

Hodnocení přesnosti sonaru Deeper CHIRP+ pro batymetrické mapování

Bc. Jindřich Horák,
Katedra geoinformatiky,
Přírodovědecká fakulta
Univerzity Palackého v Olomouci

Abstrakt

Současné metody přesných měření hloubek vodních těles jsou nákladné a časově náročné. Cílem příspěvku je zhodnocení přesnosti zařízení relativně levného, dostupného a snadno ovladatelného rybářského sonaru Deeper Smart Sonar CHIRP+ pro batymetrické mapování, pro které není primárně určeno. Výsledkem testování je zjištění, že přesnost úzkého paprsku sonaru Deeper Smart Sonar CHIRP+ se blíží přesnosti geodetických metod a že měření sonarem dosahuje dostatečně přesných hodnot, přičemž úzký paprsek lze považovat za nejpřesnější. Pro nízkonákladové studie bylo ověřeno, že i levné a na ovládání jednoduché zařízení Deeper Smart Sonar CHIRP+ lze použít k přesnému měření hloubek vodních těles.

Evaluation of Deeper CHIRP+ Sonar Accuracy for Bathymetric Mapping

Abstract

Current methods of accurate measuring of water body depths are expensive and time-consuming. This paper aims to evaluate the accuracy of the relatively inexpensive, affordable, and easy-to-use Deeper Smart Sonar CHIRP+ for bathymetric mapping, which is not the primary function of this device. Testing showed that the accuracy of the narrow beam of the Deeper Smart Sonar CHIRP+ is close to that of geodetic methods and that the sonar measurements are sufficiently accurate, with the narrow beam being considered the most accurate. For low-cost studies, it has been verified that even the low-cost and simple to operate Deeper Smart Sonar CHIRP+ can be used to accurate measuring of the water bodies depths.

Keywords: bathymetry, sonar, accuracy, statistical hypothesis testing

1. Úvod

Zabývat se batymetrií a podmořskou topografií je stejně důležité jako zabývat se topografií pozemskou. Podle Boldta [1] se u sladkovodních vod batymetrické průzkumy využívají především pro samotné zjišťování hloubek toků a nádrží i pro studie ohledně kvality vody – například mapování biologických úniků, nebo též pro výzkumy při povodních.

Provedení všech výše zmíněných studií na profesionální a přesné úrovni vyžaduje složitá a pro malé organizace či jednotlivce velmi nákladná a na obsluhu složitá zařízení [2]. Existují však i řešení levnější, přesto pro jednotlivce stále příliš složitá a drahá. Tyto skutečnosti podnítily motivaci zjistit, zdali relativně cenově dostupné a na ovládání jednoduché zařízení, které není primárně pro přesné určování hloubek a tvorbu batymetrie určeno, poskytuje měření hloubky vodních těles s dostatečnou přesností.

2. Cíl

Cílem příspěvku je otestovat a na základě tří případových studií o různých podmínkách posoudit přesnost relativně levného, dostupného a snadno ovladatelného rybářského sonarového zařízení Deeper Smart Sonar CHIRP+ pro batymetrické mapování na vodních tělesech různého druhu – tekoucích i stojatých. Snahou je z případových studií, jejichž výsledkem budou profily, 3D modely dna či srovnání různých paprsků sonaru mezi sebou zjistit, zda přes-

nost zmíněného sonaru bude srovnatelná s přesností měření hloubek vodních těles geodetickými metodami.

3. Metodika

3.1 Použité metody

Nejprve byla podle plánu případových studií provedena práce v terénu s přístroji. Použité přístroje jsou sonar **Deeper Smart Sonar CHIRP+**, totální stanice **Trimble S3 Robotic** a přijímač GNSS (globální navigační družicové systémy) **Trimble R4 GNSS System**. Byla zaznamenávána hloubka vodních těles – byla pořízena sonarová data. Jako referenční byla k sonarovým datům pořízena i data geodetická – byla určena relativní poloha totální stanicí či přesná poloha přijímačem GNSS metodou RTK (real time kinematics – kinematika v reálném čase). Pořízená data byla zpracována do podoby umožňující porovnání sonarových dat s referenčními. Většina výstupů je ve formě grafů zobrazujících určitým způsobem hloubku vodních těles. Vyhodnocení přesnosti je na základě výsledků testování statistických hypotéz a podle různých statistických ukazatelů. Například byla použita metoda **analýzy rozptylu**, tedy statistický test, kterým bylo ověřováno, nakolik se liší měření různými paprsky použitého sonaru a jestli je naměřený rozdíl v daných podmínkách významný.

Interpolace reliéfu a **rastrová kalkulačka** (pro odečítání povrchů od sebe) se podílely na vytváření výsledných map z plošného mapování. Rastrová kalkulačka konkrétně pro

odečítání povrchů od sebe, čímž byly získány výsledné rozdílové rastry.

3.2 Použitá data

Veškerá data, se kterými bylo v práci operováno, jsou daty primárními, tedy všechna byla pořízena autorem přímo pro tuto práci. Jelikož je cílem ověřit přesnost daného sonaru, přímo ním musela být provedena všechna naplánovaná měření. Měření geodetickými metodami, které sloužilo k sonarovému jako referenční, bylo pořizováno současně se sonarovým měřením, či těsně po něm, aby oba typy měření zachycovaly co nejvíce podobnou situaci zájmového dna vodních těles. V první případové studii byla pořízena sonarová data, která vedla k sestavení (a vždy i k porovnání právě s geodetickým měřením) částečného příčného profilu vodního toku a podélného profilu části vodního toku, v druhé případové studii bylo ze sonarových dat sestrojeno několik příčných profilů na klidných vodních plochách a dvě mapy (rozdílové rastry hloubek mezi sonarovým a geodetickým digitálním modelem reliéfu). Další sonarová data byla naměřena ve třetí případové studii, která už ale nebyla zaměřena na porovnání s geodetickou metodou, nýbrž na porovnání všech paprsků sonaru mezi sebou.

