

ODVETVOVÁ TECHNICKÁ NORMA MŽP SR

Schválená 17. 2. 1999

	KVANTITA POVRCHOVÝCH VÔD	OTN ŽP
	Meranie prietokov vodomernou vrtuľou vo vodnom toku	3108:99

PREDHOVOR

Odvetvové technické normy Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky (ďalej OTN ŽP) sú rezortné technické predpisy dopĺňujúce a rozširujúce základné predpisy v pôsobnosti rezortu životného prostredia. Dodržiavanie normatívnych ustanovení OTN ŽP môže byť určené ako podmienka orgánov štátnej správy rezortu životného prostredia v konaniach podľa osobitných predpisov alebo v zmluvno - právnych vzťahoch.

OTN ŽP 3108:99 má spolu štyri časti. Prvé dve obsahujú predmet normy a definície pojmov uvedených v norme. V tretej časti je normatívne popísaná metóda merania prietoku vodomernou vrtuľou rýchlosť - plocha. Vo štvrtnej časti sa uvádza metodika výpočtu prietoku.

Táto OTN ŽP sa vydáva na použitie v oblasti vykonávania merania prietokov vodomernou vrtuľou vo vodných tokoch v pôsobnosti rezortu MŽP SR (v zmysle ustanovenia Smernice MŽP SR č. 5/1996 z 1. júla 1996), prípadne aj v iných rezortoch a orgánoch štátnej správy, podľa ich rozhodnutia.

Citované a súvisiace národné a medzinárodné normy

Odborná problematika tejto OTN ŽP je čiastočne obsiahnutá alebo súvisí s niektorými definíciami a ustanoveniami nasledujúcich medzinárodných a národných noriem:

ISO 748	Meranie prietokov v otvorených korytách. Metóda rýchlosť - plocha
ISO 772	Meranie prietoku kvapalín v otvorených korytách. Názvoslovie a symboly (zatiaľ neprebraná)
ISO 1070	Meranie prietoku kvapalín v otvorených korytách. Metóda sklonu hladiny a plochy priečných profilov (zatiaľ neprebraná)
ISO 1100-1	Meranie prietoku kvapalín v otvorených korytách. Zriaďovanie a prevádzka meracích staníc (zatiaľ neprebraná)

Sekcia ochrany
zložiek ŽP

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky

Odbor ochrany vôd

ISO 3454	Meranie prietoku kvapalín v otvorených korytách Zariadenia pre priame meranie hĺbky a závesné zariadenia
ISO 4360	Meranie prietoku kvapalín v otvorených korytách pomocou priepadov a vodných žľabov. Priepady s trojuholníkovým profilom (v štádiu preberania)
ISO 4373	Meranie prietoku kvapalín v otvorených korytách. Zariadenia na meranie úrovne vodnej hladiny (zatiaľ neprebraná)
ISO 8363	Meranie prietoku kvapalín v otvorených korytách. Všeobecné smernice na výber metódy (v štádiu preberania)
STN ISO 2537	Meranie prietoku v otvorených korytách. Vodomerná vrtuľa s rotačným prvkom (25 9321)
STN ISO 9825	Meranie prietoku v otvorených korytách. Poľné merania prietoku veľkých riek a povodní (75 1402)
STN 73 6510	Vodné hospodárstvo. Základné vodohospodárske názvoslovie
STN 73 6512	Vodné hospodárstvo. Názvoslovie hydrotechniky. Vodné toky
STN 73 6530	Vodné hospodárstvo. Názvoslovie hydrológie
STN 73 6532	Vodné hospodárstvo. Názvoslovie hydrogeológie
STN 73 6820	Úpravy vodných tokov
STN 73 6823	Úpravy vodných tokov s malým povodím
STN 75 2120	Kilometráž vodných tokov a nádrží
STN 75 2911	Vodné značky
OTN ŽP 3101:97	Kvantita povrchových a podzemných vôd. Podmienky zriaďovania hydrologických pozorovacích objektov
OTN ŽP 3103:97	Kvantita povrchových vôd. Meranie vodných stavov, teplôt a ľadových úkazov na povrchových tokoch

Citované a súvisiace predpisy

Zákon č. 138/1973 Zb. z 31. októbra 1973 o vodách v znení neskorších predpisov (pripravuje sa novelizácia)

Smernica MŽP SR z 1. júla 1996 č. 5/1996, ktorou sa upravuje inštitút odvetvových technických noriem MŽP SR

MPN 1:1995 Stavba, členenie a úprava slovenských technických noriem

Vypracovanie normy

Spracovateľ: Ing. Jozef Turčan, CSc.

RNDr. Ladislav Dulovič

Technická normalizačná komisia: TNK č. 64 Hydrológia

O B S A H

	Strana
1 Predmet normy	5
2 Definície pojmov	5
3 Metóda merania prietoku vodomernou vrtuľou „rýchlosť - plocha“	
6	
3.1 Výber merného profilu	6
3.1.1 Umiestnenie merného profilu	6
3.1.2 Nevhodné miesta pre merný profil	7
3.2 Meranie parametrov priečného profilu	
7	
3.2.1 Meranie šírky toku	7
3.2.2 Meranie hĺbky vody	8
3.3 Meranie rýchlosti	10
3.3.1 Princíp merania rýchlosti vodomernou vrtuľou	10
3.3.2 Ciachovanie vodomernej vrtule	10
3.3.3 Počet a rozmiestnenie merných bodov a merných zvislíc	
10	
3.3.4 Výpočet priemernej rýchlosti vo zvislici pri bodovom meraní	
13	
3.3.5 Výpočet priemernej rýchlosti vo zvislici pri integračnom meraní	15
4 Výpočet prietoku	16

1 PREDMET NORMY

Na meranie prietokov existuje celý rad spôsobov, metód a zariadení, ktoré sú založené na rôznych fyzikálnych princípoch. Praktické využitie jednotlivých metód závisí od miestnych podmienok, účelu merania a technických možností alebo technickej úrovne meradiel.

