

TVORBA PROFILOV DNA TAJCHU KLINGER S VYUŽITÍM GIS

Veronika Soldánová

Anotácia: Cieľom príspevku je popísanie tvorby profilov dna vodnej nádrže Klinger, nachádzajúcej sa v Banskej Štiavnici. Pri riešení úlohy poukazujeme na možnosti využitia Open Source geografického informačného systému QGIS a jeho integráciu s programovacím jazykom Python.

Kľúčové slová: vodná nádrž, profil, QGIS, Python

Annotation: The aim of this article is to describe creation of the digital models water reservoirs bottom profiles of the water reservoir Klinger, situated in Banská Štiavnica. For solving this problem we emphasize the possibilities of using open source geographic information system QGIS and its integration with the Python programming language.

Keywords: water reservoir, profile, QGIS, Python

1 Úvod

Modelovanie v geografických informačných systémoch (ďalej len "GIS") má v dnešnej dobe významné postavenie pri riešení environmentálnych problémov najrôznejšieho charakteru. Jedným z nich je modelovanie vnútorného priestoru vodných nádrží a následné analýzy ich stavu a zmien.

Počas svojej existencie je každá vodná nádrž vystavená zanášaniam sedimentmi. Tento proces je ovplyvnený predovšetkým intenzitou brehovej abrázie, vnútorného zanášania a zanášania prítokom [1]. Z hľadiska zabezpečenia dlhodobej a bezproblémovej existencie vodných nádrží je preto nevyhnutné sledovať množstvá akumulovaných sedimentov. Pravidelná aktualizácia údajov o objeme vody a dnového sedimentu poskytuje cenné informácie o erózných procesoch v povodí vodnej nádrže, umožňuje spresnenie prognóz vývoja zanášania a slúži na vytvorenie pokladov pre návrh efektívnych opatrení. Na Slovensku sa problematike zanášania vodných nádrží dlhoročne venuje Výskumný ústav vodného hospodárstva [2][3].

Spôsoby určovania objemu sedimentov a miery zanášania možno rozdeliť do týchto základných oblastí:

- vyhodnotenie morfológických zmien na základe priameho merania sústavy priečných profilov v nádrži,
- zhodnotenie prevládajúcich procesov na základe priamych meraní,
- posúdenie transportnej schopnosti prítokov s využitím teoreticko-empirických vzťahov,
- určovanie predpokladaných morfológických zmien na základe experimentálnych modelových výskumov [4].

Cieľom práce bolo vypracovanie sústavy profilov vodnej nádrže Klinger, jednej z mnohých umelých vodných nádrží historického Banskoštiavnického vodohospodárskeho systému. Priečne a pozdĺžne profily dna sú jedným zo základných podkladov pre plánovanie ťažby nánosov, úpravu dna nádrže, jeho vyrovnanie, a taktiež pre ďalšie revitalizačné opatrenia. Ich zanedbanie sa môže prejaviť znížením kapacity vodných nádrží s následným zhoršením kvality vody a v extrémnych prípadoch až ich zánikom.

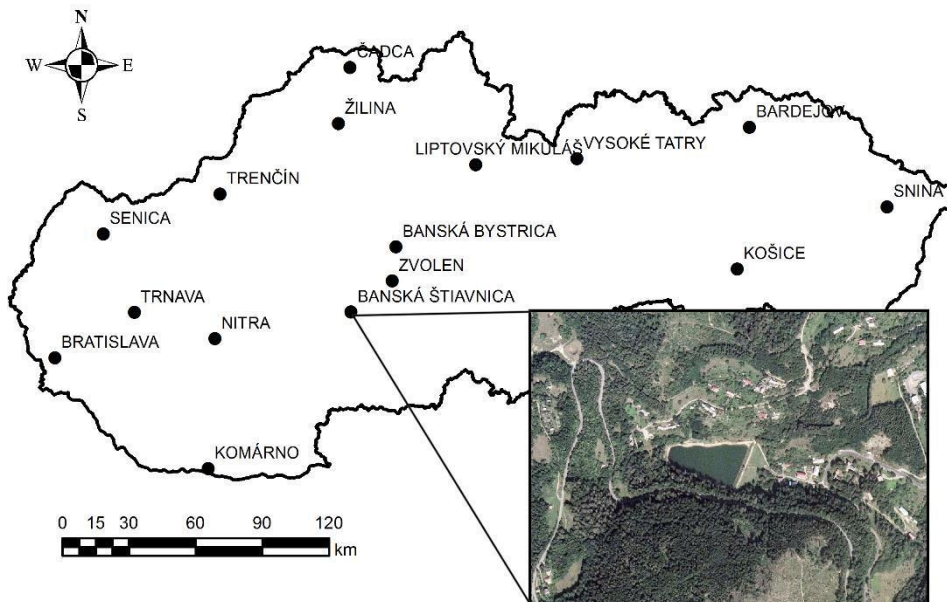
Pri tvorbe profilov nádrže a pri širokom spektre iných úloh spojených so spracovaním geodát má rastúci potenciál integrácia programovacieho jazyka Python s GIS softvérom. Už pri základnej znalosti programovania v ňom možno za pomoci špecializovaných nástrojov vytvoriť vlastný skript (plugin) plniaci určené požiadavky, či už je to automatizácia pracovných postupov alebo špecifické prispôbenie pracovného nástroja konkrétnej problematike. Pri riešení bol ako hlavný nástroj pre prácu s geodátami zvolený geografický informačný systém QGIS. Ide o slobodný,