3.3 Použité programy

Veškeré nastavení i průběh měření sonaru se ovládá pomocí aplikace pro chytré mobilní telefony **Fish Deeper**, která je dostupná pro operační systémy iOS, Android i Harmony OS. Po ukončení měření lze z této aplikace nahrát data do internetového cloudového úložiště totožného jména. V této studii byla aplikace použita ve verzi 1.11.1 a 1.11.2 v operačním systému Android verze 10. Použitá totální stanice i přijímač GNSS od americké společnosti Trimble využívají pro měření své programové vybavení s názvem **Trimble Access**, které je v přijímači GNSS ve verzi 2015.00. V tomto programu byly nastaveny všechny nále-

žitosti měření, které zde i proběhlo a data byla nakonec exportována do formátu CSV. Zpracování stažených dat z cloudového úložiště a tvorba většiny výstupů proběhla v prostředí tabulkového procesoru Microsoft Excel, který je součástí balíku kancelářských aplikací Microsoft 365 (dříve Office 365). Pro počítání průměrů z mnoha záznamů jednotlivých dílčích měření pomocí nástroje Dissolve byl využit geografický informační systém ArcGIS Pro ve verzi 2.5.0. Program byl ale především využit pro zpracování plošného mapování, kdy v něm proběhly procesy jako interpolace povrchů, jejich vzájemné odečtení či tvorba vrstevnic do map.

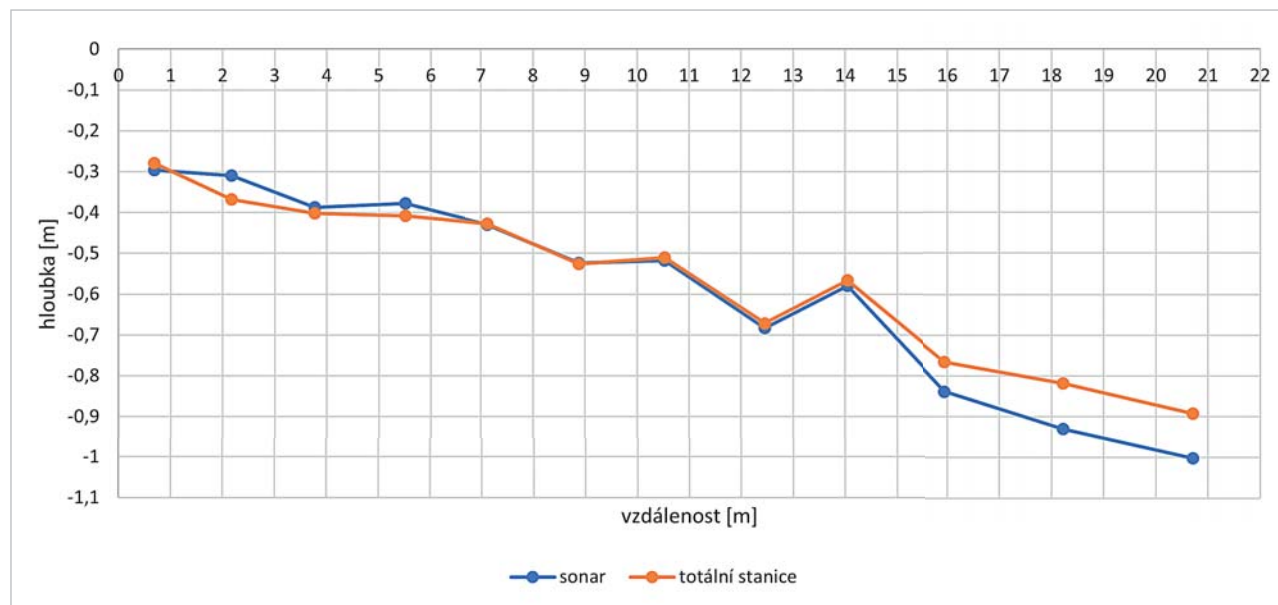
3.4 Lokality

Měření první případové studie proběhlo na tekoucí vodě – na řece Moravě v Chráněné krajinné oblasti Litovelské Pomoraví nedaleko Přírodní památky Kurfürstovo rameno severně od Olomouce. Data pro část druhé případové studie byla získána na stojaté vodě – na Opatovickém písku jižně od Hradce Králové. Zbytek dat, tedy pro zbývající část druhé případové studie a pro třetí případovou studii, byl naměřen rovněž na stojaté vodě – na Velkém písku nacházejícím se východně od Přelouče.

4. Výsledky

4.1 Případová studie Řeka Morava

Případová studie zjišťovala přesnost měření sonarem na tekoucí vodě. Bylo zjištěno, že zaměřování sonarem příčného i podélného profilu na tekoucí vodě (**obr. 1**) vykazovalo **malý rozdíl** v naměřené **hloubce** ve srovnání s referenční geodetickou metodou (byla použita totální stanice). Po ověření t-testem na shodnost středních hodnot (**obr. 2**) lze konstatovat, že **přesnost** sonaru v podmínkách tekoucí vody je **dostačující**.



Obr. 1 Měření hloubky říčního koryta v podélném profilu úzkým paprskem

T Test: Two Paired Samples								
SUMMARY			Alpha	0,05		Hyp Mean	0	
Groups	Count	Mean	Std Dev	Std Err	t	df	Cohen d	Effect r
sonar	12	-0,573097964	0,240771436					
totální stanice	12	-0,552868333	0,194352259					
Difference	12	-0,020229631	0,052464366	0,015145158	-1,33572	11	0,385588	0,373576
T TEST								
	p-value	t-crit	lower	upper	sig	p-value > alpha 0,20862 > 0,05 H0 přijímáme		
One Tail	0,10431045	1,795884819			no			
Two Tail	0,208620899	2,20098516	-0,053563899	0,013104636	no			

Obr. 2 Párový t-test podélného profilu, doplněk Real Statistics Using Excel

Nulová hypotéza byla sestavena tak, že se na dané hladině významnosti **střední hodnoty** obou výběrů (ze sonaru a z totální stanice) **neliší**. Protože výsledná *p*-hodnota testu byla větší než hladina významnosti α , nulová hypotéza (H_0) byla přijata. **Střední hodnoty** se na dané hladině významnosti **neliší**.

4.2 Případová studie Opatovický a Velký písník I

Případová studie na Opatovickém a na Velkém písníku posuzovala přesnost měření sonaru na klidné hladině za účasti operátora přímo ve vodě. Studie přinesla poznatky o zaměřování příčných profilů a o zaměřování bodů při plošném mapování.

