

VYUŽITIE INFORMATÍVNYCH METÓD NA PREDIKCIU ERÓZNEHO OHROZENIA BREHOV V PRÍTOKOCH VN HRIŇOVÁ

Ing. Mariana Jakubisová

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Masarykova 24, 960 53 Zvolen,
Slovenská republika, e-mail: jakubis@vsld.tuzvo.sk

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Výskum a overovanie metód, ktorými je možné objektívne kvantifikovať erózne procesy na brehoch vodných tokov, sú predmetom záujmu mnohých zahraničných aj domácich odborníkov. Aktuálnosť a význam tejto problematiky narastá najmä vtedy, ak ide o prítoky vodných a predovšetkým vodárenských nádrží (VN). Častice, ktoré vznikli eróznymi procesmi v korytách prítokov vodárenských nádrží, ale aj v povodí, spôsobujú ich zanášanie, ktorým sa znižuje kvalita vody v nádržiach. Z literatúry (MURGATROYD, TERNAN 1983, DARBY, THORN 1998, ROSGEN, SILVEY 1996, HUPP, OSTERKAMP 1996, WYNN, MOSTAGHIMI 2006 a iní) je známy vplyv rôznych faktorov na eróziu pôdy na brehoch vodných tokov. Intenzita brehovej erózie sa mení v závislosti od geomorfologických, pedologických, vegetačných (tráva, byliny, kry, dreviny, charakteristika porastu) faktorov, klimatických pomerov (procesy zamrzania a rozmrzania, vysušania, mikroklimatické charakteristiky), charakteru trasy toku, tvaru prietokového profilu, využívania a starostlivosti o krajinu atď.

Existujú rôzne metódy skúmania erózie brehov vodných tokov, ktoré poskytujú rýchle a konzekventné údaje o potenciálnych stratách pôdy erodujúcich brehov a predikcii tvorby sedimentov. V zahraničí (USA, Austrália) sa na kvantifikáciu a predikciu erózných procesov vo vodných tokoch využíva viac metód. Najjednoduchšími z nich sú:

- metóda výpočtu stupňa ohrozenosti brehov eróziou – SOBE (ROSGEN in: ROSGEN, SILVEY 1996), vychádzajúca z postupu, ktorý navrhol PFANKUCH (1975),
- metóda výpočtu koeficienta ohrozenosti brehov eróziou – KOBE (COMPOSITE AUTHORS 1993).

Úlohou oboch uvedených metód je rýchlá informatívna identifikácia alebo predikcia eróziou najviac ohrozených brehov vodných tokov a získanie východiskových podkladov na realizáciu protierózných opatrení na zamedzenie týchto škodlivých procesov.

CIEĽ A METODIKA

Cieľom výskumu je overovanie uvedených metód (metóda výpočtu SOBE, metóda výpočtu KOBE) na posúdenie erózie brehov na prítokoch VN Hriňová (Slatina, Hukava, Trkotský a Klatov potok) v geomorfologickom celku Poľana.

Metódu stanovenia SOBE overili a použili vo svojich prácach viacerí zahraniční autori (HARME ET AL. 1999, VAN EPS ET AL. 2005, PEROT ET AL. 2004, MOODY ET AL. 2004, CARTER 2005, COMP. AUTHORS 2007, JONES ET AL. 2007, HANIMAN 2009 a iní). Výpočet SOBE je založený na posúdení piatich parametrov: (pomer výšky svahu k výške prietokového profilu – H_s/H_{pp} ; pomer hĺbky prekorenenia brehu vegetáciou k výške svahu – K_h/H_s ; % prekorenenia svahu vegetáciou – $K\%$; uhol sklonu svahu – S_{α} ; % pokrytia brehu

vegetáciou – Veg % - pozri tab. 1.). Všetky geometrické charakteristiky koryta toku sa vzťahujú k plnému prietokovému profilu (bankfull geometric characteristics). Z prehľadu vstupných charakteristík vyplýva, že vegetácia, resp. niektoré jej charakteristiky (hĺbka prekorenenia, % prekorenenia svahov a % pokrytia vegetáciou) je zohľadnená až v troch parametroch. Z toho je možné usúdiť, že pre kvantifikáciu ohrozenia svahu koryta vodného toku odnosom pôdy má brehový porast (brehová vegetácia) zásadný význam.

