

Experimentálne meranie prietoku ADCP prístrojmi

Ing. Tomáš Borároš

Abstrakt

Stanovenie veľkosti prietoku v tokoch má veľký význam nielen pre hydrológiu. Ľudia sa už v dávnej minulosti zaujímali o hydrologické pomery na tokoch a skúšali rôzne experimenty späté so zisťovaním prietoku. V súčasnosti poznáme viaceré metódy na zistenie prietoku v koryte toku. Pri výbere týchto metód treba prihliadať na rôzne faktory ovplyvňujúce podmienky v toku, ako napr. typ prúdenia, fyzikálne vlastnosti vody a tiež prírodné podmienky v mieste merania.

V tejto práci sme sa zamerali na metódu stanovenia prietoku mobilným ultrazvukovým prístrojom ADCP, ktoré si vďaka svojej jednoduchosti a časovej nenáročnosti získalo veľkú popularitu v hydrologickej praxi u nás i v zahraničí. Aj napriek technickej vyspelosti týchto moderných prístrojov dochádza, ako pri každej metóde merania prietoku, k neistotám a chybám. Úlohou tohto experimentálneho merania bolo zistiť, do akej miery je možné ovplyvniť výsledné hodnoty prietoku spôsobom akým samotné meranie prebieha alebo vstupnými hodnotami, ktoré meraciemu prístroju zadáme.

Vykonaných bolo 13 rôznych meraní v ktorých sme simulovali rozdielne situácie kedy nie je možné dodržať odporúčania výrobcu pre správne meranie alebo chyby spôsobené nesprávnym odhadnutím podmienok v toku. Pri každom z meraní sme sa pozreli aj na odporúčania výrobcu na správny postup. Zistené výsledky sme následne porovnávali s hodnotou prietoku z bežne vykonávaného merania v meranom profile, ako aj s priemernou hodnotou zo všetkých vykonaných meraní. Meranie prebiehalo v blízkosti vodomernej stanice Jánošíkovo na Chotárnom kanály ťahaním prístroja z mostnej konštrukcie.

KLÚČOVÉ SLOVA: meranie prietoku, prístroj ADCP, chyby merania Chotárny kanál

Anotácia

Experimentálne meranie prietoku ADCP prístrojmi StreamPro a RiverRay pri ktorom sme sa zamerali na vplyv spôsobu prevedenia merania a zadaných vstupných hodnôt na výsledný zameraný prietok.

Abstract

Estimation of the discharge is very important not only for hydrology. People were interested in hydrological conditions on rivers and trying different experiments linked to detection of discharge in the past. There existing many different methods of discharge measurements in open channels in these days. On the selection of the correct method of measurement and estimation of discharge have influence several factors, such as type of flow, physical parameters of water and natural conditions at the place.

In this thesis, the main attention is given to known methods of flow measurement method which is called mobile ultrasonic ADCP device. The device is very popular in hydrological services due to its simplicity and time saving during the measurement. The ADCP is modern and highly technical developed device however there can be errors during measurement. The goal of this experimental

measurement was determine influence of measuring process and input values at the final value of discharge.

We realized 13 different measurements by ADCP device. In this measurements we simulated different situations when is not possible to follow instruction of technical standard or recommendation by manufacturer of ADCP device. The results were compare against result from normal correct measurement and overall average value of discharge too. Methods of work were apply from bridge at Chotárny channel near a stream-gauging station Jánošíkovo.

KEY WORDS: discharge measurement, ADCP device, measurement errors, Chotárny channel

Anotation

Experimental discharge measurement by ADCP device StreamPro and RiverRay, in which we focused on influence of measuring process and input values at the final value of discharge.

1 ÚVOD

Z rôznych historických zdrojov vieme, že aj v dávnej histórii sa ľudia zaujímali o obeh vody a výšky hladín riek v závislosti na ročnom období. Ich záujem bol zameraný najmä na zadováženie vody, jej rozvedenie, ale aj na ochranu pred ňou. Príkladom sú starí Egypťania, ktorí venovali veľkú pozornosť pozorovaniu výšky hladiny rieky Níl, pretože od nej závisela ich úroda.

Od čias kedy ľudstvo pozorovalo výšku hladín riek pomocou drevených stĺpov sa hydrológia vyvíjala cez meranie pretoku pomocou plavákov (Leonardo DaVinci), merných nádob až po dnešné najmodernejšie prístroje.

Meranie prietoku je jednou z najdôležitejších úloh hydrológa, pričom existuje niekoľko metód na jeho stanovenie. Modernou a v súčasnosti veľmi požívanou metódou stanovenia prietokov je meranie pomocou ultrazvukového ADCP prístroja, najmä pre jeho nenáročnosť, rýchlosť samotných meraní a zobrazenie výsledkov v reálnom čase.

Aj napriek vysokej technickej vyspelosti ultrazvukových prístrojov môže pri meraní dochádzať k neistotám a chybám. Tie môžu byť zapríčinené napr. podmienkami v toku, nesprávnou funkciou prístroja alebo spôsobom prevedenia merania samotným pracovníkom. Všeobecne je v hydrologickej praxi uznávaná prípustná odchýlka medzi meraniami do 5%, s ktorou sme pracovali aj v tomto prípade.

V tejto práci sme sa zamerali na vplyv rôzneho prevedenia merania prístrojom ADCP na výslednú hodnotu prietoku. Vykonaných bolo 13 rôznych meraní ADCP prístrojom pričom cieľom bolo porovnanie výsledkov nadobudnutých pomocou viacerých techník prechodu ADCP prístrojom cez vodný tok a rôznych nastavení programu WinRiver II, ako aj meraní pri ktorých nebolo možné úplne dodržať zásady správneho merania ako odporúča výrobca a ako sú aj uvedené v OTN. Taktiež sme sa pri každom meraní zamerali aj na odporúčania výrobcu pre správny postup pri danej simulovanej situácii. Ako referenčnú hodnotu pre porovnanie nameraných prietokov sme brali výsledok z bežne vykonávaného merania, ako aj priemernú hodnotu zo všetkých vykonaných meraní.

V závere sme všetky merania tabuľkovo a graficky porovnali.

