

PÔDORYSNÁ VZORKA RIEČNEHO KORYTA DOLNÉHO VÁHU, NITRY A DUDVÁHU S OSOBITNÝM ZRETEĽOM NA VPLYV FAKTORA TEKTONIKY

JURAJ PROCHÁZKA*

Juraj Procházka: Planform of the lower Váh River, the Nitra River and the Dudváh River channels with particular consideration on influence of tectonics factor. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 13, 2013, 2, 7 figs., 1 tab., 29 refs.

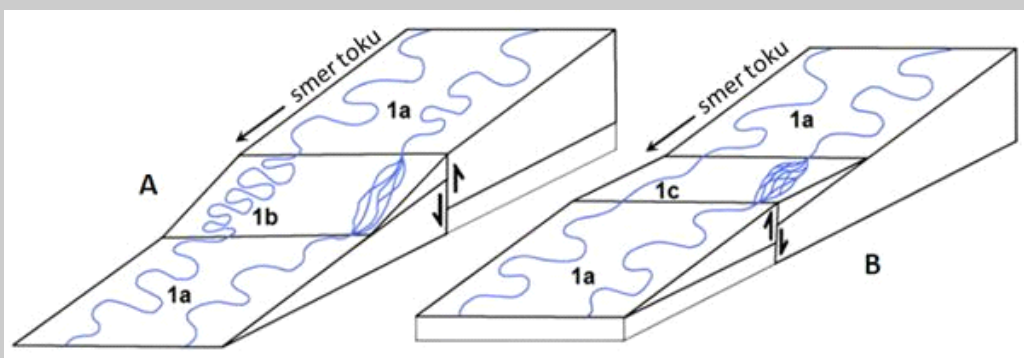
The aim of this work is to demonstrate the influence of tectonics on the lowland rivers pattern differentiation. Change of river patterns of the Váh River, the Nitra River and the Dudváh River in longitudinal direction can be studied by sinuosity index. Parameter of river channel sinuosity is determined by channel gradient. This is influenced by relative neotectonic movements on boundary lines of two blocks. It is necessary to study the state of river channel pattern before anthropogenic interventions. We detected, that the first important interventions on river Váh channel took place already in the 18th century, therefore it is eligible to use the First military survey of Habsburg Empire instead of the Second military survey, which was used in some other studies. River reaches with the most outstanding sinuosity reflect also the boundaries of geomorphological units (plain and hillyland) and regional depressions, which are controlled by faults.

Key words: sinuosity of river channel, neotectonics, historical maps, anthropogenic river regulation

ÚVOD

Cieľom práce je analýza vzťahu pôdorysnej vzorky – miery sinuozity (kľukatosti) dolného Váhu (úseku na území Podunajskej nížiny), Dudváhu a Nitry k aktuálnemu tektonickému vývoju územia. Vychádzame z predpokladu, že ak dve susediace kryhy, cez ktoré prechádza vodný tok vykazujú odlišnú mieru vertikálneho pohybu, na istom úseku na ich kontakte, resp. v území pod zlomom vzniká úsek toku repre-

zentovaný výraznejšou sinuozitou, prípadne za istých spádových pomerov až zásadnou zmenou pôdorysnej vzorky koryta na divočiaci resp. anastomozujúci typ (**Obr. 1**). V okolí zlomu vzniká úsek s odlišným sklonom, kde sa zvyšuje, resp. znižuje energia vodného toku, čomu sa riečne koryto prispôbuje zmenou pôdorysnej vzorky. Nárast sinuozity riečnych koryt viacerých vodných tokov v dôsledku vertikálnych tektonických pohybov v Panónskej panve a iných regiónoch bol študovaný viacerými autormi (OUCHI 1985, PETROVSZKI



Obr. 1 Prispôbenie sa pôdorysnej vzorky riečného koryta zvýšeniu (A), resp. zníženiu (B) sklonu. V prípade zvýšenia sklonu dochádza k zvýšeniu sinuozity, resp. zmene na divočiaci typ, v prípade zníženia sklonu k zníženiu sinuozity, prípadne zmene na anastomozujúci typ koryta. Upravené podľa PETROVSZKI a TIMÁR (2010)

* Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoekológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, Slovensko, e-mail: prochazkaj@fns.uniba.sk

a TIMÁR 2010, PETROVSZKI et al. 2012, ZÁMOLYI et al. 2010).

Komplexnému, všeobecnejšiemu štúdiu georeliéfu Podunajskej nížiny, resp. jej častí sa venuje viacero prác, jednými z najznámejších, ktoré sa týkajú čiastočne aj úseku toku Váhu sú práce LUKNIŠA a BUČKA (1953), LUKNIŠA a MAZÚRA (1959), resp. IŠTOKA (1976). Venujú sa vyčleneniu buď jednotlivých foriem reliéfu, alebo geomorfologických regiónov s dôrazom na genetický aspekt. V súvislosti s tektonickými pohybmi, ktoré výrazne ovplyvňujú zmeny pôdorysnej vzorky, resp. determinujú laterálnu migráciu koryta sa objavuje niekoľko zaujímavých prác. Deklarovaný je v nich pohyb Váhu v smere na východ, zodpovedajúci úseku pozdĺž východného okraja Trnavskej pahorkatiny. Spočiatku sa objavoval názor, že tento posun bol podmienený navievaním spraší v oblasti Trnavskej pahorkatiny, ktoré Váh odtláčali na východ (LUKNIŠ 1951). Väčšina autorov však tento posun prisdzuje vplyvu tektoniky – úklonu západnej časť Malej Dunajskej nížiny, najmä v oblasti Trnavskej pahorkatiny resp. Žitného ostrova (DLABAČ 1960, IŠTOK a IŽOF 1990, resp. MAGLAY 2010). Generálny smer úklonu Trnavskej pahorkatiny je zo severozápadu na juhovýchod. Tento úklon bol pravdepodobne hlavným faktorom migrácie Váhu v smere na východ. Exaktne je doložený napríklad nálezom vážskych štrkov pri Opojí a Majcichove, ktoré sú deponované na neogénnych íloch a prekryté sprašami, vek ich spodných vrstiev je určený na riss. Tendencia Váhu postupne presúvať svoju os počas kvartéru na východ pretrváva aj v recente, v sedemdesiatych rokoch bol tento posun stanovený na úrovni 0,5 – 1 m ročne. Predpokladaný holocénny posun Váhu v úseku Posádka-Horný Čepeň 0,9 – 1,2 km, resp. v meandri pri Sereďi 1,5 – 1,9 km odhadnutý na základe analýzy spádových kriviek niektorých dolín a úvalín (IŠTOK 1978). Časť študovaného úseku Váhu tektonickými pohybmi zatláčaného na východ sa zmieňuje tiež v súvislosti významných zosuvov na okraji Nitrianskej pahorkatiny, podmieňovaných Váhom (LUKNIŠ 1951, BEDNÁRIK et al. 2012). Rôzne morfológické charakteristiky riečného koryta, vrátane indexu sinuozity (kľukatosti) uvádzajú LEHOTSKÝ a GREŠKOVÁ (2005). Úklon južnej časti Nitrianskej pahorkatiny v kvartéri stanovil LUKNIŠ (1969) na západný, resp. juhozápadný. Tok Nitry medzi Nitrou a Novými Zámkami sledoval starší, juhovýchodný sklon, ktorý sa zmenil v Risse na západný. V dôsledku zmien úklonu došlo k zmene smeru toku Nitry pri Nových Zámkoch na západ. DLABAČ (1960) hovorí o zmene smeru toku Nitry na západ kvôli kaptácii dôsledkom poklesu komárňanskej panvy. Tendencie Váhu

meniť smer toku na juhozápad sú podľa tejto práce tiež badateľné, avšak agradačný val Dunaja usmerňoval smer toku východným smerom. Agradačný val Dunaja usmernil smer toku Nitry južne od spomínaného ohybu, ako aj tok Dudváhu.

