



ČESKÝ METROLOGICKÝ INSTITUT

Okružní 31, 638 00 Brno

METROLOGICKÝ PŘEDPIS

MP 010

**ÚŘEDNÍ MĚŘENÍ PRŮTOKU VODY
V PROFILECH S VOLNOU HLADINOU**

POSTUP PRO PROVÁDĚNÍ ÚŘEDNÍHO MĚŘENÍ

**METODOU RYCHLOSTNÍHO POLE,
OBJEMOVOU METODOU, VÁŽICÍ METODOU,
PŘENOSNOU MĚŘICÍ SESTAVOU S PRŮTOKOMĚREM,
MĚRNÝMI PŘELIVY A ŽLABY**

Vydání: **březen 2025**

**PŘEDPIS JE ZÁVAZNÝ PRO PRACOVNÍKY SUBJEKTŮ
AUTORIZOVANÝCH K ÚŘEDNÍMU MĚŘENÍ V ROZSAHU,
SE KTERÝM SOUVISÍ PŘEDMĚT TOHOTO PŘEDPISU.**

Úvod

Postup měření podle tohoto metrologického předpisu (dále jen MP) je určen pro úřední měření průtoku vody v profilech s volnou hladinou.

Úředním měřením je podle § 21 zákona č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o metrologii“), metrologický výkon, o jehož výsledku vydává subjekt autorizovaný Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví Doklad, který má charakter veřejné listiny.

Úřední měření průtoku vody v profilech s volnou hladinou podle tohoto MP se využívá zpravidla pro měření podle vyhlášky č. 328/2018 Sb., ve znění pozdějších předpisů, jejímž účelem je posoudit správnost měření trvale instalovaného měřicího systému průtoku a protoklého objemu.

Úřední měření prováděné podle tohoto MP může být využito i při jakémkoli jiném účelu měření průtoku vody v profilech s volnou hladinou, o jehož výsledcích vyžaduje objednatel vydání Dokladu majícího charakter veřejné listiny.

Cílem tohoto MP je shromáždit v jednom dokumentu relevantní informace potřebné pro výkon úředního měření průtoku vody v profilech s volnou hladinou.

1 Všeobecná ustanovení

Úřední měření průtoku je prováděno dle tohoto MP následujícími metodami:

- metodou rychlostního pole¹;
- objemovou metodou (metoda jímání vody do odměrné nádoby);
- vážicí metodou (metoda jímání vody do vážicího vaku);
- využitím přenosné měřicí sestavy s průtokoměrem;
- využitím měrných přelivů a žlabů.

Pro měření průtoku metodou rychlostního pole v přirozených korytech velkých vodních toků je primárně určen postup dle ČSN EN ISO 748. Tato koryta se od menších zpravidla prizmatických profilů², ve kterých je aplikováno úřední měření dle tohoto MP, odlišují svými geometrickými i proudovými okrajovými podmínkami. V odůvodněných případech lze měření metodou rychlostního pole popsané v tomto MP použít i v uzavřených profilech za použití postupů, jež vycházejí z ČSN ISO 3354³.

Pro měření průtoku metodou jímání kapaliny do odměrné nádrže pevně instalované v laboratorních podmínkách je primárně určen postup dle ČSN EN ISO 8316. Postup pro úřední měření metodou jímání vody do odměrné nádoby podle tohoto MP z uvedené normy metodicky vychází.

Pro měření průtoku kapaliny vážicí metodou do nádoby pevně instalované v laboratorních podmínkách je primárně určen postup dle ČSN EN 24185+AC. Postup pro úřední měření metodou jímání vody do vážicího vaku podle tohoto MP z uvedené normy metodicky vychází.

¹ V praxi se pro název této metody používá zkrácený termín – hydrometrování.

² MP je určen pro měrné profily jmenovitého rozměru (šířka, průměr) do 5 m a hloubky proudu do 2 m. Postup dle MP za odlišných okrajových podmínek nemusí zajistit správnost a přesnost prováděného měření.

³ Aktuální verze normy je dostupná jen v angličtině.

Měření průtoku přenosnou měřicí sestavou s průtokoměrem je pro přezkoušení vodoměru v době platnosti ověření v místě instalace definováno v Opatření obecné povahy č. 0111-OOP-C035-14. Požadavky na průtokoměr jsou definovány v ČSN EN ISO 4064-1. Postup pro úřední měření podle tohoto MP vychází z ČSN EN ISO 20456 a z výše uvedených předpisů.

Pro měření průtoku měrnými přelivy a žlaby jsou určeny postupy především dle ČSN ISO 1438 a ČSN ISO 9826. Postup pro úřední měření podle tohoto MP vychází také z TNV 25 9305 a z výše uvedených norem.

2 Související normy a předpisy

- | | |
|-----------------------|---|
| Vyhl. č. 328/2018 Sb. | Vyhláška o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových |
| 0111-OOP-C035-14 | Opatření obecné povahy, kterým se stanovují metrologické a technické požadavky na stanovená měřidla, včetně metod zkoušení při ověřování stanovených měřidel protečeného množství vody – vodoměrů, které jsou určeny k použití v obytných a obchodních prostorách a v lehkém průmyslu |
| ČSN EN ISO 772 | Hydrometrie – Slovník a značky (25 9300) |
| ČSN EN ISO 748 | Hydrometrie – Měření průtoku kapalin v otevřených korytech – Metody rychlostního pole s použitím měření bodové rychlosti (25 9310) – 6/2008; 6/2022 a 6/2023 |
| ČSN ISO 2537 | Hydrometrie – Vodoměrné vrtule s rotačním prvkem (25 9321) |
| ISO/TR 15768 | Measurement of liquid velocity in open channels — Design, selection and use of electromagnetic current meters |
| ISO 15769:2010 | Hydrometry – Guidelines for the application of acoustic velocity meters using the Doppler and echo correlation methods |
| ČSN ISO 3455 | Hydrometrie – Kalibrace měřidel rychlosti proudění vody v přímých otevřených nádržích (25 9322) |
| ČSN ISO 3454 | Hydrometrie – Sondovací zařízení pro přímé měření hloubky a závěsná zařízení (25 9381) |
| ČSN ISO 3354 | Měření průtoku čisté vody v uzavřených potrubích. Metoda měření rychlostního pole pomocí vodoměrných vrtulí při pravidelném proudění plným profilem (25 7721) |
| ČSN EN ISO 4373 | Hydrometrie – Zařízení na měření výšky vodní hladiny (25 9382) |
| ČSN ISO 5168 | Měření průtoku tekutin – Postupy pro vyhodnocení nejistot (25 7705) |
| ČSN EN ISO 8316 | Měření průtoku kapalin v uzavřených profilech – Metoda jímání kapaliny do odměrné nádrže (25 7755) |
| ČSN EN 24185+AC | Měření průtoku kapalin v uzavřených profilech – Vážicí metoda (obsahuje změnu AC) (25 7750) |
| ČSN ISO 1438 | Hydrometrie – Měření průtoku vody v otevřených korytech pomocí tenkostěnných přelivů (25 9331) |

ČSN ISO 9826	Měření průtoku kapalin v otevřených korytech – Parshallovy žlaby a žlaby typu Saniiri (25 9342)
TCM 142/95-2075	Certifikát o schválení typu měřidla – Parshallův žlab, typ PARS
ČSN EN ISO 4064-1	Vodoměry pro studenou pitnou vodu a teplou vodu – Část 1: Metrologické a technické požadavky (25 7811)
ČSN EN ISO 20456	Měření průtoku tekutin v uzavřených profilech – Pokyn pro použití indukčních průtokoměrů pro vodivé kapaliny (25 7740)
TNI 01 0115	Mezinárodní metrologický slovník – Základní a všeobecné pojmy a přidružené termíny (VIM)
TNI 01 4109-3	Nejistoty měření – Část 3: Pokyn pro vyjádření nejistoty měření (GUM:1995) (Pokyn ISO/IEC 98-3)
TNV 25 9305	Měřicí systémy proteklého objemu vody v profilech s volnou hladinou
MP 020	Metrologický předpis – Metrologická, technická a personální způsobilost subjektů k výkonu úředního měření

3 Pojmy, termíny a jejich definice

Pro účely tohoto MP jsou použity termíny a definice uvedené v TNI 01 0115, ČSN EN ISO 772 a v dalších výše uvedených citovaných normách a předpisech.

4 Měřidla, software a ostatní pomocná měřicí zařízení

V souladu s článkem 6 tohoto MP se při úředním měření předmětnými metodami používají následující měřidla:

- délek – úrovně hladiny,
- délek – rozměrů měrného profilu,
- bodové rychlosti proudu,
- otáček propeleru vodoměrné vrtule,
- času,
- teploty,
- objemu,
- hmotnosti,
- měrné vodivosti,
- přenosná měřicí sestava s objemovým nebo hmotnostním průtokoměrem a

následující pomocná měřicí zařízení:

- vážicí vak se závěsnou konstrukcí,
- měrný vzdouvací objekt typu přeliv,
- měrný vzdouvací objekt typu žlab,
- spojovací hadice,
- čerpadlo.

Následuje přehled pro jednotlivé metody předepsaných měřidel pro stanovení příslušné veličiny s jejich obvyklými měřicími rozsahy a velikostmi nejmenších dílků (rozlíšení) jejich indikace. Součástí přehledu jsou i maximální dovolené chyby (MPE⁴) definované na základě hodnot obvykle používaných měřidel a zkušeností. Doporučený interval kalibrace vychází z údajů výrobců a dodavatelů měřidel, z míry důležitosti měřené veličiny (velikosti příspěvku k její celkové nejistotě) a z dlouhodobých zkušeností s chováním odchylek při kalibraci a experimentálních testech příslušných měřidel. Pro stanovení průtoku nemusí být použita vždy všechna k předmětné metodě uvedená měřidla.

V případě, že se pro výkon úředního měření použijí měřidla, která byla na trh uvedena cestou posouzení shody, např. dle směrnice 2014/31/EU (směrnice NAWID) nebo směrnice 2014/32/EU (směrnice MID), musí MPE odpovídat metrologickým požadavkům uvedených u níže specifikovaných měřidel. Nejistota měření při kalibraci se nevyhodnocuje.

4.1 Měřidla a software používané při stanovení průtoku metodou rychlostního pole

Tabulka 1 – Měřidla používaná pro metodu rychlostního pole

Měřená veličina	Měřidlo	Obvyklý měřicí rozsah; hodnota dílku	Nejistota měření při kalibraci** / MPE	Doporučený interval kalibrace
Bodová rychlost proudu⁵	Vodoměrná vrtule propelerového typu v souladu s ČSN ISO 2537 a ČSN EN ISO 748; doporučené propelery jsou uvedeny v tabulce 2 tohoto MP	(0,05 až 5,00) m/s; 3 mm/s	MPE je definována nejistotou převzatou z ČSN EN ISO 748 a uvedenou v tabulce 18 tohoto MP	2 roky
	Čítač otáček propeleru vodoměrné vrtule	(0 až 50) Hz; 1 otáčka	MPE = ±0,5 % z počtu měřených impulzů.	5 let
	Souprava ručního elektromagnetického indukčního (EMI) měřidla se snímačem, datovým kabelem a vyhodnocovací jednotkou v souladu s ISO/TS 15768 a ČSN EN ISO 748	(0,05 až 6,00) m/s; 1 mm/s	MPE je definována nejistotou převzatou z ČSN EN ISO 748 a uvedenou v tabulce 18 tohoto MP	2 roky***

pokračování

⁴ Maximum permissible error.

⁵ Pod pojmem bodová rychlost je pro účely tohoto MP rozuměna rychlost proudu v daném směru určená z konečného jednoznačně definovaného objemu kapaliny.

Tabulka 1 – dokončení

Měřená veličina	Měřidlo	Obvyklý měřicí rozsah; hodnota dílku	Nejistota měření při kalibraci** / MPE	Doporučený interval kalibrace
Bodová rychlost proudu⁶	Souprava ručního ultrazvukového (UZV) ADV měřidla se snímačem, datovým kabelem a vyhodnocovací jednotkou v souladu s ISO 15769:2010 a ČSN EN ISO 748	(0,05 až 4,00) m/s; 1 mm/s	MPE je definována nejistotou převzatou z ČSN EN ISO 748 a uvedenou v tabulce 18 tohoto MP	2 roky
	Souprava ručního ultrazvukového (UZV) AECV měřidla se snímačem, datovým kabelem a měřicím převodníkem v souladu s ISO 15769:2010 a ČSN EN ISO 748	(0,05 až 6,00) m/s; 1 mm/s	MPE je definována nejistotou převzatou z ČSN EN ISO 748 a uvedenou v tabulce 18 tohoto MP	2 roky
Úroveň vodní hladiny	Ocelové měřítko, sondovací tyč, hrotové nebo hákové měřidlo v souladu s ČSN EN ISO 4373 a ČSN ISO 3454	(0 až 2) m; < 2 mm	MPE = ±0,3 % z měřicího rozsahu	Bez omezení*
Ostatní délkové rozměry	Ocelové měřítko, hrotové měřítko, výsuvné měřítko	(0 až 2) m; < 2 mm	MPE = ±0,3 % z měřicího rozsahu	Bez omezení*
	Měřicí/měřické pásmo ocelové	(0 až 50) m; < 10 mm	MPE = ±0,3 % z měřicího rozsahu	Bez omezení*
	Nivelační lať	(0 až 5) m; < 10 mm	MPE = ±0,3 % z měřicího rozsahu.	Bez omezení*
	Vodováha (Sklonoměr)	délka vodováhy $l = (0,3 \text{ až } 2,0) \text{ m}$; přesnost 0,5 mm/m [(0 až 90)°; hodnota dílku 0,1°]	MPE = ±1 mm/m	Bez omezení*
	Nivelační přístroj / rotační laser	---	MPE = ±0,2 mm/m	4 roky
Měrná vodivost	Konduktometr	(1 až 2000) $\mu\text{S/cm}$; < 10 $\mu\text{S/cm}$	MPE = ±2,0 % z měřicího rozsahu	5 let*

⁶ Pod pojmem bodová rychlost je pro účely tohoto MP rozuměna rychlost proudu v daném směru určená z konečného jednoznačně definovaného objemu kapaliny.

Vysvětlivky k tabulce 1

- * Pracovní měřidla označená symbolem „*“ mohou být subjektem při výkonu úředního měření nahrazena identickým typem s platnou metrologickou návazností, tj. s řádně provedenou kalibrací.
- ** Pokud není stanoveno jinak, nejistota měření při kalibraci je uvedena v kalibračním listě příslušného měřidla.
- *** U EMI měřidla je bezprostředně před jeho každým použitím provedena justace na nulovou hodnotu postupem dle článku 4.1.2.1.

4.1.1 Vodoměrná vrtule

Při použití vodoměrné vrtule se přednostně použijí propelery⁷ uvedené v tabulce 2, přičemž označení propelerů je v souladu s jejich obvyklou identifikací užívanou ve střeoevropských státech.

Komerční značení nejpoužívanějších měřidel tohoto typu jsou OTT C2 a SEBA M1.

Tabulka 2 – Přehled doporučených propelerů vodoměrné vrtule

Označení propeleru	Průměr D (mm)	Stoupání S (mm)	Minimální doporučená rychlost (m/s)	Maximální rychlost (m/s)
1	50	50	0,050	1,2
2	50	100	0,100	2,2
3	50	250	0,200	4,0
4	50	500	0,250	5,0
5	30	50	0,050	1,2
6	30	100	0,100	2,2

4.1.2 Elektromagnetické indukční (EMI) měřidlo

Souprava ručního EMI měřidla sestává ze snímače, datového kabelu a vyhodnocovací jednotky.

V rovině měrného profilu vedené kolmo na podélnou osu těla snímače je kolem jeho omočeného povrchu v místě elektrod opsána kružnice o průměru D_{EMI} . Střed této náhradní kružnice představuje pozici stanovení bodové rychlosti proudu⁸. Hodnota průměrů D_{EMI} odpovídá obvykle (30 – 50) mm.

EMI měřidlo smí být použito pouze v měrných profilech, které se nenacházejí v blízkosti zařízení vytvářející rušivé elektromagnetické pole, jako jsou celokovová potrubí, nadzemní a podzemní vedení vysokého napětí, elektrifikované železniční tratě, rozhlasové či televizní vysílače, měniče frekvence apod.

Po provedení měření se snímač zbaví nečistot a omyje čisticím přípravkem (např. prostředek na mytí nádobí).

Komerční značení nejpoužívanějších měřidel tohoto typu jsou OTT MF pro, Marsh McBirney FloMate 2000 a Valeport Model 801 Cylindrical.

⁷ Propelerem vodoměrné vrtule se rozumí pouze její rotační prvek (rotor).