multiplatformový geografický informačný systém, ktorý umožňuje vytvorenie vlastného zásuvného modulu prostredníctvom programovacieho jazyka Python alebo C++.

Tvorbe sústavy profilov predchádzala rada postupov od získavania dát v teréne, cez spracovanie nameraných údajov, ich analýzu, až po vytvorenie digitálneho modelu dna (DMR). Nasledovalo vytvorenie vlastného zásuvného modulu a jeho aplikovanie na DMR model záujmovej vodnej nádrže.

2 Materiál a použité metódy

Predmetom výskumu bola vodná nádrž Klinger (obr. č. 1), nachádzajúca sa juhozápadne od centra mesta Banská Štiavnica, v údolí pod vrchom Vtáčnik v Štiavnickom pohorí. Jej vznik sa odhaduje na rok 1765, avšak pred rokom 1829 bola z dôvodu pretrhnutia hrádze prestavaná a značne rozšírená. Materiál na jej opätovnú výstavbu bol dovážaný z oblasti Červená studňa, kde bola pre tento cieľ vystavaná prvá povrchová koľajová trať na Slovensku. Akumulovaná voda sa dlhé obdobie využívala pre potreby baníctva, konkrétne pre pohon strojov na šachtách Maximilián, Ondrej a Žigmund. Od roku 1924 túto vodu začala využívať, dnes už neexistujúca, banskoštiavnická tabaková továreň.



Obr. č. 1: Poloha vodnej nádrže v rámci Slovenskej republiky

Hrádza nádrže je zemná nehomogénna s tesniacim jadrom. Návodný svah má sklon 1:1,5, opevnený je dlažbou z lomového kameňa. Vzdušný svah v sklone 1:1,3 je spevnený trávovým drnom. Šírka hrádze v korune je 6,50 m a jej dĺžka 135 m. Dnový výpust je tvorený štôľňou s odberným potrubím DN 150. Jeho ovládanie tiahom a šupátkom z koruny hrádze je nefunkčné. Uzáver je otvorený a odber sa reguluje len regulačným ventilom, nachádzajúcim sa pod päťou hrádze na vzdušnej strane. Podzemie vodnej nádrže je poddolované. Pôvodný bezpečnostný prepád je umiestnený na ľavej strane hrádze a tvorí ho banská štôľňa s dĺžkou približne 50 m. Štôľňa má svetlé rozmery 1,20 x 1,70 m a je vystužená bankskými oblúkmi s pažinami. Ukončená je betónovým prahom so zabudovanými potrubiami DN 500 mm a DN 250 mm. Tento bezpečnostný prepád však neplnil súčasné bezpečnostné požiadavky, preto bol v roku 1992 vybudovaný nový, ktorý je v súčasnosti umiestnený pár metrov pod pôvodným prepadom. V časoch funkčnosti systému bola voda do nádrže privádzaná dvoma sústavami zberných jarkov. Jeden z nich mal začiatok v mieste napojenia štátnej cesty Banská Štiavnica – Horná Roveň a napájaný bol pravdepodobne cez drevený

žľab banskými vodami čerpanými zo šachty Maximilián. Jeho dĺžka bola cca 700 m, avšak z dôvodu odvodnenia spomínanej komunikácie je neúčinný. Druhý jarok začínal na výraznej terénnej hrane pod Paradajzom, kde gravitoval k Červenej Studni, a potom západným smerom do Klingera, ale v dôsledku lesných prác zanikol. Nádrž je teda v súčasnosti plnená len z vlastného povodia, ktoré má plochu 0,9 km² [5].