Výskum bol uskutočnený na štyroch prítokoch VN Hriňová v geomorfologickom celku Poľana na 26. pokusných úsekoch (PU) s 26. pokusnými profilmi (PP). Merania boli vykonané na priamych úsekoch tokov. Na získanie vstupných a výstupných charakteristík boli použité bežné meračské geodetické metódy in situ, technické a kancelárske práce. Z nameraných, zakreslených a vypočítaných údajov sme stanovili charakteristiky potrebné na výpočet stupňa ohrozenia brehov eróziou. Z vykreslených priečných profilov sme zistili uhly sklonu svahov, výšky svahov a výšky prietokových profilov. Hĺbku prekorenenia sme zistili priamym meraním v teréne na reprezentatívnych pokusných profiloch na odkrytých častiach svahov koryta vodného toku, prípadne odvodením na základe porovnania príľahlých odkrytých častí svahov pôvodnej vegetácie. Percento prekorenenia svahu vegetáciou sme vypočítali ako percentuálny podiel hĺbky prekorenenia z celkovej výšky svahu. Na výpočet charakteristík SOBE sme použili metodiku hodnotenia uvedenú v tab.1. (ROSGEN 2002).

Tab. 1. Charakteristiky na určenie stupňa ohrozenia brehov eróziou – SOBE

Stupeň ohrozenia/ kategória stupňa ohrozenia (SOBE)		Výška svahu/ Výška profilu H_s / H_{pp}	Hĺbka prekorenenia/ Výška svahu K_h / H_s	Hustota koreňov v % $K_{\%}$	Uhol sklonu svahu (°) S_{α}	% pokrytia brehu vegetáciou Veg%	Súčet Σ
Veľmi nízky	Hodnota	1.0 – 1.1	1.0 – 0.9	100 -80	0 – 20	100 – 80	
	Index	1.0 – 1.9	1.0 – 1.9	1.0 –1.9	1.0 –1.9	1.0 – 1.9	5 – 9.5
Nízky	Hodnota	1.11 – 1.19	0.89 – 0.5	79 - 55	21 – 60	79 – 55	
	Index	2.0 – 3.9	2.0 – 3.9	2.0 –3.9	2.0 –3.9	2.0 – 3.9	10-19.5
Stredný	Hodnota	1.2 – 1.5	0.49 – 0.3	54 - 30	61 – 80	54 - 30	
	Index	4.0 – 5.9	4.0 – 5.9	4.0 –5.9	4.0 –5.9	4.0 – 5.9	20-29.5
Vysoký	Hodnota	1.6 – 2.0	0.29 – 0.15	29 - 15	81 - 90	29 - 15	
	Index	6.0 – 7.9	6.0 – 7.9	6.0 –7.9	6.0 –7.9	6.0 – 7.9	30-39.5
Veľmi vysoký	Hodnota	2.1 – 2.8	0.14 – 0.05	14 –5.0	91 -119	14 - 10	
	Index	8.0 – 9.0	8.0 –9.0	8.0 9.0	8.0 9.0	8.0 –9.0	40-45
Extrém- ny	Hodnota	> 2.8	<0.05	<5	>119	<10	
	Index	10	10	10	10	10	46-50

Metóda výpočtu KOBE (COMPOSITE AUTHORS 1993) – modifikované JAKUBISOVÁ (2010) vychádza z rovnice:

$$KOBE = P + Z + V + S_I + S_B + S_N \quad (1)$$

V rovnici (1) znamená:

KOBE – koeficient ohrozenia brehov eróziou

P – koeficient pôdneho druhu

Z - koeficient smerového zakrivenia PU

V – koeficient vegetačnej ochrany brehu
 S_I – koeficient pozdĺžneho sklonu posudzovaného úseku
 S_B – koeficient sklonu brehu posudzovaného úseku
 S_N – koeficient nánosov (sedimentov) na brehu

Komponenty do rovnice (1) získame z tab. 2. podľa charakteristík PU.

Tab. 2. Hodnotenie koeficienta erózneho ohrozenia brehov (KOBÉ)

Pôdny druh	Uhol zakrivenia (°)	Vegetačná ochrana brehu (%)	Pozdĺžny sklon (%)	Sklon brehu (1:m)	Sklon nánosov (1:m)	Hodnota
P	Z	V	S_I	S_B	S_N	-
Š,P	>90	≤10	>6,0	> 1:1,00	≥1:10,0	1,0
Pp	76-90	11-20	5,1-6,0	1:1,00	1:9,0	0,9
HPp	61-75	21-30	4,1-5,0	1:1,50	1:8,0	0,8
PHp	46-60	31-50	3,1-4,0	1:2,00	1:7,0	0,7
Hp	31-45	51-70	2,1-3,0	1:2,25	1:6,0	0,6
IHp	16-30	71-80	1,1-2,0	1:2,50	1:5,0	0,5
Ip	≤15	81-90	0,6-1,0	1: 2,75	1:4,0	0,4
I	priamy úsek	91-100	≤0,5	≤1:3,0	≤1:3,0	0,3