⁸ Předpokládá se, že rychlosti jsou vyhodnocovány „symetricky“ z celého okolí snímače.

4.1.2.1 Justace EMI měřidla na nulovou hodnotu

Před každým použitím EMI měřidla se provede justace na nulovou hodnotu vykazované rychlosti proudu.

V místě měrného profilu se do vhodné nádoby odebere protékající voda a určí se hodnota její měrné vodivosti. Ta musí být vyšší než 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Snímač EMI měřidla se omyje čistícím přípravkem a zcela se ponoří do této nádoby s nehybnou kapalinou. Po uplynutí 15 min se stanoví odchylka vykazované hodnoty rychlosti proudu od její nulové hodnoty. Tato odchylka se použije ke korekci měřených hodnot v celém měřicím rozsahu měřidla při vyhodnocení měření. Korekce může být přímo zavedena do vyhodnocovací jednotky EMI měřidla.

V případě, že při justaci EMI měřidla dochází k výrazným změnám vykazované hodnoty rychlosti proudu, může být měření ovlivněno existencí rušivého elektromagnetického pole. V takovém případě nesmí být EMI měřidlo použito.

4.1.3 **Ultrazvukové (UZV) měřidlo**

Ruční přenosná UZV měřidla vyhodnocují bodovou rychlost proudu na základě odrazu UZV vlnění od částic unášených proudící kapalinou. Unášené částice jsou představovány bublinami plynů nebo pevnými nerozpuštěnými látkami.

Dostatečná hustota energie (kvalita signálu) odražené od unášených částic zajišťující správnost měření bodové rychlosti je indikačním zařízením měřidla uživateli zobrazována. V případě, že je kvalita signálu pod úrovní doporučenou výrobcem, nesmí být měřidlo použito k měření.

Ruční přenosná UZV měřidla jsou podle způsobu zpracování signálu UZV vlnění označována ADV – Acoustic Doppler Velocimeter (Akustické měřidlo rychlosti založené na Dopplerově jevu) a AECV – Acoustic Echo Correlation Velocimeter (Akustické echokorelační měřidlo rychlosti).

4.1.3.1 UZV měřidlo s označením ADV

Souprava ručního ADV měřidla sestává ze snímače s pevně připojeným datovým kabelem a vyhodnocovací jednotky.

Stanovení bodové rychlosti je založeno na vyhodnocení změny kmitočtu vysílaného UZV signálu po jeho odrazu (Dopplerův princip) od částic.

Výrobce měřidla jednoznačně definuje pozici měrného objemu, ze kterého je určena hodnota měřené bodové rychlosti. Geometrické těžiště tohoto měrného objemu představuje vztažnou pozici, ve které je stanovena bodová rychlost proudu⁹.

Na měřidle s jedním vysílačem a dvěma nebo třemi přijímači UZV signálu dochází při měření v profilech protékaných splaškovou odpadní vodou k výraznému zachytávání větších proudem nesených nečistot. V těchto podmínkách nesmí být měřidlo použito.

Komerční značení nejpoužívanějšího měřidla tohoto typu je FlowTracker2 ve dvou variantách s dvěma (2D) nebo třemi (3D) přijímači signálu.

⁹ Pozice, ke které je vztažena stanovená bodová rychlost, se může nacházet mimo prostor tvořený částmi snímače měřidla.

4.1.3.2 UZV měřidlo s označením AECV

Souprava ručního AECV měřidla sestává z dnového snímače a měřicího převodníku, které jsou pevně propojeny datovým kabelem. Měřicí převodník smí být nahrazen i jiným indikačním zařízením¹⁰.

Stanovení bodové rychlosti AECV principem je realizováno křížovou korelací mezi dvěma po sobě jdoucími odraženými UZV signály od částice unášené proudem. Dnový vysílač je současně i přijímačem UZV signálu. Signál je emitován okolo radiály, která je vedena ve svislé rovině protiproudě směrem vzhůru od snímače pod úhlem cca 55° od vodorovné roviny. Zpracováním signálu na této radiále je určena výšková úroveň i rychlost proudem unášené částice. Celkem lze získat bodové rychlosti v mnoha¹¹ výškových úrovních (měřicích oknech).

Pro následné stanovení průměrné rychlosti na svislici se uvažuje, že bodové rychlosti byly stanoveny ve svislé radiále nad sebou. Proto smí být měření prováděno pouze v prizmatickém korytě a v místech s rovnoměrným prouděním.

Komerční značení nejpoužívanějšího měřidla tohoto typu je NivuFlow Stick.

4.1.4 Software pro vyhodnocení průtoku

Pro vyhodnocení průtoku z měřených hodnot metodou rychlostního pole lze použít postupy ve smyslu ČSN EN ISO 748 (6/2008) nebo ČSN ISO 3354. Je možné použít grafické metody (metoda integrace hloubka-rychlost nebo integrační metoda rychlostního pole) nebo metody početní (metoda svislicových nebo mezisvislicových pásů). Metody grafické (především metoda integrace hloubka-rychlost) jsou zpracovány řadou komerčních softwarových produktů nebo mohou být autorizovaným subjektem uživatelsky naprogramovány. Pro dosažení co nejlepších výsledků je doporučitelné používat primárně grafické metody.

4.1.5 Zajištění a indikace polohy měřidla bodové rychlosti v měrném profilu

Měřidla bodové rychlosti jsou do měrného profilu umísťována za pomoci tyče. Tato tyč je vybavena zařízením, které zajistí jednoznačnou indikaci polohy snímače měřidla bodové rychlosti vzhledem ke směru natékajícího proudu v měrném profilu. Zobrazení polohy snímače měřidla může být zajištěno i softwarově na displeji indikačního zařízení. Současně je tyč vybavena zařízením, které během měření indikuje její svislost (např. krabicová libela), resp. zajistí jednoznačnou požadovanou polohu měřidla bodové rychlosti v měrném profilu.

4.1.6 Zajištění metrologické návaznosti měřidel bodové rychlosti

V tabulce 1 uvedená měřidla bodové rychlosti jsou metrologicky navázána – kalibrována dle ČSN ISO 3455 v kalibračních laboratořích měřidel rychlosti proudění. Odchytky rychlostí zjištěné kalibrací musí být při stanovení celkového průtoku korigovány. Korekce se provede s ohledem na typ měřidla bodové rychlosti a způsob stanovení celkového průtoku.

V tabulce 1 uvedená měřidla bodové rychlosti sestávají z řetězce jednotlivých prvků a v této konfiguraci se podrobují kalibraci. V případě výměny jakéhokoliv z uvedených prvků či jeho části je třeba provést novou kalibraci.

¹⁰ Vyhodnocovací jednotka, mobilní telefon, tablet, notebook apod.

¹¹ Měřidlo NivuFlow Stick umožňuje stanovit bodové rychlosti až v 16 výškových úrovních.

4.2 Měřidla používaná při stanovení průtoku metodou jímání vody do odměrné nádoby

Tabulka 3 – Měřidla používaná pro metodu jímání vody do odměrné nádoby

Měřená veličina	Měřidlo	Obvyklý měřicí rozsah; hodnota dílku	Nejistota měření při kalibraci** / MPE	Doporučený interval kalibrace
Objem	Odměrná etalonová nádoba skleněná	(2; 5; 10; 20) dm ³ ; odchylkové rysky ±0,5 %	MPE = ±0,1 % z měřicího rozsahu	Bez omezení
	Odměrný válec skleněný	(0,5; 1; 2) dm ³ ; < (5; 10; 20) ml	MPE = ±(2,5; 5; 10) ml	Bez omezení
	Odměrná tvarově stálá nádoba	(5 až 50) dm ³	MPE = ±1,0 % z měřicího rozsahu	5 let a současně vždy před použitím*
Čas	Stopky	(0 až 60) min; < 0,1 s	MPE = ±0,1 s	4 roky

* Pracovní měřidlo označené symbolem „**“ je odměrnou tvarově stálou nádobou vyrobenou zpravidla z plastu nebo nerezového materiálu s vyznačenou jednou nebo několika hodnotami objemu (ryskami). Nádoba je kalibrována a před každým použitím kontrolována mezikalibračním postupem podle článku 4.2.1.

** Pokud není stanoveno jinak, nejistota měření při kalibraci je uvedena v kalibračním listě příslušného měřidla.

4.2.1 Mezikalibrační kontrola odměrné nádoby

Pro kontrolu stálosti provedené kalibrace odběrné nádoby se navázáním na odměrný válec nebo odměrnou etalonovou nádobu (dále jen kontrolní nádoba), jež jsou součástí evidence měřidel subjektu, provede mezikalibrační kontrola.

Odběrná nádoba se po jejím smáčení a vyprázdnění naplní vodou po vyznačenou rysku (značku) jejího jmenovitého objemu. Následně se přelévá voda z odměrné nádoby do kontrolní nádoby a zaznamenají se jednotlivé hodnoty V_k měřené kontrolní nádobou až do úplného vyprázdnění odměrné nádoby. Uvedený postup se opakuje celkem třikrát ($m = 3$). Výsledný objem odměrné nádoby V_C je přepočteným součtem jednotlivých hodnot získaných z n jednotlivých zaznamenaných hodnot V_k podle vztahu

$$V_C = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^{m=3} \sum_{k=1}^n V_k . \quad (4.1)$$

Relativní chyba mezi objemem V_C stanoveným tímto postupem a korigovanou hodnotou jmenovitého objemu stanoveného dle kalibračního listu odměrné nádoby nesmí být větší než 1 % korigované hodnoty jmenovitého objemu nádoby. V případě, že je tato hodnota překročena, musí být nádoba podrobena nové kalibraci.

4.3 Měřidla a pomocná zařízení používaná při stanovení průtoku metodou jímání vody do vážicího vaku

Tabulka 4 – Měřidla používaná pro metodu jímání vody do vážicího vaku

Měřená veličina	Měřidlo	Obvyklý měřicí rozsah; hodnota dílku	Nejistota měření při kalibraci** / MPE	Doporučený interval kalibrace
Hmotnost	Váha	(0,00001 až 100) kg; ≤ 20 g	MPE = ±1,5 e, kde „e“ je hodnota dílku váhy	2 roky
Čas	Stopky	(0 až 60) min; < 0,1 s	MPE = ±0,1 s	4 roky
Teplota vody	Teploměr skleněný nebo digitální	(0 až 50) °C; < 0,5° C	MPE = ±0,5 °C	5 let*

* Pracovní měřidla označená symbolem „*“ mohou být subjektem při výkonu úředního měření nahrazena identickým typem s platnou metrologickou návazností, tj. s řádně provedenou kalibrací.

** Pokud není stanoveno jinak, nejistota měření při kalibraci je uvedena v kalibračním listě příslušného měřidla.

Vážicím vakem se rozumí nepropustný látkový vak většinou válcového tvaru obvykle s maximálním nominálním objemem do 60 dm³. Vážicí vak se umísťuje na váhu, která je zavěšena na pevnou podporu tak, aby byla zajištěna správnost měření. K měření může být využita i jiná nádoba vyhovující danému účelu.

4.4 Měřidla a pomocná zařízení používaná při stanovení průtoku přenosnou měřicí sestavou s průtokoměrem

Tabulka 5 – Měřidla používaná pro metodu využívající přenosnou měřicí sestavu s průtokoměrem

Měřená veličina	Měřidlo	Obvyklý měřicí rozsah; hodnota dílku	Nejistota měření při kalibraci** / MPE	Doporučený interval kalibrace
Průtok	Průtokoměr splňující ČSN EN ISO 4064-1 instalovaný v přenosné měřicí sestavě	(0,2 až 40,0) L/s; hodnota dílku proteklého objemu na displeji indikačního zařízení < 1 dm ³	MPE je ±1 % pro tř. přesnosti 1, ±2 % pro tř. přesnosti 2	5 let
Čas	Stopky	(0 až 60) min; < 0,1 s	MPE = ±0,1 s	4 roky
Měrná vodivost	Konduktometr	(1 až 2000) μS/cm; < 10 μS/cm	MPE = ±2,0 % z měřicího rozsahu	5 let*

Vysvětlivky k tabulce 5

- * Pracovní měřidla označená symbolem „*“ mohou být subjektem při výkonu úředního měření nahrazena identickým typem s platnou metrologickou návazností, tj. s řádně provedenou kalibrací.
- ** Pokud není stanoveno jinak, nejistota měření při kalibraci je uvedena v kalibračním listě příslušného měřidla.

Do přenosné měřicí sestavy se přednostně instaluje plnopřtokový průtokoměr „přidávající energii“ do prostoru měřicího snímače. Energie může mít formu ultrazvukového nebo elektromagnetického vlnění. Mohou být použity i Coriolisovy (hmotnostní) průtokoměry. Obecně je umožněno použít libovolný průtokoměr splňující níže specifikované požadavky a ČSN EN ISO 4064-1.

4.4.1 Požadavky na průtokoměr

Průtokoměry mohou být napájeny vnějším zdrojem nebo bateriemi. Ve všech případech musí být zajištěna správná měřicí schopnost, v případě bateriového napájení musí být měřidlo vybaveno indikátorem stavu slabé baterie.

Jsou definovány následující mezní průtoky:

- Q_1 minimální průtok,
- Q_2 přechodový průtok nacházející se mezi Q_1 a Q_3 , který dělí rozsah průtoků do dvou oblastí, dolní oblast průtoků a horní oblast průtoků,
- Q_3 trvalý průtok – největší průtok, za stanovených pracovních podmínek, při němž je požadována činnost průtokoměru v mezích MPE,
- Q_4 přetěžovací průtok – nejvyšší průtok, při kterém je požadována činnost měřidla po krátký časový úsek a v mezích jeho MPE.

Průtokoměr instalovaný do přenosné měřicí sestavy je možné provozovat pouze v rozsahu horní oblasti průtoků ($Q_2 \leq Q < Q_4$). Minimální průřezová rychlost v místě instalace průtokoměru musí být vyšší než 0,1 m/s.

Průtokoměr instalovaný do přenosné měřicí sestavy musí splňovat požadavky kladené na třídu přesnosti 1 nebo třídu přesnosti 2. Při teplotách vody do +30 °C jsou MPE definovány následujícím způsobem:

- pro třídu přesnosti 1: MPE = ±1 %;
- pro třídu přesnosti 2: MPE = ±2 %.

4.4.2 Požadavky na instalaci průtokoměru do přenosné sestavy

Průtokoměr musí být do přenosné sestavy instalován takovým způsobem, že je jeho vnitřní měřicí prostor při použití zcela zaplněn vodou.

Minimální délka protiproudnicího přímého úseku před průtokoměrem musí být pětinašobkem vnitřního průměru potrubí. Minimální délka poproudnicího přímého úseku musí být třinášobkem vnitřního průměru potrubí. Za vztažnou rovinu pro vyměření těchto délek se považuje profil uprostřed průtokoměru mezi jeho přípojovacími přírubami. U Coriolisových (hmotnostních) průtokoměrů nebo v jiných odůvodněných případech může být instalace průtokoměru bez uklidňovacích přímých úseků.

Průtokoměr se kalibruje včetně uklidňovacích přímých úseků, jež jsou tvořeny přenosnou měřicí sestavou.

V případě použití indukčního průtokoměru je nutné zajistit, aby měřidlo a voda byly elektricky spojeny. Je nutné dodržet vodivé propojení mezi vodou a tělesem primárního prvku¹². Na vodivém, ale odizolovaném potrubí s vodou, bez nevodivého vnitřního povlaku, musí být připojovací bod (body) primárního prvku měřidla elektricky připojen (připojeny) k sekundárnímu prvku¹³ a potrubí. Na nevodivém potrubí nebo potrubí izolovaném od tekutiny musí být vloženy kovové uzemňovací kroužky mezi potrubí a primární prvek měřidla. Tyto musí být elektricky připojeny k sekundárnímu prvku.

Hlavní pospojování (uzemnění) se provede připojením přes zemnicí vodič přívodního kabelu v případě, že je sestava vybavena proudovým chráničem. V opačném případě je třeba připojovací body propojit zemnicím vodičem s okolními zemněnými konstrukcemi (potrubí, zábradlí, apod.).

4.4.3 Pomocná měřicí zařízení

Čerpadla použitá v kombinaci s přenosnou měřicí sestavou mohou být elektrická jednofázová a třífázová nebo mohou být použita čerpadla benzínová. Je možné použít více paralelně zapojených čerpadel. Čerpadlo musí při neměnných hladinových poměrech zaručit ustálenou hodnotu průtoku. Na straně výtlačného hrdla čerpadla nesmí docházet k výrazným pulzacím, které by mohly ovlivnit správnost měření. Elektrická čerpadla mohou být pro dosažení hodnoty požadovaného průtoku vybavena měničem frekvence.