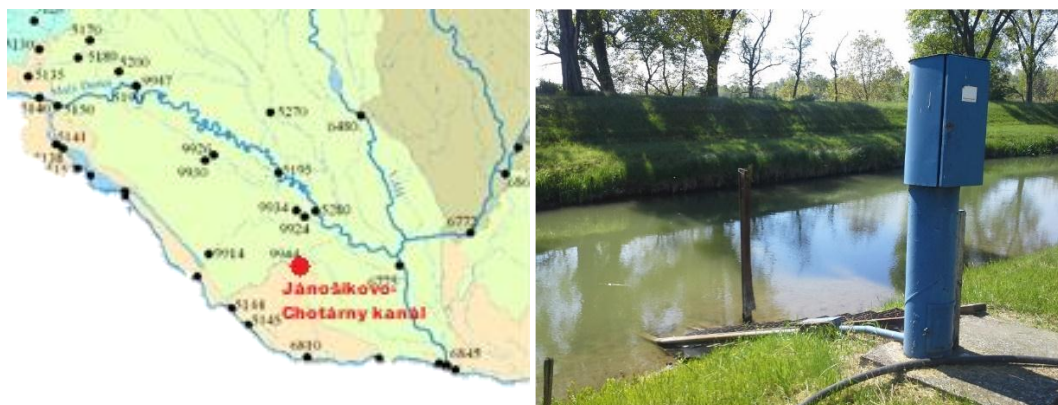
2 MERANIE

Základným predpokladom správneho výsledku merania je výber vhodného miesta merného profilu. Pri meraniach ADCP prístrojmi na stredných a veľkých tokoch sa vo väčšine prípadov

prispôsobuje miesto merania možnostiam prechodu pracovníkov hydrologickej služby s prístrojom ponad tok, t. j. napríklad v miestach mostnej konštrukcie. Aj v tomto prípade je však potrebné dodržať niekoľko zásad. Profil koryta toku v mieste merania by mal mať pravidelný parabolický, lichobežníkový alebo obdĺžnikový tvar bez výrazných zmien v priečnom profile. Zároveň by mal byť čo najrovnejší, zbavený dnovej vegetácie a naplavených nečistôt. S prístrojom sa je potrebné dostať na čo najmenšiu vzdialenosť od brehu, musí sa tu však nachádzať dostatočná hĺbka na minimálne 2 rýchlostné bunky (WMO, 2010), (Instruments R.D., 2014).

Meranie prebiehalo 14.06.2016 na toku Chotárny kanál v blízkosti vodomernej stanice štátnej hydrologickej siete povrchových vôd Jánošíkovo (9944). Stanica sa nachádza na juhozápadnom Slovensku v katastrálnom území obce Okoč v miestnej časti Jánošíkovo na Ostrove, okres Dunajská Streda (*Obrázok 1*).

Koryto toku v mieste merania je parabolického tvaru, bez dnovej vegetácie s bahnitým dnom. Hĺbka v mieste merania bola do 2 m, priemerné rýchlosti približne $0,3 \text{ m.s}^{-1}$. Vzhľadom na charakter a parametre toku bol na väčšinu meraní použitý prístroj StreamPro ADCP, určený na menšie toky s meracím rozsahom od 0,2 m do 6m. Pre porovnanie v dvoch prípadoch bol použitý aj prístroj určený na meranie väčších riek s hĺbkou od 0,4 m až do 60m, RiverRay ADCP.

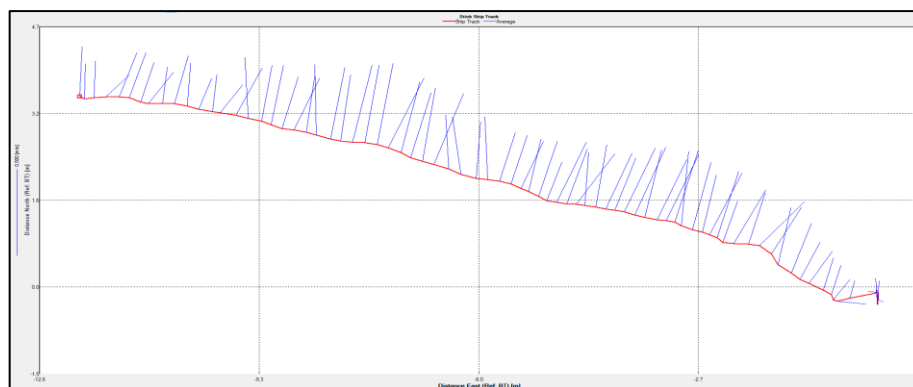


Obrázok 1: Poloha VS Jánošíkovo, foto VS Jánošíkovo spolu s Chotárnym kanálom

3 VÝSLEDKY PRÁCE

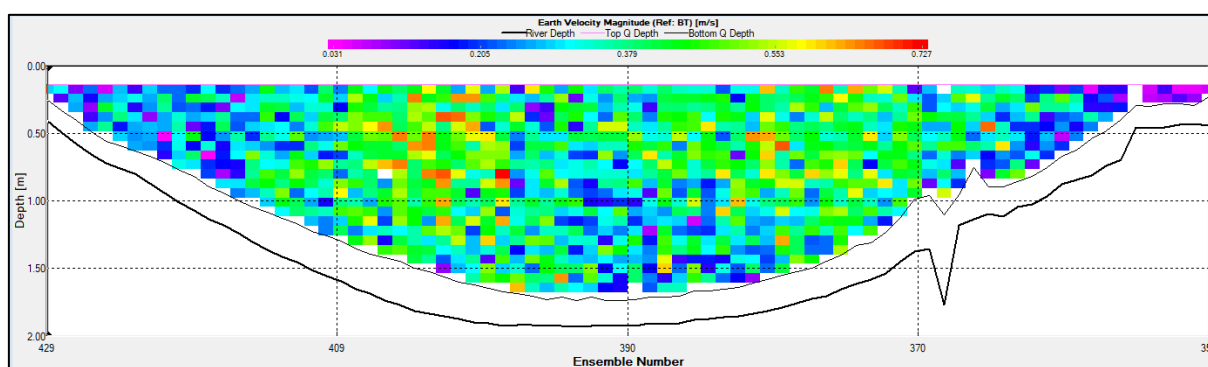
3.1 StreamPro- bežné meranie

V prvom prípade bolo vykonané meranie, tak ako bežne prebieha počas vykonávania meracích prác v hydrologickej praxi. Pri meraniach prístrojom StreamPro je pred meraním potrebné odhadnúť a nastaviť maximálnu hĺbku a rýchlosti v toku. Podľa týchto hodnôt prístroj následne vypočíta veľkosti buniek v ktorých bude merať rýchlosti. Pri tomto meraní bola nastavená hĺbka do 2 m a rýchlostí vody a prístroja do 0,5 m/s. Trasa prístroja začínala v najmenej možnej vzdialenosti od brehu, s ohľadom na možnosti prístroja, bola čo najplynulejšia (*Obrázok 2*) a meranie opakované 4 krát.



Obrázok 2: Trasa ADCP prístroja pri 1. meraní

Nameraný prietok mal hodnotu $5,732 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, pričom bolo prístrojom priamo zameraných 73,72% profilu v približne 90 zvisliciach (Obrázok 3). Výsledky ostatných meraní sme porovnávali s hodnotou prietoku zisteného pri tomto meraní.

