

## ZMENY RELIÉFU DNĀ A AKUMULAČNÉHO OBJEMU UMELEJ VODNEJ NÁDRŽE A INTENZITA JEJ ZANÁŠANIA ZA OSTATNÝCH 125 ROKOV – PŘÍKLAD VEĽKEJ RICHŇAVSKEJ

DANIEL KUBINSKÝ\*, JAKUB FUSKA\*\*, KAROL WEIS\*, MILAN LEHOTSKÝ\*\*\*,  
JOZEFÍNA POKRÝVKOVÁ\*\*

**Daniel Kubinský, Jakub Fuska, Karol Weis, Milan Lehotský, Jozefína Pokrývková: Changes of the bottom relief and accumulation volume of an artificial water reservoir and intensity of its silting for the last 125 years. Example of Veľká Richňava, Geomorphologia Slovaca et Bohemica, 13, 2013, 2, 6 figs., 2 tabs., 29 refs.**

The aim of the study was the analysis of elevation and volume changes in the bottom of water reservoir Veľká Richňavská based on comparison of situations in 1888 and 2013, i.e. after 125 years. Changes of the bottom elevation of this reservoir were identified based on comparison of bathymetric data from the historical map from 1888 with the present data (2013) obtained by the geodetic field survey. Processing of all data has been executed in the GIS environment. Volume of sediments was computed using the bottom models for two time horizons, 1888 and 2013. Results have shown that in 125 years 110,494 m<sup>3</sup> of sediments were deposited. It represents the diminishment of the accumulation volume of the reservoir by 14.22 % and the speed of siltation ranges between 31.9 and 15.5 mm year<sup>-1</sup>. The research also comprised detection of LC types in the bank zone as indicators of possible supply of sediments to the reservoirs. LC types were identified using the data obtained from aerial survey photos (1949) and orthophotomaps from 2006 updated for 2013. Analysis of changes in areas of LC types indicates increase of categories strongly supporting abrasion of banks, speed of supply and transfer of sediments to the reservoir (by 5121 m<sup>2</sup>), and increased amount of organic matter in the reservoir.

**Key words:** artificial water reservoir, bottom relief, accumulation volume, rate of silting, ultrasonic measurement, riparian zone

### ÚVOD

Akumulácia sedimentov je jedným z najzávažnejších faktorov, ktoré ohrozujú všetky typy vodných nádrží. Spôsobujú celý rad negatívnych dôsledkov, najzávažnejšími sú strata úžitkového objemu, poškodenie manipulačných zariadení, ovplyvňuje zmeny biologickej a ekologickej kvality vody, vedie až k postupnému zániku nádrží (AHMED a SANCHEZ 2011, PRADHAN et al. 2011, RISTIĆ et al. 2013). Téma je vo svete vysoko aktuálna (CHANG et al. 2003, BODDY a GANSKE 2005, MCALISTER et al. 2013). Aby bolo možné dlhodobo udržať životnosť nádrží, ich dôležitú retenčnú schopnosť, poznať rýchlosť sedimentácie a zachovať kvalitu vody je potrebné poznať ich aktuálne batymetrické údaje a prebiehajúce zmeny. Pravidelná aktualizácia údajov o objeme vody a dnového sedimentu v nádrži umožňujú zrealizovanie prognóz zanáša-

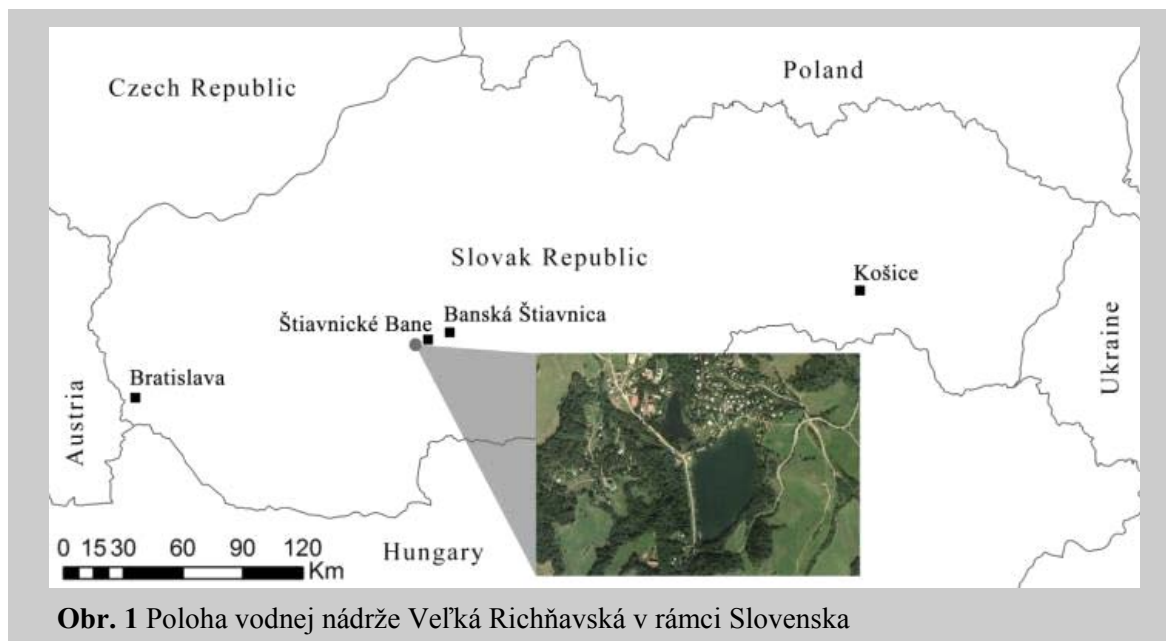
nia. Z dlhodobého hľadiska to umožňuje vytvorenie relevantných predpokladov pre návrh efektívnych ochranných opatrení na minimalizáciu prísunu sedimentov a ďalších negatívnych dôsledkov. Z tohto dôvodu by mali byť pravidelne vyhotovované batymetrické mapy. Následnou realizáciou účinných opatrení v povodí, ako aj pri prevádzke vodnej nádrže, môže byť dosiahnuté zmiernenie negatívnych dôsledkov, najmä v súčasnej dobe stúpajúcich nákladov na prevádzku a údržbu nádrží.

