup 13 mm (ale 10 mm v strednej vrstve) bol zvolený tak, aby sa zabránilo upchávaniu. Integrovaný odprašovací systém využíva predohrievaný vzduch pod vysokým tlakom na odstránenie nahromadeného prachu z povrchu katalyzátora. Vzduchové dýzy sa pohybujú nepretržite nad každou vrstvou katalyzátora, takže na odstránenie prachu z katalyzátora nie je potrebné prerušenie prevádzky. Optimalizáciou odprašovacieho systému sa znížila spotreba vysokotlakového vzduchu z pôvodných 100 na 18 m³ na tonu cementového slinku, čo má za následok energetické náklady na prevádzku katalyzátora vo výške približne 0,098 EUR na tonu cementového slinku [76, Nemecko 2006].

Proces SCR zo vzorovej prevádzky SCR v Solnhofene je znázornený na obrázku 6.9.



Zdroj: [76, Nemecko 2006]

Obrázok 6.9: Vývojový diagram vzorovej prevádzky SCR v Nemecku (Solnhofer Portland-Zementwerke)

Aby sa zabezpečila maximálna životnosť reaktora SCR, bol navrhnutý tak, aby umožňoval prevádzku buď proti prúdu, alebo za prúdom, ako je znázornené na obrázku 6. 9. Integrovaný odprašovací systém je preto schopný odfúknuť nahromadený prach buď z horného, alebo spodného povrchu každej vrstvy katalyzátora. Keďže dlhodobé skúsenosti v Solnhofene nepreukázali očakávané výhody pre prevádzku proti prúdu, nebolo potrebné meniť smer prúdenia plynu. Preto by sa budúce implementácie SCR v prostredí s vysokou prašnosťou mohli navrhnuť len na následnú prevádzku, čím by sa znížili náklady na investície.

Redukčné činidlo, vodný roztok s 25 % NH_3 , sa pridáva do výstupného plynu v horných stupňoch predohrievača v molárnom pomere 0,8 až 0,9 k stechiometrickej potrebe podľa prietoku odpadového plynu, počiatkovej koncentrácie NO_x a cieľovej hodnoty.

Prvá súprava katalyzátorov bola v prevádzke 40 000 hodín bez nadmerného používania alebo straty aktivity. Neskoršie skúšky s katalyzátormi doskového typu ukázali vyššie mechanické využitie a neočakávané straty aktivity. Na zabezpečenie plného dodržiavania limitných hodnôt emisií (ELV) bola prevádzka v Solnhofene v roku 2006 vybavená systémom SNCR na záložnú prevádzku.

Dosiahnuté environmentálne prínosy a prevádzkové údaje

Účinnosť znižovania emisií NO_x v prevádzke SCR v Solnhofene sa zvyčajne pohybuje v rozmedzí 59 až 67 %. Za neobvyklých prevádzkových podmienok s koncentraciami surového plynu 3 000 mg/Nm^3 a vyššími bola pozorovaná účinnosť znižovania emisií NO_x viac ako 80 %. Pri bežnej prevádzke SCR znižuje emisie NO_x z koncentrácie surového plynu 1 000 až 1 600 mg/Nm^3 na približne 400 až 550 mg/Nm^3 . Je potrebné poznamenať, že prevádzka v Solnhofene bola navrhnutá tak, aby spĺňala limitnú hodnotu emisií NO_x 500 mg/Nm^3 a že sa podľa toho aj prevádzkovala, ale niekedy bola limitná hodnota emisií 500 mg/Nm^3 prekročená.

Pri molárnom pomere 0,8 až 0,9 je spotreba NH_3 výrazne nižšia ako pri použití SNCR. Je potrebné poznamenať, že NH_3 zo suroviny slúži aj ako redukčné činidlo v reaktore, preto je úroveň emisií zvyškového NH_3 veľmi nízka. V prevádzke Solnhofen viedla SCR zvyčajne k emisiám NH_3 pod 1 mg/Nm^3 .

V jednej kampani sa dávkovanie NH_3 zvýšilo podľa cieľovej úrovne NO_x 200 mg/Nm^3 . V tejto kampani sa dosiahla úroveň emisií približne 300 mg/Nm^3 . Tieto výsledky môžu naznačovať potenciál tejto techniky, najmä preto, že boli dosiahnuté aj pri použití iba troch katalytických vrstiev a úroveň emisií zvyškového NH_3 sa stále pohybovala okolo 1 mg/Nm^3 .

Dosah na viaceré zložky životného prostredia

Jediným negatívnym dosahom na viaceré zložky životného prostredia je mierne zvýšenie dopytu po energii v dôsledku vnútorného odprašovacieho systému reaktora SCR a dodatočných strát tlaku.

Uplatniteľnosť

Do roku 2008 sa SCR testovala len na systémoch predohrievača a polosuchých peciach (Lepol), ale mohla by byť uplatniteľná aj na iné systémy pecí.

Hospodárske vplyvy

Celkové náklady na investície do projektu SCR v Solnhofene predstavovali približne 3,5 milióna EUR vrátane dodatočných výdavkov na vývoj, ako je kapacita šiestich vrstiev katalyzátora a schopnosť prevádzky v režime pred alebo za prúdom. Investičné náklady na novú prevádzku založenú na skúsenostiach zo Solnhofenu sa odhadujú na približne 2,2 milióna EUR na reaktor SCR vrátane približne 250 000 EUR na katalyzátory, pričom sa musí počítať s nákladmi na výmenu každých 5 – 6 rokov. Táto suma nezahŕňa náklady na skladovanie amoniaku a na potrubia, pretože sa v jednotlivých lokalitách výrazne líšia. Náklady na zníženie emisií NO_x pomocou SCR alebo SNCR odhaduje nemecká spolková agentúra pre životné prostredie (UBA) pre kapacitu pece 1 500 t/d a zníženie emisií NO_x z 1 000 na 500 mg/Nm^3 na základe praktických skúseností z prevádzky Solnhofen. Ako je uvedené v posledných dvoch stĺpcoch tabuľky 6.26, odhady nákladov sú extrapolované na zníženie emisií NO_x na 200 mg/Nm^3 .

Ako výsledok výpočtov nemeckej UBA sú prevádzkové náklady na SNCR a SCR – vrátane nákladov na výmenu katalyzátora – približne rovnaké pre cieľovú úroveň NO_x 500 mg/Nm³, zatiaľ čo celkové špecifické náklady na SCR sú približne o 50 % vyššie ako na SNCR. Pri cieľovej úrovni NO_x 200 mg/Nm³ sa zdá, že SCR je účinnejší z hľadiska prevádzkových nákladov, ale celkové špecifické náklady sú stále na rovnakej úrovni ako v prípade SNCR. Pri porovnávaní týchto obrázkov je potrebné poznamenať, že dlhodobé skúsenosti s úrovňou NO_x 200 mg/Nm³ zatiaľ nie sú k dispozícii ani pre SCR, ani pre SNCR. V prípade SNCR je potrebné zohľadniť aj vyššie emisie NH_3 [76, Nemecko 2006].

Tabuľka 6.25: Základné predpoklady z prevádzky SCR v Nemecku

Základný parameter	Jednotka	Faktor
Miera výroby slinku	t/rok	480 000
Miera výroby slinku	t/d	1 500
Čas prevádzky	h/rok	7 680
Prietok odpadových plynov	Nm ³ /t	2 300
Počiatková úroveň NO_x	mg/Nm ³	1 000
Počiatková úroveň NO_x	kg/t	2,3
Náklady na NH_3 (25 % roztok)	EUR/t	90,00
Náklady na katalyzátory	EUR/Nm ³	7 500
Životnosť katalyzátora	h)	40 000
Životnosť investícií	yr	20
Miera inflácie	%	3,0
Zdroj: [76, Nemecko 2006]		

Tabuľka 6.26: Porovnanie nákladov na techniky SNCR znižovania emisií NO_x v porovnaní s SCR z nemeckej UBA pre nemeckú prevádzku

Porovnanie nákladov na SNCR v porovnaní s SCR					
Parameter	Jednotka	SNCR	SCR	SNCR	SCR
Cieľová hodnota NO_x	mg/Nm ³	500	500	200	200
Ekvivalent NH_3	kg/t	0,44	0,44	0,71	0,71
Stechiometrický faktor		1,7	0,8	2,5	1,0
Spotreba NH_3 (25 %)	kg/t	3,02	1,42	7,11	2,84
Spotreba NH_3 (25 %)	kg/d	4,550	2,150	10,650	4,250
Počet katalytických vrstiev			3		4
Náklady na prevádzku					
Spotreba NH_3	EUR/t	0,27	0,13	0,64	0,26
Spotreba elektrickej energie	EUR/t	0,03	0,10	0,06	0,11
Náklady na výmenu katalyzátora	EUR/t		0,10		0,13
TOTAL	EUR/t	0,30	0,33	0,70	0,50
Investičné náklady					
Amoniakový systém	EUR	600 000	250 000	1 000 000	350 000
Reaktor SCR (okrem katalyzátorov)	EUR		1 950 000		2 350 000
TOTAL	EUR	600 000	2 200 000	1 000 000	2 700 000
Špecifické investičné náklady ⁽¹⁾	EUR/t	0,08	0,30	0,14	0,37
Špecifické náklady spolu ⁽²⁾	EUR/t	0,38	0,62	0,83	0,87
Náklady na zníženie emisií NO_x	EUR/t NO_x	330,00	540,00	450,00	470,00
(1) Špecifické investície					
(2) Celkové náklady na prevádzku a špecifické investičné náklady					
Zdroj: [76, Nemecko 2006]					

Výpočet nákladov nemeckého odvetvia výroby cementu, ktorý vykonal Zväz nemeckých inžinierov (VDZ), zahŕňa podrobný prístup k nákladom na techniku SCR. Okrem investičných nákladov sa v tejto štúdii zohľadňujú aj celkové prevádzkové náklady vrátane nákladov na amoniakovú vodu, spotrebu energie na čistenie katalyzátora stlačeným vzduchom a pokles tlaku spôsobený samotným katalyzátorom spolu s ďalšími typickými údajmi pre ekonomické hodnotenie cementárne. Tu sa ukázalo, že náklady na SNCR sú vždy

nižšie ako pri SCR, ak sa ako základ použijú európske ceny energie a NH_3 . Teoreticky by SCR mohla byť menej nákladná ako SNCR len pri veľmi vysokých mierach zníženia, ak by ceny NH_3 výrazne vzrástli a ak by ceny energie klesli. Zdá sa však, že táto situácia nemá uplatniteľnosť pre región EÚ, pretože náklady na amoniak a energiu nie sú protichodné, keďže majú tendenciu stúpať a klesať súčasne. Mohlo sa tiež ukázať, že úsilie o zníženie NO_x primárnymi technikami ($\sim 800 \text{ mg/m}^3$, čo bol priemer v Nemecku v roku 2007) prinieslo lepšie ekonomické výsledky pre SNCR, keďže náklady na ne sú do veľkej miery ovplyvnené nákladmi na amoniak.

Výsledky SCR ukázali úroveň nákladov v rozmedzí od 1,25 do 2,00 EUR na tonu v závislosti od veľkosti prevádzky a požadovanej účinnosti odstraňovania NO_x . Na rozdiel od SNCR sú pri SCR dominantné náklady na investície, ktoré sú štyrikrát až deväťkrát vyššie ako pri systéme SNCR. Okrem toho spotreba energie je v podstate spôsobená poklesom tlaku a čistiace vzduchom pre katalyzátor. Najnovšie konkrétne obrázky pre systém SCR odrážajú vývoj tejto techniky. Ako sa uvádza v predchádzajúcej štúdii VDZ, špecifické náklady na SCR predstavovali 3 EUR na tonu slinku, hoci v roku 2006 sa táto hodnota znížila na približne 1,75 EUR na tonu [76, Nemecko 2006].

Náklady vypočítané spoločnosťou VDZ pre zariadenie v plnom rozsahu s kapacitou pece 1 500 t slinku za deň, počiatocnými emisiami 1 200 mg/Nm^3 a konečnou úrovňou 200, 500 a 800 mg/Nm^3 sú uvedené v tabuľke 6.27.

Tabuľka 6.27: Výpočet nákladov na zníženie emisií NO_x pomocou SCR pre nemeckú cementáreň s kapacitou 1 500 t/d

Technika	Systém pece Uplatniteľnosť	Účinnosť zníženia	Vykázané náklady	
			Investičné náklady (v miliónoch EUR)	Prevádzkové náklady (EUR)
SCR	Pravdepodobne všetky	85 – 95 %	3,2 – 4,2	0,54 – 0,94
Zdroj: [76, Nemecko 2006]				

6.2.6 Výroba cementu – usmernenie týkajúce sa kontroly núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO

Vo väčšine prípadov pri suchom spôsobe výroby cementu horúce odpadové plyny zabezpečujú teplo pre mlyn na suroviny (združená prevádzka). Ak mlyn na suroviny nie je spustený (priama prevádzka), plyny sa pred úpravou v odlučovači prachu zvyčajne ochladzujú rozprašovaním vody v chladiacej veži, aby sa znížil objem plynu a zlepšili sa zrážacie vlastnosti, pričom tieto vlastnosti sú dôležité najmä pre elektrostatické odlučovače.

Spaliny z pece/mlyna na surovinu ako také pozostávajú z rôznych zložiek, ako sú CO_2 , N_2 , vodná para a kyslík. V oveľa menšej miere obsahuje NO a SO_x ako aj CO . CO sa môže nachádzať v spalinách v koncentráciách do 0,1 %, pričom ďalší CO pochádza z uhlíka v surovinách.

Termín „núdzové vypnutie z dôvodu zvýšeného množstva CO “ sa vzťahuje na ESP a do určitej miery aj na hybridné filtre, pretože sa musia z bezpečnostných dôvodov vypnúť počas zvýšených úrovní CO v spalinách. Takéto vypnutie zasa spôsobí zvýšenie emisií prachu, ktoré bude trvať rádovo niekoľko sekúnd až niekoľko minút. Automatické zariadenie na monitorovanie CO musí nepretržite monitorovať spaliny. Ak je toto zariadenie optimalizované z hľadiska reakčného času, ako aj postupu vypnutia a je správne udržiavané, ESP bude fungovať v súlade so svojimi špecifikáciami. Pri použití v peciach so sekundárnym výpalom možno zabezpečiť ďalšiu prevádzkovú spoľahlivosť filtrov prostredníctvom postupného vypínania výpalného systému počas núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO .

6.2.6.1 Ciele na zníženie počtu prevádzkových prerušení – núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO

Oxid uhoľnatý pochádzajúci z akéhokoľvek organického obsahu v surovinách sa uvoľňuje spolu s pecnými plynmi. Okrem úrovne pozadia CO však pri nedostatočnej regulácii dávkovania paliva a/alebo pomeru spaľovaného vzduchu vznikajú ďalšie núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO . K núdzovým vypnutiam z dôvodu zvýšeného množstva CO môže dôjsť v priebehu niekoľkých minút alebo dokonca sekúnd, čím sa rýchlo dosiahne hranica prerušenia prevádzky (pozri oddiel 1.3.4.1.1).

Hlavným cieľom je preto proaktívne minimalizovať narušenie prevádzky – v konečnom dôsledku vylúčiť výbuch ESP – pomocou manažérskych metód. Preto je kontrola úrovne CO v cementovej peci dôležitá, najmä ak sa na znižovanie emisií tuhých znečisťujúcich látok používajú ESP. Ak sa núdzové vypnutie z dôvodu zvýšeného množstva CO nedá potlačiť, všetky zdroje vznietenia, najmä vysokonapäťové zariadenia ESP, si vyžadujú osobitnú pozornosť. Núdzové vypnutie zariadenia vysokého napätia ako také je poslednou možnosťou a je nežiaduce. Ďalšími potenciálnymi zdrojmi vznietenia môžu byť statické zaťaženia spôsobené trením pevných a tuhých látok alebo tiež ventilátory, ktoré sú možné v prípade akéhokoľvek systému zberu prachu.

Kritická hranica je vo všeobecnosti $>8\%$ CO alebo $-\text{CH}_4$ – v prítomnosti $>6\%$ O_2 . V skutočnosti sa núdzové vypnutie z dôvodu zvýšeného množstva CO rýchlo šíri plynom sústavou a dosiahne kritickú oblasť pre zdroj vznietenia skôr, ako je analyzujúci systém schopný signalizovať poplach. Preto musí byť akčná úroveň výrazne nižšia ako teoretická úroveň a ďalej závisí od koncentrácií CH_4 a H_2 , najmä ak sa ako palivo používa zemný plyn. V niektorých prípadoch dôjde k núdzovému vypnutiu ESP hlboko pod kritickou hranicou, zatiaľ čo v iných prípadoch môžu byť systémy ESP nesprávne chránené.

Úroveň núdzového vypnutia vysokonapäťového zariadenia závisí od mŕtveho času. To zasa závisí od umiestnenia, typu a usporiadania analytického zariadenia. Čím pomalší je čas odozvy analyzujúceho zariadenia a čím kratší je čas zdržania od miesta analýzy k zdroju vznietenia, tým nižšia musí byť akčná úroveň.

Z prieskumov vyplýva, že k poruchám dochádza najmä vo fáze spúšťania prevádzky. Pre bezpečnú prevádzku je veľmi dôležité, aby analyzátory plynov na ochranu ESP boli v prevádzke počas všetkých prevádzkových fáz, nielen počas bežnej prevádzky. V záujme skrátenia prestojov prevádzky môže byť užitočné mať v prevádzke aj záložný systém.

6.2.6.2 Stratégia rozvoja minimalizácie CO

Na zníženie prestopov ESP je potrebný systematický postupný prístup, ako je opísané nižšie:

- stanoviť ciele a posúdiť situáciu, pokiaľ ide o hlavné faktory ovplyvňujúce núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO, ako sú príčiny núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO v dôsledku dávkovania paliva alebo zlého spaľovania,
- porovnanie a vyhodnotenie súčasnej a optimálnej situácie, identifikácia optimalizačného potenciálu a stanovenie priorít – analýza nedostatkov,
- optimalizácia procesu, systému analýzy, zabezpečenie dostupnosti, spoľahlivosti a rýchlosti, optimalizácia reakčných techník.

Vo fáze posudzovania sú okrem štatistík o vývoji CO potrebné aj informácie o palive a procese, ako aj informácie o umiestnení, spoľahlivosti, dostupnosti a dynamickom správaní analyzovaného zariadenia. Tieto údaje sa dajú porovnať, aby sa identifikovala akákoľvek príčina a riešili sa protiopatrenia.

Núdzové vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO môžu byť spôsobené nestabilnou prevádzkou spaľovacieho systému. To sa môže vyskytnúť pri akejkoľvek palive, ale najmä pri tuhom. Preto musia byť systémy dávkovania paliva navrhnuté tak, aby sa kedykoľvek zabránilo nárazovému prísunu paliva do systému pece. Dopravné vlastnosti tuhých palív sú v tomto ohľade obzvlášť kritickými faktormi a musia byť starostlivo kontrolované, aby sa zabránilo zadržiavaniu alebo upchávaniu v systémoch prípravy a dávkovania paliva. Rovnako dôležitá je však aj potreba udržať normálne emisie CO čo najnižšie, čím sa zvýši vzdialenosť k akčnej úrovni a poskytne sa viac reakčného času. To sa dosahuje prostredníctvom zlepšenia spaľovania, ako je optimalizácia a kvalita dávkovaného paliva, vlastnosti a konfigurácia horáka, ťah pece, teplota spaľovania a čas zadržania.

6.2.6.3 Systém monitorovania CO

Ideálny systém monitorovania CO má krátky čas odozvy a mal by byť umiestnený v blízkosti zdroja CO, napríklad na výstupe z predohrievača alebo na vstupe do pece v prípade aplikácie mokrej pece. Napriek tomu je potrebné vykonať analýzu mŕtveho času celého systému – vrátane času zadržania v dôsledku objemu potrubia. V ideálnom prípade sa mŕtvy čas prepravy vzorky plynu CO z miesta nasávania do analyzátora pohybuje v rozmedzí 20 – 30 sekúnd (čas oneskorenia analýzy). Ak sa pridá ďalších 10 – 30 sekúnd oneskorenia ako reakčný čas analýzy, celkový maximálny mŕtvy čas by mal byť dosiahnutý pred dosiahnutím približne 85 % maximálnej hodnoty. Celkový mŕtvy čas určuje, kedy treba konať – nie príliš skoro a nie príliš neskoro. Ak sa vykoná podrobnejšia analýza sklonu signálu CO, možno presnejšie predpovedať, kedy sa musí vysokonapäťový systém ESP vypnúť a kedy sa môže opäť uviesť do plnej prevádzky – teda zohľadniť, kedy núdzové vypnutie z dôvodu zvýšeného množstva CO opustilo kritickú oblasť.

Čas oneskorenia monitorovania CO možno skrátiť zvýšením prietoku vzorky, skrátením vzdialenosti od miesta odberu vzorky k analyzátoru, zmenšením objemu v analyzujúcom systéme a rýchlym elektronickým hlásením signálu. Na trhu sú k dispozícii rýchle in situ systémy s časom odozvy <3 sekundy, ktoré však majú obmedzenia v plynch s vysokým obsahom prachu. Vo všeobecnosti je nevyhnutné dodržiavať prísny režim údržby a kalibrácie. Rozsahy a komponenty analyzátorov však musia primerane zohľadňovať kritické limity do 5 % pre CO a 3 % pre CH₄.

6.2.6.4 Opatrenia, ktoré sa majú prijať v prípade núdzového vypnutia z dôvodu zvýšeného množstva CO

Príklad primárnych techník, ktoré možno použiť na prevenciu výpadkov CO v ESP, je opísaný v tabuľke 6.28. Štandardné postupné opatrenia môžu najprv zahŕňať zníženie prívodu paliva a úrovně vysokého napätia. Potom sa úplne preruší prívod paliva a automaticky nastane výpadok transformátorov vysokého napätia. Systém je potom potrebné prečistiť tak, že ventilátory zostanú v prevádzke. Potrebný čas preplachovania možno určiť rovnakým spôsobom ako čas oneskorenia.