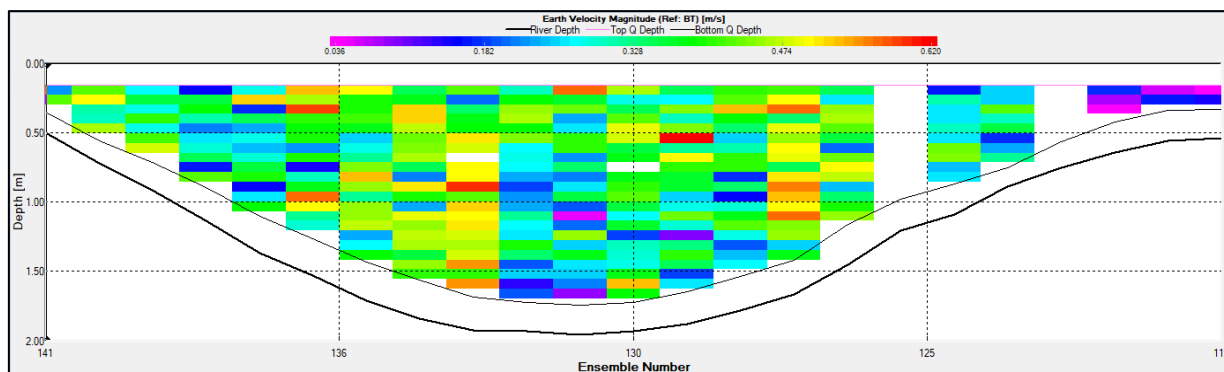


Obrázok 3: Vykreslenie merného profilu s vykreslenými rýchlostnými bunkami pri 1. meraní

3.2 StreamPro- rýchlosť prístroja vyššia ako rýchlosť prúdenia vody

Výrobca prístroja pre hustejšiu sieť rýchlostných buniek a teda správne zameranie rýchlostí odporúča nižšiu rýchlosť pohybu lode ako rýchlosť vody v toku. V niektorých prípadoch je toto pravidlo pre nízke rýchlosti v toku takmer nemožné dodržať, preto bolo zámerom tohto merania zistiť aký vplyv má nedodržanie tohto pravidla na výsledný prietok.

Nastavenia prístroja a podmienok v toku boli rovnaké ako v prvom prípade, teda hĺbka v toku do 2 m, rýchlosť vody v toku a pohybu prístroja do $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Kým v prvom prípade sa pohybovala rýchlosť preťahovania ADCP cez tok na úrovni $0,117 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ teraz to bolo $0,497 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, čo prevyšovalo rýchlosť prúdenia v toku.

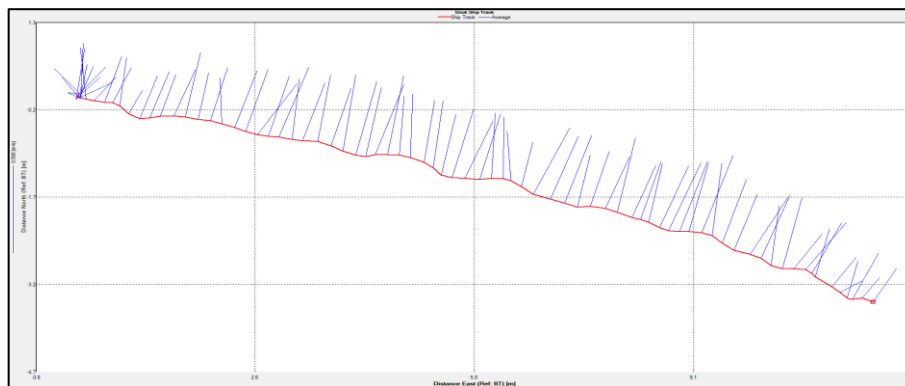


Obrázok 4: Vykreslenie merného profilu s vykreslenými rýchlostnými bunkami pri 2. meraní

Aj pri zvýšenej rýchlosti zameral prístroj viac ako 70 % (Obrázok 4) profilu toku a vypočítal prietok **6,005 m³/s**. To v porovnaní s predchádzajúcim meraním predstavuje rozdiel 4,76 % s priemerným výsledkom zo všetkých 4,40 %.

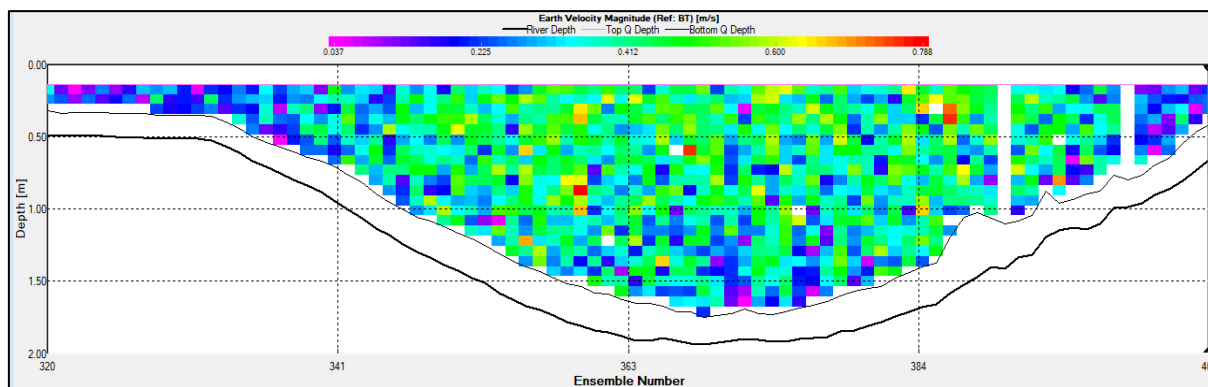
3.3 StreamPro- 10 brehových „pingov“

Nasledujúce meranie prebiehalo s dodržaním odporúčania výrobcu, aby sa pred začiatkom a na konci každého prechodu dodržalo vyslanie minimálne 10 „pingov“, teda 10 akustických lúčov, pomocou ktorých meria ADCP rýchlosti a hĺbky, a až následne sa prechádzalo s prístrojom k druhému brehu toku. Podmienka bola splnená v polovičnom rozsahu, čo znamená 10 lúčov iba pred prechodom prístroja cez tok, nie aj na jeho konci. Všetky ostatné parametre boli zachované, rýchlosť prístroja bola nižšia ako rýchlosť prúdenia v toku.



Obrázok 5: Trasa ADCP prístroja pri 3. meraní

Priemerný prietok zo 4 prechodov bol **5,911 m³.s⁻¹**. Percentuálny rozdiel bol na úrovni 3,12% od prvého merania, 2,77 % od celkového Ø výsledku.



