

Primljen / Received: 24.2.2016.

Ispravljen / Corrected: 29.8.2016.

Prihvaćen / Accepted: 15.9.2016.

Dostupno online / Available online: 10.10.2016.

Pregled primjene Gavrilovićeve metode (metoda potencijala erozije)

Autori:



Nevena Dragičević, dipl.ing.građ.
Sveučilište u Rijeci
Građevinski fakultet
nevena.dragicevic@gradri.hr



Izv.prof.dr.sc. **Barbara Karleuša**, dipl.ing.građ.
Sveučilište u Rijeci
Građevinski fakultet
barbara.karleusa@gradri.hr



Prof.dr.sc. **Nevenka Ožanić**, dipl.ing.građ.
Sveučilište u Rijeci
Građevinski fakultet
nevenka.ozanic@gradri.hr

Pregledni rad

Nevena Dragičević, Barbara Karleuša, Nevenka Ožanić

Pregled primjene Gavrilovićeve metode (metoda potencijala erozije)

Gavrilovićeve metoda (metoda potencijala erozije) jest semikvantitativna metoda koja omogućava procjenu intenziteta erozije, ukupne godišnje produkcije erozijskog nanosa i godišnje količine transportiranoga vučenog i suspendiranog erozijskog nanosa. U ovome radu dan je detaljan pregled primjene Gavrilovićeve metode i njezinih modifikacija, s fokusom na potencijalnu površinsku eroziju, kao i smjernice te preporuke za buduće analize i istraživanja neophodna za prostorno planiranje i urbani razvoj. Rezultati Gavrilovićeve metode uvjetovani su izvorom informacija, iskustvom stručnjaka, točnošću i razinom detalja ulaza i izlaza iz modela. Za buduće analize autori predlažu da se u obzir uzmu dodatni izvori erozijskog nanosa poput gradilišta u područjima urbanog razvoja.

Ključne riječi:

Gavrilovićeve metoda, metoda potencijala erozije, produkcija erozijskog nanosa, transportirani nanos, intenzitet erozije

Subject review

Nevena Dragičević, Barbara Karleuša, Nevenka Ožanić

A review of the Gavrilović method (erosion potential method) application

A detailed review of application of the Gavrilović method (erosion potential method) and its modifications, with a focus on the potential surface erosion, is presented in the paper, together with the guidelines and recommendations for future analysis and research as needed for physical planning and urban development. The Gavrilović method results are based on the source of information, expert experience, accuracy, and level of detail of the model input and output data. For further analysis, the authors propose investigation of additional sources of erosion materials, such as construction plots in expanding urban areas.

Ključne riječi:

Gavrilović method, erosion potential method, erosion sediment production, transported sediment, erosion intensity

Übersichtsarbeit

Nevena Dragičević, Barbara Karleuša, Nevenka Ožanić

Überblick zur Anwendung der Methode nach Gavrilović (Erosionspotenzial-Methode)

In dieser Arbeit wird ein detaillierter Überblick zur Anwendung der Methode nach Gavrilović und ihrer Modifikationen, mit Fokus auf die potentielle Oberflächenerosion gegeben. Ebenso werden Richtlinien und Empfehlungen für zukünftige, bei der Raumplanung und Stadtentwicklung notwendige Analysen und Untersuchungen dargestellt. Resultate der Analysen nach Gavrilović sind durch die Informationsquelle, die Erfahrung von Spezialisten, die Genauigkeit und die Detailstufe von Modelleingaben und –ausgaben bedingt. Für zukünftige Analysen schlagen die Autoren vor, zusätzliche Quellen von Erosionsmaterial, wie z. B. aus Baustellen in Gebieten städtischer Entwicklung, zu berücksichtigen.

Ključne riječi:

Methode nach Gavrilović, Erosionspotenzial-Methode, Entstehung von Erosionsmaterial, transportierte Ablagerungen, Erosionsintensität