Meranie prietokov sa môže vykonávať buď priamo, to znamená priamym meraním jednotlivých parametrov na základe definície prietoku, alebo nepriamo, to znamená vypočítavaním prietoku z inej meranej veličiny, ktorá je k prietoku v presne definovanom vzťahu.

Táto norma stanovuje zásady na vykonávanie meraní prietokov hydrometrickou vrtuľou v povrchových tokoch použitím metódy „rýchlosť - plocha“. Poznanie prietokov v jednotlivých hydrologických staniách prípadne v celej hydrologickej pozorovacej sieti umožňuje

- štatistické hodnotenie a bilancovanie odtokových pomerov
- poskytovanie údajov o prietokoch na projektovanie vodohospodárskych zariadení príp. objektov akýmkoľvek spôsobom v styku s vodou
- prevádzku hydrologickej prognóznej služby a riadenie vodohospodárskych systémov.

Použitie tejto OTN ŽP sa predpokladá hlavne v oblasti systematického sledovania hydrologického režimu v hydrologickej sieti povrchových vôd, v hydrologickej prognóznej službe i v širokej oblasti vodohospodárskych aktivít, zabezpečeného prostredníctvom jednotlivých vodomerných staníc v celej hydrologickej pozorovacej sieti.

2 DEFINÍCIE POJMOV

V tejto časti OTN ŽP sú uvedené definície odborných pojmov, ktoré nie sú obsiahnuté v normách OTN ŽP 3101:97, OTN ŽP 3102:97 a OTN ŽP 3103:97.

- 2.1 Merná zvislica** - zvislica, v ktorej sa meria rýchlosť prúdenia vody bodovo alebo integračne.
- 2.2 Merný bod** - miesto na mernej zvislici, v ktorom sa meria rýchlosť vody.
- 2.3 Sondovaná zvislica** - zvislica, v ktorej sa merajú hĺbky vody pri meraní priečného profilu.
- 2.4 Hydrometrický navijak** - zariadenie na spúšťanie a vytáhovanie vodomernej vrtule na závese (lane) vo vodomernom profile. Týmto zariadením sa môže umiestniť vodomerná vrtuľa do merného bodu podľa zvolenej metódy merania rýchlosti vody.

3 METÓDA MERANIA PRIETOKU VODOMERNOU VRTUĽOU „RÝCHLOSŤ - PLOCHA“

Metóda „rýchlosť - plocha“ je založená na definícii okamžitého prietoku vyjadreného rovnicou kontinuity

$$Q = V_p \cdot S \quad (1)$$

kde Q je zisťovaný prietok, v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
 V_p priemerná profilová rýchlosť v mernom profile, v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,
 S plocha prietočného profilu v mieste merania, v m^2 .

Pri metóde „rýchlosť - plocha“ sa meranie prietoku rozdelí na

- zistenie priemernej rýchlosti v mernom profile z nameraných rýchlostí (podľa použitej metódy) buď bodových alebo zvislicových a
- súčasné nameranie čiastkových plôch prietočného profilu.

3.1 Výber merného profilu

3.1.1 Merný profil sa umiestňuje:

- a) vo voľnej trati, pokiaľ je to možné uprostred rovného úseku, ktorý má vyhovovať podmienke

$$L \geq 3B, \quad (2)$$

kde B je šírka toku na hladine, v m,
 L dĺžka rovného úseku, v m,

- b) v mieste so súmerným profilom a plynulým sklonom koryta toku;
- c) v mieste s dostatočnou hĺbkou vody na úplné ponorenie vodomernej vrtule;
- d) v mieste bez porastov a iných prekážok;
- e) v mieste s nemenným korytom počas merania;
- f) v mieste s prietokom sústredeným do jedného profilu;
- g) v mieste s prúdením pravidelne rozdeleným v celom profile;
- h) kolmo na smer prúdenia pri všetkých vodných stavoch;
- i) v blízkosti vodočtu, na ktorom sa odčítavajú vodné stavy, pri ktorých sa meria prietok;
- j) pri opakovaných meraniach, pokiaľ je to možné v rovnakom mieste.

3.1.2 Nevhodné miesta na merný profil sú:

- a) úseky toku s premenlivým vzduťm;
- b) úseky toku s balvanitým dnom;
- c) úseky toku so súvislou rastlinnou pokrývkou povrchovou alebo podvodnou

Ak nie je možné vyhľadať merný profil podľa kritérií v 3.1.1, je nevyhnutné merný profil pred meraním prietoku upraviť.

