

MOŽNOSTI VYUŽITIA DRONOVÉHO ZALJETANIA PRE POTREBY VODNÉHO HOSPODÁRSTVA

Peter DUŠIČKA

Katedra hydrotechniky, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 2766/11, 810 05
Bratislava, Slovenská republika, +421 2 32 888 565, peter.dusicka@stuba.sk

Lea ČUBANOVÁ

Katedra hydrotechniky, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 2766/11, 810 05
Bratislava, Slovenská republika, +421 2 32 888 698, lea.cubanova@stuba.sk

Ján RUMANN

Katedra hydrotechniky, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 2766/11, 810 05
Bratislava, Slovenská republika, +421 2 32 888 340, jan.rumann@stuba.sk

Alexandra VIDOVÁ

Katedra hydrotechniky, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 2766/11, 810 05
Bratislava, Slovenská republika, +421 2 32 888 563, alexandra.vidova@stuba.sk

Adela RUTZKÁ

Katedra hydrotechniky, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 2766/11, 810 05
Bratislava, Slovenská republika, +421 2 32 888 563, adela.rutzka@stuba.sk

ANNOTATION

Drones, also known as Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), have become invaluable tools in the monitoring and assessment of water structures. Their use in these areas provides several advantages over traditional methods, including enhanced accessibility, efficiency, and the ability to capture high-resolution data. Drones equipped with various sensors can quickly survey large areas and provide detailed visual and topographical data. This capability is particularly beneficial for inspecting hard-to-reach areas and detecting potential problems. This paper describes the utilization of drones to obtain the topography of the fish passes after their construction, during a maintenance period when the river bed of both close-to-nature fish passes was nearly empty. This procedure was applied on the fish passes on the Turiec and Hron rivers. The processed data from drone measurements served as the basis for creating topographical models of the river bed with varying accuracy.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

dron, fotogrametria, topografia

1. ÚVOD

Fotogrametria je metóda optického merania a vykonáva sa na základe snímok alebo optických modelov vytvorených z meračských fotografií. Získava priestorové informácie o fyzických objektoch a priestore spracovaním snímok z fotoaparátov a kamier. Jej cieľom je pretransformovať informácie z centrálnej projekcie snímky na ortogonálnu projekciu, teda vytvoriť pôdorys, nárys, profily. Fotogrametria vytvára 3D kópiu fyzických objektov pomocou softvérového spracovania 2D fotografií objektu. Táto metóda presne zachytáva rozmery a textúru objektov. Finálnym výstupom je 3D model v podobe mriežky (3D mesh model), ktorý verne zobrazuje rozmerové aj vizuálne vlastnosti objektu [1, 2].

Fotogrametrické metódy sú dlhodobo využívané v rôznych odvetviach stavebníctva. S vývojom dronov prišlo k ďalšiemu zrýchleniu získania dát, dokonca aj z málo dostupných oblastí. Drony zachytávajú obrázky s vysokým rozlíšením z viacerých uhlov. Výhodou merania dronmi je ich rýchlosť, podrobnosť získaných dát a možnosť doplniť miesta, ktoré dronmi nie sú prístupné, fotografovaním z miesta. Spracované dáta zo zamerania dronom potom vytvoria detailné 3D modely stavieb, alebo topografiu záujmového územia.

2. ZALIEGANIE ZÁUJMOVEJ OBLASTI

Zalietanie dronom bolo využité pre získanie topografie rybovodov na Hrone a na Turci, ktorá je potrebná ako vstup pre matematické modelovanie na overenie hydraulických parametrov v rybovode pre skutočný stav, resp. stav po realizácii.

2.1 Rybovod – vodná stavba Veľké Kozmálovce

Vodná stavba (VS) Veľké Kozmálovce sa nachádza v rkm 73,4 rieky Hron. Tvorí ju hať s ochrannými hrádzami, ktoré vytvorili nádrž s objemom 2,6 mil. m³ a malá vodná elektráreň [3]. V r. 2019 bol uvedený do prevádzky rybovod (Obr. 1), ktorý spĺňa podmienky mrenového pásma.



