

ANALÝZA ZANÁŠANIA POLDRA SVACENICKÝ JAROK

Valentín Sočuvka, Peter Ivan, Kamila Hlavčová, Silvia Kohnová, Yveta Velísková

Zanášanie údolných nádrží spôsobuje zvyčajne problém pri ich prevádzke, hlavne v súvislosti so znižovaním objemu ich akumulačného priestoru. Polder Svacenický jarok je súčasťou protipovodňovej ochrany územia, ktoré sa nachádza na západe Slovenska v katastrálnom území mesta Myjava. Príspevok predkladá opis metodiky merania a výsledky meraní aktuálnej batymetrie tohto poldra. Meranie bolo uskutočnené pomocou moderného hydrografického prístroja AUV (Autonomous Underwater Vehicle). Z nameraných údajov a pôvodných údajov o teréne v čase výstavby poldra bola vypočítaná zmena objemu akumulačného priestoru tohto poldra za päť rokov jeho prevádzky. Výsledky ukazujú, že na danom území dochádza k stálej eróznej činnosti, spôsobujúcej postupné zanášanie dna poldra.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: erózia pôdy, sedimenty, batymetria, akumulačný priestor

CLOGGING ANALYSIS OF THE POLDER SVACENICKÝ JAROK. Clogging of the valley reservoir can cause problems within their operation, mainly with regard to reducing their accumulation volume. Polder Svacenický jarok is a part of the flood protection of the territory, which is located in western part of Slovakia in cadastre of city Myjava. This contribution presents a description of the methodology and results of actual bathymetry of the polder. The measurements were provided by modern hydrographic instrument AUV (Autonomous Underwater Vehicle). From the measured data and original geodetic survey of the terrain at the time of construction of polders we calculated change of the storage volume of the polder during its five years of operation. The results show that in a given area there is gradual clogging of bottom of the polder caused by erosion.

KEY WORDS: soil erosion, reservoir storage volume, sediment, bathymetry, Svacenický jarok

Úvod

Zanášanie vodných nádrží je dôsledkom viacerých procesov, medzi ktoré patrí napríklad erózia, transport a usadzovanie dnových sedimentov v priestore nádrže. Všetky tieto procesy významne ovplyvňujú prevádzku a zároveň majú významný vplyv na riečny systém a jeho prostredie. Na území Slovenska sa nepriaznivé následky zanášania nádrží začali výraznejšie prejavovať už v 60. rokoch minulého storočia, najmä na Krpelianskej a Hričovskej nádrži na Vážskej kaskáde. V súčasnosti je podobne zanesená aj Čunovská zdrž na Dunaji pod Bratislavou. Dlhodobý monitoring a správne stanovenie objemu dnových sedimentov je základným predpokladom pre návrh efektívnych ochranných opatrení, keďže odstránenie dnových sedimentov je nevyhnutnou podmienkou, aby vodné dielo plnilo svoj účel a funkciu aj v dlhodobom horizonte. V roku 2015

bol realizovaný hydrografický prieskum a monitoring vybraných ukazovateľov kvality vody na lokalite polder – Svacenický Jarok, a to pomocou nového špičkového prístroja AUV (Autonomous Underwater Vehicle). Popis metodiky merania a výsledky meraní sú obsahom tohto príspevku.