Hadice použité s přenosnou měřicí sestavou by měly mít co nejnižší hodnotu drsnosti vnitřního povrchu a měly by krátkodobě odolávat vnějším teplotám v rozsahu od -20 °C do $+30\text{ °C}$.

Současně by měly co nejlépe zachovávat svůj průtočný průřez a být dostatečně tvarově přizpůsobitelné (ohebné). Vzájemné těsné a pevné propojení hadic a jejich připojení k měřicí sestavě lze zajistit za pomoci rozebíratelných bajonetových nebo klemových spojek.

Pro potřeby **regulace** průtoku v celém měřicím rozsahu použitého průtokoměru se použije měnič frekvence čerpadla nebo regulační armatura. Ta musí zajistit dostatečně citlivou regulaci průtoku v celém měřicím rozsahu průtokoměru.

4.5 Měřidla používaná při stanovení průtoku měrnými přelivy a žlaby

Tabulka 6 – Měřidla používaná při stanovení průtoku měrnými přelivy a žlaby

Měřená veličina	Měřidlo	Obvyklý měřicí rozsah; hodnota dílku	Nejistota měření při kalibraci / MPE	Doporučený interval kalibrace
Průtok	Měrný objekt typu přeliv s výřezem: <ul style="list-style-type: none"> trojúhelníkovým pravoúhlým lichoběžníkovým složeným 	(0,2 až 1000,0) L/s; 0,1 % z měřicího rozsahu	Nejistota p_{Bc} s konfidenční úrovní 95 % příslušné Q/h charakteristiky nepřekračuje hodnotu uvedenou v tabulce 30	Vždy po instalaci**

pokračování

¹² Primárním prvkem indukčního průtokoměru (vnitřní část) se rozumí měřicí trubice průtokoměru (kudy proudí kapalina), měřicí elektrody a elektromagnet k vytvoření magnetického pole.

¹³ Sekundárním prvkem indukčního průtokoměru (vnější část) se rozumí měřicí převodník vydávající z napěťového signálu na elektrodách měřicí signál, jenž je převáděn na výstupní signál úměrný průtoku.

Tabulka 6 - dokončení

Měřená veličina	Měřidlo	Obvyklý měřicí rozsah; hodnota dílku	Nejistota měření při kalibraci / MPE	Doporučený interval kalibrace
Průtok	Měrný objekt typu žlab: <ul style="list-style-type: none"> • Parshall • PARS • Venturi 	(0,2 až 2000,0) L/s; 0,1 % z měřicího rozsahu	Nejistota p_{Bc} s konfidenční úrovní 95 % příslušné Q/H charakteristiky nepřekračuje hodnotu uvedenou v tabulce 30	Vždy po instalaci**
Úroveň vodní hladiny	Ocelové měřítko, sondovací tyč, hrotové nebo hákové měřidlo v souladu s ČSN EN ISO 4373 a ČSN ISO 3454	(0 až 2) m; < 1 mm	Nejistota měření je součástí kalibračního listu. MPE = $\pm 0,25$ % z měřicího rozsahu	Bez omezení*
	Kontaktní nebo bezkontaktní snímače všech druhů pro kontinuální záznam měřené veličiny v souladu s ČSN EN ISO 4373	(0 až 2) m; < 1 mm	Nejistota měření je součástí kalibračního listu. MPE = $\pm 0,25$ % z měřicího rozsahu	2 roky

* Pracovní měřidla označená symbolem „*“ mohou být subjektem při výkonu úředního měření nahrazena identickým typem s platnou metrologickou návazností, tj. s řádně provedenou kalibrací.

** U měrných objektů označených symbolem „**“ je metrologická návaznost zajištěna vždy po jejich instalaci do měrného profilu kontrolou Q/H (Q/h) charakteristiky, a to za pomoci jiné vhodné metody určené k úřednímu měření ve smyslu článku 6.5.2.

4.5.1 Požadavky na vzdouvací objekt

Vzdouvací objekt musí být vyroben z materiálů, které zabezpečí jeho pevnost, tvarovou stálost, nepropustnost a odolnost proti korozi. Vzdouvací objekt musí odolat i extrémním průtokům vyskytujícím se při povodních a přívalových srážkách.

Na povrchu vzdouvacího objektu by nemělo docházet k tvorbě inkrustů nebo usazování řas. V případě usazování sedimentů v prostoru protiproudě před vzdouvacím objektem musí být provedena taková opatření, aby byla zajištěna správnost měření.

Každý vzdouvací objekt musí mít půdorysně definovaný měrný profil měření hloubky proudu, resp. výšky přepadového paprsku. Současně musí být jednoznačně předepsána referenční výšková úroveň vzdouvacího objektu pro správné měření hloubky proudu, resp. výšky přepadového paprsku.

U všech vzdouvacích objektů musí být vytvořeny podmínky pro vznik kritického režimu při přechodu z proudění podkritického do nadkritického. Úroveň hladiny dolní vody pod objektem nesmí ovlivnit kritické proudění vznikající v prostoru hrdla žlabu nebo výřezu přelivu. Přepad musí být hydraulicky dokonalý.

4.6 Ostatní měřidla

Ostatní měřidla použitá pro úřední měření musí mít zajištěnu platnou metrologickou návaznost a musí být schválena v rámci prověření technické a metrologické způsobilosti pro autorizaci subjektu k úřednímu měření.

5 Podmínky měření

Během měření metodou rychlostního pole se v měrném profilu průběžně zaznamenává úroveň hladiny, resp. z ní stanovená hloubka proudu, která se nesmí změnit o více než 2,0 % ve vztahu k její nejnižší hodnotě. Při výpočtu průtoku se následně použije průměrná hodnota úrovně hladiny, resp. hloubky proudu. Pro dosažení požadované nejistoty měření nesmí být měřicí proces z důvodu kolísání úrovně hladiny nepřipustně zkracován.

Při neustálených proudových podmínkách lze, pokud je to pro následné použití dosaženého výsledku přijatelné, provést měření metodou objemovou nebo vážicí případně využitím přenosné měřicí sestavy s průtokoměrem. Průtok vyhodnocený těmito metodami je průtokem průměrným, stanoveným na délce intervalu měřicího procesu.

V případě měření průtoku měrnými přelivy a žlaby je stanovena přímo aktuální hodnota průtoku.

6 Měření průtoku

V závislosti na geometrických a proudových podmínkách v měrném profilu může být použita jedna z následujících metod:

- metoda rychlostního pole;
- objemová (metoda jímání vody do odměrné nádoby);
- vážicí (metoda jímání vody do vážicího vaku);
- využití přenosné měřicí sestavy s průtokoměrem;
- využití měrných přelivů a žlabů; nebo
- kombinace několika výše uvedených metod.

Výběr metody a postup měření musí být zvolen tak, aby nejistota stanovení průtoku nepřekročila hodnotu uvedenou v článku 7.8 a v podmínkách autorizace pro výkon úředního měření daného subjektu.

6.1 Metoda rychlostního pole

Stanovení průtoku v měrném profilu se provádí metodou rychlostního pole za využití měřidel specifikovaných v článku 4.1. Použitelnost metody je omezena měřicím rozsahem rychlostí použitých měřidel bodové rychlosti.

Měření je možné provádět dvěma postupy:

- bodovou metodou rychlostního pole; nebo
- plošnou integrační metodou rychlostního pole.

V případě plošné integrační metody může být posun realizován ručně nebo strojně za použití traverzačního zařízení.

Oba postupy měření s využitím pouze vodoměrné vrtule v prostoru příměstných konfuzorů měrných žlabů PARS P2, P3 a P4 jsou součástí přílohy A tohoto MP.

6.1.1 Požadavky na měrný profil

Měrný profil musí být zvolen tak, aby byly splněny následující požadavky.

Koryto v místě měrného profilu má být přímé a pokud možno prizmatické tak, aby bylo potvrzeno pravidelné rozdělení rychlostí v průtočné ploše měrného profilu.

Proudnicе v měrném profilu mají být vzájemně rovnoběžné a kolmé k jeho rovině. Realizace měření za podmínek šikmého proudění¹⁴ není možná.

Měrný profil nesmí být volen tam, kde lze očekávat výskyt vírů, úplavů apod.

Hloubka proudu musí být větší než $2D$ při měření s vodoměrnou vrtulí a $3D_{EMI}$ při měření s EMI měřidlem. U ADV měřidla s dvěma horizontálně orientovanými přijímači UZV signálu je minimální hloubka proudu 40 mm, v případě tří přijímačů je minimální hloubka proudu 100 mm. AECV měřidlo lze použít od minimální hloubky 100 mm.

Zvláštní pozornost je třeba věnovat podmínkám s nadkritickým režimem proudění, za kterých by měla být přednostně pro měření rychlostí použita vodoměrná vrtule nebo AECV měřidlo. Měřidlo nesmí v místě měrného profilu způsobit změnu hloubky proudu. EMI a ADV měřidlo nesmí být za podmínek s nadkritickým režimem proudění použito.

6.1.2 Bodová metoda rychlostního pole

6.1.2.1 Princip metody

Klasická (bodová) metoda rychlostního pole je založena na integraci funkce rychlostního pole, tedy v kartézské soustavě souřadnic, integrací přes plochu průtočného průřezu S podle rovnice

$$Q = \int_S f(u_i) dS = \iint_S f(u_i) dx dy, \quad (6.1)$$

kde $f(u_i)$ je funkce rychlostního pole.

Funkce rychlostního pole se stanoví tak, že ve vhodně zvolených bodech měření měrného profilu jsou změřeny bodové rychlosti u_i , které jsou pak následně aproximovány vhodnou matematickou funkcí. Stanovení funkce bodových rychlostí a její následná integrace se provede nejdříve po výšce měrného profilu (ve svislicovém či mezisvislicovém pásu). Získá se tak průměrná rychlost \bar{v} na svislici. Následně jsou tyto průměrné rychlosti na svislicích aproximovány (interpolovány) a integrovány po šířce měrného profilu, čímž se získá hodnota průtoku Q . Uvedený postup lze podle ČSN EN ISO 748 zapsat rovnicí

$$Q = \sum_{i=1}^m b_i \cdot h_i \cdot \bar{v}_i, \quad (6.2)$$

kde Q je stanovený průtok,

b_i šířka svislicového nebo mezisvislicového pásu,

h_i hloubka svislicového nebo mezisvislicového pásu,

¹⁴ V některých specifických případech může být rovina měrného profilu odkloněna od převládajícího směru proudnic. Tento režim se dle ČSN EN ISO 748 nazývá šikmým prouděním. Podélná osa měřidla bodové rychlosti se následně umísťuje kolmo k rovině měrného profilu nebo paralelně s proudnicemi s tím, že vykazovaná bodová rychlost proudu se případně v závislosti na úhlu odklonu koriguje.

\bar{v}_i průměrná rychlost na svislici (svislicovém nebo mezisvislicovém pásu),
 m počet svislicových nebo mezisvislicových pásů.

6.1.2.2 Měření bodových rychlostí

Pro měření bodových rychlostí se použijí vodoměrné vrtule, EMI měřidla, ADV nebo AECV měřidla specifikovaná v článku 4.1.

V případě měření vodoměrnou vrtulí s propelery uvedenými v tabulce 2 se použije propeler s co nejmenším stoupáním. Při rychlostech proudu do 1,2 m/s se použije jeden z propelerů v následujícím pořadí prvotního výběru s označením 1 a 5. Při vyšších rychlostech lze použít i propeler s označením 3 a 4.

Při výběru propeleru se přihlíží i k velikosti měrného profilu a požadavku měření v co nejtěsnější blízkosti omočeného obvodu, resp. hladiny. U měrného profilu s příčnými rozměry do 0,5 m se doporučuje užívat propeler s označením 5 a 6.

Doporučená doba měření v bodě měření je pro všechny čtyři typy měřidel bodové rychlosti proudu 30 s nebo vyšší.

Měření je možné provádět i po kratší dobu. V případě použití vodoměrných vrtulí může být doba zkrácena na 15 s.

Při použití EMI měřidel může být doba zkrácena na 10 s. Pokud se bezprostředně po sobě realizují dvě měření, může být doba zkrácena na 5 s.

Se zkrácením doby měření je vhodné zvýšit počet bodů měření v měrném profilu.

Při měření s EMI měřidlem musí být hodnota měrné vodivosti vody vyšší než 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Při měření s UZV měřidly musí být kvalita UZV signálu nad úrovní doporučenou výrobcem, jinak nesmí být měřidlo k měření použito.

Nejistota ve stanovení bodové rychlosti se určí podle článku 7.1.1.3.

6.1.2.3 Měření a stanovení průměrné rychlosti na svislici

Při rozhodování o volbě počtu bodů na svislici je nutné přihlížet k tvaru a rozměrům průtočného profilu, hloubce proudu, míře deformace rychlostního pole, parametrům měřidla bodové rychlosti, času pro provedení správného měření a požadované hodnotě nejistoty měření.

Měření a následné stanovení průměrné rychlosti na svislici se provede za využití vícebodových metod v souladu s ČSN EN ISO 748. Stanovení lze obecně provést početní nebo grafickou metodou. Pro vyhodnocení je doporučitelné přednostně využít grafické metody. Početní metody (viz tabulka 21) je vhodné použít pouze pro orientační výpočty¹⁵.

Při měření se doporučuje volit co největší počet bodů měření, přičemž za minimální se považují dva body, v případě AECV měřidla musí být měření realizováno minimálně ve čtyřech bodech (měřicích oknech).

Minimální vzdálenost osy propeleru vodoměrné vrtule ode dna se volí $0,75D$. Při použití EMI měřidla odpovídá minimální vzdálenost středu náhradní kružnice, definované v článku 4.1.2,

¹⁵ Softwary vyhodnocovacích jednotek EMI měřidel a ultrazvukových ADV měřidel pro stanovení průměrné rychlosti na svislici používají zpravidla početní metody.

hodnotě $1,5D_{EMI}$ (obvykle 50 mm). V případě ADV měřidla je minimální vzdálenost těžiště měrného objemu ode dna 22 mm. Při měření AECV měřidlem je snímač položen na dno měrného profilu.

Rozdělení rychlostí od posledního bodu měření ke dnu se v případě použití grafické metody vyhodnocení vypočte podle ČSN EN ISO 748. Do výpočtu lze zahrnout i vliv drsnosti omočeného povrchu dna měrného profilu.

Nejistota ve stanovení průměrné rychlosti v závislosti na počtu bodů měření na svislici a užití metodě vyhodnocení se určí podle článku 7.1.1.5.

6.1.2.4 Stanovení průřezové rychlosti (průtoku)

Stanovení průtoku v měrném profilu závisí především na počtu svislic a metodě, která je pro vyhodnocení průtoku použita. Při volbě počtu svislic je nutno přihlížet k tvaru a rozměrům průtočného profilu, míře deformace rychlostního pole, času pro provedení měření a požadované hodnotě nejistoty měření.

Hodnota průtoku se stanoví v souladu s ČSN EN ISO 748 (6/2008) přednostně grafickou metodou (metoda integrace hloubka-rychlost) nebo početními metodami¹⁶ (metoda svislicových či mezisvislicových pásů).

Rozmístění svislic po šířce pravoúhlého průřezu B se provede v závislosti na šířce koryta, přičemž je možné zohlednit i dobu určenou pro trvání měření. Doporučené pozice svislic a jejich počet m jsou uvedeny v tabulce 7. V případě použití propelerů vodoměrné vrtule větších průměrů nebo při použití EMI měřidla je třeba upravit hodnoty minimálních vzdáleností od okrajů omočeného obvodu měrného profilu ve smyslu hodnot uvedených v 6.1.2.3 definujících vzdálenost měřidel ode dna. Z hodnot uvedených v tabulce 7 lze vyjít i v případě měření v měrných profilech s jiným než s pravoúhlým průřezem.

Tabulka 7 – Doporučené rozmístění svislic v měrném profilu

B	Rychlé měření $m > 3$		Běžné měření $m > 4$		Velmi přesné měření $m > 5$	
	m	Staničení (cm)	m	Staničení (cm)	m	Staničení (cm)
0,3	3	3; 15; 27	4	3; 10; 20; 27	5	3; 6; 15; 24; 27
0,4	3	3; 20; 37	4	3; 15; 25; 37	5	3; 6; 20; 34; 37
0,5	4	3; 16; 34; 47	5	3; 10; 25; 40; 47	6	3; 9; 15; 35; 41; 47
0,6	4	4; 20; 40; 56	5	4; 12; 30; 48; 56	6	3; 11; 18; 42; 49; 57
0,8	5	6; 16; 40; 64; 74	6	5; 17; 37; 43; 53; 75	8	3; 6; 17; 37; 63; 83; 94; 97
1,0	6	6; 19; 39; 61; 81; 94	8	3; 6; 19; 39; 61; 81; 94; 97	10	3; 10; 18; 28; 39; 61; 74; 82; 90; 97

Nejistota ve stanovení průřezové rychlosti v závislosti na počtu svislic v měrném profilu se určí podle článku 7.1.2.4.