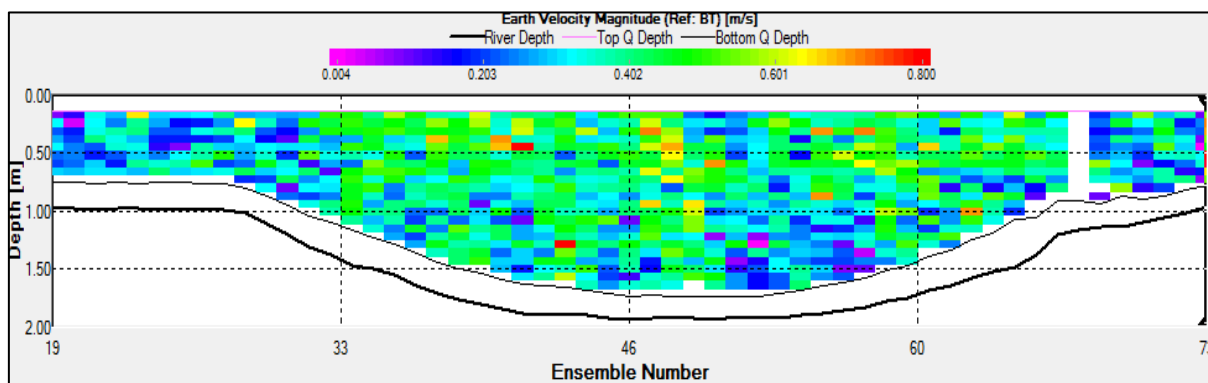
Obrázok 6: Vykreslenie merného profilu s vykreslenými rýchlostnými bunkami pri 3. meraní

Vyslanie aspoň 10 „pingov“ pri brehu pred a po každom prechode toku by malo zaručiť čo najreálnejšie dopočítanie rýchlostí v nemerateľných oblastiach v blízkosti brehu.

3.4 StreamPro- skrátenie meranej šírky

Každé meranie by malo začínať v čo najmenej vzdialenosti od brehu, avšak v takej vzdialenosti, aby sa pod prístrojom nachádzala hĺbka v ktorej je schopný zmerať min. 2 rýchlostné bunky. V tomto prípade nebola táto zásada dodržaná. Meraná šírka profilu mala začiatok a koniec 2,5 m od brehu (Obrázok 7).

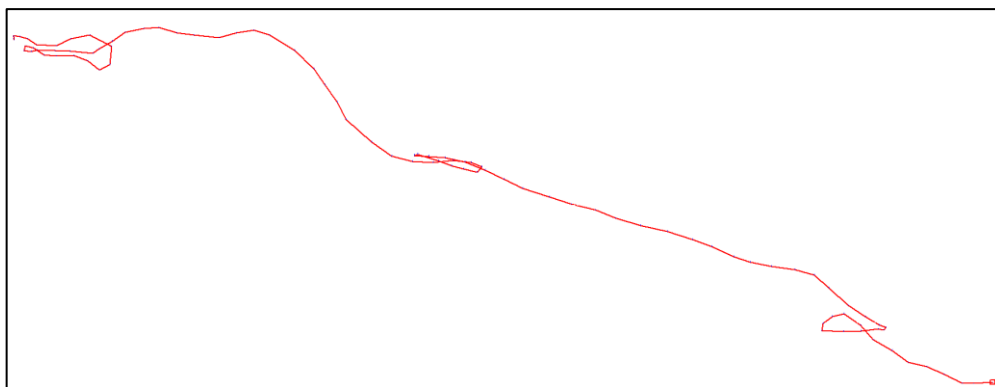
-Okrem zmenšenia meranej plochy profilu a zväčšenia príbrežných oblastí v ktorých musel program prietoky dopočítavať to na meranie nemalo iný viditeľný vplyv a priemerný prietok mal hodnotu $5,844 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V porovnaní s úvodným meraním a tiež s $\emptyset$ prietokom zo všetkých meraní je rozdiel vo výsledkoch do 2%.



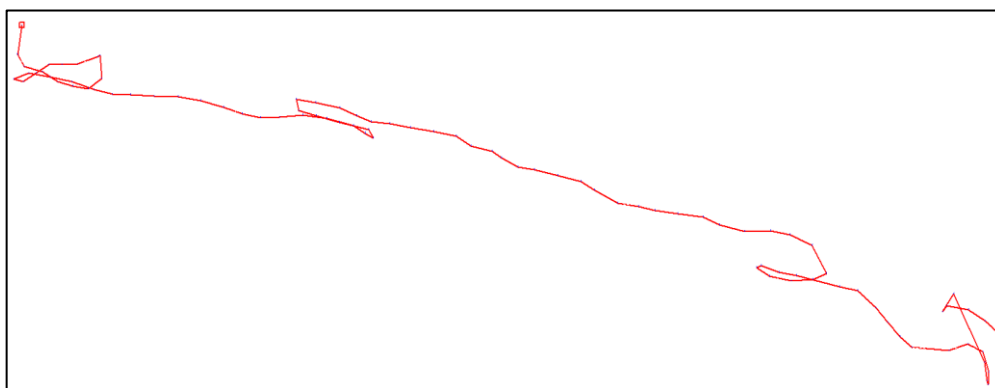
Obrázok 7: Vykreslenie merného profilu s vykreslenými rýchlostnými bunkami pri 4. meraní

3.5 StreamPro- meranie so spätným pohybom

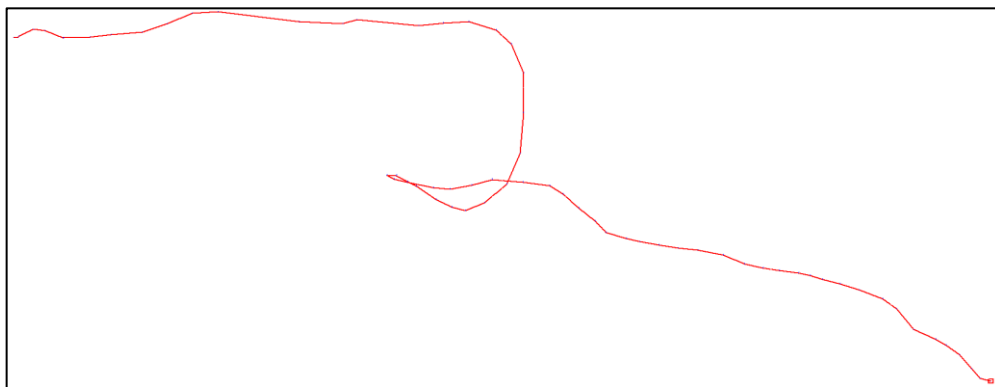
Ako bolo vyššie spomenuté samotné merania by malo byť čo najplynulejšie, trasa prístroja podľa možností najpriamejšia. V tomto prípade bol počas merania so StreamPro ADCP simulovaný spätný pohyb, ktorý vzniká pri vyhýbaní sa napríklad plávajúcim predmetom alebo pri prechode vodným vírom. Celkovo boli spravené 4 merania pričom v každom z nich bol zvolený iný scenár a tak sa dráha každého z nich odlišovala (Obrázok 8, 9, 10, 11)



