Srovnání dvou ultrazvukových metod pro měření dna vodního toku

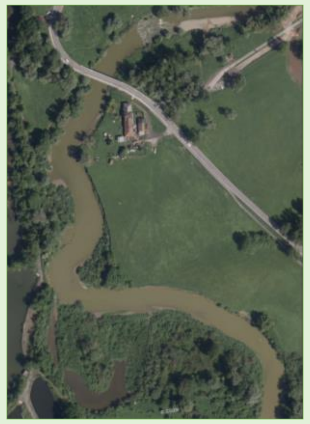
Mgr. Zdenka Krmelová
e-mail: zdenkakrmelova@seznam.cz

Příspěvek vznikl za podpory projektu Specifika fluviální krajiny v kontextu historických a budoucích změn 1610-spec.výzkum Ruman SGS 10/PŘF/21

ÚVOD

V rámci přírodní krajiny hraje topografie velkou roli v distribuci a toku vody a energie. Jelikož výpočty nelze provádět přímo v terénu, je krajina převedena do digitální formy modelu krajiny, který je používán jako alternativa ke klasickým průzkumům a ručnímu vyhodnocení topografických map (Maidment, Djokic 2000). Pod pojmem digitální model si představujeme abstrakci reality – zjednodušenou reprezentaci reality. Snaží se reprezentovat krajinu v co nejjednodušší digitální formě, avšak adekvátně k účelu modelování. Nejlepší model je vždy ten, který co nejlépe zobrazuje realitu s co nejmenší složitostí modelu. Účely modelů jsou různé – pro výzkum, pochopení, simulaci a predikci či jako virtuální laboratoř (Wainwright, Mulligan 2005). Možnosti použití existujících digitálních modelů reliéfu v programech pro hydrologické modelování jsou značně omezeny – zejména dostupnost, kvalita a rozlišení dat jsou často nedostačující z pohledu aplikace pro analýzu (Maidment, Djokic 2000). Tvorba hydrodynamických modelů vyžaduje data v co nejvyšší kvalitě a přesnosti. Kvalita dat digitálních modelů terénu je však velmi často přehlížena, což může způsobovat komplikace při hydrologických analýzách (Kelly, Drake, Barr c2004). K přírodním analýzám se momentálně nejčastěji používá digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G). Představuje zobrazení zemského povrchu v digitální podobě ve formě nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN) bodů o souřadnicích X, Y, H, kde H reprezentuje nadmořskou výšku ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (BpV) s úplnou střední chybou výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Model vznikl z dat pořízených metodou leteckého laserového skenování výškopisu území České republiky v letech 2009 až 2013 (www.geoportal.cuzk.cz). DMR 5G je sice, mimo jiné, určen pro projektování a plánování vodohospodářských staveb, avšak jako podklad pro hydrodynamické modelování je téměř nepoužitelný z důvodu velkých odchylek v prostoru vodních ploch. Vlastní koryto (zejména oblast pod vodou) a objekty na toku musí být dodatečně zaměřeny geodeticky či jinou měřickou metodou (v našem případě ultrazvukovou batymetrií) a z nich vytvořen model, který lze pro hydrodynamické analýzy použít (Uhlířová, Nováková 2011).

Cílem bylo porovnávání dvou ultrazvukových metod měření dna vodního toku se dvěma různými skenery, každý s jiným principem sběru dat, následná tvorba modelu koryta pod vodní hladinou a zjištění, který skener/která metoda je pro tvorbu modelu lepší a přesnější.



Obr. 1. Ortofoto měřené lokality (Převzato z: www.cuzk.cz)

METODIKA

Pro porovnávání modelů byly zvoleny tři způsoby zaměření vodního dna. Zaměření sonarem RiverSurveyor S5 pomocí ultrazvukové batymetrie (Single beam echo sounder – SBES), zaměření sonarem GeoSwath 4R společnosti Kongsberg (Multibeam echo sounder – MBES) a pro kontrolu přesnosti byly geodeticky zaměřeny dva vybrané profily pomocí tachymetrické metody. Touto metodou byly v průběhu terénních prací zaměřeny i všechny břehové linie.

Tab. 1. Technické specifikace sonarů (převzato z: Sontek A Xylem Brand: RiverSurveyor® S5 and M9 a Kongsberg Geoacoustics LTD: GeoSwath 4R.)