Tabuľka 6.28: Príklad primárnych techník na predchádzanie núdzovým vypnutiam z dôvodu zvýšeného množstva CO z ESP

Primárne techniky na predchádzanie núdzovým vypnutiam z dôvodu zvýšeného množstva CO		
Bod merania	Úroveň CO (%)	Opatrenie
Vo veži predohrievača	0,5	Alarm, vypnutie systému výpalu na vstupe do predkalcinátora/pece
	1,2	Vypnutie hlavného spaľovacieho systému
	2,5	Vypnutie elektrostatického odlučovača s vysokým napätím
Po veži predohrievača	0,5	Alarm, vypnutie systému výpalu na vstupe do predkalcinátora/pece
	0,8	Vypnutie hlavného spaľovacieho systému
	1,5	Vypnutie elektrostatického odlučovača s vysokým napätím
	0,5	Opätovné spustenie vysokonapäťového zariadenia ESP
Zdroj: [60, VDI 2094 Nemecko 2003], [83, CEMBUREAU 2006]		

6.2.6.5 CO a CH₄ v textilných filtroch

Problémy môžu mať aj textilné filtre prevádzkované v nadkritických prostrediach. Preto by sa aj prevádzková úroveň CO mala udržiavať na čo najnižšej úrovni. Podobne ako pri ESP, ďalšie horľavé zložky plynu, ako sú CH₄ a H₂, znížia kritickú úroveň, t. j. ak je prítomný vodík s obsahom približne 2 %, kritická úroveň sa zníži na ~5 %.

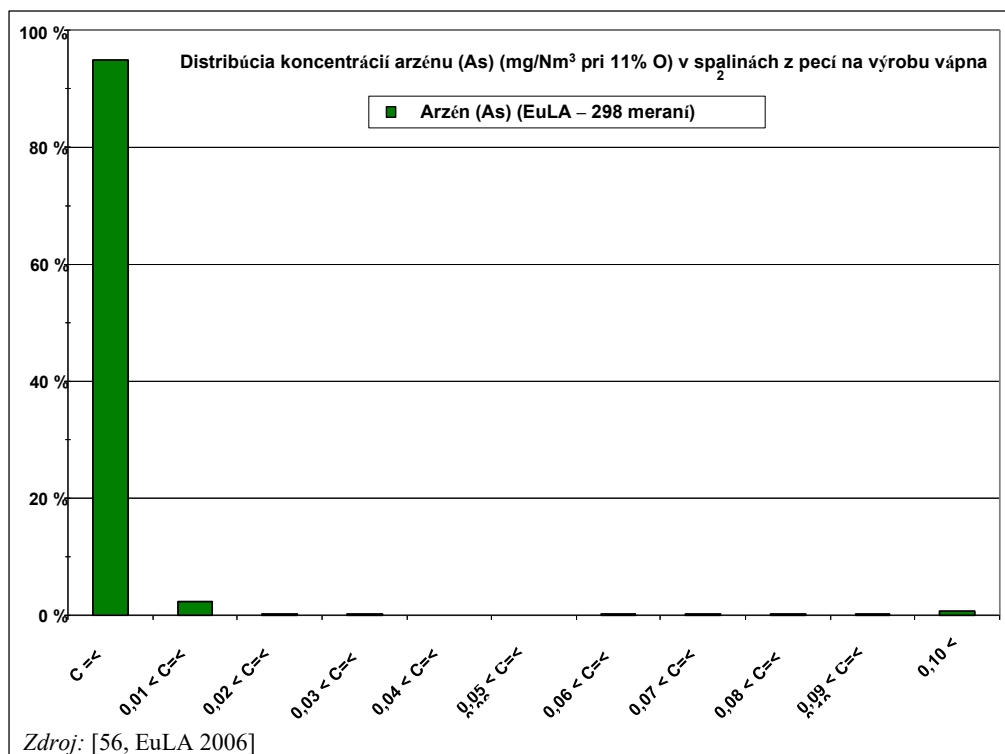
Špecifickými potenciálnymi zdrojmi vznietenia pre textilné filtre môže byť statické zaťaženie spôsobené trením umelých vlákien alebo – v prípade hybridných filtrov (kombinácia ESP s textilným filtrom) – akumulované statické zaťaženie na vakoch. Aby sa zabránilo prerušeniu, najmä v prípade mlynov na uhlie, sú vrecia vybavené sieťkou z nehrdzavejúcich vlákien alebo vodivým povrchom a sú uzemnené k doske bunky vrecovej komory. Podobne aj pri hybridných odlučovačoch prachu sa odporúča uzemniť klieťku na podporu vaku s doskou bunky.

Rovnako ako pri systéme ESP sa musí CO vyčistiť. Preplachovanie mlynov na uhlie sa prednostne vykonáva pomocou inertného plynu, ako je pecný plyn, CO₂ alebo N₂ [83, CEMBUREAU 2006].

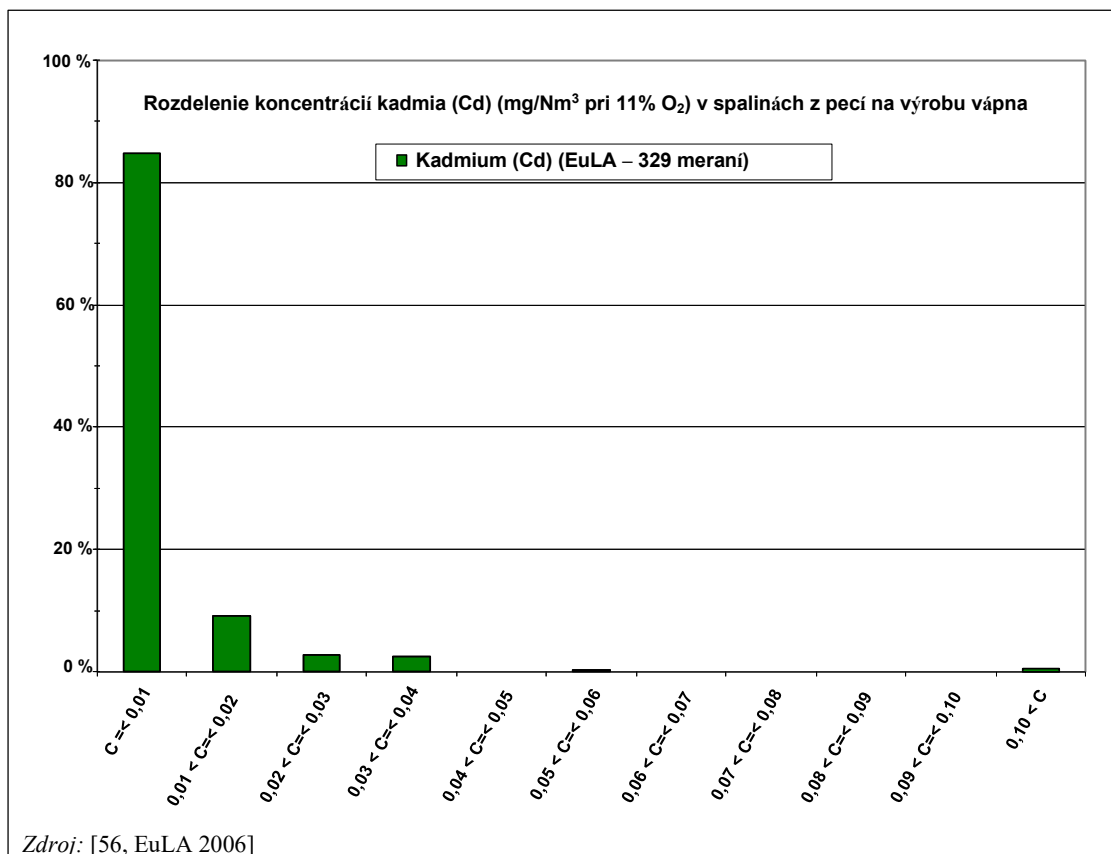
6.3 Príloha o výrobe vápna

6.3.1 Výroba vápna – rozdelenie koncentrácií kovov v spalinách z pecí na výrobu vápna v EÚ 27

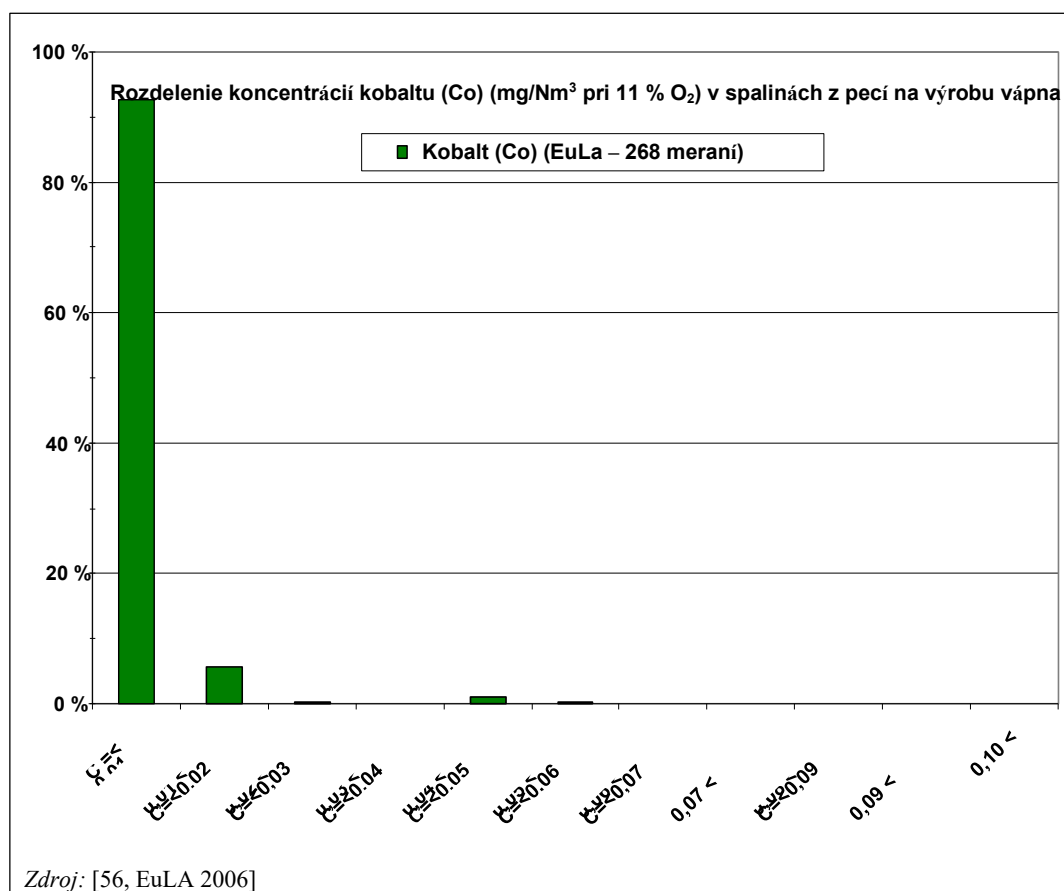
Nasledujúce obrázky (obrázok 6.10 až obrázok 6. 25) znázorňujú zodpovedajúce rozloženie koncentrácií rôznych kovov v spalinách z pecí na výrobu vápna v EÚ 27 (pozri aj oddiel 2.3.3.9) [56, EuLA 2006].



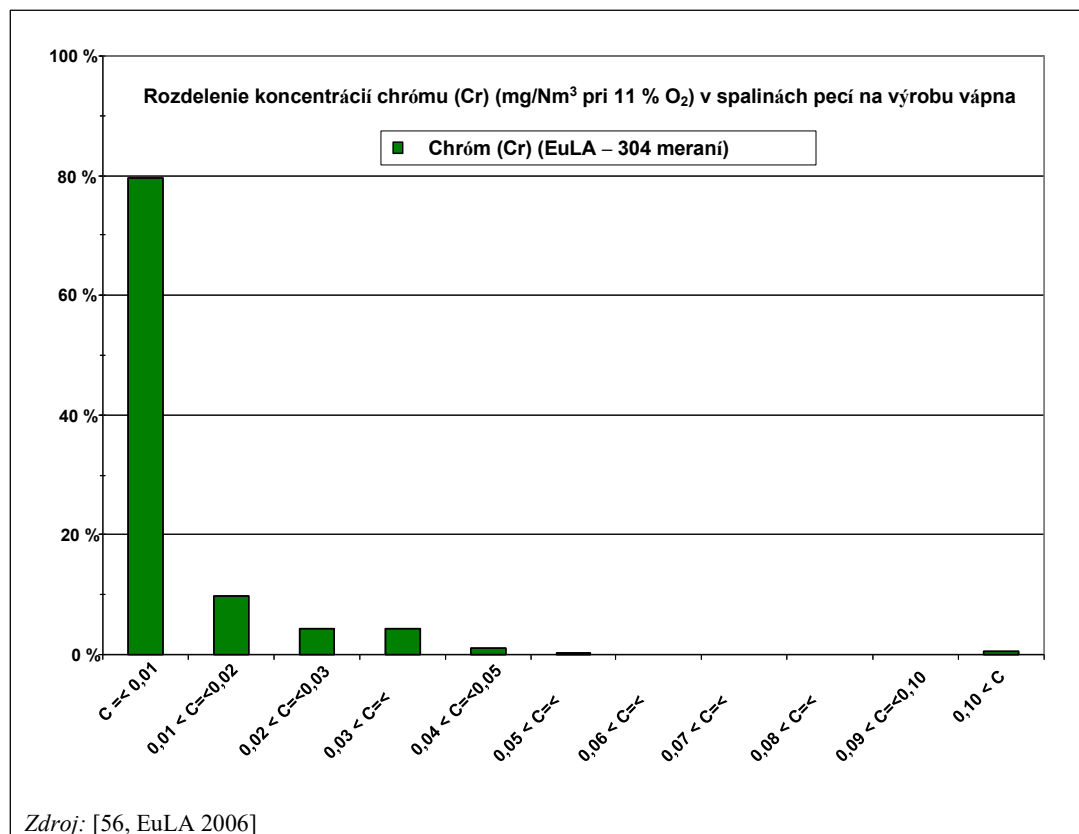
Obrázok 6.10: Rozdelenie koncentrácií arzénu v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



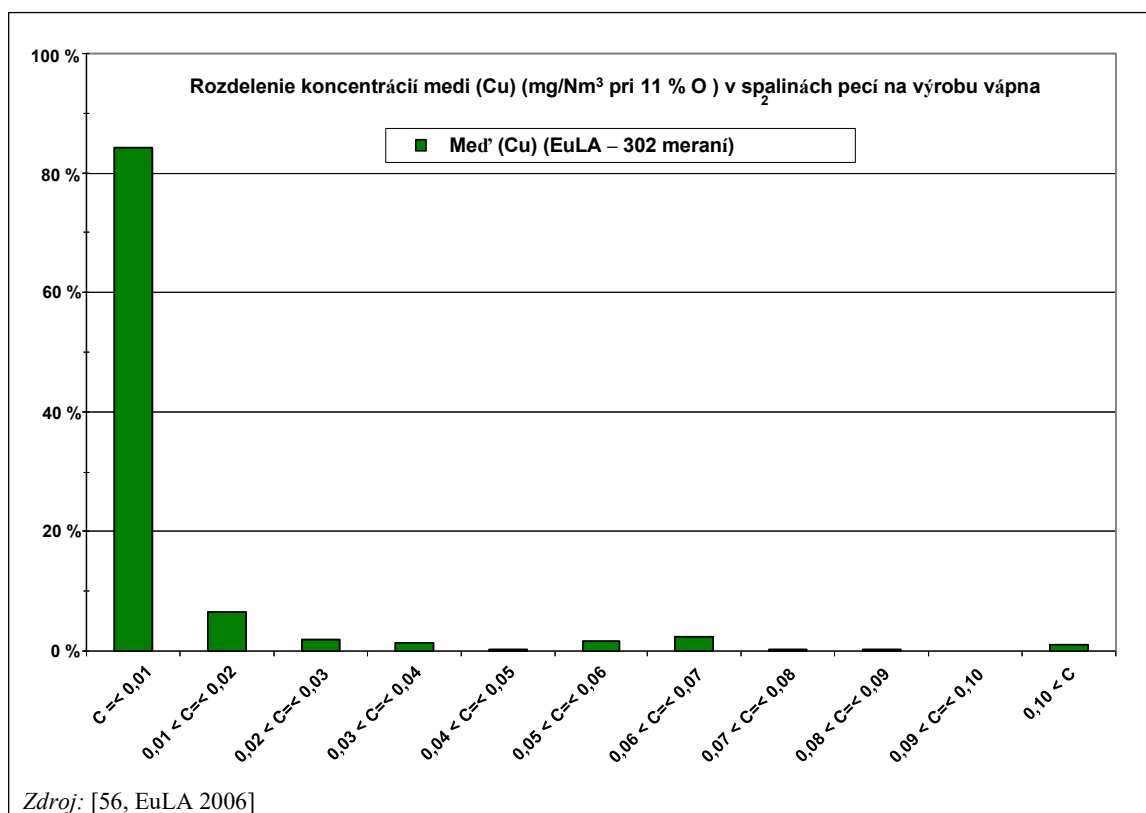
Obrázok 6.11: Rozdelenie koncentrácií kadmia v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



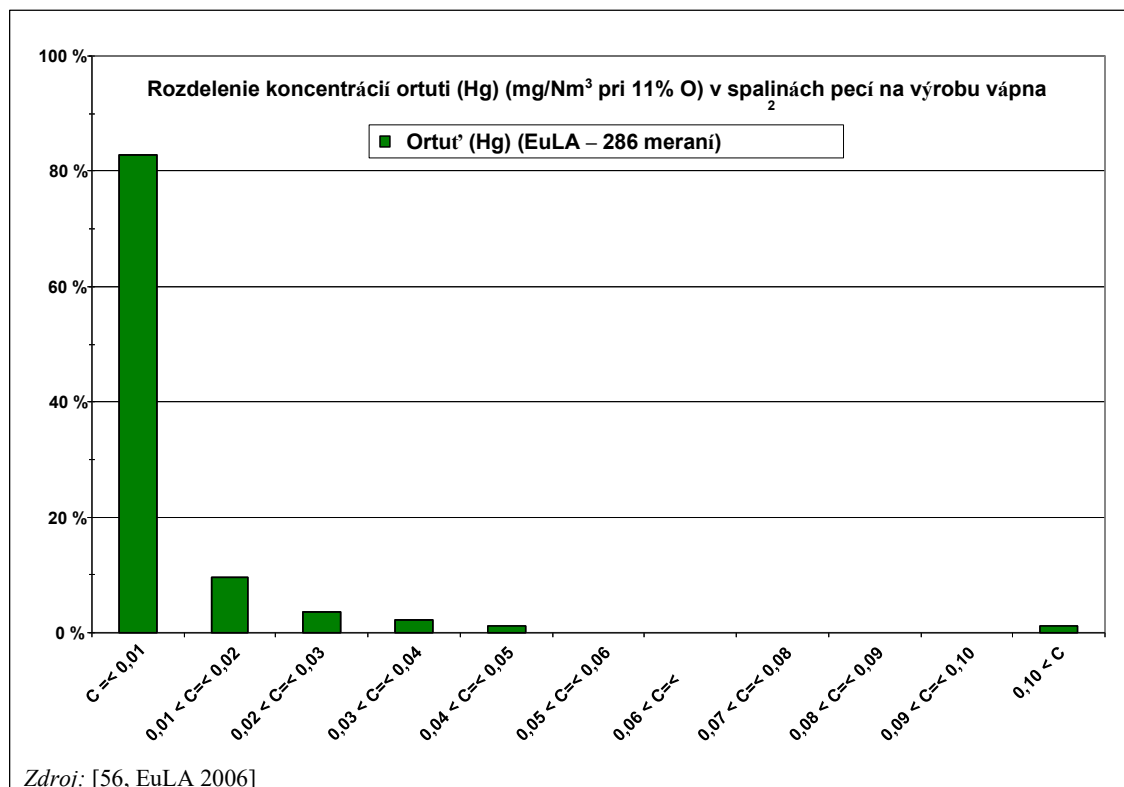
Obrázok 6.12: Rozdelenie koncentrácií kobaltu v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



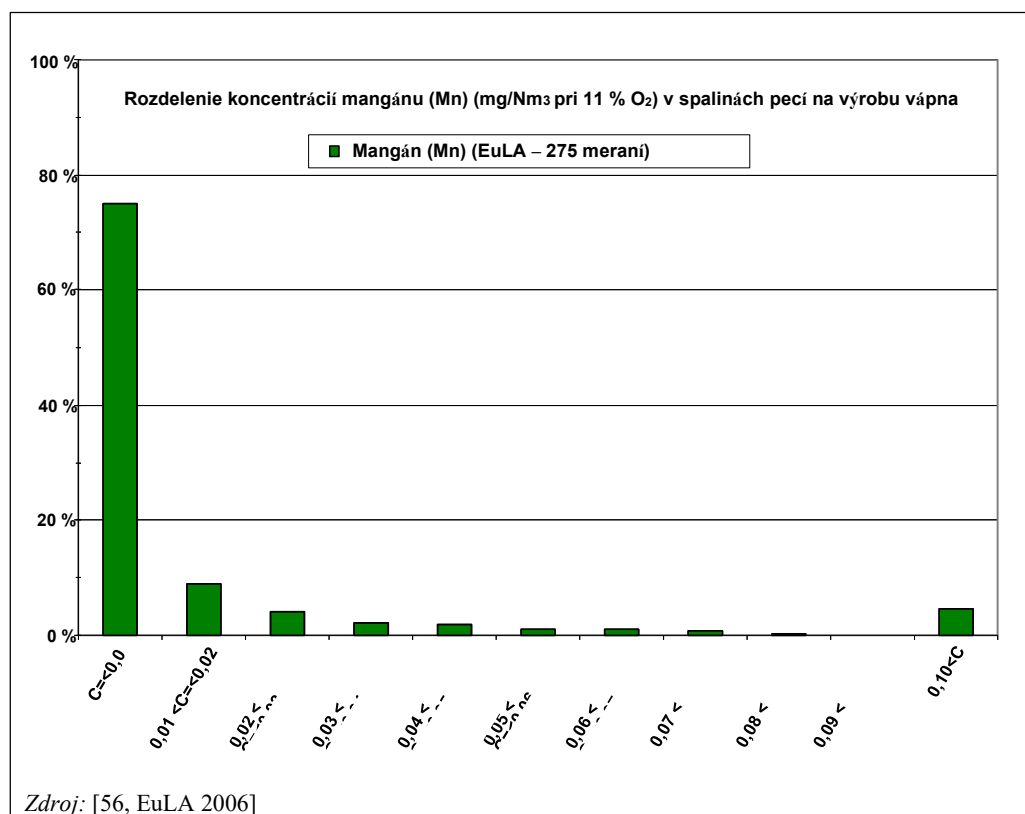
Obrázok 6.13: Rozdelenie koncentrácií chrómu v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



