

## Zmeny pôdorysnej vzorky a presúvanie koryta laterálne čiasťočne uzavretej rieky

Miloš RUSNÁK

**Abstract:** *The paper discusses the changes in channel planform and lateral shift of two medium-energy river channels (the Topľa River – from Bardejov to Giraltovece, the length 39,8 km and the Ondava River from Stropkov to the Domaša waterwork, the length 13,2 km) based on multitemporal aerial photographs analysis (1984, 2003, 2009) of channel in GIS environment.*

**Key words:** *Topľa River, Ondava River, lateral shift, channel planform*

### Úvod

Rieka predstavuje jeden z najdynamickejších prvkov krajiny. Tieto zmeny sú nielen dlhodobé a pomalé ale často náhle, skokové a dotýkajú sa človeka. Zmena toku, erózia brehov a záber pôdy, zanášanie priehrad, povodne a množstvo ďalších priamo alebo nepriamo ovplyvňujú ľudskú činnosť. Prvým krokom pre porozumenie riečnych geosystémov, ich procesov a správania je výskum jej morfológie. Metodologickú bázu v predchádzajúcom desaťročí na Slovensku výrazne rozvíjajú predovšetkým autori Lehotský a Grešková (v prácach LEHOTSKÝ 2004a, 2005, LEHOTSKÝ, GREŠKOVÁ 2003, 2004a, 2004b, 2005, 2007), ktorí položili základy pre poznanie vzťahov, procesov a zmien z hľadiska časovej premenlivosti a rozvoja fluvialnej geomorfológie na Slovensku. Významné nástroje pre hodnotenie pôdorysnej vzorky, morfológie a morfometrie, rozvíjajúce sa hlavne v poslednej dobe, predstavujú výstupy z DPZ a GIS. Spolu s historickými mapami sa využívajú predovšetkým na spoznanie časových zmien koryta (PIŠŤ 2002, GREŠKOVÁ 2002, GRECO 2007, MICHALKOVÁ 2009a), hodnotenie meandrov (HOOKE 1995, 2004), erózie brehov (PIEGAY 2005), správania sa riek (HOOKE 2007), opustených ramien (MICHALKOVÁ 2009b) a ako počiatkový nástroj pre hodnotenie morfológie a procesov pred terénnym zberom, resp. ďalším komplexnejším výskumom (LEHOTSKÝ et al. 2010, PASTUCHOVÁ et al., 2006, SARMA 2005). Letecké a satelitné snímky sa stávajú nevyhnutnou súčasťou výskumu vo fluvialnej geomorfológii. Umožňujú poňať do výskumu značne veľké územie, ktoré by sa bežnými metódami nepodarilo obsiahnuť a podávajú informácie o stave krajiny z minulých dôb, čo umožňuje vytvárať dostatočne dlhý časový rámec pre hodnotenie zmien aj bez predošlého výskumu a sledovania. Cieľom príspevku je zhodnotiť laterálny posun koryta a zmeny priestorovej štruktúry lavíc pomocou leteckých snímok málo poznaných štrkonosných a veľmi dynamických neregulovaných riek slovenskej časti flyšového pásma.

### Vymedzenie územia

Pre hodnotenie morfológie boli vybrané dve východoslovenské rieky Ondava a Topľa. Rieka Ondava v úseku od ústia do vodnej nádrže Veľká Domaša po mesto Stropkov (po most na ulici Mlynská) v celkovej dĺžke 13,2 km s veľkosťou povodia 1331,5 km<sup>2</sup> (po sútok s Topľou) a rieka Topľa od mesta Giraltovece (od mosta na ceste I. triedy číslo 73) po ústie potoka Kamenec pri meste Bardejov v celkovej dĺžke 39,8 km a rozlohou povodia 1506,3 km<sup>2</sup>.

### Použité metódy

Na sledovaných úsekoch vodných tokov bola uplatnená hierarchická klasifikácia riek spracovaná v prácach LEHOTSKÝ (2004b), LEHOTSKÝ, GREŠKOVÁ (2003, 2004a, 2004b), LEHOTSKÝ, NOVOTNÝ (2004), a ktorá bola prakticky aplikovaná pri výskume územia Vydrice (GREŠKOVÁ 2004), územia Vysokých Tatier (LEHOTSKÝ, LACIKA 2007) alebo štúdia zoobioty (PASTUCHOVÁ et al. 2008). Pri štúdiu boli na danom území rozpoznané taxóny povodia, zóny, segmentu a korytovo-nivnej

jednotky (KNJ). Takto určené KNJ možno chápať ako komplexné priestorové entity prepojené zo svojím okolím, ktoré odrážajú určitý typ správania a procesov v nich prebiehajúcich v dlhšom časovom období.