Specifikace	River Surveyor S5	GoeSwath 4R
Rozsah profilování – vzdálenost	0,06 až 5 m	-
Šířka záběru	-	190 m
Záznam	až 128 buněk	30 záznamů za sekundu
Velikost buněk	0,02 až 0,05 m	-
Transduktory	4 x 3 MHz a 1 x 1 MHz (ultrazvuk)	0,5 MHz
Hloubka – rozsah	0.20 až 15 m	až 50 m
Hloubka – přesnost	1 %	-
Hloubka – rozlišení	1 mm	1,5 mm
Vnitřní paměť	8 GB	4 GB + pevný disk 480 GB

Měření probíhala na 600 m dlouhém úseku řeky Odry v lokalitě Polanka and Odrou v průběhu čtyř týdnů od 4. 10. 2019 do 1. 11. 2019 každý pátek, zhruba od 9h ráno do 15h odpoledne. Měřená část toku je přírodní, meandrovité koryto s mrtvým ramenem řeky, v blízkosti několika rybníků (viz Obr. 1). Měření končí v urbanizované části toku, tedy před uměle vytvořenou kaskádou. Tok je značně znečištěn malými částicemi z okolních polí a viditelnost ve vodě je téměř nulová. Na březích byla jasně viditelná abraze a boční eroze v takové míře, že docházelo k jejich řícení.

Geodetická měření probíhala z několika volných stanovisek, která byla zvolena tak, aby vždy šlo vidět jak na orientace, tak na měřenou část toku. Celkem bylo zvoleno sedm stanovisek. Měřeny byly dva příčné profily toku, břehové linie Odry, včetně překážky v toku v podobě železné opory poblíž břehu, část mrtvého ramene řeky a začátky a konce profilů měřených sonarem RiverSurveyor S5 pro pozdější přiřazení měření do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Balt po vyrovnání.

Měření příčných profilů probíhalo pomocí soustavy ADCP (Obr. 2) pro ultrazvukovou batymetrii (RiverSurveyor S5). Všechny profily byly měřeny minimálně dvakrát (tam a zpět). Celkem bylo zaznamenáno 57 měření.

Obr. 2. Měření příčného profilu soustavou ADCP (autor Zdenka Krmelová)

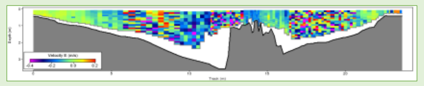
Pro skenování dna byl použit sonar GeoSwath 4R společnosti Kongsberg. Během měření museli být na člunu dva měřiči – jeden, který pádloval a druhý obsluhující počítač. Plovák se skenerem a GNSS přijímačem byl tažen pomalu za člunem (Obr. 3). Koryto bylo skenováno tak, aby byla pokryta jak pravá, tak levá strana, včetně jeho středu. Výška hladiny byla zaměřena geodeticky.

Veškeré výpočty souřadnic bodů byly provedeny v programu Groma. Pro připojení geodetického měření byly použity 4 nivelační body.

Tvorba geodeticky zaměřených profilů byla uskutečněna v programu Microsoft Excel. Jelikož trigonometrické zaměření výšek by mělo být ze všech tří měření nejpřesnější, posloužily tyto profily jako kontrola přesnosti měření sonarů RiverSurveyor S5 a GeoSwath 4R.

Obr. 3. Skenování Odry se skenerem GeoSwath 4R (Autor: Martin Bolek)

Před tvorbou modelů z příčných profilů sonaru RiverSurveyor S5 byla eliminována chybná data a vybrány ty nejlepší profily s nejnižším, nebo ideálně žádným počtem chyb (Obr. 4). Z celkových 57 měření bylo vybráno 27. Následně byly profily vlícovány pomocí geodeticky měřených vlícovacích bodů do souřadnicového systému, a nakonec čistá opravená data byla použita k tvorbě modelu koryta.