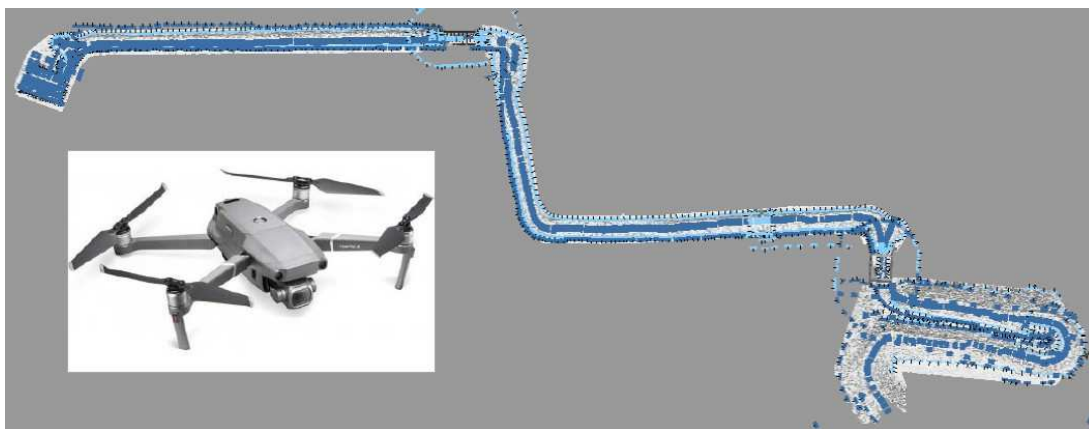
Obr.1 Ortofoto mapa s rybovodom VS Veľké Kozmálovce

Zalietanie na VS Veľké Kozmálovce na Hrone bolo rozsiahlejšie a muselo prekonávať aj prekážky vo forme premostení a ochrannej hrádze, kde boli dáta z dronu doplnené fotografovaním prekrytých častí koryta z brehu.

Zalietanie záujmového územia rybovodu VS Veľké Kozmálovce sa vykonávalo dronom DJI Mavic 3 (Obr. 2) v letovej výške 6,0 m nad vypusteným korytom rybovodu, pretože fotogrametricky sa nedá zamerať dno pod hladinou vody (resp. dosah dronu je len pár centimetrov pod hladinou čistej, nezakalenej vody) (Obr. 3). Vyhotovených bolo 1 068

meračských snímok so šikmou a zvislou leteckou rovinou. Hlavnou úlohou bolo určiť mikoreliéf koryta rybovodu (rozloha územia 460,0 x 5,0 m) s požadovaným rozlíšením 0,005 – 0,01 m.

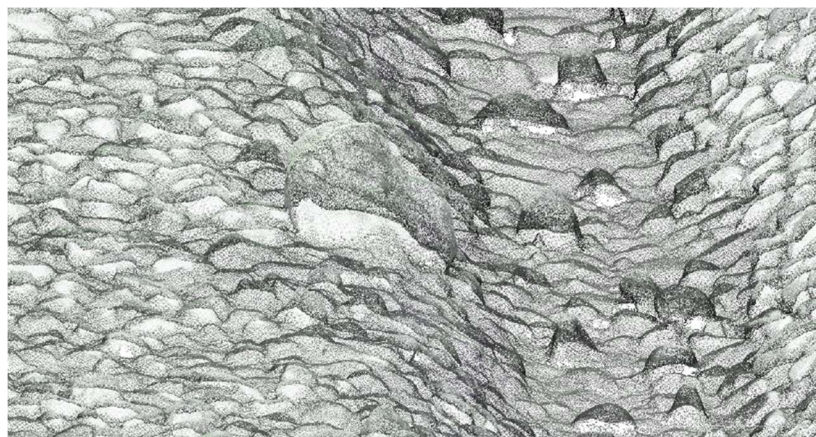
Výstupom fotogrametrického merania, po počítačovom spracovaní, bolo mračno bodov s 278 000 000 pixelmi s GSD (ground sampling distance) 1,6 mm (Obr. 4). GSD je vzdialenosť zameraná medzi dvoma za sebou nasledujúcimi stredmi pixelov. Mračnom bodov sa nazýva veľká dátová sada bodov, rádovo v miliónoch až miliardách, z ktorých každý bod má zadefinovanú polohu pomocou súradníc x, y, z. Okrem zadefinovania bodov v 3D priestore je možné priradiť súboru aj atribúty, ako sú farba, či intenzita [3, 4] (Obr. 5).