Polder Svacenický jarok

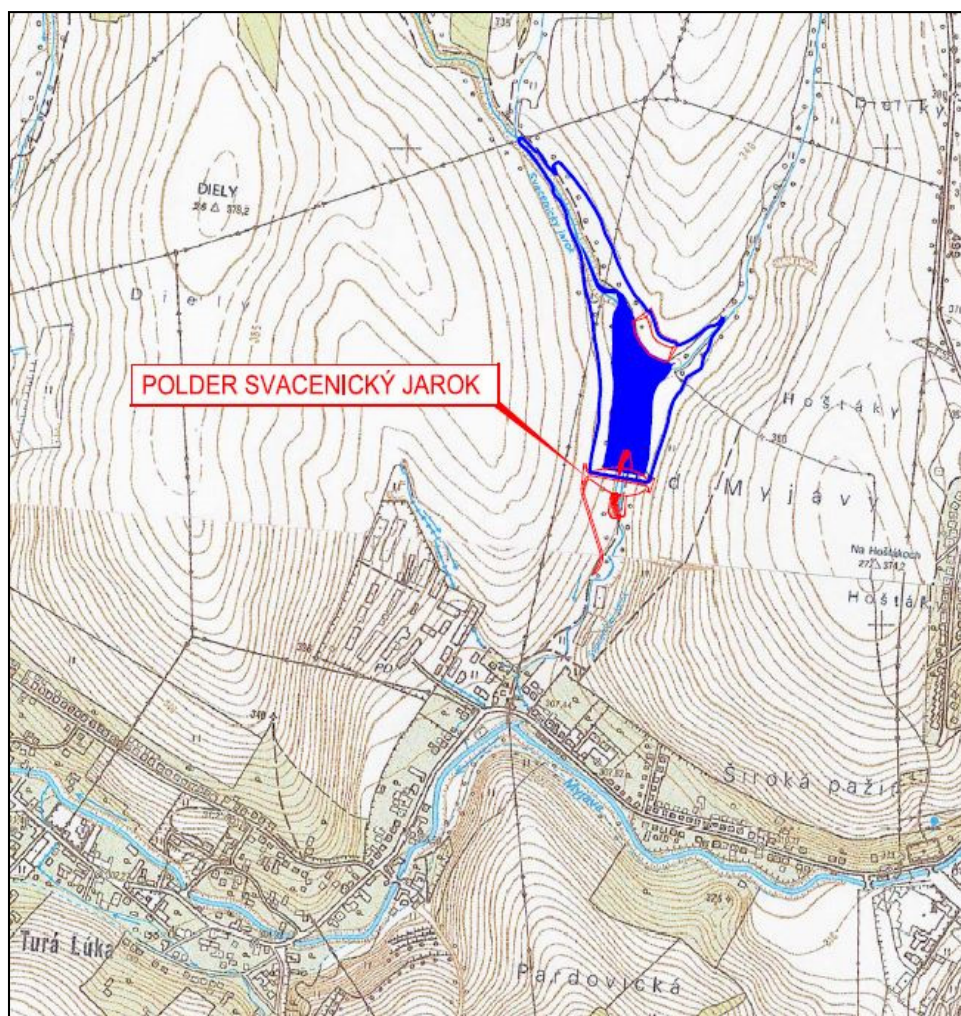
Polder Svacenický Jarok je súčasťou protipovodňovej ochrany územia, ktoré sa nachádza na západe Slovenska v katastrálnom území mesta Myjava, časť Tura Lúka. Mesto Myjava bolo v minulosti sužované častými povodňami, ktoré mali za následok veľké materiálne škody a výrazne obmedzovanie kvality života miestnych obyvateľov. Tok Svacenický jarok sa vlieva do rieky Myjava v rkm 69,0 v mestskej časti Turá Lúka (Kolárik, 2007). Polder Svacenický Jarok slúži na sploštenie

povodňových prietokov pravostranného prítoku toku Myjava -Svacenického jarku. Polder umožňuje znížiť kulminačný prietok návrhovej povodne $Q_{100} = 16,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na prietok $0,21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Zemná hrádza prehradzuje údolie čím vytvára retenčný priestor, ktorý slúži na zadržiavanie prívalových a povodňových prietokov. Projektovaný objem akumulačného priestoru poldra je $215\,808 \text{ m}^3$ a je schopný zachytiť povodňovú vlnu s objemom $207\,330 \text{ m}^3$. Tvar hrádza v návodnom svahu je v sklone 1:2,5 a vo vzdušnom svahu v sklone 1:3,0.

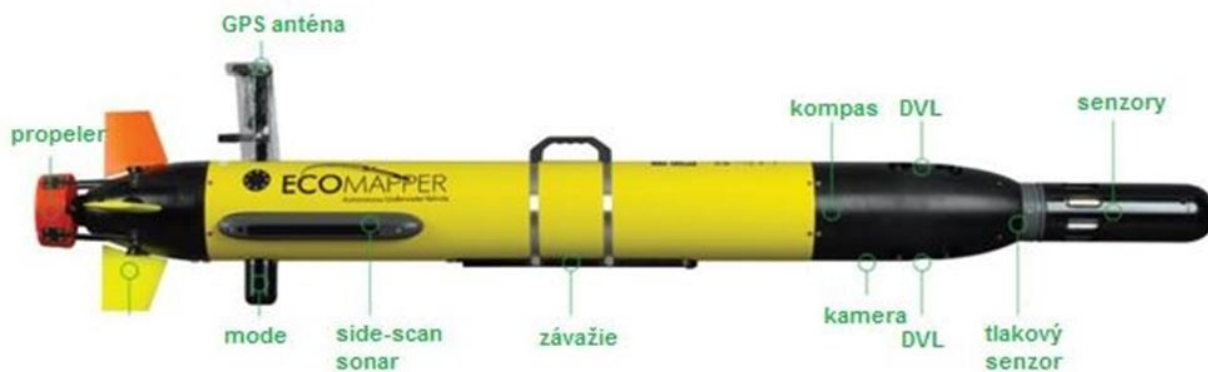
Meranie aktuálnej batymetrie poldra AUV EcoMapper

Pre hydrografický prieskum a zber údajov bol použitý AUV (Autonomous Underwater Vehicle) prístroj EcoMapper. AUV prístroje sú zariadenia, ktoré sa v súčasnosti využívajú v širokej škále hydrografického výskumu a pri priestorovom monitorovaní kvality vodného prostredia. EcoMapper bol vyvinutý firmou YSI (USA) a navrhnutý bol tak, aby umožňoval rýchly