Základným zdrojom údajov pre hodnotenie morfológie vodných tokov boli letecké meračské snímky (LMS) a ortofotosnímky (ČB LMS z roku 1983, rektifikované ortofotosnímky z roku 2002 a snímky z roku 2009 stiahnuté z webovej aplikácie GoogleEarth), ktoré boli spracované v programe ArcGIS 9.2. Čiernobiele LMS (1983) a snímky GoogleEarth boli rektifikované pomocou modulu Georeferencing v ArcGISe prostredníctvom ortofotosnímkov z roku 2002. Z daných snímok sa následne v 3 časových horizontoch zvektorizovali hranice koryta a sledoval laterálny posun brehu v m<sup>2</sup> na úrovni KNJ. Na základe určenia laterálneho posunu koryta sme interpretovali aj procesy erózie brehu na jednej strane a akumuláciu sedimentov v protihľých a konvexných častiach koryta. Súčasne sme vyhraničili a klasifikovali jednotlivé typy lavíc (vnútrokorytové, bočné a vrcholové), za účelom výskumu ich vývoja prostredníctvom určenia zmeny ich percentuálneho podielu z plochy koryta, resp. KNJ alebo celkovej plochy lavíc.

## Výsledky

Na skúmaných riekach boli identifikované v zmysle hierarchickej klasifikácie taxóny povodia (v prípade Ondavy po sútok s Topľou), zóny (transferová vrchovinová), segmentu (Ondava 6 segmentov, Topľa 13 segmentov) a KNJ ako základnej jednotky výskumu (Ondava 16 KNJ a Topľa 50 KNJ z toho 3 vylúčené kvôli oblačnosti na LMS 2002).

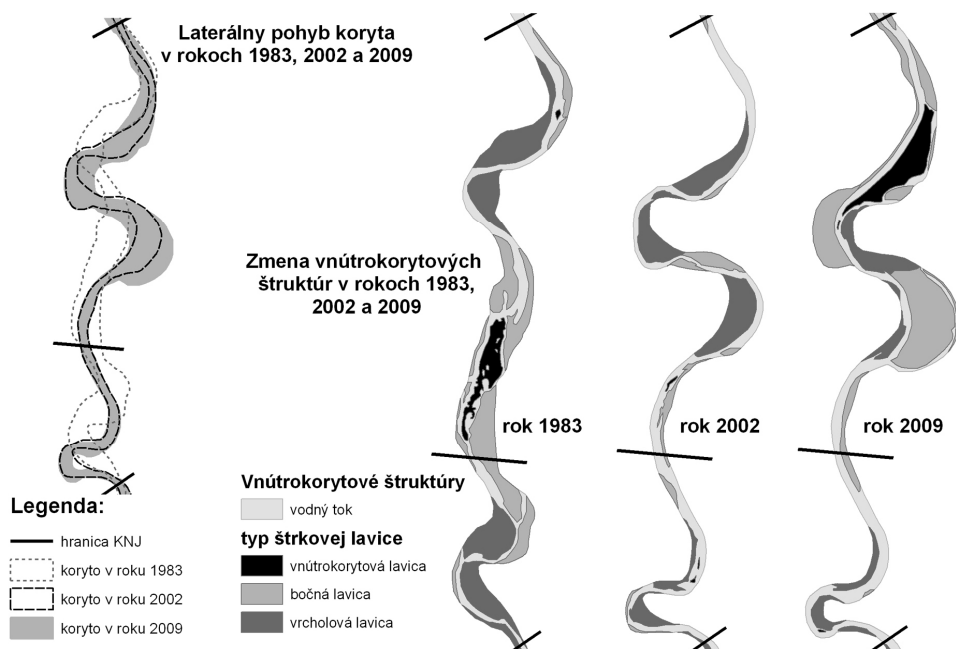
Priestorové zmeny na vyčlenených KNJ boli skúmané na dvoch úrovniach. V prvej sa sledoval laterálny pohyb koryta medzi rokmi 1983 - 2002 a 2002 - 2009. Pri oboch riekach je viditeľná výrazná zmena plochy akumulácie za sledované obdobie v porovnaní s približne vyrovnanou plochou erózie. Ondava si medzi rokmi 1983 - 2002 erodovala 176845 m<sup>2</sup> nových plôch (38,7 % z plochy nového koryta) a Topľa 304843 m<sup>2</sup> (29,3 %). Približne rovnaké plochy erodovali medzi rokmi 2002 - 2009, Ondava 153780 m<sup>2</sup> (27,4 %) a Topľa 301341 m<sup>2</sup> (25,4 %). Naopak medzi rokmi 1983 - 2002 akumulované plochy Ondavy predstavovali 297924 m<sup>2</sup> (51,5 % z pôvodnej plochy koryta) a Tople 494009 m<sup>2</sup> (40,1 %), ale medzi rokmi 2002 - 2009 to bolo už iba pri Ondave 49301 m<sup>2</sup> (10,8 %) a Tople 153150 m<sup>2</sup> (14,7 %). V období 1983 a 2002 je miera akumulčných plôch zvýšená u Tople o 1,62 a u Ondavy 1,68 krát viac ako areály erózných plôch. Naopak medzi rokmi 2002 a 2009 dosahuje plocha akumulácie iba 0,32 (Ondava), resp. 0,51 (Topľa) z hodnoty plôch erózie.