Viacere štúdie zamerané pre určenie zmien objemu a získavanie údajov v teréne na Slovensku aj v zahraničí využívali moderné geodetické technológie a akustické zariadenia (CHILDS et al. 2003, JORDAN a FONSTAD 2005, KRESS et al., 2005, AWULACHEW 2006, DOST a MANNNAERTS 2008, ELČI et al. 2009, CHOŇSKI a PTAK 2009, CEYLAN et al. 2011, YUN a CHO 2011). Na Slovensku sa problematike dlhoročne venuje Výskumný

\* Katedra biológie a ekológie, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovensko, e-mail: posta@dkubinsky.sk; karol.weis@umb.sk

\*\* Katedra krajinného inžinierstva, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita, Hospodárska 7, 949 76 Nitra, Slovensko, e-mail: fuska.jakub@gmail.com; xpokryvkova@is.uniag.sk

\*\*\* Geografický ústav Slovenskej akadémie vied, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava, Slovensko, e-mail: geogleho@savba.sk



Obr. 1 Poloha vodnej nádrže Veľká Richňavská v rámci Slovenska

ústav vodného hospodárstva (ďalej VÚVH), niektoré súkromné spoločnosti a v posledných rokoch aj Fakulta prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici. Využitie týchto metód bolo použité aj pri výskume ďalších historických vodných nádrží v okolí Banskej Štiavnice, napr. Veľkej Kolpašskej nádrže (KUBINSKÝ et al. 2014).

Pre zhodnotenie sedimentačných procesov je potrebné poznať rozsah a príčiny zanášania ako aj prebiehajúce zmeny brehovej zóny ovplyvňujúcej brehovú eróziu a transport terestrického materiálu do priestoru nádrže. Brehová zóna je komplexná entita interakcie akvatických a terestrických prírodných systémov, je dôležitá jej poznávanie a manažment (NAIMAN et al. 2005). Často sa označuje ako brehová alebo pririečna nárazníková (bufrová) zóna, ktorá výrazne ovplyvňuje transportno-sedimentačné procesy (MALANSON 1993, HUPP a OSTERKAMP 1996, HALAJ et al. 2011, CEBECAUEROVÁ a LEHOTSKÝ 2012).

Cieľom štúdie je na základe batymetrických meraní zistiť aktuálny (pre rok 2013) reliéf dna umelej vodnej nádrže Veľká Richňavská a jeho porovnaním s historickými údajmi z roku 1888 určiť objem sedimentov v nádrži a intenzitu jej zanášania ako aj analýza súčasného stavu a vývoja štruktúry krajinnej pokrývky brehovej zóny vodnej nádrže ako areálov diferencujúcich potenciálne zdroje prísunu sedimentov do nádrže za obdobie rokov 1949 – 2013 a určiť možné príčiny trendu zanášania.

## SKÚMANÉ ÚZEMIE

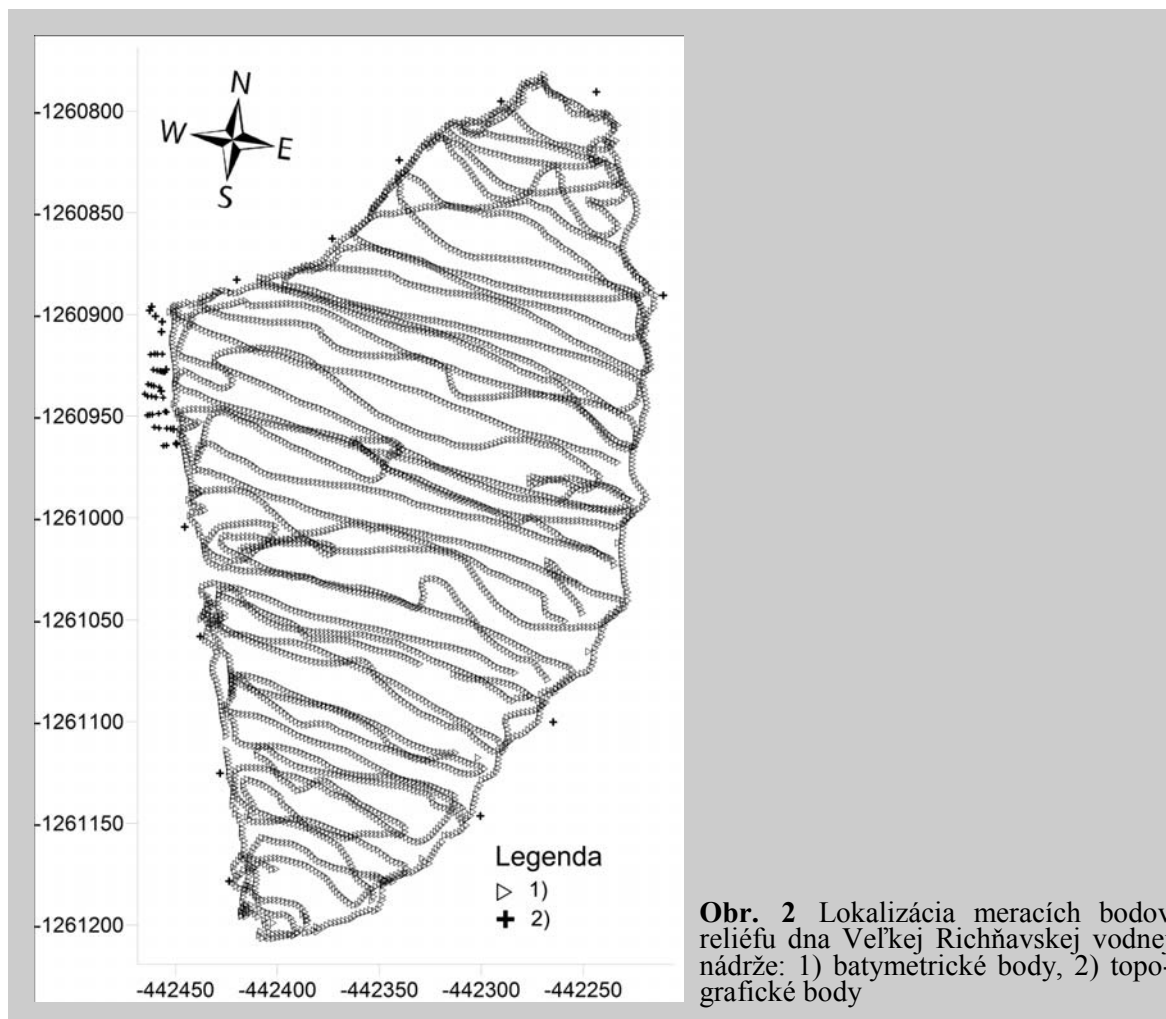
Vodná nádrž Veľká Richňavská je súčasťou historického vodohospodárskeho systému, kto-

