

VÝZNAM BREHOVÝCH PORASTOV PRÍTOKOV VODÁRENSKÝCH NÁDRŽÍ V OCHRANE PRED ZANÁŠANÍM

Prof. Ing. Matúš Jakubis, PhD.

Katedra lesníckych stavieb a meliorácií, Lesnícka fakulta,
Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen,
Slovenská republika, jakubis@vsld.tuzvo.sk

ÚVOD A PROBLEMATIKA

V ochrane vodných zdrojov má dôležitý význam aktívna spolupráca vodohospodárov a lesníkov. Lesy v povodí majú významnú vodohospodársku a vodoochrannú funkciu. Vodohospodársky význam lesov spočíva v ich priaznivom vplyve na odtok, vo vyrovnávaní odtokových extrémov, na čo nadväzuje vyrovnanosť zásob vo vodných zdrojoch a dostatok vody v čase znížených prietokov (VALTÝNI 1986). Lesy teda pozitívne vplývajú na celkovú disponibilitu vodných zdrojov v povodiach. Vodoochranná funkcia lesov spočíva v ich priaznivých vplyvoch na kvalitu vody vo vodných zdrojoch (VALTÝNI 1986). Dôležitú úlohu v posilňovaní oboch uvedených funkcií lesov zohrávajú brehové porasty, ktoré sú integrovanou súčasťou lesných ekosystémov v povodiach.

Predkladaný referát sa zaoberá významom brehových porastov na prítokoch vodárenských nádrží z hľadiska ich ochrany pred zanášaním. Na Katedre lesníckych stavieb a meliorácií Lesníckej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene sa dlhodobo zaoberáme monitorovaním prítokov vodárenských nádrží v Slovenskej republike. Jednou z oblastí uskutočňovaných analýz je aj kvantifikácia brehoochrannej (pôdoochrannej) funkcie brehových porastov, ktorá má pre ochranu vodárenských nádrží pred zanášaním veľmi dôležitý význam. Prítoky vodárenských nádrží v Slovenskej republike majú v prevažnej miere charakter bystrín. Bystriny sú charakteristické nielen relatívne rýchlymi zmenami vodných stavov aj v priebehu kratších časových intervalov, ale aj tvorbou, transportom a ukladaním splavenín. Splaveniny v korytách prítokov sú zdrojom zanášania vodárenských nádrží a spôsobujú v nich zhoršovanie kvality vody a iné, závažné ekologické, environmentálne, technické a ekonomické problémy. Z vykonaných analýz vyplýva, že spolu s kvalitou vegetácie, resp. s percentom pokrytia svahov koryta vegetáciou, zohráva v tomto smere dôležitú úlohu aj pozdĺžny sklon toku a priečny sklon svahov koryta. V práci sú uvedené pôvodné výsledky analýzy vykonanej na základe výskumu, uskutočneného na pokusných úsekoch a profiloch na štyroch prítokoch vodárenskej nádrže Hriňová v geomorfologickom celku Poľana (stredné Slovensko).

Protierózna funkcia brehových porastov spočíva v ochrane svahov koryta pred eróziou (vymieľaním), teda pred tvorbou splavenín, ktoré sú transportované do dolných úsekov toku, kde sa dočasne ukládajú, alebo do vodných nádrží. Aj keď existujú technické opatrenia na zachytávanie splavenín (napr. prehrádzky, protierózne malé vodné nádrže

atď.), ktoré dokážu transportované splaveniny zadržať, veľkým problémom je transport plavenín, drobných čiastočiek organického aj anorganického pôvodu, ktoré sú rozptýlené vo vode a vodou unášané sa dostávajú aj cez uvedené technické objekty do vodárenských nádrží. Zdrojom týchto materiálov bývajú veľmi často vegetáciou nechránené svahy brehu prietokového profilu koryta. Okrem toho dochádza počas vysokých vodných stavov vplyvom enormnej tvorby a transportu splavenín v niektorých prípadoch aj k vytváraniu prekážok v koryte (spolu s konármi a kmeňmi odumretých drevín, zbytkov po ťažbe dreva apod.), čo môže mať napr. počas povodňových stavov za následok vznik tzv. prielomových vln s ničivými účinkami v dolných častiach toku. Podobne nebezpečné, vrátane hrozby vytvárania prielomových vln, môže byť podomieľanie príľahlých svahov a ich následný zosun do koryta vodného toku.