4.2.1 Příčné profily

Při zaměřování profilů, které proběhlo na Velkém písníku, byla srovnána měření různými paprsky sonaru – úzkým a středním – s referenčním měřením metodou RTK, dále byla porovnána přesnost měření dvěma různými paprsky

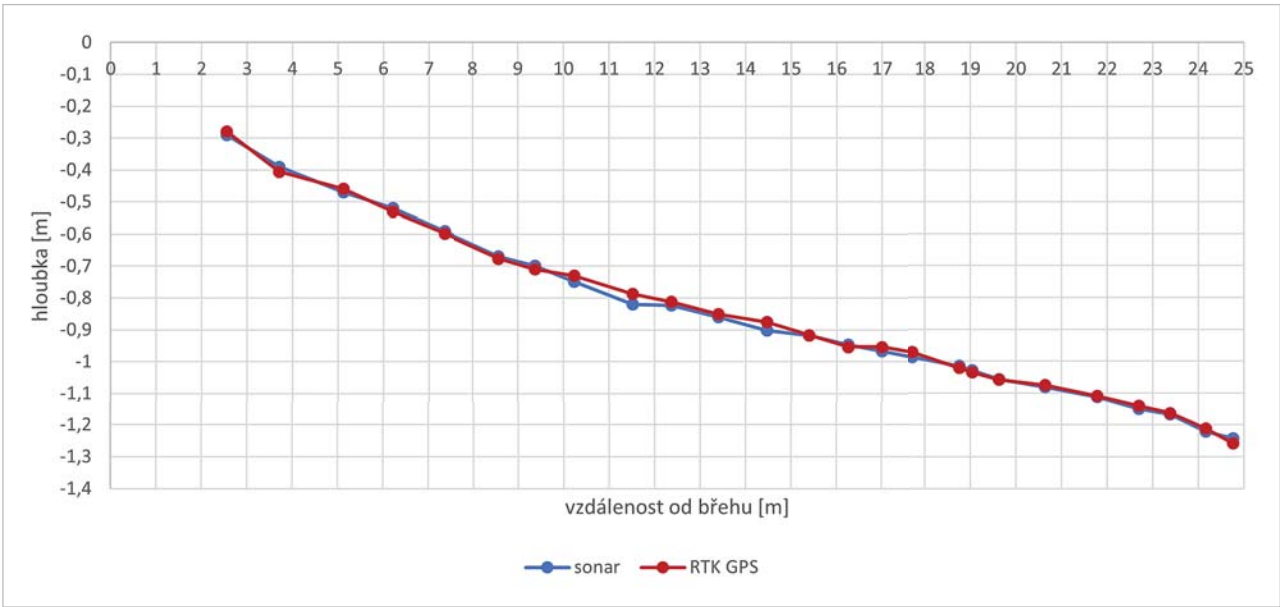
(opět úzkým a středním) a nakonec byl naměřen dvakrát stejný profil úzkým paprskem ke zjištění stálosti měření.

Srovnání profilu naměřeného **úzkým** paprskem s měřením metodou RTK (graf průběhu na **obr. 3**) pomocí párového *t*-testu (**obr. 4**) jasně **potvrdilo**, že na klidné hladině byl **úzký** paprsek sonaru **velmi přesný**.

Postup testování byl shodný jako v předchozích případech – ověření normality dat Shapiro-Wilkovým testem, poté oboustranný párový *t*-test na střední hodnotu ověřující nulovou hypotézu (H_0), že se na dané hladině významnosti **střední hodnoty** výběrů **neliší**. Absolutní hodnota testovacího kritéria se nachází v oboru přijetí testované hypotézy, proto byla nulová hypotéza přijata. **Střední hodnoty** se na dané hladině významnosti výběrů skutečně **neliší**.

Oproti úzkému paprsku hloubky naměřené **středním** paprskem (**obr. 5**) dosahovaly ve srovnání s referenčním měřením významných **odchylek** dokládajících, že na klidné hladině je **přesnost** tohoto měření **nedostatečná**. Tento závěr potvrdil opět i párový *t*-test (**obr. 6**).

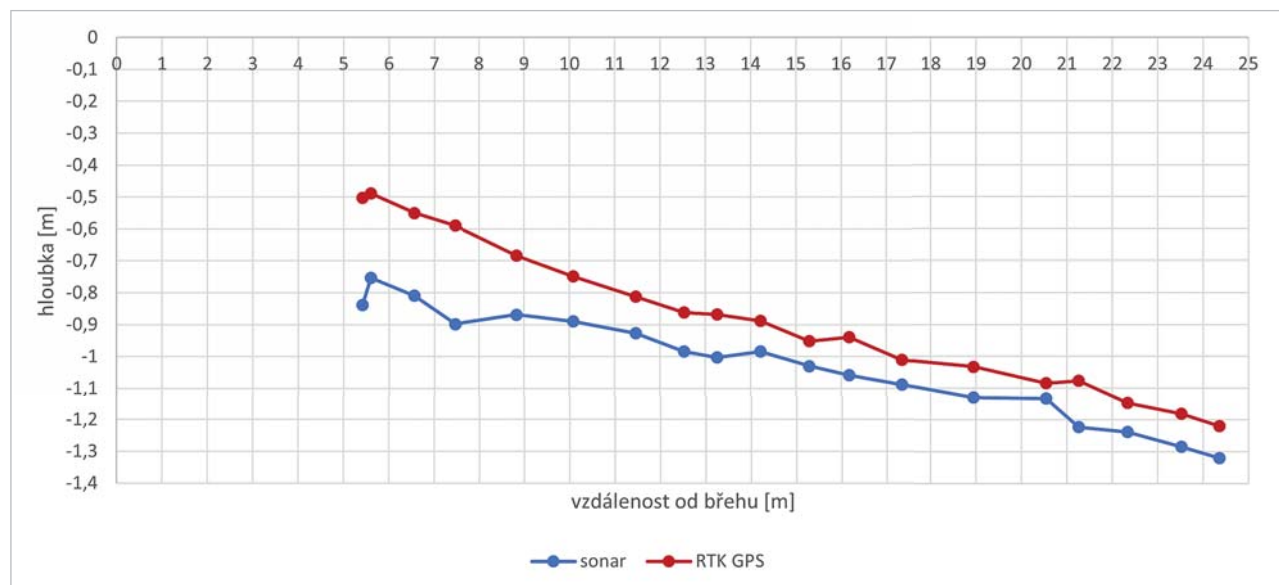
Vypočtená *p*-hodnota byla shledána menší než stanovená hladina významnosti α , proto byla nulová hypotéza (H_0) o shodnosti středních hodnot zamítnuta. Přijato bylo