Niektoré práce komplexne zhŕňajú vplyv tektoniky (rôzneho charakteru a intenzity) na rôzne typy nížinných riek, vrátane meandrujúcich tokov (SCHUMM et al. 2000). V tejto práci autori popisujú tiež experimentálne modely, kde dochádzalo v modelových podmienkach pri zvyšovaní sklonu istého úseku k nárastu sinuozity. Problematike vzťahu pôdorysnej vzorky a tektoniky sa systematicky venuje pozornosť na území Panónskej panvy (TIMÁR 2003, ZÁMOLYI et al. 2010, PETROVSZKI et al. 2012). V práci PETROVSZKI et al. (2012) bola táto metodika využitá čiastočne aj na území Slovenska, a síce na príklade Dunaja, Malého Dunaja, Hronu, Ipl'a ako aj Váhu. Problémom je, že spomínaná štúdia bola realizovaná v malej mierke, a hoci boli vyčlenené na tokoch dosť odlišné úseky z hľadiska riečnej sinuozity (na Váhu sedem), vo vzťahu k zlomovej línii boli interpretované len v jednom prípade, a to len krátky úsek voči zlomu neďaleko Komárna. Metodicky tieto práce vychádzajú výlučne z druhého vojenského mapovania. Jednou z výhod druhého vojenského mapovania je proklamovaný všeobecný minimálny až žiadny zásah do riečnych koryt v období vzniku týchto máp (v prvej polovici 19. storočia), a preto jeho vhodnosť na podobné analýzy. Okrem toho, vzhľadom na metodické postupy využívané pri tvorbe týchto máp, je druhé vojenské mapovanie relatívne presné. V prípade každého vodného toku osobitne je však nevyhnutné brať do úvahy mieru možného ovplyvnenia, explicitne sa totiž v literatúre zmieňuje zasahovanie do bezprostredného okolia koryta aj na nami študovanom území. Napríklad už v roku 1792 existovali v chotároch obcí Dlhá nad Váhom, Veča, Kráľová nad Váhom, Šaľa a Trnovec nad Váhom hrádze, ktoré chránili územie pred menšími povodňami (MARCELOVÁ 2004). Účinok tektoniky na morfológické charakteristiky koryta sa dá študovať aj čo sa týka súčasnej dynamiky koryta, a to prostredníctvom štúdia leteckých snímok. Nárast sinuozity koryta, brehovej erózie, nízky pomer šírky/hĺbky, menej záplav a degradácia nastáva v smere nadol od vyzdvihujúcej sa kryhy a nahor od poklesávajúcej. Agradácia, vyšší pomer šírka/hĺbka a časté záplavy vykazujú úseky vyššie od zlomu s pozitívnou pohybovou tendenciou a nižšie od subsidujúceho úseku (JAIN a SINHA 2005).

Čo sa týka ďalších prejavov tektonických pohybov, explicitná zmienka o priebehu pomerne výraznej zlomovej línie sa spája s oko-

lím Štrkovca, úsek Sereď-Šaľa (IŠTOK a IŽOF 1990). Na tektonické zmeny v smere pozdĺž toku poukazujú zmeny hrúbky kvartérneho pokryvu, keď v Sereďi sa Váh zarezáva priamo do neogénnych sedimentov, v smere toku aj proti smeru toku sa mocnosť kvartérneho pokryvu zvyšuje, v okolí Šoporne a Váhoviec je už asi 10 – 15 m a v okolí Vlčian dokonca 100 m. Viacero poznámok k tektonickým pomerom alúvia dolného Váhu a Dudváhu konštatuje MAGLAY (2010). Systém kvartérnych zlomových línií úseku dolnovážskej nivy Leopoldov-Šoporňa je z juhu ohraničený výrazne poklesovými okrajovými štruktúrami Gabčíkovej panvy medzi Galantou a Sereďou. Tektonicky predisponovaná sústava nižších kryh Dolnovážskej nivy, svojim S – J, resp. ŠSV – JJZ priebehom zodpovedá súčasnému plošnému rozsahu nivy. Jednotlivé kryhy Dolnovážskej nivy vykazujú vrchnopleistocénny až subrecentný vertikálny pohyb, indikovaný mierne rozdielnou hrúbkou piesčitých štrkov dnovej akumulácie v pozdĺžnom smere (MAGLAY 2010). Kvartérne zlomy boli identifikované na študovanom území v oblasti Hlohovca, Posádky, Varovho Šúru, Sereďe.

METODIKA PRÁCE

Výpočet sinuozity bol realizovaný na príklade riečného koryta dolného Váhu (v úseku Nové Mesto nad Váhom – Komárno), Nitry (od Šurian po ústie do Váhu) a Dudváhu (od Majcichova po ústie do Malého Dunaja) s pôvodnou pôdorysnou vzorkou, resp. minimálne pozmenenou zásahmi človeka. Zámerom výberu ďalších dvoch riek – Nitry a Dudváhu v relatívnom susedstve Váhu bolo sledovať, či vybrané zlomy, resp. tektonické pohybové tendencie sa v istom úseku riečnych koryt budú prejavovať v prípade všetkých tokov. Zdrojom dát boli mapy Prvého vojenského mapovania (1769 – 1785) a Druhého vojenského mapovania Habsburskej ríše 1810 – 1869 (ARCANUM 2004, JANKO et al. 2005). Pre kredibilné vyjadrenie sledovaného ukazovateľa je totiž nevyhnutné zachytiť prirodzený (čo najmenej antropogénne ovplyvnený) stav koryta. Sledovaný ukazovateľ sme pre všetky rieky vyjadrili pre obidve obdobia. Bližšie sa problematike týchto mapovaní a ich využiteľnosti pre náš účel venujeme v časti „výsledky“.

Výraznejšie antropogénne zásahy do riečnych koryt riek v Uhorsku sa začali realizovať len v období realizácie tohto mapovania, resp. po ňom, preto pôdorysnú vzorku v tomto období môžeme považovať za kvázi pôvodnú, minimálne ovplyvnenú činnosťou človeka.

Mierka mapových diel je 1:28800. Georeferencovanie mapových listov jednotlivých ma-

povaní bolo realizované na základe Základnej mapy SR 1:10000. V niekoľkých málo prípadoch, pri nedostatku vhodných referenčných bodov boli využité katastrálne mapy z posledného decénia 19. storočia. Chyba RMS sa pohybovala v prípade Druhého vojenského mapovania v rozpätí 3,93 m v okolí Sereďe po 15,74 m v okolí Komárna. Využitá bola polynomičná transformácia 2. rádu. Chyba RMS vyjadruje polohopisnú chybu transformácie mapy do S-JTSK. Nepriamo však reflektuje aj presnosť mapy, lebo čím je väčšia, tým je pôvodná mapa menej konzistentná zo súčasného pohľadu. Riečnu sinuozitu sme stanovili na základe digitalizovanej stredovej línie koryta riek. Pri stanovení priebehu stredovej línie sme sa museli vysporiadať s niekoľkými problémami, a to najmä v úsekoch reprezentovaných viac ako jedným korytom a v úsekoch kde došlo k evidentným zásahom do koryta (antropogénne priepichy) ešte pred mapovaním. V prípade viacerých koryt bola stredová línia vedená najdlhším z nich, v prípade priepichov meandrov sme uvažovali viditeľné pôvodné koryto, v období mapovania niekedy len čiastočne zazemnené mŕtve rameno s otvorenou vodnou hladinou. Napokon bola stredová línia rozdelená na rovnomerné úseky po 1000 m (2000, 5000, 10000, 20000 m). Ak dochádza na určitom mieste v rámci študovaného vodného toku k výraznej zmene hodnôt sinuozity pre rôzne dlhé úseky, pravdepodobne to indikuje ovplyvnenie neotektonickou činnosťou. V prípade, že k zmene dochádza len pri jednom kratšom úseku, môže to byť spôsobené len jedným výraznejším meandrom (PETROVSZKI a TIMAR 2010). Na výpočet sinuozity bol využitý index sinuozity SI (LEOPOLD et al. 1964). Ten reprezentuje pomer dĺžky stredovej línie toku medzi dvomi bodmi na istom úseku (A, pre spomínané A= 1000, 2000, 5000, 10000, resp. 20000) a najkratšiu vzdialenosť (D) medzi týmito bodmi (teda $SI=A/D$). Sinuozita bola teda stanovená pre rôzne dlhé úseky (teda postupne vzrastajúce vzdialenosti A medzi bodmi). Na základe takto vypočítanej sinuozity sme na podklade stredovej línie rozdelenej na úseky po 1000 m vyčlenili rôzne dlhé konečné úseky, kde dochádzalo k výraznej zmene tohto parametra vo viacerých mierkach. Interpretácia bola realizovaná vo vzťahu k potvrdeným zlomom podľa Geologickej mapy Podunajskej nížiny – Trnavskej pahorkatiny (MAGLAY et al. 2006). Takisto sa zohľadňovala Neotektonická mapa Slovenska 1:500 000 (MAGLAY et al. 1999).