Obr.2 Dron DJI Mavick 3 a zalietanie rybovodu



Obr.3 3D model aj v plytkej nezakalenej vode

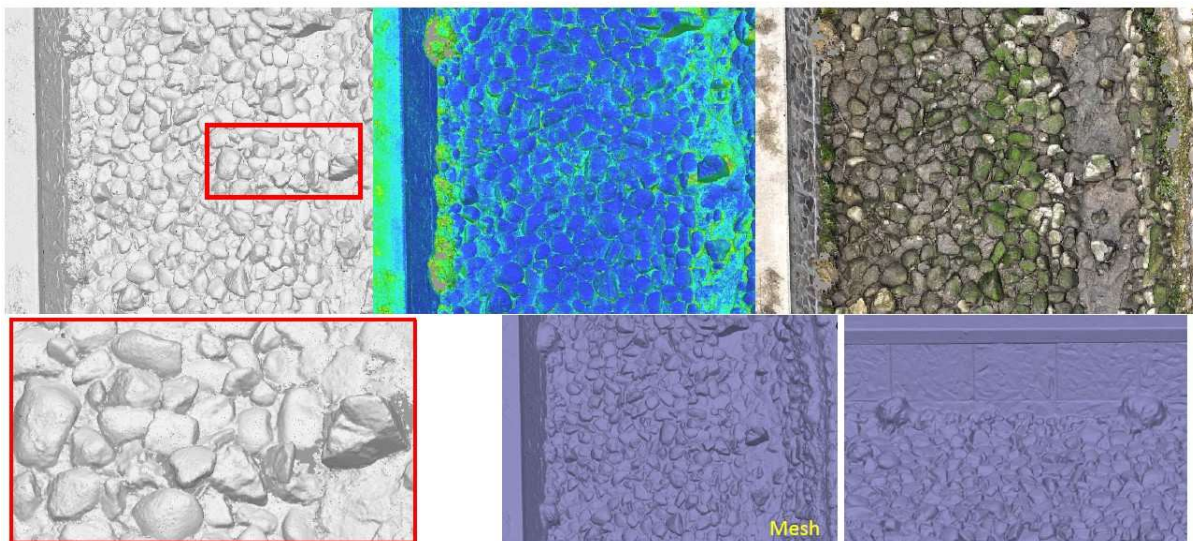


Obr.4 Mračno bodov – detail koryta rybovodu zachytávajúci všetky topografické nerovnosti s veľkou presnosťou

