

# ZAMERANIE DNA MALEJ VODNEJ NÁDRŽE ULTRAZVUKOVÝM ADCP PRÍSTROJOM

MEASUREMENT THE BATHYMETRY OF A SMALL WATER RESERVOIR USING AN  
ULTRASONIC ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER

Ing. Roman Výleta, PhD., Ing. Peter Spál, PhD., Ing. Michaela Danáčová, PhD.

## ABSTRAKT

Jedným z najväčších problémov pri prevádzke malých vodných nádrží je zanášanie sedimentmi pochádzajúcimi z poľnohospodárskej pôdy v dôsledku eróznio-transportných procesov. Pre dlhodobú udržateľnosť životnosti nádrží, ich retenčnej schopnosti, rýchlosti sedimentácie a zachovania kvality vody je dôležité poznať ich aktuálne batymetrické údaje a prebiehajúce zmeny. Cieľom tejto práce je zameranie dna malej vodnej nádrže pomocou ultrazvukového ADCP prístroja bez zabudovaného systému GPS a bez použitia člna. Metodika bola aplikovaná na malej vodnej nádrži Vrbovce, kde výsledky pochádzajúce z terénneho prieskumu boli použité na výpočet aktuálnej retenčnej kapacity nádrže.

**Kľúčové slová:** prístroj ADCP, batymetria, mála vodná nádrž

## ABSTRACT

One of the biggest challenges in the operation of small water reservoirs is the problem associated with their siltation with sediments coming from agricultural land as a result of erosion and transport processes. In order to increase the lifespan of water reservoirs, to maximize their efficiency in terms of retention capacity, and their ability to maintain good quality of water, it is necessary to know the current state and the dynamics of the changes of their bathymetry. The objective of this paper was to measure the bathymetry of a small water reservoir using an ultrasonic Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) without GPS system and without the use of a boat. The methodology was applied to the small water reservoir Vrbovce, where the results of terrain survey were used to calculate actual retention capacity of reservoir.

**Key words:** ADCP device, bathymetry, small water reservoir

## 1 ÚVOD

Vzhľadom na nerovnomerné rozmiestnenie zdrojov vody vo vzťahu k spotrebiskám, veľkú variabilitu prietokov väčšiny našich tokov, na nevyváženosť požiadaviek na vodu a kapacít zdrojov vody aj výhľadovo majú nezastupiteľnú funkciu vodné nádrže. Sú súčasťou našej krajiny, v ktorej plnia mnoho významných a dôležitých funkcií. Hlavným problémom prevádzkovania vodných nádrží z technicko-prevádzkového hľadiska je zanášanie sedimentmi z okolitých svahov prevažne využívaných na poľnohospodárske účely. Zanášanie nádrží je jav, ktorý nemôžeme odstrániť ale vieme ho minimalizovať opatreniami v povodí a okolí nádrže. Nánosy sedimentov majú negatívny vplyv na zhoršenie biologickej a ekologickej kvality akumulovanej vody, znižovanie retenčnej kapacity nádrže, obmedzenie funkčnosti a poškodenie manipulačných zariadení, ktoré vedú k postupnému zániku nádrží [1].

Možné zabezpečenie dlhodobej existencie vodných nádrží je závislé od poznania ich stavu, teda aktuálnych batymetrických údajov a prebiehajúcich zmien. Kvantifikácia vývoja sedimentačných procesov a pravidelná aktualizácia údajov o objeme nádrže a dnového sedimentu v nej umožňujú spresnenie prognóz vývoja zanášania a tiež vytvorenia predpokladov pre návrh efektívnych ochranných opatrení na minimalizáciu prísunu pôdných častíc. Problematika odnosu a sedimentácie pôdných častíc do vodných nádrží je aktuálna v mnohých krajinách sveta [2], [3], [6], [9], [10] ale aj na Slovensku [5], [7], [8]. Vo všeobecnosti je známych viacero metód na vyhodnocovanie zanášania nádrží: i) vyhodnotenie morfológických zmien na základe priameho merania sústavy priečnych profilov v nádrži; ii) zhodnotenie prevládajúcich procesov na základe priamych meraní; iii) posúdenie transportnej schopnosti prítokov s využitím teoreticko-empirických vzťahov a iv) určovanie predpokladaných morfológických zmien na základe experimentálnych, modelových výskumov.