Na Ondave aj Topli môžeme identifikovať z hľadiska laterálneho posunu nemenné KNJ, bez výraznejších bočných pohybov (celkovo 31 KNJ zo všetkých vyčlenených) a úseky výrazne pohyblivé (32 KNJ). Pomerne stabilné sú úseky priame, s nízkym indexom kľukatenia (IK), často primknuté k svahom doliny. Nestabilné sú kľukatiace a hlavne meandrujúce úseky, kde sú badateľné všetky formy pohybu meandrového oblúka (rast, posun a rotácia).

V sledovanom období došlo na rieke Topľa k dvom zaškrtiam meandra, pričom IK daných KNJ sa znížil z 2,82 na 1,18, resp. 2,8 na 1,69. V oboch prípadoch boli oddelené kľzavým prúdom najpravdepodobnejšie pri povodňovej situácii. Ďalšie dva meandre s IK>2 (2,54 a 2,02) sa javia ako dlhodobostabilné (IK sa zväčšuje len nepatrne, s minimálnym laterálnym posunom) a ich prípadne zaškrtienie v najbližšej dobe bez mimoriadnej povodňovej situácie je málo pravdepodobné. Okrem spomínaných 4 meandrov v sledovanom území Tople a Ondavy vyskytuje ďalších 9 riečnych oblúkov s IK väčším, alebo veľmi blízkym hodnote 1,5.

Na druhej úrovni sa sledovali zmeny vo veľkosti a rozložení štrkových lavíc v koryte. V Ondave zaberajú 44 % (1983), resp. 36 % (2002, 2006) z plochy koryta. Množstvo lavíc v rieke Topľa sa pohybuje na úrovni 29 % (1983), resp. 28 % (2002) a 31 % (2009). Ich priestorové rozloženie, veľkosť a typ odráža procesy prebiehajúce vo vodnom toku. Zo sledovaných 4 typov lavíc najväčšiu plochu zaberajú bočné pripojené lavice (lateral bar) a to až 60/31/51 % (roky 1983/2002/2009) z celkovej plochy lavíc pri Ondave a 66/64/53 % pri Topli. Druhým najrozšírenejším typom sú vrcholové lavice (point bar), ktoré zaberajú pri Ondave 33/65/27 % a pri Topli 28/27/26 % z celkovej plochy lavíc. V sledovanom území Ondavy je viditeľný výrazný pokles bočných a nárast vrcholových lavíc v roku 2002. Vysvetlenie zmien vo veľkosti a type lavíc súvisí s procesmi prebiehajúcimi v rieke (obr. 1).

Vodný tok meandroval, zvýšil sa IK z hodnoty 1,28 na 1,52 (pre segment), meandrové oblúky rástli a posúvali sa v smere toku, čo malo za následok vytváranie vrcholových lavíc. Ich náhle zníženie bolo spôsobené prerezaním vrcholových lavíc tokom, premenením ich zvyšnej časti, spolu so zanesením pôvodného koryta na bočnú lavicu, čo sa prejavilo miernym narovnaním toku (zníženie IK na 1,47) a zmenou štruktúry lavíc. Tento proces sa prejavuje aj v iných častiach Ondavy v iných časových horizontoch, avšak v oveľa menšej miere.