a ľahký zber hĺbkových údajov, kvalitatívnych parametrov vody, príp. detekciu objektov pomocou side-scan sonaru. AUV EcoMapper je zariadenie, ktoré je schopné samostatne sa pohybovať na povrchu a pod povrchom vodnej hladiny a vykonávať záznam dát. Zariadenie EcoMapper tvorí hardvérová časť (obr.2) a softvérová časť, ktorá sa používa na programovanie meraní a zároveň aj pre čiastkové analýzy nameraných údajov. Z konštrukčného hľadiska zariadenie EcoMapper tvoria 3 hlavné sekcie. V prednej sekcii sú umiestnené senzory ktoré slúžia na meranie kvalitatívnych parametrov vody, tlakový senzor a, DVL senzor (Dopler Velocity Log), ktorý slúži pre navigáciu zariadenia pri meraniach pod vodnou hladinou. Stredná časť zahŕňa elektronické komponenty, batériu a integrovanú palubnú jednotku. V zadnej sekcii je umiestnený propeler a GPS anténa ktorá slúži na navigáciu počas povrchových meraní. EcoMapper počas merania (misie) zhromažďuje v sekundových intervaloch vopred zadané parametre, ku ktorým sú automaticky priradené georeferenčné dáta (zemepisná šírka, dĺžka).



Obr. 1. Lokalita Poldra Svacenický Jarak.
Fig. 1. Locations of the Polder Svacenický Jarak.



Obr. 2. YSI EcoMapper bočný pohľad (YSI,2009).

Fig. 2. YSI EcoMapper side view (YSI,2009).

Meranie hĺbky dna (batymetrie) sa uskutočňuje pomocou integrovaného viac-lúčového sonaru. Zariadenie využíva frekvenciu 500 kHz, a má presnosť meraní $\pm 0,003$ m. Merania je možné uskutočňovať vo vodných útvaroch s hĺbkou od 0,5 m do 100 m. Meranie kvalitatívnych parametrov vody zahŕňa informácie o konduktivite, teplote vody, rozpustenom kyslíku, zákale, pH, oxidačno-redukčnom potenciáli, chlorofyle, salinite a pod.

Plánovanie trasy merania

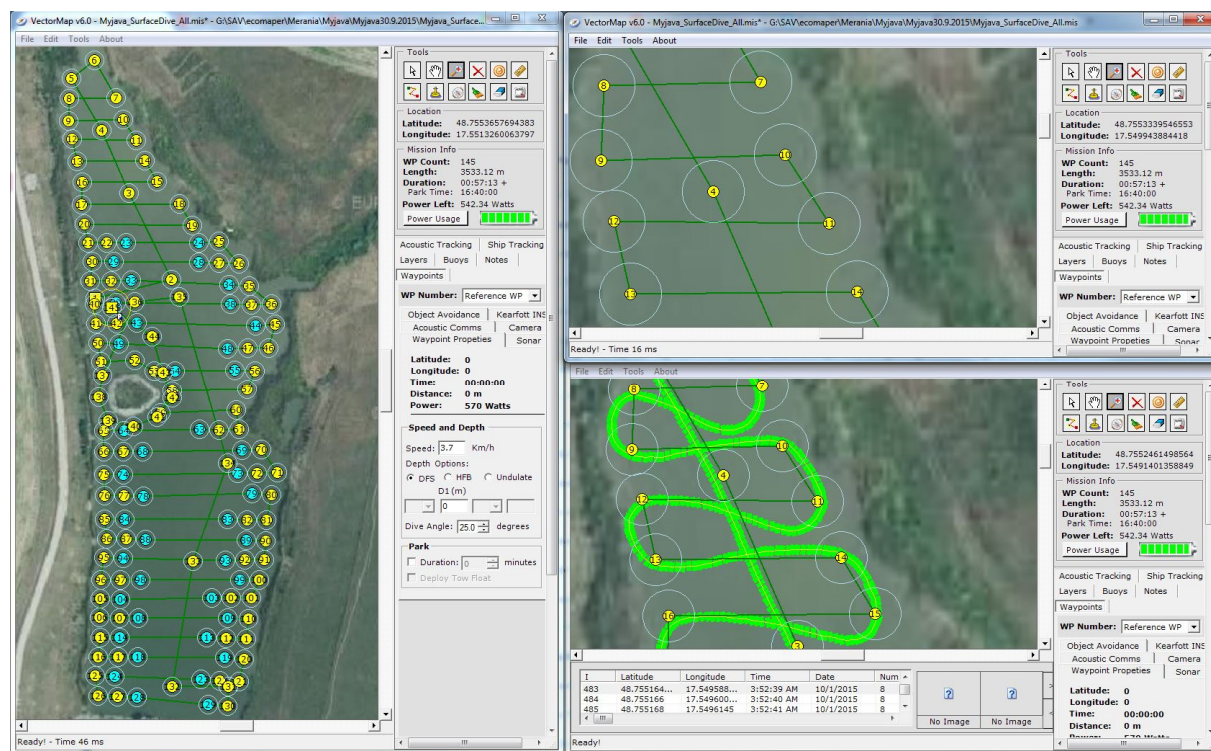
Meranie pomocou prístroja EcoMapper je založené na princípe sledovania vopred pripraveného plánu trasy, tzv. misie, ktorá je vytváraná v softvérovom prostredí VectorMap. Softvér umožňuje plánovanie viacerých meraní v priestore poldra.