Definíciou a hodnotením tzv. funkčných typov a modelov brehových porastov sa podrobne zaoberal VALTÝNI (1981). Citovaný autor uvádza, že funkčný typ brehového porastu je typová jednotka, ktorá predstavuje kombináciu najvýznamnejších funkcií a tým aj funkčné zameranie porastu. Funkčný typ brehového porastu odvodený od funkčných požiadaviek konkrétnej funkcie je reprezentovaný modelom funkčného typu, t. j. modelovou štruktúrou porastu, vrátane zastúpenia drevín, ktoré sa odvíja od ekologických podmienok konkrétnych lokalít.

VALTÝNI (1981) uvádza, že z hľadiska ochrany svahov koryta vodného toku pred eróziou je vhodný model brehoochranného funkčného typu brehového porastu. Tento model funkčného typu je možné charakterizovať ako brehový porast s radovo-pruhovým usporiadaním, dvojjetážový, s hlúčikovou horizontálnou výstavbou. Prvú (spodnú) etáž majú vytvárať ľahké kroviny s hustými podpvrchovými koreňovými sústavami. Druhú (hornú) etáž majú tvoriť riedke žrdčoviny, prípadne kmeňoviny, stromového vzrastu, ktoré majú kolovité alebo srdcovité koreňové sústavy, napr. *Fraxinus* sp., *Quercus* sp., *Acer* sp., *Alnus* sp. a pod. (VALTÝNI 1981). Zastúpenie drevín závisí vždy od ekologických podmienok konkrétnych stanovišť.

Problematikou brehoochranej funkcie brehových porastov sa podrobne venovalo predovšetkým vo svete, ale aj u nás viac autorov. Z dostupnej literatúry považujeme za ťažiskové práce, ktoré publikovali MURGATROYD, TERNAN (1983), GRAY, McDONALD (1989), THORNE (1990), VALTÝNI et al. (1990), DARBY, THORNE (1998), DAVIS, GREGORY (1994), MASTERMAN, THORNE (1994), ROSEN, SILVEY (1996), TRIMBLE (1997), VALTÝNI, JAKUBIS (2000), JAKUBIS (2007), WINWARD (2000), EASSON, YARBROUGH (2002), MICHELI, KIRCHNER (2002a, 2002b), HESSON et al. (2003), HEY (2005), LAWLER et al. (2005), WYNN, MOSTAGHIMI (2006) a ďalší.

NIEKTORÉ METÓDY HODNOTENIA PROTIERÓZNEJ FUNKCIE BREHOVÝCH PORASTOV

Na Katedre lesníckych sme sa v súvislosti so spomínanou problematikou zamerali na návrh nenáročnej metódy, ktorá by dávala dostatočné a objektívne informácie o protieróznom pôsobení brehových porastov. Vychádzali sme s požiadavky, aby s použitím čo najjednoduchších postupov bolo možné stanoviť priority opatrení v brehových porastoch na zlepšenie ich protierózneho pôsobenia.

Problematikou, ktorá sa zaoberá hodnotením protierózneho pôsobenia brehových porastov, aj v súvislosti s ďalšími vplyvajúcimi faktormi, sa v USA zaoberali ROSGEN, SILVEY (1996). Na posúdenie ohrozenosti eróziou na svahu koryta vodného toku s brehovým porastom bola vytvorená šesťdielna stupnica. Táto stupnica je určená na základe **indexu ohrozenosti brehu eróziou** I_e (BEHI – Bank Erosion Hazard Index). Stupnica je nasledovná:

1. Veľmi malé (minimálne) ohrozenie	- index ohrozenia	$I_{e1} = 5,0 - 9,5$
2. Malé ohrozenie	- index ohrozenia	$I_{e2} = 10,0 - 19,5$
3. Stredné ohrozenie	- index ohrozenia	$I_{e3} = 20,0 - 29,5$
4. Vysoké ohrozenie	- index ohrozenia	$I_{e4} = 30,0 - 39,5$
5. Veľmi vysoké ohrozenie	- index ohrozenia	$I_{e5} = 40,0 - 45,0$
6. Extrémne ohrozenie	- index ohrozenia	$I_{e6} = 46,0 - 50,0$

V hodnotení protierózneho pôsobenia brehového porastu na svahu koryta vodného toku sa vychádza z nasledujúcich piatich ukazovateľov:

- index pomeru celkovej výšky svahu k výške svahu prietokového profilu (koryta),
- index pomeru hĺbky koreňov drevín brehového porastu k celkovej výške svahu koryta,
- percento prekorenenia výšky svahu koryta koreňmi drevín brehového porastu,
- uhol sklonu svahu koryta (strmosť svahu),
- percento pokrytia svahu koryta brehovým porastom.