rý je spolu s mestom Banská Štiavnica uvedený pod č. 400 *Banská Štiavnica a technické pamiatky v jej okolí* ako súčasť svetového prírodného a kultúrneho dedičstva UNESCO. Je to významná technická pamiatka, ktorá dokumentuje vyspelosť vodohospodárskych stavieb v minulosti. Pôvodne existovala len jedna vodná nádrž Richňava, ktorá bola postavená v roku 1738 – 1740 svetoznáмым konštruktérom Samuelom Mikovínom. Pre netesnosti hrádze bola táto ešte v roku 1746 rozdelená, čím vznikla Malá a Veľká Richňavská. Po zániku baníctva v 2. pol. 20. storočia stratil tento vodohospodársky systém svoj primárny účel, a to poskytovať vodu pre potreby banského priemyslu, alebo pre odvodňovanie banského podzemia. Napriek tomu sa vodná nádrž Veľká Richňavská dodnes vo veľkej miere využíva na rekreáciu, extenzívny chov rýb, významne prispieva k protipovodňovej ochrane a má potenciál zásobárne s pitnou vodou. Situovaná je v katastri obce Štiavnické Bane, 12 km od Banskej Štiavnice, na Slovensku (Obr. 1) na rozvodnici povodí, takmer bez vlastného mikropovodia. Zásobovaná je vodou predovšetkým zo systému zberných jarkov a vodných štôlní. Maximálny objem nádrže v roku 1888 bol 776 657 m<sup>3</sup> (KAMENÁR a MUZSNAI 1888).

## METÓDY

### TOPOGRAFICKÉ A BATYMETRICKÉ MERANIA

Terénny výskum bol realizovaný 10. júla 2013. Meranie bolo vykonané pomocou bezkontaktného systému meracou zostavou pozostávajúcou z GPS prijímača Leica 1200+ prepojeného so sonarom Garmin GPSmap 421s (200



**Obr. 2** Lokalizácia meracích bodov reliéfu dna Veľkej Richňavskej vodnej nádrže: 1) batymetrické body, 2) topografické body

kHz sonda s meracím lúčom  $14^{\circ}/45^{\circ}$ ). Meracia zostava bola fixovaná na raftovom čle poháňanom elektromotorom. Použitý GPS prijímač umožňuje zber údajov RTK metódou (Real time kinematic), pri ktorej výrobca udáva presnosť merania  $10\text{ mm} + 1\text{ ppm}$  v polohe (horizontálna presnosť) a  $20\text{ mm} + 1\text{ ppm}$  vo výške (vertikálna presnosť) (LEICA GEOSYSTEMS 2005). Zameranie prebehlo v profiloch vo vzdialenosti 20 m. Pre zachytenie súčasnej brehovej línie bola zameraná séria topografických bodov. Počas meraní bolo zaznamenaných celkom 4747 bodov charakterizujúcich priebeh reliéfu dna (**Obr. 2**), vrátane spresňujúcich meraní v blízkosti brehovej čiary.

Zdrojom dát o pôvodnom reliéfu dna nádrže bola historická mapa s izobatami, konštruovaná pre výpočet jej kubatúry pod názvom *Mapa výpočtu kubatúry Malého a Veľkého Richňavského jazera v Stiavnických Baniach – pôdorys z roku 1888* (**Obr. 3**) v mierke 1:1 000 (KAMENÁR a MUZSNAI 1888).

Mapa bola skenovaná s 300 dpi rozlíšením vo formáte TIFF. Jednotlivé vrstevnice boli vektorizované v GIS softvéri Surfer. Vrstevniciam bola priradená výšková hodnota Z. Tá bo-

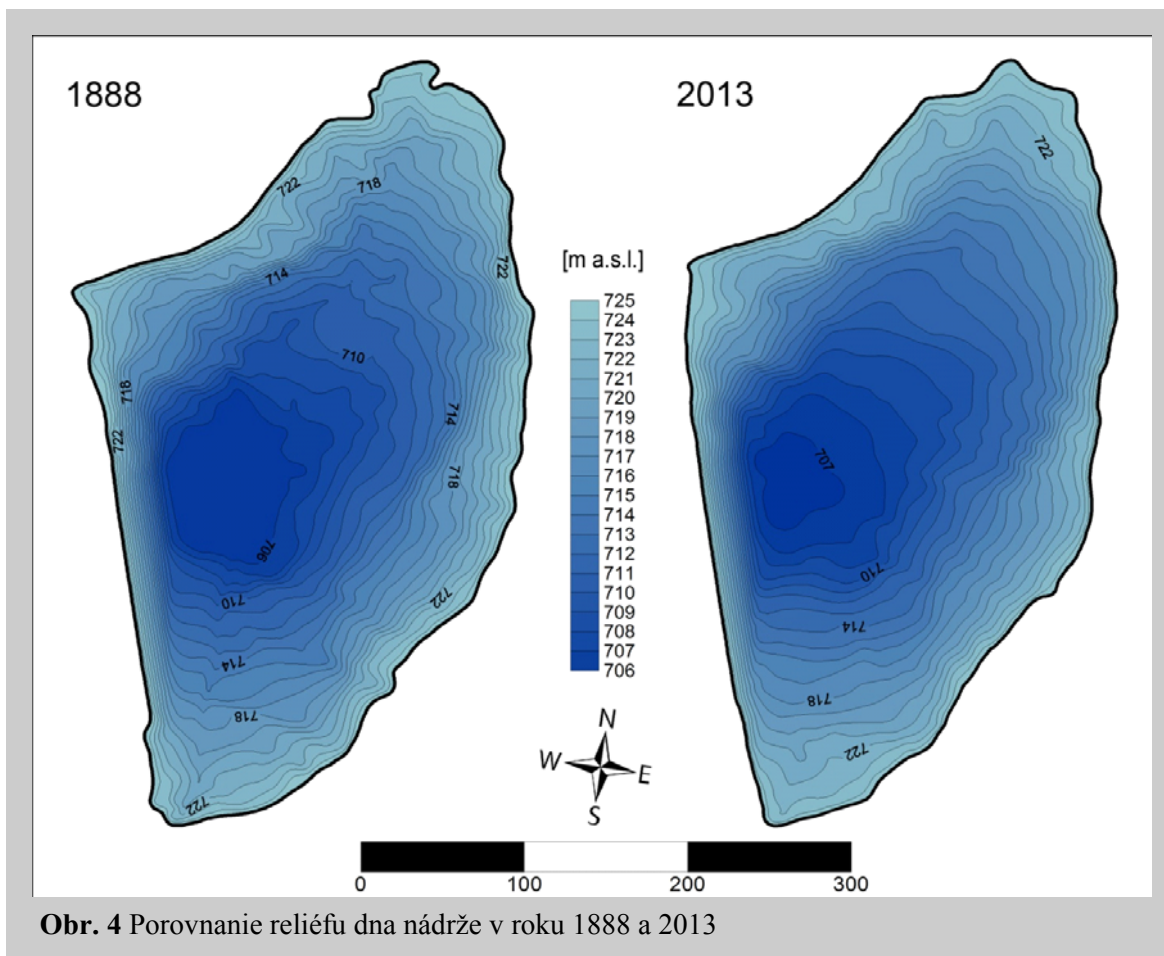
la upravená z jadranského výškového systému na baltský výškový systém po vyrovnaní, používaný na území Slovenska v súčasnosti. Vektor bol následne registrovaný do S-JTSK (Křovákovo zobrazenie) v softvérovom prostredí ArcGIS 10.2. Ako referenčný kartografický podklad so známym súradnicovým systémom (S-JTSK) boli zvolené letecké snímky (Eurosenec, 2006 a mapové podklady ZM 1:10 000). Registrácia bola spracovaná na základe výberu vhodných známych bodov, ktoré sa na obidvoch podkladoch dali jednoznačne identifikovať.