¹⁶ Softwary vyhodnocovacích jednotek, resp. měřicích převodníků EMI měřidel, ADV a AECV měřidel pro stanovení průřezové rychlosti (průtoku) používají početní metody.

6.1.3 Plošná integrační metoda rychlostního pole

6.1.3.1 Princip metody

Plošná integrační metoda je určena pro přímé stanovení střední profilové rychlosti (průtoku). Měřidlo bodové rychlosti posouváme rovnoměrnou rychlostí po dráze zvolené tak, aby postihla plochu celého měrného profilu. Stanovení průtoku Q vychází ze vztahu

$$Q = S \cdot v = S \cdot k \cdot v_{\text{int}}, \quad (6.3)$$

kde Q je stanovený průtok,
 S plocha měrného profilu,
 v střední profilová rychlost,
 v_{int} rychlost stanovená integrační metodou,
 k opravný koeficient, který je funkcí šířky B průtočného profilu v hladině a jeho hydraulického poloměru R definovaného vztahem

$$R = \frac{S}{O}, \quad (6.4)$$

kde O je délka omočeného povrchu měrného profilu.

6.1.3.2 Stanovení střední profilové rychlosti (průtoku)

Plošná integrační metoda rychlostního pole se provádí posunem měřidla bodové rychlosti po horizontálně¹⁷ zvolených drahách. Metodu je možné použít pro měření v případech, kdy je hodnota střední profilové rychlosti větší než 0,25 m/s.

Pro měření rychlostí se použijí vodoměrné vrtule nebo EMI měřidla specifikovaná v článku 4.1. ADV a AECV měřidla nelze použít.

Počet horizontál se volí v závislosti na velikosti plochy průtočného profilu. Minimálně jsou zvoleny dvě horizontály.

V případě měření s vodoměrnou vrtulí počet a výšková úroveň horizontál vychází z doporučení druhého odstavce článku 6.1.2.3 a tabulky 21.

V případě měření s EMI měřidlem a volbě dvou horizontál je jejich výšková odlehlost ode dna a od hladiny shodná a činí $1,5D_{\text{EMI}}$ (obvykle 50 mm). Při volbě tří horizontál je výšková úroveň prostřední horizontály rovna hodnotě $\frac{1}{2}$ hloubky proudu v měrném profilu.

Rychlost rovnoměrného posunu měřidla bodových rychlostí po zvolených horizontálách nesmí překročit hodnotu 2 m/min. Minimální doba měření v měrném profilu je 60 sekund. Měření je možné provádět při rychlostech proudění větších než 0,5 m/s i po kratší dobu, minimálně však 30 sekund.

Měření se zopakuje minimálně třikrát.

Opravný koeficient k je volen v závislosti na hodnotě hydraulického poloměru R měrného profilu a jeho šířky B v úrovni hladiny dle tabulky 8.

¹⁷ Posun měřidla bodové rychlosti lze v rovině měrného profilu realizovat i po vertikálně zvolených drahách. Tento způsob posunu je však určen pro méně se v praxi vyskytující profily, ve kterých je hloubka proudu výrazně větší než jeho šířka. Postupy uvedené v tomto MP jsou s výjimkou využití integrační metody při měření v konfuzorech měrných žlabů PARS P2, P3 a P4 (Příloha A) odvozeny pro měření v horizontálně zvolených drahách.

Tabulka 8 – Opravný koeficient plošné integrační metody

Hydraulický poloměr (m)	Vodoměrná vrtule					EMI měřidlo
	Šířka měrného profilu v úrovni hladiny (m)					
	0,4	0,7	1,0	2,0	2,5	0,4 až 1,0
0,050	0,920	-	-	-	-	0,863
0,075	0,945	0,935	0,925	-	-	0,890
0,100	0,960	0,950	0,940	0,930	0,925	0,909
0,125	0,975	0,960	0,950	0,940	0,935	0,924
0,150	0,985	0,970	0,960	0,945	0,940	0,937
0,175	-	0,980	0,970	0,950	0,945	0,948
0,200	-	0,985	0,975	0,955	0,950	0,957
0,225	-	-	0,980	0,960	0,955	0,966
0,250	-	-	0,985	0,965	0,960	0,973
0,300	-	-	-	0,970	0,965	-
0,350	-	-	-	0,980	0,970	-
0,400	-	-	-	-	0,975	-

Nejistota ve stanovení opravného koeficientu se určí podle článku 7.1.2.5.

6.2 Objemová metoda (metoda jímání vody do odměrné nádoby)

Pro měření průtoků do 6,0 L/s lze použít objemovou metodu (metodu jímání vody do odměrné nádoby). Při aplikaci objemové metody se využijí měřidla specifikovaná v článku 4.2.

Jmenovitý objem odměrné nádoby je volen v závislosti na měřeném průtoku dle tabulky 9.

Tabulka 9 – Doporučené jmenovité objemy odměrných nádob

Jmenovitý objem nádoby (dm ³)	Maximální hodnota měřeného průtoku (L/s)
9	2,2
15	2,5
30	3,5
50	6,0

6.2.1 Princip metody

Metoda je založena na principu jímání vody do nádoby specifikované v článku 4.2, přičemž je měřen čas potřebný k jejímu naplnění. Poměr mezi zachyceným objemem V a odpovídajícím časem t je roven hledanému průtoku podle vztahu

$$Q = \frac{V}{t}. \quad (6.5)$$

Z metodického hlediska lze metodu rozdělit na:

- metodu konečného objemu,
- metodu konečné doby plnění,
- metodu obecnou.

V praxi se nejčastěji užívá metoda konečného objemu nebo metoda obecná.

6.2.2 Metoda konečného objemu

Tato metoda je založena na jímání vody do odměrné nádoby se známým konečným objemem. Po dobu plnění nádoby je měřen čas, přičemž na konci měření se předpokládá, že nádoba je naplněna na hodnotu konečného objemu. Při libovolném počtu opakování n lze hodnotu průtoku stanovit podle vztahu

$$\bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{V}{t_i}. \quad (6.6)$$

Nádoby se jmenovitým objemem větším než 30 dm³, je možné využít pouze v případech jímání výtokového paprsku, který není ovlivněn kinetickou energií přitékajícího proudu k měrnému profilu. Při měření musí být zamezeno intenzivnímu provzdušnění zachytávaného objemu vody v prostoru nádoby. V případě, že není možné efektu provzdušnění zabránit, použije se metoda obecná dle článku 6.2.3 nebo metoda vážicí dle článku 6.3.

6.2.3 Metoda obecná

Vystihuje případ, kdy je při opakovaném měření odečten jak zachycený objem vody, tak je změřena i odpovídající doba plnění. Tedy

$$\bar{Q} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{V_i}{t_i}. \quad (6.7)$$

Postup měření je obdobný jako u měření metodou konečného objemu, avšak na konci měření je nádoba vychýlena mimo proud a je odečtena hodnota zachyceného objemu a hodnota doby plnění. Minimální doba měření musí být delší než 5 sekund.

6.2.4 Postup měření

Měření provádějí dva pracovníci. Jeden zachytává vodu do odměrné nádoby, startuje a ukončuje měřicí proces. Druhý měří dobu plnění a zapisuje výsledky. Před měřením je nutné provést smočení povrchu použité odměrné nádoby. Měření se zopakuje minimálně třikrát.

Nejistota ve stanovení průtoku objemovou metodou se stanoví podle článku 7.2.

6.3 Vážicí metoda (metoda jímání vody do vážicího vaku)

Pro měření průtoku do 13,0 l/s lze použít vážicí metodu (metodu jímání vody do vážicího vaku). Při aplikaci vážicí metody se využijí měřidla a pomocná zařízení specifikovaná v článku 4.3.

6.3.1 Princip metody

Metoda je založena na principu jímání vody do vážicího vaku, přičemž je měřena doba potřebná k jeho částečnému či úplnému naplnění. Poměr mezi zachyceným objemem V a odpovídající dobou plnění t je roven hledanému průtoku. Objem je stanoven na základě podílu hmotnosti m a hustoty zachycené vody ρ . Průtok se stanoví podle vztahu

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{m}{\rho \cdot t} \quad (6.8)$$

Hustota čisté vody ρ se převezme z ČSN EN 24185+AC. Příslušné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 10. Zachytávaná voda nesmí obsahovat velké množství nerozpuštěných nebo suspendovaných látek. V případě pochybností je třeba stanovit hustotu například pomocí pyknometru.

Tabulka 10 – Hustota čisté vody

Teplota (°C)	2	4	6	8	10	12	14	16
Hustota (kg/m³)	999,94	999,97	999,94	999,85	999,70	999,50	999,24	998,94
Teplota (°C)	18	20	22	24	26	28	30	32
Hustota (kg/m³)	998,60	998,20	997,77	997,30	996,78	996,23	995,65	995,03

6.3.2 Postup měření

Měření provádějí dva pracovníci. Jeden zachytává vodu do vážicího vaku, startuje a ukončuje měřicí proces. Druhý měří dobu plnění a zapisuje výsledky. Před měřením je třeba upevnit váhu na pevnou podporu tak, aby byla zajištěna správnost měření. Následně se zváží prázdný předem smočený vak (tára). Doba měření je závislá na velikosti měřeného průtoku a velikosti vaku. Minimální doba měření musí být delší než 3 sekundy. Měření se zopakuje minimálně třikrát.

Nejistota ve stanovení průtoku vážicí metodou se stanoví podle článku 7.3.

Při měření velmi malých průtoků (pod 0,1 L/s) je voda zachytávána do vhodné nádoby, která je následně nebo průběžně vážena. Volba doby plnění a velikosti zachyceného objemu je stanovena individuálně na základě bilance vstupních zdrojů nejistot ve smyslu ČSN EN ISO 5168.

6.4 Přenosná měřicí sestava s průtokoměrem

Pro měření průtoku do 40 L/s se použije přenosná měřicí sestava s průtokoměrem, která je pomocí hadic propojena s čerpadlem. Do měrného profilu je čerpán stabilizovaný průtok. Mezi výtok ze sestavy a měrný profil nesmí přitékat voda z jiných zdrojů. Při aplikaci metody se využijí měřidla a pomocná zařízení specifikovaná v článku 4.4.

6.4.1 Princip metody

Korigovaný průtok Q_{kor} za ustáleného proudění měřicí sestavou se stanoví podle vztahu

$$Q_{kor} = \frac{V_{kon} - V_{zač}}{t} \cdot \frac{1}{\frac{Er}{100} + 1} = \frac{V_i}{t} \cdot \frac{1}{\frac{Er}{100} + 1}, \quad (6.9)$$

kde V_{kon} je proteklý objem zobrazovaný indikačním zařízením průtokoměru na konci měření,

$V_{zač}$ proteklý objem zobrazovaný indikačním zařízením průtokoměru na začátku měření,

t doba měření mezi začátkem a koncem měření,

V_i celkový proteklý objem indikovaný průtokoměrem,

Er relativní chyba průtokoměru stanovená při jeho kalibraci, $Er = f(Q)$.

Minimální doba měření t (měřicího procesu) je závislá na hodnotě měřeného průtoku a je definována tabulkou 11 s tím, že platí pro průtokoměry třídy přesnosti 1 i třídy přesnosti 2 definované v článku 4.4.

Tabulka 11 – Minimální doba mezi začátkem a koncem měření

Průtok (L/s)	Doba měření (s)
< 0,5	160
0,5 až 1,0	60
> 1,0	30

Voda protékající měřicí sestavou musí být mechanicky předčištěná bez velkého množství pevných částic. Metoda je využitelná v rozsahu teplotní třídy průtokoměrů T30 pokrývající rozsah teplot od 0,1 °C do 30,0 °C.

U průtokoměrů využívající konduktivitu (vodivost) měřené vody musí být měřením potvrzena minimální hodnota měrné vodivosti 20 µS/cm.

U průtokoměrů využívající ultrazvukové vlnění je třeba dbát zvýšené pozornosti v souvislosti s interakcí signálu s některými druhy unášených částic v proudu vody. Nesmí docházet ke zkreslení či pohlcování zpracovávaného signálu.

6.4.2 Postup měření

K měřicí sestavě s průtokoměrem je připojena odtoková a přítoková hadice včetně čerpadla, které je ponořeno do nádrže. Nádrž obsahuje dostatečnou zásobu vody zajišťující během měřicího procesu prakticky konstantní úroveň hladiny.

Po spuštění čerpadla musí být zajištěno odvětrání celého systému. Příslušným zařízením se nastaví požadovaná hodnota průtoku. Pro eliminaci vzniku hrubých chyb se měřicí proces zopakuje minimálně dvakrát.

Nejistota ve stanovení průtoku přenosnou měřicí sestavou s průtokoměrem se stanoví podle článku 7.4.

6.5 Měrné přelivy a žlaby

Použití měrných přelivů a žlabů je založeno na existenci jednoznačné funkční závislosti průtoku na úrovni hladiny protiproudě před vzdouvacím objektem (Q/H charakteristika u žlabů a Q/h charakteristika u přelivů). Vzdouvací objekty jsou instalovány do vybraných měrných profilů a využívány pro časově omezené měření do průtoku 1000 l/s u přelivů a 2000 l/s u žlabů. Při aplikaci metody se využijí měřidla specifikovaná v článku 4.5.

6.5.1 Princip metody

Podle příslušných norem, typizačních směrnic, metrologických předpisů nebo jiného dokumentu je možné pro každý vzdouvací objekt určit jednoznačnou funkční závislost průtoku Q na úrovni vzduté hladiny. Matematicky lze funkční závislost pro převážnou většinu vzdouvacích objektů nahradit vztahem

$$Q = a(H + d)^b + c \quad \text{pro žlaby,} \quad (6.10)$$

$$Q = a(h + d)^b + c \quad \text{pro přelivy,} \quad (6.11)$$

kde H je hloubka proudu protiproudě před žlabem,
 h přepadová výška protiproudě před přelivem,
 a, b, c, d koeficienty definující příslušnou funkční závislost.

V případě atypických vzdouvacích objektů může být funkční závislost definována i jiným matematickým vztahem.

Relativní nejistota p_{bc} charakteristiky definované vztahem (6.10) nebo (6.11) na konfidenční úrovni 95 % nesmí překročit hodnoty uvedené v tabulce 30.

6.5.2 Zajištění metrologické návaznosti

Zajištění jednoznačné metrologické návaznosti charakteristiky vzdouvacího objektu definované vztahy (6.10) nebo (6.11) se provede s využitím jiné vhodné metody úředního měření.

Ta je aplikována po instalaci vzdouvacího objektu do měrného profilu. Úřední měření jinou metodou se provede N -krát minimálně však při dvou odlišných průtokových stavech.

Shoda (En skóre) mezi stanoveným průtokem Q dle vztahu (6.10) nebo (6.11) a hodnotou výsledku určeného za pomoci jiné metody úředního měření Q_{insitu} se vyhodnotí dle vztahu

$$En = \frac{Q - Q_{insitu}}{\sqrt{U^2 + U_{insitu}^2}}, \quad (6.12)$$

kde U je absolutní hodnota nejistoty stanoveného průtoku (je přepočtena z tabulky 30),
 U_{insitu} absolutní hodnota nejistoty příslušného N počtu provedených úředních měření.

Shoda mezi průtoky je vyhovující, pokud je splněna podmínka, že výsledek $|En| \leq 1$.

Hodnoty Q_{insitu} jsou hodnotami korigovanými, jež byly určeny na základě N úředních měření jinou metodou. Korigované hodnoty průtoků jsou získány proložení jednotlivých úředních měření monotónní funkcí, ze které lze následně pro příslušnou přepadovou výšku či hloubku proudu odečíst odpovídající hodnotu Q_{insitu} .

Hodnota nejistoty U_{insitu} příslušného počtu N úředních měření se následně určí ze vztahu

$$U_{\text{insitu}} = Q_{\text{insitu}} \frac{\bar{p}_Q}{100 \cdot \sqrt{N}}, \quad (6.13)$$

kde \bar{p}_Q je průměrná hodnota relativních kombinovaných nejistot jednotlivých úředních měření stanovených dle (7.13) v % s konfidenční úrovní 95 %.

V případě, že nedojde ke shodě ve smyslu hodnoty $|En| \leq 1$ dle vztahu (6.12), je třeba provést příslušné korekce charakteristiky definované (6.10) nebo (6.11) na základě provedeného úředního měření jinou metodou tak, aby k ní došlo.

Deklarování provedené návaznosti se doloží ve zprávě, jejíž přílohou bude Doklad o provedeném úředním měření jinou metodou (metodami). V tomto Dokladu budou uvedeny korigované hodnoty úředním měřením stanovených průtoků Q_{insitu} a jim příslušející nejistoty p_Q .