Indexy ohrozenia brehu eróziou, vyjadrujúce stupeň protieróznej odolnosti brehu, sa pre každý z uvedených ukazovateľov pohybujú v rozpätí od $I_{en\ min} = 1,0$ do $I_{en\ max} = 10,0$. Z toho vyplýva, že celková hodnota indexu ohrozenia brehu eróziou môže s použitím uvedených piatich ukazovateľov pohybovať v rozpätí od minimálnej hodnoty $I_e = 5$ po maximálnu hodnotu $I_e = 50$. Čím menšia je vypočítaná hodnota indexu ohrozenia brehu eróziou, tým je breh menej ohrozený a naopak. To znamená, že nízke hodnoty I_e znamenajú menšie nebezpečenstvo zanášania vodárenských nádrží a vice versa. Pomocou uvedenej metódy je možné určovať priority v návrhoch protieróznych opatrení v prítokoch vodárenských nádrží a ich intenzitu.

Uvedenú metódu sme pokusne aplikovali na hodnotení protierózneho pôsobenia brehových porastov na vybraných bystrinách v južnej časti Kremnických vrchov (stredné Slovensko). Zistili sme, že pomocou tejto metódy je možné získať vcelku reálny obraz o protieróznom pôsobení brehových porastov na brehoch skúmaných tokov. Zároveň sme dospeli k poznatku, že pri použití tejto metódy je nevyhnutné venovať dôkladnú pozornosť získavaniu všetkých vstupných údajov.

Ďalšiu – pôvodnú metódu – sme overovali na prítokoch Vodárenskej nádrže Hriňová, ktorá sa nachádza pod južnými svahmi geomorfologického celku Poľana (stredné Slovensko). Výskum sme uskutočnili na bystrinách Slatina, Trkotský potok, Hukava a Klatov potok. V tejto metóde sme vychádzali z **posudzovania celkového stupňa ustálenosti koryta**, ktorého hodnotu sme vyjadrili prostredníctvom výpočtu súčiniteľa kvázivrovnomerného prúdenia M_{kp} . Analyzovali sme závislosť:

$$M_{kp} = f((\% \text{ VEG} / (\alpha \cdot i)^{-1})^{0,5}) \quad (1)$$

Vo vzťahu (1) znamená:

- M_{kp} - súčiniteľ kvázivrovnomerného prúdenia, vyjadrujúci stupeň ustálenosti prirodzeného koryta (-),
- % VEG – percento pokrytia svahov koryta vegetáciou, resp. brehovým porastom (%),
- α - priemerný sklon svahov prietokového profilu ($^{\circ}$),
- i - pozdĺžny sklon dna vodného toku (%).

Uvedený postup vychádza z poznatkov o morfogénéze a stupňoch prirodzenej ustálenosti koryt vodných tokov v malých povodiach, ktoré sme v rámci výskumu získali vyhodnotením údajov získaných na 86. vodných tokoch so 415. pokusnými úsekmi a profilmi v 7. geomorfologických celkoch Slovenskej republiky. Ustálenosťou koryta vodného toku rozumieme jeho hydraulickú rovnováhu, ktorá nie je významnejšie narušovaná ani počas extrémnych prietokov. Vychádzame z poznatku, že ustálenosť koryta je nadradený pojem vo vzťahu k pojmu stabilita prietokového profilu. Problematikou posudzovania stupňa ustálenosti prirodzených koryt vodných tokov v malých povodiach sme sa podrobne zaoberali vo viacerých prácach (JAKUBIS 1999, 2004 atď.). Metodický postup výberu pokusných úsekov a profilov ako aj uskutočnených terénnych meraní a niektorých výpočtov je uvedený v práci JAKUBIS (2007).

Analýzou získaných výsledkov sme zistili, že existujú tesné korelačné závislosti medzi koeficientom kvázivrovnomerného prúdenia M_{kp} , ktorý vyjadruje celkový stupeň ustálenosti koryta a hodnotou $((\% \text{VEG}/\alpha \cdot i)^{-1})^{0.5}$. Výsledky plánujeme publikovať v samostatnej pôvodnej práci. V práci VALTÝNI, JAKUBIS (2000) sme analýzou potvrdili závislosť stanovištných podmienok brehových porastov od hydraulických charakteristík koryta.