Plánovanie misie zahŕňa nastavenie navigačných bodov a vzdialeností medzi navigačnými bodmi (obr. 3), hĺbky ponorov, rýchlosti merania, nastavenia požadovaného monitorovania kvalitatívnych parametrov a nastavenia opatrení pre bezpečný návrat prístroja na zadané stanovisko. Výstupom je ASCII súbor misie, ktorý je odoslaný do riadiacej jednotky EcoMapperu pred začiatkom misie (Sočuvka - Velísková, 2015). Po spustení merania AUV prístroj pracuje nezávisle od užívateľa a na navigáciu využíva integrovaný GPS s korekciami EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service, resp. v Amerike používaným systémom WASS). Ak meranie zahŕňa taktiež prieskum pod hladinou vody, na navigáciu sa využíva protokol DVL, ktorý slúži na zlepšenie presnosti navigácie pod vodou. Počas celého priebehu merania AUV prístroj sleduje trasu podľa vopred naprogramovaných bodov, ktoré sú číselne označené (obr. 3). Po dokončení merania je možné namerané data odoslať do riadiacej jednotky a počítača.

Hydrografický prieskum poldra Svacenický Jarok sa uskutočnil v 2 etapách. V rámci prvej etapy bol dňa 22.9.2015 uskutočnený predbežný prieskum poldra

prístrojom EcoMapper, pričom meranie prebiehalo len z hladiny poldra. V rámci druhej etapy (30.9.2015) bol uskutočnený detailnejší prieskum poldra, pričom meranie prebiehalo striedavo z hladiny a z hĺbky 0,5 metra pod hladinou. Cieľom bolo získanie hĺbkových údajov, kvalitatívnych ukazovateľov vody, obrázkov dna poldra a následné vytvorenie databázy týchto údajov. Pri plánovaní trasy meraní prvým krokom bolo stiahnutie satelitnej snímky a jej následné georeferencovanie v softvérovom prostredí ArcMap 10.1. Pri georeferencovaní bol použitý súradnicový systém WGS 1984/UTM 33N. Tento súradnicový systém bol následne použitý počas všetkých meraní a taktiež výsledná databáza bola vytvorená s týmto súradnicovým systémom. Georeferencovaná snímka vo formáte bola importovaná do softvérového programu Vector Map, v ktorom bola vytýčená trasa merania pomocou zadávaných bodov.

Počas povrchovej misie bolo celkovo použitých 84 navigačných bodov (obr.3). Body boli umiestnené tak, aby kopírovali brehovú čiaru poldra. Počas prvého merania bol dodržiavaný určitý odstup od brehu poldra, kvôli hustej vegetácii a malej hĺbke, hlavne v severnej časti poldra. Po zadaní navigačných bodov vznikli priečne profily, ktoré mali odstup 10 až 12 metrov. Celková dĺžka merania bola 2878,97 m. Rýchlosť prístroja EcoMapper bola nastavená na hodnotu $3,7 \text{ km.h}^{-1}$ pričom jedno meranie trvalo cca 47 minút. Interval zberu kvalitatívnych údajov a údajov o hĺbkach bol nastavený na 1 sekundu. Celkový počet zozbieraných údajov počas merania na vodnej hladine bol 3004 pre každý parameter. Na základe vyhodnotenia prvej etapy merania boli navigačné body rozšírené na celkový počet 145. Tento počet zahrnoval aj navigačné body využívané počas merania pod vodnou hladinou. Celková dĺžka merania počas druhej etapy sa zvýšila na 3533,12 m, pričom rýchlosť merania ostala na hodnote $3,7 \text{ km.h}^{-1}$. Meranie malo trvanie 57 minút a celkový počet zozbieraných údajov bol 3413 pre každý meraný parameter.



Obr. 3. Príprava misie na poldri Svacenický jarok v softvérovom programe VectorMap.
Fig. 3. Mission planning in software program VectorMap.