Point cloud (5 mm): bez farby

podľa kvality

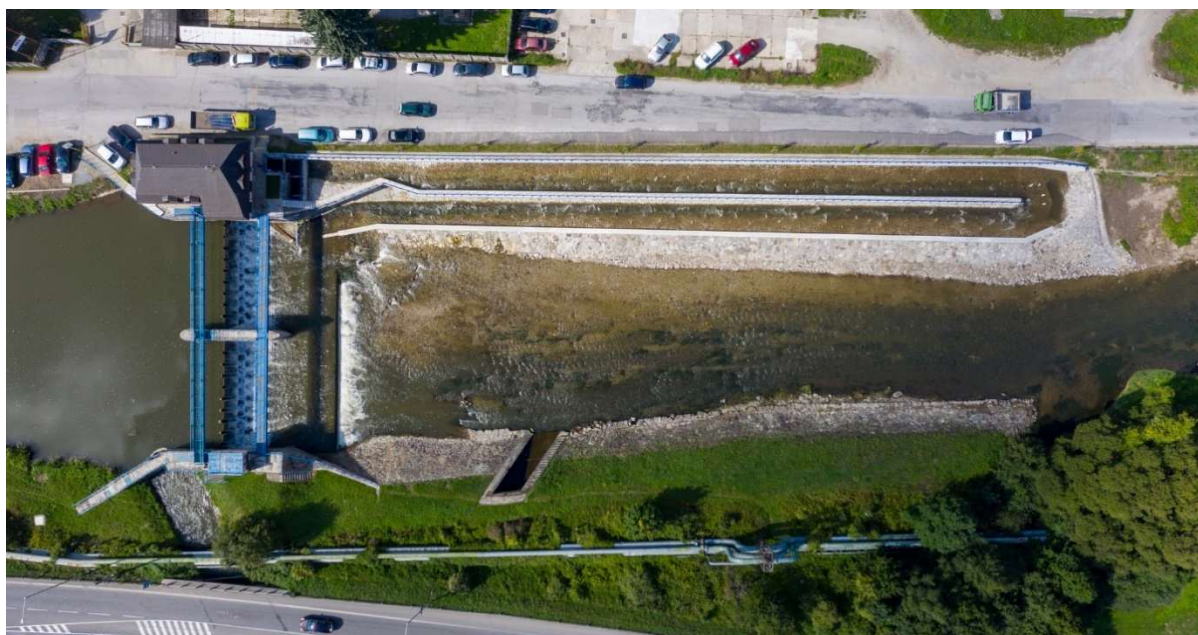
RGB



Obr.5 Rôzne možnosti interpretácie zameraných dát zo zalietania dronom

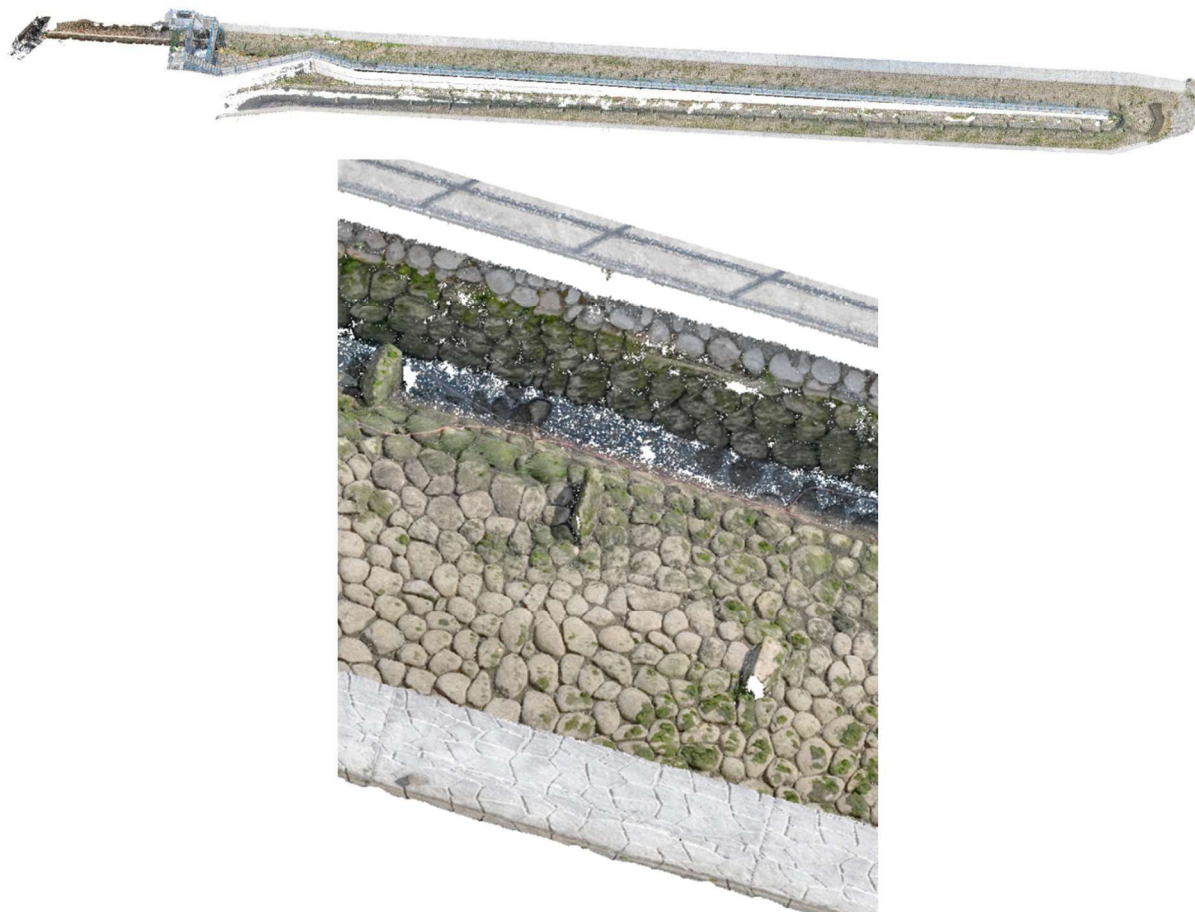
2.2 Rybovod – hať na Turci

Rybovod (Obr. 6) sa nachádza na ľavom brehu pri hati na rieke Turiec v rkm 7,530. Hať spolu s ochrannými hrádzami plní protipovodňovú ochranu a zabezpečuje odbery vody. Rekonštrukcia rybovodu bola uskutočnená v r. 2017 v rámci projektu Odstraňovanie bariér vo vodnom toku Turiec a patrí do lipňového pásma [5].



Obr.6 Letecký pohľad na rybovod na Turci

Zalietanie rybovodu na rieke Turiec sa tiež vykonávalo dronom DJI Mavick 3, ale toto meranie nebolo doplnené fotografovaním z brehu (Obr. 7).



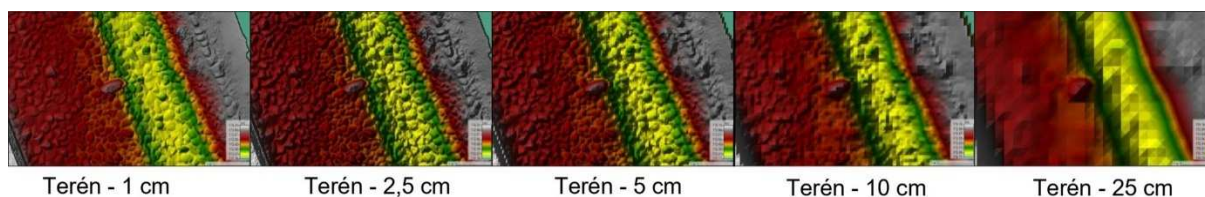
Obr.7 Zalietanie celého rybovodu na Turci dronom a detail

3. SPRACOVANIE DÁT

CloudCompare je softvér, ktorý je určený na spracovanie mračna bodov a na prácu s 3D modelmi. Umožňuje spracovať, analyzovať a vizualizovať mračno bodov získané LiDAR skenovaním alebo fotogrametriou. Výhodou tohto softvéru je možnosť spracovania neobmedzeného množstva dát [6, 7].

Pre ďalšie využitie zameraných dát pre matematické modelovanie bol CloudCompare využitý na pretransformovanie vstupných dát vo forme point cloudu do rastrového súboru, ktorý je potom možné vložiť do simulačného softvéru, akým je napr. HEC-RAS. Vybratý bol vždy len určitý úsek z oboch rybovodov, pretože pracovanie so všetkými zameranými dátami je náročné ako na výpočtovú techniku, tak aj čas. Rastrovanie súboru je v softvéri CloudCompare pomerne jednoduchý proces, pri ktorom sa dá priamo nastavovať veľkosť buniek rastra a takýmto spôsobom sa dajú v CloudCompare vytvoriť rastre rôznych rozlíšení, resp. podrobností. Vytvorený raster poskytuje rozsah nadmorských výšok modelu, ako aj veľkosť rastra vo forme počtu pixelov na šírku krát počet pixelov na výšku.