V rámci doteraz získaných predbežných výsledkov je možné uviesť, že významnú úlohu v morfogénéze koryt vodných tokov, aj vo vzťahu k odolnosti koryt pred eróziou, zohrávajú **regionálne** vzťahy, resp. závislosti. Regionálne vzťahy, vyjadrené regionálnymi rovnícami a krivkami, sa využívajú v procese integrovaného manažmentu povodí predovšetkým v zahraničí. Regionálne krivky a rovnice vyjadrujú napr. závislosti medzi plochou povodia a geometrickými a hydraulickými charakteristikami koryt vodných tokov (bližšie napr. JAKUBIS 2006). Aplikáciou regionálnych závislostí – rovníc a kriviek - v procese starostlivosti o prítoky vodárenských nádrží je možné melioračné zásahy do koryt tokov realizovať prírode blízkymi spôsobmi, so zohľadnením ekologických a environmentálnych požiadaviek na praktizované opatrenia. Využitie regionálnych rovníc a kriviek môže významne uľahčiť aj praktické uplatnenie ustanovení vyhlášky č. 29 Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 25. januára 2005, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o určovaní ochranných pásiem vodárenských zdrojov, o opatreniach na ochranu vôd a o technických úpravách v ochranných pásmach vodárenských zdrojov.

ZÁVER

Predkladaný príspevok si kladie za prvoradý cieľ predstaviť niektoré metódy, ktorými je možné posúdiť ohrozenosť prítokov vodárenských nádrží eróziou, upozorniť na významnú protieróznou funkciu brehových porastov, predovšetkým na vodárenských vodných tokoch, resp. na prítokoch vodárenských nádrží a podčiarknuť nevyhnutnosť odbornej spolupráce medzi vodohospodármi, lesníkmi, ekológmi a environmentalistami atď. pri riešení úloh, ktoré sa týkajú zabezpečovania komplexnej, prírode blízkej

starostlivosti o uvedené vodné toky. Spoločným úsilím odborníkov z uvedených oblastí je možné v rámci integrovaného manažmentu povodí vodárenských tokov prispievať nielen k celkovému zlepšovaniu kvality pitnej vody, ale aj k zvyšovaniu stability súvisiacich ekosystémov a kvality prírodného a životného prostredia.

Referát vznikol s podporou Grantovej agentúry VEGA v súvislosti s riešením vedeckého projektu č. 1/3527/06 Regionálne krivky pre malé povodia.

Literatúra

- DARBY, S. E. and THORNE, C. R. 1998 : Development and testing of riverbank-stability analysis. *Journal of Hydraulic Engineering*, 122 (8), s. 443 – 454.
- DAVIS, R. J. and GREGORY, K. J. 1994: A new distinct mechanism of river bank erosion in a forested catchment. *Journal of Hydrology* 157, s. 1 – 11.
- EASSON, G., YARBROUGH, L. D. 2002: The Effect of Riparian Vegetation on Bank Stability. *Environmental and Engineering Geoscience*, 8, (4), s. 247 – 260.
- GRAY, D. H. and McDONALD, A. 1989: The role of vegetation in river bank erosion. In: Ports, M. A. (ed.), *Hydraulic Engineering*, 122 (8), s. 443 – 454.
- HESSION, W. C., PIZZOTO, J. E., JOHNSON, T. E. HORWITZ, R. J. 2003: Influence of bank vegetation on channel morphology in rural and urban watersheds. *Geology*, 31, s. 147 – 150.
- HEY, R. D. 2005: Stable River Morphology. In: Thorne, C. R., Hey, R. D., Newson, M. D. (eds.): *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*. Chichester: John Wiley & Sons, s. 223 – 236.
- JAKUBIS, M. 1999: Vplyv pozdĺžneho sklonu bystriny na stupeň ustálenosti koryta. *Journal of Forest Science*, 45, (12), s. 542 – 553.
- JAKUBIS, M. 2001: Význam brehových porastov na prítokoch vodárenských nádrží z hľadiska upraviteľnosti a kvality vody. In: Kalousková, N., Dolejš, P. (eds.): *Zborník konferencie Pitná voda 2001 – Pitná voda z údolných nádrží*. České Budějovice: W&ET Team, s. 307 – 312.
- JAKUBIS, M. 2004 a: K zákonitostiam morfofenézy bystrinného koryta . *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVI, s. 305 314.
- JAKUBIS, M. 2004 b: Hodnotenie brehových porastov bystrín k. ú. Zvolen z hľadiska ohrozenia krajiny povodňami. In: Benčať, T. (ed.): *Krajinné štruktúry a mimolesná vegetácia Zvolenskej kotliny*. Zvolen: Vydavateľstvo Partner, s. 62 – 69.
- JAKUBIS, M. 2006: Analýza vzťahov regionálnej hydraulickéj geometrie vodných tokov CHKO BR Poľana. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVIII, s. 395 – 409.
- JAKUBIS, M., JAKUBISOVÁ, M., DRENGUBIAK, M. 2007: Vplyv brehových porastov na ustálenosť bystrinného koryta. In: Kodrík, M., Hlaváč, P. (eds.) *Zborník vedeckých a odborných prác z medzinárodnej konferencie Ochrana lesa 2007*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, s. 139 – 151.
- LAWLER, D. M., THORNE, C. R., HOOKE, J. M. 2005: Bank Erosion and Instability. In: Thorne, C. R., Hey, R. D., Newson, M. D. (eds.): *Applied Fluvial Geomorphology for River Engineering and Management*. Chichester: John Wiley & Sons, s. 138 – 172.
- MASTERMAN, R. and THORNE, C. R. 1994: Analytical approach to predicting vegetation effect on flow resistance. In: Kirkby, M. J. (ed.): *Process Models and Theoretical Geomorphology*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., BERG Special Publication Series, s. 201-218.