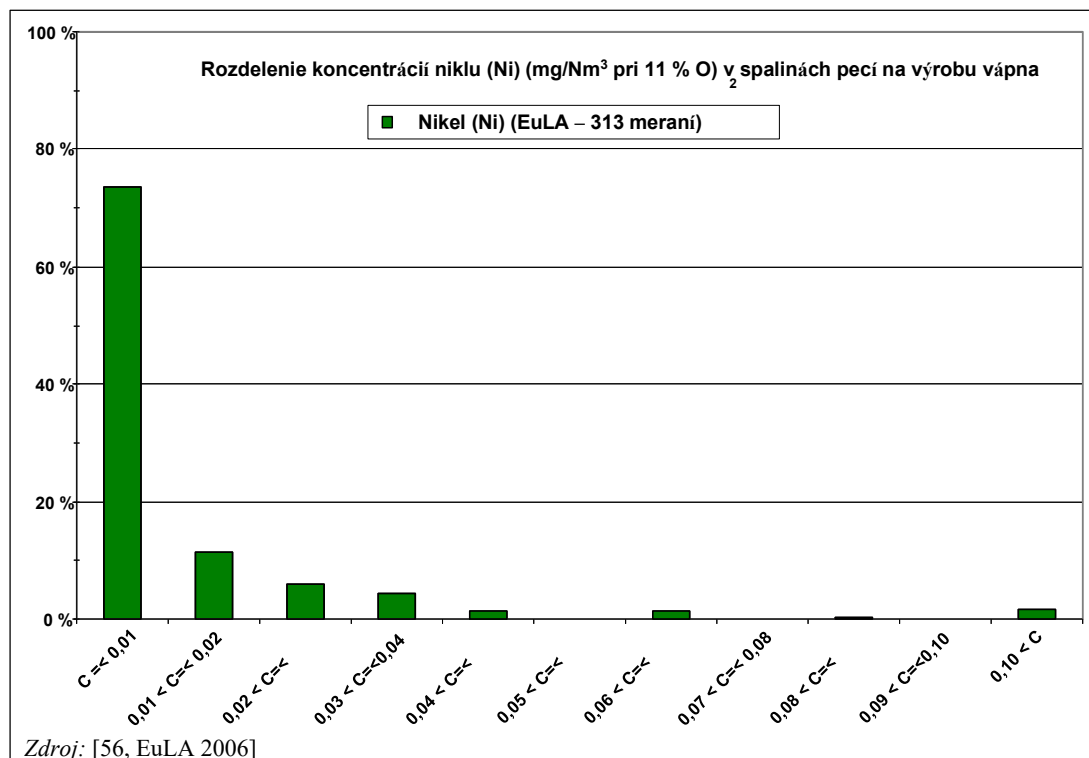
Obrázok 6.14: Rozdelenie koncentrácií medi v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



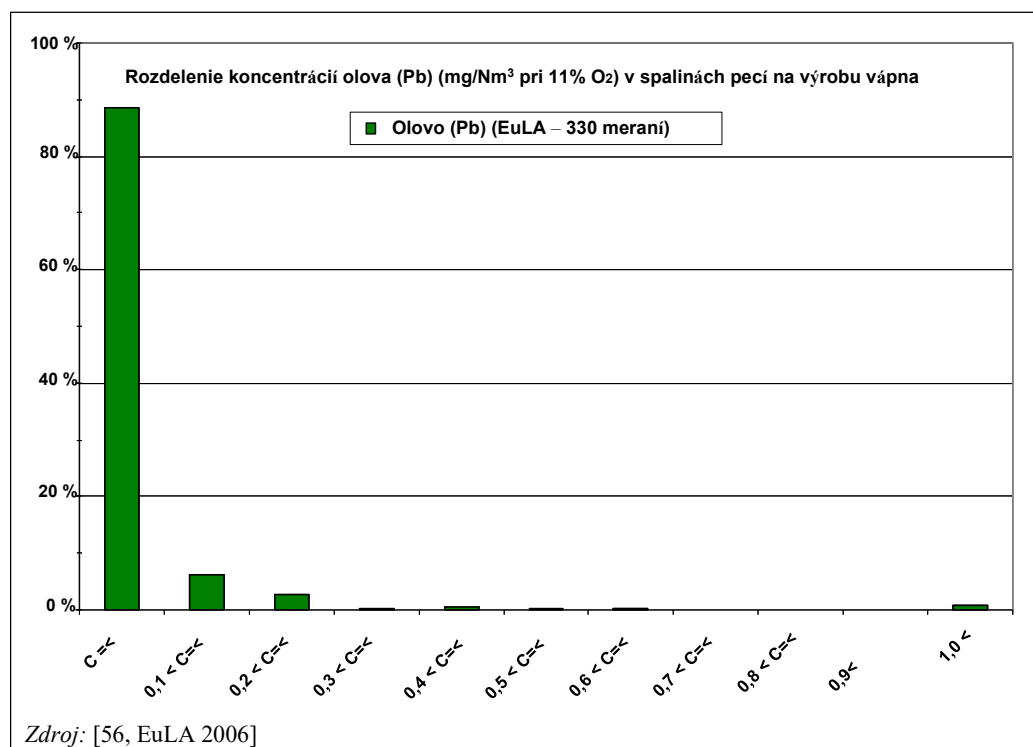
Obrázok 6.15: Rozdelenie koncentrácií ortuti v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



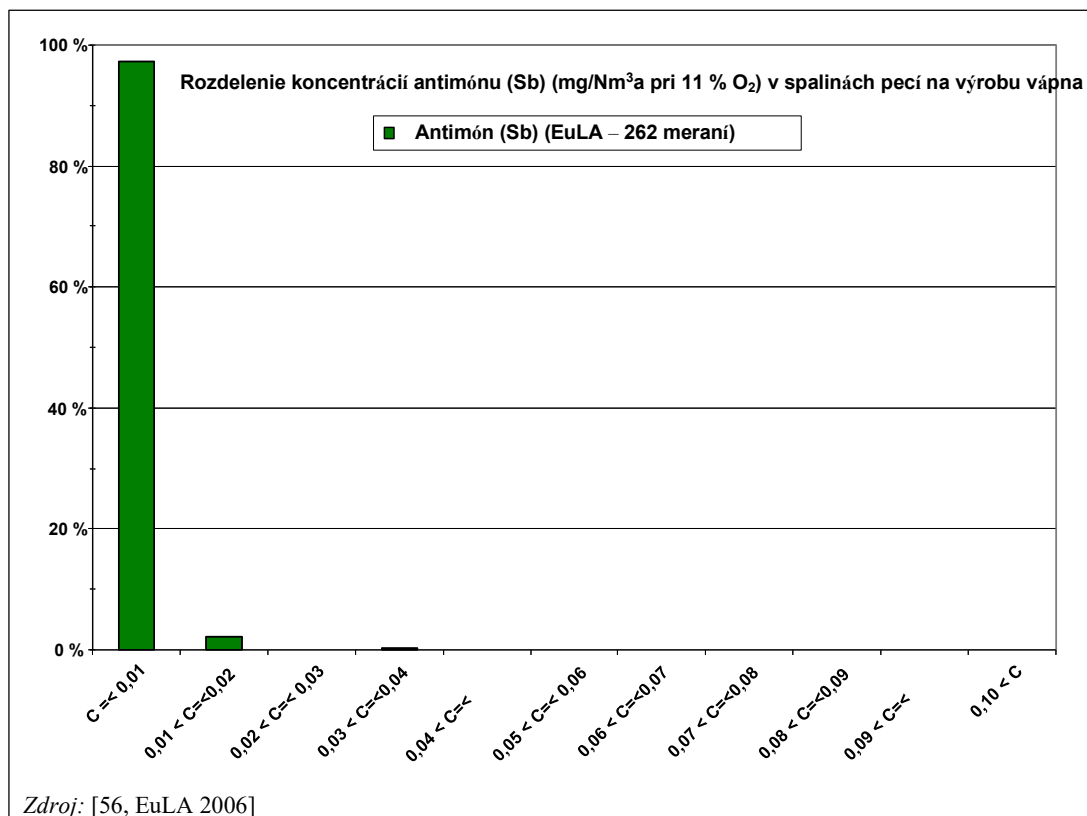
Obrázok 6.16: Rozdelenie koncentrácií mangánu v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



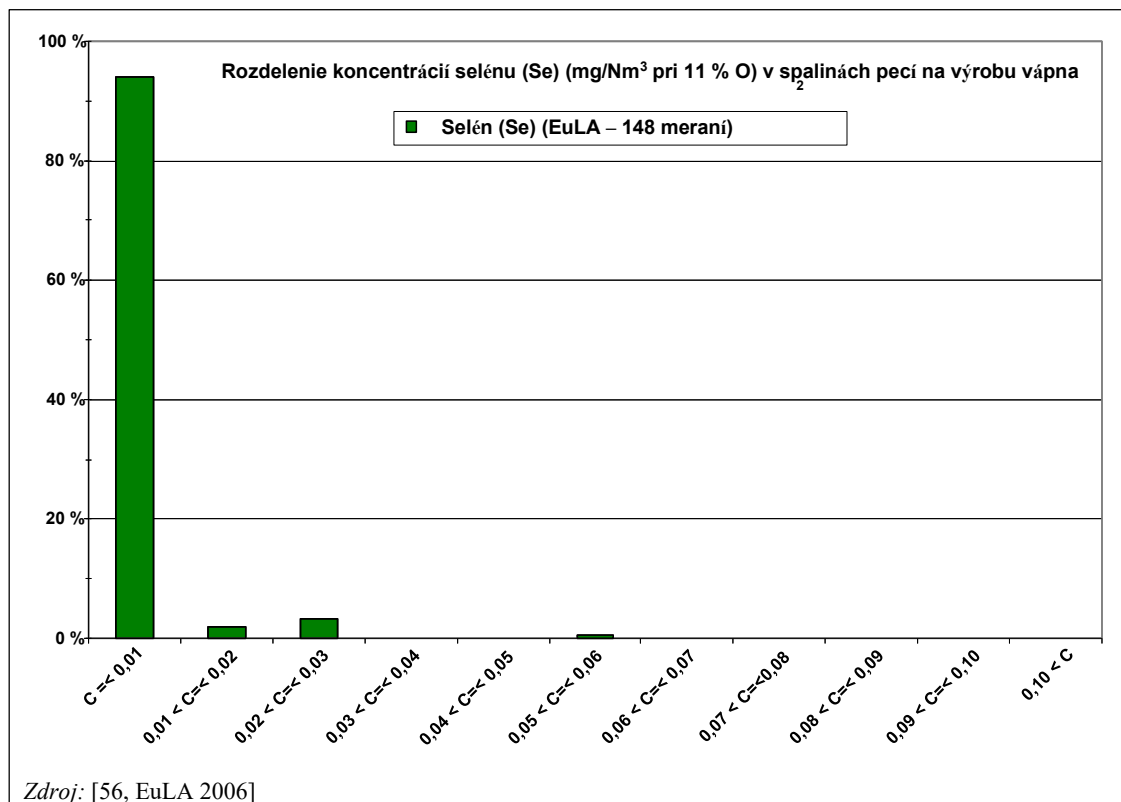
Obrázok 6.17: Rozdelenie koncentrácií niklu v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



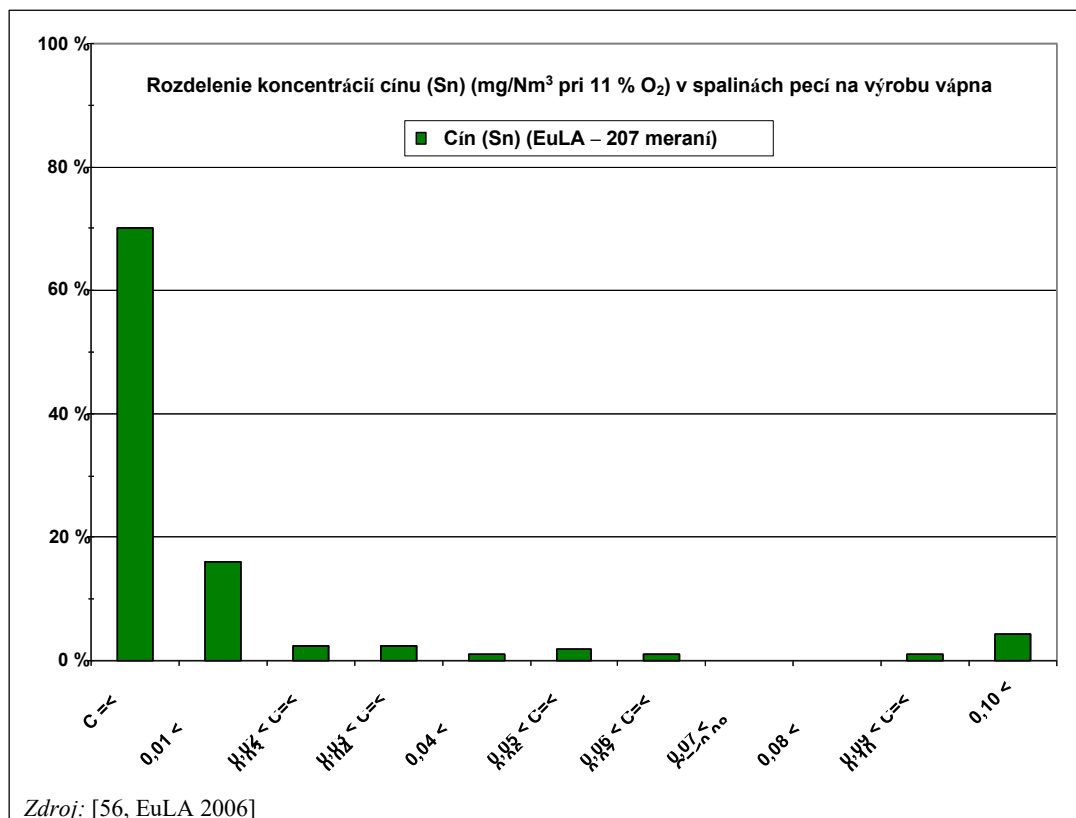
Obrázok 6.18: Rozdelenie koncentrácií olova v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



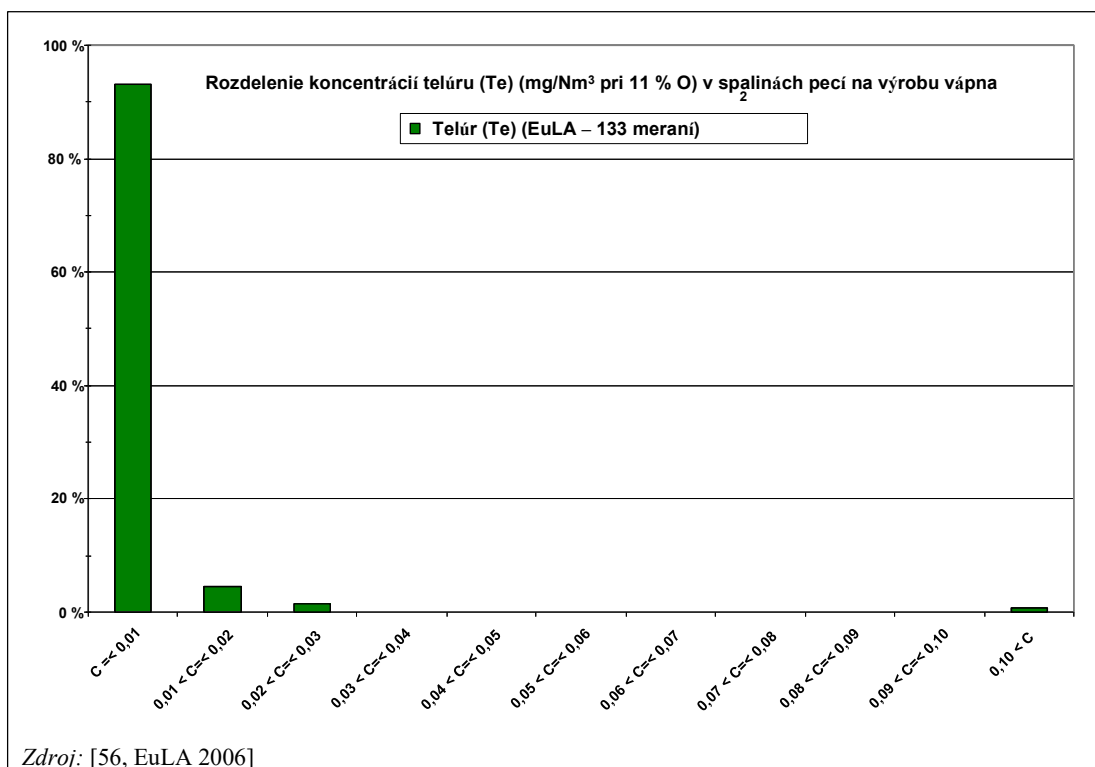
Obrázok 6.19: Rozdelenie koncentrácií antimónu v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



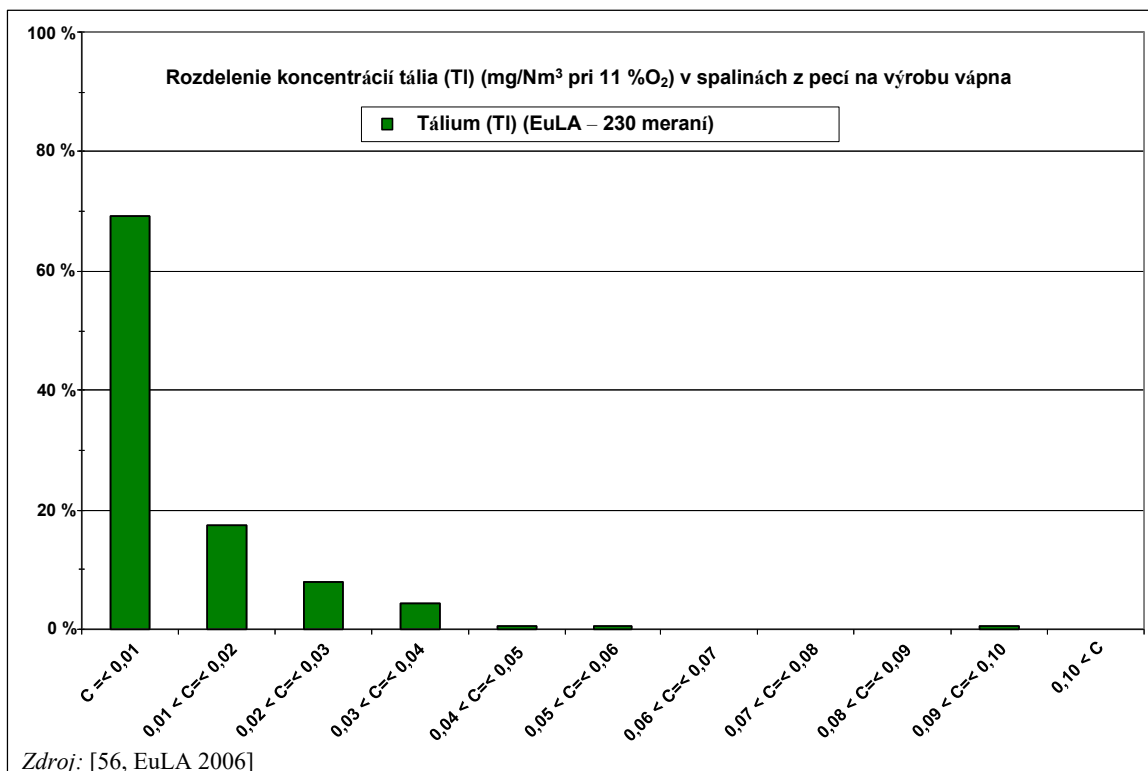
Obrázok 6.20: Rozdelenie koncentrácií selénu v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