3 Mapovacie práce

Terénne práce prebehli 30. júla 2015, bezkontaktnou akustickou metódou. K zberu údajov bola použitá meračská zostava pozostávajúca zo sonaru - Garmin GPSmap 421S a GNSS prístroja - Leica Viva GS12, umiestnená na motorovom raftovom člne. Použitý dvojlúčový sonar pracoval vo frekvenciách 50kHz a 200kHz s udávaným dosahom 457 metrov. Pre správnosť merania bolo dôležité dosiahnuť kolmosť sonarového lúča vzhľadom k dnu nádrže. GNSS prístroj pracoval v systéme S-JTSK a presnosť merania zabezpečovali RTK korekcie, prostredníctvom napojenia na sieť SmartNet. Reliéf dna sa postupne zameriaval v dvoch fázach, z ktorých jedna bola kontrolná. Dráha plavby raftovým člnom sa vopred naplánovala tak, aby vodiace línie prechádzali rovnobežne s pozdĺžnou osou hrádze. Tieto línie boli vytvorené v programe ArcGIS a importované do ovládača GNSS prijímača. Následne ich bolo možné zobrazit' a navigovat' čln tak, aby nimi prechádzal čo najpresnejšie. Rozstup medzi jednotlivými líniami trasy bol 10 metrov, pričom údaje o polohe a hĺbke sa automaticky zaznamenávali v intervale 1 meter. Výsledkom mapovania bola množina 2352 bodov, z ktorých každý mal známu polohovú informáciu vztiahnutú k vodnej hladine, údaj o hĺbke v konkrétnom bode a presný čas zamerania. Hĺbkové údaje boli prepočítané na absolútne nadmorské výšky na základe známej nadmorskej výšky hladiny vody v nádrži.