1. Uvod

Prema prijedlogu Direktive za zaštitu tla te Izmjenama i dopunama Direktive iz 2004. [1], posljednjih stoljeća došlo je do znatne degradacije tla. Osam je glavnih procesa koji uzrokuju degradaciju tla u europskim zemljama, a među njima erozija tla smatra se najvažnijim i najraširenijim procesom [1]. Prema Morgan [2], pojava erozijskih procesa, njihova distribucija i vrijeme pojave usko su vezani uz antropogene čimbenike poput lokalnih socijalnih, ekonomskih i političkih prilika. Poznato je to da intenzivni oborinski događaji mogu pokrenuti erozijske procese. Utjecaj bujičnih poplava na erozijske procese i transport erozijskog nanosa velik je. Do danas vrlo ih je teško predvidjeti zbog složenosti njihove prirode [3]. Erozija tla, poplave i upravljanje vodotocima smatraju se međusobno povezanim okolišnim problemima, posebno na razini sliva gdje intenzivne oborine mogu prouzrokovati široko raširene jaruge, transport čestica tla i poplave [4]. Procjena produkcije erozijskog nanosa, koja počinje na razini čelije te se potom proširuje na razinu sliva, smatra se osnovnom komponentom odgovarajućega gospodarjenja erozijom. Ta informacija neophodna je za donositelje odluka prilikom odabira budućih mjera ublažavanja i prevencije [5], kao i za dionike u prostornome planiranju i urbanome razvoju. Mjere prevencije i ublažavanja erozijskih procesa i bujica naglašavaju važnost izgradnje odgovarajućih hidrotehničkih objekata (npr. pregrada), kao i implementaciju različitih zaštitnih radova (npr. definiranje odgovarajuće namjene zemljišta ili informiranje interesnih skupina i lokalnog stanovništva) na zahvaćenim područjima i područjima od interesa [6].

Za procjenu rizika od erozije vodom i procjenu produkcije erozijskog nanosa trenutno se primjenjuju razni modeli, a mogu se klasificirati kao empirijski ili regresijski, konceptualni i fizikalni. Prema drugoj klasifikaciji, mogu se podijeliti na kvalitativne, kvantitativne i semikvantitativne [2, 7]. *Pacific Southwest Inter-Agency Committee* (PSIAC), *Modified Pacific Southwest Inter-Agency Committee* (MPSIAC), *Factorial Scoring Model* (FSM), *Vegetation-Surface Material-Drainage Density Model* (VSD), Gavrilovićev model (*Erosion Potential Method – EPM*), *Erosion Hazard Units* (EHU), CORINE karte rizika od erozije, *Coleman & Scatena Scoring Model* (CSSM), *Fleming & Kadhimi Scoring Model* (FKSM), *Wallingford Scoring Model* (WSM) i *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE) jesu semikvantitativni modeli čije su osnovne karakteristike opisali i usporedili de Vente [7] i Eisazadeh i dr. [8].

U ovome radu autori će dati detaljan pregled primjene Gavrilovićeve metode za procjenu intenziteta i produkciju erozijskog nanosa, kao i zaključke te prijedloge za daljnji razvoj i unaprjeđenje metode i njezinu primjenu.

2. Gavrilovićeva metoda (metoda potencijala erozije)

Gavrilovićevu metodu, također poznatu kao metoda potencijala erozije (*Erosion Potential Method – EPM*), razvio je Slobodan Gavrilović 1960-ih, a temeljena je na terenskim istraživanjima erozije u slivu rijeke Morave u Srbiji [9]. Ta metoda bazirana je na metodi za kvantitativnu klasifikaciju erozije (*Method for the Quantitative Classification of Erosion – MQCE*), koja je razvijena 1954. godine. Tijekom istraživanja Gavrilović je otkrio

Tablica 1. Jednadžbe i opis parametara Gavrilovićeve metode [7, 9]

$W_a = T \cdot P_a \cdot \pi \sqrt{Z^3} \cdot F$	(1)	W_a	Ukupna godišnja produkcija erozijskog nanosa [m ³ /godišnje]
$T = \sqrt{\frac{T_0}{10}} + 0,1$	(2)	T	Temperaturni koeficijent [-]
$Z = Y \cdot X_a \cdot (\phi + \sqrt{J_a})$	(3)	P_a	Srednja godišnja količina oborina [mm]
$\xi = \frac{\sqrt{O \cdot Z}}{(I_p + 10)} \cdot D_d$	(4)	Z	Koeficijent erozije [-]
$D_{d,original} = \frac{1}{0,25} = 4$	(5) [#]	F	Površina analiziranog područja [km ²]
$D_{d,modified} = \frac{I_p + I_a}{F} = \frac{L}{F}$	(6) ^{###}	T_0	Srednja godišnja temperatura [°C]
$G_y = \xi \cdot W_a$	(7)	Y	Koeficijent erodibilnosti tla [-]
		X_a	Koeficijent zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom [-]
		ϕ	Koeficijent vidljivih i jasno izraženih procesa erozije na analiziranome području [-]
		J_a	Srednji pad sliva/analizirane padine [%]
		ξ	Koeficijent retencije erozivnog nanosa [-]
		O	Opseg analiziranog područja [km]
		z	Srednja visinska razlika analiziranog područja [km]
		D_d	Gustoća riječne (drenske) mreže [km/km ²]
		I_p	Duljina primarnog vodotoka [km]
		I_a	Ukupna duljina svih sekundarnih vodotoka [km]
		L	Ukupna duljina primarnog i svih sekundarnih vodotoka [km]
		G_y	Godišnja količina transportiranog vučenog i suspendiranog erozijskog nanosa riječnom mrežom [m ³ /godišnje]

[#] U originalnoj metodi definirana kao konstantna vrijednost i danas se primjenjuje u velikom broju istraživanja.