3.2 Meranie parametrov priečneho profilu

3.2.1 Meranie šírky toku

Šírka toku sa meria dĺžkovými meradlami podľa veľkosti toku:

- a) na malých tokoch meracími pásmami s centimetrovým delením;
- b) na stredných a väčších tokoch kalibrovaným lanom s decimetrovým delením;
- c) na veľkých tokoch kalibrovaným lanom s metrovým delením alebo geodetickými prístrojmi (nivelačný prístroj, sextant) laserovým diaľkomerom a pod.

V profiloch s hydrometrickou lanovkou sa šírka hladiny určuje na počítadle lanovkového zariadenia, podľa dĺžky posunu zavesenej vodomernej vrtule. Na tokoch s pravidelným korytom sa merné a sondované zvislice umiestňujú v pravidelných vzdialenostiach b , pričom okrajové zvislice sa umiestňujú spravidla bližšie k brehom (pre výpočet je vhodné $b/2$). Pri výraznej zmene tvaru dna, alebo rýchlosti prúdenia v mernom profile je nutné prispôbiť rozmiestnenie zvislíc tejto zmene.

Ak nie je iná možnosť ako merať z mosta situovaného šikmo na smer toku, potom sa správna šírka toku a vzdialenosť medzi zvislicami vypočíta z rovnice

$$B = B_1 \cdot \cos \gamma$$

(3)

kde B je šírka toku na hladine, alebo vzdialenosť medzi zvislicami, v m,
 B_1 šikmá vzdialenosť brehov alebo zvislíc, v m,
 γ uhol odklonu šikmého profilu od kolmice na smer prúdenia, v stupňoch.

Prietočná plocha merného profilu sa určuje postupne v čiastkových úsekoch merného profilu súčasne s meraním hĺbok vody a rýchlostí v jednotlivých zvisliciach podľa zvolenej metódy merania prietokov.

3.2.2 Meranie hĺbky vody

Hĺbkou vody sa rozumie zvislá vzdialenosť dna od hladiny vody. Hĺbka vody pri meraní prietoku vodomernou vrtuľou sa meria súčasne s meraním rýchlosti prúdenia vody. Hĺbka vody sa meria: tyčami, závažím na lane, ultrazvukom.

3.2.2.1 Meranie hĺbky vody tyčami

Na meranie hĺbky vody tyčou sa používajú ociachované tyče vodomerných vrtuľ alebo samostatné sondovanie tyče. Hĺbka vody sa na tyči odčíta vtedy keď je vodorovná os vrtule v úrovni hladiny vody.

3.2.2.2 Meranie hĺbky vody závažím na lane

Na meranie hĺbky vody závažím na lane sa používa vodomerná vrtuľa so závažím. Tenké lano s elektrickým vodičom, na ktorom je zavesená vodomerná vrtuľa je navinuté na meracom navijaku. Dĺžka odvinutého lana sa odčítava s presnosťou na 1 cm na počítadle, ktoré je súčasťou meracieho navijaku.

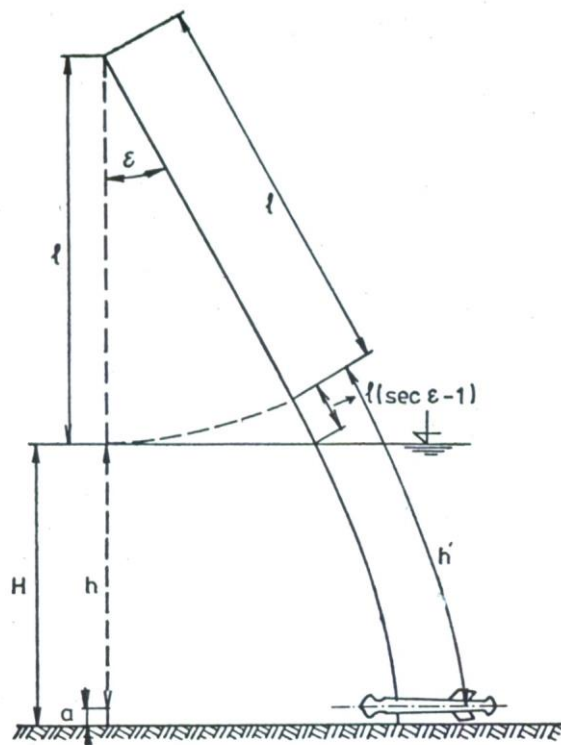
Ak nie je závažie na kalibrovanom lane dostatočné na to, aby udržalo lano v uhle 4° od kolmice na vodnú hladinu, musí sa uhol medzi lanom a vertikálou ε (pozri obr. 1) odmerať uhlomerom. Uhol ε nemá byť väčší ako 36° .

Výpočet hĺbky vody H sa robí pomocou rovníc:

$$H = h + a \quad (4)$$

$$h = [h' - l(\sec \varepsilon - 1)] \cdot (1 - k) \quad (5)$$

kde	H	je	hĺbka vody vo zvislici,	v m,
	h		zvislá vzdialenosť osi vrtule (závažia) od hladiny,	v m,
	l		zvislá vzdialenosť závesu lana od hladiny,	v m,
	h'		celková odvinutá dĺžka závesného lana zmenšená o dĺžku l ,	v m,
	a		konštrukčná výška osi vrtule (závažia) nad dnom,	v m,
	ε		uhol odklonu závesného lana od zvislice,	v stupňoch,
	k		opravný súčiniteľ uvedený v tabuľke	



obr. 1

Tab. HODNOTY OPRAVNÉHO SÚČINITEĽA k NA DANÉ HODNOTY ε

ε	k	ε	k
4°	0,0006	22°	0,0248
6°	0,0016	24°	0,0296
8°	0,0032	26°	0,0350
10°	0,0050	28°	0,0408
12°	0,0072	30°	0,0472
14°	0,0098	32°	0,0544
16°	0,0128	34°	0,0620
18°	0,0164	36°	0,0698
20°	0,0204		

Pri meraní hĺbok ultrazvukovým hĺbkomerom sa uvažuje priemerná hodnota z niekoľkých meraní hĺbky v každej zvislici.