4 Tvorba digitálneho modelu dna

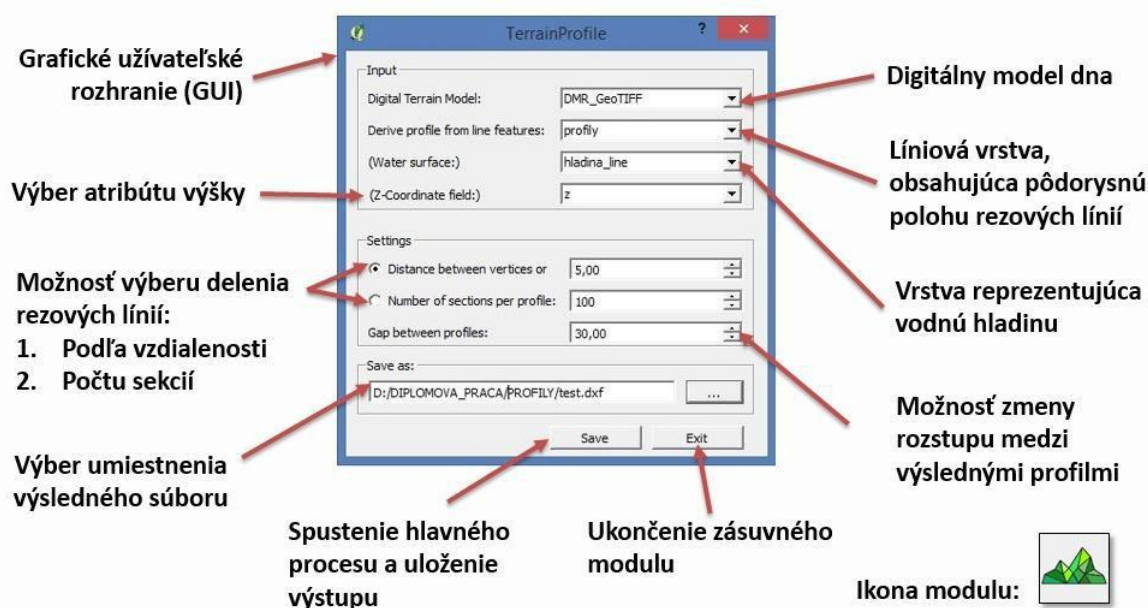
K spracovaniu údajov sme použili softvérové vybavenie Leica GeoOffice 7, Microsoft Excel 2013, QGIS 2.10 Pisa a AutoCAD 2016. Dáta z GNSS prístroja boli importované do softvéru Leica GeoOffice 7 a následne prevedené do súboru podporovaného programom MS Excel. Hĺbkové údaje boli uvádzané v stĺpci „Annotation“ vo formáte NMEA vety, čo je zápis dát zaznamenaný prístrojmi prepojenými prostredníctvom káblového spojenia NMEA. Toto spojenie prenáša ASCII dátový tok vo formáte, v ktorom sú dátové polia oddelené čiarkou. Po ich spracovaní a odstránení bodov s presnosťou menšou ako 50 mm, sme mali stále k dispozícii 2063 bodov. V prostredí programu QGIS sme pracovali v súradnicovom systéme S-JTSK (Greenwich)/ Krovak East North – EGSP: 5514. K dispozícii je tu viacero spôsobov tvorby DMR. V našom prípade sme použili zásuvný modul „Interpolation plugin“. Tento modul ponúka na výber dve interpolačné metódy: metódu nepravidelnej trojuholníkovej siete (angl. Triangulated Irregular Networks, skr. TIN) a metódu vážených inverzných vzdialeností (angl. Inverse Distance Weighted, skr. IDW). Na základe poznania vlastností a využitia oboch metód sme zvolili metódu TIN. Vytvorený rastrový povrch bolo výhodné exportovať vo formáte GeoTiff. Formát GeoTiff je typickým a najrozšírenejším otvoreným formátom pre distribúciu rastrových geodát. Umožňuje uložit' nielen rastrové dáta, ale tiež všetky typy gridových dát. Informácie o súradnicovom systéme, súradnicovom umiestení a ďalšie popisné informácie sú uložené priamo v hlavičke súboru. Pri uložení dát do tohoto formátu nedochádza pri vhodnej voľbe kompresie k nevratnej strate informácií. Žiadne iné formáty na ukladanie rastrových dát nedosiahli takého rozšírenia v oblasti GIS ako formát GeoTIFF. Vzniknutý digitálny model dna nádrže bol podkladom a zdrojom výškopisných informácií pri nasledujúcej tvorbe profilov. Analyzovali sme ho nástrojom „Zonal statistics“. Výstupom boli základné údaje týkajúce sa výškových pomerov v nádrži, ktoré uvádzame v nasledujúcej tabuľke (tab. č.: 1).

Nadmorská výška [m n. m.]	
Hladina	681,563
Priemerná hodnota	674,282
Minimálna hodnota	665,828
Maximálna hodnota	681,563
Medián	674,787
Najväčšia hĺbka	15,735