- MICHELI, E. R. and KIRCHNER, J. W. 2002a: Effect of wet meadow riparian vegetation on streambank erosion 1. Remote sensing measurements of streambank migration and erodibility. *Earth Surface Processes and Landforms* 8, s. 627 – 639.
- MICHELI, E. R. and KORCHNER, J. W. 2002b: Effects of wet meadow riparian vegetation on streambank erosion 2. Measurements of vegetated bank strength and consequences for failure mechanics. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, s. 687 – 697.
- MURGATROYD, A. L. and TERNAN, J. L., 1983: The impact of afforestation on stream bank erosion and channel form. *Earth Surface Processes and Landforms* (8), s. 357 – 369.
- NOVÁK, L., IBLOVÁ, M., ŠKOPEK, V. 1986: Vegetace v úpravách vodních toku a nádrží. Praha: SNTL, 244 s.
- ROSGEN, D., SILVEY, H. L. 1996: *Applied River Morphology*. Pagosa Spring, Colorado: Wildland Hydrology, 396 p.
- THORNE, C. R. Effect of vegetation on river-bank erosion and stability. In: Thornes, J. B. (ed.): *Vegetation and erosion*. Chichester: John Wiley&Sons Ltd., s. 125 – 144.
- TRIMBLE, S. W. 1997: Stream channel erosion and change resulting from riparian forest. *Geology*, 25, s. 467 – 469.
- VALTÝNI, J. 1986: Vodohospodársky a vodoochranný význam lesa. Bratislava: Príroda, 68 s.
- VALTÝNI, J. 1981: Vyčleňovanie, zakladanie a ophospodarovanie brehových porastov podľa ich funkcií. Bratislava: Príroda, 41 s.
- VALTÝNI, J., KRIŽOVÁ, E., MESSINGEROVÁ, V. 1990: Vplyv brehových porastov na stabilitu bystrinného ekosystému. Zvolen: VÚLH, Vedecké práce, s. 253 – 262.
- VALTÝNI, J., JAKUBIS, M. 2000: Analýza závislosti stanovištných podmienok brehových porastov od hydraulických charakteristík koryta. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLII, s. 367 – 376.
- WYNN, T., MOSTAGHIMI, S. 2006: The effect of vegetation and soil type on streambank erosion, Southwestern Virginia, USA. *Journal of the American Water Resources Association*, 42, s. 69 – 82.
- WINWARD, A. H. 2000: *Monitoring the Vegetation in Riparian Areas*. Odgen, Utah: Rocky Mountain Research Station, Gen. Tech. Rep. GMRS-GTR-47 Department of Agriculture, 49 s.
- Vyhláška č. 29/2005 Ministerstva životného prostredia SR z 25. januára 2005, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o určovaní ochranných pásiem vodárenských zdrojov, o opatreniach na ochranu vôd a o technických úpravách v ochranných pásmach vodárenských zdrojov