Vysvetlivky k tab. 2.: Š,P-štrk,piesok, Pp-piesočná pôda, HPp-hlinito- piesočnatá pôda, PHp-piesočnato-hlinitá pôda, Hp-hlinitá pôda, IHp-ílovito-hlinitá pôda, Ip-ílovitá pôda, I – íl. Obsah častíc < ako 0,01 mm: 0%(Š,P), < 10 % (Pp), 10-20% (HPp), 20-30% (PHp),30-45% (Hp), 45-60% (IHp), 60-75% (Ip), >75% (I).

VÝSLEDKY

Výsledné hodnoty indexov SOBE a KOBÉ sú uvedené v tab. 3. a 4. Po porovnaní vypočítaných hodnôt indexov SOBE a hodnôt KOBÉ so skutočným stavom erózie na jednotlivých PU, ktorý bol zistený v teréne, je možné potvrdiť, že vypočítané výsledky tento stav vystihujú. Korelačná závislosť medzi hodnotami indexov SOBE a KOBÉ je zobrazená na obr. 1. Vypočítaná hodnota indexu korelácie je pre uvedenú závislosť $I_{yx} = 0,982$, index determinácie $I_{yx}^2 = 0,965$, čo potvrdzuje tesnú korelačnú závislosť medzi analyzovanými hodnotami. Výsledky ukazujú, že metóda indexov SOBE poskytuje presnejšie výsledky, pomocou ktorých je možné detailnejšie posúdenie erózneho ohrozenia brehov a exaktnejšie určenie poradia naliehavosti melioračných opatrení proti erózii brehov. Metóda KOBÉ poskytuje informatívne údaje. Výsledné hodnoty tejto veličiny sú na niektorých PU totožné (pozri tab. 4.), hoci indexy SOBE sú rozdielne. Metódu indexov SOBE je teda možné považovať za presnejšiu.

Tab. 3. Výpočet stupňa ohrozenia brehov eróziou (SOBE)

Číslo PÚ	Charakteristiky na výpočet indexu SOBE										
	B (m)	Hpp (m)	Hs (m)	Hs/Hpp	Kh (m)	Kh/Hs	K%	Sa (°)	Veg%	Σ index	SOBE
1-S1	6	0,9	0,9	1	0,9	1	100	41	100		
index				1		1,9	1	2,97	1	7,87	N
2-S2	5,9	0,85	0,97	1,14	0,67	0,69	69	49	95		
index				2,9		2,95	2,79	3,36	1,23	13,23	N