6.5.3 Postup měření

Do vybraného měrného profilu je instalován příslušný vzdouvací objekt včetně měřidla hloubky proudu či přepadové výšky. Po takto provedené instalaci se zajistí metrologická návaznost jinou vhodnou metodou úředního měření průtoku ve smyslu odstavce 6.5.2.

V případě, že instalovaný měřicí systém není pod trvalou kontrolou úředního měřiče a není tak zajištěna stálá kontrola správnosti měření, není možné k provedenému měření vydat Doklad o úředním měření.

Nejistota ve stanovení průtoku měrnými přelivy a žlaby se stanoví podle článku 7.5.

7 Nejistota měření stanoveného průtoku

Nejistota¹⁸ měřené veličiny je parametr přidružený k výsledku měření charakterizující rozptyl hodnot, které mohou být důvodně přisuzovány k měřené veličině. Stanovení nejistoty příslušné veličiny je založeno na statistickém zpracování měřených hodnot (vyhodnocení nejistoty měření způsobem A) či na zahrnutí vlivu parametrů, které nejsou měřeny (vyhodnocení nejistoty měření způsobem B).

U těchto parametrů potom předpokládáme určitý tvar funkce statistického rozdělení.

Základní charakteristikou nejistoty je standardní nejistota¹⁹, kterou je možné vyjádřit:

- v hodnotách měřené veličiny nebo
- jako relativní standardní nejistotu v procentech.

Veškeré hodnoty nejistot uvedené v článku 7 jsou rozšířeny koeficientem rozšíření $k = 2$, jsou tedy již uváděny s konfidenční úrovní 95 %.

¹⁸ Pro označení termínu „nejistota měření“ je v tomto MP používán i zkrácený termín „nejistota“ bez přídavných jmen s tím, že označuje vždy kvantitativní míru příslušného parametru následujícího za tímto termínem.

¹⁹ Pravděpodobnost výskytu pravé hodnoty měřeného parametru v intervalu standardní nejistoty je pro normální rozdělení na konfidenční úrovni 68 %.

7.1 Nejistota měření průtoku stanoveného metodou rychlostního pole

7.1.1 Vyhodnocení nejistoty měření způsobem A

Relativní nejistota vyhodnocená způsobem A – p_{AQ} ve stanovení průtoku při užití **bodové** metody rychlostního pole, s využitím všech měřidel bodové rychlosti s výjimkou AECV měřidla, a výpočtu průtoku podle rovnice (6.2) se stanoví v souladu s ČSN EN ISO 748 podle

$$p_{AQ} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \left[(b_i h_i \bar{v}_i)^2 \left(p_{Abi}^2 + p_{Ahi}^2 + p_{A\bar{v}i}^2 + \left(\frac{1}{n} \right) (p_{Aci}^2 + p_{Aui}^2) \right) \right]}{\left(\sum_{i=1}^m b_i h_i \bar{v}_i \right)^2}}, \quad (7.1)$$

- kde m je počet svislic;
 n počet bodů na svislici,
 p_{Ab} relativní nejistota vyhodnocená způsobem A ve stanovení šířky pásu s konfidenční úrovní 95 %,
 p_{Ah} relativní nejistota vyhodnocená způsobem A ve stanovení hloubek s konfidenční úrovní 95 %,
 p_{Au} relativní nejistota vyhodnocená způsobem A ve stanovení bodové rychlosti proudu s konfidenční úrovní 95 %,
 p_{Ac} relativní nejistota vyhodnocená způsobem A zohledňující reprodukovatelnost kalibračních konstant měřidla bodové rychlosti proudu s konfidenční úrovní 95 %,
 $p_{A\bar{v}}$ relativní nejistota vyhodnocená způsobem A ve stanovení průměrné rychlosti na svislici s konfidenční úrovní 95 %.

Při měření s **AECV** měřidlem se pro výpočet **relativní nejistoty vyhodnocené způsobem A** – p_{AQ} ve stanovení průtoku při užití **bodové** metody rychlostního pole postupuje podle

$$p_{AQ} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \left[(b_i h_i \bar{v}_i)^2 \left(p_{Abi}^2 + p_{Ahi}^2 + p_{A\bar{v}i}^2 + p_{Aci}^2 + \frac{1}{n} p_{Aui}^2 \right) \right]}{\left(\sum_{i=1}^m b_i h_i \bar{v}_i \right)^2}} \quad (7.2)$$

Relativní nejistota vyhodnocená způsobem A – p_{AQ} ve stanovení průtoku při užití **plošné** integrační metody rychlostního pole a výpočtu průtoku podle rovnice (6.3) se stanoví podle

$$p_{AQ} = \sqrt{p_{Ab}^2 + p_{Ah}^2 + \frac{1}{N} (p_{Ac}^2 + p_{Au}^2)} \quad (7.3)$$

kde N je počet opakování měření v měrném profilu.

7.1.1.1 Nejistota ve stanovení šířky – p_{Ab}

Její hodnoty se stanoví statistickým zpracováním opakovaného měření v souladu s ČSN ISO 5168. Informativní hodnoty nejistot s konfidenční úrovní 95 % v závislosti na stavebním provedení měrného profilu lze odečíst z tabulky 12.

Tabulka 12 – Nejistota ve stanovení šířky s konfidenční úrovní 95 %

Šířka měrného profilu v hladině (m)	Hodnota nejistoty	
	ocel, plast	beton
0,0 až 0,5	(0,5 až 1,0) mm	(2 až 5) mm
> 0,5	1 mm až 0,3 % z šířky	3 mm až 0,5 % z šířky

7.1.1.2 Nejistota ve stanovení hloubky – p_{Ah}

Její hodnoty se stanoví statistickým zpracováním opakovaného měření v souladu s ČSN ISO 5168. Stanoví se analogicky jako nejistota při měření šířky pásu. Jako informativní hodnoty lze použít hodnoty z tabulky 13.

Tabulka 13 – Nejistota při měření hloubky pásu s konfidenční úrovní 95 %

Hloubka pásu (m)	Hodnota nejistoty
< 0,1	(0,5 až 1,0) mm
0,1 až 0,2	(1,0 až 1,5) mm
> 0,2	1,0 mm až 1,0 % z hloubky

7.1.1.3 Nejistota ve stanovení bodové rychlosti – p_{Au}

Její velikost je závislá především na:

- typu měřidla bodové rychlosti proudu;
- absolutní hodnotě měřené rychlosti;
- intenzitě turbulence proudu;
- době měření použitým měřidlem.

Příslušné hodnoty relativních nejistot pro vybrané typy propelerů vodoměrných vrtulí a EMI měřidel s konfidenční úrovní 95 % v závislosti na době měření se převezmou z tabulek 14 až 17. Mezilehlé hodnoty se určí interpolací. Uvedené hodnoty byly stanoveny v běžných proudových poměrech očekávatelných v profilech s volnou hladinou při provádění měření v kanalizačních tratích prizmatického charakteru.

Tabulka 14 – Relativní nejistota ve stanovení bodové rychlosti v procentech s konfidenční úrovní 95 % při době měření 10 sekund;

hodnoty platí i pro dvě po sobě bezprostředně provedená měření s dobou měření 5 sekund

Rychlost (m/s)	0,1	0,3	0,5	> 0,8
EMI měřidlo	22,0	12,0	9,3	7,0

Tabulka 15 – Relativní nejistota ve stanovení bodové rychlosti v procentech s konfidenční úrovní 95 % při době měření 15 sekund

Rychlost (m/s)	0,1	0,3	0,5	> 0,8
Propeler č. 1	14,0	10,0	9,1	5,2
Propeler č. 3	23,0	14,0	9,6	7,5
Propeler č. 5	17,0	10,0	8,2	6,3
Propeler č. 6	20,0	10,0	9,2	6,5
EMI měřidlo	19,0	10,0	9,1	5,2

Tabulka 16 – Relativní nejistota ve stanovení bodové rychlosti v procentech s konfidenční úrovní 95 % při době měření 30 sekund

Rychlost (m/s)	0,1	0,3	0,5	> 0,8
Propeler č. 1	10,0	6,8	5,7	4,5
Propeler č. 3	16,0	10,0	6,5	5,0
Propeler č. 5	13,0	6,6	5,8	4,0
Propeler č. 6	14,0	7,1	5,8	4,0
EMI měřidlo	15,0	6,8	5,7	4,5
ADV měřidlo	13,0	11,0	8,5	5,8
AECV měřidlo	19,0	20,0	19,0	17,5

Tabulka 17 – Relativní nejistota ve stanovení bodové rychlosti v procentech s konfidenční úrovní 95 % při době měření 60 sekund

Rychlost (m/s)	0,1	0,3	0,5	> 0,8
Propeler č. 1	7,8	5,1	3,9	3,0
Propeler č. 3	12,0	6,8	4,4	3,2
Propeler č. 5	8,9	4,4	4,1	2,7
Propeler č. 6	10,0	4,7	3,9	2,6
EMI měřidlo	11,0	5,1	3,9	3,0
ADV měřidlo	9,0	7,5	6,0	3,8
AECV měřidlo	15,0	15,5	14,0	14,0

7.1.1.4 Nejistota reprodukovatelnosti kalibračních konstant měřidla bodové rychlosti – p_{Ac}

Relativní hodnota nejistoty s konfidenční úrovní 95 % se převezme z ČSN EN ISO 748. Příslušné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 18.

Tabulka 18 – Relativní nejistota reprodukovatelnosti kalibračních konstant měřidla bodové rychlosti v procentech s konfidenční úrovní 95 %

Rychlost (m/s)	Vodoměrná vrtule	EMI měřidlo	UZV měřidlo
0,03	20,0	20,0	20,0
0,10	5,0	5,0	5,0
0,15	2,5	2,5	2,5
0,25	2,0	2,0	2,0
0,50	1,0	1,0	1,0
> 0,50	1,0	1,0	1,0

7.1.1.5 Nejistota ve stanovení průměrné rychlosti na svislici – p_{AV}

Nejistota ve stanovení průměrné rychlosti na svislici je závislá především na:

- počtu a rozmístění bodů měření na svislici,
- absolutní hodnotě měřené rychlosti,
- metodě vyhodnocení.

Hodnoty relativních nejistot v závislosti na počtu bodů měření na svislici, rychlosti a použité metodě vyhodnocení jsou uvedeny v tabulce 19 a tabulce 20.

V obou případech vyhodnocení je rozdělení bodů na svislici uvažováno v souladu s ČSN EN ISO 748 tak, jak je uvedeno v tabulce 21. Hodnoty indexů uvedené u jednotlivých bodových rychlostí v tabulce 21 představují násobky celkové výšky svislice a odpovídají tak pozicím měrných bodů měřených ode dna měrného profilu.

Tabulka 19 – Relativní nejistota ve stanovení průměrné rychlosti na svislici v procentech s konfidenční úrovní 95 % při vyhodnocení **grafickou metodou** s rozdělením bodů měření na svislici podle tabulky 21

Rychlost (m/s)	Počet bodů na svislici				
	> 10	6	5	3	2
0,15	1,0	1,8	2,2	2,4	2,8
0,30	1,0	1,4	1,7	2,0	2,1
0,50	1,0	1,3	1,6	1,7	1,8
> 0,50	1,0	1,2	1,5	1,6	1,7

Tabulka 20 – Relativní nejistota ve stanovení průměrné rychlosti na svislici v procentech s konfidenční úrovní 95 % při vyhodnocení **početními metodami** podle rovnic v tabulce 21

Rychlost (m/s)	Počet bodů na svislici				
	> 10	6	5	3	2
0,15	1,0	2,2	2,3	2,7	2,8
0,30	1,0	1,7	1,8	2,4	2,2
0,50	1,0	1,5	1,6	2,3	1,9
> 0,50	1,0	1,4	1,5	2,2	1,8

Tabulka 21 – Přehled početních metod a umístění měrných bodů podle ČSN EN ISO 748 používaných pro stanovení průměrné rychlosti na svislici

Metoda	Rovnice
Dvoubodová	$\bar{v} = 0,5u_{0,2} + 0,5u_{0,8}$
Tříbodová	$\bar{v} = 0,25u_{0,2} + 0,5u_{0,4} + 0,25u_{0,8}$
Pětibodová	$\bar{v} = 0,1u_{\text{dna}} + 0,2u_{0,2} + 0,3u_{0,4} + 0,3u_{0,8} + 0,1u_{\text{povrchu}}$
Šestibodová	$\bar{v} = 0,1u_{\text{dna}} + 0,1u_{0,2} + 0,2u_{0,4} + 0,2u_{0,6} + 0,2u_{0,8} + 0,1u_{\text{povrchu}}$
Metoda rozdělení rychlosti	Počet ($n > 6$) a rozmístění měrných bodů je voleno tak, aby bylo přesně určeno rozložení rychlosti na svislici mezi dnem a hladinou. Maximální rozdíl rychlostí stanovených ve dvou nad sebou ležících měrných bodech nesmí být větší než 20 % ve vztahu k vyšší hodnotě.

7.1.2 Vyhodnocení nejistoty měření způsobem B

Relativní nejistota vyhodnocená způsobem B - p_{BQ} ve stanovení průtoku při užití **bodové** metody rychlostního pole a výpočtu průtoku podle vztahu (6.2) se určí podle

$$p_{BQ} = \sqrt{p_{Bb}^2 + p_{Bh}^2 + p_{Bc}^2 + p_{Bm}^2}, \quad (7.4)$$

kde p_{Bb} je relativní nejistota vyhodnocená způsobem B ve stanovení šířky měrného profilu s konfidenční úrovní 95 %,

p_{Bh} relativní nejistota vyhodnocená způsobem B ve stanovení hloubky proudu s konfidenční úrovní 95 %,

p_{Bc} relativní nejistota vyhodnocená způsobem B ve stanovení kalibračních konstant měřidla bodových rychlostí s konfidenční úrovní 95 %,

p_{Bm} relativní nejistota vyhodnocená způsobem B ve stanovení průřezové rychlosti v měrném profilu v závislosti na počtu svislic m s konfidenční úrovní 95 %.

Relativní nejistota vyhodnocená způsobem B - p_{BQ} ve stanovení průtoku při užití **plošné** integrační metody rychlostního pole a výpočtu průtoku podle vztahu (6.3) se určí podle

$$p_{BQ} = \sqrt{p_{Bb}^2 + p_{Bh}^2 + p_{Bc}^2 + p_{Bk}^2}, \quad (7.5)$$

kde p_{Bk} je relativní nejistota vyhodnocená způsobem B zohledňující způsob stanovení opravného koeficientu integrační metody s konfidenční úrovní 95 %.

7.1.2.1 Nejistota ve stanovení šířky – p_{Bb}

Při vyhodnocení nejistoty způsobem B ve stanovení šířky pásu se zohlední především rozlišitelnost indikace použitého měřidla pro měření délek, nejistota v jeho kalibraci a vliv ostatních nedefinovaných zdrojů. Nejistota se stanoví v souladu s ČSN ISO 5168.

Nejistota z rozlišitelnosti indikace měřidla má rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti. Nejistota z kalibrace měřidla šířek má normální rozdělení pravděpodobnosti. U ostatních zdrojů se známými krajními mezemi a neznámým tvarem rozdělení pravděpodobnosti se použije rovnoměrné rozdělení.

7.1.2.2 Nejistota ve stanovení hloubky – p_{Bh}

Při vyhodnocení nejistoty způsobem B ve stanovení hloubky pásu se zohlední především rozlišitelnost indikace použitého měřidla pro měření hloubek, nejistota v jeho kalibraci a vliv ostatních nedefinovaných zdrojů. Nejistota se stanoví v souladu s ČSN ISO 5168.

Nejistota z rozlišitelnosti indikace měřidla má rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti. Nejistota z kalibrace měřidla hloubek má normální rozdělení pravděpodobnosti. U ostatních zdrojů se známými krajními mezemi a neznámým tvarem rozdělení pravděpodobnosti se použije rovnoměrné rozdělení.

7.1.2.3 Nejistota ve stanovení kalibračních konstant – p_{Bc}

Hodnota relativní nejistoty vyhodnocené způsobem B s konfidenční úrovní 95 % se převezme z kalibračního listu měřidla bodové rychlosti.

7.1.2.4 Nejistota ve stanovení průřezové rychlosti (průtoku) v měrném profilu – p_{Bm}

Nejistota ve stanovení průřezové rychlosti je závislá především na počtu a pozici svislic v měrném profilu. V případě, že jsou svislice rozmístěny podobně, jak je uvedeno v tabulce 7, bude hodnota relativní nejistoty s konfidenční úrovní 95 % v závislosti na metodě vyhodnocení dána tabulkou 22. Mezilehlé hodnoty se určí interpolací.