Obr. 3 Měření příčného profilu na klidné hladině úzkým paprskem

Dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu		
	sonar	RTK GPS
Stř. hodnota	-0,8671	-0,86335
Rozptyl	0,069281	0,068824
Pozorování	25	25
Pears. korelace	0,998876	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	24	
t Stat	-1,50161	t Stat < t krit (2)
P(T<=t) (1)	0,073121	1,50161 < 2,063899
t krit (1)	1,710882	H0 přijímáme
P(T<=t) (2)	0,146241	
t krit (2)	2,063899	

Obr. 4 Profil, klidná hladina, úzký paprsek: Párový t-test, doplněk Analýza dat



Obr. 5 Příčný profil na klidné hladině středním paprskem

T Test: Two Paired Samples								
SUMMARY			Alpha	0,05	Hyp Mean 0			
Groups	Count	Mean	Std Dev	Std Err	t	df	Cohen d	Effect r
sonar	19	-1,02407	0,165701					
RTK GPS	19	-0,87543	0,230519					
Difference	19	-0,14864	0,083157	0,019077576	-7,79122	18	1,787429	0,878233
T TEST								
	p-value	t-crit	lower	upper	sig	p-value < alpha		
One Tail	1,78205E-07	1,734064			yes	0,000000356 < 0,05		
Two Tail	3,56411E-07	2,100922	-0,18872	-0,108557146	yes	H0 zamítáme		

Obr. 6 Profil, klidná hladina, střední paprsek: Párový t-test, doplněk Real Statistics Using Excel

znění alternativní hypotézy (H_A) říkající, že na dané hladině významnosti se **střední hodnoty** výběrů liší.

Při srovnávání samotných sonarových měření mezi sebou z totožných profilů (zaměřených úzkým paprskem) bylo dosaženo **uspokojivého** výsledku, který potvrdil, že se dvě sonarová **měření** ve stejných podmínkách od sebe **neliší**. Toto bylo **potvrzeno** oboustranným nepárovým t -testem (**obr. 7**). I **křivky** v grafu obou sonarových měření jsou téměř shodné (**obr. 8**).

Posuzována byla pouze varianta t -testu pro shodné rozptyly (Equal Variances). V tomto druhu testu a v jeho oboustranné variantě (Two Tail) byla porovnána p -hodnota s hladinou významnosti α , kdy na základě těchto hodnot byla přijata nulová hypotéza (H_0) celého nepárového t -testu, tedy že se **střední hodnoty** výběrů (ze sonarového měření č. 1 a č. 2) **neliší**.

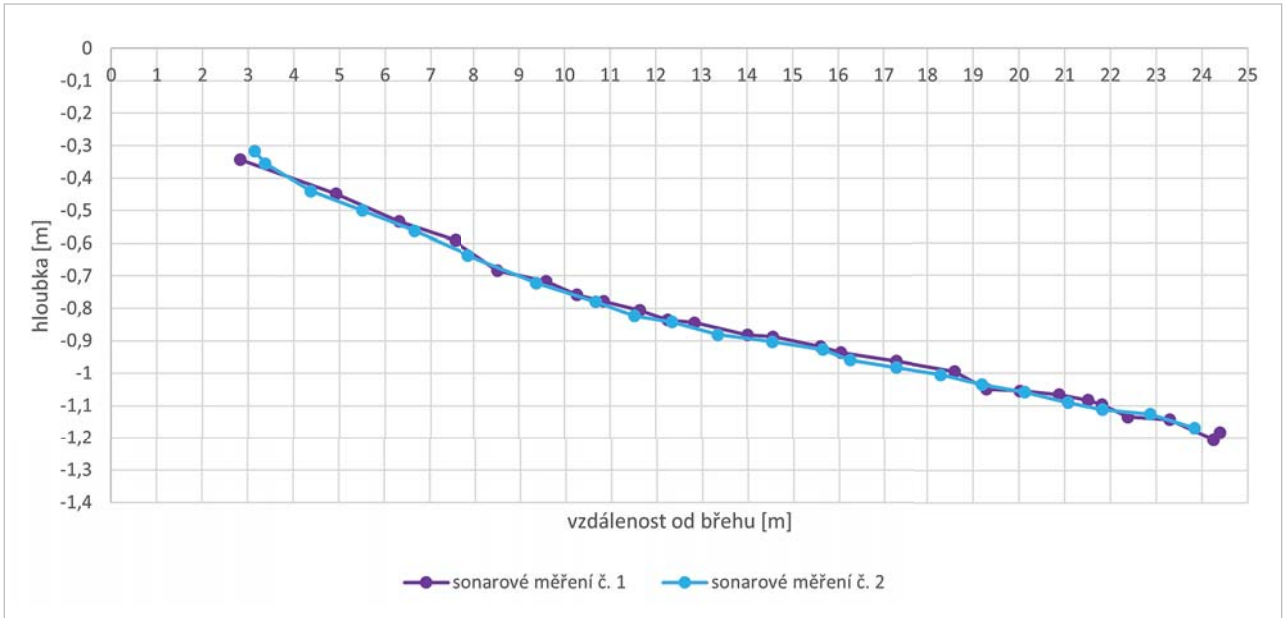
4.2.2 Plošné mapování

Při plošném mapování vznikly dva rozdílové rastry. Rozdílový rastr byl vytvořen z dat z úzkého paprsku sonaru (**obr. 9**) a vzápětí i ze středního paprsku (**obr. 10**). Rozdílový rastr je mapa, v níž lze sledovat velikost odchylek mezi sonarovým měřením a referenčním měřením GNSS. Zatímco u úzkého paprsku se výsledná odchylka pohybovala mezi -11 a +10 cm (záporná hodnota znamená, že v daném místě sonar naměřil menší hloubku než GNSS a opačně v případě kladné hodnoty odchylky), u středního se nacházela pouze v kladných hodnotách +2 až +24 cm.