3.3 Meranie rýchlosti

3.3.1 Princíp merania rýchlosti vodomernou vrtuľou

Meranie rýchlosti prúdenia vody v rámci metódy „rýchlosť - plocha“ sa najčastejšie vykonáva vodomernou vrtuľou. Vodomerná vrtuľa sa otáča v prúdiacej vode. Z počtu otáčok za určitý čas sa vypočíta rýchlosť vody.

3.3.2 Ciachovanie vodomernej vrtule

Vodomerné vrtule používané na meranie prietokov metódou „rýchlosť - plocha“ musia mať platné ciachovacie osvedčenie.

Vrtule musia byť preciachované, ak sa vyskytnú pochybnosti o ich správnej funkcii. V praxi sa pri vrtuliach ciachovaných individuálne koná preciachovanie v pravidelných intervaloch alebo po 300 hodinách prevádzky podľa toho, ktoré z oboch období je kratšie ((STN ISO 2537 (25 9321) čl. 7.6)).

3.3.3 Počet a rozmiestnenie merných bodov a merných zvislíc

Rýchlosť prúdenia vody sa meria vodomernou vrtuľou v bodoch rozmiestnených na mernej zvislici alebo integračnou metódou. Obe metódy majú za cieľ určenie priemernej rýchlosti vo zvislici.

Pri bodovej metóde merania sa rýchlosti prúdenia vody merajú v systematicky rozmiestnených bodoch v mernom profile, ktoré sú zoskupené do merných zvislíc. Táto metóda merania rýchlosti vody umožňuje poznať rozdelenie rýchlosti v jednotlivých merných zvisliciach v celom priečnom profile. Chybné meranie možno hneď zistiť.

Pri integračnej metóde sa pohybuje hydrometrická vrtuľa v jednotlivých merných zvisliciach pravidelnou rýchlosťou od hladiny po dno koryta toku.

Umiestnenie vrtule do merného bodu vo zvislici sa udáva vždy od dna smerom k hladine.

Merné zvislice sa volia tak, aby bola vzdialenosť medzi zvislicami najmenej dva priemery vodomernej vrtule. Počet zvislíc sa odporúča voliť 15 až 20, pričom ich má byť najmenej 8. V prípadoch, v ktorých by pri 8 zvisliciach bola vzdialenosť medzi zvislicami menšia ako dva priemery vrtule, volí sa menší počet zvislíc.

Merné zvislice sa umiestňujú najčastejšie v rovnakých vzdialenostiach b medzi sebou a krajné zvislice vo vzdialenosti $b/2$ od steny, brehu alebo od začiatku hladiny. Vzdialenosť b sa vypočíta ako podiel šírky toku v hladine (B) a počtu merných zvislíc.

Nerovnomerné rozdelenie merných zvislíc sa volí iba v mimoriadnych prípadoch, ak nie je možné merať vo vyhovujúcom mernom profile.

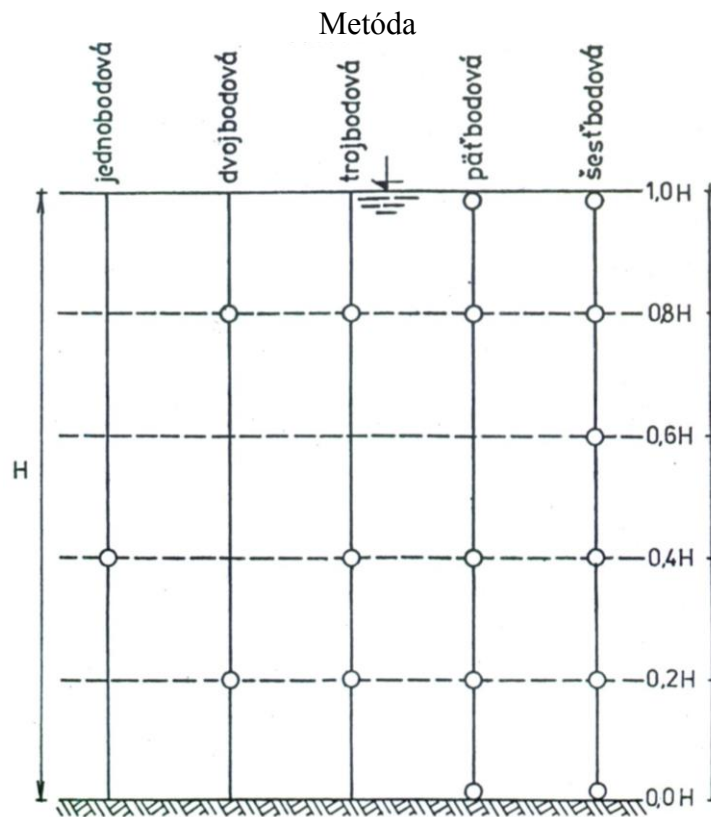
Vodomerná vrtuľa na tyči sa na meranie rýchlosti vody používa v plytkých tokoch s takou rýchlosťou prúdenia, kde je možné merať brodením, z člna, alebo z lávky, kde tyče dosiahnu až na dno. Pri meraní sa tyče držia vo zvislej polohe, pričom sa musí dbať na to, aby os vrtule smerovala stále proti prúdu.