Tabuľka č. 1: Výškové pomery VN Klinger

5 Tvorba profilov nádrže

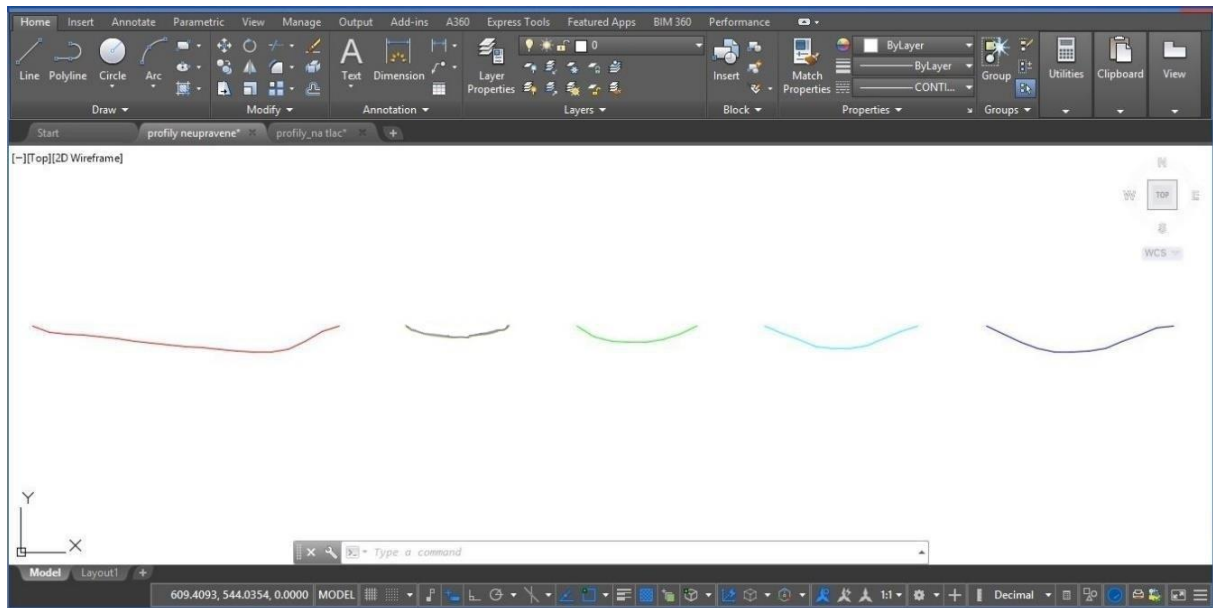
Vykreslenie priebehu dna v rezových líniách prebiehalo prostredníctvom zásuvného modulu „Terrain Profile“, ktorý vznikol ako súčasť práce. Pri jeho vývoji bola použitá sada nástrojov, určená k uľahčeniu tvorby pluginov. Modul Plugin Builder, určený na export základnej kostry modulu, QT Designer, na tvorbu grafického užívateľského rozhrania (GUI) a študijných materiálov venujúcich sa základom Pythonu a jeho QGIS variantu PyQGIS [6][7]. Nástroj „Plugin Reloader“ umožnil okamžitú aktualizáciu zmeny kódu vo funkčnosti vlastného pluginu bez nutnosti reštartovania programu QGIS.



Obr. č. 2: Dialógové okno vytvoreného pluginu s popisom

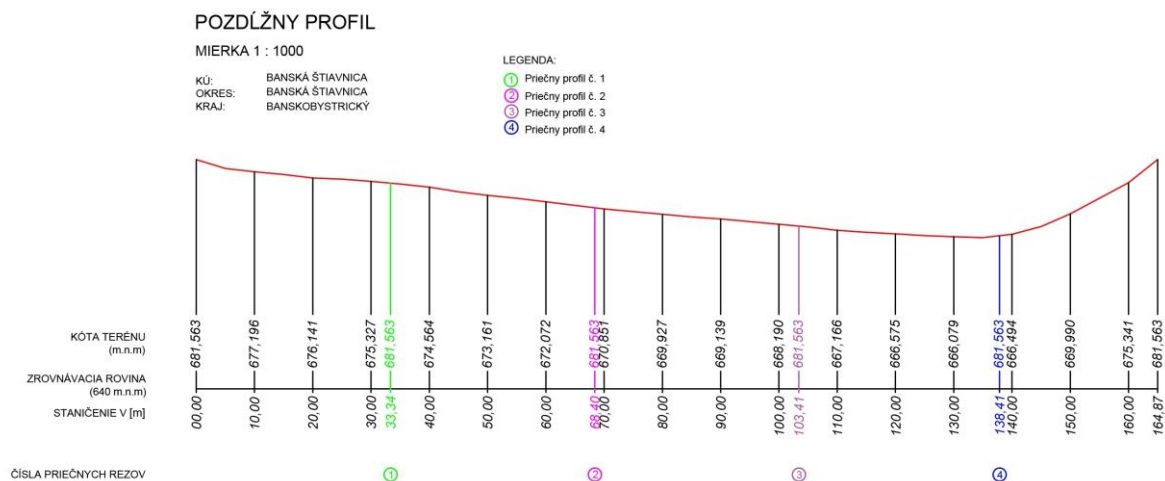
Hlavnou funkciou tohto modulu je automatizácia tvorby priečných profilov z podkladovej vrstvy DMR. Rezové línie boli vedené naprieč digitálnym modelom dna nádrže v skúmaných miestach, miestňované s rozstupom 30 m. Vstup do zásuvného modulu predstavovala líniová vrstva obsahujúca pôdorysnú polohu rezových línií, polygónová vrstva reprezentujúca vodnú hladinu s informáciou o jej nadmorskej výške a digitálny model dna vo formáte GeoTIFF. Všetky vstupné vrstvy boli zásuvným modulom spracované a výsledný súbor, obsahujúci vykreslené profily, exportovaný vo formáte „.dxf“. Nasledovala doplnujúca editácia v programe AutoCAD 2016. Išlo o doplnenie výškopisných, polohopisných a ďalších popisných údajov v takej forme, aby výstup spĺňal náležitosti technického zobrazovania priečných a pozdĺžnych profilov. V tomto pracovnom prostredí sme načítali