Vektor historického plánu ako aj údaje získané z terénneho merania v priestore ohraničenom zátopovou čiarou, boli napojené na jednotný vektorový podklad získaný z máp Slovenskej republiky 1:10 000, stav k roku 2006 (Mapové podklady ZM, 2006). Ďalšie modelovanie bralo do úvahy iba zmeny reliéfu dna samotnej nádrže.

Dáta z obidvoch zdrojov (časových horizontov 1988 a 2013) boli spracované v softvérovom prostredí Surfer 8, Golden Software. Interpoláčnou metódou Kriging (WEBSTER a OLIVER 2001) boli vygenerované gridy

Obr. 3 Historická mapa (KAMENNÁ a MUZSNÁI 1888) použitá k identifikácii reliéfu dna Veľkej Richňavskej





Obr. 4 Porovnanie reliéfu dna nádrže v roku 1888 a 2013

s rozmerom bunky 2x2 m. Kvalita predikcie bola verifikovaná procedúrou Cross-Validation (DEUTSCH 2002). Rozdelenie počtosti reziduálov bolo normálne, s priemerom blížiacim sa hodnote 0.

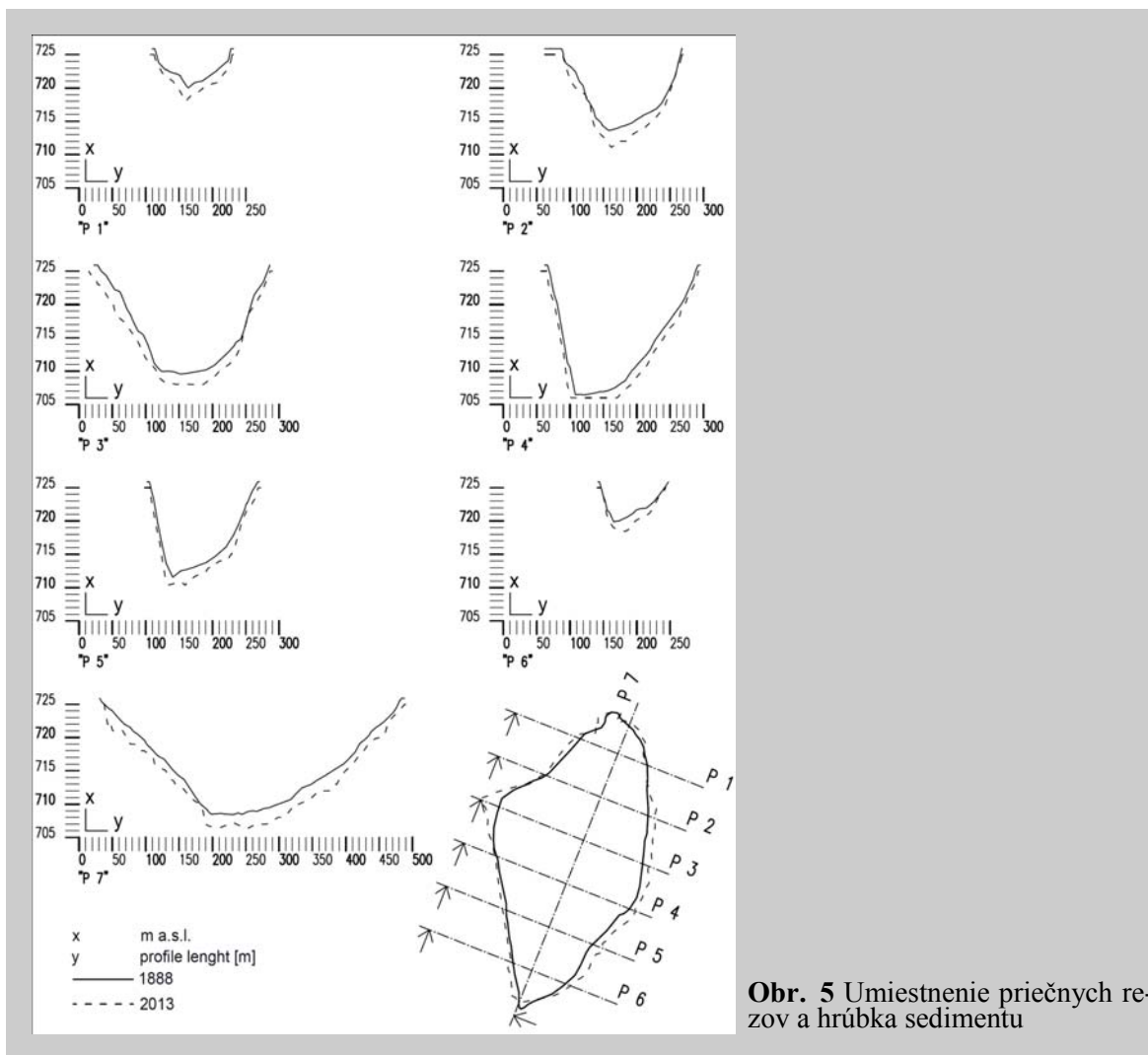
Súbežne prebehlo spracovanie v softvéri ArcGis 9.1. Z meraných dát – bodov (X, Y a Z) boli najprv vybrané body tak, aby ich priestorové usporiadanie bolo približne v štvorcovej sieti s rozmerom 10 x 10 m medzi bodmi. Z týchto bodov a z vrstevníc boli následne zhotovené modely pôvodného reliéfu dna (z historického vrstevnicového plánu) a súčasného reliéfu dna (z meraných bodov). Oba modely boli vytvorené v rastrovom formáte s rozmerom bunky 2 x 2 m (nástrojom *Topo to raster*) a vektorovom formáte (TIN model).