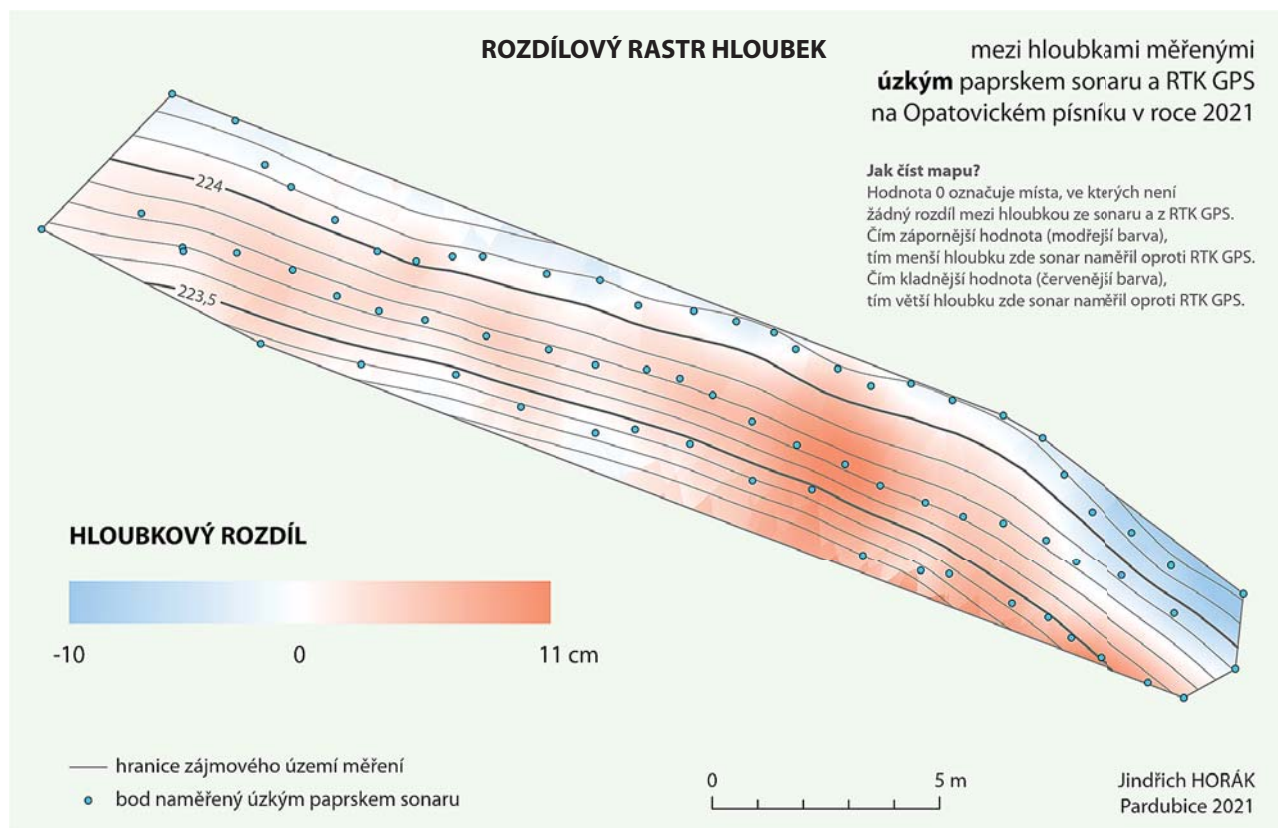
Hodnoty maximálních odchylek prokazují, že měření **úzkým** paprskem sonaru je díky **menší odchylce** (a ještě téměř stejné na obě strany) **přesnější** než měřením **středním** paprskem, jehož maximální **odchylka** je více než dva-

T Test: Two Independent Samples									
SUMMARY				Hyp Mean		0			
Groups	Count	Mean	Variance	Cohen d					
sonarové měření č. 1	26	-0,881945886	0,052719						
sonarové měření č. 2	22	-0,828506054	0,067036						
Pooled			0,059255	0,219534					
T TEST: Equal Variances				Alpha		0,05			
	std err	t-stat	df	p-value	t-crit	lower	upper	sig	effect r
One Tail	0,070515573	0,757844387	46	0,226205	1,67866			no	0,111047
Two Tail	0,070515573	0,757844387	46	0,452409	2,012896	-0,19538	0,088501	no	0,111047
T TEST: Unequal Variances				Alpha		0,05			
	std err	t-stat	df	p-value	t-crit	lower	upper	sig	effect r
One Tail	0,071237218	0,750167305	42,45565	0,228646	1,681545			no	0,114375
Two Tail	0,071237218	0,750167305	42,45565	0,457291	2,01744	-0,19716	0,090277	no	0,114375

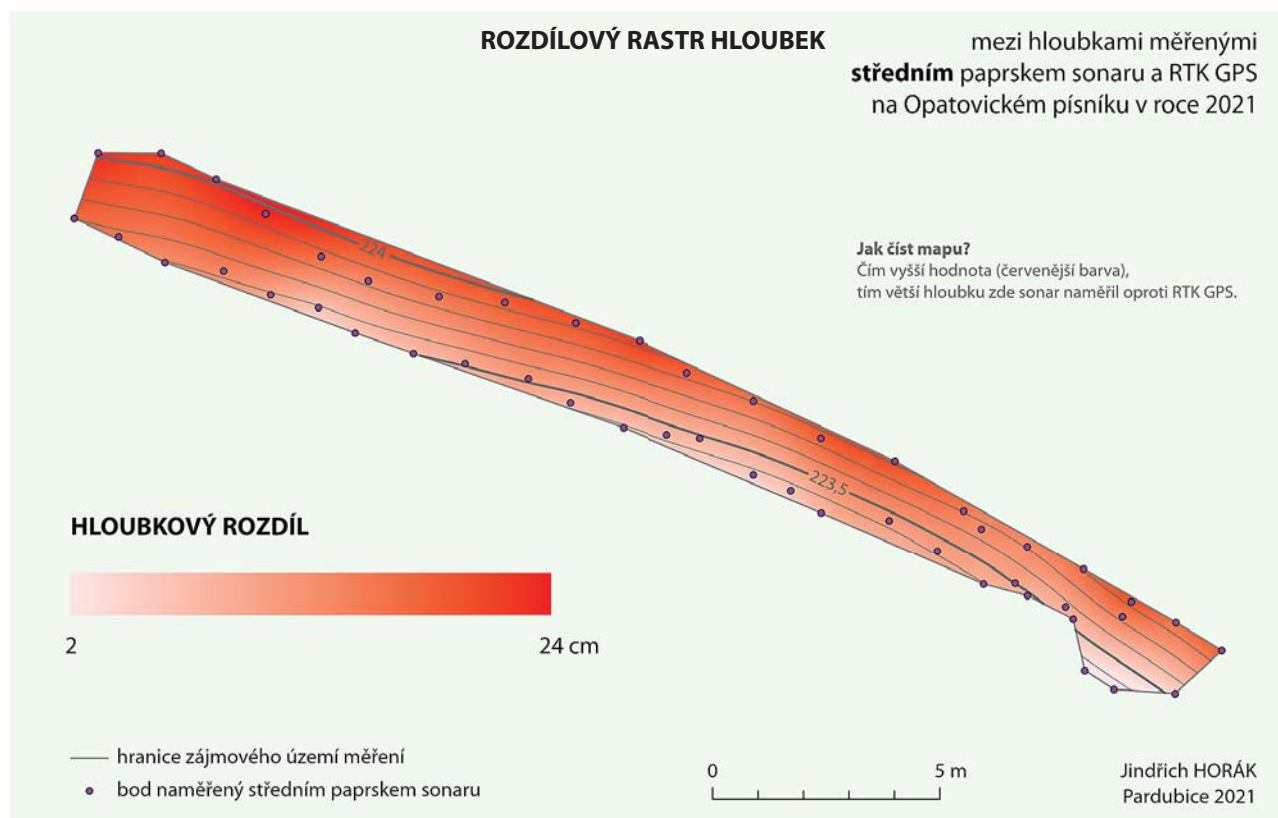
Obr. 7 Srovnání profilů č. 1 a č. 2, nepárový t-test, doplněk Real Statistics Using Excel