exportovaný „.dxf“ súbor s farebne rozlíšenými profilmi, vykreslenými vedľa seba v smere zľava doprava. Profily boli zároveň georeferencované, pričom nadmorskú výšku reprezentovala súradnica „y“. Pomocou funkcie „ID“ tak bolo možné okamžité odčítanie kót dna nádrže.

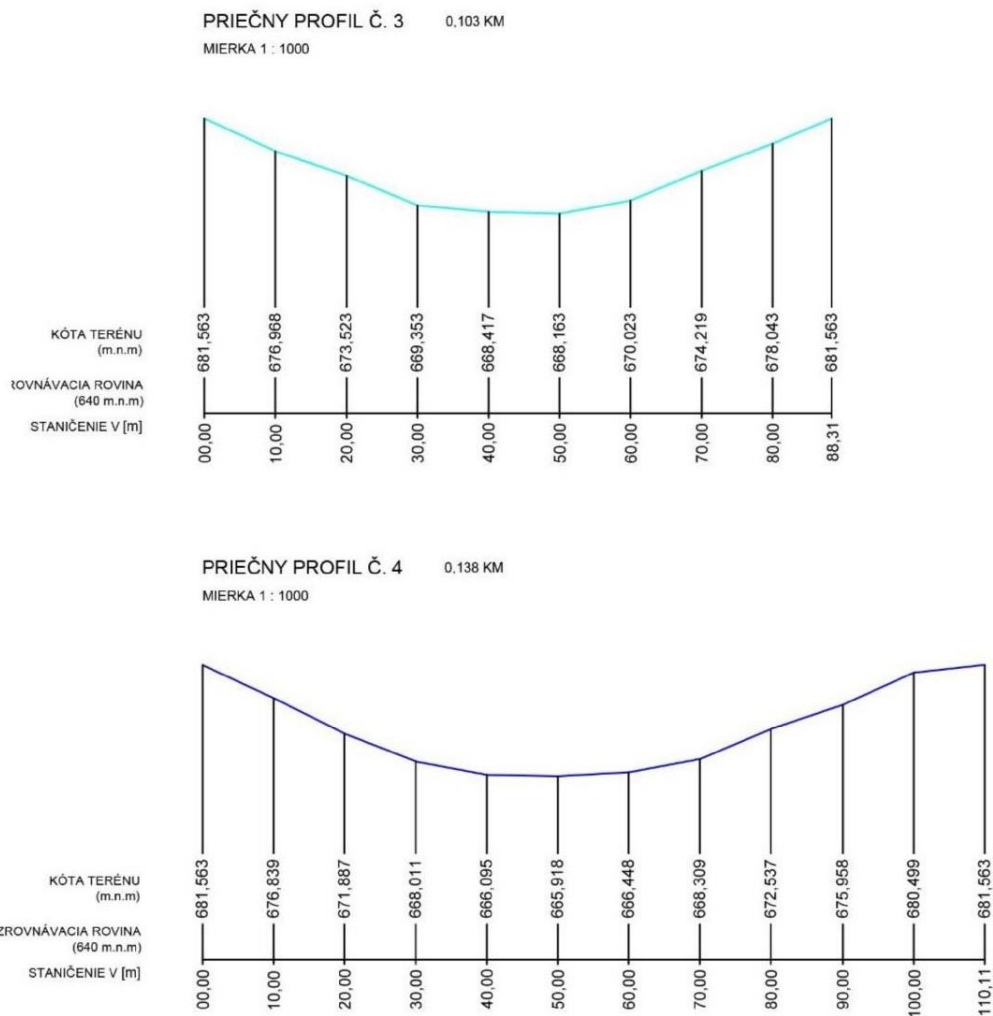


Obr. č. 3: Ukážka výstupu zásuvného modulu

Vzorové profily po úprave, z ktorých jeden je pozdĺžny a jeden priečny, sú uvedené na nasledujúcich obrázkoch.