V súčasnosti sú na určovanie zmien objemu nádrže a získavanie údajov v teréne využívané moderné geodetické technológie a akustické zariadenia. Cieľom práce je detailne popísať metodiku zberu a spracovanie batymetrických údajov malej vodnej nádrže použitím mobilného ultrazvukového zariadenia ADCP bez GPS systému a lode. Výstupom terénneho zamerania a spracovania údajov je séria bodov s informáciami o presnej polohe (X, Y) a výške (H) vodného stĺpca v danom bode a prepočet na absolútnu nadmorskú výšku meraného bodu (Z). Tieto aktuálne údaje možno použiť na analýzu retenčnej kapacity nádrže, určenie objemu sedimentov a ich rozloženie v nádrži za určité predchádzajúce obdobie. Metodický postup na získanie reliéfu dna je aplikovaný na malej vodnej nádrži Vrbovce.

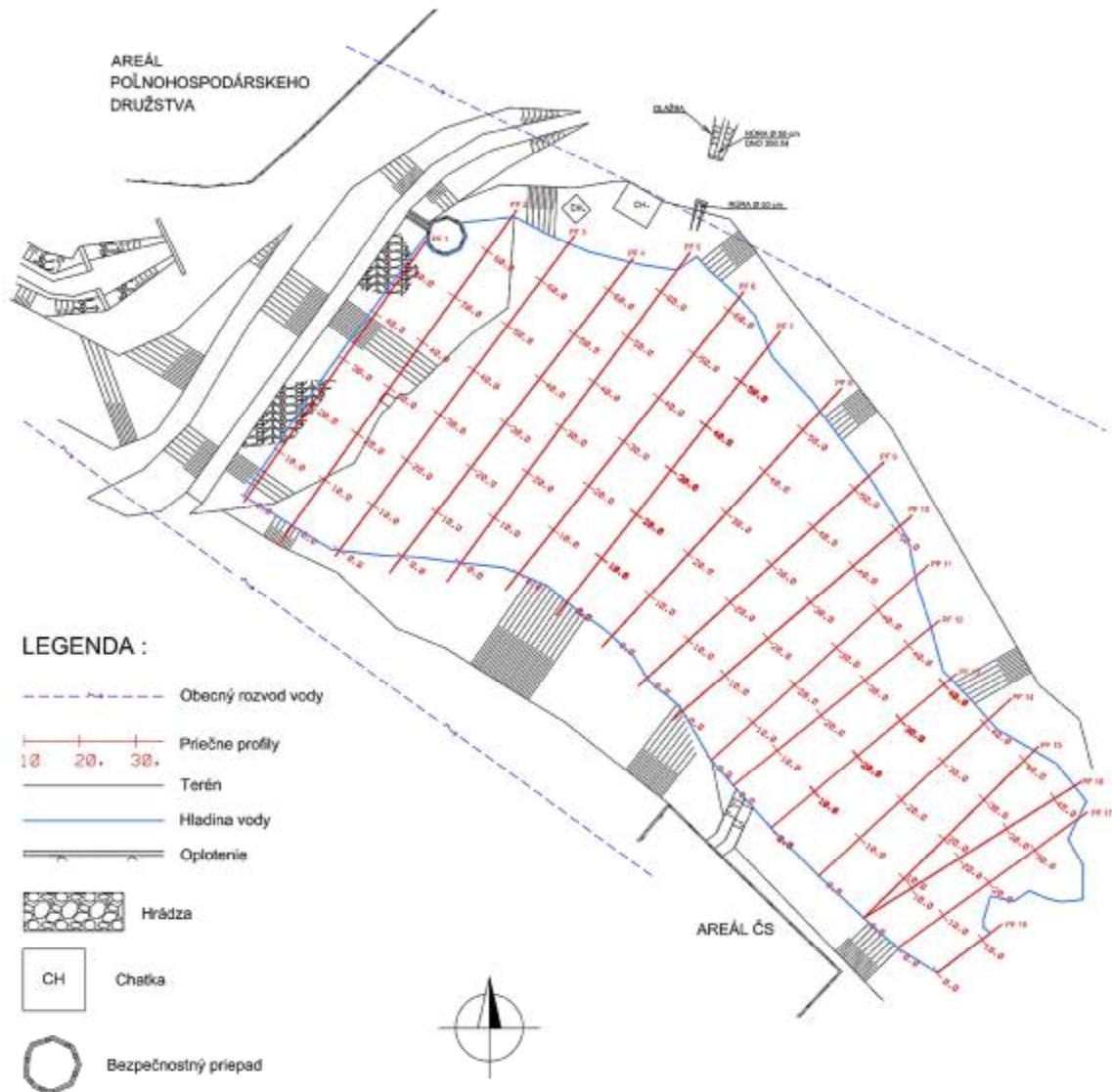
## 2 METODIKA

Zaujímavá lokalita sa nachádza na západnom Slovensku v k. ú. obce Vrbovce. Celá oblasť katastrálneho územia je chudobná na zásoby podzemných vôd. Vzhľadom na túto skutočnosť bola juhovýchodne od obce v roku 1966 vybudovaná na toku Zápasečník zásobná nádrž Vrbovce. V súčasnosti je nádrž definovaná ako viacúčelová. V minulosti slúžila najmä ako zásobáreň vody v povodí, ale dnes sa využíva hlavne na rybolov, rekreáciu a tvorí taktiež protipovodňovú ochranu obce. Počas celého roka je v nádrži zachovaná hladina vody na konštantnej nadmorskej výške, samozrejme okrem obdobia s výskytom povodňových udalostí, kedy prichádza k jej zníženiu z bezpečnostného hľadiska a ochrany obce. Záverečný profil povodia s celkovou rozlohou 3,24 km<sup>2</sup> tvorí hrádza široká v korune 3,0 m na kóte 350,0 m n. m. Návodný svah je opevnený z lomového kameňa a vzdušný svah je tvorený zahumusovaním a zatrávnením. Na dne nádrže v mieste hrádze sa nachádza výpustný objekt a mimo telesa hrádze je vybudovaný šachtový priepad vo výške 348,25 m n. m. Celá nádrž je široká okolo 85 m a dlhá vyše 150 m (pozri obr. 1).