Obr. 8 Srovnání sonarových měření z příčných profilů č. 1 a č. 2



Obr. 9 Rozdílový rastr hloubek, měřeno úzkým paprskem sonaru a metodou RTK



Obr. 10 Rozdílový rastr hloubek, měřeno středním paprskem sonaru a metodou RTK

krát **větší**. Dokonce v **celé** zájmové oblasti vykázalo měření **středním** paprskem **větší** hloubku než referenční GNSS. **Nebylo** jedině místo, kde by si **hloubky** z obou přístrojů odpovídaly.

4.3 Případová studie Velký písník II

Poslední případová studie vzájemně srovnávala sonarová měření všemi třemi paprsky. Nebyla hodnocena skutečná přesnost měření hloubek jednotlivými paprsky, pouze byla sledována specifika měření všech paprsků a jejich srovnatelnost.

Na Velkém písníku byla všemi třemi paprsky naměřena hloubka v celkem 13 bodech (**tab. 1**) – u 13 bójí, mezi nimiž se autor-operátor pohyboval po vodním tělese v plavidle, vždy se k nim ukotvil a po ustálení vodní hladiny proběhlo sonarové měření.

Až na dvě těsné výjimky – bod 4 a 5 – je ve všech bodech **největší** hloubka změřena **středním** paprskem (**obr. 11**).

Grafy rozkolísanosti všech paprsků při měření v jednotlivých bodech vyjadřují intenzitu a rozsah změn měřených hodnot jednotlivými paprsky v průběhu cca 30 sekund měření. Grafy rozkolísanosti pro bod s největší rozkolísaností (**obr. 12**, bod č. 2) a bod s nejmenší rozkolísaností (**obr. 13**, bod č. 4) dokládají, že ve většině případů **nejméně** rozkolísaným paprskem byl **široký** paprsek, a naopak **nejvíce** rozkolísaným byl **střední** paprsek sonaru.

Analýza rozptylu (**obr. 14**) stanovila, zda se měření jednotlivými paprsky sonaru od sebe významně liší. Nulová hypotéza (H_0) analýzy rozptylu byla formulována tak, že na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ mají výběry tvořené

zprůměrovanými měřeními v jednotlivých bodech za každý paprsek **stejně střední hodnoty a rozptyly** (jeden výběr odpovídá jednomu sloupci (jednomu paprsku) v **tab. 1**) – tedy že se **hloubky** naměřené **různými** paprsky ve **všech** bodech významně **neliší**.

Jelikož je hodnota testovacího kritéria F nižší než kritická hodnota F_{krit} , výsledkem jednofaktorové **analýzy rozptylu** je přijetí nulové hypotézy, čímž bylo **potvrzeno**, že za těchto podmínek **není** na dané hladině významnosti **rozdíl** mezi měřeními různými paprsky **signifikantní**.