Ukážka vytvorených rastrov pre vybraný úsek rybovodu na Hrone v rozlíšení 1 cm; 2,5 cm; 5 cm; 10 cm a 25 cm je na Obr. 8 a v Tab. 1.

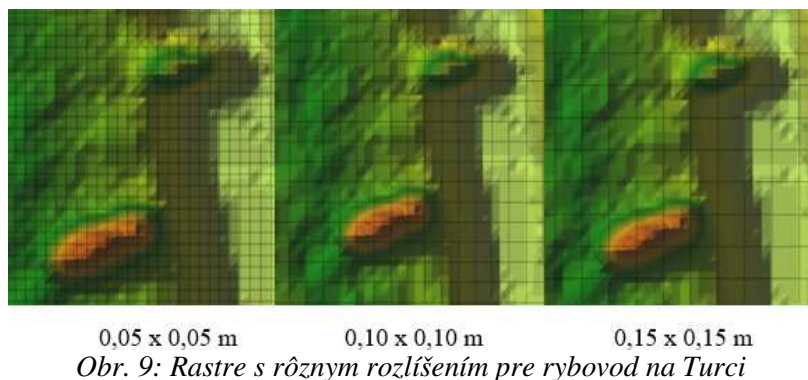


Obr. 8: Terény s rôznou podrobnosťou vytvorené z nameraného mračna bodov [3]

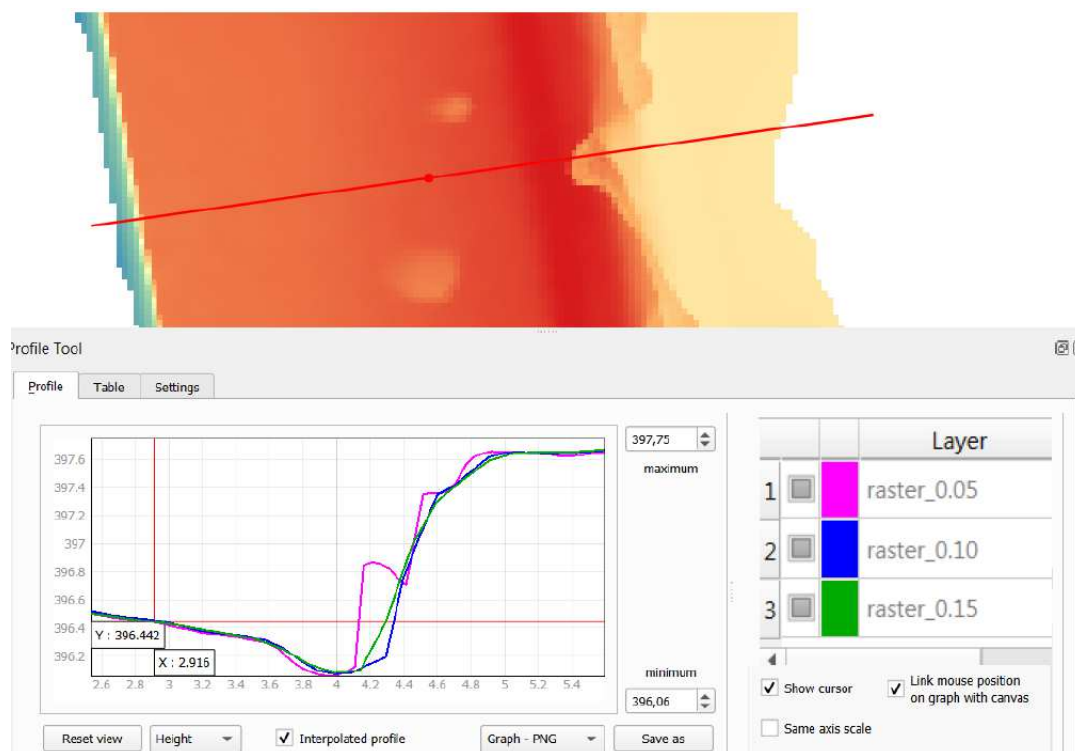
Veľkosť bunky rastra (cm)	Veľkosť rastra (pixel x pixel)	Veľkosť súboru (MB)
1	4 261 x 9 405	269,00
2,5	1 705 x 3 763	52,10
5	853 x 1 882	13,00
10	427 x 941	3,26
25	171 x 377	0,54