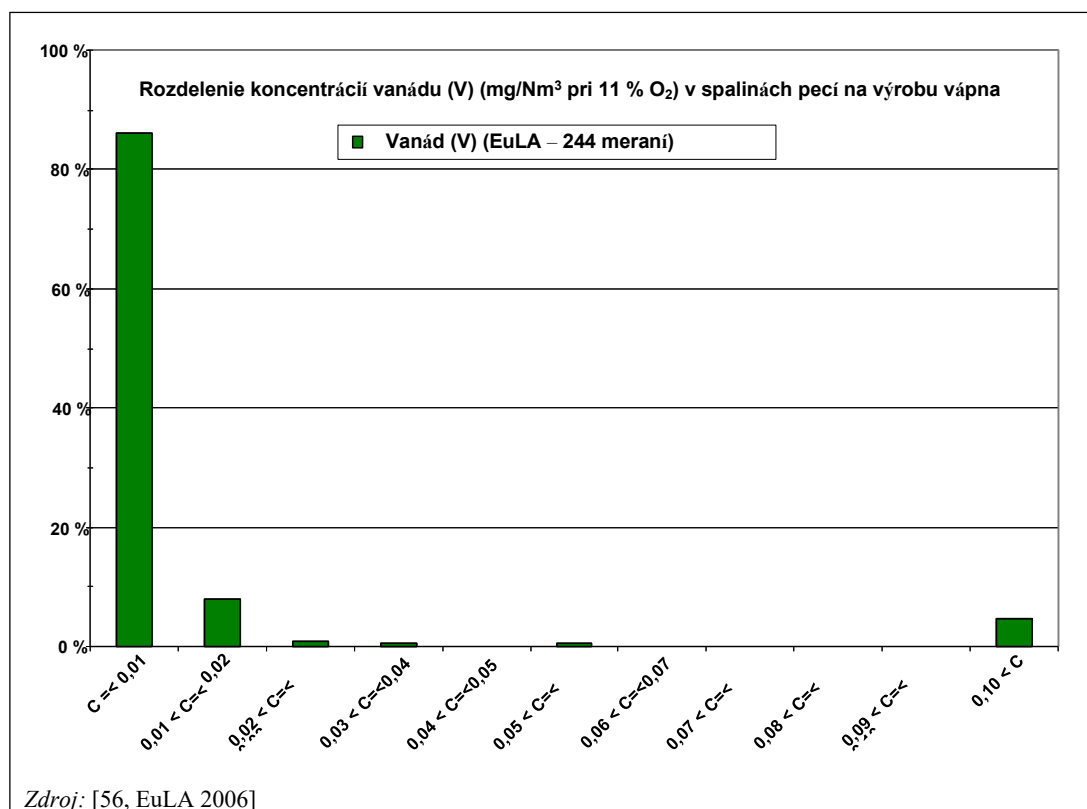
Obrázok 6.21: Rozdelenie koncentrácií cínu v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



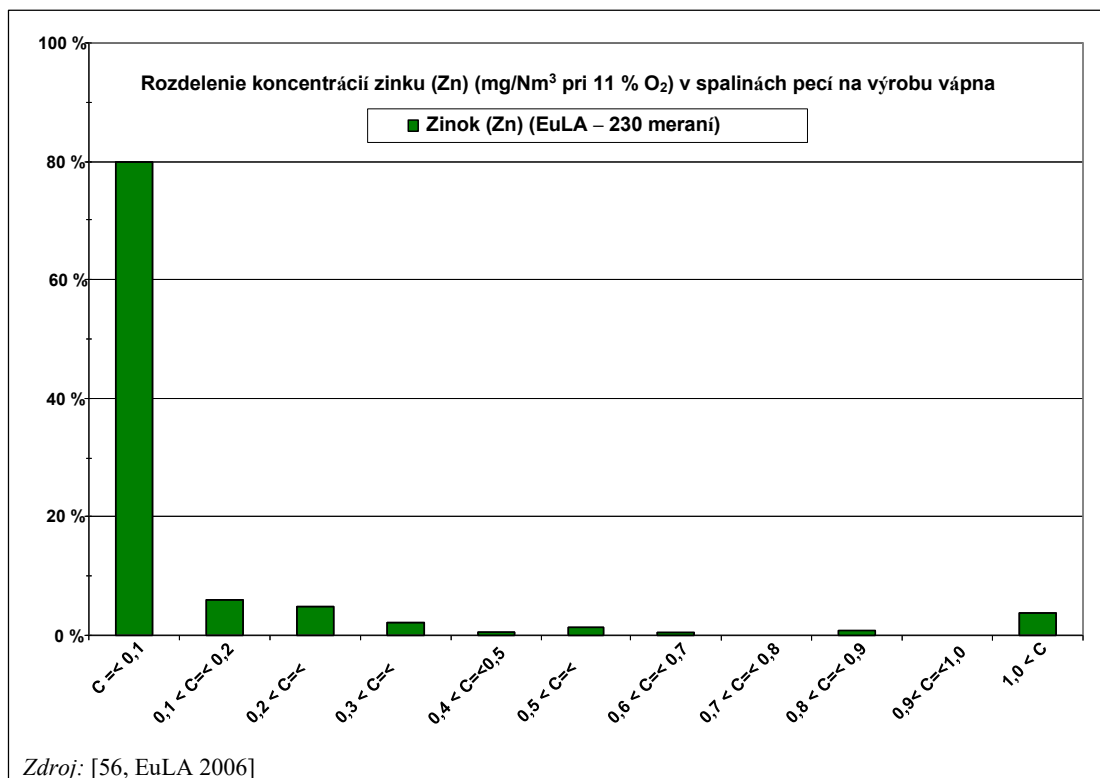
Obrázok 6.22: Rozdelenie koncentrácií telúru v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



Obrázok 6.23: Rozdelenie koncentrácií tália v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



Obrázok 6.24: Rozdelenie koncentrácií vanádu v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27



Obrázok 6.25: Rozdelenie koncentrácií zinku v spalinách pecí na výrobu vápna v EÚ 27

6.3.2 Výroba vápna – špecifické údaje o prevádzke

6.3.2.1 Príklady vlastností surovín

Príklad zloženia surovín z použitého vápenca v maďarskej vápenke je uvedený v tabuľke 6.29.

Tabuľka 6.29: Príklad zloženia surovín používaných v maďarskej vápenke

Parameter	Jednotka	Suma
SiO ₂	%	0,30
Fe ₂ O ₃	%	0,09
Al ₂ O ₃	%	0,27
TiO ₂	%	0,01
CaO	%	54,94
MgO	%	0,91
K ₂ O	%	0,01
Na ₂ O	%	0,01
SO ₃	%	0,10
CO ₂	%	43,05
Cl ⁻	%	<0,01
Strata žiňaním	%	43,11

Zdroj: [70, Maďarsko 2006]

6.3.2.2 Využitie odpadu ako paliva – príklady prípustného obsahu znečisťujúcich látok v odpadoch

Príklady z Nemecka, v ktorých sú uvedené parametre a obsah znečisťujúcich látok, ktoré sú akceptované pre rôzne druhy odpadu, t. j. odpadový olej a rozpúšťadlá, živočíšny tuk a živočíšna múčka (múčka z jatočných tiel), sú uvedené v tabuľke 6.30. Okrem toho sú v tabuľke 6.31 uvedené príklady kritérií na povolenie látok spolu s hodnotami výhrevnosti pre rôzne odpadové palivá používané v nemeckých vápenkách.

Tabuľka 6.30: Typický obsah znečisťujúcich látok akceptovaný pre odpadové olejové rozpúšťadlá, živočíšny tuk a živočíšnu múčku (múčka z jatočných tiel) používané v nemeckých vápenkách

Parameter	Jednotka	Odpadový olej a rozpúšťadlá		Živočíšny tuk	Živočíšna múčka (múčka z jatočných tiel) ⁽²⁾
		Obsah znečisťujúcich látok		Obsah znečisťujúcich látok	Obsah znečisťujúcich látok
		Priemer	Minimum – maximum	Minimum – maximum	Minimum – maximum
Obsah vody	v hmotn. %	5	3 – 9		3,0 – 5,7
Zvyšky koksu	v hmotn. %	1	0,6 – 1,4		
Uhlík	v hmotn. %				1,0 – 59,0
Obsah popola	v hmotn. %	0,8	0,4 – 1,2		3,2 – 38,5
Síra	v hmotn. %	0,8	0,5 – 1,2	<0,01 – 0,03	
Chlór	v hmotn. %	0,2	0,05 – 0,4	25 – 32	0,18 – 0,37
Fluór	v hmotn. %				0,02 – 0,10
Dusík	v hmotn. %			460 – 590	
Kovy					
Kadmium	mg/kg	0,1	<1	<0,001 – 0,05	
Tálium	mg/kg	<0,5	<1	<0,001 – 0,1	0,1 – 10,0
Ortuť	mg/kg	<0,1	<0,5	<0,01 – 0,8	0,05 – 1,0
Antimón	mg/kg	<1	<5		0,4 – 10,0
Arzén	mg/kg	<0,1	<1		
Olovo	mg/kg	51	<100		0,7 – 10,0
Chróm	mg/kg	3	<10		3,0 – 63,0
Kobalt	mg/kg	1	<5		0,1 – 9,0
Meď	mg/kg	120	<250		5,2 – 50,0
Mangán	mg/kg	5	<10		5,6 – 45,0
Nikel	mg/kg	2	<10		1,0 – 39,0
Vanád	mg/kg	<1	<1		1,1 – 20,0
Cín	mg/kg	<4	<4		0,3 – 7,2
Arzén	mg/kg				0,6 – 11,0
Kadmium	mg/kg				0,1 – 1,0
M Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	mg/kg	<188	<400	<0,1 – 0,9	
M Ni, V	mg/kg			<,2	
PCB spolu ⁽¹⁾	mg/kg	10	25		
(1) Podľa DIN EN 12 766, časť 2, proces B (2) Odpadové palivo: SRM-múčka (múčka z jatočných tiel), výhrevnosť: • min=14 MJ/kg • max=21,5 MJ/kg Zdroj: [155, Nemecko 2007]					

Tabuľka 6.31: Príklady kritérií povolenia (mediánové a maximálne hodnoty) pre látky rôznych odpadových palív používaných v nemeckých vápenkách

Parameter	Odpadové palivo 1		Odpadové palivo 2		Odpadové palivo 3		Odpadové palivo 4	
	Mediánová hodnota	Maximálna hodnota	Mediánová hodnota	Maximálna hodnota	Mediánová hodnota	Maximálna hodnota	Mediánová hodnota	Maximálna hodnota
	(mg/kg)							
Hg	0,4	1,0	0,4	1,0	0,4	1,0	0,6	1,2
Cd	4,0	15,0	4,0	15,0	4,0	10,0	4,0	9,0
Tl	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0	2,0
As	5,9	10,0	5,0	10,0	5,0	15,0	5,0	13,0
Co	5,0	10,0	5,0	10,0	5,0	10,0	6,0	12,0
Ni	20,0	100,0	20,0	100,0	20,0	100,0	25,0	50,0
Sb	40,0	100,0	40,0	100,0	25,0	60,0	25,0	60,0
Pb	40,0	100,0	40,0	100,0	40,0	100,0	70,0	200,0
Cr	40,0	100,0	40,0	100,0	40,0	100,0	40,0	120,0
Cu	100,0	250,0	90,0	250,0	90,0	500,0	120,0	300,0
Mn	50,0	100,0	50,0	100,0	50,0	100,0	50,0	100,0
V	10,0	20,0	10,0	20,0	10,0	20,0	10,0	25,0
Sn	15,0	50,0	15,0	50,0	15,0	75,0	30,0	70,0
Celkový Cl	7 000,0	10 000,0	7 000,0	10 000,0	7 000,0	10 000,0	7 000,0	10 000,0
Celkom F	250,0	500,0	250,0	500,0	250,0	1 000,0	250,0	1 000,0
Be	0,5	5,0	0,5	5,0	0,5	5,0	0,5	2,0
Zn	400,0	500,0	400,0	500,0	400,0	1000,0	400,0	1 000,0
PCB		<3		<1		<1		<1
	(hmotn. %)							
Vlhkosť	8,0	<10,0	11,0	<12,5	18,0	<20,0	18,0	<20,0
popol obsah	6,0	<7,0	8,0	<9,0	11,0	<15,0	11,0	<15,0
Spolu S	0,3	<0,5	0,3	<0,5	0,2	<0,3	0,2	<0,3
	(MJ/kg)							
Výhrevná hodnota ⁽¹⁾	25 – 31		23 – 29		20 – 24		18 – 22	
Mediánová hodnota: 50-percentilová hodnota na základe praktických skúseností s prihliadnutím na možné rozdiely v zložení odpadového paliva								
Maximálna hodnota: 100-percentilová hodnota								
(1) Min. – max.								
Zdroj: [50. Nemecko 2006]								

6.3.2.3 Príklady údajov o spotrebe a emisiách

Spotreba energie

V tabuľke 6.32 sú uvedené údaje o operácii a špecifické nároky na energiu rakúskych pecí na výrobu vápna v roku 2004. Tieto rôzne typy pecí na výrobu vápna používajú ako palivo zemný plyn, ťažký vykurovací olej a/alebo koks.

Tabuľka 6.32: Údaje o prevádzke a špecifický dopyt po energii rakúskych pecí na výrobu vápna v roku 2004

Parameter		Jednotka	Rekupačné pece s paralelným tokom	Kruhové šachtové pece	Ostatné šachtové pece
Kapacita jednotlivých pecí		t/deň	150 – 390	140 – 220	100 – 200
Špecifický dopyt po energii		Mj/t vápna	3 500 – 3 800	4 200 – 4 700	3 800 – 5 100
Použitá palivá			Zemný plyn, ťažký vykurovací olej	Zemný plyn, ťažký vykurovací olej	Zemný plyn, koks
Ročné množstvo použitých palív (všetky pece)	Zemný plyn	milión Nm ³	46	12	13
	Ťažký vykurovací olej	t	4 000	4 500	–
	Koks	t	–	–	1 000
Zdroj: [66, Rakúsko 2006]					

Priemerná náročnosť energie na spaľovanie vápna v Rakúsku je približne 3 760 MJ/t vápna. Súvislosť medzi veľkosťou pece a potrebou energie nie je taká výrazná ako pri výrobe cementu, pretože radiačné straty sú nižšie. Jedným z faktorov ovplyvňujúcich potrebu energie je zvyškový obsah CO₂ v produktoch; závisí od reaktivity vápna. Potreba energie je vyššia pri tvrdom pálení vápna ako pri mäkkom pálení vápna. Potreba energie závisí aj od zvyškového CO₂. Nižšia energetická náročnosť regeneračnej pece s paralelným prietokom a čiastočne aj iných pecí závisí od vysokého obsahu zvyškového CO₂ (>5 %) vo výrobkoch. Pri výrobe vápna s nízkym obsahom zvyškového CO₂ sa zvyšuje dopyt po energii [66, Rakúsko 2006], [168, TWG CLM 2007].

Príklady spotreby energie pri výrobe vápna v Španielsku uvedené v tabuľke 6.33 sú priemerné hodnoty. Vážená priemerná hodnota vypočítaná pre španielske pece vápna je 3,984 GJ/t vápna. Na obdobie rokov 2008 – 2012 sa očakáva hodnota 3,681 GJ/t vápna [55, Španielsko 2006].

Tabuľka 6.33: Spotreba energie v rôznych druhoch pecí na výrobu vápna v Španielsku

Druh pece	Číslo	Percento (%)	Aktualizovaná spotreba energie GJ/t vápna		
			Min.	Priemer	Max.
Dlhé rotačné pece (LRK)	4	7		6,6 ⁽¹⁾	
Rotačné pece s predohrevom (PRK)	1	2	5,4	–	–
Rekupačné pece s paralelným tokom (PFRK)	35	61	3,534	3,752	3,889
Kruhové šachtové pece (ASK)	2	4	3,958	4,156	4,355
Šachtové pece s miešaným zavázaním (MFSK)	–	–	–	–	–
Ostatné pece (OK) ⁽²⁾	15	26	4,085	4,150	4,268
(1) Spoločnosti mimo Španielska. Uvažuje sa s hodnotou spotreby energie približne 6,6 GJ/t vápna					
(2) Ostatné šachtové pece					
Zdroj: [55, Španielsko 2006]					

Zostavovanie údajov o emisiách z jednotlivých členských štátov EÚ

Príklady typických emisií z rôznych typov pecí na výrobu vápna v Nemecku sú uvedené v tabuľke 6.34.

Tabuľka 6.34: Typické príklady emisií z pecí na výrobu vápna v Nemecku

Druh pece	Koncentrácia emisií ⁽³⁾				
	NO _x (mg/Nm ³) ⁽¹⁾	CO (mg/Nm ³)	PCDD/F (ng I- TEQ/Nm ³)	HCl ⁽⁵⁾ (mg/Nm ³)	HF (mg/Nm ³)
Nehasené vápno (mäkké až tvrdo pálené)					
Dlhé rotačné pece (LRK)	≤500	<1 000	<0,1	<50	<1
Rotačné pece s predohrievačom (PRK) ⁽²⁾	≤1 500	<1 000	<0,1	<20	<1
Rekupačné pece s paralelným tokom (PFRK)	<100 – <400	<1 000	0,001 – <0,1	<10	<1
Kruhové šachtové pece (ASK)	<100 – <500	1 000 – <3 000	0,003 – <0,1	<40	<2
Šachtové pece s miešaným zavázaním (MFSK)	<100 – <500	6 000 – 42 000	0,01 – <0,1 ⁽⁴⁾	<20	<1
Ostatné pece (OK):					
• viackomorová šachtová pec	<500	<2 000	Nie sú k dispozícii žiadne údaje	Nie sú k dispozícii žiadne údaje	Nie sú k dispozícii žiadne údaje
• šachtová pec s dvoma komorami	300 – <500	<2 000	0,001 – <0,1	<10	<1
Dolomitické vápno (mäkké pálené až spekané)					
Dlhé rotačné pece (LRK)	–	–	–	<150	<1
Rotačné pece s predohrievačom (PRK)	–	–	–	<30	<1
Šachtové pece s miešaným zavázaním (MFSK)	–	–	–	<20	<1
Využitie odpadov				10 ⁽⁶⁾	1 ⁽⁶⁾
				60 ⁽⁷⁾	4 ⁽⁷⁾
(1) Oxid uhoľnatý a oxid dusičitý, ktoré sa majú uvádzať ako oxid dusičitý (2) Rotačná pec s roštovým predohrievačom (3) Koncentrácie emisií sa merajú ako šesťhodinové priemerné hodnoty a vzťahujú sa na 10 % O ₂ , aby boli hodnoty porovnateľné. (4) V jednom prípade bolo v šachtovej peci s miešaným zavázaním nameraných 0,26 ng I-TEQ/Nm ³ . Táto pec bola vyradená z prevádzky koncom roka 2006 (5) Závisí od obsahu zlúčenín chlóru vo vápenci (50 – 100 ppm) (6) Priemerná denná hodnota (7) Polhodinová priemerná hodnota Zdroj: [46, Nemecko 2006]					

Príklady emisií boli zistené vo vápenkách v niekoľkých členských štátoch EÚ, ktoré používajú rôzne pece a palivá, ako je uvedené v tabuľke 6.35.

Tabuľka 6.35: Príklady emisií NO_x pozorovaných v členských štátoch EÚ

Členský štát EÚ	Emisie prachu (mg/Nm ³)	Emisie NO _x (mg/Nm ³)	Emisie SO _x (mg/Nm ³)	CO emisie (mg/Nm ³)	TOC Emisie (mg/Nm ³)	Používané pece	Používané palivá
Nemecko	–	100 – 150 ⁽¹⁾	<100 ⁽²⁾	–	–	Viacomorová šachtová pec	–
	–	<500	–	–	–	RK	–
	–	–	–	–	<5 – >5 ⁽⁷⁾	MFSK	–
	–	–	–	–	5 – <50 ⁽⁸⁾ <1 (benzén)	ASK	–
Špeciálny príklad z Nemecka	–	–	–	–	995 14,6(benzén)	ASK	–
Fínsko ⁽⁶⁾	2 ⁽³⁾	65	15	–	–	PFRK	Ťažký vykurovací olej ⁽⁴⁾
Maďarsko ⁽⁶⁾	1,4	32,2	4,8	3,9	–	–	Zemný plyn
Česká republika ⁽⁵⁾	–	400 t/rok	130 t/rok	–	–	–	–
(1) 10 % O₂ (2) Ak viac ako 60 % miery tepelnej kapacity pochádza z odpadu (viac ako 40 % v prípade nebezpečného odpadu), ako denná priemerná hodnota sa stanoví 50 mg/Nm³, čo sa vzťahuje na 10 % kyslíka (3) Textilný filter (4) Nízky obsah síry 0,6 % a suroviny majú takisto nízky obsah síry (5) 2006 (6) Jednotlivé merania na mieste (7) Závisí od podmienok spracovania, MFSK nie je vhodná na použitie odpadov; pre dvojšachtové pece a viackomorové šachtové pece nie sú k dispozícii žiadne údaje (8) Pece tohto typu, ktoré používali odpad ako rozpúšťadlá alebo odpadový olej, nemali vyššie emisie TOC Zdroj: [45, Schorcht 2006] [46, Nemecko 2006] [64, Česká republika 2006] [71, Maďarsko 2006]							

Hodnoty emisií týkajúce sa rôznych emisií z rakúskych pecí na výrobu vápna sú uvedené v tabuľke 6.36. V roku 2006 sa nepoužívali žiadne techniky na zníženie emisií NO_x. Emisie CO sa uvádzajú od 0,007 do 0,22 g/Nm³ v prípade vysokého obsahu zvyškového CO₂ a do 5 g/Nm³ v prípade nízkeho obsahu zvyškového CO₂. V prípade kruhových šachtových pecí sa emisie CO pohybujú od 0,1 do 3 g/Nm³ a v prípade ostatných šachtových pecí od 0,01 do 5 g/Nm³.