Vodomerná vrtuľa na závese sa používa v hlbších tokoch, pri väčších rýchlostiach, keď vrtuľa na tyči už nestačí a pri meraní z mosta, alebo pomocou hydrometrických lanoviek.

Čas merania rýchlosti v jednom bode musí trvať najmenej štyridsať sekúnd pri použití vrtule a počítadla s registráciou každej otáčky vrtule. V prípade zhoršených podmienok napr. vegetácia, zámrz a pod. je nevyhnutné čas merania vhodne prispôbiť, zväčša predĺžením času merania.

Merné body sa vo zvislici rozmiestňujú zväčša pravidelne podľa obrázku 2, čo uľahčuje výpočet prietoku.

Priemerná rýchlosť vo zvislici sa môže stanoviť jednou z nasledujúcich metód:



obr. 2

Použitie jednotlivých metód sa odporúča nasledovne:

- a) jednobodová pri veľmi malých hĺbkach, kde hĺbka je menšia ako tri priemery vrtule
- b) dvoj a trojbodová pri hĺbkach do troch metrov
- c) päťbodová pri väčších hĺbkach ako dva metre
- d) šesťbodová v hlbokých tokoch a pri nepriaznivých podmienkach (zarastený profil, ľadová pokrývka a pod.).

Pri nepravidelnom rozdelení prúdenia sa aj merné body rozmiestňujú vo zvislici nepravidelne. Prietok sa potom vypočíta graficko-matematickou metódou.

Poloha merného bodu vo zvislici sa udáva zaokrúhlene na centimetre.

Počet merných bodov vo zvislici sa volí v závislosti od hĺbky vody H vo zvislici, od priemeru použitej vrtule a od požadovanej presnosti merania.

3.3.4 Výpočet priemernej rýchlosti vo zvislici pri bodovom meraní

Priemernú rýchlosť prúdenia vody vo zvislici je možné vypočítať jednou z nasledujúcich metód:

- a) **Jednobodová metóda.** Rýchlosť sa meria vo vzdialenosti 0,4 H odo dna. Meraná hodnota sa považuje za priemernú rýchlosť vo zvislici.
- b) **Dvojbodová metóda.** Rýchlosť sa meria vo vzdialenosti 0,2 H a 0,8 H odo dna. Priemer týchto dvoch meraní sa považuje za priemernú rýchlosť vo zvislici.
- c) **Trojbodová metóda.** Rýchlosť sa meria vo vzdialenosti 0,2 H; 0,4 H a 0,8 H odo dna. Priemerná rýchlosť vo zvislici je daná rovnicou

$$(6) \quad v_{mz} = 0,25 (v_{0,2} + 2v_{0,4} + v_{0,8})$$

- d) **Päťbodová metóda.** Rýchlosť sa meria pri dne¹; v 0,2 H; 0,4 H; 0,8 H vzdialenosti odo dna a tesne pod hladinou². Priemerná rýchlosť vo zvislici sa potom počíta

¹ V bode pri dne nesmie vrtuľa narážať na dno a nesmie byť umiestnená za väčšie výčnelky dna (veľký kameň a pod.).

² V bode pod hladinou musí byť celá otáčajúca sa časť vrtule pod hladinou pri všetkých polohách rozvlnenej hladiny toku.

$$v_{mz} = 0,1 (v_d + 2v_{0,2} + 3v_{0,4} + 3v_{0,8} + v_p) \quad (7)$$

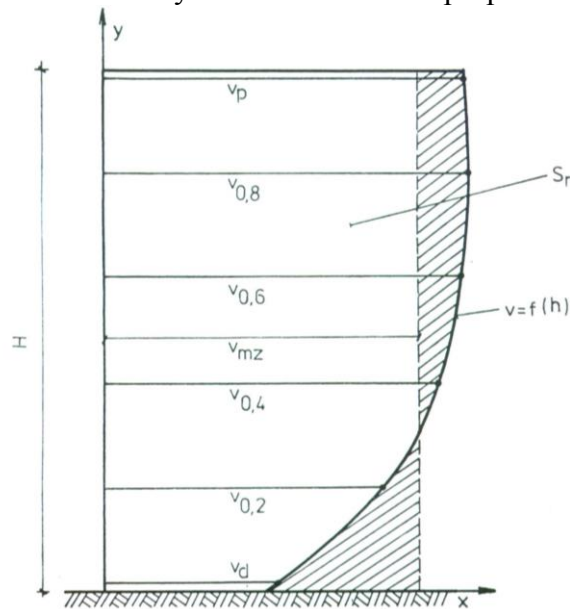
e) **Šesťbodová metóda.** Prvých päť bodov sa umiestňuje zhodne s päťbodovou metódou a šiesty bod sa umiestni vo vzdialenosti 0,6 H odo dna a pre výpočet priemernej rýchlosti vo zvislici sa použije rovnica

$$v_{mz} = 0,1 (v_d + 2v_{0,2} + 2v_{0,4} + 2v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_p) \quad (8)$$