Tab.1 Rastre podľa veľkosti bunky [3]

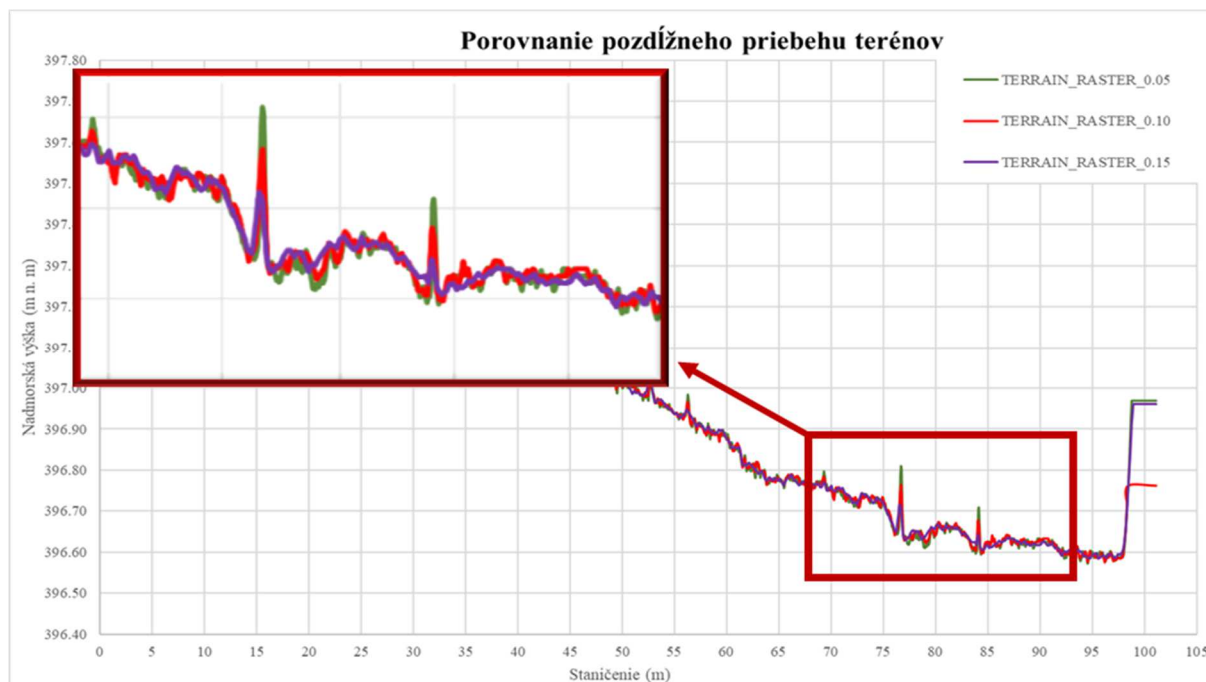
V meraniach pri rybovode na hati na Turci vznikli, najmä na kolmých brehoch (pri deliacom pilieri) a v miestach s väčšou vegetáciou, diery (viditeľné ako biele miesta na Obr. 7). Tie potom bolo potrebné v CloudCompare doplniť interpolovaním z ostatných zameraných dát. Znova boli pre vybraný úsek rybovodu generované rastre s rôznym rozlíšením (0,05 m, 0,10 m a 0,15 m) (Obr. 9). Pre lepšiu vizualizáciu, ako rozlíšenie rastra ovplyvňuje topografiu, bolo spravené v QGISe porovnanie vo vybratých rezoch rybovodu, napr. v priečnom profile so soliterným balvanom (Obr. 10) a v pozdĺžnom reze pre ľavý breh rybovodu (Obr. 11).