Výsledky a diskusia

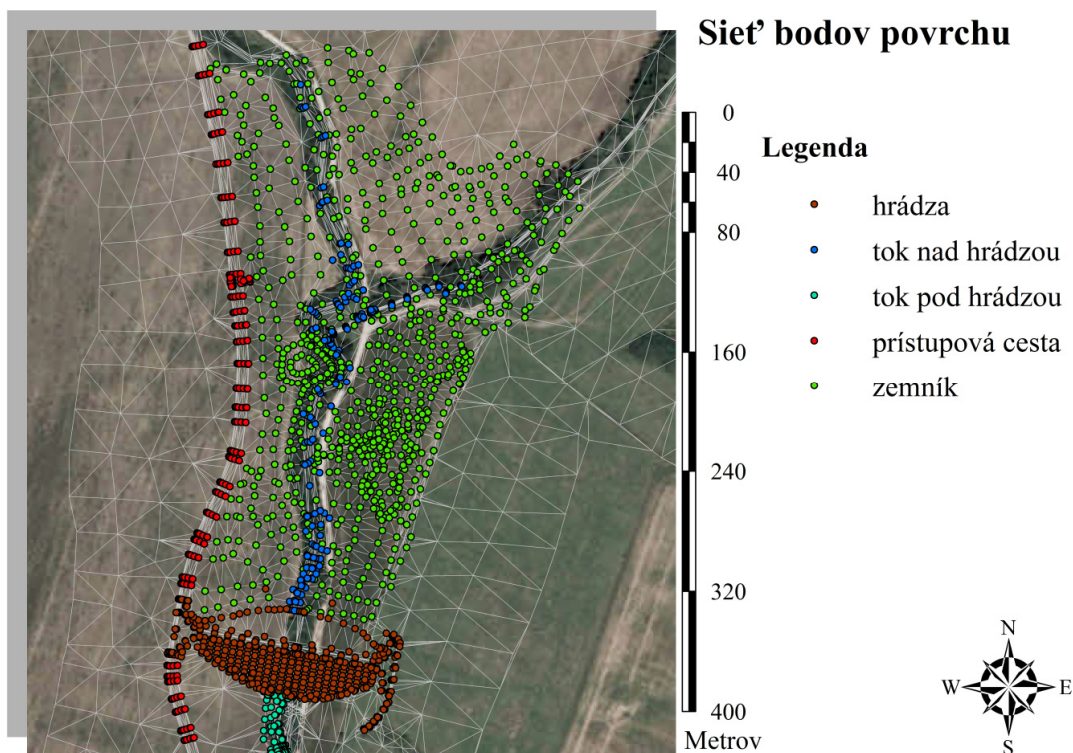
Pre dosiahnutie cieľa v podobe správneho určenia objemu sedimentov v poldri – Svacenický jarok bol zvolený nasledovný postup. Ako prvé bolo spracovanie namerných geodetických bodov porealizačného zamerania poldra. Geodetické body boli zamerané v skupinách podľa popisovaného terénneho objektu. Ako prvé boli zamerané body dokončenej hrádzze, upraveného toku pod a nad hrádzovým telesom v priebehu decembra 2010. Následne boli domerané body dokončenej prístupovej cesty a zemníka v období marec až máj 2011. Tieto body sú znázornené na obr. 4, kde sú hnedou farbou znázornené body hrádzového telesa. Ďalej je znázornená morfológia dna upraveného toku modrou farbou nad hrádzou a svetlo modrou pod hrádzou. Na západnej strane sú červenou označené body prístupovej cesty. Samotnú morfológiu zemníka vykresľujú zelené body. Navyše sú na obrázku šedými čiarami znázornené línie detailnejšie popisujúce morfologické vzťahy medzi bodmi.

Po spracovaní geodetických bodov boli tieto využité pri tvorbe digitálneho modelu terénu. Tento model bol vypracovaný za cieľom podrobného morfologického popisu dna poldra. Dno bolo vymodelované iba v rámci zaplavenej plochy pri danej hladine vody. Hladina vody 316,45 m n. m. bola odčítaná počas merania sedimentov

22. septembra 2015. Pre dostatočne presné definovanie morfológie dna bola zvolená veľkosť štvorcovej rastrovej bunky 1m. Výsledný digitálny model reliéfu dna poldra je znázornený na obr. 5.

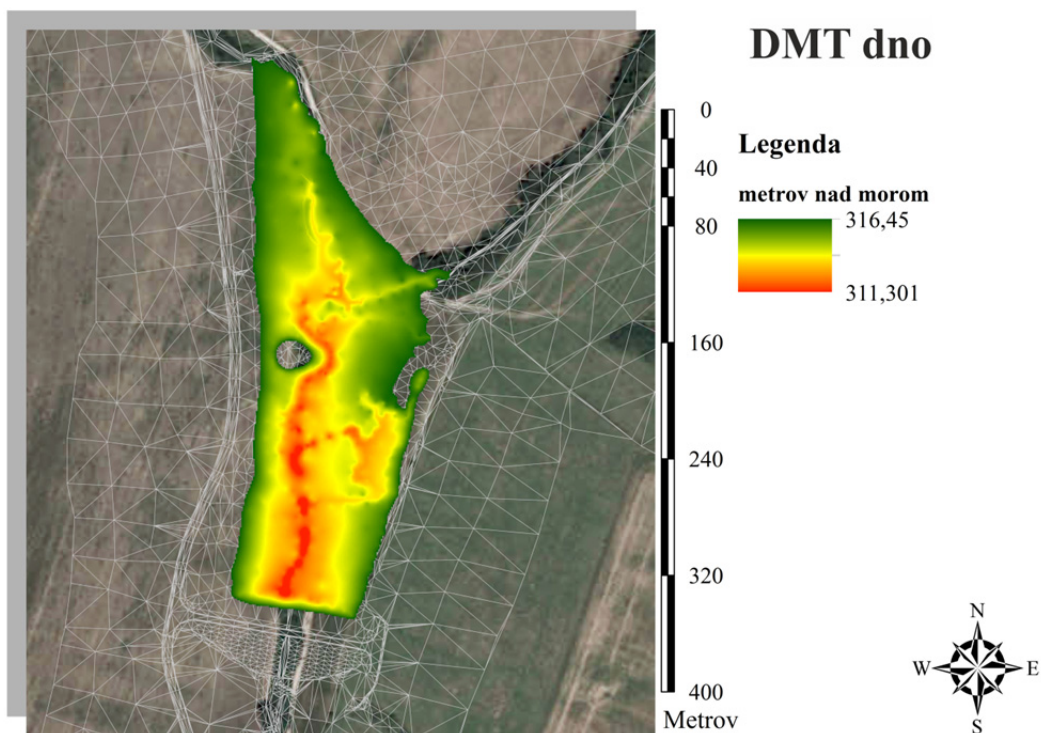
Výstupom zo zamerania sedimentov bola sieť bodov zobrazená na obr. 6. Táto sieť bola využitá na vytvorenie súčasnej morfológie dna po usadení sedimentov. Avšak pri tvorbe tohto modelu dna so sedimentami bolo dôležité zadefinovať morfológiu v miestach, kde neboli zamerané body. Jednalo sa hlavne o oblasti pri brehu s hĺbkou vody menšou ako 20 cm, kde sa nedostalo meracie zariadenie. Taktiež aj v tomto prípade bola zvolená rovnaká veľkosť rastrovej bunky. Výsledný model terénu dna po usadení sedimentov je zobrazený na obr. 7.