VÝSLEDKY

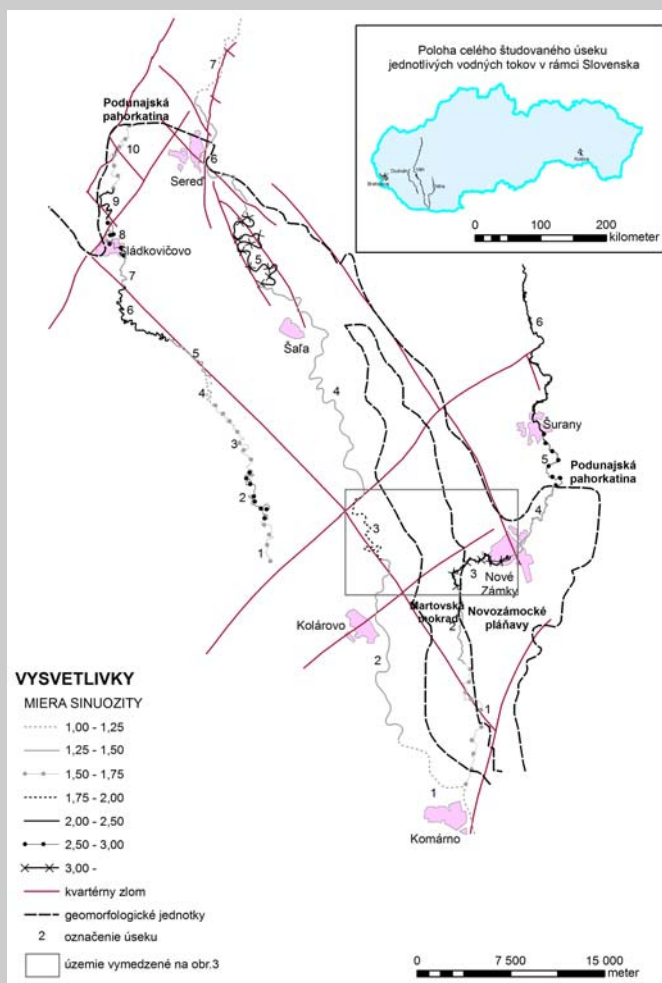
Výsledkom analýzy riečnej sinuozity dolného Váhu, Nitry a Dudváhu bolo vyčlenenie

Úsek	Váh		Nitra		Dudváh	
	1. map	2. map	1. map	2. map	1. map	2. map
1	1,17	1,331	1,71	1,749	1,384	1,519
2	1,26	1,404	1,37	1,588	1,768	2,705
3	1,86	1,776	3,18	2,44	1,702	1,666
4	1,43	1,409	1,49	1,457	2,271	1,889
5	3,25	1,627	2,78	2,565	1,681	1,407
6	1,38	1,522	2,11	1,88	1,645	2,441
7	1,18	1,322	-	-	1,487	1,428
8	1,268	1,94	-	-	1,561	2,581
9	1,41	1,247	-	-	1,505	2,134
10	2,01	1,601	-	-	1,498	1,604
11	1,45	1,276	-	-	-	-

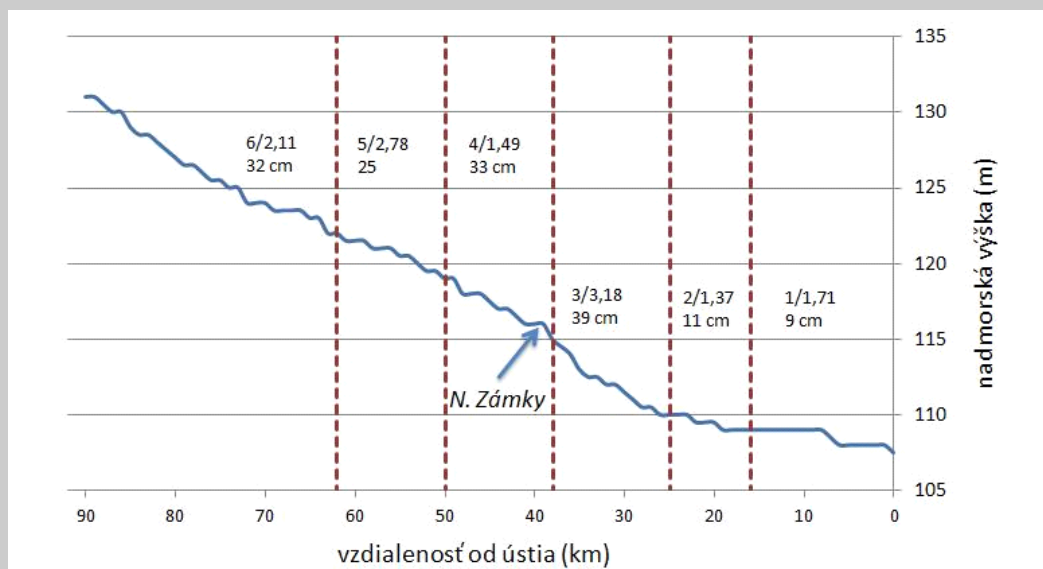
Tab. 1 Miera sinuozity jednotlivých (rôzne dlhých) úsekov Váhu, Nitry a Dudváhu

jedenástich úsekov s rôznou mierou sinuozity v prípade Váhu, desiatich úsekov v prípade Dudváhu a šiestich úsekov Nitry. Tieto spadajú do nami vyčlenených 7 intervalov indexu sinuozity. Grafický výstup (**Obr. 2** a **Obr. 6**) a vlastná interpretácia boli robené pre každý tok pre jedno konkrétne obdobie, v práci však

uvádzame pre všetky tri rieky a jednotlivé úseky index sinuozity pre prvé aj druhé vojenské mapovanie (**Tab. 1**). Ukázalo sa, že miera presnosti mapových listov z toho istého obdobia (1. vojenské mapovanie) je pre jednotlivé toky rôzna. Viditeľné je to aj zo spomínanej tabuľky, kde údaje miery sinuozity v prípade



Obr. 2 Úseky Nitry, Dudváhu a časti Váhu (Komárno – Sered') s rôznou mierou sinuozity. Priebeh zlomových línií podľa Neotektonickej mapy Slovenska 1:500 000 (MAGLAY et al. kol. 1999)



Obr. 3 Pozdĺžny profil študovaného úseku Nitry

Vysvetlivky: A/B C (cm) kde A – číslo úseku, B – hodnota indexu sinuozity a C – prevýšenie (cm/km)

Dudváhu pre prvé a druhé mapovanie sú výrazne rozdielne, často sú v prípade presnejšieho druhého mapovania hodnoty indexu sinuozity vyššie (predpokladali by sme, že by mali byť v neskoršom období nižšie, keďže dochádzalo na viacerých miestach k reguláciám koryta). V prípade Dudváhu sú teda relevantné hodnoty indexu sinuozity len z druhého vojenského mapovania. Naopak, v prípade Nitry a najmä Váhu sa ukázalo, že presnosť prvého vojenského mapovania v porovnaní s druhým je nepomerne lepšia ako v prípade Dudváhu a použitie hodnôt sinuozity z prvého vojenského mapovania je relevantné. Vysvetľujeme si to tým, že v prípade Váhu viaceré riečne úseky (napr. v oblasti Leopoldova, Serede, Šoporne-Váhoviec a pod.) boli zachytené už v 18. storočí na detailných mapách resp. miestnych plánoch, ktoré sú presné a pravdepodobne boli zohľadnené aj pri realizácii príslušných mapových listov prvého vojenského mapovania (PIŠUT a PROCHÁZKA 2013). V prípade Nitry, veľká časť nami sledovaného úseku je zachytená na mapovom liste, kde sa nachádza aj mesto Nové Zámky, odkiaľ takisto existovalo viacero podrobných máp veľkých mierok a daný mapový list je teda presný ako taký. V prípade výstupu je použitá na Váhu a Nitru situácia z 1. vojenského mapovania, nakoľko najvýznamnejšie úseky s extrémnymi hodnotami sinuozity boli na druhom mapovaní už významne zregulované (napr. extrémny úsek Váhu 5 mal po regulácii o polovicu nižšiu hodnotu indexu sinuozity). Výnimkou je jeden úsek v oblasti Leopoldova (úsek 8), ktorý podľa analýzy série historických máp bol v období realizácie prvého mapovania práve zregulovaný, v období predtým sa však vyznačoval extrémnymi hodnotami sinuozity, a mal tendenciu ich nadobúdať aj po regulácii – preto sme pre tento úsek použili

hodnoty tohto parametra z 2. mapovania (keďže cieľom je zachytiť stav čo najbližší prirodzenému, neovplyvnenému činnosťou človeka). V prípade Dudváhu sme na mape použili zo spomínaných dôvodov hodnoty z druhého vojenského mapovania.