### 2.1 Zber aktuálnych batymetrických údajov

Pri plnej prevádzke sa v apríli 2017 uskutočnilo terénne zameranie dna malej vodnej nádrže. Polohopisné a výškopisné zameranie hladiny vody bolo vykonané GPS zariadením s anténou pre informáciu o presnej polohe meraných bodov v súradnicovom systéme S-JTSK. Aktuálne batymetrické údaje boli získané pomocou ultrazvukového prístroja ADCP StreamPro (merací rozsah 0,1 – 6 m s úpravou, sensory pod uhlom 20° s frekvenciou 2 MHz) od firmy *Teledyne RD Instruments* [4], ktoré v sebe nemalo zabudovanú GPS. Komunikácia so zariadením bola zabezpečená prenosným tabletom pomocou bluetooth. Pre potreby monitorovania zanášania dna nádrže bola plocha nádrže rozdelená 18 priečnymi profilmi vo vzdialenostiach cca 10 m od seba (pozri obr.1). Samotné meranie bolo realizované po jednotlivých priečnych profiloch, pričom bolo nutné natiahnuť cez nádrž oceľové lano slúžiace na vedenie meračského prístroja v danom profile. Lano bolo uchytené o oceľové rúry

zabité v zemi na brehu nádrže a ukotvené (zaistené) pomocnými lankami o okolitý terén, kvôli napnutiu vodiaceho lana a stabilite (pozri obr. 2). Následne bol ADCP prístroj položený na hladinu, uchytý karabínou o vodiace lano a ťahaný lanom po vytýčených líniách z jedného brehu na druhý. Meranie bodov bolo realizované vo zvisliciach intervale 0,5 m medzi zameriavanými bodmi, pričom boli získané len údaje o hĺbkach. Pre kontrolu a presnejšie meranie bol každý priečny profil z jedného brehu na druhý zameraný dvakrát. Kontrolné merania preukázali dobrú zhodu s pôvodnými meraniami.



**Obr. 1** Situačná schéma vodnej nádrže s 18 vybranými priečnymi profilmi.

Koncové a začiatkové body priečných profilov (body na brehu pri hladine) boli taktiež polohopisne a výškopisne zamerané GPS zariadením, keďže použitý prístroj ADCP nemal zabudovanú GPS a bolo potrebné určiť polohopisné informácie bodov dna v jednotlivých priečných profiloch.

V rámci terénneho merania bolo taktiež vykonané polohopisné a výškopisné zameranie brehov a okolitého terénu vo výške hladiny malej vodnej nádrže GPS zariadením pre potreby prepočítania retenčnej kapacity nádrže.