Obrázok 8: Trasa prístroja pri 1. prechode



Obrázok 9: Trasa prístroja pri 2. prechode



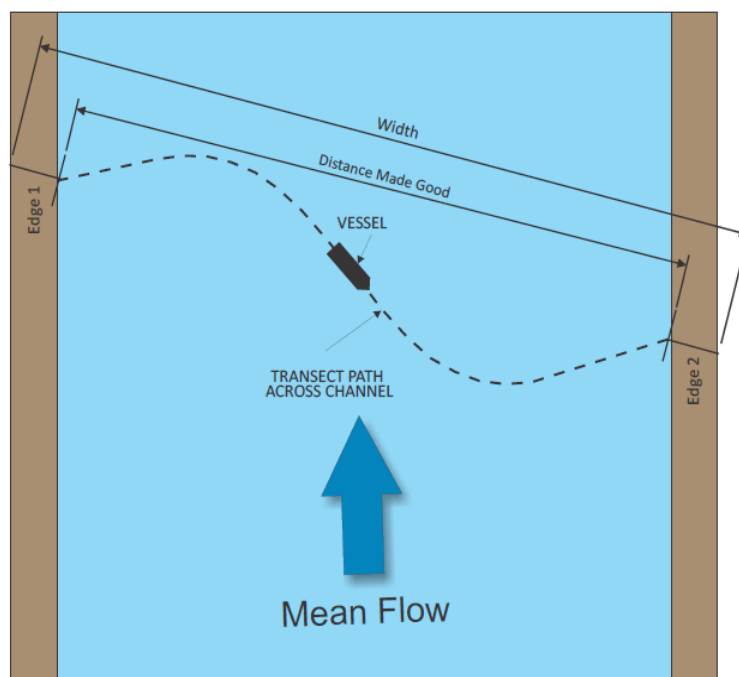
Obrázok 10: Trasa prístroja pri 3. prechode



Obrázok 11: Trasa prístroja pri 4. prechode

Napriek tomu že sa dráhy prístroja výrazne odlišovali a pohyb nebol plynulý, boli všetky výsledky jednotlivých prechodov v rozmedzí do 3%. Priemerný prietok mal hodnotu $5,730 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, čo v porovnaní s prvým bežným meraním predstavuje rozdiel -0,03 % a v porovnaní s priemerom zo všetkých meraní -0,16%.

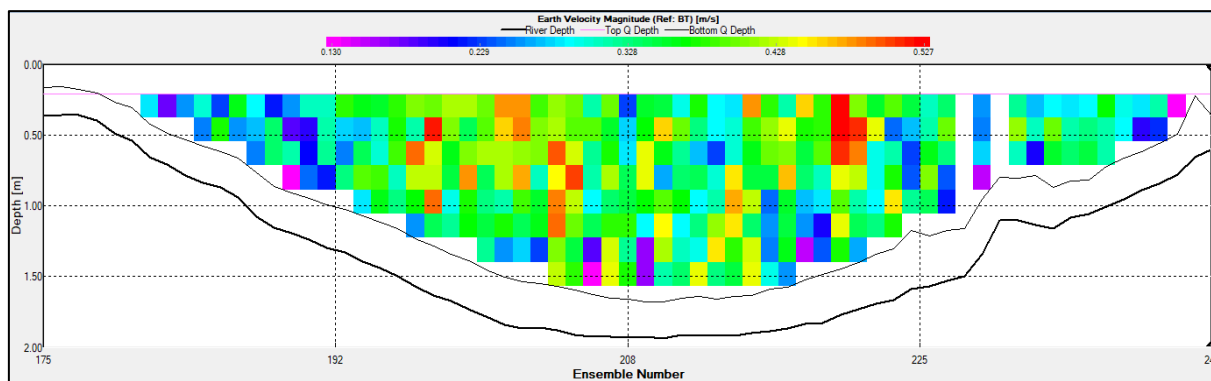
Program WinRiver II štandardne vykresľuje profil a vypočítava šírku profilu zo spojnice začiatočného a koncového bodu. Dôležité je preto dbať najmä na miesta v ktorých meranie začína a končí. Príbrežné oblasti a plochy sú vždy považované za rovnobežné so smerom použitým na výpočet šírky (Obrázok 12).



Obrázok 12: Ukážka spôsobu výpočtu šírky profilu programom WinRiver II

3.6 StreamPro- nastavenie hĺbky na 5m

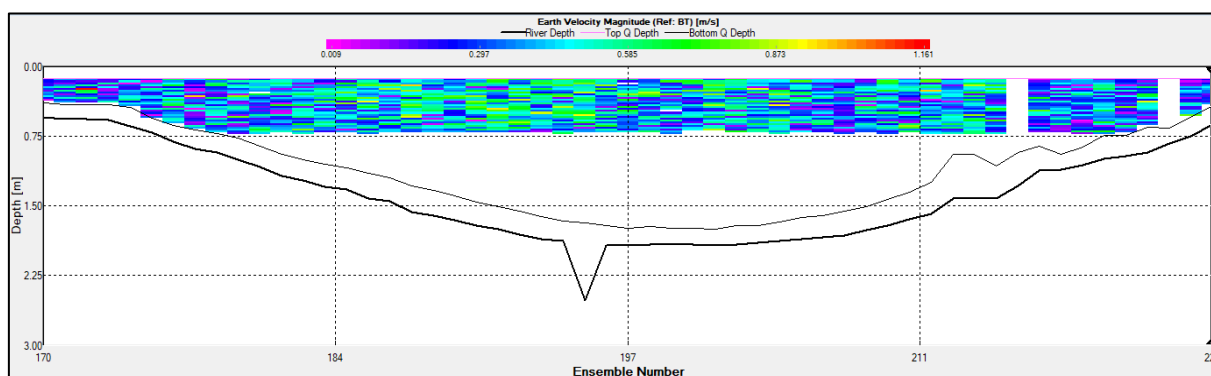
Pri nasledujúcich dvoch meraniach sme sa snažili zistiť vplyv nesprávneho odhadnutia maximálnej hĺbky, ktorú nastavíme v programe pre výpočet rýchlostných buniek. V tomto prípade bola nastavená na 5 m oproti predchádzajúcim 2 m. Malo to za následok zmenu veľkosti rýchlostných buniek počas merania zo 7 cm na 17 cm, čím sa ich počet znížil z približne 22 v najhlbšom mieste na 8 (Obrázok 13). Vzhľadom na veľkosť buniek nedokázal prístroj vykryť všetky nerovnosti dna a zameral 60,94% z plochy profilu. Prietok bol vypočítaný na $5,658 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, čo predstavuje rozdiel -1,29% od prvého a -1,63% od celkového priemerného merania.



Obrázok 13: Vykreslenie merného profilu s vykreslenými rýchlostnými bunkami pri nastavení hĺbky na 5 m

3.7 StreamPro- nastavenie hĺbky na 0,5m

Tento krát sme naopak nastavili pred meraním hĺbku na menšiu hodnotu ako skutočná a to na 0,5 m. Prístroj opäť podľa zvolenej hodnoty dopočítal veľkosť rýchlostných buniek a keďže je prednastavený ich maximálny počet na 30, vyšla veľkosť jednej na 2 cm. Výsledkom bolo zameranie rýchlostí v iba 39% celkovej plochy profilu (Obrázok 14). Rýchlosti vo zvyšku profilu obdobne ako v príbrežných oblastiach program dopočítal podľa najbližších dostupných údajov.