V niektorých prípadoch sme identifikovali vzťah výrazne sinuóznejšieho úseku ku kvartérnym zlomom, niekedy sa tieto extrémne úseky vyznačovali aj viditeľne odlišnými inými parametrami – napr. šírkou meandrového pásu (napr. úsek rieky Váh 5, **Obr. 2**). Vo všeobecnosti zväčša v malej vzdialenosti od zlomu v smere toku, resp. priamo na zlome nasleduje relatívne kratší úsek reprezentovaný niekoľkými výraznejšími riečnymi meandrami, a za ním spravidla dlhší, priamejší úsek. Takisto, v prípade viacerých zlomov dochádza k významnej zmene smeru toku (napríklad v rámci úseku Váhu 6 dvakrát dochádza k zmene smeru toku, ktorý sleduje kvartérne zlomy), v niektorých prípadoch zmena smeru toku nie je podložená vymapovaným zlomom (napr. v rámci úseku Váhu 4 v blízkosti Šale, **Obr. 2**). Analyzované toky, sa vzhľadom na odlišný charakter (napr. neporovnateľný priemerný prietok a pod.), vyznačujú aj odlišnými parametrami, Nitra a Dudváh dosahujú vo všeobecnosti vyššiu mieru sinuozity, aj vzhľadom na podstatne nižšiu meandrovú dĺžku.

NITRA

Spoločnou črtou Váhu a Nitry je relatívne nižšia miera sledovaného ukazovateľa v prípa-



Obr.4 Úsek Nitry 3 v okolí Nových Zámkov (vpravo) a časti Váhu 3 v okolí Zemného na mape 2. vojenského mapovania

de dolných úsekov (1. a 2. úsek Nitry, resp. 1. až 4. úsek Váhu) – (**Obr. 2**). Tieto úseky sú spojené s najnižšími hodnotami sklonov (**Obr. 3** a **Obr. 5**). Viditeľná je skokovitá zmena najmä v prípade Nitry, kde dochádza v rámci úseku 3 aj k významnej zmene meandrovej dĺžky (**Obr. 4**).

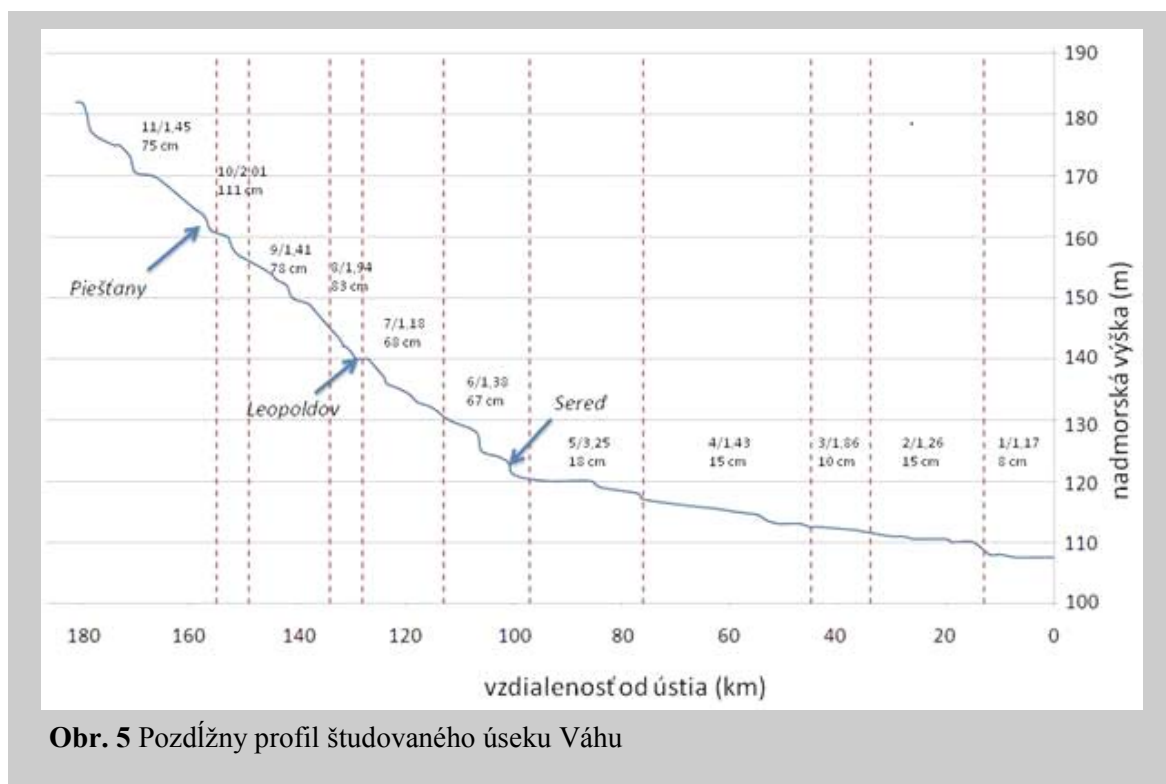
Je pravdepodobné, že mimoriadna sinuozita úseku 3 rieky Nitra (**Obr. 2**) je odozvou na zlom, ktorý v zmysle Neotektonickej mapy Slovenska (MAGLAY et al. 1999) prechádza v smere SSZ – JJV niekoľko kilometrov od začiatku úseku proti smeru toku (v súčasnosti na území mesta Nové Zámky). Úsek toku nad zlomom sa vyznačuje podľa spomínanej mapy výzdvihom, zatiaľ čo úsek pod zlomom v smere toku relatívnym poklesom. Úsek 3 sa zároveň vyznačuje takmer štvornásobne vyšším sklonom v porovnaní s úsekom 2 (**Obr. 3**). Zaujímavé je, že zmena sinuozity rieky často korešponduje aj s priebehom hraníc geomorfologických jednotiek. Úsek Nitry 3 prechádza priamo cez hranicu geomorfologických jednotiek z Novozámockých pláňav do časti Podunajskej roviny s názvom Martovská mokraď. Skutočnosť, že úsek Nitry 3 reprezentuje prechod z vyššej do nižšej nadmorskej výšky je viditeľná aj z **Obr. 4**, ako aj skutočnosť, že s tým polohovo súvisí aj úsek Váhu 3 (hoci úsek Váhu 3 nezasahuje do Martovskej mokrade, sleduje trend poklesu v tejto časti územia). V oblasti medzi úsekmi Nitry 3 a Váhu 3 (teda na území Martovskej mokrade) sú ešte aj na spomínanej mape výrazné mokradné územia so zaujímavou toponymiou (napr. Lodná cesta – Hajó Út), čo poukazuje na depresný charakter tohto územia. LUKNIŠ (1969) predpokladá vznik zmeny smeru toku Nitry v okolí Nových Zámkov (úsek Nitry 3) v dôsledku zmeny prevládajúce-

ho sklonu územia na juhozápad (predtým bol prevládajúci sklon na juhovýchod). Tento trend sa dá podľa autora sledovať čiastočne aj na Váhu (pravdepodobne časť úseku Váhu 2 severne od Kollárova), ktorého tok je však usmernený agradačným valom Dunaja, ktorý Váh odsúva na východ. Zmena smeru toku Nitry na severojužný poniže úseku 3 je podľa Lunkiša i.c. podmienená agradačným valom Váhu. Hranica dvojice geomorfologických celkov – Podunajskej pahorkatiny a Podunajskej roviny (časť Novozámocké pláňavy) je zohľadnená aj hranicou dvoch úsekov Nitry s kontrastnými hodnotami nami sledovaného ukazovateľa – úsek 4 a 5. Výrazne sinuóznejšia pôdorysná vzorka koryta po prechode na Podunajskú rovinu, teda územie s nižším sklonom sa postupne mení na relatívne priamejšiu.