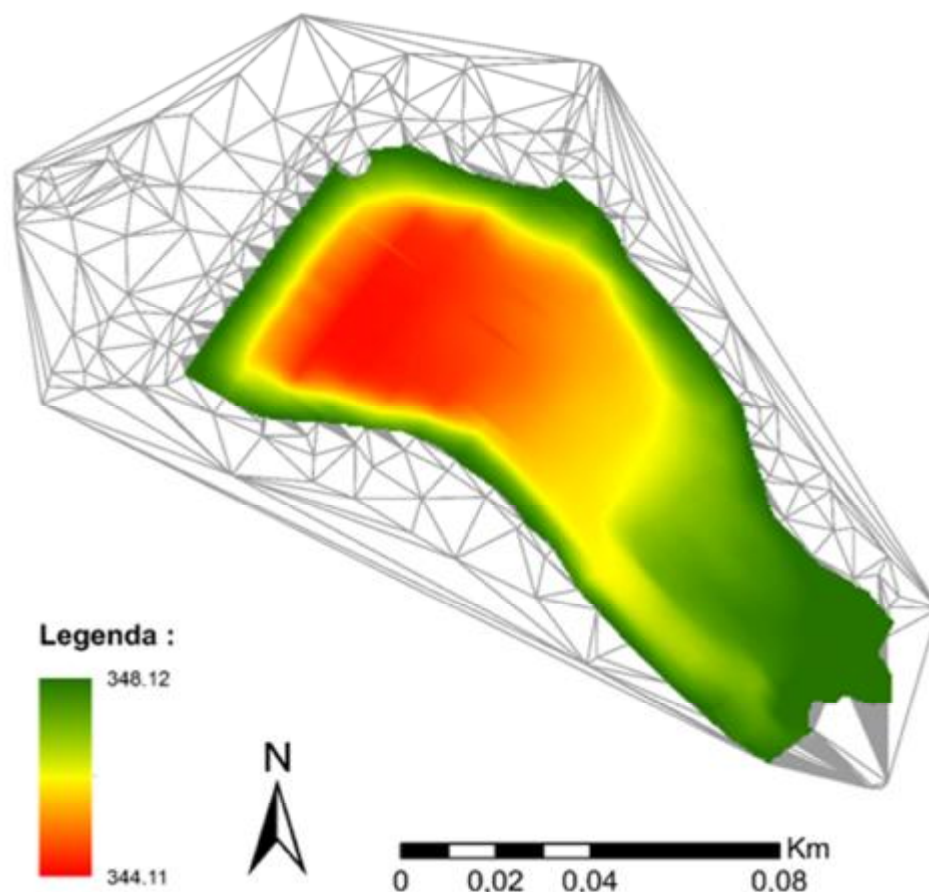
Obr. 2 Uchytenie ADCP prístroja o vodiace lano a ťahanie v trajektórii priečného profilu.

## 2.2 Spracovanie batymetrických údajov

Spracovanie terénneho merania bolo realizované v programe *WinRiver II*, ktorý je súčasťou dodávky prístrojov od firmy *Teledyne RD Instruments*. Výstupom meraní nie sú iba hodnoty o hĺbkach v meraných bodoch nachádzajúcich sa v dráhe priečného profilu, ale aj údaje o prietoku, plochách prietočného profilu, dĺžky profilu, rýchlosti prístroja a prúdenia vody, a iné. Všetky tieto charakteristiky sú ihneď k dispozícii po meraní v programe *WinRiver II* a možno teda samotné meranie kontrolovať a v prípade možných neistôt kedykoľvek opakovať. Pre potreby tejto práce boli použité len údaje o hĺbkach, ktoré boli prepočítané na absolútne nadmorské výšky dna na základe známej absolútnej výšky vodnej hladiny v čase merania (348,1 m n. m.). Keďže prístroj ADCP nemal v sebe zabudovanú GPS, presná informácia o polohe – súradnice X a Y nameraných bodov bola získaná v GIS pomocou polohopisne zameraných koncových bodov priečných profilov. Pre získanie informácie o presnej polohe meraných bodov bol použitý súradnicový systém S-JTSK.

### 3 VÝSLEDKY

Po zbere a spracovaní batymetrických údajov pochádzajúcich z terénneho merania bol vytvorený DMR súčasného stavu dna nádrže (r. 2017) v rámci záplavovej plochy pri hladine vody odčítanej v čase merania (348,10 m n. m.) vo forme rastrového súboru. Pre dostatočne presné definovanie morfológie dna bola zvolená veľkosť rastrovej bunky 0,5 m. Výsledný digitálny model povrchu dna nádrže je znázornený na obr. 3. Kapacita nádrže pri hladine vody v čase terénneho merania predstavuje hodnotu 16688,35 m<sup>3</sup>, pričom maximálna hĺbka v nádrži nachádzajúca sa pri telese hrádze je 4 m s najnižším bodom nádrže na kóte 344,11 m n. m.



Obr. 3 Digitálny model povrchu dna vodnej nádrže pri hladine vody na kóte 348,10 m n. m.