V rovniciach (6), (7) a (8) je:

- v_{mz} - priemerná rýchlosť vo zvislici, $v \text{ m.s}^{-1}$,
- v_d - rýchlosť v bode pri dne, $v \text{ m.s}^{-1}$,
- v_p - rýchlosť v bode tesne pod hladinou, $v \text{ m.s}^{-1}$,
- $v_{0,2}$ - rýchlosť v bode 0,2 H odo dna, $v \text{ m.s}^{-1}$,
- $v_{0,4}$ - rýchlosť v bode 0,4 H odo dna, $v \text{ m.s}^{-1}$,
- $v_{0,6}$ - rýchlosť v bode 0,6 H odo dna, $v \text{ m.s}^{-1}$,
- $v_{0,8}$ - rýchlosť v bode 0,8 H odo dna, $v \text{ m.s}^{-1}$

Pri graficko – matematickom stanovení priemernej zvislicovej rýchlosti sa bodové rýchlosti vo zvislici merajú tak, aby čo najlepšie vystihovali jej rozloženie. Rýchlosti v jednotlivých bodoch sa vynesú do grafu a priemerná zvislicová rýchlosť sa stanoví napr. planimetrovaním (pozri obr. 3).



obr. 3

- S_r - plocha obrazca rýchlosti, $v \text{ m}^2$,
- h - hĺbka merného bodu meraná odo dna, $v \text{ m}$,
- H - hĺbka vody v mernej zvislici, $v \text{ m}$,

v_{mz} - priemerná rýchlosť prúdenia vody vo zvislici, $v \text{ m.s}^{-1}$,
 v_i - bodová rýchlosť prúdenia vody vo zvislici, $v \text{ m.s}^{-1}$,
 v_d - dnová rýchlosť prúdenia vody, $v \text{ m.s}^{-1}$,
 v_p - povrchová rýchlosť prúdenia vody, $v \text{ m.s}^{-1}$

3.3.5 Výpočet priemernej rýchlosti vo zvislici pri integračnom meraní

V prípadoch, keď nie je možné umiestniť viac ako jeden bod vo zvislici (pri veľkých hĺbkach a zároveň aj veľkých rýchlostiach, najmä pri povodni a pod.), umiestní sa vrtuľa pod hladinu a určí sa len povrchová rýchlosť. K prepočtu povrchovej rýchlosti na priemernú rýchlosť vo zvislici sa použije závislosť medzi týmito rýchlosťami, získaná úplnými meraniami, ktorá sa stanovuje na každý merný profil zvlášť.

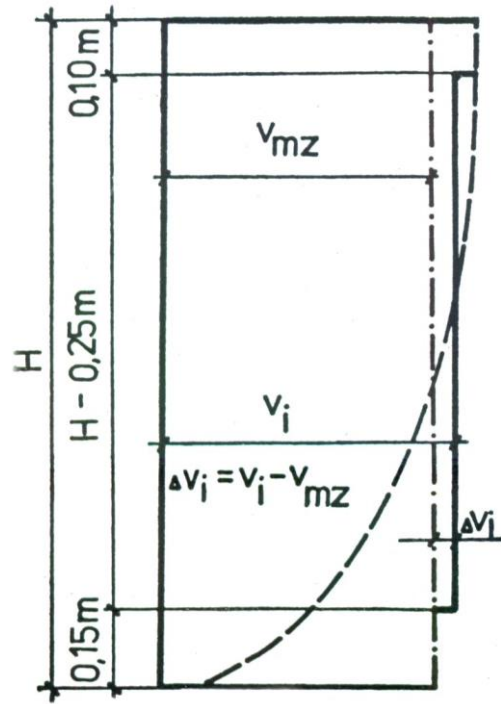
Pri integračnom spôsobe merania rýchlosti prúdenia vody vo zvislici sa rýchlosť prúdenia vody, pri hĺbkach väčších ako 1 m, meria konštantným posúvaním vrtule. Na meranie sa používajú vrtule s upraveným navijakom, ktorý umožňuje jej spúšťanie zhora nadol rýchlosťou 2 až 5 cm.s^{-1} .

Rýchlosť v_m , zistená integračne a vypočítaná z priemerného počtu otáčok vrtule, za dobu jej rovnomerného pohybu po dráhe zvislice, platí len po vlastný rozsah integrácie (obr. 4) danej začiatkom merania, po úplnom ponorení vrtule pod hladinou (napr. 0,10 m pod hladinou), až po dotyk nárazníka vrtule na dno (napr. 0,15 cm nad dnom). Zanedbaním malých rýchlostí pri dne býva rýchlosť v_m väčšia ako priemerná zvislicová rýchlosť v_{mz} .

Skutočná priemerná rýchlosť vo zvislici je
$$v_{mz} = v_m - \Delta v_m$$
 (9)

kde v_{mz} je priemerná zvislicová rýchlosť, $v \text{ m.s}^{-1}$
 v_m rýchlosť prúdenia vody, zistená integračne v meranom úseku zvislice napr. medzi 0,10 m pod hladinou a 0,15 m nad dnom, $v \text{ m.s}^{-1}$,
 Δv_m rozdiel medzi skutočnou priemernou zvislicovou rýchlosťou a rýchlosťou, zistenou integračne (obr. 4), $v \text{ m.s}^{-1}$.