**Obr. 1.** Príklad laterálneho pohybu koryta a zmien vnútrokorytovej štruktúry Ondavy južne od Stropkova medzi rokmi 1983, 2002 a 2009

Najmenšiu plochu zaberajú vnútrokorytové lavice (midchannel bar) a ostrovy (island). Ich pomer (bez ostrovov) sa v Topli pohybuje na úrovni 5/7/9 % z celkovej plochy lavíc, naopak v Ondave ich podiel narástol za skúmané obdobie zo 7 % cez 3% v roku 2002 na 21 % (2009). Podobne ako u predchádzajúceho prípadu ich nárast je spôsobený odrezaním vrcholových lavíc a aj tu je predpoklad postupného zanášania pôvodného koryta a pripojenie lavice k brehu. Ostrovy sa pri obidvoch vodných tokoch vyskytujú len v rokoch 2002 (Ondava 2, Topľa 4) a 2009 (Ondava 1, Topľa 2). Najčastejšie vznikajú procesom odrezania vrcholovej lavice a to buď už aj s časťou vegetácie (Topľa 2 prípady), alebo jej dodatočnou introdukciou v neskoršej fáze.

## Záver

V sledovaných vodných tokoch sa výrazne prejavujú procesy súvisiace s meandrovaním, pohybom riečnych oblúkov, napriamovaním, čomu odpovedá aj štruktúra a zmeny v rozmiestnení a veľkosti štrkových lavíc. Pohyb jednotlivých lavíc ich prispôbovanie alebo zmena úzko súvisia s pohybom koryta samotného. Sledovanie obidvoch parametrov vedie k čiastočnému porozumeniu správania sa riečného geosystému a následných procesov odohrávajúcich sa v ňom s možnosťou predpovedania ďalšieho vývoja. Samotné procesy prebiehajúce vo vodnom toku sú ovplyvnené vonkajšími faktormi ako geológia, reliéf, transport sedimentov, prítokom a pod., ktoré vedú k vytváraniu špecifickej pôdorysnej vzorky. Jej poznanie a poznanie morfológie je prvým krokom ku komplexnému poznaniu riečnej krajiny ako uceleného systému so vzájomnými väzbami.