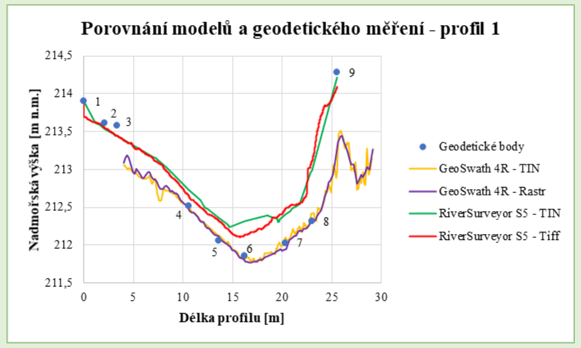
Obr. 4. Ukázka výstupu z měření RiverSurveyor S5

Všechna data byla přetransformována do souřadnicového systému S-JTSK, data měřena sonarem RiverSurveyor S5 byla poté agregována na počáteční a koncové geodeticky zaměřené body profilů, data měřena sonarem GeoSwath 4R byla manuálně posunuta o 4 m, jelikož i přes transformaci souřadnicové soustavy došlo k odchýlení měření mimo koryto přibližně o tuto hodnotu z důvodu vlivů způsobujících odchylky (pozice satelitů, vegetace v korytě, rychlost pohybu přijímače a další možné vlivy).

VÝSLEDKY

Porovnávání modelů: Porovnávání přesnosti modelů probíhalo několika způsoby. V prvé řadě byly porovnávány výstupy dvou softwarů, ArcGIS a HEC-RAS, a přesnost jejich sestavených digitálních modelů koryta a zároveň porovnání přesnosti formátů rastr vs. TIN. Poté porovnání přesností modelů sestavených ze SBES a MBES metod měření a v konečné fázi i porovnání těchto modelů na základě vhodnosti pro hydrodynamické modelování.

Porovnávání modelů se provádělo vůči geodetickému měření přímo v zaměřených bodech geodetického profilu. Model vytvořen ze sběru dat pomocí SBES byl vytvářen v programu ArcGIS ve formátu TIN a v programu HEC-RAS ve formátu TIFF. Model vytvořen ze sběru dat pomocí MBES byl vytvořen v programu ArcGIS ve formátu TIN a Rastr. Jelikož měření neprobíhala ve stejný den a hladina nebyla ve stejné výšce, byly některé body u dat z GeoSwath 4R z porovnávání vynechány.



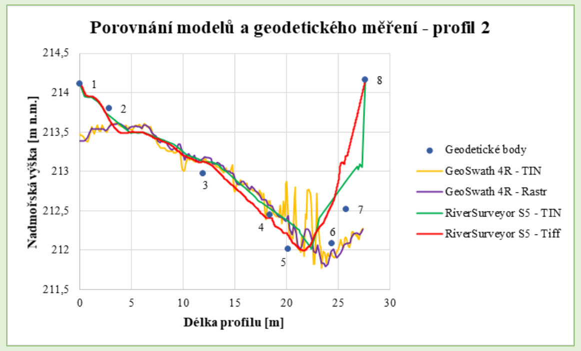
Obr. 5. Porovnání modelů z metody MBES a SBES s geodetickým měřením – profil 1

Tab. 2. Porovnání odchylek u modelů Měřených sonarem RiverSurveyor S5 a GeoSwath 4R – profil 1

		Odchylky od geodetického měření [m]			
		RiverSurveyor S5		GeoSwatr 4R	
Bod	Geodézie	TIN	TIFF	TIN	Rastr
1	213.900	0.000	-0.044	-	-
2	213.610	-0.067	-0.049	-	-
3	213.580	-0.140	-0.134	-	-
4	212.520	0.214	0.127	-0.02	-0.03
5	212.060	0.297	0.262	0.07	0.05
6	211.860	0.457	0.275	-0.03	-0.05
7	212.030	0.366	0.441	0.04	-0.08
8	212.320	0.673	0.785	0.10	0.01
9	214.280	-0.063	-0.198	-	-
Celková odchylka		2.277	2.315	0.260	0.220
Průměrná odchylka		±0.231	±0.247	±0.045	±0.044
Směrodatná odchylka		0.218	0.234	0.033	0.026

Při porovnání odchylek v tabulce 2 lze sledovat, že model zaměřen sonarem GeoSwath 4R vykazuje razantně přesnější výsledky, než model sestaven z příčných profilů měřených RiverSurveyor S5. Rozdíly v modelech zaměřených metodou SBES se pohybují v řádech až desítek centimetrů, oproti tomu model z metody MBES má odchylky v tomto případě v řádech pár centimetrů. Odchylka dokonce nepřekročila ani hranici 10 cm.