Príslušné rozdiely Δv_m , stanovené na ten-ktorý merný profil meraniami, môžu byť spracované do grafických závislostí.



obr. 4

4 VÝPOČET PRIETOKU

Prietok sa vypočítava z odmeraných rýchlostí a profilov aritmeticky, alebo sa určí graficky.

Prietok sa počíta podľa vzorca:

$$Q = K_1 v_{mz_1} \cdot S_{0,1} + \frac{v_{mz_1} + v_{mz_2}}{2} \cdot S_{1,2} + \dots + \frac{v_{mz_{n-1}} + v_{mz_n}}{2} \cdot S_{n-1,n} + K_1 v_{mz_n} \cdot S_{n,n+1} \quad (10)$$

kde $v_{mz_1}; v_{mz_2} \dots v_{mz_n}$ je priemerná rýchlosť v príslušných zvisliciach, v $m \cdot s^{-1}$,
 $S_{0,1}; S_{1,2} \dots S_{n,n+1}$ čiastková plocha priečného profilu medzi príslušnými zvislicami, v m^2 ,
 Q prietok vody v profile, v $m^3 \cdot s^{-1}$.

K_1 sa rovná 0,66 vtedy, ak hĺbka a rýchlosť na začiatku a na konci priečného profilu je nulová.

Ak hĺbka a rýchlosť vody na začiatku priečného profilu nie sú nulové, potom sa do výpočtu dosadia namerané alebo odhadnuté hodnoty rýchlostí. Vtedy bude prvý člen rovnice

$$\frac{v_{mz_0} + v_{mz_1}}{2} \cdot S_{0,1} \dots \dots \quad (11)$$

Tak isto to bude i na konci priečného profilu.

Pri meraní prietoku vody vo vodnom toku sa musí minimálne na začiatku a na konci merania zaznamenať výška hladiny vody. Počet meraní vodných stavov počas merania prietoku sa volí podľa toho, ako rýchlo sa mení vodný stav počas merania prietoku.

Ak je zmena vodného stavu počas merania malá to znamená do 2 cm a plynulá, priemerný vodný stav H_s sa vypočíta ako aritmetický priemer zistených vodných stavov.

Pri väčších zmenách vodného stavu ako 2 cm sa musí odčítat' vodný stav ($H_{s_1}, H_{s_2}, \dots, H_{s_n}$) v dobe merania parametrov čiastkového prietoku (Q'_1, Q'_2, \dots, Q'_n), v každej zvislici. Priemerný vodný stav H_s , zodpovedajúci nameranému prietoku, sa vypočíta z rovnice

$$H_s = \frac{H_{s_1} Q_1 + H_{s_2} Q_2 + \dots + H_{s_n} Q_n}{\sum_1^n Q_i} \quad (12)$$