VÁH

Výrazne sinuóznejší úsek Váhu 3 (v porovnaní s úsekmi 2 a 4) – (**Obr. 2**) môže byť odozvou na zlom prechádzajúci územím severne od neho. Pravdepodobnejšie však je, že zvýšený index sinuozity je čiastočne odozvou na predpokladaný asymetrický úklon územia (spomínaná regionálna zníženina – Martovská mokraď, **Obr. 4**). Zvýšené meandrovanie by v takom prípade bolo vyvolané intenzívnejším laterálnym pohybom.

Najvýraznejší úsek Váhu 5 je pravdepodobne čiastočne odozvou na niekoľko zlomov v oblasti Serede (v rámci úseku 6). Je však determinovaný najmä depresným charakterom územia v jeho okolí, ktoré je vyčlenené dvojicou zlomov. Zároveň, v tejto oblasti prechádza rieka Váh z Podunajskej pahorkatiny (Dolno-



Obr. 5 Pozdĺžny profil študovaného úseku Váhu

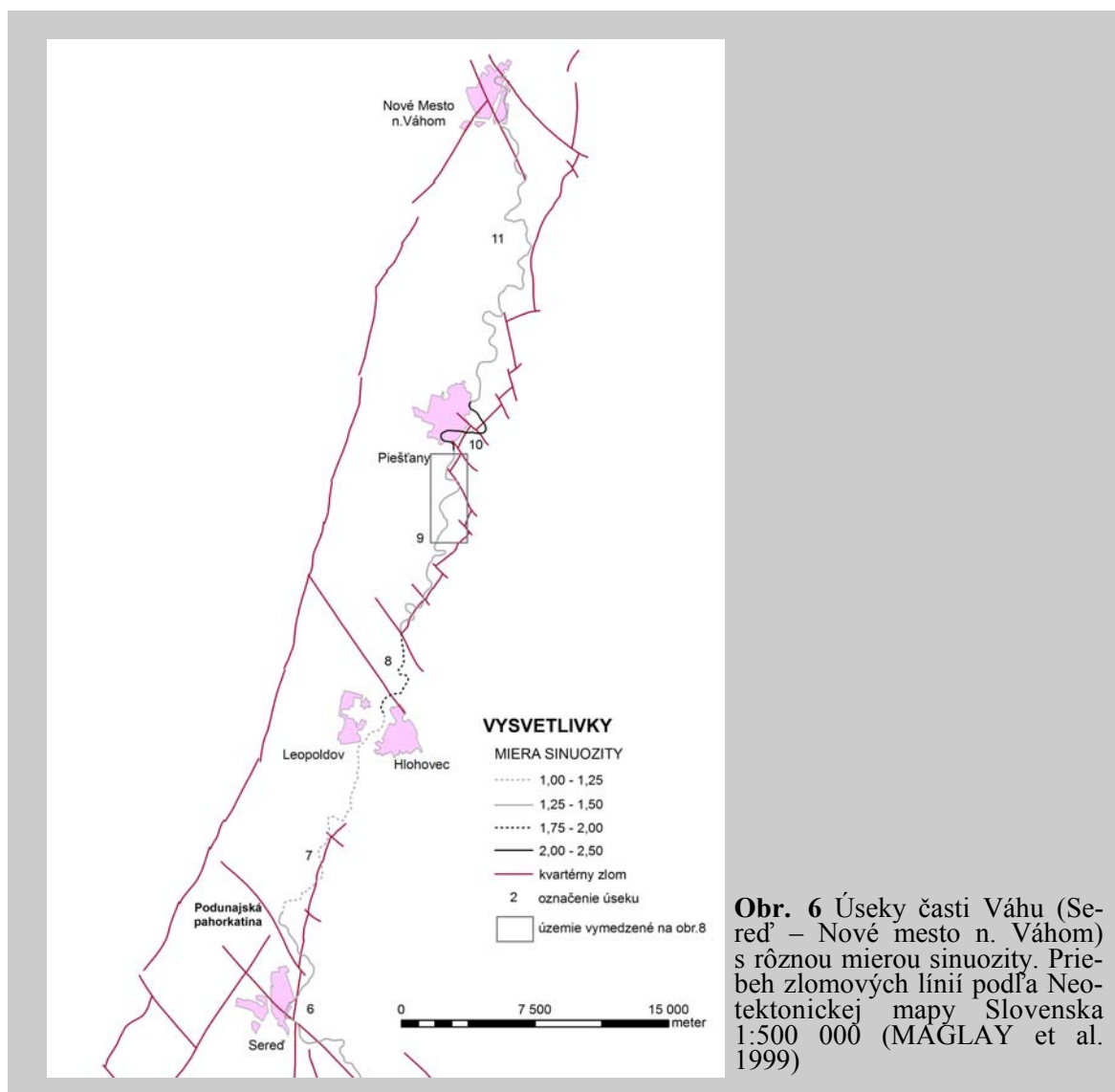
vážskej nivy) na územie Podunajskej roviny. Úsek 5 sa vyznačuje v priemere menej ako tretinovým prevýšením na kilometer, ako nasledujúce dva úseky vyššie po toku (Obr. 5). Sereď je akýmsi pomyselným bodom, ktorý rozdeľuje dolný Váh na dva úseky s preukázateľne odlišnou pôdorysnou vzorkou. Úsek južne od Sereď, vyznačujúci sa signifikantne nižším sklonom, bol typický jediným riečnym korytom. Naopak, úsek severne od Sereď bol typický viacerými korytami, niekedy parametricky rovnocennými, s výrazne viac ostrovmi a štrkovými lavicami. Predpokladáme, že zlom SZ – JV smeru ohraničujúci Nitriansku pahorkatinu, prechádzajúci cez Sereď, je pokračovaním zlomu prechádzajúceho cez Nové Zámky, ktorý mohol podmieniť výraznú pôdorysnú vzorku úseku 3 rieky Nitry.

Miera sinuozity pre celý študovaný úsek Váhu s dĺžkou takmer 190 km bola relatívne nízka, extrémnejšie hodnoty sa spájali s relatívne kratšími úsekmi. Spomínaný extrémny úsek Váhu 5 v oblasti Šoporňa – Váhovce je teda pravdepodobne odozvou na diferencované neotektonické pohyby.

Podľa neotektonickej mapy Slovenska 1:500 000 (MAGLAY et al. 1999), podobne ako v predchádzajúcom prípade Nitry kde sinuozita dosahuje úroveň viac ako 3, v smere toku od týchto zlomov má územie poklesové pohybové tendencie, zatiaľ čo proti smeru toku má relatívne výzdvihové tendencie. IŠTÓK (1978) poukazuje na tieto fenomény údajmi o hrúbke kvartéru, kde v Sereďi sa koryto Váhu zarezáva

priamo do terciérneho materiálu, zatiaľ čo v oblasti Šoporne dosahuje kvartérny pokryv už niekoľko metrov. Tento úsek (Obr. 2) je výnimočný nielen mierou sinuozity, ktorá dosahuje hodnotu 3,25 (Tab. 1), ale má výrazne odlišnú šírku meandrového pásu (napr. jeden z meandrov má dĺžku po toku viac ako 5 km a šírku meandrovej šije niekoľko 100 m). Výnimočné rozmery podmienili, že tento úsek bol regulovaný na rozdiel od väčšiny koryta dolného Váhu už v 18. storočí. V súčasnosti je väčšia časť tohto územia na dne vodného diela Kráľová. Nie je vylúčené, že signifikantne vyšší index sinuozity sa spájal aj s úsekom od Sereďe po tento mimoriadny úsek, ale zo vstupných zdrojov sme to neidentifikovali kvôli reguláciám koryta.