Tabuľka 6.36: Emisie z rakúskych pecí na výrobu vápna

Parameter	Jednotka	Koncentrácia ⁽¹⁾ ⁽²⁾		
		Rekuperačné pece s paralelným tokom ⁽³⁾	Kruhové šachtové pece ⁽³⁾	Ostatné pecové pece ⁽³⁾
Objem spalín	Nm ³ /h	15 000 – 45 000	11 000 – 20 000	7 500 – 22 000
Obsah kyslíku	obj. %	8 – 12	6 – 15	6 – 17,5
Prach	mg/Nm ³	<20		
HCl	mg/Nm ³	0,6 – 3,6		
HF	mg/Nm ³	0,01 – 0,14		
NO _x ako NO ₂	mg/Nm ³	<150	<250	<250
SO _x ako SO ₂	mg/Nm ³	<100	<10	<20
CO	g/Nm ³	0,007 – 0,22 (vysoký zvyškový obsah CO ₂) a do 5 (nízky zvyškový CO ₂)	0,1 – 3	0,01 – 5
Celkom C	mg/Nm ³	<100	<10	<10
Σ (Cd, Tl) ⁽⁴⁾	mg/Nm ³	0,0001 – 0,002		
Hg	mg/Nm ³	0,0001 – 0,003		
Σ (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Sn) ⁽⁴⁾	mg/Nm ³	0,0001 – 0,0052		
PCDD/F ⁽⁴⁾	ng I-TEQ/Nm ³	<0,05	<0,03	<0,03
Benzén	mg/Nm ³	<0,04		
Benzo-a-pyrén ⁽⁴⁾	mg/Nm ³	<0,0003		

(1) Koncentrácie sú jednorazové merania/techniky s intervalmi merania od 30 minút do jedného dňa

(2) Znamená 10 % kyslíka v spalínach

(3) Používajú sa textilné filtre

(4) Spodná hodnota udáva detekčný limit

Zdroj: [66, Rakúsko 2006]

Príklady údajov o emisiách z niekoľkých fínskych prevádzok na výrobu vápna, ktoré používajú rôzne druhy pecí, sú uvedené v tabuľke 6.37. Údaje o emisiách sa zbierali v rokoch 1998 až 2006. Ako palivo sa používalo uhlie a koks, ťažký alebo ľahký vykurovací olej, koksárenský plyn alebo petrolkoks, ale nepoužívali sa žiadne odpadové palivá. V roku 2005 bolo možné dosiahnuť údaje o emisiách prachu menších ako 5 mg/Nm³ použitím ESP v rotačnej peci a emisie v rozsahu od 1,7 do 2,2 mg/Nm³ použitím textilného filtra v kruhovej šachtovej peci. V tabuľke 6.38 sú uvedené príklady emisií kovov z fínskej prevádzky vápna, ktorá ako palivo používa regenerovaný vykurovací olej.

Tabuľka 6.37: Emisie prachu, NO_x, SO_x, CO a CO₂ z niekoľkých fínskych vápeniek používajúcich rôzne druhy pecí na výrobu vápna v rokoch 1998 až 2006

Emisie (mg/Nm ³)	Prevádzka Č.	Pec	Filter	Palivá	1998	O ₂ (⁶) %	1999	O ₂ (⁶) %	2000	O ₂ (⁶) %	2001	O ₂ (⁶) %	2002	O ₂ (⁶) %	2003	O ₂ (⁶) %	2004	O ₂ (⁶) %	2005	O ₂ (⁶) %	2006	O ₂ (⁶) %
Prach	Prevádzka 1:	LRK(¹)	ESP(⁴)	Uhlie, koks 05	<10	6	32 – 18	7	<5 a 13	6,7	5	6,4	<5	6,1	<5	9,3	<5(⁷)	12,5	<5	6		
		LRK(¹)	ESP(⁴)	Uhlie, koks 05	156 – 113	10			192 a 9	10,7	14(⁷)	11	<5(⁷)	11	<5	10,9	34 – 41(⁷)	11,6	<5(⁷)	11		
	Prevádzka 2	LRK(¹)	ESP(⁴)	Uhlie							26 – 40	7			63 – 48	7,2 – 10					85 – 114	6,6
	Prevádzka 3:	LRK(¹)	ESP(⁴)	Uhlie					1 – 243(⁸)	4,5							38 – 54	5,2				
		ASK(²)	Vak(⁵)	Ťažký vykurovací olej, ľahký vykurovací olej					12(⁷)	11,9							0,7 – 1,1	4,3	2,2 1,7	5		
	Prevádzka 4	LRK(¹)	ESP(⁴)	Uhlie, koks 05			2 468	6,5					130 – 149	7,2			255 – 335(⁷)	12,6	154 – 229	8		
	Prevádzka 5	PFRK(³)	Vak(⁵)	Koksárenský plyn	62								5				6	9,6				
		PFRK(³)	Vak(⁵)	Koksárenský plyn	38								5				79	9,6				
	Prevádzka 6	PFRK(³)	Vak(⁵)	Regenerovaný vykurovací olej															1,8(⁹)			
NO _x	Prevádzka 1:	LRK(¹)	ESP(⁴)	Uhlie, koks 05	868	6	620	7	771 ± 120, 910	6,7		6,4	898 ± 135	6,1	645 ± 100	9,3	685 ± 100(⁷)	12,5	800 ± 160	6		
		LRK(¹)	ESP(⁴)	Uhlie, koks 05	722	10	–	–	810	10,7	610(⁷)	11	563 + 110(⁷)	11	730 + 140	10,9	890 + 110(⁷)	11,6	970 + 200(⁷)	11		
	Prevádzka 2	LRK(¹)	ESP(⁴)	Uhlie							280	7			522 – 399	7,2 – 10					393(⁶)	6,6
	Prevádzka 3:	LRK(¹)	ESP(⁴)	Uhlie					507	4,5							157 – 160	5,2				
		ASK(²)	Vak(⁵)	Ťažký vykurovací olej, ľahký vykurovací olej					167 – 101(⁷)	11,9							243	4,3				
	Prevádzka 4	LRK(¹)	ESP(⁴)	Uhlie, koks 05			338(¹⁰)	6,5					590 – 440	7,2			616(⁷)	12,6	411 – 479(¹¹)	8		
	Prevádzka 5	PFRK(³)	Vak(⁵)	Koksárenský plyn																		
		PFRK(³)	Vak(⁵)	Koksárenský plyn																		
	Prevádzka 6	PFRK(³)	Vak(⁵)	Regenerovaný vykurovací olej															67(9, 10)			
SO ₂	Prevádzka 1:	LRK(¹)	ESP(⁴)	Uhlie, koks 05	475	6	110	7	258 ± 40	6,7		6,4	173 ± 34	6,1	240 ± 35	9,3	950 ± 90(⁷), 214	12,5	241 ± 50	6		
		LRK(¹)	ESP(⁴)	Uhlie, koks 05	390	10	–	–	350	10,7	330(⁷)	11	210 + 40(⁷)	11	340 + 50	10,9	410 + 60(⁷)	11,6	138 + 28(⁷)	11		
	Prevádzka 2	LRK(¹)	ESP(⁴)	Uhlie							<10	7			165 – 126	7,2 – 10					332 – 350	6,6
	Prevádzka 3:	LRK(¹)	ESP(⁴)	Uhlie						4,5								5,2				
		ASK(²)	Vak(⁵)	Ťažký vykurovací olej, ľahký vykurovací olej						11,9							11	4,3				

Emisie (mg/Nm ³)	Prevádzka Č.	pece	Filter	Palivá	1998	O ₂ ⁽⁶⁾ %	1999	O ₂ ⁽⁶⁾ %	2000	O ₂ ⁽⁶⁾ %	2001	O ₂ ⁽⁶⁾ %	2002	O ₂ ⁽⁶⁾ %	2003	O ₂ ⁽⁶⁾ %	2004	O ₂ ⁽⁶⁾ %	2005	O ₂ ⁽⁶⁾ %	2006	O ₂ ⁽⁶⁾ %	
	Prevádzka 4:	LRK ⁽¹⁾	ESP ⁽⁴⁾	Uhlie, koks 05			143	6,5					66 – 142	7,2			851 ⁽⁷⁾	12,6		8			
	Prevádzka 5	PFRK ⁽³⁾	Vak ⁽²⁾	Koksárenský plyn																			
		PFRK ⁽³⁾	Vak ⁽²⁾	Koksárenský plyn																			
	Prevádzka 6	PFRK ⁽³⁾	Vak ⁽²⁾	Regenerovaný vykurovací olej																15 ⁽⁹⁾			
CO ₂	Prevádzka 1:	LRK ⁽¹⁾	ESP ⁽⁴⁾	Uhlie, koks 05	476	6	430	7	467 ± 72, 453	6,7		6,4	432 ± 70	6,1	360 ± 55	9,3	260 ± 60 ⁽⁷⁾	12,5	475 ± 70	6			
		LRK ⁽¹⁾	ESP ⁽⁴⁾	Uhlie, koks 05	320	10	–	–	310	10,7	300 ⁽⁷⁾	11	303 + 16	11	340 + 45	10,9	280 + 60 ⁽⁷⁾	11,6	285 + 43 ⁽⁷⁾	11			
	Prevádzka 2	LRK ⁽¹⁾	ESP ⁽⁴⁾	Uhlie								7			424 – 324	7,2 – 10					)	6,6	
	Prevádzka 3:	LRK ⁽¹⁾	ESP ⁽⁴⁾	Uhlie					290	4,5								5,2					
		ASK ⁽²⁾	Vak ⁽²⁾	Ťažký vykurovací olej, ľahký vykurovací olej					292 ⁽⁷⁾	11,9								4,3					
	Prevádzka 4	LRK ⁽¹⁾	ESP ⁽⁴⁾	Uhlie, koks 05			490	6,5						7,2						8			
	Prevádzka 5	PFRK ⁽³⁾	Vak ⁽²⁾	Koksárenský plyn																			
		PFRK ⁽³⁾	Vak ⁽²⁾	Koksárenský plyn																			
	Prevádzka 6	PFRK ⁽³⁾	Vak ⁽²⁾	Regenerovaný vykurovací olej																			
	CO	Prevádzka 1:	LRK ⁽¹⁾	ESP ⁽⁴⁾	Uhlie, koks 05	67	6	4	7	31	6,7		6,4	1	6,1	4	9,3	11 ⁽⁷⁾	12,5		6		
LRK ⁽¹⁾			ESP ⁽⁴⁾	Uhlie, koks 05	68	10	–	–	65	10,7	42 ⁽⁷⁾	11	80 ⁽⁷⁾	11	160	10,9	80 + 60 ⁽⁷⁾	11,6	22 ⁷	11			
Prevádzka 2		LRK ⁽¹⁾	ESP ⁽⁴⁾	Uhlie							120	7			14	7,2 – 10					25,7 – 27	6,6	
Prevádzka 3:		LRK ⁽¹⁾	ESP ⁽⁴⁾	Uhlie						4,5								5,2					
		ASK ⁽²⁾	Vak ⁽²⁾	Ťažký vykurovací olej, ľahký vykurovací olej						11,9								4,3					
Prevádzka 4		LRK ⁽¹⁾	ESP ⁽⁴⁾	Uhlie, koks 05			56	6,5					94	7,2			3,8 ⁽⁷⁾	12,6	336	8			
Prevádzka 5		PFRK ⁽³⁾	Vak ⁽²⁾	Koksárenský plyn																			
		PFRK ⁽³⁾	Vak ⁽²⁾	Koksárenský plyn																			
Prevádzka 6		PFRK ⁽³⁾	Vak ⁽²⁾	Regenerovaný vykurovací olej															65 ⁽⁸⁾				
(1) Dlhá rotačná pec (2) Kruhová šachtová pec (3) Rekuperačná pec s paralelným tokom (4) Elektrostatický odlučovač (5) Textilný filter, textilný (6) O ₂ štandardný stav										(7) O ₂ ≥11 % (8) Odstavený filter (9) Vypálený výrobok: 310 t/d (10) NO ₂ (11) NO Zdroj: [63, Finsko 2006, 65, Finsko 2006]													

Tabuľka 6.38: Emisie kovov z fínskej vápenky

Emisie kovov		
Kov	Jednotka	Emisie (tvorba častíc/plynu)
Cd	\g/Nm ³	0,05/0,08
Ti	\g/Nm ³	0,30/<1,6
Hg	\g/Nm ³	0,001/0,026
Sb	\g/Nm ³	0,5/<1,6
As	\g/Nm ³	<0,2/1,9
Pb	\g/Nm ³	5,2/6,0
Cr	\g/Nm ³	0,7/15
Co	\g/Nm ³	0,14/1,3
Cu	\g/Nm ³	0,32/7,2
Mn	\g/Nm ³	3,6/6,0
Ni	\g/Nm ³	3,0/6,0
V	\g/Nm ³	<0,1/37
Zdroj: [65, Fínsko 2006]		

6.3.3 Výroba vápna – príklad spracovania odpadového oleja v šachtovej peci (OK)

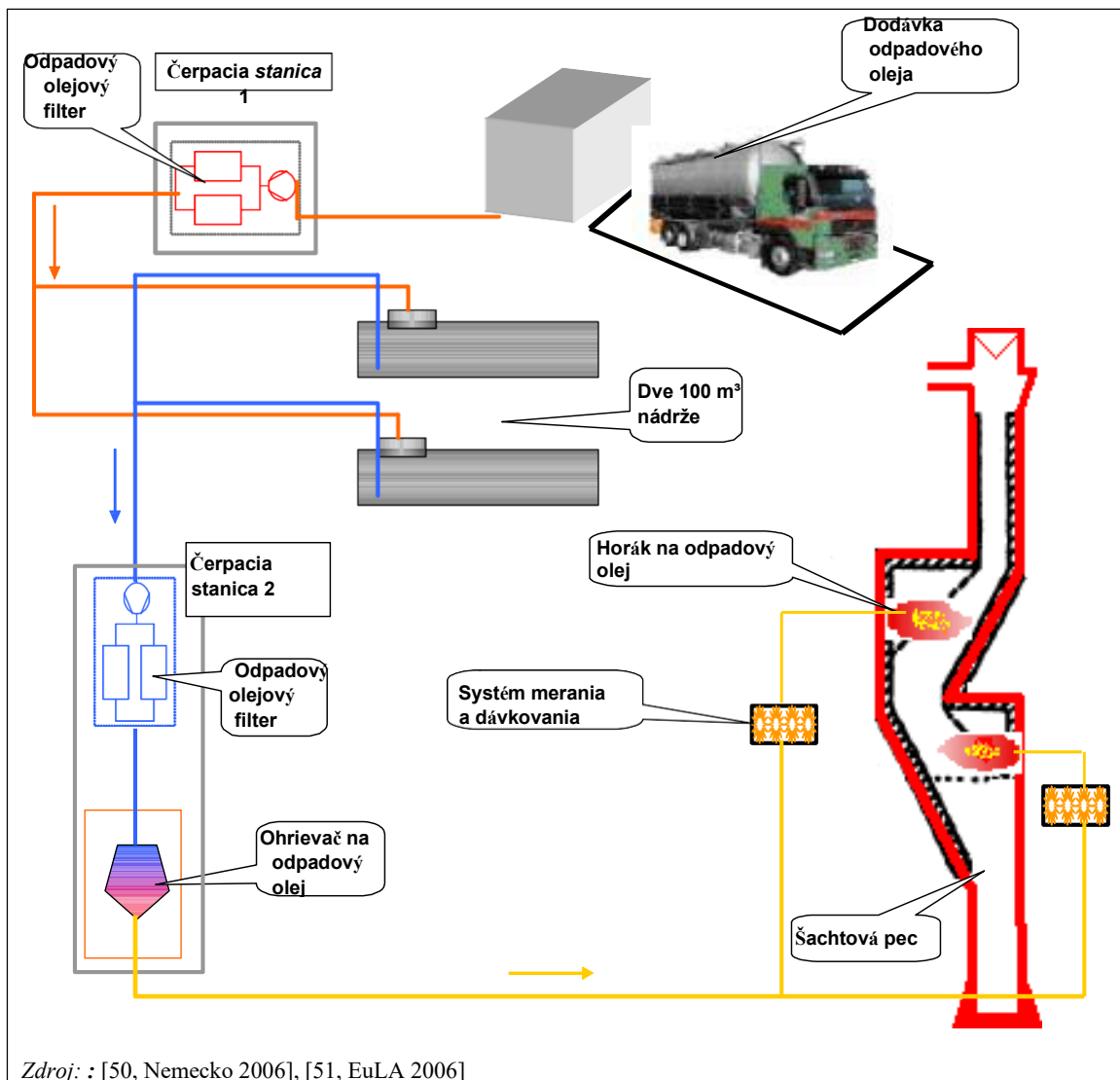
Na prestavbu/zmenu plynovej šachtovej pece (OK) na šachtovú pec spaľujúcu odpadový olej bolo potrebné upraviť horáky a vybudovať osobitnú infraštruktúru na vykládku a skladovanie odpadového oleja.

Ako je znázornené na obrázku 6.26, v tomto konkrétnom prípade sa odpadový olej dodáva do vápenky buď po železnici, alebo po ceste, napr. v cisternových nákladných vozidlách. Boli postavené dve dvojstenné skladovacie nádrže s kapacitou 100 m³ každá. Odpad sa prečerpáva z vagónov alebo nákladných vozidiel do skladovacích nádrží, ktoré sú umiestnené v špeciálne navrhnutom priestore na zachytenie prípadného úniku. Povrchová voda (dažďová voda) sa odvádza do odlučovača ropných látok. Keďže plniaci priestor spĺňa všetky príslušné právne požiadavky, používa sa aj na čistenie a tankovanie všetkých druhov cestných a železničných vozidiel.

Počas vykládky vagónov alebo cisternových vozidiel odpadový olej prúdi cez hadicovú prípojku a potom cez oceľové potrubie do prvej čerpacej a filtračnej stanice. Odtiaľ sa prečerpáva podzemným dvojstenným potrubím do dvoch nádrží s objemom 100 m³. Pri výkone pece 250 až 300 t/deň sa táto skladovacia kapacita približne rovná týždennej spotrebe.

Z nádrží prúdi olej do druhej čerpacej stanice, ako je znázornené na obrázku 6.27, ktorá sa nachádza v bezprostrednej blízkosti pece. Napájacie čerpadlo dopravuje olej do ďalšieho filtra a do elektrického systému na výrobu tepla, ktorý olej ohrieva na 60 – 80 °C. Tieto teploty sú potrebné na zníženie viskozity oleja, čím sa zlepši jeho rozprašovanie v horáku a optimálne spaľovanie. Stúpajúce potrubia vedú ohriaty olej do dávkovacej a meracej stanice, ako je znázornené na obrázku 6.28, odkiaľ sa rozvádza do jednotlivých horákov. V horákoch sa palivo mieša so vzduchom a oboje sa priamo vstrekuje do pece.

Pri spaľovaní filtrovaného oleja nevzniká žiadny odpad. Odpad vzniká len počas procesu filtrácie oleja. Filtre sa čistia a všetok odpad sa zhromažďuje v určených nádobách a bezpečne sa likviduje [50, Nemecko 2006], [51, EuLA 2006].



Obrázok 6.26: Vývojový diagram cirkulácie odpadového oleja – od dodávky do šachtovej pece (OK)



Obrázok 6.27: Čerpacia stanica č. 2 s filtrom a odpadovou nádobou na čistenie filtra

Zdroj: [50, Nemecko 2006], [51, EuLA 2006]



Obrázok 6.28: Meracia a dávkovacia stanica s pneumatickými ventilmi

Zdroj: [50, Nemecko 2006], [51, EuLA 2006]

6.3.4 Výroba vápna – príklad kontroly kvality odpadového paliva spaľovaného v rotačných peciach

Príklad z nemeckej vápenky ukazuje typické požiadavky na tuhé odpady používané v štyroch rotačných peciach s predohrievačom. Tieto rotačné pece sú vybavené cyklónmi a ESP na zníženie emisií prachu. Okrem toho sa na zníženie emisií NO_x používa technika SNCR (pozri oddiel 6.3.5). V rotačnej peci sú typické teploty v rozmedzí od 1 000 do 1 400 °C.

Ako palivo sa používa práškové hnedé uhlie, zemný plyn a tuhý odpad. Tuhý odpad odovzdávajú špecializované spoločnosti na zber a zmiešavanie odpadu. Povolenie povoľuje nahradiť maximálne 60 % tepelnej kapacity odpadmi. V roku 2006 bola miera náhrady tuhým odpadom 10 %. Pred podaním týchto tuhých odpadových palív do horáka sa kovové časti odstránia pomocou magnetického separátora.

Výber druhov odpadu na použitie ako paliva v peci na výrobu vápna závisí od technických požiadaviek na proces spaľovania a od kvality produktu. V tomto príklade odpadové palivo pozostáva z tuhého paliva získaného z odpadu (RDF) z vybratého odpadu s nízkym obsahom znečisťujúcich látok (najmä plastov) a s presne definovanými hodnotami tepelnej hodnoty. Ich pôvod a klasifikácia odpadu podľa Európskeho katalógu odpadov (2000/532/ES) sú presne špecifikované [98, Európska komisia 2000]. V tabuľke 6.39 sú uvedené druhy odpadu, ktoré možno použiť v týchto rotačných peciach [50, Nemecko 2006], [51, EuLA 2006]:

Tabuľka 6.39: Zoznam odpadov, ktoré možno použiť v týchto nemeckých peciach na výrobu vápna

Kód odpadu	Všeobecný opis
02 01 04	Odpad z plastov (okrem obalov)
02 01 07	Odpad z lesného hospodárstva
03 01 01	Odpadová kôra a drevo
03 01 05	Piliny, hobliny, odrezky, drevo, drevotrieskové dosky a dýhy iné ako tie, ktoré sú uvedené v 03 01 04
03 03 02	Usadeniny a kaly zo zeleného výluhu (po úprave čierneho výluhu)
03 03 07	Mechanicky separovaný odpad z rozvlákňovania odpadového papiera a lepenky
03 03 08	Odpad z triedenia papiera a lepenky určených na recykláciu
04 02 09	Odpady z kompozitných materiálov (impregnovaný textil, elastomér, plastomér)
04 02 21	Odpad z nespracovaných textilných vlákien
04 02 22	Odpad zo spracovaných textilných vlákien
07 02 13	Plastový odpad
08 01 12	Odpadové farby a laky okrem tých, ktoré sú uvedené v 08 01 11
08 02 01	Odpadové náterové prášky
09 01 07	Fotografický film a papier obsahujúci striebro alebo zlúčeniny striebra
12 01 05	Plastové hobliny a odrezky
15 01 01 ÷ 03	Obaly z papiera a lepenky, plastu, dreva
15 01 05 ÷ 06	Zložené a zmiešané obaly
15 02 03	Absorbenty, filtračné materiály, utierky a ochranné odevy okrem tých, ktoré sú uvedené v 15 02 02
16 01 03	Pneumatiky po skončení životnosti
17 02 01	Drevo
17 02 03	Plasty
19 05 01	Nekompostované zložky komunálnych a podobných odpadov
19 12 01	Papier a lepenka
19 12 04	Plast a guma
19 12 07	Iné drevo ako je uvedené v 19 02 06
19 12 08	Textil
19 12 10	Horľavý odpad (palivo z odpadkov)
Zdroj: [50, Nemecko 2006], [51, EuLA 2006], [98, Európska komisia 2000]	

Požiadavky na kvalitu odpadu určuje povoľujúci orgán. Pri každej dodávke musia dodávatelia palív potvrdiť, že palivá pripravené na použitie obsahujú len odpady uvedené v tabuľke 6.39.