Tabulka 22 – Relativní nejistota ve stanovení průřezové rychlosti v procentech s konfidenční úrovní 95 % v závislosti na počtu svislic a použité metodě vyhodnocení

Počet svislic	Metoda integrace hloubka-rychlost		Metoda mezisvislicových pásů		Metoda svislicových pásů	
	Šířka měrného profilu (m)		Šířka měrného profilu (m)		Šířka měrného profilu (m)	
	0,4	1,0	0,4	1,0	0,4	1,0
12	1,9	1,6	2,9	2,3	6,2	4,0
10	2,0	1,6	2,9	2,5	6,4	4,7
8	2,5	1,9	4,7	3,3	6,6	5,3
6	2,8	2,4	5,1	3,7	7,8	6,1
5	2,9	2,8	6,4	4,3	10,3	6,9
4	3,3	3,1	7,6	4,9	12,8	10,3
3	5,1	4,2	9,3	9,6	19,0	20,5

7.1.2.5 Nejistota ve stanovení opravného koeficientu plošné integrační metody – p_{Bk}

Hodnota relativní nejistoty vyhodnocené způsobem B s konfidenční úrovní 95 % je při ručním provádění metody s vodoměrnou vrtulí rovna hodnotě 3,2 %. Při použití EMI měřidla činí tato hodnota 2,6 %. V případě strojního posunu za použití traverzačního zařízení lze u obou měřidel bodové rychlosti očekávat hodnotu nižší.

7.2 Nejistota měření průtoku stanoveného objemovou metodou

7.2.1 Vyhodnocení nejistoty měření způsobem A

Relativní nejistota měření vyhodnocená způsobem A²⁰ – p_{AQ} s konfidenční úrovní 95 %, kdy pro stanovení výsledku měření je použit vztah (6.5) až (6.7), se určí podle

$$p_{AQ} = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot p'_{AQ}, \quad (7.6)$$

kde n je počet opakování měření in situ,

p'_{AQ} relativní nejistota měření vyhodnocená způsobem A stanovená experimentálními postupy za shodných podmínek, které lze očekávat při aplikaci úředního měření. Její hodnota v závislosti na jmenovitém objemu odměrné nádoby a absolutní hodnotě měřeného průtoku s konfidenční úrovní 95 % se odečte z tabulky 23.

²⁰ Nejistotu měření je možné stanovit za ustáleného průtoku i standardním statistickým zpracováním opakovaného měření v souladu s ČSN ISO 5168.

Tabulka 23 – Relativní nejistota měření vyhodnocená způsobem A ve stanovení průtoku objemovou metodou v procentech s konfidenční úrovní 95 %

Jmenovitý objem nádoby (dm ³)	Průtok (L/s)											
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
9	2,4	3,1	3,9	4,7	5,4	-	-	-	-	-	-	-
15	1,8	2,4	3,0	3,7	4,3	4,9	-	-	-	-	-	-
30	-	0,3	0,8	1,3	1,8	2,3	2,8	3,2	-	-	-	-
50	-	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0

7.2.2 Vyhodnocení nejistoty měření způsobem B – metoda konstantního objemu

Nejistota měření vyhodnocená způsobem B – p_{BQ} s konfidenční úrovní 95 % při měření metodou konstantního objemu podle vztahu (6.6) je závislá především na:

- nejistotě etalonového zařízení použitého k experimentálnímu výzkumu;
- nejistotě v kalibraci měřidla objemu;
- nejistotě v kalibraci měřidla času;
- nejistotě z rozlišitelnosti indikace měřidla času;
- nejistotě ostatních a neznámých zdrojů kvantifikovaných experimentálně.

Hodnota relativní nejistoty v závislosti na jmenovitém objemu odměrné nádoby a absolutní hodnotě měřeného průtoku s konfidenční úrovní 95 % se odečte z tabulky 24.

Tabulka 24 – Relativní nejistota měření vyhodnocená způsobem B ve stanovení průtoku objemovou metodou (metoda konstantního objemu) v % s konfidenční úrovní 95 %

Jmenovitý objem nádoby (dm ³)	Průtok (L/s)											
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
9	3,5	2,9	2,9	3,3	4,1	-	-	-	-	-	-	-
15	2,9	3,2	3,6	4,1	4,6	5,1	-	-	-	-	-	-
30	-	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	3,8	5,6	-	-	-	-
50	-	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1

Hodnoty uvedené v tabulce 24 odpovídají mezním parametrům měřidel specifikovaných v článku 4.2.

7.2.3 Vyhodnocení nejistoty měření způsobem B – metoda obecná

Nejistota měření vyhodnocená způsobem B – p_{BQ} s konfidenční úrovní 95 % při měření metodou obecnou podle vztahu (6.7) se určí podle článku 7.3.2 definující výpočet nejistoty měření při použití vážící metody.

7.3 Nejistota měření průtoku stanoveného vážicí metodou

7.3.1 Vyhodnocení nejistoty měření způsobem A

Relativní nejistota měření vyhodnocená způsobem A²¹ – p_{AQ} s konfidenční úrovní 95 %, kdy pro stanovení výsledku měření je použit vztah (6.8), se určí podle

$$p_{AQ} = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot p'_{AQ}, \quad (7.7)$$

kde n je počet opakování měření in situ,

p'_{AQ} relativní nejistota měření vyhodnocená způsobem A stanovená experimentálními postupy za shodných podmínek, které lze očekávat při aplikaci úředního měření. Hodnota relativní nejistoty v závislosti na době měření s konfidenční úrovní 95 % se odečte z tabulky 25.

Tabulka 25 – Relativní nejistota měření vyhodnocená způsobem A ve stanovení průtoku vážicí metodou v % s konfidenční úrovní 95 %

Doba měření (s)	3	4	5	6	8	10	15	20	25	30
Nejistota (%)	3,3	2,7	2,3	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8	0,7	0,6

7.3.2 Vyhodnocení nejistoty měření způsobem B

Nejistota měření vyhodnocená způsobem B – p_{BQ} s konfidenční úrovní 95 % při měření vážicí metodou se určí podle

$$p_{BQ} = \sqrt{p_{Bm}^2 + p_{BAQ}^2}, \quad (7.8)$$

kde p_{Bm} je relativní nejistota zahrnující nejistotu etalonového zařízení použitého k experimentálním zkouškám a nejistoty pocházející z použitých měřidel,

p_{BAQ} relativní nejistota stanovená experimentálními postupy zahrnující ostatní a neznámé zdroje.

7.3.2.1 Nejistota etalonového zařízení a použitých měřidel – p_{Bm}

Nejistota etalonového zařízení a použitých měřidel je závislá především na:

- nejistotě etalonového zařízení použitého k experimentálnímu výzkumu,
- nejistotě v kalibraci měřidla hmotnosti,
- nejistotě v kalibraci měřidla času,
- nejistotě z rozlišitelnosti indikace měřidla hmotnosti,
- nejistotě z rozlišitelnosti indikace měřidla času.

²¹ Nejistotu měření je možné stanovit za ustáleného průtoku i standardním statistickým zpracováním opakovaného měření v souladu s ČSN ISO 5168.

Nejistoty při měření teploty vody a nejistota ve stanovení hustoty vody se vzhledem k jejich velikosti zanedbávají.

Hodnota relativní nejistoty v závislosti na době měření a měřeném průtoku s konfidenční úrovní 95 % se odečte z tabulky 26.

Tabulka 26 – Relativní nejistota etalonového zařízení a měřidel použitých při stanovení průtoku vázící metodou v % s konfidenční úrovní 95 %

Měřený průtok (L/s)	Doba měření (s)									
	3	4	5	6	8	10	15	20	25	30
0,1	9,4	7,1	5,7	4,7	3,5	2,8	1,9	1,4	1,2	1,0
0,2	4,8	3,6	2,9	2,4	1,8	1,5	1,0	0,8	0,6	0,5
0,3	3,3	2,5	2,0	1,7	1,3	1,0	0,7	0,5	0,5	0,4
0,4	2,6	1,9	1,5	1,3	1,0	0,8	0,6	0,4	0,4	0,3
0,5	2,1	1,6	1,3	1,1	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3
0,6	1,9	1,4	1,1	1,0	0,7	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3
0,7	1,7	1,3	1,0	0,9	0,7	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3
0,8	1,6	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
0,9	1,5	1,1	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
1,0	1,4	1,1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3
1,5	1,2	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
2,0	1,1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,3	-	-
4,0	1,1	0,8	0,7	0,6	0,4	0,4	-	-	-	-
6,0	1,0	0,8	0,6	0,6	0,4	-	-	-	-	-
8,0	1,0	0,8	0,6	0,6	-	-	-	-	-	-
10,0	1,0	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
12,0	1,0	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
13,0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Hodnoty uvedené v tabulce 26 odpovídají mezním parametrům měřidel specifikovaných v článku 4.3.

7.3.2.2 Nejistota ostatních a neznámých zdrojů – p_{BAQ}

Hodnota relativní nejistoty ostatních a neznámých zdrojů stanovená experimentálními postupy v závislosti na době měření s konfidenční úrovní 95 % se odečte z tabulky 27.

Tabulka 27 – Relativní nejistota ostatních a neznámých zdrojů v procentech s konfidenční úrovní 95 %

Doba měření (s)	3	4	5	6	8	10	15	20	25	30
Nejistota (%)	2,7	2,2	1,8	1,6	1,3	1,1	0,8	0,7	0,6	0,5

7.4 Nejistota měření průtoku stanoveného přenosnou měřicí sestavou

7.4.1 Vyhodnocení nejistoty měření způsobem A

Relativní nejistota měření vyhodnocená způsobem A – p_{AQ} se vzhledem k postupu měření nevyhodnocuje.

7.4.2 Vyhodnocení nejistoty měření způsobem B

Nejistota měření vyhodnocená způsobem B – p_{BQ} s konfidenční úrovní 95 % při měření přenosnou měřicí sestavou je závislá především na:

- nejistotě kalibrační laboratoře při kalibraci přenosné sestavy,
- opakovatelnosti hodnot vykazovaných indikačním zařízením průtokoměru,
- rozlišení hodnot zobrazovaných indikačním zařízením průtokoměru,
- nejistotě kalibrační laboratoře měřidla času,
- rozlišení hodnot zobrazovaných indikačním zařízením měřidla času,
- reakční době operátora při začátku a konci měření času.

Hodnota relativní nejistoty v procentech s konfidenční úrovní 95 % se pro průtokoměr třídy přesnosti 1 odečte z tabulky 28 a pro průtokoměr třídy přesnosti 2 z tabulky 29.

V případě, že by k měření průtoku bylo použito i přenosných sestav současně, bude celková nejistota měření p_{BQ} ve smyslu přílohy J normy ČSN ISO 5168 stanovena podle

$$p_{BQ} = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_{BQi}^2}, \quad (7.9)$$

kde p_{BQi} je nejistota měření vyhodnocená způsobem B pro jednu měřicí sestavu.

Tabulka 28 – Relativní nejistota měření vyhodnocená způsobem B pro průtokoměr třídy přesnosti 1 v procentech s konfidenční úrovní 95 %

Průtok (L/s)	Doba měření (s)																
	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
0,2	14,6	11,7	9,8	8,4	7,3	6,5	5,9	4,9	4,3	3,8	3,4	3,1	2,6	2,3	2,0	1,9	1,7
0,3	9,8	7,9	6,6	5,6	5,0	4,4	4,0	3,4	2,9	2,6	2,4	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4
0,4	7,4	6,0	5,0	4,3	3,8	3,4	3,1	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2
0,5	6,0	4,8	4,1	3,5	3,1	2,8	2,6	2,2	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1
0,6	5,1	4,1	3,5	3,0	2,7	2,4	2,2	1,9	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1
0,7	4,4	3,6	3,0	2,6	2,4	2,1	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0
0,8	3,9	3,2	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0
0,9	3,6	2,9	2,5	2,2	2,0	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0

pokračování

Tabulka 28 – dokončení

Průtok (L/s)	Doba měření (s)																
	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
1,0	3,3	2,7	2,3	2,0	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
1,5	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2,0	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6,0	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
20,0	1,6	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
30,0	1,5	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9
40,0	1,5	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9

Hodnoty uvedené v tabulce 28 odpovídají mezním parametrům měřidel specifikovaných v článku 4.4.

Tabulka 29 – Relativní nejistota měření vyhodnocená způsobem B pro průtokoměr třídy přesnosti 2 v procentech s konfidenční úrovní 95 %

Průtok (L/s)	Doba měření (s)																
	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
0,2	14,7	11,8	9,9	8,5	7,5	6,7	6,1	5,2	4,5	4,1	3,7	3,4	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3
0,3	9,9	8,0	6,7	5,9	5,2	4,7	4,3	3,7	3,3	3,0	2,8	2,7	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1
0,4	7,6	6,2	5,2	4,6	4,1	3,7	3,5	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	2,0
0,5	6,2	5,1	4,3	3,8	3,5	3,2	3,0	2,7	2,5	2,3	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9
0,6	5,3	4,4	3,8	3,4	3,1	2,9	2,7	2,5	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9
0,7	4,7	3,9	3,4	3,1	2,8	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
0,8	4,2	3,6	3,1	2,8	2,6	2,5	2,4	2,2	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
0,9	3,9	3,3	2,9	2,7	2,5	2,4	2,3	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8
1,0	3,6	3,1	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8
1,5	2,9	2,6	2,4	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8
2,0	2,6	2,4	2,2	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
3,0	2,4	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
6,0	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

pokračování

Tabulka 29 – dokončení

Průtok (L/s)	Doba měření (s)																
	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
20,0	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
30,0	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
40,0	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

Hodnoty uvedené v tabulce 29 odpovídají mezním parametrům měřidel specifikovaných v článku 4.4.

7.5 Nejistota měření průtoku při použití měrných přelivů a žlabů

7.5.1 Vyhodnocení nejistoty měření způsobem A

Relativní nejistota měření vyhodnocená způsobem A – p_{AQ} s konfidenční úrovní 95 %, kdy pro stanovení výsledku měření je použit vztah (6.10) nebo (6.11), se určí podle

$$p_{AQ} = 2 \cdot 100 \cdot b \cdot \frac{s_{\text{fluk}}}{H} \text{ pro žlaby a} \quad (7.10)$$

$$p_{AQ} = 2 \cdot 100 \cdot b \cdot \frac{s_{\text{fluk}}}{h} \text{ pro přelivy,} \quad (7.11)$$

kde b je exponent ve vztahu (6.10) nebo (6.11),

s_{fluk} směrodatná odchylka výběrového průměru hloubky proudu či výšky přepadového paprsku stanovená na základě opakovaných měření dle ČSN ISO 5168.

V případě, že hloubka proudu či přepadová výška nejsou měřeny opakovaně, stanoví se nejistota měření na základě kvalifikovaného odhadu dle odstavce 7.5.2.5.

7.5.2 Vyhodnocení nejistoty měření způsobem B

Nejistota měření vyhodnocená způsobem B – p_{BQ} s konfidenční úrovní 95 % při měření měrnými žlaby se určí podle (7.12)

$$p_{BQ} = \sqrt{p_{Bc}^2 + b^2 \left(\left(\frac{z_{\text{ref}} \frac{100 \cdot 2}{\sqrt{3}}}{H} \right)^2 + \left(\frac{\text{Res} \frac{100 \cdot 2}{2\sqrt{3}}}{H} \right)^2 + \left(\frac{z_{\text{MPE}} \frac{100 \cdot 2}{3}}{H} \right)^2 + \left(\frac{z_{\text{fluk}} \frac{100 \cdot 2}{3}}{H} \right)^2 + p_{\text{Bkal}}^2 \right)}. \quad (7.12)$$

Nejistota měření vyhodnocená způsobem B – p_{BQ} s konfidenční úrovní 95 % při měření měrnými přelivy se určí podle (7.13)

$$p_{BQ} = \sqrt{p_{Bc}^2 + b^2 \left(\left(\frac{z_{ref} \frac{100 \cdot 2}{\sqrt{3}}}{h} \right)^2 + \left(\frac{Res \frac{100 \cdot 2}{2\sqrt{3}}}{h} \right)^2 + \left(\frac{z_{MPE} \frac{100 \cdot 2}{3}}{h} \right)^2 + \left(\frac{z_{fluk} \frac{100 \cdot 2}{3}}{h} \right)^2 + p_{Bkal}^2 \right)}, \quad (7.13)$$

kde p_{Bc} je relativní nejistota vyhodnocená způsobem B ve stanovení Q/H (Q/h) charakteristiky definované vztahem (6.10) nebo (6.11) s konfidenční úrovní 95 %,
 b exponent ve vztahu (6.10) nebo (6.11),
 z_{ref} maximální chyba v nastavení referenční úrovně (nuly) měřidla úrovně hladiny,
 Res rozlišení zobrazení indikace měřidla úrovně hladiny,
 z_{MPE} největší dovolená chyba měřidla úrovně hladiny,
 z_{fluk} maximální odchylka fluktuace hladiny od její průměrné úrovně,
 p_{Bkal} relativní nejistota vyhodnocená způsobem B kalibrační laboratoře měřidla úrovně hladiny s konfidenční úrovní 95 %.