Zlomom determinovaný je pravdepodobne aj úsek 8 v okolí Leopoldova (Obr. 6), s hodnotou sinuozity na situácii z druhého vojenského mapovania 1,94. Nie je vylúčené, že hodnota významne prekračovala 2, keďže na tomto úseku regulácie prebiehali už v prvej polovici 18. storočia. Dôvodom regulácií bolo ohrozovanie pevnosti pri Leopoldove a vtedajšej obce Svätý Peter (dnes súčasť Hlohovca) laterálnym pohybom. V smere toku nasledujúci, podstatne priamejší úsek 7 v podstate kopíruje pozdĺžny zlom oddeľujúci Nitriansku pahorkatinu, ktorá je svojím spôsobom limitujúcim faktorom aj pre vlastný tok Váhu. Okolie Leopoldova reprezentuje z hľadiska morfológických parametrov rieky Váh popri Sereďi ďalší významný hraničný bod – úsek medzi

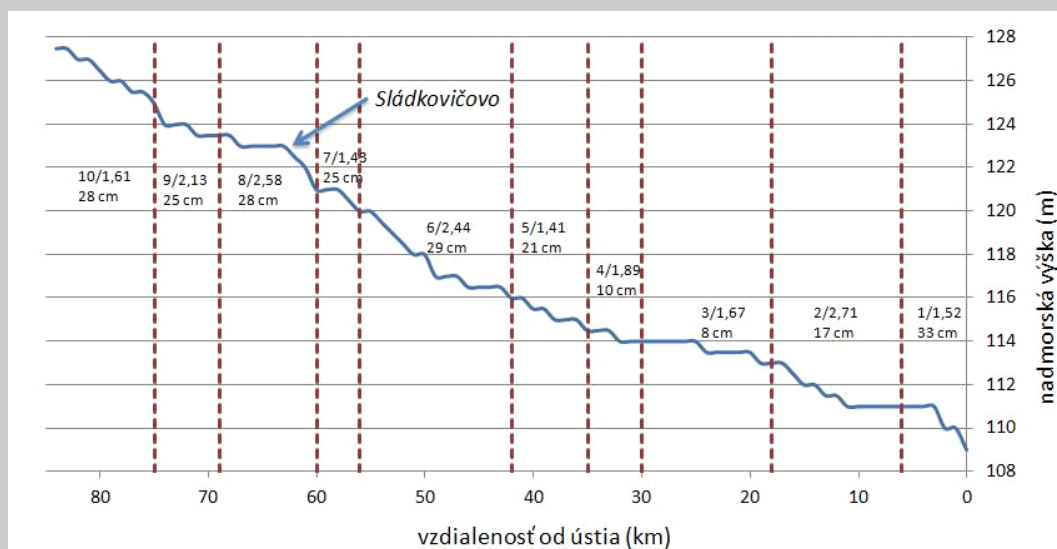


Obr. 6 Úseky časti Váhu (Sered' – Nové mesto n. Váhom) s rôznou mierou sinuozity. Priebeh zlomových línií podľa Neotektonickej mapy Slovenska 1:500 000 (MAGLAY et al. 1999)

Leopoldovom a Sered'ou má z hľadiska pôdorysnej vzorky akýsi prechodný charakter medzi spomínanými dvomi typmi – južne od Serede resp. severne od Leopoldova. Krátky úsek Váhu 10 v okolí Piešťan s mierou sinuozity väčšou ako 2 reprezentuje len dvojica meandrov, vyčlenili sme ho ale kvôli skutočnosti, že je evidentný ich vzťah ku kvartérnemu zlomu, a na druhej strane tento zlom podľa neotektonickej mapy oddeľuje dvojicu úsekov s rozdielnou mierou pozitívnych pohybových tendencií (časť proti smeru toku s výraznejším zdvihom). Úsek 10 sa vyznačuje zároveň najvyšším spádom, vyše 100 cm/km, ktorý je výrazne vyšší v porovnaní so susednými úsekmi. Mierny rozdiel je aj v pôdorysnej vzorke úsekov 9 a 11 – oba sú reprezentované síce väčším počtom koryt a relatívne nízkou sinuozitou, v prípade úseku 11 je výrazne vyvinuté hlavné koryto, zatiaľ čo bočné ramená sú menej výrazné, v prípade úseku 9 sú parametrovo rovnocennejšie.

DUDVÁH

Čo sa týka Dudváhu, dvojica najsinuóznejších úsekov taktiež zodpovedá predpokladom o vzťahu tohto parametra k neotektonickým pohybom. Úsek 8 v okolí Sládkovičova je pravdepodobne odozvou na dvojicu zlomov s priebehom SZ – JV, resp. SV – JZ, neďaleko tiež prechádza hranica Podunajskej pahorkatiny a Podunajskej roviny (**Obr. 2**). Zlom SV – JZ oddeľuje oblasti s výrazne odlišnými neotektonickými pohybmi (stredný zdvih resp. malý pokles). V prípade úseku Dudváhu 2 síce nie je preukázaný výraznejší zlom, v tejto oblasti takisto prechádza hranica oddeľujúca územia s odlišnými neotektonickými pohybovými tendenciami, ktoré determinovali zmenu sklonu, a teda odlišný morfológický prejav riečného koryta. Zlom „rešpektujú“ aj úseky Dudváhu 4 a 6, keď po jeho prechode koryto nadobúda výrazne vyššie hodnoty indexu sinuozity. Nao-



Obr.7 Pozdĺžny profil študovaného úseku Dudváhu

pak, úsek 5, prechádzajúci pozdĺž zlomu, je relatívne priamejší. Sklon Dudváhu je v porovnaní s ostatnými dvomi riekami menší, a preto je aj ťažšie sledovateľný vzťah tohto parametra a sinuozity koryta. Pri interpretácii je preto vhodnejšia neotektonická mapa. V prípade niektorých úsekov však môžeme sledovať analógie s Váhom a Nitrou. Napr. úsek 4 reprezentuje polovičná hodnota sklonu a zároveň výraznejšia hodnota sinuozity v porovnaní s úsekom 5 proti smeru toku (**Obr. 7**). K podobnej zmene dochádza v prípade úsekov 5 a 6 na Váhu.

DISKUSIA

Výpočet riečnej sinuozity v našom prípade sa líši od prác iných autorov (ZÁMOLYI et al. 2010, TIMÁR 2003) najmä v tom, že sme sa snažili využívať ako východiskové prvé vojenské mapovanie. Dôvodom bola skutočnosť, že hoci sme sa systematicky na celom študovanom úseku Váhu (resp. Nitry a Dudváhu) nevenovali datovaniu antropogénnych zásahov do koryta, výsledkom ktorých mohla byť umelá zmena sledovaných morfológických parametrov, takéto zásahy sú pri práci s mapovými listami druhého vojenského mapovania v tejto oblasti evidentné. Ako relevantné sa nám zdalo preto využiť čo najstaršie vstupné dáta, ktoré by boli požadovanej kvality a pokrývali by celé študované územie. Relevanciu Prvého vojenského mapovania potvrdzuje vo svojej práci aj KLEIN (2006). Výsledné hodnoty sinuozity sú porovnateľné s hodnotami iných autorov (JAIN a SINHA 2005), s výnimkou najextrémnejších hodnôt, čo ale súvisí s parametrickými odlišnosťami nami skúmaných vodných tokov v porovnaní s ich.