Přestože odchylky u profilu 2 vykazovaly i u dat měřených sonarem GeoSwath4R velké rozdíly (Tabulka 3), nepřekročily tak jako u sonaru RiverSurveyor S5 odchylku půl metru a celkově měla data menší rozdíly od geodetického měření. Stejně jako v předchozím případě se tak jevily modely sestaveny z metody MBES jako přesnější i přes možnou chybu posunu měření.

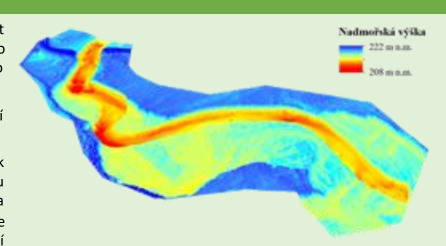


Obr. 6. Porovnání modelů z metody MBES a SBES s geodetickým měřením – profil 2

Tab. 3. Porovnání odchylek u modelů Měřených sonarem RiverSurveyor S5 a GeoSwath 4R – profil 2

		Odchylky od geodetického měření [m]			
		RiverSurveyor S5		GeoSwatr 4R	
Bod	Geodézie	TIN	TIFF	TIN	Rastr
1	214.110	0.000	0.011	-	-
2	213.800	-0.090	-0.154	-0.25	-0.23
3	212.970	0.153	0.149	0.16	0.19
4	212.450	0.076	-0.043	0.18	0.12
5	212.010	0.356	0.183	0.40	0.43
6	212.090	0.538	0.480	-0.13	-0.11
7	212.520	0.366	0.680	-0.36	-0.43
8	214.160	-0.004	-0.034	-	-
Celková odchylka		2.277	1.583	1.480	1.510
Průměrná odchylka		±0.231	±0.184	±0.247	±0.252
Směrodatná odchylka		0.218	0.198	0.111	0.145

Hydrodynamická modelování: Veškerá modelování probíhala v programu HEC-RAS. Pro postavení 1D hydrodynamického modelu z dat RiverSurveyor S5 byla data vkládána do programu HEC-RAS v podobě příčných profilů a dat okolí z DMR 5G ze souboru vytvořeného preprocessingem v programu ArcGIS. Sestaveny byly modely neustáleného a ustáleného proudění. Pro postavení 2D hydrodynamického modelu z dat GeoSwath 4R byl do programu HEC-RAS vložen digitální model koryta doplněn o data okolí z DMR 5G (Obr. 7).



Obr. 7. Vytvoření rastru z metody MBES a DMR 5G zobrazené v programu

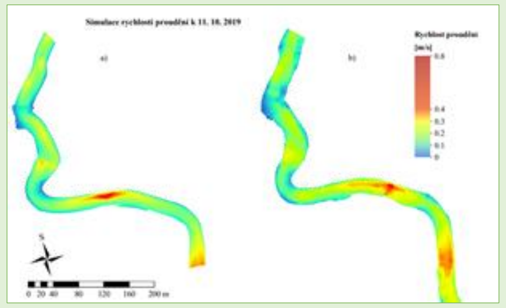
Vytvořeny byly modely neustáleného proudění a pro nasimulování stejných výsledků jako je u ustáleného proudění, které u 2D modelování nelze vytvořit, byly rozlivy n-letých průtoků nasimulovány jako průtoky s intervalem jednoho týdne.

U výsledků map rychlostí a hloubek, lze pozorovat, že odpovídají rozlišení terénu. Když se podíváme na modely hloubek v obr. 9, až tak razantní rozdíly zde nejsou. Samozřejmě je model vytvořený metodou MBES přesnější, ale celkové hloubky jsou porovnatelné. Z pohledu rychlosti proudění v obr. 8, jsou zde samozřejmě jisté rozdíly způsobené metodou modelování. 2D model vytvořen z digitálního modelu koryta z plošných dat počítá i s prouděním do stran, oproti 1D modelu z profilů, který počítá pouze s prouděním po směru proudnice. Z důvodu, že modely na sebe dostatečně polohově nesedí nebylo možné udělat objektivní rastrovou analýzu rozdílů hloubek a rychlostí. I přesto však stojí za zmínění rozdíl v rychlosti v některých částech koryta. Zda je tento rozdíl způsoben řícením břehů nebo podrobností měření není zcela jasné.