Tab. 3. – pokračovanie

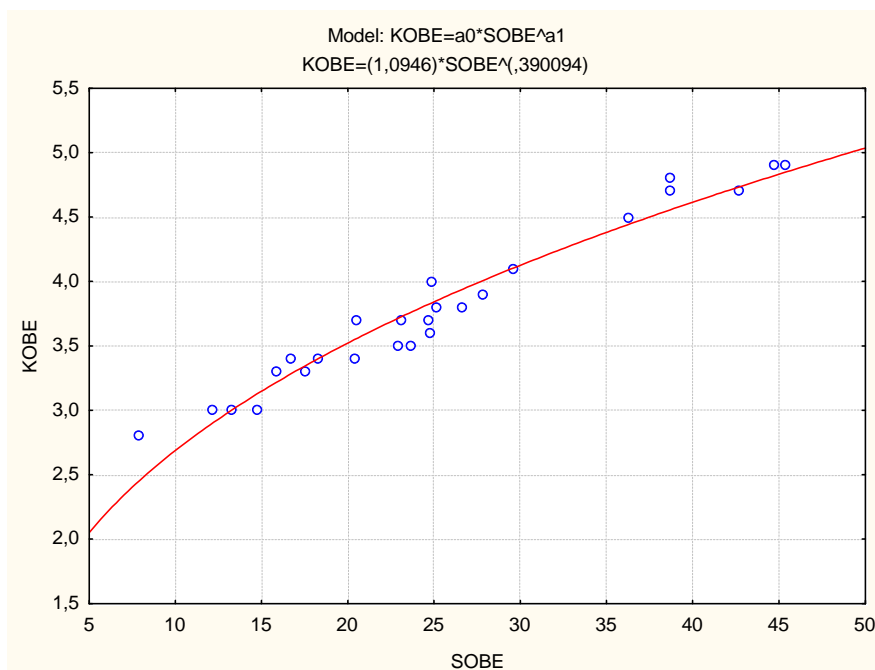
Číslo PÚ	B (m)	Hpp (m)	Hs (m)	Hs/Hpp	Kh (m)	Kh/Hs	K%	Sa (°)	Veg%	Σ index	SOBE
3-S3	5,7	0,85	0,94	1,11	0,63	0,67	67	44	100		
index				2		3,1	2,95	3,12	1	12,17	N
4-S4	5,5	0,85	1,02	1,2	0,65	0,64	64	44	92		
index				4		3,2	3,03	3,12	1,36	14,71	N
5-S5	5,4	0,85	1,1	1,3	0,55	0,5	50	45	88		
index				4,6		3,9	4,32	3,17	1,54	17,53	N
6-S6	4,7	0,8	1,2	1,5	0,29	0,24	24	55	80		
index				5,9		6,6	6,68	3,66	1,9	24,74	S
7-S7	4,6	0,75	1,2	1,6	0,35	0,29	29	43	82		
index				6		6	6	3,07	1,81	22,88	S
8-T1	2,5	0,6	0,7	1,19	0,34	0,49	49	56	75		
index				3,9		4	4,39	3,71	2,32	18,32	N
9-T2	2,4	0,55	0,7	1,3	0,28	0,4	40	55	78		
index				4,6		5	5,11	3,66	2,08	20,45	S
10-T3	2,15	0,5	0,65	1,3	0,26	0,4	40	81	67		
index				4,6		5	5,11	6	2,95	23,66	S
11-T4	2,1	0,5	0,7	1,4	0,21	0,3	30	75	45		
index				4,7		5,9	5,9	5,4	4,72	26,62	S
12-T5	1,9	0,5	0,68	1,36	0,2	0,3	29	57	48		
index				5		5,9	6	3,75	4,48	25,13	S
13-T6	1,7	0,45	0,8	1,8	0,18	0,22	23	45	56		
index				7		7	6,8	3,17	3,82	27,79	S
14-H1	4,2	0,75	0,8	1,1	0,48	0,6	60	53	60		
index				1,9		3,4	3,51	3,56	3,51	15,88	N
15-H2	4,1	0,7	0,81	1,15	0,41	0,5	51	51	70		
index				3		3,9	3,58	3,46	2,72	16,66	N
16-H3	3,1	0,6	0,75	1,25	0,35	0,46	47	51	59		
index				4,6		4,3	4,56	3,46	3,58	20,5	S
17-H4	2,9	0,6	0,8	1,33	0,24	0,3	30	41	52		
index				4,6		5,9	5,9	2,97	3,7	23,07	S
18-H5	2,8	0,6	0,8	1,33	0,24	0,3	30	65	55		
index				4,6		5,9	5,9	4,4	3,9	24,7	S
19-H6	2,75	0,6	0,84	1,4	0,25	0,3	30	61	52		
index				5,3		5,9	5,9	4,1	3,7	24,9	S
20-H7	2,5	0,55	0,83	1,5	0,12	0,15	14	51	46		
index				5,9		7,9	8	3,46	4,3	29,56	V
21-K1	0,9	0,35	0,98	2,8	0,15	0,15	15	53	15		
index				9		7,9	7,9	3,56	7,9	36,26	V
22-K2	0,85	0,3	0,9	3	0,1	0,11	11	69	20		
index				10		8,33	8,33	4,8	7,22	38,68	V
23-K3	0,8	0,3	0,84	2,8	0,12	0,14	14	68	10		
index				9		8	8	4,7	9	38,7	V
24-K4	0,7	0,3	0,84	2,8	0,05	0,06	6	68	8		
index				9		9	10	4,7	10	42,7	VV
25-K5	0,6	0,3	1,14	3,8	0	0	0	75	0		
index				10		10	10	5,4	10	45,4	E
26-K6	0,6	0,25	1,03	4,1	0	0	0	68	0		
index				10		10	10	4,7	10	44,7	VV

Vysvetlivky k tab. 3.: B(m) – šírka koryta v brehoch; Hpp(m) – výška prietokového profilu; Hs(m) – výška svahu; K_H (m) – hĺbka koreňov; K% - percento prekorenenia; Sa(°) – sklon svahu v stupňoch; Veg% - percento pokrytia brehu vegetáciou; SOBE – stupeň ohrozenia brehov eróziou: N-nízky, S-stredný, V-vysoký, VV-veľmi vysoký, E-extrémny