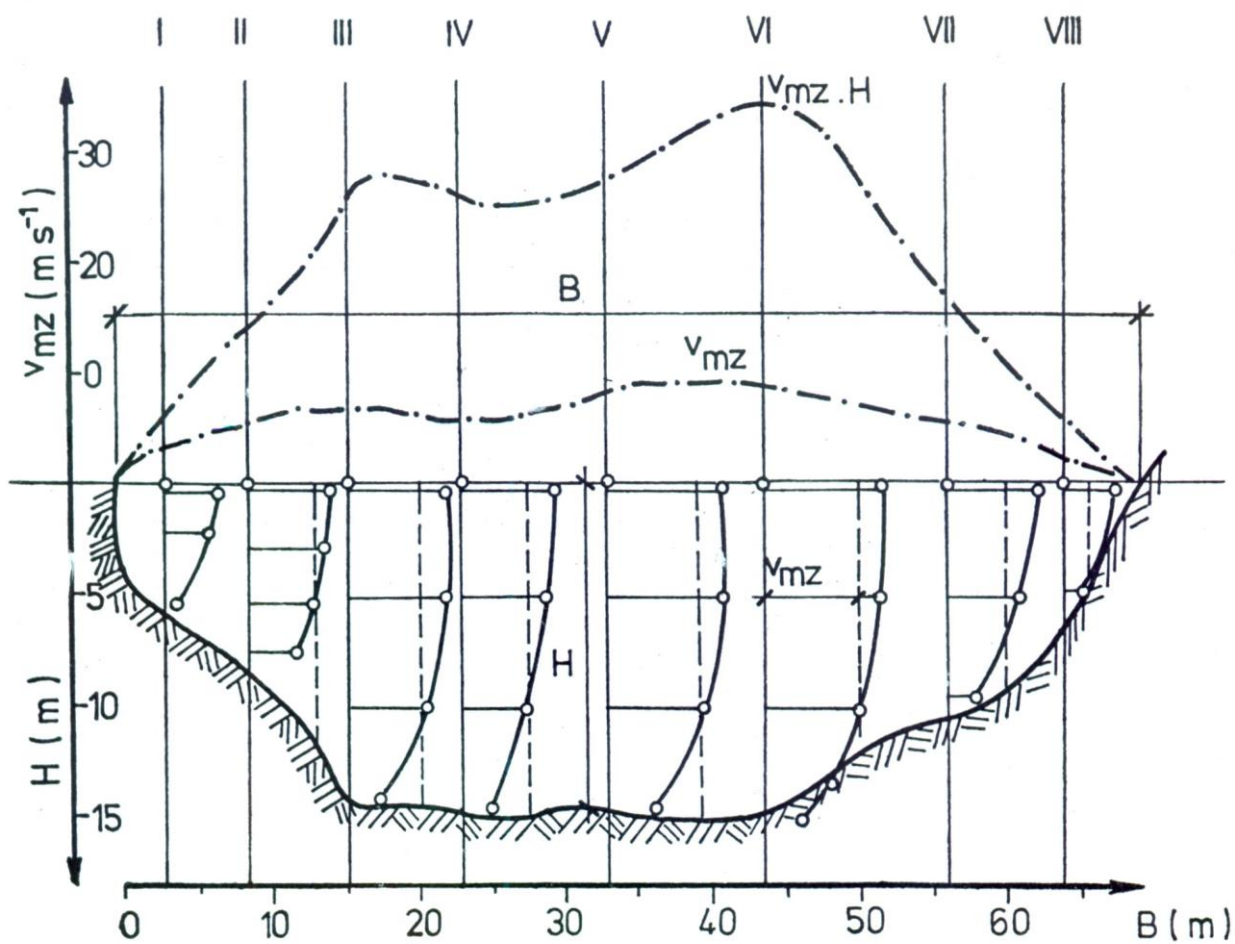
pričom $Q_i = v_{mzi} S_i$

kde H_s je vodný stav, v m,

Q_i čiastkový prietok zodpovedajúci čiastkovej ploche patriacej k i-tej zvislici, v $m^3 \cdot s^{-1}$,

v_{mzi} priemerná zvislicová rýchlosť v i-tej zvislici, v $m \cdot s^{-1}$,

S_i čiastková plocha patriaca k i-tej zvislici (pozri obr. 5), v m^2 .



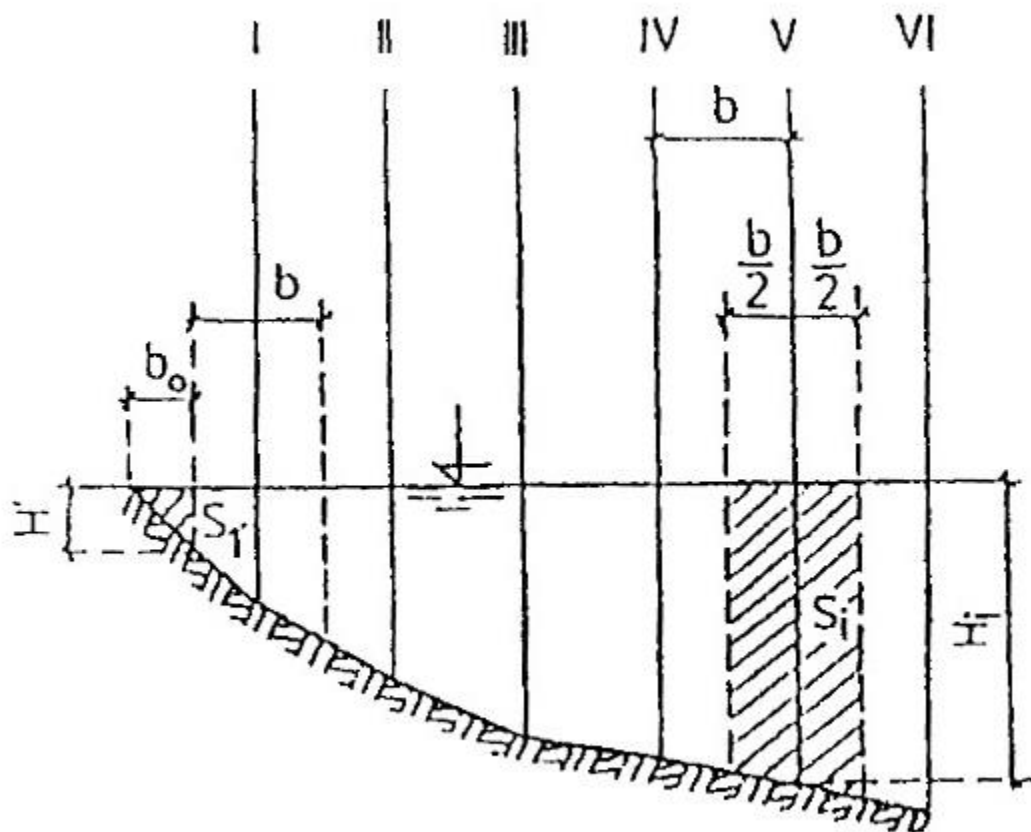
obr. 5

B - šírka hladiny, v m

v_{mz} - priemerná zvislicová rýchlosť, v $m \cdot s^{-1}$

H - celková hĺbka vody vo zvislici, v m.

Na meranie prietoku vodomernou vrtuľou vo vodnom toku s voľnou hladinou, s výnimkou merania podľa bodu 3.1.2 tejto normy sa pri ustálenom prietoku uvažuje v ideálnych podmienkach orientačná stredná kvadratická chyba $\pm 5\%$ a v podmienkach prirodzených korýt až $\pm 10\%$.



obr. 6

H_i - hĺbka v i-tej zvislici, v m,

b - vzdialenosť medzi zvislicami, v m

S_i - čiastková plocha patriaca k i-tej zvislici, v m^2 ,

H' - hĺbka zistená z grafického znázornenia prietočného profilu, v m.