Na účely kontroly kvality týchto palív sa odpadové palivá rozdeľujú do štyroch kategórií, ktoré vymedzujú rozsah čistej výhrevnosti a chemické zloženie.

Na reguláciu vstupu kovu do pece sa používajú dva štatistické parametre uvedené v tabuľke 6.40:

- mediánová hodnota (= percentil 50 %), nazývaná aj „praktická“ hodnota. Vychádza z praktických skúseností a zohľadňuje možné zmeny zloženia paliva
- maximálne hodnoty (= percentil 100 %).

Tabuľka 6.40: Mediánové a maximálne koncentrácie kovov pre každý druh odpadového paliva

Znečisťujúca látka	Odpadové palivo 1		Odpadové palivo 2		Odpadové palivo 3		Odpadové palivo 4	
	Mediánová hodnota (mg/kg)	Maximálna hodnota (mg/kg)	Mediánová hodnota (mg/kg)	Maximálna hodnota (mg/kg)	Mediánová hodnota (mg/kg)	Maximálna hodnota (mg/kg)	Mediánová hodnota (mg/kg)	Maximálna hodnota (mg/kg)
Ortuť Hg	0,4	1,0	0,4	1,0	0,4	1,0	0,6	1,2
Kadmium Cd	4,0	15,0	4,0	15,0	4,0	10,0	4,0	9,0
Tálium Tl	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0	2,0
Arzén As	5,0	10,0	5,0	10,0	5,0	15,0	5,0	13,0
Cobalt Co	5,0	10,0	5,0	10,0	5,0	10,0	6,0	12,0
Nikel Ni	20,0	100,0	20,0	100,0	20,0	100,0	25,0	50,0
Antimón Sb	40,0	100,0	40,0	100,0	25,0	60,0	25,0	60,0
Olovo Pb	40,0	100,0	40,0	100,0	40,0	100,0	70,0	200,0
Chróom Cr	40,0	100,0	40,0	100,0	40,0	100,0	40,0	120,0
Meď Cu	100,0	250,0	90,0	250,0	90,0	500,0	120,0	300,0
Mangán Mn	50,0	100,0	50,0	100,0	50,0	100,0	50,0	100,0
Vanád V	10,0	20,0	10,0	20,0	10,0	20,0	10,0	25,0
Cín Sn	15,0	50,0	15,0	50,0	15,0	75,0	30,0	70,0
Celkový chlór	7 000,0	10 000,0	7 000,0	10 000,0	7 000,0	10 000,0	7 000,0	10 000,0
Celkový fluór	250,0	500,0	250,0	500,0	250,0	1 000,0	250,0	1 000,0
Berýlium Be	0,5	5,0	0,5	5,0	0,5	5,0	0,5	2,0
Zinok Zn	400,0	500,0	400,0	500,0	400,0	1 000,0	400,0	1 000,0
	hmotn. % ⁽¹⁾	hmotn. % ⁽¹⁾	hmotn. % ⁽¹⁾	hmotn. % ⁽¹⁾	hmotn. % ⁽¹⁾	hmotn. % ⁽¹⁾	hmotn. % ⁽¹⁾	hmotn. % ⁽¹⁾
Vlhkosť	8,0	<10,0	11,0	<12,5	18,0	<20,0	18,0	<20,0
Obsah popola	6,0	<7,0	8,0	<9,0	11,0	<15,0	11,0	<15,0
Celková síra	0,3	<0,5	0,3	<0,5	0,2	<0,3	0,2	<0,3
PCB		<3		<1		<1		<1

(1) Percentuálny podiel hmotnosti

Zdroj: [50, Nemecko 2006] [51, EuLA 2006]

Pre tento príklad boli definované rozsahy čistej výhrevnosti jednotlivých kategórií palív, ako je uvedené v tabuľke 6.41:

Tabuľka 6.41: Minimálne a maximálne hodnoty výhrevnosti pre každý druh odpadového paliva

Čistá výhrevnosť (MJ/kg)	Odpadové palivo 1		Odpadové palivo 2		Odpadové palivo 3		Odpadové palivo 4	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
	25	31	23	29	20	24	18	22

Zdroj: [50, Nemecko 2006], [51, EuLA 2006]

Pravidelne sa odoberajú vzorky odpadových palív. Jednotlivé vzorky sa rozdelia na čiastkové vzorky, ktoré sa neskôr opäť spoja do zmiešanej vzorky. Po vopred stanovených časových intervaloch sa skontroluje, či zmiešané vzorky spĺňajú požiadavky na kvalitu, ktoré sú uvedené v tabuľke 6.40.

Pri používaní odpadu ako paliva je zabezpečenie kvality a záruky jednou z najdôležitejších otázok. V tabuľke 6.42 sú uvedené príklady techník zabezpečenia kvality.

Tabuľka 6.42: Príklady techník na zabezpečenie kvality odpadov

Krok procesu	Techniky	Ďalšie techniky
Zdroj odpadu (výrobca odpadu, zariadenie na triedenie, mechanicko-biologická úprava odpadu)	• zoznam odpadov • vyhýbanie sa nečistotám • ustanovenia o prijateľnej kvalite jednotlivých druhov odpadu • analýza vyhlásenia • dokumentácia zlikvidovaného množstva jednotlivých druhov odpadu	• poučenie pôvodcu odpadu správcou odpadu • pravidelná kontrola prevádzky produkujúcej odpad zo strany správcu odpadu
Prevádzka na úpravu odpadu	• (pravidelný) odber a analýza vzoriek • zachovať vzorky • dokumentácia o množstve prijatého a spracovaného odpadu	• (pravidelný) odber vzoriek a analýza množstva prijatého spracovaného odpadu externým odborníkom
Prevádzka na úpravu odpadu	• pravidelný odber vzoriek a analýza • zachovať vzorky • dokumentácia o množstve odchádzajúceho odpadu	
Vápenka	• pravidelný odber vzoriek a analýza • zachovať vzorky • dokumentácia o množstve prijatého tovaru a odpadu	

Zdroj: [156, Nemecko 2007]

6.3.5 Výroba vápna – príklad úpravy DeNO_x pomocou techniky SNCR v rotačných peciach s predohrievačom (PRK)

V prevádzke vo Flandersbachu (Nemecko) boli postupne zavedené primárne a sekundárne techniky pre štyri rotačné pece s predohrievačom. V jednej z pecí bol nainštalovaný nový horák, ale jeho vplyv na emisie NO_x bol pomerne obmedzený. Praktické skúsenosti ukázali, že oveľa väčší vplyv na tieto emisie mala celková koncentrácia kyslíka v zóne horenia. Atmosféra v peci sa preto upravila tak, aby sa znížila koncentrácia kyslíka. Ukázalo sa však, že toto opatrenie nebolo dostatočné na zabezpečenie toho, aby emisie NO_x bola vždy nižšie ako 500 mg/Nm³. Najmä pri výrobe tvrdého páleného vápna emisie NO_x zvyčajne prekračovali 1 000 mg/Nm³ (pri stabilných podmienkach pece) a niekedy aj 2 000 mg/Nm³, napr. keď bolo potrebné viac chladiaceho vzduchu, aby sa zabránilo prehriatiu chladiča vápna.

Vzhľadom na teplotné podmienky pod roštom Lepol je možné znížiť emisie NO_x vstrekaním redukčných činidiel do tejto oblasti. Preto sa vykonali predbežné testy s rôznymi kvapalinami, miestami vstrekovania a mierami vstrekovania s cieľom optimalizovať návrh priemyselného zariadenia SNCR, ktorý je opísaný nižšie:

Všeobecný koncept

Kvapalné redukčné činidlá sa dodávajú nákladnými autami a skladujú sa v dvoch nádržiach. Kvapalný prostriedok sa potom čerpá do roštov Lepol, kde sa rozprašuje v horúcich komorách pomocou tlakového vzduchu na rozprašovanie a miešanie so spalínami. Zariadenie je určené na manipuláciu s čpavkovou vodou s koncentráciou do 25 % a musí sa zaoberať reguláciou nebezpečných materiálov.

Plnenie nádrží

Cisternové vozidlo sa vykladá pomocou čerpadla cez dvojstenné hadicové potrubie s kontrolou tesnosti a dvojitým filtrom na zadržiavanie protilátok. Vodič dostane povolenie na vykládku po registrácii v kontrolnej miestnosti. Plnenie sa začne až po uzemnení nádrže nákladného vozidla. Plnenie sa automaticky zastaví, keď je nádrž plná alebo keď monitorovanie diferenčného tlaku vo filtroch vyšle maximálny signál. O nové povolenie musí vodič cisternového vozidla požiadať po prečerpaní do druhej cisterny alebo do druhého filtra.

Uskladnenie

Dve nádrže, každá s objemom 80 m³, sú vybavené bezpečnostnými a kontrolnými zariadeniami, ako aj cirkulačnými čerpadlami. Aby sa predišlo pretlaku alebo podtlaku, na nádržiach je nainštalované zariadenie citlivé na tlak a tlak v nádržiach sa monitoruje.

Dávkovanie

Pre každý rošt Lepol je nainštalované jedno čerpadlo riadené frekvenčným meničom. Každé dávkovacie čerpadlo môže pracovať striedavo z každej z dvoch nádrží. Čerpadlá sú vybavené poistným ventilom, ktorý zabráňuje zvýšeniu tlaku pri zablokovaní systému. Pre prípad poruchy jedného z dávkovacích čerpadiel je nainštalované jedno záložné čerpadlo, ktoré sa prepne na príslušné miesto vstrekovania.

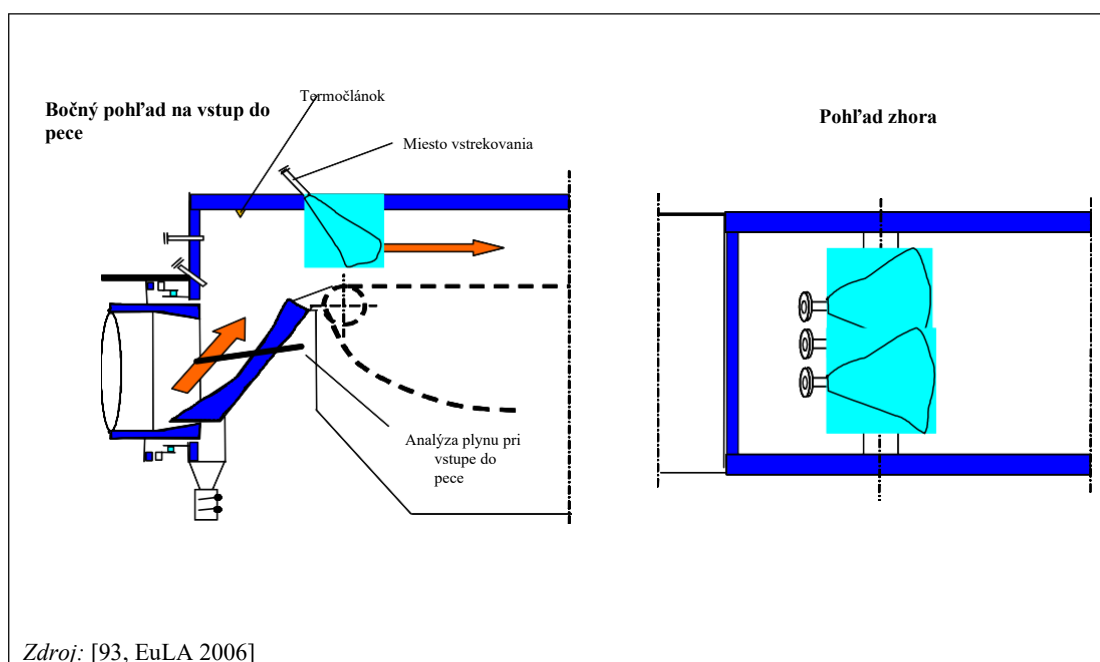
Dodatočné prírodné otvory umožňujú prepláchnutie potrubia a filtrov priemyselnou vodou na vyprázdenie komponentov, napr. pred údržbou.

Rozprašovacie dýzy musia pracovať pri určených prietokoch. Na udržanie optimálnych podmienok postreku na rozprašovacích dýzach je potrebné regulovať prietok v dávkovacích potrubíach. Ak prietok klesne pod nastavenú hodnotu, napr. pri nízkej potrebe redukčného činidla, do systému sa pridá priemyselná voda, aby sa táto hodnota zvýšila. Táto možnosť tiež poskytuje možnosť skladovať vysokokoncentrované činidlá a riediť činidlá, aby sa dosiahla dobrá distribúcia v prúde plynu, a tým optimalizovala účinnosť. Keď sa zvýši potrebný prietok redukčného činidla, napr. keď je koncentrácia dusíka v kvapalinách nízka a potrebná miera zníženia je vysoká, aktivuje sa na vstrekovacom otvore druhé kopije. V riadiacom systéme je možné rozlišovať nízku a vysokú koncentráciu v nádržiach a sú zavedené rôzne režimy dávkovania.

Všetky potrubia sú izolované a vybavené stopovým teplom, aby sa zabránilo zamrznutiu v zimnom období a kryštalizácii v prípade použitia tekutej močoviny.

Miesto vstrekovania

Umiestnenie vstrekovacích bodov bolo určené počas testov v prevádzke Flandersbach. Zvolené otvory umožňujú dobré prenikanie a miešanie činidla s dymovými plynmi na mieste s malou tendenciou k tvorbe povlaku, ktorý by mohol narušiť vstrekovanie. Spojovacie body sú znázornené na obrázku 6.29.



Zdroj: [93, EuLA 2006]

Obrázok 6.29: Umiestnenie miest vstrekovania a spojovacích bodov pre SNCR vo vápenke Flandersbach v Nemecku

Prevádzka

Inštalácia zariadenia bola dokončená v júli 2006 a fáza uvedenia do prevádzky sa skončila koncom augusta 2006. Odvtedy zariadenie funguje bez väčších problémov. Potrebné zlepšenia vyplývajúce zo skúseností získaných počas spustenia a prevádzky boli odvtedy zavedené.

Efektivita znižovania emisií

Zdá sa, že je možné dosiahnuť účinnosť redukcie 50 až 60 %, čo umožní udržať úroveň emisií NO_x pod úrovňou $500 \text{ mg NO}_x/\text{Nm}^3$ ako denný priemer. Vyššie stupne znižovania emisií sú v princípe možné, ale okamžite vedú k masívnym únikom amoniaku. Merania vykonané pri rôznych procesných a vstrekovacích podmienkach ukázali, že emisie oxidu dusného (N_2O) boli vždy nižšie ako $10 \text{ mg}/\text{Nm}^3$.

Náklady

Investičné náklady sú podobné tým, ktoré uvádza odvetvie výroby cementu, t. j. od 0,5 do 1,2 milióna EUR. Keďže zariadenie je v prevádzke len krátko (niekoľko týždňov), je ťažké presne posúdiť prevádzkové náklady. Finančné odhady založené na predbežných testoch ukazujú, že náklady na prevádzku by mohli byť podobné tým, ktoré uvádza odvetvie výroby cementu, t. j. 0,1 až 1,7 EUR na tonu vápna pri kapacite pece $1\,000 \text{ t}/\text{deň}$ a počiatočných emisiách do $1\,500 \text{ mg NO}_x/\text{Nm}^3$.

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), ale majú čitateľovi pomôcť pochopiť niektoré kľúčové pojmy v kontexte ich používania v konkrétnom odvetví, na ktoré sa vzťahuje tento dokument.

Tento slovník je rozdelený do nasledujúcich oddielov:

- I. ISO kódy krajín
- II. Peňažné jednotky
- III. Predpony jednotiek, číselné oddeľovače a spôsob zápisu
- IV. Jednotky a miery
- V. Chemické prvky
- VI. Chemické vzorce bežne používané v tomto dokumente
- VII. Skratky
- VIII. Technické termíny

I. ISO kódy krajín

Kód ISO	Krajina/organizácia
EU	Európska únia
<i>Členské štáty (*)</i>	
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
<i>Nečlenské krajiny</i>	
CA	Kanada
CH	Švajčiarsko
CN	Čína
JP	Japonsko
NO	Nórsko
US	Spojené štáty americké
(*)Poradie členských štátov v protokole je založené na abecednom poradí ich zemepisných názvov v jazyku originálu.	

II. Peňažné jednotky

Kód ⁽¹⁾	Krajina/územie	Mena
<i>Meny členských štátov</i>		
EUR	Eurozóna ⁽²⁾	euro (pl. eur)
SEK	Švédsko	koruna (mn. č. koruny)

(1) Kódy ISO 4217.
 (2) Zahŕňa Belgicko, Cyprus, Estónsko, Fínsko, Francúzsko, Grécko, Holandsko, Írsko, Luxembursko, Malta, Nemecko, Portugalsko, Rakúsko, Slovensko, Slovinsko, Španielsko a Taliansko.

III. Predpony jednotiek, číselné oddeľovače a spôsob zápisu

Čísla v tomto dokumente sú zapísané s použitím znaku „ , „ ako desatinnej čiarky a medzery ako oddeľovača tisícov.

Symbol ~ (okolo; viac alebo menej) je zápis používaný na označenie aproximácie. Na

označenie rozdielu sa používa symbol δ (delta).

Nasledujúca tabuľka obsahuje často používané predpony:

Symbol	Predpona	10^n	Slovo	Desatinné číslo
T	tera	10^{12}	Bilión	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	1 000
h	hekto	10^2	sto	100
da	deka	10^1	desať	10
-----	-----	1	Jeden	1
d)	deci	10^{-1}	Desiaty	0,1
c)	centi	10^{-2}	Stovka	0,01
m)	milli	10^{-3}	Tisícročná	0,001
\	mikro	10^{-6}	Miliónty	0.000 001
n)	nano	10^{-9}	Miliardový	0.000 000 001
p	piko	10^{-12}	Bilióna	0,000 000 000 001

IV. Jednotky a miery

Jednotka Symbol	Názov jednotky (komentár)	Názov meradla (symbol meradla)	Konverzia a komentár
atm	normálna atmosféra	Tlak (P)	1 atm = 101 325 N/m ²
bar	bar	Tlak (P)	1,013 bar = 100 kPa = 1 atm
°C	stupňov Celzia	Teplota (T) teplotný rozdiel (nT)	
cSt	centistokes	Viskozita	
dB(A)	decibel	Úrovne zvuku (hluku)	Úrovne zvuku pomocou filtra úrovne zvuku so stupnicou A (zodpovedajúcou inverznej hodnote 40 dB (pri 1 kHz) krivka rovnakej hlasitosti
d	deň	Čas	
g	gram	Hmotnosť	
h	hodina	Čas	
I-TEQ	ekvivalent medzinárodnej toxicity	Toxicita	
K	Kelvin	Teplota (T) Teplotný rozdiel (nT)	0 °C = 273,15 K
kcal	kilokalórie	Energia	1 kcal = 4,1868 kJ
kg	kilogram	Hmotnosť	
kJ	kilojoule	Energia	
kWh	kilowatthodina	Energia	1 kWh = 3 600 kJ
m	metre	Dĺžka	
m ²	meter štvorcový	Priestor	
m ³	meter kubický	Objem	
mg	miligram	Hmotnosť	1 mg = 10 ⁻³ g
min	minúta		
m/min.	meter/minúta	Rýchlosť	
m ³ /h	meter kubický za hodinu	Objemový tok	ak nie je v tomto dokumente uvedené inak, objemový tok znamená 10 obj. % kyslíka a štandardný stav
mg/m ³	miligram na meter kubický	Koncentrácia	ak nie je v tomto dokumente uvedené inak, koncentrácie plynových látok alebo zmesí látok sa vzťahujú na suché spaliny pri 10 obj. % kyslíka a štandardnom stave
mm	milimetrové	Dĺžka	1 mm = 10 ⁻³ m
mmWG	milimeter vodného stĺpca	Tlak (P)	
Mt	megatona	Hmotnosť	1 Mt = 10 ⁶ ton
MJ	megajoule	Energia	1 MJ = 1 000 kJ = 10 ⁶ joulov
μm	mikrometre	Dĺžka	1 μm = 10 ⁻⁶ m
MW	megawatty	Energia	
ng	nanogram	Hmotnosť	1 ng = 10 ⁻⁹ gramov
Nm ³	normálny meter kubický	Objem	pri tlaku 101,325 kPa, 273,15 K
ppm	časti na milión	Zloženie zmesí	1 ppm = 10 ⁻⁶
t	metrická tona	Hmotnosť	1 t = 1 000 kg alebo 10 ⁶ g
obj. % % obj.	objemové percento	Zloženie zmesí	
wt-% % hm.	hmotnostné percento	Zloženie zmesí	
W	watt	Energia	1 W = 1 J/s
yr	rok	Čas	
a cm	Ohm centimeter	Špecifická odolnosť	

V. Chemické prvky

Symbol	Názov	Symbol	Názov
Ag	Striebro	N ₂	Dusík
Al	Hliník	Na	Sodík
As	Arzén	Ni	Nikel
Ba	Bárium	Pb	Olovo
Be	Berýlium	Pd	Paládium
Ca	Vápnik	Pt	Platina
Cd	Kadmium	Rh	Ródium
Co	Kobalt	Sb	Antimón
Cr	Chróm	Se	Selén
Cu	Meď	Sn	Cín
F	Fluór	Te	Telúr
Fe	Železo	Ti	Titán
Hg	Ortuť	Tl	Tálium
Mn	Mangán	V	Vanád
Mo	Molibdén	Zn	Zinok