Tab. 4. Výpočet koeficienta eróznej ohroženosti brehov (KOBÉ)

Číslo PÚ	Charakteristiky a ich hodnoty												KOBE
	Pôd. druh	P	Zak. trasy (°)	Z	Pok. veg. (%)	V	Skl. PU (%)	S _I	Breh (1:m)	S _B	Náno-sy	S _N	
1-S1	PH	0,7	0	0,3	100	0,3	0,66	0,4	1,2	0,8	1:3,1	0,3	2,8
2-S2	PH	0,7	0	0,3	95	0,3	0,7	0,4	0,9	1	1:2,5	0,3	3
3-S3	PH	0,7	0	0,3	100	0,3	1,06	0,5	1	0,9	1:3,4	0,3	3
4-S4	PH	0,7	0	0,3	92	0,3	1,01	0,5	1	0,9	1:3,0	0,3	3
5-S5	PH	0,7	0	0,3	88	0,4	2,22	0,6	0,5	1	1:2,8	0,3	3,3
6-S6	PH	0,7	0	0,3	80	0,5	2,26	0,6	0,7	1	1:4,5	0,5	3,6
7-S7	PH	0,7	0	0,3	82	0,4	2,37	0,6	0,95	1	1:5,1	0,5	3,5
8-T1	PH	0,7	0	0,3	75	0,5	2,02	0,6	0,8	1	1:2,7	0,3	3,4
9-T2	PH	0,7	0	0,3	78	0,5	2,2	0,6	0,6	1	1:2,6	0,3	3,4
10-T3	PH	0,7	0	0,3	67	0,6	2,28	0,6	0,2	1	1:3,1	0,3	3,5
11-T4	PH	0,7	0	0,3	45	0,7	2,37	0,6	0,3	1	1:5,4	0,5	3,8
12-T5	PH	0,7	0	0,3	48	0,7	2,4	0,6	0,6	1	1:5,0	0,5	3,8
13-T6	PH	0,7	0	0,3	56	0,6	2,34	0,6	0,9	1	1:7,2	0,7	3,9
14-H1	PH	0,7	0	0,3	60	0,6	0,92	0,4	0,75	1	1:3,0	0,3	3,3
15-H2	PH	0,7	0	0,3	70	0,6	1,26	0,5	0,85	1	1:2,9	0,3	3,4
16-H3	PH	0,7	0	0,3	59	0,6	2,33	0,6	0,95	1	1:5,2	0,5	3,7
17-H4	PH	0,7	0	0,3	52	0,6	2,65	0,6	0,8	1	1:4,9	0,5	3,7
18-H5	PH	0,7	0	0,3	55	0,6	2,8	0,6	0,4	1	1:4,9	0,5	3,7
19-H6	PH	0,7	0	0,3	52	0,6	3,4	0,7	0,45	1	1:7,3	0,7	4
20-H7	PH	0,7	0	0,3	46	0,7	3,59	0,7	0,7	1	1:7,0	0,7	4,1
21-K1	PH	0,7	0	0,3	15	0,9	5,9	0,9	0,75	1	1:7,0	0,7	4,5
22-K2	PH	0,7	0	0,3	20	0,9	6,8	1	0,5	1	1:8,5	0,9	4,8
23-K3	PH	0,7	0	0,3	10	1	6,82	1	0,3	1	1:7,0	0,7	4,7
24-K4	PH	0,7	0	0,3	8	1	6,88	1	0,45	1	1:7,2	0,7	4,7
25-K5	PH	0,7	0	0,3	0	1	6,98	1	0,4	1	1:9,0	0,9	4,9
26-K6	PH	0,7	0	0,3	0	1	6,99	1	0,2	1	1:8,5	0,9	4,9

Vysvetlivky k tab. 4.: PH - piesočnatohlinitý pôdny druh; P-koef.pôdneho druhu; Z-koeficient zakrivenia posudzovaného úseku; V-koef.vegetačnej ochrany svahu; S_I-koef.pozdĺžneho sklonu posudzovaného PU; S_B-koef. sklonu brehu posudzovaného úseku; S_N-koeficient sklonu nánosov na brehu