7.5.2.1 Nejistota Q/H (Q/h) charakteristiky – p_{Bc}

Hodnota relativní nejistoty Q/H (Q/h) charakteristiky stanovená na základě experimentálních zkoušek se v závislosti na použitém vzdouvacím objektu s konfidenční úrovní 95 % odečte z tabulky 30.

Tabulka 30 – Relativní nejistota ve stanovení Q/H (Q/h) charakteristiky v procentech s konfidenční úrovní 95 %

Typ vzdouvacího objektu	Relativní nejistota Q/H (Q/h) charakteristiky
Přeliv s pravoúhlým výřezem	- pro $h < 1,0 \cdot s^*$ je $p_{Bc} = 1,5 \%$; - pro $1,0 \cdot s < h < 1,5 \cdot s$ je $p_{Bc} = 2 \%$
Přeliv s lichoběžníkovým výřezem	- pro $h < 1,0 \cdot s^*$ je $p_{Bc} = 1,5 \%$; - pro $1,0 \cdot s < h < 1,5 \cdot s$ je $p_{Bc} = 2 \%$
Přeliv s trojúhelníkovým výřezem	$p_{Bc} = 1 \%$
Složený přeliv	$p_{Bc} = 1 \%$
Žlab typu Parshall (PARS)	$p_{Bc} = 1,5 \%$
Parshallův žlab	$p_{Bc} = 2,0 \%$
Venturiho žlab	$p_{Bc} = 2,0 \%$

s^* svislá odlehlost mezi nejnižší úrovní přelivné hrany a dnem přítokového koryta

7.5.2.2 Maximální chyba v nastavení referenční úrovně – z_{ref}

Maximální chyba v nastavení referenční úrovně (nuly) měřidla hloubky proudu nebo přepadové výšky nesmí překročit hodnotu $z_{ref} = \pm 1,0$ mm.

7.5.2.3 Rozlišení zobrazení indikace – Res

Nejmenší rozdíl mezi zobrazenými indikacemi (rozlišení) měřidla hloubky proudu nebo přepadové výšky nesmí překročit 0,1 % z použitého rozsahu, maximálně však Res = 1,0 mm.

7.5.2.4 Chyba měřidla úrovně hladiny – z_{MPE}

Největší dovolená chyba měřidla pro měření hloubky proudu nebo přepadové výšky nesmí být větší než $\pm 0,25$ % z použitého rozsahu, maximálně však $z_{\text{MPE}} = \pm 1,25$ mm.

7.5.2.5 Odchylka ve fluktuaci hladiny – z_{fluk}

Maximální odchylka fluktuace hladiny od její průměrné úrovně se vyhodnocuje pouze v případě, že nebyla stanovena nejistota měření vyhodnocená způsobem A dle článku 7.5.1. Hodnota se určí na základě kvalifikovaného odhadu s přihlédnutím k charakteru vln vznikajících na hladině vzduté vody a k způsobu měření a zpracování údaje o úrovni hladiny.

7.5.2.6 Nejistota kalibrace měřidla úrovně hladiny – p_{Bkal}

Hodnota relativní nejistoty vyhodnocené způsobem B s konfidenční úrovní 95 % se převezme z kalibračního listu měřidla úrovně hladiny.

7.6 Kombinovaná nejistota

Príslušná hodnota relativní rozšířené kombinované nejistoty stanoveného průtoku využitím předemných metod se získá přímo kombinací obou typů nejistot stanovených způsobem A a B podle vztahu

$$p_Q = \sqrt{p_{\text{AQ}}^2 + p_{\text{BQ}}^2} . \quad (7.14)$$

7.7 Vyhodnocení měření a formulace výsledku

Na základě měřených hodnot je dle použité metody v souladu s článkem 6 stanoven výsledek měření.

Pro stanovené hodnoty výsledků měření se vypočtou nejistoty v souladu s článkem 7.

Absolutní hodnota nejistoty měření se zaokrouhlí na jednu platnou číslici. Pokud je první platnou číslici nejistoty měření hodnota 1 nebo 2, zaokrouhlí se hodnota nejistoty na dvě platné číslice.

Číselná hodnota výsledku měření se zaokrouhlí na stejný počet míst jako nejistota.

Součástí výsledku měření je údaj o konfidenční úrovni stanovené nejistoty. V případě úředního měření dle tohoto MP odpovídá konfidenční úroveň 95 %.

7.8 Maximální nejistota měření

Maximální hodnota nejistoty U_{max} určená dle tohoto MP na konfidenční úrovni 95 % (koeficient rozšíření $k = 2$) je pro jednotlivé metody stanovení průtoku uvedena v tabulce 31.

Tabulka 31 – Maximální hodnota nejistoty ve stanovení průtoku dle použité metody dle tohoto MP v procentech s konfidenční úrovní 95 %

Metoda stanovení průtoku	Maximální hodnota nejistoty U_{\max} (%)
Metoda rychlostního pole	5,0
Objemová metoda (metoda jímání vody do odměrné nádoby)	5,0
Vážicí metoda (metoda jímání vody do vážicího vaku)	5,0
Využití přenosné měřicí sestavy s průtokoměrem	2,5
Využití měrných přelivů a žlabů	5,0

8 Doklad o úředním měření

O výsledcích úředního měření vypracuje autorizovaný subjekt Doklad o úředním měření, jehož náležitosti a grafickou podobu otisku razítka stanovuje příloha č. 9 k vyhlášce Ministerstva průmyslu a obchodu č. 262/2000 Sb., v platném znění a předpis MP 020 Českého metrologického institutu (současně je forma a struktura obsahu *Dokladu o úředním měření průtoku vody v profilech s volnou hladinou* posouzena a odsouhlasena v rámci prověření technické a metrologické způsobilosti pro autorizaci subjektu k úřednímu měření).

9 Přílohy

Příloha A: Metoda rychlostního pole aplikovaná v prostoru příměstěnných konfuzorů měrných žlabů PARS P2, P3 a P4

10 Účinnost

Toto vydání nabývá účinnosti dnem 15. 3. 2025 a nahrazuje předchozí vydání z února 2023.

doc. RNDr. Jiří Tesař, Ph.D. v. r.

generální ředitel Českého metrologického institutu

Za správnost:

Zpracovatelé předpisu:

Ing. Michal Žoužela, Ph.D.

*Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební,
Ústav vodních staveb, Laboratoř vodohospodářského výzkumu*

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.

*Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební,
Ústav vodních staveb, Laboratoř vodohospodářského výzkumu*

Garant předpisu v ČMI:

Ing. Erich Ludwig, Český metrologický institut

Příloha A

Metoda rychlostního pole aplikovaná v prostoru přímostěnných konfuzorů měrných žlabů PARS P2, P3 a P4

1 Úvod

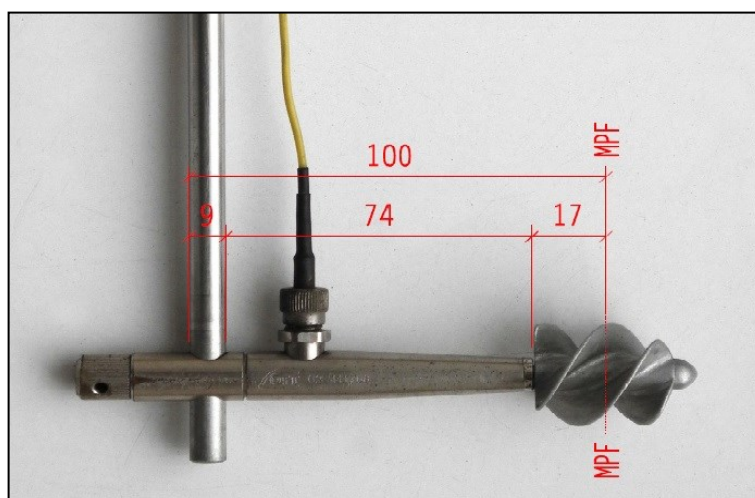
Pro trvalé měření průtoku a proteklého objemu v profilech s volnou hladinou jsou používány měrné žlaby PARS. Nejčastěji jsou instalovány ve velikostech P2, P3 a P4. Kontrolu správnosti měření průtoku těmito měrnými žlaby lze provést v jejich zužující se části. Geometricky se jedná o prostor tvořený v půdorysu přímostěnným konfuzorem, ve kterém vzniká nerovnoměrné proudění sbíhavého charakteru.

Tato příloha předepisuje postupy pro stanovení průtoku a jeho nejistoty s využitím metody rychlostního pole založené na bodové či plošné integraci s rovnoměrným posunem vodoměrné vrtule. Předložené postupy měření, vyhodnocení průtoku a jeho nejistoty vycházejí z článku 6.1 MP 010.

2 Stanovení průtoku

2.1 Měřicí pomůcky a postup měření

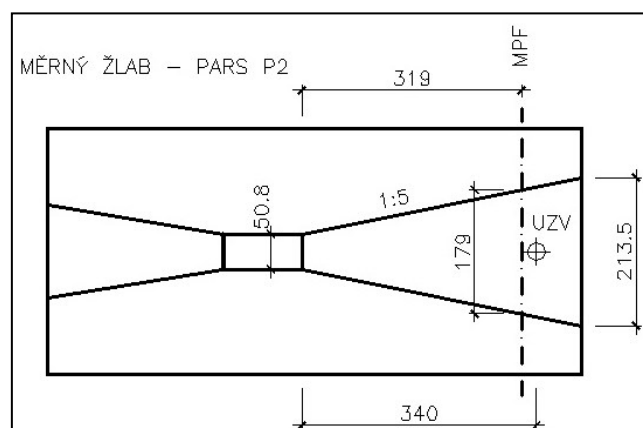
Pro měření rychlostí se použije vodoměrná vrtule upevněná na nosné tyči o průměru 9 mm a s propelerem označeným č. 5 dle tabulky 2 MP 010. Vztažný profil propeleru vodoměrné vrtule se nachází 100 mm protiproudě od zadní části nosné tyče. Vztažný profil je uveden na obr. A.1.



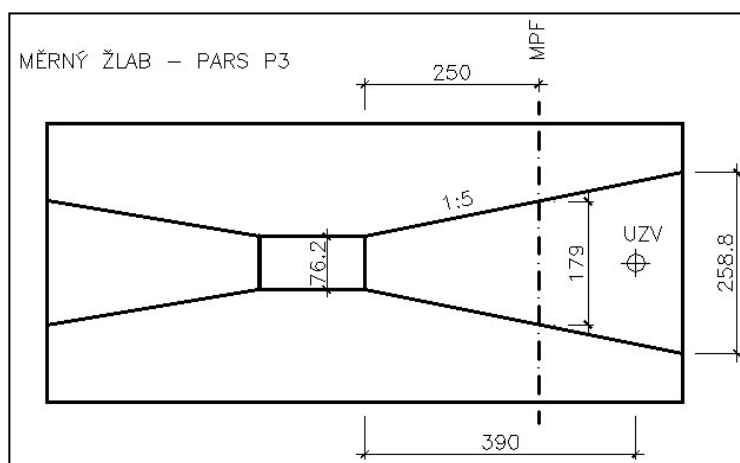
Obrázek A.1 – Vztažný profil propeleru č. 5 vodoměrné vrtule

Měrné profily, které se nacházejí protiproudě před začátkem hrdla příslušných žlabů PARS, jsou vyznačeny na obr. A.2, A.3 a A.4.

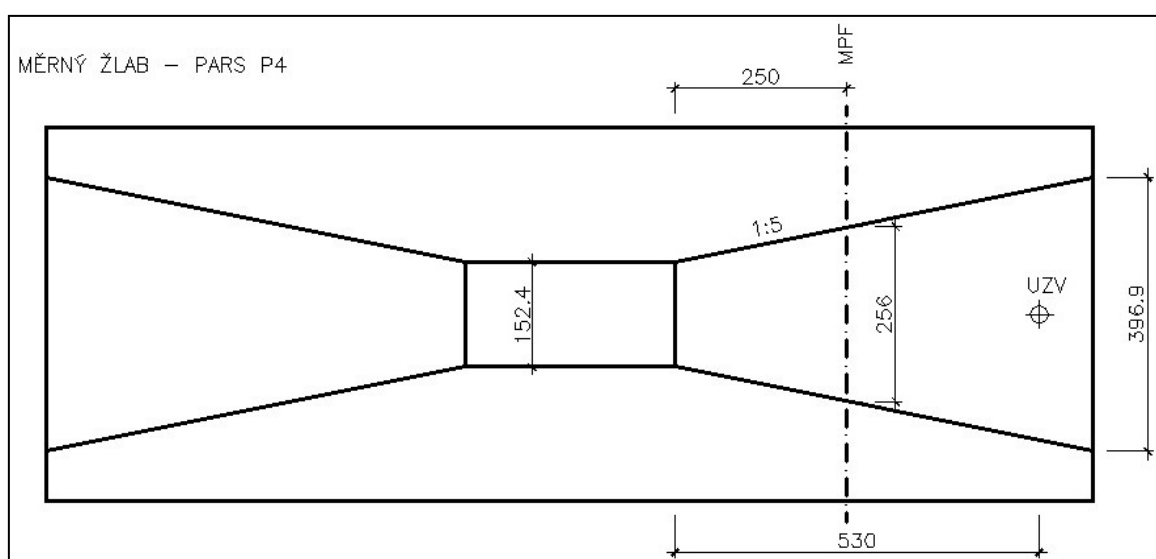
Rozmístění měrných bodů pro aplikaci bodové metody a trajektorie posunu vodoměrné vrtule při aplikaci plošné integrační metody v rovině měrného profilu jsou vyznačeny na obr. A.5.



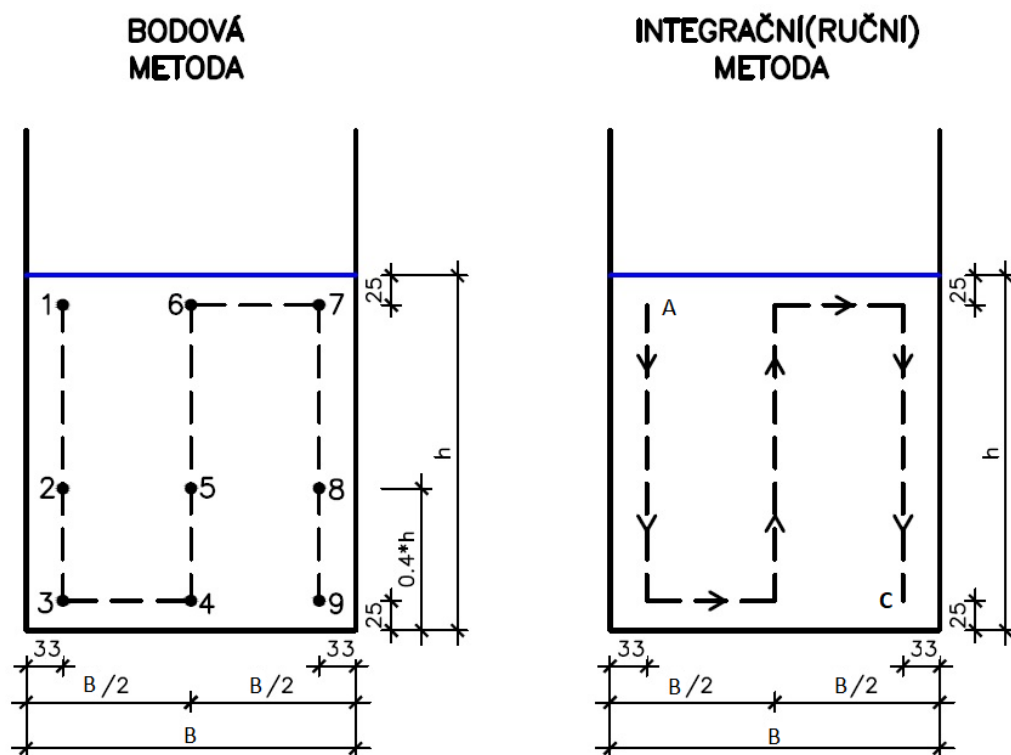
Obrázek A.2 – Schéma měrného žlabu PARS P2 s vyznačením měrného profilu – MPF