## Literatúra

- GRECO, S. E, FREMIER A. K., LARSEN E. W., PLAN R. E., 2007: A tool for tracking floodplain age land surface patterns on a large meandering river with applications for ecological planning and restoration design. *Landscape and Urban Planning*, 81, 4, 354-373.
- GREŠKOVÁ, A., 2002: Dynamika a transformácia nivy rieky Moravy študovaná pomocou historických máp a leteckých snímok. *Geomorphologia Slovaca*, 2, 40-44.
- GREŠKOVÁ, A. 2004: Priestorová variabilita korytovo-nivného geosystému Vydrice. *Geomorphologia Slovaca*, 4, 54-61.
- HOOKE, J.M., 1995: River channel adjustment to meander cutoffs on the River Bollin and River Dane, N W England. *Geomorphology*, 14, 235-253.
- HOOKE, J.M., 2004: Cutoffs galore!: occurrence and causes of multiple cutoffs on a meandering river. *Geomorphology*, 61, 225-238.
- HOOKE, J.M., 2007: Spatial variability, mechanisms and propagation of change in an active meandering river. *Geomorphology*, 84, 277-296.
- LEHOTSKÝ, M., 2004a: Hodnotenie morfológie vodných tokov. *Geomorphologia Slovaca*, 4, 36-47.
- LEHOTSKÝ, M., 2004b: River morphology hierarchical classification (RMHC). *Acta Universitatis Carolinae, Geographica*. Praha (Univerzita Karlova), 39, 33-45.
- LEHOTSKÝ, M., 2005: Metodologické aspekty správania a zmien korytovo-nivných geosystémov. *Geomorphologia Slovaca*, 5, 34-50.
- LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A., 2003: Geomorphology, fluvial geosystems and riverine landscape (methodological aspects). *Geomorphologia Slovaca*, 3, 46-59.
- LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A., 2004a: Riverine landscape and geomorphology: ecological implications and river management strategy. *Ekológia (Bratislava)*, 23, Supplement, 1, 197-190.
- LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A. 2004b: Korytovo-nivné geosystémy riečna krajina: prieskum a hodnotenie. *Geografie, Sborník České geografické společnosti*, 109, 277-288.
- LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A., 2005: Základné klasifikačné systémy a morfometrické charakteristiky korytovo-nivných geosystémov. *Geomorphologia Slovaca*, 5, 5-20.
- LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A., 2007: Fluvial geomorphological approach to river assessment - methodology and procedure. *Geografický časopis*, 59, 107-129.
- LEHOTSKÝ, M., LACIKA, J., 2007: Typy segmentov vysokogradientových dolinovoriečnych systémov. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 7, 27-35.
- LEHOTSKÝ, M., NOVOTNÝ, J., 2004: Morfologické zóny vodných tokov Slovenska. *Geomorphologia Slovaca*, 4, 48-53.
- LEHOTSKÝ, M., NOVOTNÝ, J., SZMAŇDA, J. B., GREŠKOVÁ, A., 2010: A suburban inter-dike river reach of a large river: Modern morphological and sedimentary changes (the Bratislava reach of the Danube River, Slovakia). *Geomorphology*, 117, 298-308.
- MICHALKOVÁ, M., 2009a: Analysis of lateral channel activity of Sacramento river from aerial photos. *Geografický časopis*, 61, 179-198.
- MICHALKOVÁ, M., 2009b: Diachronic analysis of floodplain lakes of the Sacramento River. *Geografický časopis*, 61, 257-268.
- PASTUCHOVÁ, Z., GREŠKOVÁ, A., LEHOTSKÝ, M., 2006: Vplyv morfohydraulických charakteristík na štruktúru a distribúciu vybraných skupín makrozoobentosu toku Drietomica (Biele Karpaty). In Sacherová, V., ed. *Sborník příspěvků 14. konference České limnologické společnosti a Slovenskej limnologickej spoločnosti*. Praha (Česká limnologická společnost), pp. 118-119.
- PASTUCHOVÁ, Z., LEHOTSKÝ, M., GREŠKOVÁ, A., 2008: Influence of morphohydraulic habitat structure on invertebrate communities (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera). *Biologia*, 63, 720-729.
- PIEGAY, H. et al., 2005: A review of techniques available for delimiting the erodible river corridor: a sustainable approach to managing bank erosion. *River research and applications*, 21, 773-789.
- PIŠŮT, P., 2002: Channel evolution of the pre-channelized Danube River in Bratislava, Slovakia (1712-1886). *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, 369-390.
- SARMA, J. N., 2005: Fluvial process and morphology of the Brahmaputra River in Assam, India. *Geomorphology*, 70, 226-256.

*Príspevok bol riešený s finančnou podporou grantovej agentúry VEGA v rámci projektu 02/0151/09 Komplexná dynamika geomorfologického systému rieky.*

## **Changes in Channel Planform and Channel Shift of Laterally Partly-Confined River**

Miloš RUSNÁK

***Summary:** The aim of the study is to show changes in channel lateral shift and variability of channel planform based on multitemporal aerial photographs analysis little known gravel-sand load, unregulated and dynamical rivers in in flysch areas of eastern Slovakia (Ondava River in length 13.4 km and Topľa River in length 39.8 km) in three time horizons (1983, 2002, 2009). In this areas, River morphology hierarchical classification was applied and 66 channel-floodplain unit (CFU) (Ondava River 16, Topľa River 50) were identified, as basic units of the research. The changes were studied in two levels. The first was a lateral move of the channel, where the accumulation during the 1983-2002 and 2002 - 2009 years was changed and decreased from approximately 1.5 times of the amount erosion to half value. On the base of the lateral shift the CFU stable and unstable units were identified. In territory of Topľa two meander cut-offs with a decreasing degree of sinuosity corresponding to CFU from 2.82 to 1.18 and 2.8 to 1.69 were identified, and were identified two stable meanders with degree of sinuosity more than 2. At the second level in the distribution and type of bars (midchannel bars, islands, lateral bar and point bar) changes were observed. In observed rives, the significant processes are occurred related to meandering, the movement of the river bends, straightening; it corresponds to the structure and changes in distribution and size of the gravel bars. Movements of bars, their adaptation and changes are closely connected to the movement of the channel itself. Monitoring of both leads to a partial understanding of the behavior of the river and processes in geosystems with the possibility of predicting future developments.*

---

**Adresa autora:**

Mgr. Miloš Rusnák  
Katedra fyzickej geografie a geoekológie  
Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského  
Mlynská dolina, 84215 Bratislava  
[rusnak.milos@post.sk](mailto:rusnak.milos@post.sk)