Obr. č. 4: Pozdĺžny profil po úprave v programe AutoCAD



Obr. č. 5: Priečne profily č. 3 a č.4 po úprave

6 Záverečné zhodnotenie

Umelé vodné nádrže sú neodmysliteľnou súčasťou každej antropogénnej krajiny. Plnia dôležité vodohospodárske a ochranné funkcie, ale neoceniteľný je aj ich ekologický a rekreačný prínos. Osobitnú pozornosť si zaslúžia vodné nádrže v okolí Banskej Štiavnice, tzv. tajchy. Prepracovaný systém, ktorý tvorilo viac ako 60 navzájom prepojených vodných nádrží, je názorným príkladom pokrokových vodohospodárskych a technologických riešení z prvej polovice 18. storočia [8].

Tajchy sú, rovnako ako iné vodné nádrže, vystavené zanášaniam sedimentmi. Aj z tohto dôvodu sa z ich pôvodného počtu k dnešku zachovalo len 24 nádrží. Udržiavanie vyhovujúceho stavu tých zostávajúcich by malo byť preto prioritou. Väčšina z nich je v správe Slovenského vodohospodárskeho podniku, š. p., ktorý zabezpečuje prebiehajúce rekonštrukcie. Na dokumentácii ich stavu v súčasnosti pracuje aj Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre spolu s Univerzitou Mateja Bella v Banskej Bystrici. Predmetom výskumu je predovšetkým zisťovanie batymetrických

údajov, tvorba profilov nádrží, ich porovnávanie s údajmi dokumentovanými v mapách pochádzajúcich z čias vzniku nádrží alebo opakované merania a následné určenie intenzity sedimentácie.

Na modelovanie vnútorného priestoru vodných nádrží a následné analýzy jeho stavu a zmien, sú dnes stále častejšie využívané geografické informačné systémy. Vo vodohospodárskej problematike majú mnohostranné využitie, či už pri modelovaní povodí, zásobného objemu vodných nádrží, určovaní sústredeného odtoku alebo tvorbe profilov, ktorými sa zaoberá táto práca.

Použitý program QGIS pracoval vo verzii 10.2 Pisa. V čase vzniku článku je dostupná voľne k stiahnutiu aj jeho najnovšia verzia - 2.16.2 'Nødebo'. Práca v prostredí programu prebiehala bez výrazných komplikácií. Pri pokusoch o využitie rozširujúcich interpolačných metód však musel byť opakovane nútene ukončený. Išlo o chybu verzie QGIS Pisa 10.2.1. V novších testovaných verziách QGIS 2.12 Lyon a 2.14 Essen bola interpolácia modulov SAGA a GRASS opäť funkčná, avšak pri verzii 2.12 Lyon bol častejší výskyt problémov s reagovaním programu počas bežného používania.

V práci sme využili možnosť pre pokročilú prácu s geodátami, integráciu prostredia QGIS s programovacím jazykom Python. Pomocou špecializovanej sady nástrojov sme vytvorili plugin s názvom „TerrainProfile“. Jeho primárnou úlohou je zefektívnenie tvorby terénnych profilov, využitie si ale môže nájsť pri obdobných vodohospodárskych analýzách, pri terénnych úpravách a taktiež v iných oblastiach, kde je požadované rýchle extrahovanie rezu terénom z GIS do projekčného softvéru pracujúceho s formátom „dxf“. V súčasnom stave plugin pracuje s rezovými líniami tvorenými výlučne dvomi bodmi. Rozšírenie akceptovateľných typov vstupnej geometrie o polyline, by jeho využiteľnosť značne rozšírilo. Tento krok by umožnil vykreslenie priebehu terénu v líniových prvkoch, ktorých trasa často nie je priamočiara. Po aplikovaní vyššie uvedených zmien je plánované umiestnenie zásuvného modulu na server „QGIS Plugins Repository“, odkiaľ bude stiahnuteľný priamo cez prostredie QGIS, prostredníctvom manažéra zásuvných modulov. Bude využiteľný na tvorbu terénnych profilov z DMR, kýmkoľvek a za akýmkoľvek účelom.