Rozdiel v porovnaní s inými autormi, venujúcimi sa študovaným závislostiam, bol aj vo využitej mierke – v našom prípade sme pracovali vo výrazne podrobnejšej mierke, čo nám ale umožnilo oveľa detailnejšiu interpretáciu jednotlivých úsekov. Napr. v pre nás kľúčovej práci PETROVSZKI et al. (2012) autori síce vypočítali tento ukazovateľ pre väčší počet riek v Panónskej panve, systematickejšie sa však nevenujú interpretácii hodnôt indexu sinuozity jednotlivých úsekov voči zlomom (napr. v prípade Ipľa zmieňujú jediný zlom). Takisto sa v týchto prácach – študujúcich primárne riečnu sinuozitu, neobjavuje komplexnejšia analýza s využitím viacerých iných morfológických charakteristík riečneho koryta. Čo sa týka indexu sinuozity, v prípade Dudváhu a Nitry nebol doteraz vypočítaný. Výsledky práce PETROVSZKI et al. (l. c.), ktoré zahŕňajú aj dolný Váh, sú vzhľadom na skutočnosť, že pracovali s druhým mapovaním značne odlišné od našich. Na dolnom Váhu vyčlenili 7 úsekov (v porovnaní s našimi 11 – timi), od Serede až po Nové Mesto nad Váhom vyčlenili jediný úsek. Podobne vyčlenené úseky s podobnými hodnotami sledovaného ukazovateľa sú v prípade nami vyčlenených úsekov Váhu 1, 3 a 4. Najväčší rozdiel je najmä v prípade nášho úseku 5, kde v našom prípade tento dosahoval maximálne hodnoty, zatiaľ čo v prípade práce spomínaných autorov bol jeden s najnižšou mierou indexu sinuozity (dôsledok nimi nezohľadnených regulácií koryta). V žiadnej z prác sa neobjavuje interpretácia vyčlenených úsekov vo vzťahu ku hraniciam geomorfologických jednotiek. Zmeny všetkých základných typov pôdorysných vzoriek v dôsledku tektonických výdvihov, poklesov a náklonov na dolnom toku sa zmieňujú v práci CHARLTON (2008). Zmie-

ňujú sa niektoré aspekty, ktoré sú v súlade s našimi výsledkami – pri prechode z vyzdvihujúceho sa úseku do poklesávajúceho dochádza k zníženiu riečnej sinuozity, resp. k zmene pôdorysnej vzorky z meandrujúceho toku na relatívne priamy. Anastomozujúce úseky vznikajú v prípade zvýšenia miestnej eróznej bázy bezprostredne pod úsekou – teda v prípade, že dochádza napr. k poklesu vyššieho úseku po toku a k vyzdvihu nižšieho úseku. Takýto prípad neotektonických pohybov v prípade dolného Váhu sme nezaznamenali, čo potvrdzuje aj pôdorysná vzorka – na žiadnom z úsekov nemá Váh typický anastomozujúci charakter.

Typické zmeny pôdorysnej vzorky vo vzťahu k zmene sklonu koryta sú v súlade s našim pozdĺžnym profilom Váhu a zmenami jeho pôdorysnej vzorky. HOLBROOK a SCHUMM (1999) konštatujú, že pri významnom znížení sklonu dochádza k zmene pôdorysnej vzorky z rôznych divočiach typov na meandrujúce resp. až priame. Táto zmena sa týka prechodu Váhu z Podunajskej pahorkatiny do Podunajskej roviny – migrujúca (wandering) pôdorysná vzorka po významnom znížení gradientu prechádza do krátkeho úseku 5 s extrémnou sinuozitou, ktorá sa postupne znižuje a prechádza do takmer priameho úseku 4 CHARLTON (2008) rozlišuje priame toky s indexom sinuozity do 1,1, kľukatiace 1,1 – 1,5 a meandrujúce nad 1,5). Typickejším je však jav, že na zmeny sklonu nereaguje tok úplne inou pôdorysnou vzorkou, ale rôznymi prechodnými štádiami, resp. iným charakterom tej istej pôdorysnej vzorky (rôznym stupňom vývoja). Zvýšenie sinuozity ako reakcia na zvýšenie sklonu, resp. naopak zníženie sinuozity ako reakcia na zmenšenie sklonu je v súlade s týmito autormi považovaná za najčastejšie pozorovanú zmenu pôdorysnej vzorky. V prípade divočiach úsekov koryta, v prípade že nedôjde až k zmene pôdorysnej vzorky na meandrujúcu, dochádza v súlade s autormi pri zvýšení sklonu k zmenšeniu počtu štrkových (pieskových) lavíc. Tento fenomén by v podstate mohol platiť pre nami vyčlenený prechodný úsek zhruba medzi Leopoldovom a Sereďou, ktorý sa vyznačuje už signifikantne nižším počtom štrkových lavíc ako úsek od Nového Mesta nad Váhom, ale zároveň nízkou mierou sinuozity. Výrazné zvýšenie gradientu ako takého sa tu v porovnaní s úsekmi 9 – 11 síce nepotvrdilo, je však možné, že existujú kratšie úseky s výraznejším gradientom v rámci nami vyčlenených úsekov. Zaujímavé by bolo vyjadriť niektoré ďalšie morfológické charakteristiky, ktoré by poukazovali na eróznou-akumuláciu procesy odrážajúce neotektonické pohyby – napr. stupeň divočenia vyjadrujúci plošné zastúpenie lavíc a ostrovov v koryte. Vzťah agradácie resp. degradácie

k tektonickým pohybom sa v niektorých prípadoch dá vyjadriť sensu JAIN a SINHA (2005) – pomerom šírka/hĺbka koryta, čo však v našom prípade nie je využiteľné vzhľadom na metodické východiská tejto práce. Informácie o hĺbkach koryt nie sú totiž na historických mapách systematicky dostupné.

Odlíšne sú, pri porovnaní sledovaných tokov, resp. aj v rámci jednotlivých tokov typy sinuozity sensu CHURCH (1992), čo sa dá popísať šírkou meandrového pásu a vlnovou dĺžkou. Takto odlišný je najmä extrémny úsek 5 na Váhu, predpokladáme preto, že je to odozva na neotektonickú činnosť. Hoci relevancia indexu sinuozity vo vzťahu k štúdiu tektonicky podmienených zmien sklonu pozdĺžneho profilu je overená na príklade viacerých prác, predsa len môže mať tento ukazovateľ slabé stránky. Výskyt jediného, extrémneho riečného meandra na inak priamom úseku v konečnom dôsledku predpokladá rovnakú hodnotu indexu sinuozity, ako pravidelne mierne zvlnený úsek. Čiastočne sa to eliminuje výpočtom indexu sinuozity pre rôzne dlhé úseky, ktorý slúži na kredibilné vyčlenenie konečných použitých úsekov.

Štúdium vzťahu ďalších charakteristík riečnych koryt na historických mapách k vertikálnym pohybovým tendenciám je v istej miere limitované. Limitované je napr. využitie ukazovateľa šírky meandrového pásu, keďže značná časť nami sledovaných úsekov tokov, najmä Váhu a Nitry je limitovaná šírkou doliny. Časť nami študovaného úseku Váhu je totiž „umknutá“ medzi ukláňajúcou sa Trnavskou pahorkatinou a svahmi Považského Inovca, resp. Nitrianskej pahorkatiny. Šírka doliny Nitry v Nitrianskej pahorkatine tiež môže byť limitujúca pre diferenciáciu šírky meandrového pásu. Vplyv šírky doliny na tento ukazovateľ je viditeľný v tom, že k skokovitej zmene dochádza pri prechode Váhu z Podunajskej pahorkatiny do Podunajskej roviny (úsek 5, **Obr. 2**). Laterálne ohraničené toky navyše nereagujú na povrchové deformácie zmenou šírky meandrového pásu, ale predovšetkým lokálnymi zmenami agradácie a erózie, ktoré sa prejavujú zmenami riečnych lavíc (SCHUMM et al. 2000). Spomedzi ďalších morfológických parametrov koryta pri indikácii tektonických pohybov je zaujímavý najmä parameter hĺbky koryta. Z nami využívaných historických máp tento parameter síce nebolo možné študovať, tendenciu zarezávania sa toku do neogénneho podkladu, resp. kvartérnu akumuláciu v istej vzdialenosti pozdĺž toku v prípade extrémneho úseku Váhu 5 zmieňujú IŠTOK a IŽOF (1990). V niektorých prácach z Panónskej panvy (cf. ZÁMOLYI et al. 2010) bolo štúdium sinuozity riečného koryta doplnené v tejto súvislosti geofyzikálnymi prieskuma-

mi, čo môže byť inšpiráciou pre ďalšie štúdium aj v prípade vodných tokov na Podunajskej nížine.