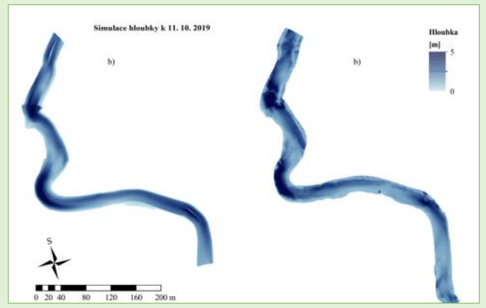
V případě map rozlivů N-letých průtoků lze v obr. 10 pozorovat, že mapy z 1D modelování nezobrazují zejména oblast okolí mrtvého ramene s takovou přesností, jako tomu je u mapy ze 2D modelování. Celkové rozlivy 2D modelu jsou také o dost menší a přesnější.

Jelikož zaměřené oblasti nebyly stejné a rozlivy 1D modelování byly omezeny délkou příčných profilů, byl vytvořen polygon oblasti, kde byly rozlivy v rámci podkladu pro oba modely (Obr. 11). Díky velikosti oblasti by i odchylky způsobené posunutím měření GeoSwath 4R neměly být zásadní při výpočtech. Přes tuto oblast bylo přepočítáno procentuální zastoupení daných rozlivů vůči velikosti samotné oblasti (Tabulka 4).

Jak lze z tabulky 4 pozorovat, velikost rozlivů se v dané oblasti od sebe liší od 12 % až po téměř 19 %, tedy o tolik procent jsou rozlivy 1D modelu větší, oproti rozlivům 2D modelu.



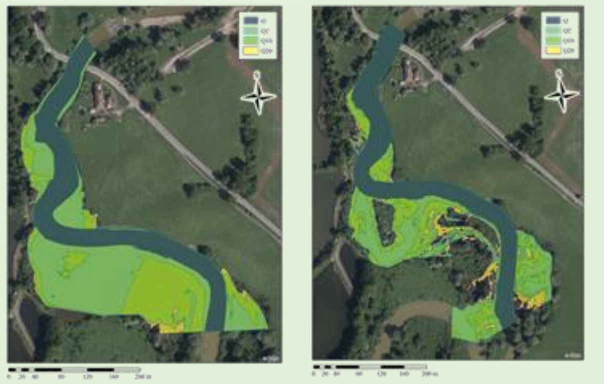
Obr. 8. Simulace rychlosti proudění v korytě k 11. 10. 2019 v a) 1D modelu; b) 2D modelu



Obr. 9. Simulace hloubky v korytě k 11. 10. 2019 v a) 1D modelu; b) 2D modelu

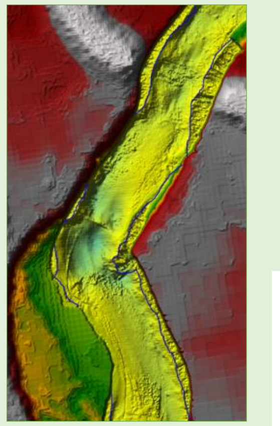
Tab. 4. Procentuální zastoupení a rozdíly rozlivů 1D a 2D modelů

Oblast	1D (%)	2D (%)	Rozdíly (%)
Q2	60.339	41.763	18.575
Q10	78.057	60.076	17.982
Q20	79.786	67.371	12.415
Celek	100	100	0



Obr. 10. Oblasti rozlivů zleva v 1D a 2D modelu

Obr. 11. Oblast zkoumání velikosti rozlivů 1D a 2D modelování



Obr. 12. Chyby v měření břehů řek za modrou čarou, při měření sonarem GeoSwath 4R