^{###} Modifikacija metode prema Lazareviću [12] primjenjuje se danas u velikom broju istraživanja.

mogućnost daljnjeg razvoja MQCE metode koja se koristila za određivanje intenziteta erozije. Proširenje te metode bilo je usmjereno ka kvantifikaciji erozijskih procesa na procjenu transporta erozijskog nanosa nizvodno do kontrolnih profila [10]. Danas ta metoda obuhvaća kartiranje erozije, procjenu produkcije erozijskog nanosa i klasifikaciju bujica te je od 1968. intenzivno primjenjivana u rješavanju problema vezanih uz eroziju i bujice u balkanskim zemljama [11]. Primjenjuje se diljem svijeta, od Hrvatske preko Srbije, Slovenije, Italije, Makedonije, Bosne i Hercegovine, Crne Gore i Irana do Čilea (reference su dane u tablici 4.). Gavrilovićevom metodom mogu se procijeniti različiti tipovi erozije poput površinske, riječne (fluvijalne) i lateralne erozije. U ovome radu težište je na primjeni i modifikaciji Gavrilovićeve metode za procjenu površinske potencijalne erozije i transportiranoga suspendiranog i vučenog nanosa riječnom mrežom. Najčešće izračunani izlazi iz metode (izraz (1) - (8), tablica 1.) jesu:

- ukupna godišnja produkcija erozijskog nanosa W_a (izraz (1), tablica 1.)
- koeficijent erozije Z (izraz (3), tablica 1.)
- godišnja količina transportiranoga vučenog i suspendiranoga erozijskog nanosa riječnom mrežom G_v (izraz (7), tablica 1.).

Prema de Vente [7], ta metoda može se svrstati u semikvantitativne metode jer se temelji na kombinaciji opisnih i kvantitativnih procedura. Međutim, od svih semikvantitativnih metoda nabrojanih u uvodu ta je metoda najkvantitativnija jer primjenjuje opisnu evaluaciju za samo tri parametara: koeficijent erodibilnosti tla, koeficijent zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom i koeficijent vidljivih i jasno izraženih procesa erozije na analiziranome slivu. Svi drugi parametri kvantitativno opisuju sliv.

3. Modifikacije Gavrilovićeve metode

Jednu od prvih nadogradnji metode predložio je Lazarević [13], koji je u svom radu naglasio potrebu za prilagodbom definiranih vrijednosti koje opisuju sljedeće parametre: koeficijent vidljivih i jasno izraženih procesa erozije ϕ , koeficijent zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom X_o i koeficijent erodibilnosti tla Y . Cilj te prilagodbe bio je transformirati definiciju koeficijenta erozije iz njegova izvornog značenja kao pokazatelja erodibilnosti tla u današnju verziju pokazatelja intenziteta erozije. Lazarević je također modificirao tablice za klasifikaciju intenziteta erozije koji predstavlja koeficijent erozije Z [13].

Tošić i Dragičević [12] predložili su novu metodologiju za određivanje koeficijenta erozije (Z) prilagođenu za korištenje u GIS (geografski informacijski sustav) okruženju, koja je temeljena na empirijskoj metodologiji Gavrilovićeve metode i njezinih nadogradnji koje je dao Lazarević. Bit njihova rada jest primjena PDA (*Personal Digital Assistant*) uređaja s integriranim GPS (*Global Positioning System*) prijamnikom. Uređaj je primijenjen u kombinaciji s odgovarajućim softverom,

ArcPadom, u cilju integracije GPS-a s GIS-om. Cilj je bio odrediti koeficijent vidljivih i jasno izraženih procesa erozije (ϕ) na licu mjesta te transformirati podatke u skladu s uvjetima na erozijskoj parceli. Drugu modifikaciju dali su Globevnik i dr. [14], koji su predložili vrijednosti za evaluaciju koeficijenta zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom prema CORINE klasifikaciji pokrova tla (tablica 2.). Nadalje Fanetti i Vezzoli [15] predložili su promjenu kategorizacije koeficijenta zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom X_o koja se bazira na različitim kategorijama pokrova tla (tablica 2.) i prvi su uzeli obzir urbana područja kao potencijalna područja pojave erozije te im dodijelili vrijednosti veće od nule. Obuhvatili su nekoliko stupnjeva urbanizacije kao i razne vrste vegetacijskog pokrova, od uzgoja kultura do pašnjaka i šuma.