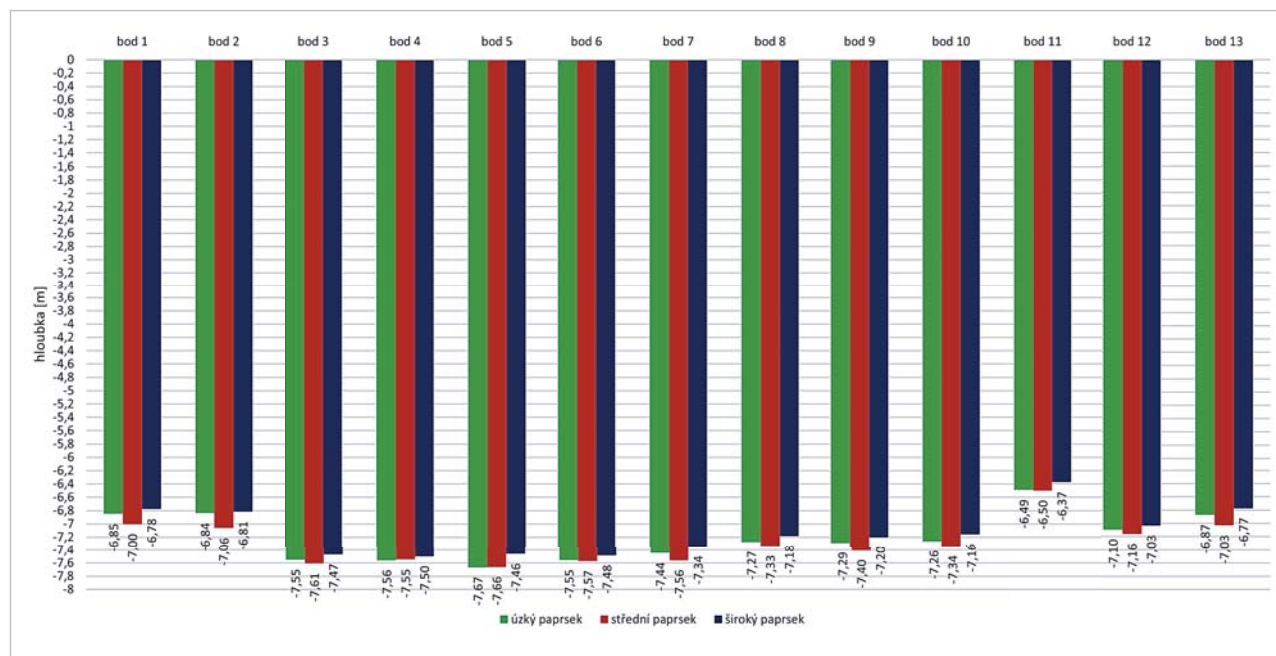
5. Diskuse

V průběhu řešení bylo zaznamenáno několik problémů a nejasností, které ztěžovaly buď samotný sběr dat, jejich následné zpracování, či tvorbu výstupů. Způsoby provedení případových studií byly kvůli problémům někdy měněny přímo i při jejich provádění.

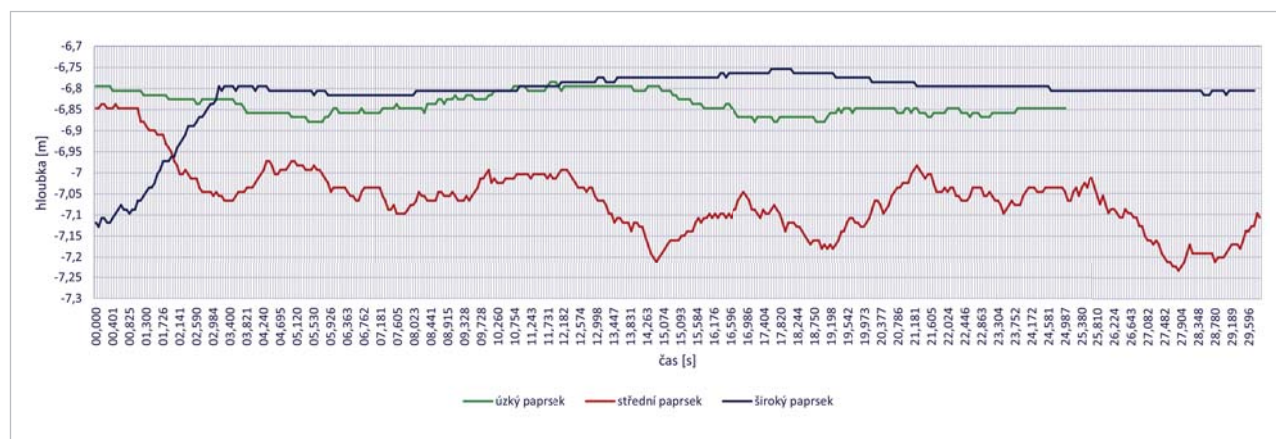
Při zaměřování příčného profilu vodního toku – řeky Moravy – nebylo možné zaměřit celý její příčný profil. Prvotním předpokladem, jak měla být tato případová studie provedena, bylo zaměřit celý příčný profil od jednoho břehu řeky k druhému. V zájmové lokalitě byl ale v den měření ve vzdálenější části vodního toku natolik silný proud, že nebylo bezpečné do něho vstupovat a zaměřovat v něm. Jelikož nebylo cílem studie zaměřit tento konkrétní profil a znát v něm hloubku, nýbrž otestovat kvalitu sonarového měření hloubek na tekoucí vodě v porovnání s geodetickou metodou, byl ještě na totožném místě zaměřen i podélný profil (po proudu řeky a cca dva metry od břehu), čímž byl cíl případové studie naplněn. Ideální by ovšem

Tab. 1 Průměrné hloubky v měřených bodech [m]

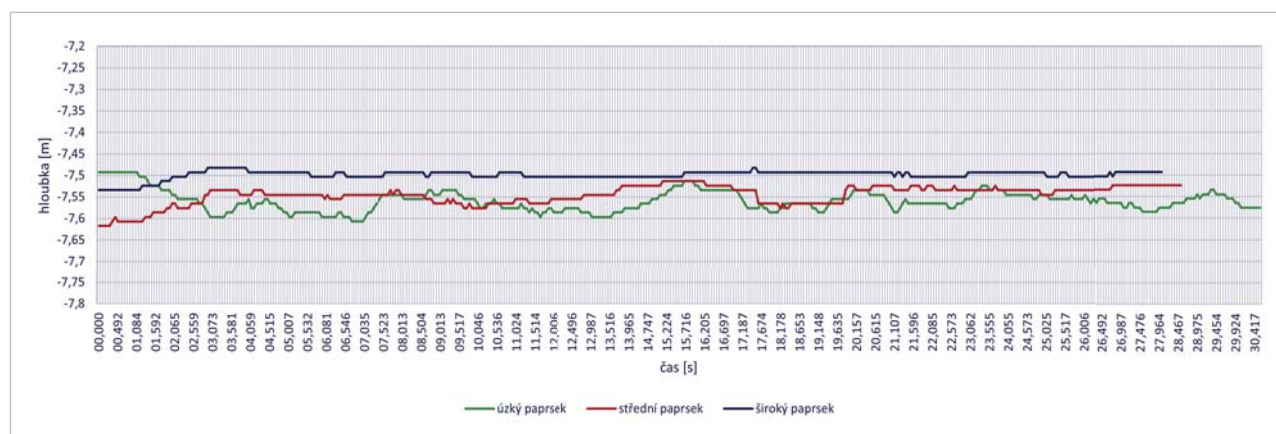
	paprsek		
	úzký	střední	široký
bod 1	-6,8469	-7,0039	-6,7753
bod 2	-6,8373	-7,0618	-6,8148
bod 3	-7,5477	-7,6067	-7,4679
bod 4	-7,5597	-7,5461	-7,4986
bod 5	-7,6650	-7,6596	-7,4592
bod 6	-7,5549	-7,5701	-7,4836
bod 7	-7,4432	-7,5584	-7,3435
bod 8	-7,2731	-7,3348	-7,1802
bod 9	-7,2881	-7,4045	-7,2006
bod 10	-7,2615	-7,3394	-7,1587
bod 11	-6,4877	-6,4996	-6,3715
bod 12	-7,0974	-7,1616	-7,0318
bod 13	-6,8734	-7,0314	-6,7721