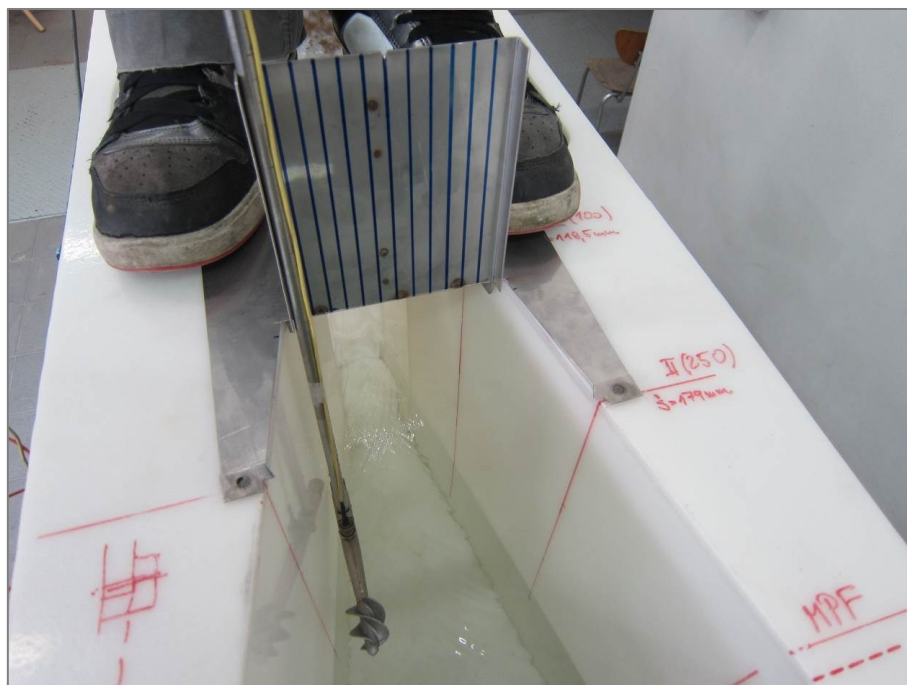
Obrázek A.3 – Schéma měrného žlabu PARS P3 s vyznačením měrného profilu – MPF



Obrázek A.4 – Schéma měrného žlabu PARS P4 s vyznačením měrného profilu – MPF



Obrázek A.5 – Pozice měrných bodů a trajektorie posunu vodoměrné vrtule v MPF



Obrázek A.6 – Speciální přípravek použitý při měření na žlabu PARS P3

Pro jednoznačné definování měrného profilu při měření v konfuzorech měrných žlabů je vhodné použít speciální přípravek, který zajistí dostatečnou oporu při měření a současně svislost nosné tyče vodoměrné vrtule. Přípravek je zobrazen na obr. A.6.

Při měření bodovou metodou rychlostního pole je doba měření v každém z devíti bodů 20 sekund. Měření se v jednotlivých bodech neopakuje.

Při měření plošnou integrační metodou s rovnoměrným posunem vodoměrné vrtule je doporučená doba posunu t po předepsané trajektorii v sekundách

$$t = 180 \cdot h, \quad (\text{A 2.1})$$

kde h je hloubka proudu v místě měření v metrech.

Měření plošnou integrační metodou (posun vodoměrné vrtule z bodu A do bodu C ve smyslu obr. A.5) se zopakuje třikrát.

2.2 Vyhodnocení měření a určení nejistoty stanoveného průtoku

Níže uvedené postupy pro všechny tři velikosti žlabů PARS lze užít pouze v případě, že hloubka vody v měrném profilu bude větší než 0,07 m.

2.2.1 Bodová metoda rychlostního pole

Pro vyhodnocení průtoku se nepoužijí postupy definované v článku 6.1.1.4 MP 010.

Průtok Q na základě rychlostí v_i stanovených měření v devíti měrných bodech se určí ze vztahu

$$Q = k \cdot \frac{1}{9} \sum_{i=1}^{n=9} v_i \cdot B \cdot h, \quad (\text{A 2.2})$$

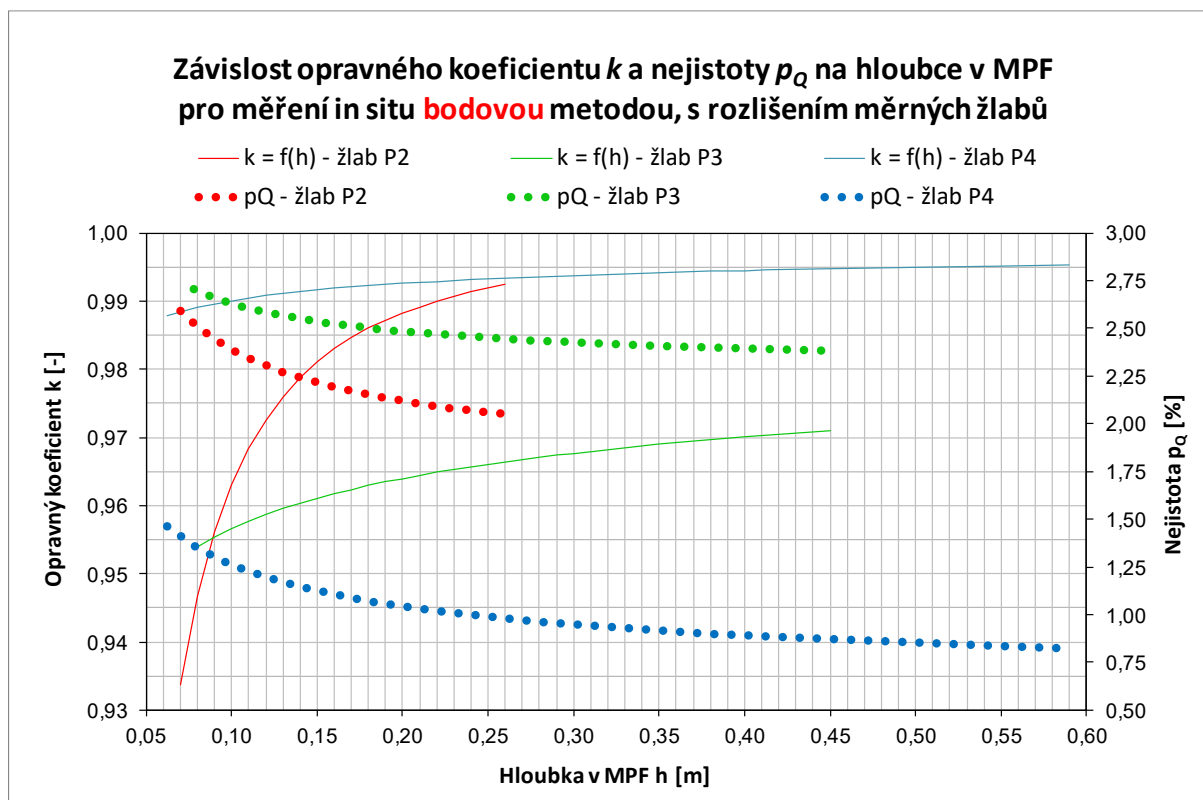
kde Q je stanovený průtok,

k opravný koeficient,

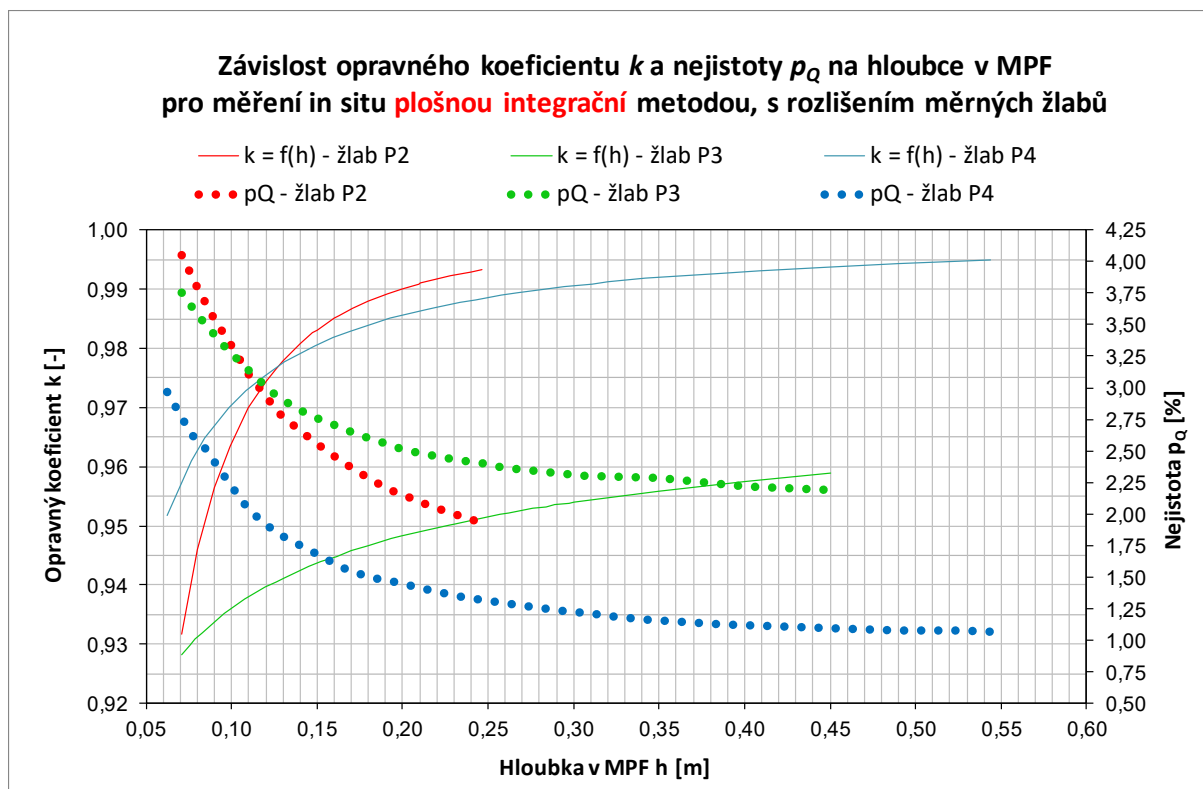
B šířka měrného profilu pro příslušnou velikost žlabu PARS dle obr. A.2, A.3 a A.4,

H hloubka proudu v místě měrného profilu – MPF.

Opravný koeficient k je volen v závislosti na hloubce proudu v měrném profilu a velikosti měrného žlabu PARS. Hodnota opravného součinitele k se odečte z grafu A.1. Z grafu A.1 lze současně odečíst i hodnotu celkové rozšířené kombinované nejistoty stanoveného průtoku s konfidenční úrovní 95 %. Hodnoty lze odečíst i z tabulky A.1.



Graf A.1 – Opravný koeficient a celková nejistota v závislosti na hloubce v MPF – bodová metoda rychlostního pole



Graf A.2 – Opravný koeficient a celková nejistota v závislosti na hloubce v MPF – plošná integrační metoda rychlostního pole

Tabulka A.1 – Hodnoty opravného koeficientu a celkové nejistoty v závislosti na hloubce v MPF

Hloubka v MPF (m)	Bodová metoda						Integrační metoda					
	Žlab P2		Žlab P3		Žlab P4		Žlab P2		Žlab P3		Žlab P4	
	$k (-)$	$p_Q (%)$	$k (-)$	$p_Q (%)$	$k (-)$	$p_Q (%)$	$k (-)$	$p_Q (%)$	$k (-)$	$p_Q (%)$	$k (-)$	$p_Q (%)$
0,06	0,915	2,8	0,950	2,8	0,988	1,4	0,908	4,5	0,924	3,9	0,950	3,1
0,08	0,947	2,6	0,954	2,7	0,989	1,3	0,946	3,8	0,931	3,6	0,963	2,6
0,10	0,963	2,5	0,957	2,6	0,990	1,3	0,964	3,3	0,936	3,3	0,970	2,2
0,12	0,973	2,4	0,959	2,6	0,991	1,2	0,974	2,9	0,940	3,0	0,976	1,9
0,14	0,979	2,3	0,960	2,6	0,991	1,2	0,981	2,7	0,942	2,8	0,979	1,7
0,16	0,983	2,3	0,962	2,5	0,992	1,1	0,985	2,5	0,945	2,7	0,982	1,6
0,18	0,986	2,3	0,963	2,5	0,992	1,1	0,988	2,3	0,947	2,6	0,984	1,5
0,20	0,988	2,2	0,964	2,5	0,993	1,1	0,990	2,2	0,948	2,5	0,986	1,4
0,22	0,990	2,2	0,965	2,5	0,993	1,0	0,992	2,0	0,950	2,5	0,987	1,4
0,24	0,991	2,2	0,966	2,5	0,993	1,0	0,993	1,9	0,951	2,4	0,988	1,3
0,26	0,992	2,1	0,966	2,4	0,993	1,0	0,994	1,8	0,952	2,4	0,989	1,3
0,30	-	-	0,968	2,4	0,994	1,0	-	-	0,954	2,3	0,991	1,2
0,34	-	-	0,969	2,4	0,994	0,9	-	-	0,956	2,3	0,992	1,2
0,38	-	-	0,970	2,5	0,994	0,9	-	-	0,957	2,2	0,993	1,1
0,42	-	-	0,970	2,7	0,995	0,9	-	-	0,958	2,2	0,993	1,1
0,44	-	-	0,971	2,9	0,995	0,9	-	-	0,959	2,2	0,994	1,1
0,48	-	-	-	-	0,995	0,8	-	-	-	-	0,994	1,1
0,54	-	-	-	-	0,995	0,8	-	-	-	-	0,995	1,1
0,60	-	-	-	-	0,995	0,8	-	-	-	-	0,995	1,0

2.2.2 Plošná integrační metoda rychlostního pole

Průtok Q se ve smyslu vztahu (6.3) MP 010 a na základě tří opakování měření rychlostí v_{int_i} určí ze vztahu

$$Q = k \cdot \frac{1}{3} \sum_{i=1}^{N=3} v_{\text{int}_i} \cdot B \cdot h. \quad (\text{A } 2.3)$$

Opravný koeficient k je volen v závislosti na hloubce proudu v měrném profilu a velikosti měrného žlabu PARS. Hodnota opravného součinitele k se odečte z grafu A.2. Z grafu A.2 lze současně odečíst i hodnotu celkové rozšířené kombinované nejistoty stanoveného průtoku s konfidenční úrovní 95 %. Nejistota odpovídá třem opakovaním měření.

Obsah

Úvod	4
1 Všeobecná ustanovení	4
2 Související normy a předpisy	5
3 Pojmy, termíny a jejich definice	6
4 Měřidla, software a ostatní pomocná měřicí zařízení	6
4.1 Měřidla a software využívané při stanovení průtoku metodou rychlostního pole	7
4.2 Měřidla využívaná při stanovení průtoku metodou jímání vody do odměrné nádoby	12
4.3 Měřidla a pomocná zařízení využívaná při stanovení průtoku metodou jímání vody do vážicího vaku	13
4.4 Měřidla a pomocná zařízení využívaná při stanovení průtoku přenosnou měřicí sestavou s průtokoměrem	13
4.5 Měřidla využívaná při stanovení průtoku měrnými přelivy a žlaby	15
4.6 Ostatní měřidla	17
5 Podmínky měření	17
6 Měření průtoku	17
6.1 Metoda rychlostního pole	17
6.2 Objemová metoda (metoda jímání vody do odměrné nádoby)	22
6.3 Vážicí metoda (metoda jímání vody do vážicího vaku)	24
6.4 Přenosná měřicí sestava s průtokoměrem	24
6.5 Měrné přelivy a žlaby	26
7 Nejistota měření stanoveného průtoku	27
7.1 Nejistota měření průtoku stanoveného metodou rychlostního pole	28
7.2 Nejistota měření průtoku stanoveného objemovou metodou	34
7.3 Nejistota měření průtoku stanoveného vážicí metodou	366
7.4 Nejistota měření průtoku stanoveného přenosnou měřicí sestavou	388
7.5 Nejistota měření průtoku při použití měrných přelivů a žlabů	40
7.6 Kombinovaná nejistota	42
7.7 Vyhodnocení měření a formulace výsledku	42
7.8 Maximální nejistota měření	42
8 Doklad o úředním měření	433
9 Přílohy	43
10 Účinnost	43
Příloha A	45

MP 010

**ÚŘEDNÍ MĚŘENÍ PRŮTOKU VODY
V PROFILECH S VOLNOU HLADINOU**

**PROVÁDĚNÍ ÚŘEDNÍHO MĚŘENÍ
METODOU RYCHLOSTNÍHO POLE,
OBJEMOVOU METODOU, VÁŽICÍ METODOU,
PŘENOSNOU MĚŘICÍ SESTAVOU S PRŮTOKOMĚREM,
MĚRNÝMI PŘELIVY A ŽLABY**

Vydání: březen 2025

Vydává: Český metrologický institut, Okružní 31, 638 00 Brno