Poslednou analýzou bolo zistenie výškového rozdielu medzi digitálnym modelom terénu pred a po naplavení sedimentov. Výsledky tejto analýzy sú zobrazené na obr. 8. Miesta, kde došlo k usadeniu sedimentov sú označené zelenou farbou a jej odtieňmi. V sledovanom zaplavenom území sme zaznamenali maximálnu výšku usadených sedimentov 1,74 m, ktoré sú lokalizované v blízkosti hrádzového telesa. Ostatné lokality v ktorých došlo k odpľaveniu substrátu sú označené žltou, oranžovou až červenou farbou podľa výšky erodovaného substrátu. Maximálna hĺbka odpľaveného sedimentu dosiahla 0,54 m.



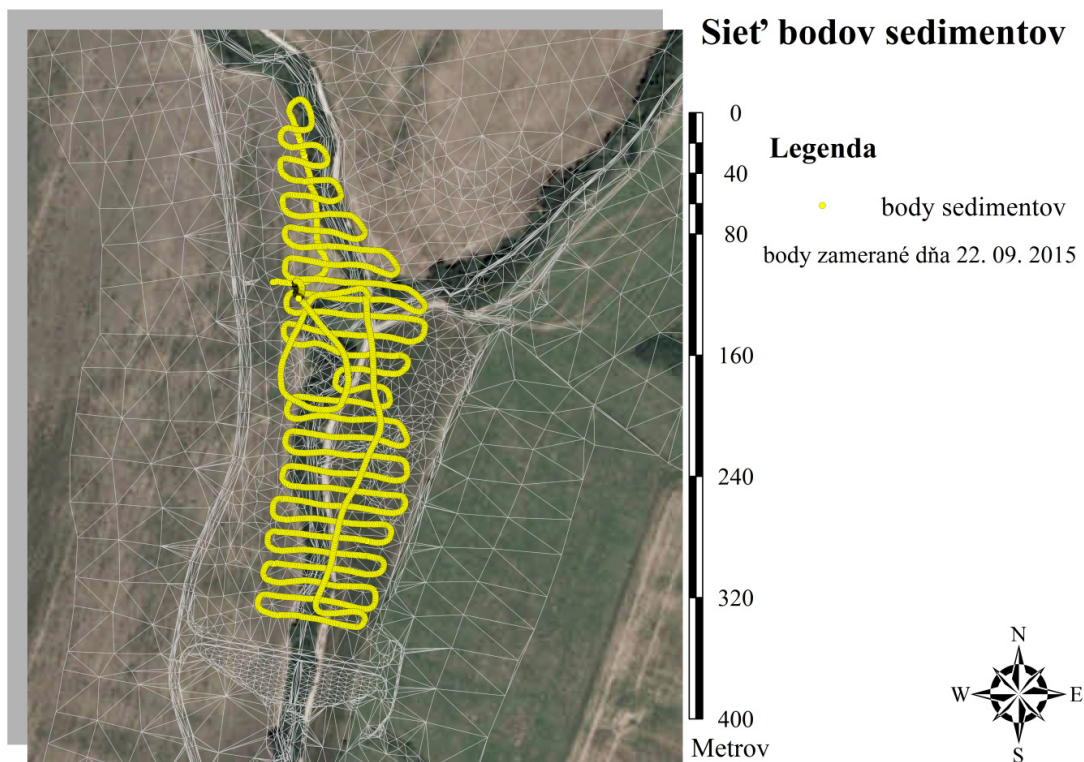
Obr. 4. Sieť geodetických bodov zamerania oblasti Svacenického jarku v softvérovom programe ArcMap 10.1.

Fig. 4. The network of geodetic points in Svacenický jarok area in software program ArcMap 10.1.