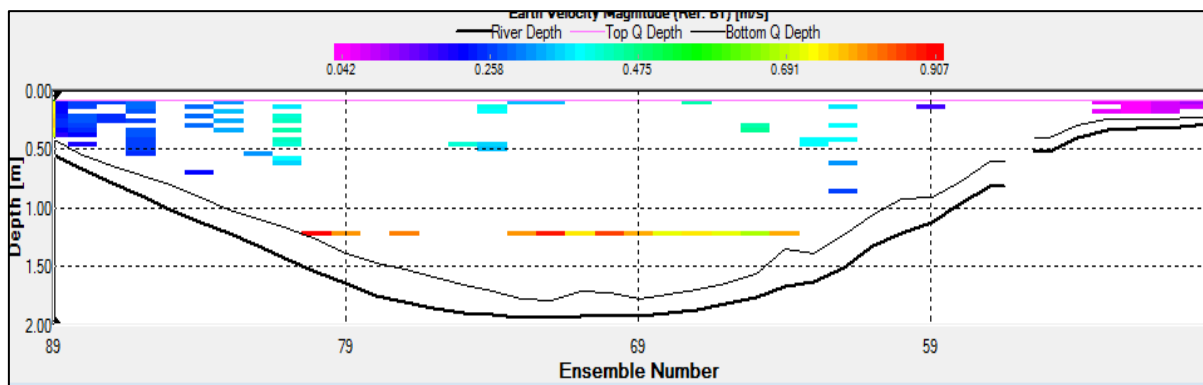


Obrázok 14: Vykreslenie merného profilu s vykreslenými rýchlostnými bunkami pri nastavení hĺbky na 0,5 m

Výsledná hodnota prietoku predstavovala rozdiel menej ako 3 % od $\emptyset$ prietoku ako aj od bežného merania a mala hodnotu **5,880 m³.s⁻¹**.

3.8 StreamPro- Mode 13

Prebehlo aj pokus o meranie v tzv. Low Noise Mode alebo tiež Water Mode 13. Toto nastavenie prístroja je určené pre plytké toky s hĺbkou do 1 m a rýchlosťami do 0,25 m/s. Tieto podmienky daný profil nespĺňoval v ani jednom parametre a tak prístroj nebol schopný zmerať takmer žiadne údaje (Obrázok 15).



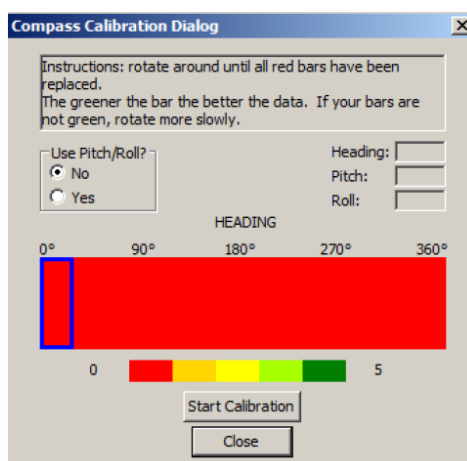
Obrázok 15: Vykreslenie merného profilu s vykreslenými rýchlostnými bunkami pri meraní v Mode 13

Z nameraných údajov nebol schopný ani dopočítať žiaden výsledok a tak sme toto meranie nebrali do úvahy ani pri porovnávaní výsledkov.

3.9 StreamPro- s kalibráciou kompasu

Kalibráciu kompasu ADCP prístroja je dôležité vykonať pred každým meraním v prípade, že na určenie polohy a trasy prístroja používame GPS modul. V našom prípade bol na určenie trasy používaný tzv. „bottom tracking“, teda určenie trasy na základe odrazov akustických lúčov od dna. Pri takomto meraní kalibrácia kompasu nie je pre získanie správnych výsledkov potrebná. Rýchlosť vody aj lode je v rovnakom súradnicovom systéme a nie je potrebný jeho prepočet do iného.

Napriek tomu sme pred začatím merania vykonali prostredníctvom programu WinRiver II kalibráciu kompasu prístroja. Podľa očakávaní sa to na meraní neprejavovalo žiadnymi výraznými zmenami a prebiehalo ako bežné meranie.



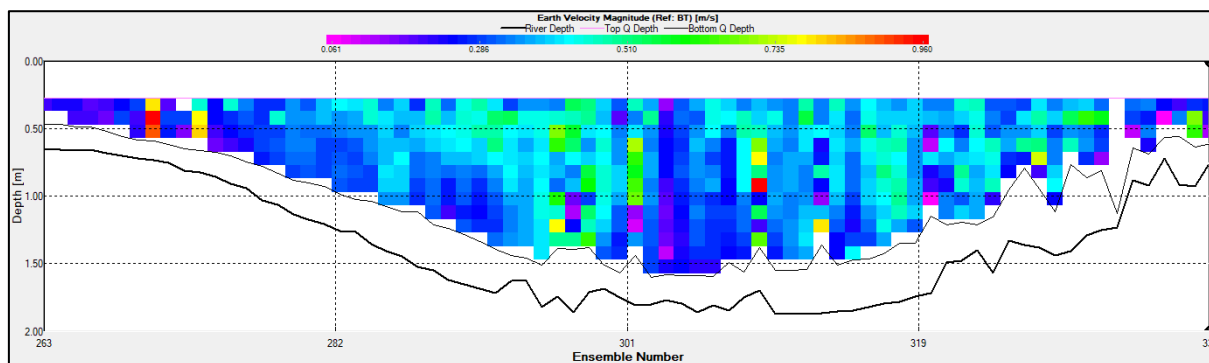
Obrázok 16: Kalibrácia kompasu WinRiver II

Výsledný priemerný prietok z merania bol **5,818 m³/s** čo v porovnaní s meraním bez kalibrácie predstavuje rozdiel 1,5 % a v porovnaní s priemerným výsledkom zo všetkých meraní 1,37 %.

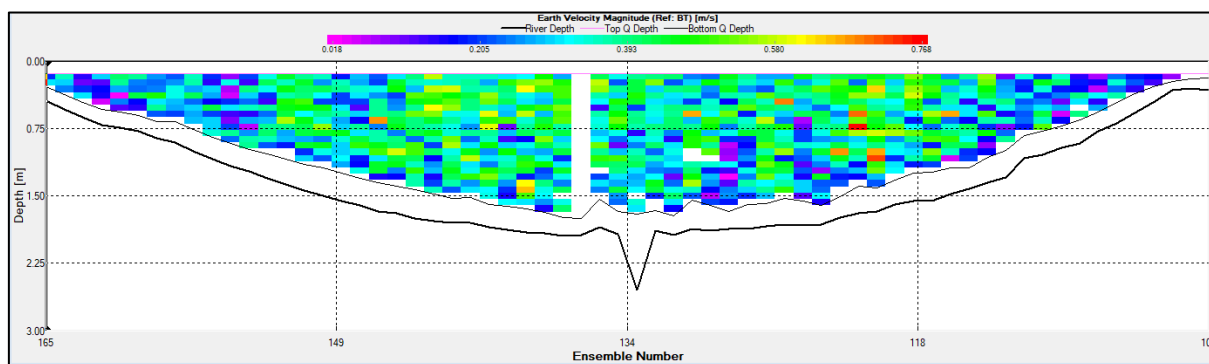
3.10 RiverRay- bežné meranie

Pre porovnanie meraní bol okrem StreamPro ADCP použitý aj prístroj RiverRay ADCP. Boli vykonané dve merania, pričom prvé z nich bolo bežné meranie bez kalibrácie kompasu.