Pre determináciu a vizualizáciu zmien dna nádrže vplyvom sedimentácie bolo z TIN modelov pôvodného a súčasného dna nádrže zhotovených 6 priečných profilov (P1 – P6) a jeden pozdĺžny profil P7. Pre charakteristiku distribúcie sedimentov bol každý profil (P1 – P6) rovnomerne rozdelený na 19 rovnakých segmentov v šírke daného profilu. V každom segmente bola zmeraná hrúbka sedimentu a na ich základe stanovená maximálna, priemerná hrúbka v [m] a smerodajná odchýlka. Každá z 19

hrúbok v rámci segmentu bola porovnaná a vyhodnotená ako percento z priemeru hrúbky vrstvy sedimentu daného segmentu.

#### ANALÝZA BREHOVEJ ZÓNY

Základným zdrojom informácií pre porovnanie zmien brehovej zóny boli ortofotosnímky (Euroscene, 2006) a letecké čiernobiely fotografie (Topografický ústav 1949) okolia vodnej nádrže Veľká Richňava. V prostredí GIS boli historické letecké snímky registrované do súradnicového systému S-JTSK. Ripariálna zóna bola vyčlenená ako 20 metrov široký buffer od brehovej línie pre oba časové horizonty. Interpretáciou ortofotosnímkov z roku 2006 a aktualizáciou na základe terénnych pochôdzok k roku 2013 a spätnou interpretáciou leteckých čiernobielych fotografií z roku 1949 sme odvodili a vytvorili mapu krajinej pokrývky územia pre oba časové horizonty. Mapované boli nasledovné kategórie: 1) Spevnené cesty; 2) Nespevnené cesty; 3) Antropogénne upravované plochy; 4) Rozptýlené stromy s bylinným podrastom; 5) Kroviny; 6) Brehová vegetácia; 7) Trvalé trávne plochy; 8) Erované brehy s nízkobylinným porastom.



**Obr. 5** Umiestnenie priečných rezov a hrúbka sedimentu

Uvedené kategórie sme, z hľadiska náchylnosti na eróziu a produkciu sedimentov a ich potenciálneho transportu do nádrže, expertne začlenili do nasledovných troch skupín: 1. kategórie veľmi silne vplyvajúce na produkciu a transfer sedimentov do nádrže (erodované brehy s nízkobylinným porastom, antropogénne upravované plochy, nespevnené cesty); 2. kategórie land coveru strongly influence (trvalé trávne plochy, rozptýlené stromy s bylinným podrastom); 3. kategórie land coveru weakly influence (kroviny, brehová vegetácia, spevnené cesty).

Následne bolo realizované zostavenie mapy krajinej pokrývky ripariálnej zóny vodnej nádrže pre roky 1949 a 2006, vloženie jej vrstiev a zostavenie kontingenčných tabuliek zmien kategórií krajinej pokrývky.

## VÝSLEDKY

Interpoláciou vstupných údajov v prostredí Surfer 8 boli získané dva modely dna reliéfu