Obr. 9: Rastre s rôznym rozlíšením pre rybovod na Turci



Obr. 10: Porovnanie vybraného priečného profilu so soliterným balvanom pre rôznu podrobnosť terénu



Obr. 11: Pozdĺžny profil ľavého brehu – porovnanie pre rôzne rastre

4. ZÁVER

Využitie dronového zalietania bolo úspešne otestované na dvoch rybovodoch prírody blízkeho typu, na Turci a na Hrone, kde by podrobné zameranie koryta klasickými geodetickými metódami bolo zdĺhavé a menej presné, ale dalo by sa realizovať aj počas prevádzky rybovodu. Spracované dáta z dronových meraní slúžili ako podklad pre vytvorenie terénov (topografie) koryta rybovodov s rôznou presnosťou. Tieto boli ďalej importované do špecializovaného simulačného matematického modelu, kde bol skúmaný vplyv presnosti podkladu na získané výsledky hydraulických veličín, ako je hĺbka a rýchlosť, pretože tieto sú dôležitým parametrom hodnotenia funkčnosti rybích priechodov.

Bolo zreteľné, že zväčšovaním rastra, dochádzalo k vyhladzovaniu terénu (Obr. 10 – solitérny balvan na pravom brehu sa vyhladil pre rastre 0,10 a 0,15 m, Obr. 11 – najväčšie lokálne maximá dosahuje najpodrobnejší terén), čo viedlo k zmene prietocnej plochy, ktorá vstupuje do hydraulických výpočtov. Ukázalo sa ale aj to, že príliš veľká podrobnosť terénu robí problém ďalším špecializovaným softvérom, ktoré nie sú matematicky prispôbené na taký veľký detail pri riešení hydraulického modelu.

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-20-0023: Výskum hydraulických charakteristík rybích priechodov s ohľadom na ichtyologické požiadavky a č. APVV-23-0447: Optimalizácia dát z fotogrametrického a laserového skenovania vodných stavieb pre potreby hydrotechnických analýz.

5. LITERATÚRA

- [1] GISportal.cz, Slezia, P. (2020): QGIS a Mračná Bodov. 10.09. 2020. [online, prístupné dňa 26.08.2024] dostupné na: <https://gisportal.cz/qgis-a-mracna-bodov/>
- [2] Wingtra, Loosli, E. (2023): Photogrammetry vs. LIDAR: what sensor to choose for a given application. 14.06.2024. [online, prístupné dňa 26.08.2024] dostupné na:

[https://wingtra.com/drone-photogrammetry-vs-](https://wingtra.com/drone-photogrammetry-vs-lidar/#:~:text=How%20does%20LIDAR%20differ%20from,location%20data%20associated%20with%20pixels)

[lidar/#:~:text=How%20does%20LIDAR%20differ%20from,location%20data%20associated%20with%20pixels](https://wingtra.com/drone-photogrammetry-vs-lidar/#:~:text=How%20does%20LIDAR%20differ%20from,location%20data%20associated%20with%20pixels)

- [3] Rutzká, A.: *Modelovanie prúdenia v rybovode s využitím detailných geometrických údajov získaných fotogrametrickým skenovaním. Diplomová práca, SvF STU v Bratislave, 49 s., 2024*
- [4] *Katedra matematiky a deskriptívnej geometrie, SvF, STU, Haličková, J.: Rekonštrukcia plôch z 3D mračien bodov. 07.02.2014. [online, prístupné dňa 26.08.2024] dostupné na: www.math.sk/mpm/wp-content/uploads/2017/11/halickova.pdf*
- [5] Šedivá, A.: *Prírode blízky rybí priechod – 2D matematický model. Diplomová práca, SvF STU v Bratislave, 115 s., 2024.*
- [6] Pudil, J.: *Diplomová práce: Analýza geodat pro tvorbu informačního modelu budov (BIM). Praha: České učení technické v Praze, Stavební fakulta, 56 s., 2021*
- [7] Pajerský, R.: *Bakalárska práca: Uživatelské rozhranie pre vizuálnu kontrolu prekrytia 3D snímok tvárí. Brno: Masarykova univerzita v Brne, 29 s., 2021.*