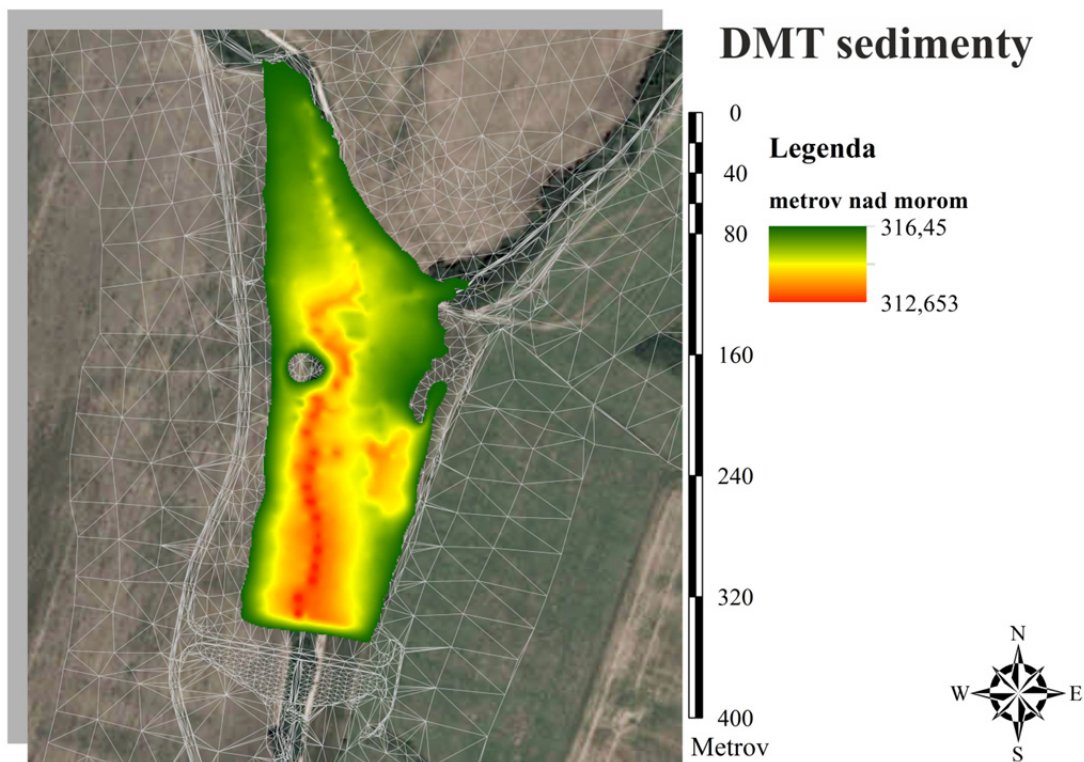
Obr. 5. Digitálny model terénu Svacenického jarku v softvérovom programe ArcMap 10.1.

Fig. 5. Digital terrain model of Svacenický jarok in software program ArcMap 10.1.



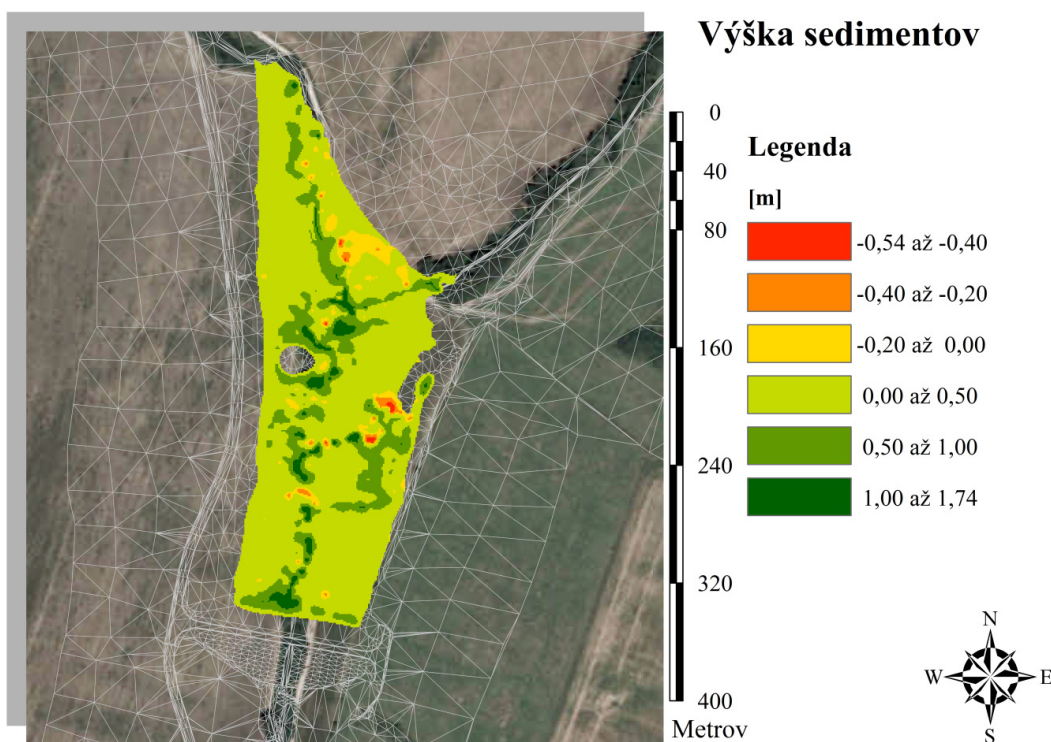
Obr. 6. Sieť bodov a trasa zamerania sedimentov v softvérovom programe ArcMap 10.1.