Aplikáciou vzniknutého zásuvného modulu na DMR tajchu Klinger vznikla sústava priečných a pozdĺžnych profilov. Ich vypracovaniu predchádzal súbor postupov od získavania geodát v teréne, cez spracovanie údajov, ich analýzu, až po vytvorenie digitálneho modelu dna. Nakoľko žiadne predošlé zamerania skúmanej vodnej nádrže neprebegli a historický podklad sa pravdepodobne nezachoval, nebolo možné výsledné údaje porovnať a zistiť konkrétne hodnoty akumulovaných sedimentov. Po doplnení dát z ďalších meraní budú výsledné profily využiteľné ako podklad pre určenie intenzity sedimentácie. Tento faktor je kľúčovým pre komplexné pochopenie fungovania erózo-sedimentačných procesov a morfometrických pomerov v širšom povodí nádrže a prijatie vhodných opatrení.

PodĎakovanie

Táto práca vznikla za podpory Agentúry na podporu výskumu a vývoja prostredníctvom finančnej podpory projektu APVV-15-0489 „Analýza sucha viackriteriálnymi metódami štatistiky a data miningu z pohľadu návrhu adaptačných opatrení v krajine“. Ďalej autorka ďakuje Ing. Jakubovi Fuskovi, PhD. za spoluprácu a odbornú pomoc.

Použitá literatúra

- [1] ČISTÝ, M. 2005. Rybníky a malé vodné nádrže II. Bratislava: Vydavateľstvo STU Bratislava, 2005. 91 s. ISBN 80-227-2294-4.
- [2] KUBINSKÝ, D. et al. 2013. Zmeny akumuláčného objemu vodných nádrží Veľká Richňavská a Malá Richňavská. Acta Hydrologica Slovaca 2/14. Bratislava. 2013, s. 402-413.
- [3] KUBINSKÝ, D., WEIS, K. 2013. Zmeny retenčného objemu v priestore vodnej nádrže (tajchu) Evička. Acta Environmentalica Universitatis Comenianae vol. 21. Bratislava. 2013, s. 18-26.
- [4] JURÍK, Ľ. – PIERZGALSKI, E. – HUBAČÍKOVÁ, V. 2011. Vodné stavby v krajine – Malé vodné nádrže. 1. vyd. Nitra: Vydavateľstvo SPU v Nitre, 2011. 168 s. ISBN 978-80-5520623-3.

- [5] TIMKO J., PAŠERBOVÁ E., BAKALJAROVÁ M. 2009. Stav nádrží Banskoštiavnického vodohospodárskeho systému. SVP š.p. OZ Banská Bystrica, 2009. [6] GAURA, J. 2013. Studijní opora k předmětu Skriptovací programovací jazyky a jejich aplikace [online]. [cit. 2016-10-10]. Dostupné na internete: <mrl.cs.vsb.cz/people/gaura/spja/skripta.pdf>.
- [6] <http://docs.qgis.org>. PyQGIS Developer Cookbook. [online]. [cit. 2016-8-2]. Dostupné na internete: <http://docs.qgis.org/testing/en/docs/pyqgis_developer_cookbook/>.
- [7] PILGRIM, M. 2010. Ponořme se do Python(u) 3 [online]. Praha: CZ.NIC, 2010. 430 s. [cit. 9.2.2016]. ISBN 978-80-904248-2-1. Dostupné na internete: <https://knihy.nic.cz/files/nic/edice/mark_pilgrim_dip3_ver3.pdf>.
- [8] SOLDÁNOVÁ, V. 2014. Vodné hospodárstvo v Banskej Štiavnici - banskoštiavnické tajchy : bakalárska práca. Nitra : SPU, 2014. 62 s.

Veronika Soldánová: CREATION OF THE KLINGER WATER RESERVOIR BOTTOM PROFILES WITH THE USE OF GIS

Creation of the digital models water reservoirs bottom profiles, their analysis, creating profiles and obtaining bathymetric data is an important part of monitoring of water reservoirs, their volume, the volume of the sediments and their general conditions. This paper is focused on creation of the Klinger water reservoir bottom profiles with the use of QGIS environment. The data about position and depth were measured with the contactless technology with the use sonar and a GNSS device. For create a plug-in was used programming language Python, Plugin Builder tool, QT Designer and integrated development environment Eclipse. The result methodology is used to automate and more effectively addressing the creation of terrain profile, using the potential of open-source software.

Ing. Veronika Soldánová, Katedra vodného hospodárstva krajiny Stavebnej fakulty STU, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, veronika.soldanova@stuba.sk