VI. Chemické vzorce bežne používané v tomto dokumente

Chemický vzorec	Názov (vysvetlenie)
Al ₂ O ₃	Oxid hlinitý
CaCO ₃	Uhličitan vápenatý
CaO	Oxid vápenatý
Ca(OH) ₂	Hydroxid vápenatý
CaMg(OH) ₄	Hydroxid vápenato-horečnatý
CH ₄	Metán
CN	Kyanid
CO	Oxid uhoľnatý
CO ₂	Oxid uhličitý
Fe ₂ O ₃	Oxid železitý
HCl	Kyselina chlorovodíková
HF	Kyselina fluorovodíková
H ₂ O	Voda
H ₂ S	Sírovodík
KOH	hydroxid draselný
MgCO ₃	Uhličitan horečnatý
MgO	Oxid horečnatý/magnézia
N ₂	Dusík
NH ₃	Amoniak
NH ₄	Amoniak
NO	Oxid dusnatý
NO ₂	Oxid dusičitý
NO _x	Oxidy dusíka
O ₂	Kyslík
SiO ₂	Oxid kremičitý
SO ₂	Oxid siričitý
SO ₃	Oxid sírový
SO _x	Oxidy síry

VII. Skratky

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
AFR	Alternatívne palivá a suroviny
ASK	Kruhová šachtová pec
ATILH	Association Technique de l'Industrie des Liant Hydrauliques
AWDF	Palivá z poľnohospodárskeho odpadu
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Switzerland
Č. CAS	Registračné číslo Chemical Abstract Service; divízia Americkej chemickej spoločnosti; odkaz na množstvo informácií o konkrétnej chemickej látke; jedinečný číselný identifikátor chemických zlúčenín, polymérov, biologických sekvencií, zmesí a zliatin, ktoré označujú len jednu látku
CCM	Žieravá kalcinovaná magnézia/kaustický materiál
CEMS	Kontinuálne monitory emisie
CEN/TC 343	Európsky výbor pre normalizáciu Pracovná skupina CEN/TC 343 Tuhé zhodnotené palivá s mandátom Európskej komisie na vypracovanie a prípravu všetkých potrebných noriem pre tuhé zhodnotené palivá (SRF), ako sú technické špecifikácie, ktoré sa po validácii premenia na normy (európske normy (EN)).
CKD	Prach z cementárenských pecí
DBM	Tvrdo pálený oxid horečnatý
Č. EC	Odkazuje na sedemmiestny kód (niekedy nazývaný číslo EC), ktorý Komisia Európskych spoločenstiev pridela komerčne dostupným chemickým látkam v Európskej únii. Označenie č. EC nahradilo označenia EINECS a ELINCS a tento kód zahŕňa látky z takzvaného „zoznamu už nepoužívaných polymérov“, zoznamu látok, ktoré boli na európskom trhu medzi 18. septembrom 1981 a 31. októbrom 1993 a v tom čase boli považované za polyméry, ale už sa za ne nepovažujú
EEA	Európska environmentálna agentúra
EZVO	Európske združenie voľného obchodu (založené 3. mája 1960)
EGTEI	Skupina expertov pre technicko-ekonomické otázky
EINICS	Európsky zoznam existujúcich komerčných chemických látok; registračné číslo pridelené každej chemickej látke komerčne dostupnej v Európskej únii v období od 1. januára 1971 do 18. septembra 1981. Zoznam bol nahradený systémom ELINCS.
ELINCS	Od 19. septembra 1981 bol európsky zoznam oznámených látok nahradený zoznamom ELINCS. Všetky „nové“ látky uvádzané na európsky trh majú pridelené číslo ELINCS po ich oznámenie Európskej komisii.
eqC	Ekvivalent uhlíka
EPA	Agentúra na ochranu životného prostredia
ESP	Elektrostatický odľučovač
EÚ	Európska únia
EÚ 15	Členské štáty Európskej únie pred 1. májom 2004
EÚ 25	Členské štáty Európskej únie od 1. mája 2004 do 31. decembra 2006
EÚ 27	Členské štáty Európskej únie od 1. januára 2007
EÚ 23+	Odkazuje na členské krajiny Cembureau: Belgicko, Česká republika, Dánsko, Estónsko, Fínsko, Francúzsko, Grécko, Holandsko, Chorvátsko, Írsko, Lotyšsko, Luxembursko, Maďarsko, Nemecko, Nórsko, Poľsko, Portugalsko, Rakúsko, Rumunsko, Taliansko, Slovinsko, Španielsko, Švédsko, Švajčiarsko, Turecko a Spojené kráľovstvo.
EURITS	Európska únia pre zodpovedné spaľovanie a úpravu špeciálnych odpadov

EWC	Európsky katalóg odpadov – hierarchický zoznam opisov odpadov. Tento katalóg klasifikuje odpadové materiály a rozdeľuje ich do kategórií podľa toho, ako vznikli a aké majú vlastnosti. Na EWC sa odkazuje vo viacerých smerniciach EÚ a rozhodnutiach Komisie v oblasti odpadu.
FGD	Odsiřovanie spalín.
FGT	Úprava spalín.
FM	Tavená magnézia.
GAINS	Model interakcií a synergií skleníkových plynov a znečistenia ovzdušia.
GSC	Kalcinácia plynovou suspenziou.
IPCC	Medzivládny panel pre zmenu klímy.
IUPAC	Nomenklatúra Medzinárodnej únie pre čistú a aplikovanú chémiu.
L.O.I./LOI	Strata pri žihaní, technika na stanovenie napr. organických látok, uhličitánov, CO ₂ .
LRK	Dlhá rotačná pec
MFSK	Šachtová pec s miešaným zavázaním
MSW	Tuhý komunálny odpad
NVC	(Čistá) výhrevnosť
OECD	Organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj
OECD MIX	Zloženie primárnej energie v krajinách OECD
OK	Ostatné pece
ORC	Organický Rankinov cyklus
OSK	Ostatné šachtové pece
PCB	Polychlórované bifenyly
PCC	Zrážaný uhličitán vápenatý
PCDD	Polychlórovaný dibenzo-p-dioxín
PCDF	Polychlórovaný dibenzofurán
PCP	Pentachlórfenol
PCT	Polychlórované terfenyly
PET	Polyetyléntereftalát
PF	Práskové palivo
PFRK	Rekuperačná pec s paralelným tokom
PLC	Programovateľný logický regulátor: digitálny počítač používaný na automatizáciu priemyselných procesov
PM	Tuhé častice
POPS	Perzistentné organické znečisťujúce látky
PRK	Rotačná pec s predohrievačom
PTFE	Polytetrafluóretylén
PVC	Polyvinylchlorid
RAINS	Regionálny informačný a simulačný model znečistenia ovzdušia
RDF	Palivo z odpadkov; odpadové palivo získané z predbežne upraveného a vytriedeného odpadu
RK	Rotačná pec
ROK	Pecný výpad
SCR	Selektívna katalytická redukcia
SEM	Skenovacia elektrónová mikrofotografia
SK	Šachtová pec
SNCR	Selektívna nekatalytická redukcia
TCDD	Tetrachlórdibenzodioxín
TEQ	Medzinárodné ekvivalenty toxicity (dioxíny a furány)
TOC	Celkový organický uhlík
UBA	Technická pracovná skupina
UNFCCC	Umweltbundesamt/Spolková environmentálna agentúra
VDZ	Rámcový dohovor OSN o zmene klímy
VOC	Verein Deutscher Zementwerke/Nemecký zväz cementárov
WDF	Prchavé organické zlúčeniny

VIII. Technické termíny

Zliatina	Kov, ktorý je kombináciou dvoch alebo viacerých kovov v roztoku alebo zlúčenine, z ktorých aspoň jeden je kov, a kde výsledný materiál má kovové vlastnosti.
Výhrevnosť	V tomto dokumente vyjadrené ako čistá výhrevnosť.
Kaustický materiál	Žieravá kalcinovaná magnézia/CCM.
Krieda	Amorfný typ uhličitanu vápenatého.
Organizovane odvádzané emisie	Emisie znečisťujúcich látok do životného prostredia cez akýkoľvek druh potrubia, bez ohľadu na tvar jeho sekcie [151, Európska komisia 2003].
CL 70 – 80	Klasifikačná norma: CL 70 = vápno definované v norme EN 459 Stavebné vápno s obsahom CaO + MgO > 65 %. CL 80 = vápno definované v norme EN 459 Stavebné vápno s obsahom CaO + MgO > 75 %.
Diagenéza	Fyzikálne, chemické alebo biologické procesy, ktoré menia sediment na sedimentárnu horninu zmenou mineralógie a/alebo textúry.
Difúzne emisie	Emisie vznikajúce pri priamom kontakte prechádzajúcich alebo ľahkých prašných látok s prostredím (atmosférou za bežných prevádzkových podmienok). Môžu byť výsledkom: - vlastnej konštrukcie zariadenia (napr. filtre, sušičky atď.), - prevádzkových podmienok (napr. pri preprave materiálu medzi kontajnermi), - typu činnosti (napr. údržbárskych) - alebo postupného uvoľňovania do iných médií (napr. do chladiacej alebo odpadovej vody) [151, Európska komisia 2003]. Fugitívne emisie sú podskupinou difúzných emisií.
Zdroje difúzných emisií	Zdroje podobných difúzných alebo priamych emisií, ktoré sú viacnásobné a môžu byť bodové, lineárne, plošné alebo objemové [151, Európska komisia 2003].
DL 80 – 85	Klasifikačná norma: DL 80 = dolomitické vápno definované v norme EN 459 Stavebné vápno s obsahom CaO + MgO > 75 %. DL 85 = dolomitické vápno definované v norme EN 459 Stavebné vápno s obsahom CaO + MgO > 80 %.
Dolomit	Typ vápenca, ktorého karbonátová frakcia je tvorená najmä minerálom dolomit, uhličitanom vápenatým ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)
Odpadový plyn	Výstupné plyny z procesov spaľovania/výpalu
Existujúca prevádzka	Zariadenie, ktoré nie je novým zariadením
Spaliny	Výstupné/odpadové plyny z procesov výpalu/spaľovania
Vykurovací olej EL	Extra ľahký vykurovací olej
Fugitívne emisie	Emisie spôsobené netesným zariadením/únikom: emisie do životného prostredia vyplývajúce z postupnej straty tesnosti zariadenia určeného na uchovávanie uzavretej kvapaliny (plynnej alebo kvapalnej), v zásade spôsobené rozdielom tlaku a následným únikom. Príklady fugitívnych emisií: únik z príruby, čerpadla, utesneného alebo dotiahnutého zariadenia atď. [151, Európska komisia 2003]
Hydratované vápno	Hydroxid vápenatý, $\text{Ca}(\text{OH})_2$
Imisie	Výskyt a úroveň znečisťujúcich látok, zápachu alebo hluku v prostredí
Únik vzduchu	Vzduch, ktorý sa do pece dostáva netesnosťami
Vápenec	Minerálna hornina pozostávajúca len z CaCO_3 používaná ako CaCO_3 alebo ako surovina na výrobu nehaseného vápna (oxid vápenatý) dekarbonizáciou a hydratovaného vápna (hydroxid vápenatý) hydratáciou nehaseného vápna
Magnézia	Oxid horečnatý (MgO)
Magnezit	Uhličitan horečnatý (MgCO_3)
Oxid horečnatý	MgO /magnézia
Rozsiahla modernizácia	Modernizácia prevádzky/pece zahŕňajúca významnú zmenu požiadaviek na pec alebo technológie pece, prípadne výmenu pece
Morfológia	Štúdium štruktúry a tvaru častíc

Nová prevádzka	Zariadenie zavedené na mieste zariadenia po uverejnení záverov o BAT CLM alebo úplná výmena zariadenia na existujúcich základoch zariadenia po uverejnení záverov o CLM BAT
Podsol	Bieliaci íl
Puzolán	Puzolány sú materiály, ktoré síce samy osebe nie sú cementové, ale obsahujú oxid kremičitý (a oxid hlinitý) v reaktívnej forme, ktorá sa v prítomnosti vody dokáže spojiť s vápnom a vytvoriť zlúčeniny s cementovými vlastnosťami. Prírodný puzolán sa skladá najmä z jemnej, čokoládovo červenej sopečnej zeminy. Bol vyvinutý umelý puzolán, ktorý je kombináciou popolčeka a vodou kalenej kotlovej trosky.
Puzolánový cement	Puzolánový cement je zmes portlandského cementu a puzolánového materiálu, ktorý môže byť prírodný alebo umelý. Prírodné puzolány sú najmä materiály vulkanického pôvodu, ale obsahujú aj niektoré diatomitické zeminy. Umelé materiály zahŕňajú popolček, vypálené íly a bridlice.
Nehasené vápno	Oxid vápenatý, CaO
Kremičitý vápenec	Vápence obsahujúce oxid kremičitý (SiO ₂)
Spekané dolomitické vápno	Zmes oxidov vápnika a horčíka (CaO >58 % a MgO >41 %), ktoré sa používajú výlučne na výrobu žiaruvzdorného materiálu s minimálnou objemovou hmotnosťou 3,05 g/cm ³
Špeciálny cement	Výrobky, ktoré patria pod kód PRODCOM: • 26.51.12.50 – Hlinitý cement • 26.51.12.90 – ostatné hydraulické cementy
Jednotlivé meranie na mieste	Odber vzoriek z miest, nie kontinuálne meranie
Štandardné podmienky pre odvetvie výroby cementu a oxidu horečnatého	Odkazuje sa na teplotu 273,15 K, tlak 1 013 hPa a obsah kyslíka 10 %
Štandardné podmienky pre odvetvie výroby vápna	Pri teplote 273,15 K a tlaku 1 013 hPa a obsah kyslíka 11 %
Štandardný stav	S odkazom na teplotu 273,15 K a tlak 1 013 hPa
Št. odch.	Štandardná odchýlka
T60	Reaktivita vápna; udáva čas potrebný na zahriatie nehaseného vápna teple od 20 do 60 °C pri reakcii s vodou
Dolomitické vápno s veľmi nízkym obsahom uhlíka	Zmes oxidov vápnika a horčíka, ktorá vzniká takmer úplnou dekarbonizáciou dolomitu (CaCO ₃ .MgCO ₃). Zvyškový CO ₂ obsah produktu je nižší ako 0,25 % a objemová hmotnosť je výrazne nižšia ako 0,5 %. 3,05 g/cm ³
Biely cement	Výrobky, ktoré patria pod kód PRODCOM: • 26.51.12.10 – Biely portlandský cement

ODKAZY

- [3] Rakúsko, U. (1997). Základné kritériá pre najlepšie dostupné techniky pre cement/informácie o cemente a vápne BREF 2001, UBA-IB-560 september 1997.
- [4] Rakúsko, U. (1998). BAT bei Anlagen zur Zementherstellung M-105 (1998)/Informácie o cemente a vápne BREF 2001, M-105 (1998).
- [8] CEMBUREAU (2001). Informácie o odvetví výroby cementu/Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [9] CEMBUREAU (november 1997). BAT pre odvetvie výroby cementu, november 1997/Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [10] Cementa AB/Hagström, P. (1994). Underlag för omprövning av utsläppsvillor/Informácie na zváženie a aktualizáciu podmienok vydávania povolení z roku 1994 získaných počas návštevy prevádzky v roku 1997 a informácie oznámené pri iných príležitostiach/Informácie pre cement a vápno BREF 2001.
- [11] Coulburn, D. (2001). Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [12] Holandsko (1997). Holandské poznámky o najlepších dostupných technikách pre výrobu cementového slinku/Informácie o cemente a vápne BREF 2001
- [16] EuLA (2001). Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [18] Göller (2001). Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [19] Haugh (2001). Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [20] Rother, W. (1996, január). International Cement Review/Emisie odpadových plynov/Dostupné technológie kontroly plynných emisií v cementárňach/Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [21] BCA (1997, október). International Cement Review/Informácie o cemente a vápne BREF 2001
- [22] Japan, C. A. (1996). Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [23] de Jonge, L. (2001). Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [24] Junker, P. (2001). Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [27] Univerzita Karlsruhe, G. (1996). Kontrola emisií zo stacionárnych zdrojov v Spolkovej republike Nemecko – II. zväzok, Kontrola emisií ťažkých kovov (august 1996), (Výskumná správa UBA 104 02 360 (január 1997)), Výskumná správa UBA 104 02 360 (január 1997).
- [29] Lohse, J. (2001). Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [30] Marchal, F. (2001). Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [31] LUA NRW, G. (1997). LUA-Materialien No. 43, Určenie príslušných priemyselných zdrojov dioxínov a furánov v Európe, The European Dioxin Inventory, (1997).

- [37] Spojené kráľovstvo (1996). Poznámka IPC Spojeného kráľovstva: Výroba cementu, výroba vápna a súvisiace procesy, usmernenie IPC S2 3.01 (1996)/Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [38] Spojené kráľovstvo (1996). Technický a ekonomický prehľad procesov výroby cementu a vápna (1996), Zmluva č.: HMIP/CPR2/41/197/Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [39] Ullmann (1986). Ullmannova encyklopédia priemyselnej chémie, 5. vydanie, zväzok A 5, 489-537 (1986), Cement a betón/Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [40] Ullmann (1990). Ullmannova encyklopédia priemyselnej chémie, 5. vydanie, zväzok A 15, 317-345 (1990), Vápno a vápenec/Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [41] Kupper/Brentrop (1992). Technológia SNCR na zníženie emisií NO_x v odvetví výroby cementu, World Cement, s. 4 – 8, marec 1992/Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [42] Billhardt/Kuhlmann/Ruhland/Schneider/Xeller (október 1996). Súčasný stav znižovania emisií NO_x v odvetví výroby cementu/Informácie o cemente a vápne BREF 2001, ZKG International, ročník 49, č. 10, s. 545-560, (1996).
- [43] Wulf-Schnabel/Lohse (1998). Ekonomické hodnotenie techník znižovania emisií NO_x v európskom odvetví výroby vápna, správa zostavená pre GR XI, zmluva č. B4-3040/98/000232/MAR/E1/Informácie o cemente a vápne BREF 2001.
- [44] EuLA (2006). Návrh kapitoly 2.1 a 2.2 v odvetví výroby vápna.
- [45] Schorcht, F. (2006). Osobná komunikácia prostredníctvom návštev na mieste.
- [46] Nemecko (2006). Nemecký príspevok časť I: Výrobné odvetvia vápna, zostavila nemecká národná pracovná skupina a nemecké odvetvie výroby vápna.
- [47] Európska komisia (2004). Dokument odkazujúci na najlepšiu dostupnú techniku nakladania s hlušinou a odpadom z ťažobných činností.
- [48] Európska komisia (2005). Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách pre riadenie odvetví úpravy odpadu.
- [49] Európska komisia (2000). Európsky katalóg odpadov, 2000/532/ES2, (2001/573/ES).
- [50] Nemecko (2006). Nemecký príspevok: Využívanie alternatívnych palív pri výrobe vápna, zostavila nemecká národná pracovná skupina a nemecké odvetvie výroby vápna.
- [51] EuLA (2006). Využitie alternatívnych palív pri výrobe vápna.
- [53] Norsk Hydro Norway (2001). Údaje o výkone prevádzky na kalcináciu vápna na suspenznej báze plynu (prevádzka GSC).
- [54] EuLA (2006). Návrh kapitoly 2.3 a 2.4 v odvetví výroby vápna a ďalšie informácie k týmto kapitolám.
- [55] Španielsko (2006). Spotreba energie v rôznych typoch pecí na vápno.
- [56] EuLA (2006). Databáza kovov EuLA.

- [57] Európska komisia (2005). Dokument odkazujúci na najlepšie dostupné techniky pre spaľovne odpadu.
- [58] Európska komisia (2003). Odkazový dokument o najlepších dostupných technikách pre bežné systémy úpravy odpadových vôd a odpadových plynov v chemickom odvetví.
- [59] Európska únia (2000). Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2000/76/ES zo 4. decembra 2000 o spaľovaní odpadu, 2000/76/ES.
- [60] VDI 2094 Nemecko (2003). Emisisonminderung Zementwerke/Kontrola emisií v odvetví výroby vápna, VDI 2094, marec 2003.
- [61] Francúzsko (2006). Výpočet nákladov na techniky znižovania emisií v odvetví výroby vápna (ESP, textilný filter, odprašovač), príspevok na posúdenie.
- [62] Francúzsko/DFIU/IFARE Karlsruhe (2004). EGTEI – Návrh podkladového dokumentu o odvetví výroby vápna.
- [63] Fínsko (2006). Príspevky: Informácie a emisie z fínskych cementární a vápeniek.
- [64] Česká republika (2006). Odvetvie výroby vápna v Českej republike.
- [65] Fínsko (2006). Šablóna Emisia komponenty – Saxo Mineral Finland – vápno.
- [66] Rakúsko (2006). Rakúsky odvetvie výroby vápna.
- [67] Rakúsko (2006). Správa o návšteve prevádzky Rakúsko, máj 2006.
- [68] EuLA (2006). Databáza emisií pri výrobe vápna.
- [70] Maďarsko (2006). Charakteristika surovín z vápenky Labatlan v Maďarsku.
- [71] Maďarsko (2006). Informácie o maďarskom odvetví výroby vápna a meraniach.
- [72] CEMBUREAU (2006 – 2008). Všeobecné informácie o odvetví výroby cementu, aktualizácie 2006, 2007 a 2008.
- [73] CEMBUREAU (2006). Existujúce vnútroštátne a medzinárodné právne predpisy a emisné limity.
- [74] CEMBUREAU (2006). Štatistické údaje za roky 2004 a 2005 o používaní alternatívnych palív a materiálov pri výrobe slinku v európskom odvetví výroby cementu.
- [75] Estónsko (2006). Revízia dokumentu BREF pre Kundu, výrobu cementu a prílohy.
- [76] Nemecko, V. (2006). Odvetvie výroby vápna, nemecký príspevok.
- [78] E. Baatz + G. Heidt (2000). Prvá prevádzka na výrobu odpadového tepla využívajúca organický Rankinov cyklus na využitie zvyškového odpadového vzduchu z chladiča slinku.
- [79] Nemecko (2001). Niedertemperaturverstromung mittels einer ORC-Anlage im Werk Lengfurt der Heidelberger Zement AG, Messergebnisse.
- [80] Alvaro A. Linero (2006). Správa o núdzovom vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO týkajúca sa skúseností s SCR v závodoch Solnhofen Portland Zementwerke, Cementeira de Monselice a ASM Brescia.