Obr. 1. Závislosť medzi hodnotami indexov SOBE a KOBE

ZÁVER

Obe použité metódy zjednodušene kvantifikujú recentnú eróziu brehov a identifikujú miesta poškodenia v prítokoch VN Hriňová. Výsledky vystihujú skutočný stav erózie na brehoch. Analýzou sa preukázala tesná korelačná závislosť medzi hodnotami indexov SOBE a KOBE. Metódy sú rýchle, relatívne jednoduché, nepotrebujú náročné technické zariadenia, čo zvyšuje ich využiteľnosť v praxi. Používajú logické a jasne stanovené postupy. Určujú hlavné zdroje tvorby sedimentov na brehoch a identifikujú eróziou najviac poškodené úseky tokov. Pre prax sú metódy zaujímavé z hľadiska nenáročného posúdenia skutočného stavu brehovej erózie a predikcie zanášania nádrží. Môžu slúžiť ako podklad pre návrhy opatrení na eliminovanie alebo obmedzenie erózie v prítokoch a prispievať k udržaniu kvality vody vo VN. Metódy je potrebné overovať v rôznych oblastiach SR a ČR s rozdielnymi prírodnými podmienkami.

Literatúra

- CARTER, M., D. (2005): Stream assessment and constructed stormwater wetland research in the North Creek Watershed. Raleigh: North Carolina State University, 2005, 470 pp.
- COMPOSITE AUTHORS (1993). New York Processes for Calculating Streambank Erosion. Wilsboro, New York: Boquet River Association (BRASS) pp. 59-66.
- COMPOSITE AUTHORS (2007): Stream assessment for Chippewa Creek. Cleveland, Ohio: Wade Trim Ohio, Inc., 21 pp.
- DARBY, S.E. - THORNE, C. R. (1998) : Development and testing of riverbank – stability analysis. Journal of Hydraulic Engineering, 122, No. 8, p. 773 – 457.
- HANIMAN, E. (2009) : Estimating Bank Erosion in the Wissahickon Creek Watershed. Philadelphia: Philadelphia Water Department, Office of Watersheds, 27 pp.
- HARMEI, R. D. - HAAN, C. T. - DUTNELL, R. C. (1999): Evaluation of Rosgen ' streambank erosion potential assessment in Northeast Oklahoma. Journal of the American Water Resources Association, Vol. 35, No. 1, pp 113-121.
- HUPP, C. R. - OSTERKAMP, W. R. (1996) : Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. Geomorphology, Vol. 14, p. 277 – 295.
- JAKUBIS, M. (2010) : K výskumu erózných procesov v prítokoch Vodárenskej nádrže Hriňová. Zborník referátov XXXII. konferencie priehradné dni 2010. Banská Bystrica: SVP, š. p., v tlači.
- JONES, D. - SACCO, P. - HOLTZCLAW, E. - TILLERY, J. (2007) : Creative strategies for implementing projects to manage non-point source pollution: A case study from the McDaniel Farm Park stream restoration project. In: Proceedings of the 2007 Georgia Water Resources Conference, Atlanta: University of Georgia, 4 pp.
- MOODY, T. - WIRTANEN, M. - YARD, S. (2004) : Searching for an effective method for predisting streambank erosion. Flagstaff, Arizona: Natural Channel Design, Inc., 15 pp.
- MURGATROYD, A. L. - TERNAN, J. L. (1983) : The impact of afforestation on stream bank erosion an channel form. Earth Surface Processes and Landforms, 8, p. 357 – 369.
- PEROT, M. - SCHREINER, S. - ROTH, N. (2004) : Assesment of the 2000 Maryland stormwater design manual for stream channel protection effectiveness in Frederic County, Maryland. Columbia, Maryland: Versar, Inc., 26 pp.
- PFANKUCH, D. J. (1975) : Stream reach inventory and channel stability evaluation. Washington, D. C.: USDA Forest Service, R1-75-002, 26 pp.
- ROSGEN, D. L., SILVEY, H. L. (1996) : Applied River Morphology. Pagosa Spring, Colorado: Wildland Hydrology, 396 s.
- ROSGEN, D. L. (2002) : A practical method of computing streambank erosion rate. Pagosa Spring, Colorado: Wildland Hydrology, 10 pp.
- VAN EPS, M. A. - FORMICA, S. J. - MORRIS, T. L. - BECK, J. M. - COTTER, A. S. (2005) : Using bank erosion hazard index (BEHI) to estimate annual sediment loads from streambank erosion in the West Fork White River watershed. Little Rock: Arkansas Department of Environmental Preservation Division, 26 s.
- 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, p. 69 – 82.