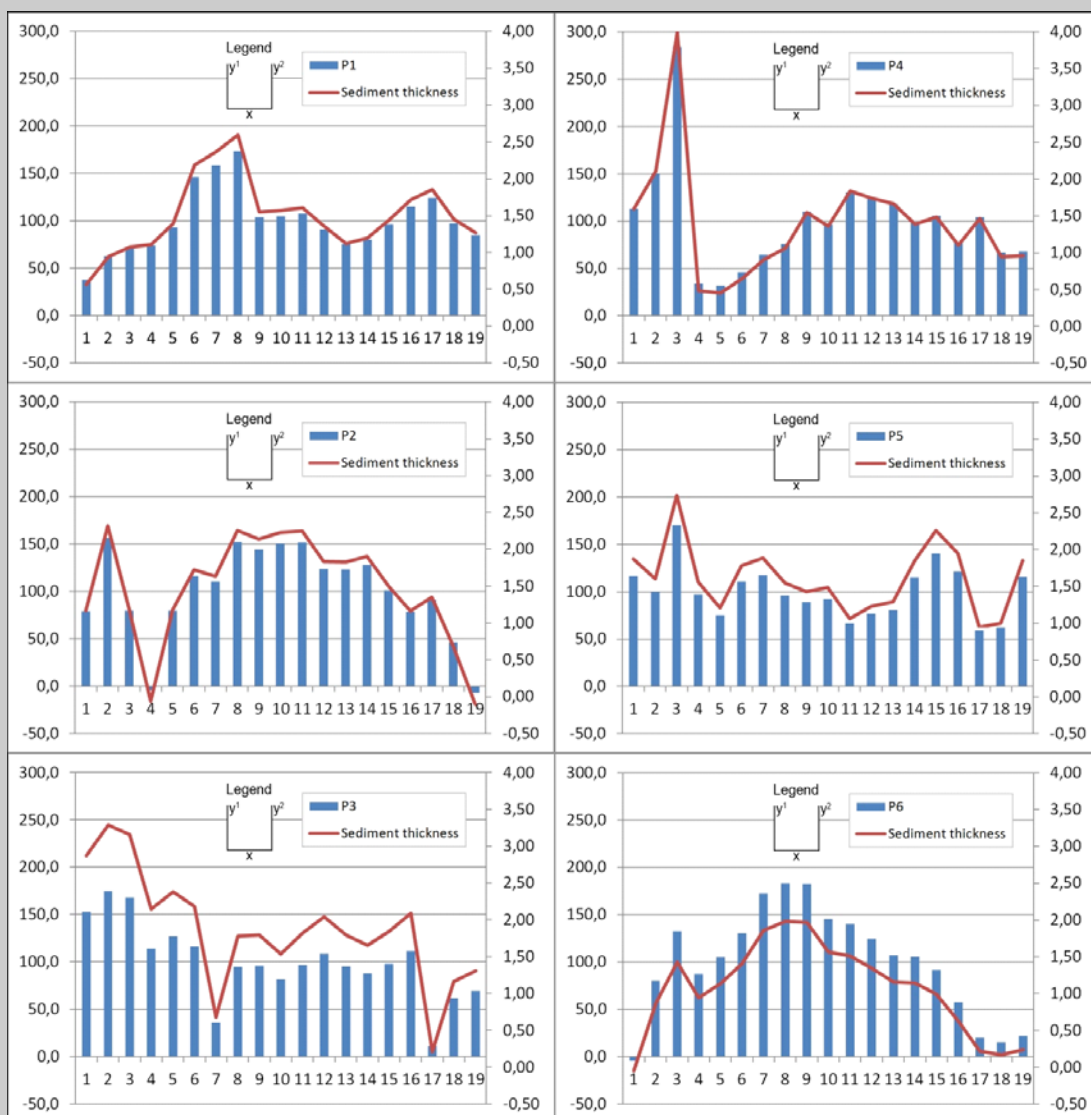
vodnej nádrže, ktoré predstavujú jej situáciu v roku 1889 a v roku 2012 (**Obr. 2**). Výpočet súčasného objemu realizovaný v softvéri Surfer 8 pomocou troch výpočtových pravidiel priniesol nasledovné výsledky: Trapezoidal Rule – 665810 m<sup>3</sup>; Simpson's Rule – 664840 m<sup>3</sup>; Simpson's 3/8 Rule – 666512 m<sup>3</sup>. Výpočet zmeny objemu v softvéri ArcGis metódou ArcGis – TIN: 664245 m<sup>3</sup> a ArcGis – TopoToRaster: 669411 m<sup>3</sup>. Za výslednú hodnotu považujeme vzhľadom na minimálnu odchýlku výsledkov aritmetický priemer všetkých použitých metód, teda 666 163 m<sup>3</sup> vody (Smerodajná odchýlka  $\sigma = 2014 \text{ m}^3$ ). Pôvodný akumulčný objem nádrže v roku 1888 bol podľa dobových dokumentov 776 657 m<sup>3</sup> vody (KAMENÁR a MUZSNAI 1888). Táto hodnota pre rok 1888 bola verifikovaná aj výpočtom v programe Surfer na základe gridu vytvoreného z vrstevníc historickej mapy. Porovnanie oboch výsledkov indikuje zníženie objemu nádrže Veľká Richňavská následkom uloženia cca 110 494 m<sup>3</sup> sedimentov o 14.22 % za 125 rokov. Zmeny reliéfu dna sú vizualizované na

Profil	Hrúbka sedimentu (mm)		Smerodajná odchýlka (m)	Rýchlosť sedimentácie mm/rok
	Maximálna	Priemerná		
P1	2600	1490	0.49	20.8
P2	2320	1480	0.71	18.6
P3	3290	1880	0.75	26.3
P4	3990	1410	0.77	31,9
P5	2740	1610	0.45	21.9
P6	1980	1080	0.61	15.8

**Tab. 1** Hrúbka sedimentu, smerodajná odchýlka a rýchlosť sedimentácie podľa profilov

**Obr. 4.** Hrúbka sedimentov podľa priečných rezov je prezentovaná na **Obr. 5** a vyhodnotenie rozloženia sedimentu v profiloch na **Obr. 6**. Maximálna a priemerná hrúbka sedimentu, smerodajná odchýlka a rýchlosť sedimentácie podľa profilov sú zhrnuté v **tabuľke 1**.

Vodné nádrže banskoštiavnickej oblasti, konštruované tesne pod hrebeňmi po ktorých prebiehajú hranice hydrologických a hydrogeologických povodí disponujú len veľmi nevýznamnou sústavou povrchových prirodzených vodných zdrojov (potoky a bystriny), pričom aj tie existujúce sú v tomto priestore svojim prie-



**Obr. 6** Vyhodnotenie rozloženia sedimentu v profiloch P1 – P6.

Legenda:  $y^1$  – % z priemernej hrúbky,  $y^2$  – hrúbka sedimentu v m,  $x$  – segment profilu

Kategoríe krajinej pokrývky	Plocha (m <sup>2</sup> )	
	1949	2013
Spevnené cesty	0	1666
Nespevnené cesty	2106	440
Antropogénne upravené plochy	0	1534
Solitérne stromy s bylínným podrastom	0	1360
Kroviny	253	0
Brehová vegetácia	5534	10480
Trvalé trávne plochy	12840	0
Erodované brehy s nízkobylinným porastom	0	5253
<b>Spolu</b>	<b>20733</b>	<b>20733</b>

**Tab. 2** Plocha kategórií krajinej pokrývky ripariálnej zóny Veľkej Richňavskej (1949 a 2013)

tokom celoročne veľmi rozkolísané. Nádrže boli dopĺňané vodou privádzanou historickými prírodnými jarkami zarezanými v úbočí kopcov tak, aby zachytávali a privádzali dažďovú vodu a mnohými vodnými štôľňami, ktoré porušovali hydrologické hranice a prevádzali podzemím vodu medzi povodiami. Preto analýza ripariálnej zóny vodnej nádrže sa ukázala ako ťažisková pri analýze príčin zvýšeného prírastu anorganických produktov erózie a zvetrávania do priestoru nádrže. Druhá polovica 20. storočia znamenala prudký nárast podielu prímestskej rekreácie a budovania letných chatových oblastí a s nimi spojených kategórií krajinej pokrývky (spevnené cesty, upravené plochy) v tesnej blízkosti nádrže (**Tab. 2**). Neschopnosť kompetentných orgánov vhodne regulovať tento typ zástavby a predovšetkým kontrolovať dodržiavanie platných zákonov v oblasti ekológie (zánik pôvodných ekostabilizujúcich činiteľov a vlastností voľnej krajiny) a hygieny (septiky a trativody verzus kanalizačné prípojky víkendových chat) viedol k nekontrolovateľnému až chaotickému manažmentu ripariálnej zóny so silným vplyvom na produkciu sedimentov a ich transfer na dno vodnej nádrže.