Fig. 6. The network of sediment points in software program ArcMap 10.1.



Obr. 7. Digitálny model povrchu sedimentov v softvérovom programe ArcMap 10.1.

Fig. 7. Digital terrain model of sediments in software program ArcMap 10.1.



Obr. 8. Výška sedimentov zobrazená v softvérovom programe ArcMap 10.1.
Fig. 8. Height of sediments in software program ArcMap 10.1.

Získané hodnoty objemov a plôch potvrdzujú počiatočné predpoklady o sedimentačných procesoch prebiehajúcich v poldri Svacenický jarok. Podľa analýz vykonaných v programe ArcMap 10.1 bolo zistené, že za sledované obdobie piatich rokov sa usadilo $10\,694\text{ m}^3$ sedimentov na ploche $30\,751\text{ m}^2$. Pritom za rovnaké obdobie sa z pôvodného dna Svacenického jarku erodovalo 179 m^3 z plochy $1\,693\text{ m}^2$. Po odčítaní hodnôt erodovaného dna možno konštatovať, že v priebehu piatich rokov sa v Svacenickom Jarku usadilo cez $10\,515\text{ m}^3$ sedimentov, pričom celková zaplavená plocha pri hladine $316,45\text{ m n. m.}$ bola $32\,444\text{ m}^2$. Z výsledkov analýz je možné záverom konštatovať, že objem akumulačného priestoru poldra pri danej výške hladiny sa znížil za obdobie jeho prevádzky o $19,7\%$.

Záver

Intenzívne erózne-sedimentačné procesy v povodiach vodných tokov významne ovplyvňujú prevádzku a funkčnosť ochranných vodohospodárskych stavieb vybudovaných aj v nedávnej minulosti. Základným predpokladom pre udržanie ich dlhodobej funkčnosti je detailný monitoring daného územia a návrh účinných ochranných opatrení. Cieľom tohto príspevku bola analýza zanášania poldra Svacenický jarok počas jeho päťročnej prevádzky. Na základe hydrografických meraní a uskutočnených analýz v softwarovom prostredí ArcMap 10.1, bolo zistené usadenie viac ako $10\,515\text{ m}^3$

dnových sedimentov v prostredí poldra Svacenický jarok. To predstavuje zníženie objemu akumulačného priestoru poldra pri danej výške hladiny o približne 19% v priebehu piatich rokov. Ak takáto erózna činnosť a následná akumulácia sedimentov v priestore poldra Svacenický jarok bude pokračovať i v nasledujúcich rokoch, môže to znížiť pôvodnú protipovodňovú funkciu poldra. Preto v rámci ďalšieho výskumu bude cieľom navrhnúť vhodné protierózne opatrenia a opatrenia manažmentu povodia tak, aby sa táto erózna činnosť na povodí Svacenického jarku čo v najväčšej miere eliminovala.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore Vedeckej grantovej agentúry prostredníctvom projektov VEGA 2/0058/15 a VEGA 1/0710/15.

Literatúra

- Kolarik, J., a kol. (2007): Mesto Myjava návrh protipovodňových opatrení, Zámer, 1-38 p.
- Sočuvka, V., Velísková, Y. (2015): Určenie batymetrie a kvality vody v nádrži pomocou AUV prístroja, Konferencia: Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia a fyzika vody v pôde, Zemplínska šírava, Jún, 2-4, 2015, Slovenska republika.
- YSI Ecomapper operation manual, (2009): YSI (Yellow Springs Instruments).

CLOGGING ANALYSIS OF THE POLDER SVACENICKÝ JAROK

Erosion, transport and deposition of sediments in valley reservoir represent a significant impact on their operation, mainly with regard to reducing their accumulation volume. Monitoring of morphological parameters and their changes over time is one of the crucial information in the field of water research and operations. During September 2015 AUV EcoMapper has been used to gather the data information on polder Svacenický jarok. Data includes information about depth and water quality parameters. The results of the surveying are the GIS datasets and maps which provide higher resolution of bathymetric data and contours of the bottom reservoir. To display the relief of the bottom

was used software ArcMap 10.1. Figure 5 shows Digital terrain model of Svacenický jarok before acceptance run in 2010. Figure 7 shows Digital terrain model after 5 years of operation. Based on the current status of the bottom bathymetry the current status of clogging the reservoir was evaluated. Subsequently (Fig. 8), comparison of reservoir clogging over the years was created.

After evaluation of all analyzes, we can conclude that within five years of acceptance run has been accumulated 10,515 m³ of bottom sediments on the Polder Svacenický jarok. It therefore follows that erosion, sedimentation and their repetitive surveying is very important in water reservoir management.

Ing. Valentín Sočuvka
Ing. Yveta Velísková, PhD.
Ústav Hydrológie SAV
Dúbravská cesta 9,
841 04 Bratislava 4
Tel: +421 948 006 249
E-mail: socuvka@uh.savba.sk
veliskova@uh.savba.sk

prof. Ing. Silvia Kohnová, PhD.
prof. Ing. Kamila Hlavčová, PhD.
Ing. Peter Ivan
Katedra vodného hospodárstva krajiny
SvF STU Bratislava
Radlinského 11
810 05 Bratislava