Na porovnaní vykreslenia profilov (Obrázok 17, 18) oboma prístrojmi je vidieť, že z dôvodu iného frekvenčného rozsahu meracieho zariadenia, bolo dno v tom istom profile vykreslené omnoho členitejšie ako s prístrojom StreamPro. Je pravdepodobné že tento rozdiel sa prejavil aj na mierne nižšom výslednom prietoku. Stále je však v prípustnej odchýlke do 5 %. Zistený prietok predstavoval $5,525 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ čo v porovnaní s rovnakým meraním so StreamPro je o 3,61% nižší a o 3,94% nižší od $\emptyset$ zo všetkých.



Obrázok 17: Vykreslenie merného profilu s vykreslenými rýchlostnými bunkami prístrojom RiverRay ADCP



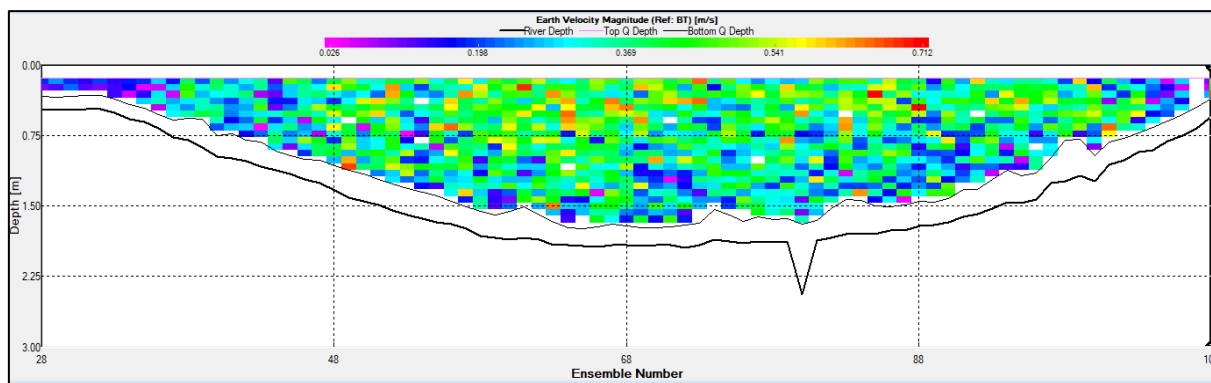
Obrázok 18: Vykreslenie merného profilu s vykreslenými rýchlostnými bunkami prístrojom StreamPro ADCP

3.11 RiverRay- s kalibráciou kompasu

Druhé meranie s prístrojom RiverRay bolo robené po kalibrácii kompasu. Tento prístroj je tak isto bez GPS modulu, na zistenie trasy a polohy používa odrazy lúčov od dna. Preto rovnako ako v prípade so StreamPro, nedošlo po kalibrácii k žiadnej výraznej zmene v meraní a rozdiel v prietoku, medzi meraním s nekalibrovaným a kalibrovaným kompasom bol $0,038 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (0,69%). Mal hodnotu $5,487 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

3.12 StreamPro- záverečné bežné meranie

Na záver bolo opätovne vykonané záverečné meranie s prístrojom StreamPro s nastaveniami ako pri bežnom 1. meraní pre potvrdenie výsledkov. Urobené boli 2 prechody prístrojom cez profil toku pričom výsledky boli porovnateľné s prvým meraním a rozdiel predstavoval menej ako 1%. Veľkosť prietoku bola $5,681 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Obrázok 19: Vykreslenie merného profilu s vykreslenými rýchlostnými bunkami pri záverečnom meraní

4 POROVNANIE VÝSLEDKOV

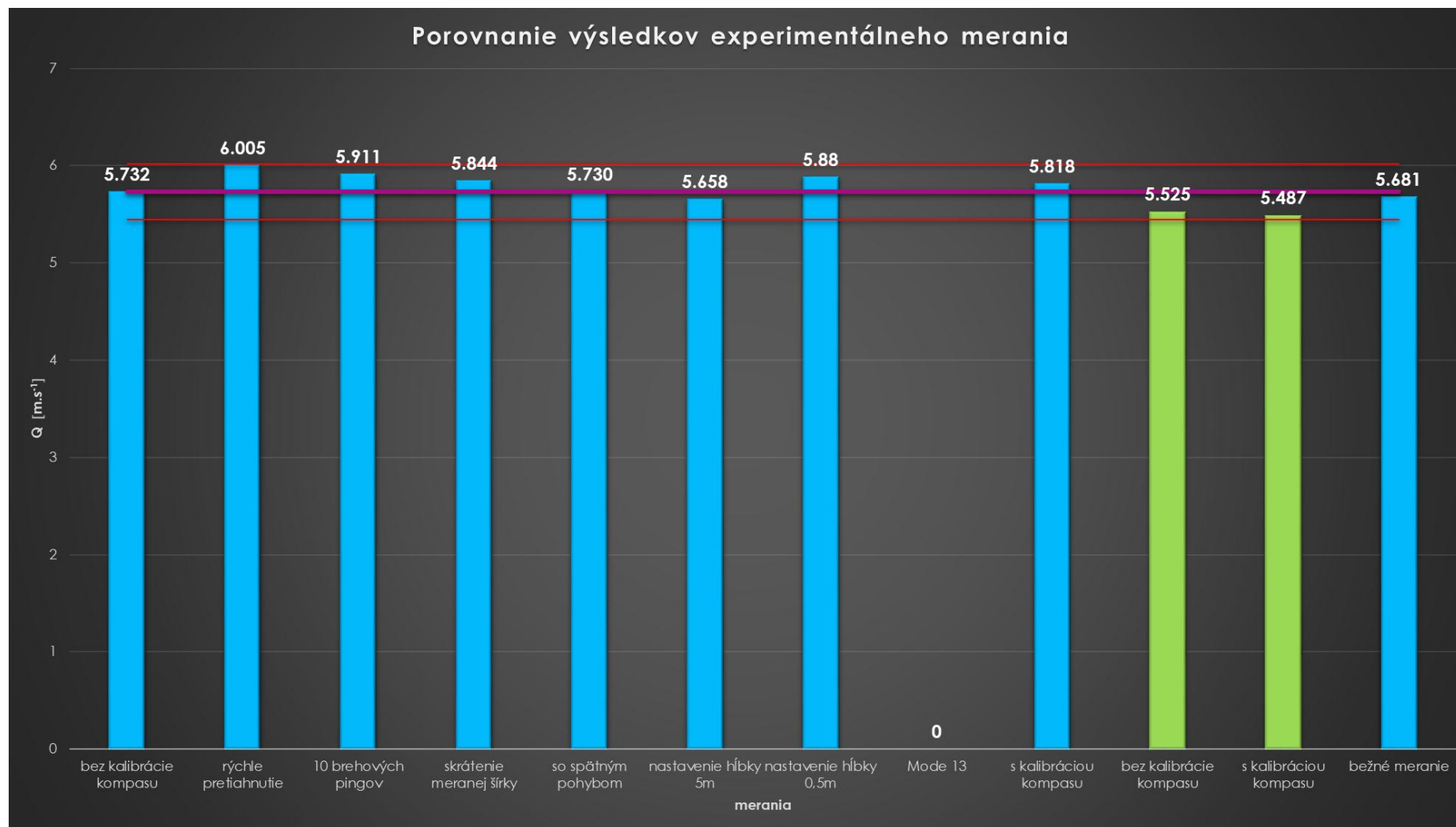
Ako bolo spomenuté v úvode namerané údaje veľkosti prietoku sme následne porovnávali s meraním, ako je bežne vykonávané v tomto profile ale aj s priemerným prietokom, ktorý vyšiel ako aritmetický priemer zo všetkých meraní. Zistené výsledky sme spísali do tabuľky (*Tabuľka 1*) v ktorej je percentuálna odchýlka od bežného merania označená ako ΔQ a od celkového priemerného prietoku ΔQ_c . Stĺpec ΔQ^* zvlášť porovnáva výsledky namerané prístrojom RiverRay. Ďalej sú v tabuľke doplňujúce údaje, ako sú plocha profilu, šírka profilu, rýchlosti prístroja, rýchlosť vody ako aj percentuálne vyjadrenie veľkosti plochy, ktorú prístroj v toku zameral.