## DISKUSIA A ZÁVER

Na základe dosiahnutých výsledkov konštatujeme, že za 125 rokov došlo v priestore vodnej nádrže k naplaveniu 110494 m<sup>3</sup> sedimentov. Priemerný ročný prírastok sedimentov do nádrže pri predpoklade konštantnosti intenzity tohto procesu je  $\approx 884$  m<sup>3</sup>/rok. Porovnaním oboch detailov reliéfu dna konštatujeme, že došlo k zníženiu variability vrstevníc v severnej oblasti nádrže. Oblasť dosahujúca najväčšiu hĺbku má podstatne menšiu rozlohu. Ďalšie značné množstvo akumulovaného sedimentu, ktorý výraznejšie pozmenil pôvodný reliéf

z roku 1888 je viditeľný pri priečných prierezoch P1-P3. Pri prierezoch P4-P6 vidíme minimálnu hrúbku sedimentu na ich západnej strane spôsobenú kamenným obložením hrádzového telesa. Vplyvom rozširujúceho sa turizmu a rekreácie dochádza k vzniku často erodovaných plôch s nízkou bylínou vegetáciou, vzniknutých z trvalých trávnatých plôch ich sústavným narušením prostredníctvom zašľapavania. Medzi manažmentové opatrenia, ktoré by súčasný stav minimálne fixovali zaradíme predovšetkým obmedzenie akejkoľvek ďalšej stavebnej činnosti v blízkom okolí nádrží. Nová výstavba spojená s terénnymi úpravami sa ukázala ako potenciálny zdroj vzniku erózných rýh a silnej deštrukcie pôvodne spevneného povrchu, rovnako pribúdajú akumulácie nespevneného materiálu a ich následný transport do vodnej nádrže a neskoršie zníženie kvality vody. Podľa geologickej mapy Slovenska (ŠGUDŠ 2013) sa blízke okolie nádrže nachádza na plochách deluviálno-polygenetických sedimentov (hlinito-ílovité a piesčité svahové hliny) a deluviálnych sedimentov prevažne hlinito-kamenitých (piesčito-kamenité) svahoviny a sutiny. Tento geologický podklad je silne náchylný na eróziu a akékoľvek odkrytie trávnatého podrastu, alebo iné porušenie môže viesť k vzniku erózných plôch. Porovnaním zmien krajinej pokrývky ripariálnej zóny vidíme výrazný nárast brehovej vegetácie. Je predpoklad, že značná časť sedimentov má organický pôvod, predovšetkým z opadu lístia v jesennom období. Zodpovedá tomu aj konzistencia a zloženie týchto sedimentov v blízkosti brehov s listnatou vegetáciou stromovej etáže, rovnako ako vysoký podiel zástupcov deštruentov vo vzorkách bentosu.

Nádrž Veľká Richňavská patrí k najväčším a najhlbším nádržiam v regióne Banská Štiavnica, svojou rozlohou a vysokým zásobným objemom poskytuje veľkú akumulačnú kapacitu. Richňavské nádrže majú dná položené vo veľkej nadmorskej výške, najvyššie z okolitých



nádrží (Vindšachta a Bakomi), čo svedčí o ich významnosti z pohľadu zaniknutej historickej banskej činnosti, pretože zabezpečovali dostatok energetickej vody aj pre úpravárenské a vodočerpacie prevádzky, ktoré sa nachádzali v nepriaznivej hydrologickej pozícii. Aj napriek skutočnosti, že nádrže so zánikom baníctva v okolí Banskej Štiavnice koncom 20. storočia stratili svoju primárnu funkciu, dodnes sú využívané na chov rýb a rekreáciu. Taktiež sú biotopom pre mnohé organizmy (fytoplanktón, zooplanktón, bentos a tiež ryby predovšetkým kapor obyčajný, jalec hlavatý, plotica červeno-oká). Podľa viacerých ukazovateľov (rozpuštený kyslík, teplota vody, vodivosť, prítomnosť psychrofilných a fekálnych baktérií) patrí Veľká Richňavská v rámci STN EN ISO 5667-1 *Kvalita vody. Odber vzoriek. Časť 1: Pokyny na návrhy programov odberu vzoriek a techniky odberu vzoriek* do prvej triedy kvality vody. Táto vodná nádrž sa každoročne nachádza tiež na zozname vôd určených ako vhodné na kúpanie s hodnotením *Výborná kvalita* (ROVNÝ 2013). HÚSKA et al. (2013) uvádzajú, že záujem verejnosti o kúpanie na takýchto vodách sa bude zvyšovať vplyvom prebiehajúcich klimatických zmien. V najbližších rokoch je naplánovaná rekonštrukcia kamenného obkladu a vodnej strany hrádzového telesa a historického vypúšťacieho zariadenia na dne vodnej nádrže. Cieľom tejto rekonštrukcie bude predovšetkým navrátenie schopnosti vypúšťania a regulovania množstva odtekajúcej vody z najhlbších častí nádrže. Rovnako dôležitým a možno dôležitejším cieľom je ale dlhodobé udržanie zásobnej kapacity, pretože Veľká Richňavská vďaka svojej vysoko položenej nivele stabilnej hladiny zabezpečuje udržanie hladiny spodnej vody v úrovni dostatočnej prečerpanie podzemných vôd zo studní ako zdroja pitnej vody pre blízku obec Štiavnické Bane. Blízke hydrogeologické vrty preukázali tesnú hydrologickú spojitosť medzi výškou hladiny vo vodnej nádrži a množstvom a kvalitou čerpanej pitnej vody.

Nádrž Veľká Richňavská je súčasťou zoznamu technických objektov svetového prírodného a kultúrneho dedičstva UNESCO. Svojou rozlohou, objemom a polohou patrí k jedným z najdôležitejších vodných nádrží v okolí Banskej Štiavnice.

Pre tieto skutočnosti je nutné monitorovať jej stav zanášania, dokumentovať trend vývoja a pochopiť mechanizmy späté s procesom zanášania. Len tak bude možné prijať a implementovať vhodné manažmentové opatrenia, ktoré by dlhodobo garantovali zachovanie jej najdôležitejšej funkcie, tvorby dlhodobých povrchových zásob vody a protipovodňovú ochranu.

## POĎAKOVANIE

*Autori ďakujú SVP. š.p. za umožnenie prístupu k historickým materiálom. Práca vznikla v rámci riešenia projektov UGA-I-11-005-08, VEGA 2/0106/12, VEGA 1/0027/12 a APVV-0274-10.*

## LITERATÚRA

AHMED, K. B., 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.