Během přípravy hydrodynamického modelování byla nalezena anomálie, která byla viditelná zejména v RAS Mapperu v programu HEC-RAS. Zdá se, že sonar GeoSwath 4R v některých úsecích projevuje chybu v měření. Skenované hodnoty přesahují až za okraj břehu (koryto je širší, než má být; viz obrázek 12, kde modré linie značí přibližně kraje břehů), což lze pozorovat i v případě výstupů hloubkových a rychlostních map (Obr. 8-9), kde je spodní část koryta mnohem širší u 2D modelu, než u 1D modelu, ačkoliv průtoky i vodní stav byly v době měření pomocí GeoSwath 4R nižší, než při měření pomocí sonaru RiverSurveyor S5. Pravděpodobně byly zanechány i následné odrazy, které se projevují mimo koryto. Filtrace je hodně náročná na zkušenosti operátora – v kombinaci s náročným tvarem dna, které rychle střídá oblasti s malými a velkými hloubkami. To způsobuje problémy ve vyhodnocení dat. Také to byl jeden z prvních měřených úseků, takže nezkušenost operátora hraje roli. Může to být i problém v kombinaci se zmíněnou polohovou chybou. Právě tato chyba přetažení břehů ovlivnila oblasti rozlivů. Zejména v koncové části měřeného úseku lze pozorovat (Obr. 10), že 2D model z dat GeoSwath 4R zasahuje s klasickým průtokem přes oblast, kde se u 1D modelování z dat RiverSurveyor S5 rozlily modelace Q2, Q10 i Q20. Chybu v šířce koryta a oblasti měření lze odstranit jednoduchým geodetickým zaměřením břehů v době měření sonarem, aby bylo jasné, kam až koryto opravdu sahá a bylo tak možné eliminovat případné chyby v měření.

ZDROJE

GEOPORTÁL ČÚZK: Přístup k mapovým produktům a službám resortu, Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) [online]. 2010 [cit. 26-02-2020]. Dostupné z: https://geoportal.cuzk.cz/(S(b535yqtozyhj4ethcaexexss))/Defaultaspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5GV&head_tab=sekce-02-gp&menu=302

KELLY, R. E. J., DRAKE, N. A., BARR, S. L. (c2004): Spatial modelling of the terrestrial environment. Wiley, Hoboken, NJ.

Krmelová Z. (2020): Srovnání ultrazvukových metod pro měření dna vodního toku. Diplomová práce. Ostravská Univerzita. Ostrava.

SONTEK A XYLEM BRAND: RiverSurveyor® S5 and M9: A new perspective to the notion of measuring open channel Hydraulics [online]. 2018 [cit. 26-02-2020]. Dostupné z: https://www.sontek.com/riversurveyor-s5-m9

KONGSBERG GEOACOUSTICS LTD: GeoSwath 4R, [online]. 2019 [cit. 22-02-2020]. Dostupné z: https://www.kongsberg.com/globalassets/maritime/km-products/product-documents/portable-wide-swath-bathymetry-and-side-scan-geoswath-4r

MAIDMENT, D., DJOKIC, D. (2000): Hydrologic and Hydraulic: modeling support with geographic information systems. ESRI Press, Redlans, Calif.

UHLÍŘOVÁ, K., NOVÁKOVÁ, H. (2011): Využití dat leteckého laserového skenování na tocích a v pobřežních zónách. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G Masaryka, Praha.

WAINWRIGHT, J., MULLIGAN, M. (2005): Environmental Modelling: Finding implicity in Complexity. Environmental Monitoring and Modelling Research Group, Department of Geography, King's College London, UK, London. XYLEM: Let's solve water: SonTek RiverSurveyor S5 and M9, [online]. 2020 [cit. 26-02-2020]. Dostupné z: https://www.xylem.com/en-sg/brands/sontek/sontek-products/river surveyor-s5-and-m9

Data a jejich zpracování:

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV: Hlásná a předpovědní povodňová služba, Detail stanice Bartošovice, [online]. 2019 [cit. 01-11-2019]. Dostupné z http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfdyn.php?seq=20823334

DRBAL, K., ŠTĚPÁNKOVÁ, P., LEVITUS, V., ŘÍHA, J., DRÁB, A., SATRAPA, L., HORSKÝ, M., VALENTA, P., VALENTOVÁ, J., FRIEDMANNOVÁ, L. (2009): Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka.

HEC-RAS River Analysis Systém: 2D Modeling User's Manual. US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources, Version 5.0, February 2016.

GEOPORTÁL ČÚZK: Přístup k mapovým produktům a službám resortu, Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) [online]. 2010 [cit. 26-02-2020]. Dostupné z: https://geoportal.cuzk.cz/(S(b535yqtozyhj4ethcaexexss))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&head_tab=sekce-02-gp&menu=302

MATTAS, D. (2014): Výpočet průtoku v otevřených korytech. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, Praha.