Zo spracovania polohopisných a výškopisných bodov definujúcich brehy, okolitý terén vodnej nádrže a samozrejme batymetrických údajov bol vytvorený DMR nádrže a jej okolia, pomocou ktorého boli stanovené objemy zásobného ako aj ochranného priestoru malej vodnej nádrže. Ochranný priestor sa nachádza medzi prepadovou hranou bezpečnostného priepadu a maximálnou hladinou, dosiahnutou pri prechode storočnej povodňovej vlny, t.j. zhruba 0,5 m pod kótu koruny hrádze. Kapacity nádrže definujúce tieto priestory sú uvedené v tab. 1.

Priestor nádrže	Prevýšenie [m n. m.]	Objem [m <sup>3</sup> ]
Zásobný	344,11 - 348,25	18064,40
Ochranný	348,25 - 349,50	16405,10
<b>Celkom</b>	<b>348,11 - 349,50</b>	<b>34469,50</b>

Tab. 1 Kapacita zásobného a ochranného priestoru malej vodnej nádrže.

## 4 ZÁVER

Ochrana malých území v dôsledku bleskových povodňových udalostí sa stále častejšie stáva kľúčovým problémom. Bleskové povodne tu vždy boli a aj budú, ich výskytu sa nedá úplne zamedziť. Ich účinok je možné však minimalizovať tým, že bude verifikovaný efekt ochrany realizovaných technických protipovodňových opatrení (hrádze a nádrže) pred povodňami, vzhľadom na ich reálny stav, využitie a klimatické podmienky na danom území.

V práci bola detailne opísaná metodika zberu a spracovanie batymetrických údajov zameraných ultrazvukovým prístrojom ADCP bez zabudovaného GPS systému a lode resp. zistený aktuálny reliéf dna vodnej nádrže a okolitého terénu. Výsledný DMR nádrže a okolitého terénu slúži jednak na stanovenie objemu priestorov nádrže, s udaním kót hladín a jednotlivých priestorov, aby nádrž plnila požadované funkcie, ale aj na možné určenie optimálneho spôsobu využitia vodnej nádrže alebo stanovenie intenzity jej možného zanášania pôdnymi časticami zo svahov nad nádržou. Množstvo sedimentov v nádrži v takomto prípade možno zistiť porovnaním s DMR nádrže pochádzajúcim z predchádzajúceho zamerania alebo samotnej realizácie.

### Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-15-0497, Vedeckou grantovou agentúrou MŠVVaŠ SR v rámci projektu č. VEGA 1/0891/17 a Európskou komisiou v rámci projektu 7RP RECARE, č. 603498.

### Použitá literatúra

- [1] Ahmed, K. B. and Sanchez, M. (2011). A study of the factors and processes involved in the sedimentation of Tarbela reservoir, Pakistan. *Environmental earth sciences*, 62(5), 927-933.
- [2] Ceylan, A., Karabork, H. and Ekizoglu, I. (2011). An analysis of bathymetric changes in Altınapa reservoir. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 6(2), 15-24.
- [3] Dost, R., Mannaerts, C. (2008). Generation of Lake Bathymetry Using Sonar, Satellite Imagery and GIS. ESRI UC 2008, ESRI International User Conference 2008.
- [4] Instruments, R. D. (2008). *StreamPro ADCP. Operation Manual*. San Diego: RD Instruments, s. 112.
- [5] Kočický, D., Pauk, J., Kočická, E., Gargalovič, R., Vágó, Z., Vazan, V. and Weis, K. (2002). Erózo-sedimentačné procesy na VN Klenovec. *Banská Štiavnica (Esprit s. r. o.)*, 155.
- [6] Kostaschuk, R., Best, J., Villard, P., Peakall, J., Franklin, M. (2004). Measuring flow velocity and sediment transport with an acoustic Doppler current profiler. *Geomorphology*, 68:25–37,
- [7] Kubinský, D., Lehotský, M., Weis, k. (2014b). Changes in bathymetry and land cover of riparian zone of an old artificial water reservoir Veľký Kolpašský. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 9, 171-178.
- [8] Sočuvka, V., Ivan, P., Hlavčová, K., Kohnová, S., Velísková, Y. (2016). Analýza zanášania poldra Svacenickej jark. In *Acta hydrologica Slovaca*. Roč. 17, 1, 117-124.
- [9] Yin, X. A., Yang, Z. F., Petts, G. E. and Kondolf, G. M. (2014). A reservoir operating method for riverine ecosystem protection, reservoir sedimentation control and water supply. *Journal of hydrology*, 512, 379-387.
- [10] Yun, H.S. and Cho, J.M. (2011). Hydroacoustic application of bathymetry and geological survey for efficient reservoir management. *Journal of the Korean Society of Surveying Geodesy Photogrammetry and Cartography*, 29, 2, 209-217.