AWULACHEW, S. B. (2006). Investigation of physical and bathymetric characteristics of Lakes Abaya and Chamo, Ethiopia, and their management implications. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 11, 3, 133 – 140.

BODDY, N. N., GANSKE, L. (2005). *Bathymetric Changes within Lake Zumbro of Olmsted County*. Minnesota Pollution Control Agency, Saint Paul, Minnesota, USA, 21 p.

CEBECAUEROVÁ, M., LEHOTSKÝ, M. (2012). Komplexita ripariálnej zóny - príklad rurálneho segmentu vodného toku Torysa. *Geografický časopis*, 64, 2, 133 – 154.

CEYLAN, A., KARABORK, H., EKOZOG-LU, I. (2011). An analysis of bathymetric changes in altinapa reservoir. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 6, 2, 15 – 24.

DEUTSCH, C. V. (2002). *Geostatistical Reservoir Modeling*. Oxford University Press, New York.

DOST, R., MANNAERTS, C. (2008). Generation of Lake Bathymetry Using Sonar, Satellite Imagery, and GIS. In *Proceedings of the 28th Annual Esri International User Conference (San Diego, CA, USA, 4–8 August 2008)*. ESRI, Redlands, CA, USA.

ELÇI, Ş., BOR, A., ÇALIŞKAN, A. (2009). Using numerical models and acoustic methods to predict reservoir sedimentation. *Lake and Reservoir Management*, 25, 3, 297 – 306.

HALAJ, P., BÁREKOVÁ, A., BÁREK, V., HALAJOVÁ, D., PECHÁČOVÁ, K., ŠINKA, Z. (2011). Role and dimensioning of riparian buffer zone in agricultural landscape. *Journal of International Scientific Publications: Ecology & Safety*, 5, 1, 203 – 212.

- HÚSKA, D., JURÍK, J., KALETOVÁ, T. (2013). Changes in the quality of natural waters used for recreations in Slovakia. *Journal of Landscape management*, 4, 1, 42 – 47.
- HUPP, C. R., OSTERKAMP, W. R. (1996). Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. *Geomorphology*, 14, 4, 277 – 295.
- CHANG, T. J., BAYES, T. D., MCKEEVER, S. (2003). Investigating reservoir sediment and watershed erosion using a geographical information system. *Hydrological Processes*, 17, 5, 979 – 987.
- CHILDS, J. R., SNYDER, N. P., HAMPTON, M. A. (2003). *Bathymetric and geophysical surveys of Englebright Lake, Yuba-Nevada Counties, California*. US Geological Survey Open-File Report 03-383, 20 p.
- CHOIŃSKI, A., PTAK, M. (2009). Lake Infill as the Main Factor Leading to Lake's Disappearance. *Polish Journal of Environmental Studies*, 18, 3, 347 – 352.
- JORDAN, D. C., FONSTAD, M. A. (2005). Two Dimensional Mapping of River Bathymetry and Power using Aerial Photography and GIS on the Brazos River, Texas. *Geocarto International*, 20, 3, 1 – 8.
- KAMENÁR, MUZSNAI (1888). *Mapa výpočtu kubatúry Malého a Velkého richňavského jazera v Štiavnických Baniach – pôdorys*. Mapa HKG 15787, 97 x 50 cm, kolorovaná v mierke 1:1000.
- KRESS, W. H., SEBREE, S. K., LITTIN, G. R., DRAIN, M. A., KLING, M. E. (2005). *Comparison of preconstruction and 2003 bathymetric and topographic surveys of Lake McConaughy, Nebraska*. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report, 2005-5040, 19 p.
- KUBINSKÝ, D., LEHOTSKÝ, M., WEIS, K. (2014). 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, 1, 171 – 178.
- ŁAWNICZAK, A. E., CHOIŃSKI, A., KURZYCA, I. (2011). Dynamics of Lake Morphometry and Bathymetry in Various Hydrological Conditions. *Polish Journal of Environmental Studies*, 20, 4, 931 – 940.
- LEICA GEOSYSTEMS (2005). *Leica GPS1200 Series (Technical Data)*. Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland. < [http://www.leica-geosystemssolutionscenters.com/Site/Instrument%20PDF%27s/GPS%20Systems/SmartRover%20&%20GPS1200/GPS1200\\_TechnicalData\\_en.pdf](http://www.leica-geosystemssolutionscenters.com/Site/Instrument%20PDF%27s/GPS%20Systems/SmartRover%20&%20GPS1200/GPS1200_TechnicalData_en.pdf)>. On-line [November 7th 2013].
- MALANSON, G. P. (1993). *Riparian landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- MCALISTER, J. R., FOX, W. E., WILCOX, B., SRINIVASAN, R. (2013). Reservoir volumetric and sedimentation survey data: A necessary tool for evaluating historic sediment flux and appropriate mitigation response. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 18, 3, 275 – 283.
- NAIMAN, R. J., DÉCAMPS, H., MCCLAIN, M. E. (2005). *Riparia: Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities*. Elsevier Academic Press, London, 448 p.
- PRADHAN, D., ANCEV, T., DRYNAN, R., HARRIS, M. (2011). Management of Water Reservoirs (Embungs) in West Timor, Indonesia. *Water resources management*, 25, 1, 339 – 356.
- RISTIĆ, R., LJUJIĆ, M., DESPOTOVIĆ, J., ALEKSIĆ, V., RADIĆ, B., NIKIĆ, Z., MILČANOVIĆ, V., MALUŠEVIĆ, I., RADONJIĆ, J. (2013). Reservoir sedimentation and hydrological effects of land use changes-case study of the experimental dičina river watershed. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 8, 1, 91 – 98.
- ROVNÝ, I. (2013). *Zoznam vôd určených na kúpanie pre kúpačiu sezónu 2013 (Informácia pre verejnosť)*. Úrad verejného zdravotníctva SR, Bratislava. <[http://www.uvzsr.sk/docs/info/kupaliska/zoznam\\_VUK2013.pdf](http://www.uvzsr.sk/docs/info/kupaliska/zoznam_VUK2013.pdf)>. On-line [November 7th 2013].
- SGÚDŠ (2013). <<http://www.mapservergeology.sk/gm50js>>.
- WEBSTER, R., OLIVER, M. (2001). *Geostatistics for Environmental Scientists*. John Wiley and Sons, New York, 330 p.
- YUN, H. S., 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.