Tablica 2. Predložene modifikacije za evaluaciju koeficijenta zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom X_o

Prema Globevnik i dr. [14]	
Klasifikacija pokrova tla	X_o
Umjetne površine, vodna tijela	0
Širokolisne šume, mješovite šume	0,05
Heterogena poljoprivredna područja	0,4
Prijelazno područje šuma s prevladavajućom vegetacijom – grmljem	0,5
Pašnjaci, livade	0,6
Trajni nasadi	0,7
Obradiva tla	0,9
Gola stijena, područja zahvaćena erozijom	0,95
Prema Fanetti i Vezzoli [15]	
Kategorije namjene tla	X_o
Prostorno neujednačena urbanizacija	0,05
Rijetka urbanizacija, širokolisne šume	0,1
Diskontinuirana urbanizacija	0,15
Kontinuirana urbanizacija	0,18
Gusta urbanizacija, širokolisne šume i šume crnogorice	0,2
Šume crnogorice	0,4
Livade i pašnjaci s izoliranom, povremenom vegetacijom drveća	0,5
Livade i pašnjaci	0,6

Fanetti i Vezzoli [13] također su predložili drugačiju kategorizaciju koeficijenta zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom ϕ i koeficijenta erodibilnosti tla Y (tablica 3.), koju su zatim primijenili na slivu rijeke Greggio u Italiji. Parametar koji opisuju srednji pad analiziranog područja J_o za sliv rijeke Greggio u Italiji podijelili su u pet kategorija: 0 – 10 %, 10 – 20 %, 20 – 40 %, 40 – 60 % i 60 – 80 %, ali su izostavili prijedlog za evaluaciju padina većih od 80 posto.

Tablica 3. Predložene modifikacije prema Fanneti i Vezzoli [15] za evaluaciju parametara Gavrilovićeve metode

Vrsta tla	γ
Vapnenci: srednja otpornost na eroziju	0,8
Aluvijalni depozit: mala otpornost na eroziju	1,3
Glacijalni depozit: vrlo mala otpornost na eroziju	1,6
Srednji pad padine	I_e
0 – 10 %	0,05
10 – 20 %	0,15
20 – 40 %	0,3
40 – 60 %	0,5
60 – 80 %	0,7

4. Pregled primjene Gavrilovićeve metode

U ovome radu dan je pregled primjene Gavrilovićeve metode (originalne i s prilagodbama) analizom više od pedeset različitih radova objavljenih u relevantnim znanstvenim bazama koje su bile na raspolaganju autorima rada i obuhvaćaju procjene intenziteta erozije te produkcije i transporta erozijskog nanosa na više od pedeset različitih slivova diljem svijeta (tablica 4.).

Najčešće računani izlaz iz metode (na 82 posto slivova) jest ukupna godišnja produkcija erozijskog nanosa W_a . Njezine vrijednosti variraju od 50 m³/km²/godišnje za sliv Rokava u Sloveniji [14, 18, 19] do 12,252 m³/km²/godišnje za Khiav Chav u Iranu [35, 38]. Godišnja količina transportiranoga vučenog i suspendiranoga erozijskog nanosa riječnom mrežom prikazana je za 38 posto slivova, i to u rasponu vrijednosti od 37 m³/km²/godišnje do 2495 m³/km²/godišnje.

Mali broj analiziranih slivova (njih 14 posto) daje samo procjenu koeficijenta erozije Z te time uvid u intenzitet erozije na nekome slivu, ali ne i očekivane vrijednosti produkcije erozijskog nanosa (npr. [40]).

Ovisno o karakteristikama sliva, posebice gustoći riječne (drenske) mreže, rezultati godišnjih količina transportiranoga vučenog i suspendiranoga erozijskog nanosa mogu varirati od vrlo malih vrijednosti pa sve do istih procijenjenih vrijednosti za ukupnu godišnju produkciju erozijskog nanosa. U ni jednome slučaju dobivene vrijednosti za godišnju količinu transportiranoga vučenog i suspendiranoga nanosa ne mogu biti veće od vrijednosti dobivenih za ukupnu godišnju produkciju erozijskog nanosa (npr. [21]). Jedan od uzroka takvog rezultata proizlazi iz primjene različitih formula za izračun koeficijenta retencije erozivnog nanosa koji u obzir uzima parametar gustoće riječne (drenske) mreže. U originalnoj Gavrilovićevoj metodi umjesto formule za gustoću riječne mreže primjenjuje se konstantna vrijednost 4. Kasnije je metoda modificirana, a gustoća riječne (drenske) mreže uzeta je kao odnos između ukupne duljine primarnog i svih sekundarnih vodotoka i pripadajuće površine/površine sliva. Rezultati poput onih dobivenih za gornji tok rijeke Sezar mogu se dobiti primjenom konstantne vrijednosti umjesto omjera duljine