MIKLÍN, J., DUŠEK, R., KRTIČKA, L., KALÁB, O. (2018): Tvorba Map: učební text Ostravské univerzity. Ostravská univerzita, Ostrava.

ArcGIS Desktop: ArcGIS 10.4.1 for Desktop quick start [online]. ESRI. 2018 [cit. 19-04-2021]. Dostupné z: https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.4/get-started/setup/arcgis-desktop-quick-start-guide.htm

GROMA: Groma - geodetický software v prostředí MS Windows [online]. 2017 [cit. 19-04-2021]. Dostupné z: https://www.groma.cz/cz/groma

ZÁVĚR

Ve výsledku bylo zjištěno, že formát výstupu má na přesnost zanedbatelný vliv. Co ale nemá zanedbatelný vliv je metoda měření. Bylo zjištěno, že digitální model koryta z dat sonaru GeoSwath 4R vykazuje menší odchylky, a je mnohem přesnější než digitální model koryta RiverSurveyor S5. Oba modely však byly vhodné pro hydrodynamické modelování (Krmelová 2020).

Zda při tvorbě modelu zvolit formát rastru či TINu záleží na tom, jaké bude další využití modelu. Jestliže, hlavně u modelu z příčných profilů, jde o co nejpřesnější model, pak je vhodnější použít formát TINu, ovšem v případě, že se bude model propojovat s jinými výškovými daty a výsledek bude použít pro HD modelování, pak je vhodné vložit data příčných profilů přímo do programu HEC-RAS. U plošných dat se jevil vhodnější formát rastru. Nejen že jej lze po transformaci do TIFFu možno použít přímo v programu HEC-RAS, model se jevil i hladší a jeho vykreslování trvalo oproti modelu TIN mnohem kratší dobu. I tak je vždy tedy třeba při výběru formátu předem uvažovat nad účelem tvorby modelu.

Každý z použitých sonarů má svá pozitiva i negativa. Mezi pozitiva RiverSurveyor S5 lze zařadit například pořizovací cenu či zpracování dat. Také zabere poměrně málo místa a je lehce přenositelný na dané místo měření. Oproti tomu GeoSwath 4R je v ceně na úplně jiných příčkách. Manipulace s ním je těžká a bez řádného proškolení pravděpodobně nebude měřič vůbec schopen přístroj zapojit, či zprovoznit. I samotné zpracování dat je problematické, zejména kvůli jejich objemu a závislosti na zkušenosti operátora. Pokud bude brán v potaz čas a složitost samotného měření, zde vede sonar GeoSwath 4R. Dokonce ještě větší úsek, než byl zaměřován dva dny metodou SBES pak s GeoSwath 4R trval pouze hodinu. Měření je mnohem pohodlnější a méně komplikované. Kde projede člun, tam se může měřit. Oproti tomu měření s RiverSurveyor S5 je vázáno pouze na místa, kde na březích dokážou měřiči manipulovat se samotnou soustavou.

V případě rozhodování mezi SBES či MBES hraje velkou roli pořizovací cena a účel modelování. Jestliže postačí pouze přibližné modely, někde mimo ohrožení civilizace a extrémně přesné výsledky tedy nejsou nezbytné, máme zaměřit krátký rovný dostupný úsek, nebo urbanizované (zpevněné či vydlážděné) koryto, pak se SBES jeví jako dostačující metoda. MBES jsou sice finančně i znalostně velmi zatěžující, na druhou stranu jsou také velmi přesné a velkou roli zde hraje i samotná efektivita měření. I přes téměř hodinovou instalaci, která odpadá v případě, že je zařízení trvale připevněno na plavidle, jsou schopné během poměrně krátké doby zaměřit i několika kilometrový úsek. V případě hydrodynamického modelování také výstup z MBES nabízí výhodu tvorby velmi přesného podkladu pro detailní 2D, případně i 1D, 2.5D a 3D modely. Rozhodnutí pro použití SBES či MBES tak spočívá zejména na účelu měření, finančních prostředcích a subjektivnímu rozhodnutí měřiče. Přestože SBES je stále použitelná metoda, je MBES na velmi dobré cestě tuto metodu jednou zcela nahradit.