ZÁVER

V predkladanom príspevku prezentujeme závislosť zmeny (adaptácie) pôdorysnej vzorky riečného koryta Váhu, Nitry a Dudváhu od zmien gradientu riečnych koryt, ktoré sú pravdepodobne odozvou na diferencované tektonické pohyby. Na poukázanie zmeny pôdorysnej vzorky využívame najmä parameter sinuozity riečného koryta. Jedným z výsledkov tejto práce je zistenie, že v prípade väčších slovenských vodných tokov, na rozdiel od maďarských, nie je vhodné využívať na vyjadrenie tohto parametra druhé vojenské mapovanie, keďže riečne korytá v tomto období u nás boli už významne ovplyvnené reguláciami. Najvýznamnejšia zmena pôdorysnej vzorky sa viaže s prechodom Váhu z Podunajskej pahorkatiny do Podunajskej roviny, kde sa mení koryto z migrujúceho na extrémne kľukatiace. Z hľadiska tektonických pohybov tento extrémny úsek reprezentuje regionálnu zníženu ohraničenú zlomami. Čiastočne je táto zmena determinovaná pravdepodobne výrazným znížením spádu koryta pri prechode z Podunajskej roviny do Podunajskej pahorkatiny (resp. medzi dvomi úsekmi s rozdielnymi vertikálnymi pohybovými tendenciami). Ekvivalentný typ zmeny pôdorysnej vzorky koryta sa spája tiež s prechodom Nitry v rámci Podunajskej roviny do regionálnej znížiny – Martovskej mokrade. Opačný prípad, teda zníženie kľukatosti so znížením sklonu sa potvrdil vo viacerých prípadoch – napr. medzi úsekmi Váhu 2 a 1. Pravdepodobne je to dôsledok toho, že k nárastu sinuozity dochádza len pri istej zmene sklonu koryta, na menšiu zmenu sa môžu riečne korytá adaptovať inými morfológickými zmenami, čo je v podmienkach dolného Váhu, resp. Podunajskej nížiny námet na ďalšie štúdium.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0625-11, ako aj grantom UK/232/2013.

LITERATÚRA

ARCANUM (2004). *Az első katonai felmérés (Prvé vojenské mapovanie na DVD - ROM)*. HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum Térképtára a Arcanum Adatbázis Kft., Budapešť.

BEDNÁRIK, M., YILMAZ, I., MARCHALKO, M. (2012). Landslide hazard and risk assessment: a case study from the Hlohovec–Sereď landslide area in south-west Slovakia. *Natural hazards*, 64, 1, 547 – 575.

DLABAČ, M. (1960). Poznámky ke vzťahu medzi tvarem povrchu a geologickou stavbou Podunajskej nížiny. *Geologické práce*, Zošit 59, Bratislava, 69 – 100.

HOLBROOK, J., SCHUMM, S. A. (1999). Geomorphic and sedimentary response of rivers to tectonic deformation: a brief review and critique of a tool for recognizing subtle epeirogenic deformation in modern and ancient settings. *Tectonophysics*, 305, 1 – 3, 287 – 306.

CHARLTON, R. (2008). *Fundamentals of fluvial geomorphology*. Routledge, Oxon – New York, 234 p.

CHURCH, M. (1992). Channel morphology and typology. In Calow, P., Petts, G. E., eds. *The River Handbook*. Blackwell, Oxford, 126 – 143.

IŠTOK, P. (1976). *Geomorfologická regionalizácia Podunajskej nížiny*. Rigorózná práca, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava, Slovakia.

IŠTOK, P. (1978). Poznámky k podielu tektoniky na vývoji reliéfu Podunajskej nížiny v okolí Sereďe. *Geografický časopis*, 30, 1, 75 – 82.

IŠTOK, P., IŽOF, J. (1990). Podmienky vzniku a vývoja osídlenia krajiny dolného toku Váhu vo svetle geografických a archeologických prieskumov. *Študijné zvesti archeologického ústavu SAV*, 26. Nitra, 145 – 168.

JAIN, V., SINHA, R. (2005). Response to active tectonics on the alluvial Bagmati River, Himalaya foreland basin, Eastern India. *Geomorphology*, 70, 3 – 4, 339 – 356.

JANKÓ, A., OROSS, A., TIMÁR, G. (2005). *A második katonai felmérés 1819 – 869 (Druhé vojenské mapovanie na DVD-ROM)*. HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum Térképtára a Arcanum Adatbázis Kft., Budapešť.

KLEIN, B. (2006). Pramenná hodnota Prvého vojenského mapovania pre dejiny Slovenska v druhej polovici 18. storočia. *Umenie na Slovensku v historických a kultúrnych súvislostiach 2005 (Trnava, 26. – 27. október 2005)*. Vyd. Filozofickej fakulty Trnavskej univerzity, Trnava, 139 – 143.

LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A. (2005). Základné klasifikačné systémy a morfometric-

- ké charakteristiky korytovo-nivných geosystémov. *Geomorphologia Slovaca*, 5, 1, 5 – 20.
- LEOPOLD, L. B., WOLMAN, M. G., MILLER, J. P. (1964). *Fluvial processes in geomorphology*. Freeman, San Francisco, 511 p.
- LUKNIŠ, M. (1951). Zosunové územie na ľavom brehu Váhu medzi Hlohovcom a Šintavou. *Geographica Slovaca*, 3. Slovenská akadémia vied a umení, Bratislava, 53 – 77.
- LUKNIŠ, M. (1969). Poznámky k vývinu reliéfu Podunajskej nížiny v okolí Nových Zámkov. *Studia geographica*, 1, Brno, 45 – 51.
- LUKNIŠ, M., BUČKO, Š. (1953). Geomorfologické pomery Podunajskej nížiny v oblasti medzi Novými Zámkami a Komárnom. *Geografický časopis*, 5, 3 – 4, 131 – 168.
- LUKNIŠ, M., MAZÚR, E. (1959). Geomorfologické regióny Žitného ostrova. *Geografický časopis*, 11, 3, 131 – 168.
- MAGLAY, J. (2010). *Geomorfológia Trnavskej pahorkatiny v závislosti na štruktúrnom vývoji a charaktere usadenín vrchného pliocénu a kvartéru*. PhD thesis, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava, Slovakia.
- MAGLAY, J., HALOUZKA, R., BAŇACKÝ, V., PRISTAŠ, J., JANOČKO, J. (1999). *Neotektonická mapa Slovenska (1:500 000)*. Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Bratislava.
- MAGLAY, J. ed. (2006). *Geologická mapa Podunajskej nížiny – Trnavskej pahorkatiny (1:50 000)*. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- MARCELOVÁ, N. (2004). *Vývoj povodia rieky Váh v okrese Šaľa od 19. storočia po súčasnosť*. Diplomová práca, Katedra ekológie a environmentalistiky, Fakulta prírodných vied Univerzity Konštantína Filozofa, Nitra.
- OUCHI, S. (1985). Response of alluvial rivers to slow active tectonic movement. *Geological Society of America Bulletin*, 96, 4, 504 – 515.
- PETROVSZKI, J., TIMÁR, G. (2010). Channel sinuosity of the Körös River system, Hungary/Romania, as possible indicator of the neotectonic activity. *Geomorphology*, 122, 3 – 4, 223 – 230.
- PETROVSZKI, J., SZEKÉLY, B., TIMÁR, G. (2012). A systematic overview of the coincidences of river sinuosity changes and tectonically active structures in the Pannonian Basin. *Global and planetary change*, 98 – 99, 109 – 121.
- PIŠÚT, P., PROCHÁZKA, J. (2013). Human modifications of meandering Váh river at the Leopoldov Fortress (Slovakia) in the 18th century. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 13,1, 64.
- SCHUMM, S. A., DUMONT, J. F., JOHN, M. (2000). *Active tectonics and alluvial rivers*. Cambridge University Press, Cambridge, 277 p.
- TIMÁR, G. (2003). Controls on channel sinuosity changes: a case study of the Tisza River, the Great Hungarian Plane. *Quaternary Science Reviews*, 22, 20, 2199 – 2207.
- ZÁMOLYI, J., SZEKÉLY, B., DRAGANITS, E., TIMÁR, G. (2010). Neotectonic control on river sinuosity at the western margin of the Little Hungarian Plain. *Geomorphology*, 122, 3 – 4, 231 – 243.