V hydrologickej praxi považujeme za prijateľnú odchýlku ak sa meranie nelíši o viac ako 5%. Z výslednej tabuľky môžeme vidieť, že ani jedno z vykonaných meraní, okrem merania StreamPro-Mode 13, z ktorého nemáme výsledok, neprekročilo túto hranicu a mohli by sme ich teda všetky považovať za správne.

Pre lepšiu predstavu nameraných výsledkov sme ich porovnali aj v grafickej podobe.

Tabuľka 1: Tabulárne porovnanie výsledkov meraní

Zariadenie:	Spôsob merania:	Q	ΔQ	ΔQ*	ΔQc	B	A	v _L	v _V	% Meas.	p. breh	l. Breh	Poznámka
StreamPro	bez kalibrácie kompasu	5.732	0.00		-0.35	14.78	18.6	0.117	0.335	73.72	1.5	1	V. n. 2m; 0,5m/s; 0,5m/s
StreamPro	rýchle pretiahnutie	6.005	4.76		4.40	14.65	19.42	0.497	0.323	70.29	1.5	1	1 X
StreamPro	10 brehových pingov	5.911	3.12		2.77	14.59	18.46	0.137	0.339	73.34	1.5	1	
StreamPro	skrátene meranej šírky	5.844	1.95		1.60	14.75	18.7	0.168	0.334	68.36	2.5	2.5	
StreamPro	so spätným pohybom	5.730	-0.03		-0.38	14.61	19.06	0.181	0.341	73.41	1.5	1	
StreamPro	nastavenie hĺbky 5m	5.658	-1.29		-1.63	14.98	19.16	0.169	0.340	60.94	1.5	1	1 X; V. n. 5m; 0.5m/s; 0.5 m/s
StreamPro	nastavenie hĺbky 0,5m	5.88	2.58		2.23	14.65	18.88	0.198	0.343	39.05	1.5	1	1 X; V. n. 0.5m; 0.5m/s; 0.5 m/s
StreamPro	Mode 13	0	0.00		0.00	0	0	0	0	0	1.5	1	nepoužiteľné
StreamPro	s kalibráciou kompasu	5.818	1.50		1.15	14.88	19.00	0.166	0.330	72.36	1.5	1	1 X; V. n. 2m; 0,24m/s; 0,24m/s
RiverRay	bez kalibrácie kompasu	5.525	-3.61	0.00	-3.94	15.52	17.65	0.157	0.337	56.47	2.5	1.5	3 X; V. n. 5m; 0.5 m/s; 0.5 m/s
RiverRay	s kalibráciou kompasu	5.487	-4.27	-0.69	-4.61	13.98	17.04	0.180	0.340	57.36	1.5	1.5	4 X
StreamPro	bežné meranie	5.681	-0.89		-1.23	14.96	19.34	0.152	0.321	72.91	1.5	1	
Priem. prietok:		5.752											



Obrázok 20: Grafické porovnanie výsledkov meraní s vyznačenou prípustnou $\pm 5\%$

5 ZÁVER

Veľkosť prietoku v toku patrí v hydrologickej praxi k jednému z najdôležitejších údajov, či už z pohľadu ďalšieho využitia vody v toku na rekreačné, priemyselné, energetické účely alebo pre potreby vstupných údajov pri návrhu protipovodňových opatrení. S vývojom technológií vo svete dochádzalo aj k vývoju metód na stanovenie prietoku.

Aj napriek technickej vyspelosti ultrazvukových prístrojov môže pri meraní dochádzať k neistotám a chybám. Tie môžu byť zapríčinené napr. podmienkami v toku, nesprávnou funkciou prístroja alebo spôsobom prevedenia merania samotným pracovníkom.

Úlohou tohto experimentálneho merania bolo zistiť, do akej miery je možné ovplyvniť výsledné hodnoty prietoku spôsobom akým samotné meranie prebieha alebo vstupnými hodnotami ktoré prístroju zadáme. Z nameraných údajov môžeme konštatovať, veľkú mieru prispôsobivosti prístroja a aj v prípadoch kedy nie je možné vykonať meranie podľa požiadaviek OTN alebo odporúčania výrobcu, môžeme považovať vo väčšine prípadov meranie za spoľahlivé. Je ale potrebné tiež poznamenať, že toto meranie bolo vykonávané v takmer ideálnom profile s rovnomerným ustáleným prúdením. Dá sa predpokladať, že na tokoch s menším prietokom, nerovnomerným turbulentným prúdením môžeme dospieť k iným výsledkom a preto by bolo vhodné vykonať a experimentálne overiť merania aj v takýchto podmienkach.

Literatúra

WMO. (2010): *Manual on Stream Gauging- Volume I Fieldwork*. Geneva: World Meteorological Institute,

Instruments, R. D. (2000): *WinRiver II. User's guide*. San Diego: RD Instruments