Obr. 11 Porovnání měření hloubek všemi paprsky v bodech



Obr. 12 Rozkolísanost všech paprsků při měření bodu č. 2



Obr. 13 Rozkolísanost všech paprsků při měření bodu č. 4

Anova: jeden faktor					
Faktor					
Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl	
úzký paprsek	13	-93,7357	-7,21044	0,128997	
střední paprsek	13	-94,7777	-7,2906	0,109386	
široký paprsek	13	-92,5579	-7,11983	0,122862	
ANOVA					
Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P F krit
Mezi výběry	0,18977318	2	0,094887	0,787997	0,462441 3,259446
Všechny výběry	4,334939393	36	0,120415		
Celkem	4,524712573	38			
F < F_krit					
0,787997 < 3,259446					
H0 přijímáme					

Obr. 14 Jednofaktorová analýza rozptylu v prostředí Microsoft Excel, z doplňku Analýza dat

bylo dostavit se na místo měření ještě v jiný termín, kdy průtok nebude tolik silný a zaměřit i příčný profil řeky. Případně vybrat pro příčný profil vodního toku jinou lokalitu měření.

Dalším problémem, který v průběhu řešení nastal, ale záhy byl jednoduše vyřešen, bylo zjištění, že k provedení činností spočívajících v měření sonarem a hned poté přijímačem GNSS nestačí mít k dispozici jeden mobilní telefon, nýbrž dva a z toho alespoň jeden s internetovým připojením. Proto, že je sonar s mobilní aplikací, kterou je ovládán, propojen přes technologii Wi-Fi, nelze již na tom též mobilním telefonu sdílet mobilní internetové připojení (tzv. tethering) – vytvořit tzv. mobilní hotspot, který je v místech bez dostupnosti jiného internetového Wi-Fi signálu nezbytný pro připojení přijímače GNSS k referenčním stanicím, což je podmínkou pro určování polohy metodou RTK. K vytvoření mobilního hotspotu byl při řešení práce využit mobilní telefon asistenta autora a autorovým mobilním telefonem byl ovládán sonar.

V lokalitě, která byla vybrána pro zaměření bodů pro plošná mapování (Opatovický písník), se hloubka vody zvyšovala tak rychle, že pro potřeby plošného mapování byly úzkým paprskem zaměřeny jen tři řady bodů a středním pouze dvě (řada bodů rovnoběžná s břehovou čarou). Měřit dále od břehu nebylo kvůli hloubce možné. Tento nízký počet bodů (zvláště u středního paprsku) se projevil především při interpolaci povrchů, která tím pádem nemohla být tak přesná. U interpolací rovněž podobu výsledku ovlivňuje vždy jednak výběr interpolační metody, ale též i její konkrétní nastavení. Tedy že při použití jiných interpolačních metod by výstupy z plošného mapování nejspíše měly částečně jinou podobu, ovšem na druhou stranu ne natolik odlišnou, aby byly vyvozeny jiné závěry, než ke kterým se ve studii došlo.

V poslední případové studii – Velký písník II – nastaly právě takové problémy, že studie byla nakonec provedena jiným způsobem, než jak byla původně naplánována. Nejprve byl princip měření změněn z vytyčování po linii na kontinuální měření. To bylo sice provedeno, ovšem již z dat v původní i zpracované podobě bylo jasné rozpoznatelné, že kontinuálně naměřená data různými paprsky jsou vzájemně neporovnatelná. Proto bylo upuštěno od vyvozování jakýchkoli závěrů z této části případové studie. Z toho důvodu se hlavní částí studie stalo zaměřování hloubek všemi paprsky v bodech. Hloubky byly zaměřeny celkem ve 13 bodech, tedy podle toho, kolik bylo v nejbližším okolí na písníku rozmístěno bójí, které simulovaly ukotvení lodě v daném bodě.

Z výsledků práce vyplývá, že při měření úzkým paprskem sonaru lze dosahovat dostatečně přesných výsledků ve srovnání s geodetickými metodami. V budoucnu by ale mělo být otestováno měření hloubek všemi paprsky daného sonaru tam, kde lze dosahovat podstatně větších hloubek, než jakých bylo dosaženo v této práci. Maximální hloubka naměřená v této práci má hodnotu cca 7,6 m, ovšem výrobcem deklarovaná hranice, do které by sonar měl umět zaznamenávat hloubku, je až 100 m [3].

6. Závěr

Příspěvek se zabýval možnostmi batymetrického mapování za využití levného, dostupného a snadno ovladatelného rybářského sonarového zařízení Deeper Smart Sonar CHIRP+, které by mohlo sloužit jako alternativa k jinak finančně a znalostně náročným konvenčním metodám tohoto mapování.

Provedené případové studie potvrdily možnost použití daného sonarového zařízení – Deeper Smart Sonar CHIRP+ – pro nízkonákladové batymetrické studie, neboť bylo dokázáno, že přesnost úzkého paprsku tohoto zařízení je srovnatelná s přesností geodetických metod při měření hloubek vodních těles.

Příspěvek vychází z výsledků bakalářské práce Jindřicha Horáka Hodnocení přesnosti sonaru Deeper CHIRP+ pro batymetrické mapování zpracované pod vedením RNDr. Jakuba Miřijovského, Ph.D., na Katedře geoinformatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci a obhájené v roce 2021.

LITERATURA:

- [1] BOLDT, J.: Bathymetric Surveys. USGS: science for a changing world. 2021. [online]. [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: https://www.usgs.gov/centers/oki-water/science/bathymetric-surveys?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects.
- [2] SÁNCHEZ-CARNERO, N.-ACENA-MATARRANZ, S.-RODRÍGUEZ-PÉREZ, D.-COUÑAGO, E.-FRAILE-JURADO, P.-FREIRE, J.: Fast and low-cost method for VBES bathymetry generation in coastal areas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 114, 175-182. 2012. ISSN 02727714. [online]. [cit. 2021-5-1]. Dostupné z: <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.08.018>.
- [3] Deeper Smart Sonar CHIRP+ 2. Deeper. 2022. [online]. [cit. 2022-5-7]. Dostupné z: https://deepersonar.com/cz/cs_cz/produkty/smart-sonar-chirp-plus-2.

Do redakce došlo: 8. 5. 2022

Lektoroval:
Ing. Petr Fučík, Ph.D.,
Výzkumný ústav meliorací
a ochrany půdy, v. v. i.