- [81] Castle Cement UK (2006). Prezentácie a príspevky z britských cementární počas návštev na mieste.
- [82] CEMEX Rugby UK (2006). Prezentácie a príspevky z britských cementární počas návštev na mieste.
- [83] CEMBUREAU (2006). Usmernenie k núdzovým vypnutiam z dôvodu zvýšeného množstva CO.
- [84] CEMBUREAU (2006). Špecifická spotreba energie.
- [85] CEMBUREAU (2006). Príspevky na znižovanie emisií NOx.
- [86] EURITS (2006). Príspevok: Šablóna na preskúmanie dokumentu BREF o cemente a vápne.
- [87] Európska komisia (2001). Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách výroby železa a ocele.
- [88] SINTEF (2006). Vznik a uvoľňovanie POPs v odvetví výroby cementu.
- [89] ERFO, T., Glorius, Scorbil, (2005). Klasifikácia tuhých obnoviteľných palív.
- [90] Maďarsko (2006). Maďarské odvetvie výroby cementu.
- [91] CEMBUREAU (2006). Emisie do ovzdušia a alternatívne palivá v európskom odvetví výroby cementu.
- [92] Rakúsko (2006). Rakúske odvetvie výroby cementu, príspevok s prílohami 1.2 a 3.
- [93] EuLA (2006). Znižovanie emisií NOx v odvetví výroby vápna.
- [94] Európska únia (2004). Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2004/8/ES z 11. februára 2004 o podpore kogenerácie založenej na dopyte po využití tepla na integrovanom trhu s energiou a o zmene a doplnení smernice 92/42/EHS.
- [95] Švédsko (2006). Princíp SNCR selektívnej nekatalytickej redukcie oxidov dusíka (NO, NOx).
- [96] Európska komisia (2006). Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách pre emisie zo skladovania hromadných alebo nebezpečných materiálov.
- [97] CEMBUREAU (2007). Správanie sa SO₂ v procese spaľovania slinku.
- [98] Európska komisia (2000). Rozhodnutie Komisie 2000/532/ES z 3. mája 2000, ktorým sa nahrádza rozhodnutie 94/3/ES, ktorým sa ustanovuje zoznam odpadov podľa článku 1 písm. a) smernice Rady 75/442/EHS o odpadoch, a rozhodnutie Rady 94/904/ES, ktorým sa ustanovuje zoznam nebezpečných odpadov podľa článku 1 ods. 4 smernice Rady 91/689/EHS o nebezpečných odpadoch [oznámené pod číslom C(2000) 1147] (Text s významom pre EHP).
- [99] Európska únia (2003). Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2003/87/ES z 13. októbra 2003 o vytvorení systému obchodovania s emisnými kvótami skleníkových plynov v Spoločenstve, ktorou sa mení a dopĺňa smernica Rady 96/61/ES.
- [100] Francúzsko (2006). Výpočet nákladov na techniky znižovania emisií v odvetví výroby cementu (ESP, vrecový filter, odlučovač, SNCR, primárne technológie NOx, vstrekovanie absorbentu, mokrá práčka), príspevok na posúdenie.

- [101] Francúzsko/ADEME/MEDD (2002). Príručka francúzskeho odvetvia výroby cementu k meraniu zníženia emisií NO_x), príspevok na posúdenie.
- [102] Francúzsko/DFIU/IFARE Karlsruhe (2003). EGTEI – Návrh podkladového dokumentu o odvetví výroby cementu, príspevok na preskúmanie.
- [103] CEMBUREAU (2006). Ďalšie príspevky, napr. typy cementu a zloženie, informácie o chromátoch, informácie o tom, prečo odvetvie výroby cementu začalo používať AFR, príspevky k predbežnému návrhu revidovaného dokumentu CL BREF, informácie o zložení sivého cementu, príspevok k revízii dokumentu BREF.
- [104] HOLCIM/GTZ (2006). Usmernenia o spoločnom procese odpadových materiálov pri výrobe cementu.
- [105] YARA, M. R. L. (2006). Príspevok k odvetviu výroby cementu, znižovanie emisií NO_x.
- [107] Belgicko (2006). Prezentácie a príspevky z belgickej cementárne v Lixhe počas návštevy na mieste.
- [108] Európska komisia (2006). Referenčný dokument o najlepšej dostupnej technike na výrobu veľkoobjemových anorganických chemikálií – tuhé látky a iné priemyselné odvetvia (LVIC-S): Kapitola 7.7 Zlúčeniny horčíka.
- [109] RHI AG (2006). Výroba magnézie z magnezitu (prírodný proces).
- [110] Španielski výrobcovia MgO (2006/2008). Výroba magnézie z magnezitu (prírodný proces) a informácie týkajúce sa emisií CO, hluku a obsahu síry v surovinách, ako aj ďalšie informácie týkajúce sa úrovni emisií prachu dosiahnutých v španielskej prevádzke na výrobu MgO pomocou textilných filtrov.
- [111] Európska únia (2003). Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2003/53/ES z 18. júna 2003, ktorou sa mení a dopĺňa 26. smernica Rady 76/769/EHS týkajúca sa obmedzení uvádzania na trh a používania určitých nebezpečných látok a prípravkov (nonylfenol, nonylfenol etoxylát a cement).
- [112] Česká republika (2006). Odvetvie výroby cementu v Českej republike.
- [113] Írsko (2007). Správa o emisii PM 10 a PM 2,5 z emisného bodu do ovzdušia.
- [114] Švédsko (2006). Technika SNCR a emisie NO_x vo švédskych cementárňach.
- [116] Francúzsko (2002). Príručka francúzskeho odvetvia výroby cementu o opatreniach na zníženie emisií NO_x.
- [117] Nemecko (2000). Grundsatzuntersuchung über die Ermittlung der Korngrößenverteilung im Abgas verschiedener Emittenten.
- [118] Nemecko (2007). Ďalšie príspevky týkajúce sa výroby cementu, napr. výroba bieleho cementu, odprášenie pecí pomocou textilných filtrov, povrchových filtrov, filtrov zo spekaných lamiel.
- [119] Sobolev, K. (2001). Biely cement: Problémy výroby a kvality, Cement and Concrete World, Turecko, s. 34 – 42.
- [120] Španielsko (2007). Informácie o výrobe bieleho cementu.

- [122] Európska komisia (2004). Rozhodnutie Komisie z 29. januára 2004, ktorým sa ustanovujú usmernenia pre monitorovanie a nahlasovanie emisií skleníkových plynov podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2003/87/ES.
- [123] Írsko (2005). Príspevky týkajúce sa súhrnného vyhlásenia po krátkodobých skúškach SNCR v Limerick Works of Irish Cement.
- [124] Európska komisia (2001). Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách v celulózo-papierenskom priemysle.
- [125] Európska komisia (2006). Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách v potravinárskom, nápojovom a mliekarenskom priemysle.
- [126] Oates, J. A. H. (1998). Vápno a vápenec: Chémia a technológia, výroba a použitie, ISBN-10: 3527295275/ ISBN-13: 978-3527295272.
- [127] Portugalsko (2007). Portugalské prevádzky na výrobu prírodného hydraulického vápna – emisie prechavého organického uhlíka.
- [128] Portugalsko (2007). Portugalské prevádzky na výrobu prírodného hydraulického vápna – emisie oxidu uhoľnatého.
- [129] EuLA (2006). Databáza emisií z pecí na výrobu vápna.
- [130] Drnek/Maier (2007). Vplyv environmentálnych právnych predpisov na ekonomiku výroby magnézia.
- [131] YARA, M. R. L. (2007). Príspevok o odvetví výroby cementu a vápna, SNCR pri výrobe cementu a vápna – redukčné činidlá.
- [132] CEMBUREAU/Federhen (2007). Príspevok: suchá práčka.
- [133] CEMBUREAU/Federhen (2007). Kogenerácia energie z odpadu tepla.
- [134] CEMBUREAU/Federhen (2007). Technické využitie vlákien v procese výroby cementu a v cementárňach.
- [135] CEMBUREAU/Federhen (2007). Príspevok: Hybridný odlučovač prachu.
- [136] Európska komisia, C., March Consulting Group, MAIN Mamagement e Ingeneria Consultores (1993). Technológie energie v odvetví výroby cementu, záverečná správa, zmluva č. XVII/4.1000/E/91-16.
- [137] Klein/Hoenig (2006). Modelový výpočet potreby paliva pre proces spaľovania slinku, Cement International, reprint z 3/2006, FIZ 2006, s. 44 – 63.
- [138] Taliansko (2007). Suroviny na výrobu bieleho slinku v Taliansku.
- [139] Taliansko (2007). Talianska výroba vápna.
- [140] Taliansko (2007). Cementáreň – Cementáreň Monselice, zariadenie SCR.
- [141] Leibacher/Bellin/Linero (2007). SCR s vysokým prachom uspela v Cementeria di Monselice.
- [142] EnvNGO/Tebert (2007). CO-Minderung bei Kalköfen.
- [143] Williams, P. T. (2005). Úprava odpadu, 0470849126.

- [144] Adlhoch, H.-J. (1996). Sinterlamellenfilter in der Zementindustrie, ZKG International, č. 10/1996, s. 594 – 601.
- [145] Leibinger/Köberl (2001). Neuartiges Konzept zur Minimierung der energia für Ofenfilter in der Zementindustrie, ZKG International, č. 11/2001, s. 618 – 629.
- [146] Leibinger/Neumann (2003). Kostenreduktion durch höheres Leistungspotential bei Prozessfiltern in der Zementindustrie, ZKG International, č. 2/2003, s. 44 – 52.
- [147] Marmor/Petzold (2006). Wirtschaftliche Entstaubung mit Oberflächenfiltern, Teil 3, ZKG International, č. 10/2006, s. 82 – 87.
- [148] Reitemeier (2005). Neue Hochleistungs-Entstaubungsanlagen im Holcim-Zementwerk Dudfield, ZKG International, č. 8/2005, s. 75 – 79.
- [149] CEN/EN 197-1 (2000). Cement –časť 1: Európska norma o zložení, špecifikáciách a kritériách zhody pre bežný cement.
- [150] Fabrellas/Larrazabal/Martinez/Sanz/Ruiz/Abad/Rivera (2004). Globálne hodnotenie emisií PCDD/F zo španielskeho odvetvia výroby cementu. Vplyv konvenčných/alternatívnych palív.
- [151] Európska komisia (2003). Referenčný dokument o všeobecných princípoch monitorovania.
- [152] Nemecko (2007). Odvetvie výroby vápna – Zníženie emisií NO_x v rotačnej peci s predohrievačom pomocou techniky SNCR (praktické skúsenosti).
- [153] Castle Cement UK, P. W. (2007). Žiadosť o zmenu povolenia IPKZ BL 1096, tuhé zhodnotené palivo (SRF) na peci 4.
- [154] CEMEX UK (2006). Žiadosť o zmenu v rámci PPC s cieľom povoliť používanie paliva známeho ako Climafuel, povolenie BL 7248.
- [155] Nemecko (2007). Odvetvie výroby vápna – spoluspaľovanie odpadu.
- [156] Nemecko (2007). Odvetvie výroby vápna – nemecký príklad používania tuhých odpadov ako paliva v rotačnej peci (dodatky).
- [157] Nemecko (2007). Výroba vápna – minimalizácia emisií oxidov dusíka pomocou nízkoemisných horákov NO_x v prstencových šachtových peciach.
- [158] Nemecko (2007). Odvetvia výroby cementu – trvanie a frekvencia núdzových vypnutí z dôvodu zvýšeného množstva CO.
- [159] Írsko (2006). Správy o emisiách CO z dôvodu núdzových vypnutí z cementárne v Írsku.
- [160] Nemecko (2007). Nemecké skúsenosti s testom výkonnosti SNCR na 6 mesiacov.
- [161] Rakúsko (2006). Údaje o prevádzkach a povoleniach z EIA z rakúskych cementární Wietersdorf (Wietersdorfer&Peggauer Zementwerke GMBH) a Retznei (Lafarge Perlmooser AG).
- [162] TEC (2006). Modernizácia spoločností Wietersdorfer a Peggauer Zementwerke GmbH (konferencia CEMTECH Rím 2006).

- [163] Castle Cement UK (2006). Informácie o spotrebe energie v prevádzke Padeswood, Castle Cement UK.
- [164] Rheinkalk, W. F. (2007). Beurteilung der Messungen von Emissionen und Verbrennungsbedingungen für den Zeitraum 01.01.2006 bis 31.12.2006, Kalk-Drehrohrofenanlage-Werk Flandersbach.
- [165] EUROMINES (2006). Výroba magnézie z magnezitu (prírodný proces).
- [166] Európska únia (1995). Nariadenie Rady (ES) č. 384/96 z 22. decembra 1995 o ochrane pred dumpingovými dovozmi z krajín, ktoré nie sú členmi Európskeho spoločenstva, Úradný vestník L 056, 6.3.1996, s. 0001 – 0020.
- [167] Európska únia (2005). Nariadenie Rady (ES) č. 778/2005 z 23. mája 2005, ktorým sa ukladá konečné antidumpingové clo na dovoz oxidu horečnatého s pôvodom v Čínskej ľudovej republike, Úradný vestník L 131, 25.5.2005, s. 0001 – 0017.
- [168] TWG CLM (2007). Zlúčená a zoradená hlavná tabuľka pripomienok k návrhu 1 a informácie.
- [169] Taliansko (2007). Informácie o nákladoch na PFRK (vápno) poskytnuté s pripomienkami k návrhu 1 revidovaného dokumentu BREF.
- [170] Rakúsko (2007). Príspevok ku kritériám vstupu odpadu v roku 2007.
- [171] TEC (2007). Vyhlásenie o spotrebe energie v cementárni W&P v Rakúsku.
- [172] Francúzsko (2007). Emisie častíc (PM 10 a PM 2,5) v odvetví výroby cementu.
- [173] Nemecko (2007). Abschlussbericht zum Forschungsprojekt: "Möglichkeit und Grenzen der SNCR Technik bei einer klassischen Drehofenanlage der Zementindustrie" im Zementwerk Harburg der Märker Zement GmbH.
- [174] EUCOPRO (2007). Príklady kritérií pre vstup odpadu z viacerých členských štátov EÚ.
- [175] Lafarge (2007). Informácie o emisiách SO_x v závode Retznei v Rakúsku.
- [176] Francúzsko (2008). Príspevky týkajúce sa nových techník v odvetví výroby cementu (zníženie Sox_x, emisie prachu).
- [177] EULA (2008). Aktualizované príspevky týkajúce sa výroby vápna, napr. zlepšenie energetickej účinnosti pecí na pálenie vápna, údaje o procese výroby vápna, údaje o emisiách prachových častíc zo Spojeného kráľovstva (s použitím mokrých práčok).
- [178] CEMBUREAU (2008). Využitie odpadového paliva v cementárenských peciach (Spracovanie odpadu v cementárenských peciach) – Posúdenie spaľovania odpadu v Ökopole.
- [179] Európska komisia (2006). Referenčný dokument o hospodárskych vplyvoch a dosahu na viaceré zložky životného prostredia.
- [180] Mauschwitz (2004). Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie V.
- [181] Európska komisia (2008). Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách v oblasti energetickej účinnosti.
- [182] TWG CLM (2008). Zlúčená a zoradená hlavná tabuľka pripomienok k druhej časti návrhu 1 a informácie.

-
- [183] Szednyj/Schindler (2005). Minderungspotentiale der NEC-Gase und Staub bis 2010 der Österreichischen Zementindustrie, Berichte BE-261.
- [184] Norma CEN EN-1948 (2007). Emisie zo stacionárnych zdrojov – Stanovenie hmotnostnej koncentrácie PCDD/PCDF a dioxínom podobných PCB – časť 4: Odber vzoriek a analýza dioxínom podobných PCB.
- [185] Hackl und Mauschwitz (2003). Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie IV.
- [186] IAF (2010). Webová stránka Medzinárodného akreditačného fóra <http://www.iaf.nu>.
- [187] ISO (2004). ISO 14001: 2004 http://www.iso.org/iso/iso_14000_essentials.htm.
- [188] GR pre životné prostredie (2010). Čo je to Emas? http://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm.
- [189] Európska únia (2009). Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1221/2009 z 25. novembra 2009 o dobrovoľnej účasti organizácií v schéme Spoločenstva pre environmentálne manažérstvo a audit (EMAS), ktorým sa zrušuje nariadenie (ES) č. 761/2001 a rozhodnutia Komisie 2001/681/ES a 2006/193/ES.
- [190] ISO (2010). Technický výbor 207 <http://www.tc207.org>.
- [191] Európska únia (2009). Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2009/29/ES z 23. apríla 2009, ktorou sa mení a dopĺňa smernica 2003/87/ES s cieľom zlepšiť a rozšíriť systém Spoločenstva na obchodovanie s emisnými kvótami skleníkových plynov.
- [192] CEMBUREAU (2012): Skupiny odpadových palív v porovnaní so skupinami EWC.
- [193] Európska únia (2007). Rozhodnutie Komisie z 18. júla 2007, ktorým sa ustanovujú usmernenia pre monitorovanie a nahlasovanie emisií skleníkových plynov podľa smernice Európskeho parlamentu a Rady 2003/87/ES.

Európska komisia

EUR 26129 - Spoločné výskumné centrum - Inštitút pre perspektívne technologické štúdie.

Názov: Referenčný dokument o najlepších dostupných technikách (BAT) na výrobu cementu, vápna a oxidu horečnatého.

Autor(i): Schorcht Frauke, Kourti Ioanna, Scalet Bianca Maria, Roudier Serge, Delgado Sancho Luis.

Luxembursko: Úrad pre vydávanie publikácií

Európskej únie 2013 - 480 s. - 21,0 x 29,7 cm.

EUR - Scientific and Technical Research series - ISSN 1831-9424

(online), ISBN 978-92-79-32944-9 (pdf)

doi:10.2788/12850

Abstrakt

BREF s názvom Výroba cementu, vápna a oxidu horečnatého je súčasťou série dokumentov, ktoré predstavujú výsledky výmeny informácií medzi členskými štátmi EÚ, príslušnými priemyselnými odvetviami, mimovládnyimi organizáciami podporujúcimi ochranu životného prostredia a Komisiou s cieľom vypracovať, preskúmať a v prípade potreby aktualizovať odkazy o BAT, ako sa vyžaduje v článku 13 ods. 1 smernice. Tento dokument uverejňuje Európska komisia podľa článku 13 ods. 6 smernice.

Tento dokument BREF pre výrobu cementu, vápna a oxidu horečnatého sa vzťahuje na nasledujúce látky uvedené v prílohe I k smernici 2010/75/EÚ, a to:

- 3.1. Výroba cementu, vápna a oxidu horečnatého:
 - (a) výroba cementového slinku v rotačných peciach s výrobnou kapacitou presahujúcou 500 ton za deň alebo iných peciach s výrobnou kapacitou presahujúcou 50 ton za deň,
 - (b) výroba vápna v peciach s výrobnou kapacitou presahujúcou 50 ton za deň,
 - (c) výroba oxidu horečnatého v peciach s výrobnou kapacitou presahujúcou 50 ton za deň.

Dokument sa vzťahuje aj na niektoré činnosti, ktoré môžu byť priamo spojené s týmito činnosťami na tom istom mieste.

Dôležitými otázkami vykonávania smernice 2010/75/EÚ pri výrobe cementu, vápna a oxidu horečnatého sú zníženie emisií do ovzdušia, účinnosť využívania energie a surovín, minimalizácia, zhodnocovanie a recyklácia zvyškov z procesov, ako aj účinné systémy environmentálneho a energetického manažérstva.

Dokument BREF obsahuje 4 hlavné kapitoly: Kapitola 1 - Odvetvie výroby cementu, Kapitola 2 - Odvetvie výroby vápna a Kapitola 3 - Odvetvie výroby oxidu horečnatého (suchý spôsob založený na ťažbe prírodného magnezitu). Oddiely 1 a 2 kapitol 1 - 3 poskytujú všeobecné informácie o príslušnom priemyselnom odvetví a o priemyselných procesoch a technikách používaných v tomto odvetví. Oddiely 3 kapitol 1 - 3 poskytujú údaje a informácie týkajúce sa environmentálnej pôsobnosti zariadení v tomto odvetví. Oddiely 4 kapitol 1 - 3 poskytujú techniky na prevenciu alebo, ak to nie je možné, na zníženie vplyvu zariadení v tomto odvetví na životné prostredie, ktoré sa zohľadnili pri určovaní BAT. Oddiely 5 kapitol 1 - 3 poskytujú informácie o „nových technikách“, ako sú definované v článku 3 ods. 14 smernice. V kapitole 4 sú uvedené závery o BAT, ako sú vymedzené v článku 3 ods. 12 smernice.

Poslaním Spoločného výskumného centra ako internej vedeckej služby Komisie je poskytovať politikám EÚ nezávislú vedeckú a technickú podporu založenú na dôkazoch počas celého politického cyklu.

V úzkej spolupráci s generálnymi riaditeľstvami pre politiku sa JRC zaoberá kľúčovými spoločenskými výzvami a zároveň stimuluje inovácie prostredníctvom vývoja nových noriem, metód a nástrojov a zdieľania a prenosu svojho know-how členským štátom a medzinárodnému spoločenstvu.

Medzi kľúčové oblasti politiky patria: životné prostredie a zmena klímy; energia a doprava; poľnohospodárstvo a potravinová bezpečnosť; zdravie a ochrana spotrebiteľa; informačná spoločnosť a digitálna agenda; bezpečnosť a ochrana vrátane jadrovej bezpečnosti; všetky sú podporované prostredníctvom prierezového a multidisciplinárneho prístupu.