i površine. Sveukupno, na 37 posto slivova za koje je izračunana godišnja količina transportiranoga vučenog i suspendiranoga erozijskog nanosa riječnom mrežom primijenjena je konstantna vrijednost umjesto parametra gustoće riječne (drenske) mreže.

4.1. Gavrilovićeva metoda, GIS i daljinska istraživanja

Prema Thieken i dr. [61, 62], pouzdanost konačnih rezultata unutar GIS okruženja usko je povezana s točnošću i rezolucijom ulaznih podataka (izvorima informacija za topografiju, namjenu zemljišta i vrstu tla). Novije tehnologije, posebice prostorni podaci i podaci satelitskih daljinskih istraživanja, mogu se primijeniti kako bi se dobili znatno veći detalji i time pojednostavila procedura za procjenu erozije u područjima od interesa [15]. Te tehnologije poboljšavaju postupke raščlanjivanja slivova na ćelije proizvoljne veličine. Na primjer, Bagherzadeh i dr. [16, 17] podijelili su sliv na osam homogenih jedinica pokrova tla prema vizualnoj interpretaciji satelitskih snimaka i terenskih opažanja. Nadalje, Globevnik i dr. [14] te Milevski i dr. [22] analizirali su mogućnost primjene Gavrilovićeve metode u kombinaciji s GIS tehnologijom. Rezultati njihovih istraživanja pokazali su smanjenje predviđenih vrijednosti produkcije erozijskog nanosa uzrokovanih erozijskim procesima pri primjeni prostorno promjenjivih parametara u odnosu na rezultate dobivene primjenom tradicionalne metode usmjerene na cjelokupni sliv kao homogenu cjelinu.

Od pedeset i jednog analiziranog sliva na 66 posto slivova primijenjena je GIS tehnologija. U drugim radovima primjena GIS-a nije jasna ili se uopće ne primjenjuje, a 42 posto za determinaciju parametra definiranog pokrovom tla koristi tehnologiju daljinskog očitavanja.

4.2. Pokrov tla/promjene u pokrovu i mjere ublažavanja erozije

Od njezina razvoja GIS tehnologija omogućila je uvid u veće detalje u analizama karata namjene zemljišta/pokrova tla, a tehnologije daljinskih istraživanja omogućile su generiranje novih i raznovrsnih izvora podataka za isti parametar.

Solaimani i dr. [24, 25] analizirali su posljedice primjene različitih namjena zemljišta kao dio mjera usmjerenih na smanjenje erozije i upravljanje tlom te su pokazali da rezultati modela upućuju na smanjenje produkcije erozijskog nanosa za 89,24 posto. Iako autori nisu proveli analizu osjetljivosti rezultata Gavrilovićeve metode, taj rad prvi je koji se osvrće na znatne oscilacije u predviđenim vrijednostima erozijskog nanosa uzrokovanim promjenama u koeficijentu zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom koji čini komponentu pokrova tla u Gavrilovićevoj modelu.

Zorn i Komac [27, 28] u svojem su istraživanju istaknuli to da se primjenom različitih karata namjene zemljišta smanjuju vrijednosti u ukupnoj godišnjoj produkciji erozijskog nanosa za 2000. (izvor podatka: Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i

Tablica 4. Pregled primjene Gavrilovićeve metode

Literatura	Analizirani sliv	Država	Veličina [km ²]	Izračunani izlazi iz metode, W _a [m ³ /km ²]	G _v [m ³ /km ²]	Z **
[16,17]	Kardeh	Iran	555	266	N/A	
[14,18,19]	Rokava	Slovenija	91/20,4	50	N/A	
[14,20]	Jukani	Hrvatska	26,7	1070	399,47	
[14]	Raša	Hrvatska	205	1270	N/A	
[21]	Gornji tok rijeke sezar	Iran	344,91	15299,84	15483,13	
[22,23]	Gornji dio sliva rijeke bregalnica	Makedonija	1124,7	925	N/A	
[24,25]	Neka	Iran	N/a	144465,1; 15542,9	N/A	
[26]	Musone	Italija	374	700,5	N/A	
[26]	Esino	Italija	1223	621,4	N/A	
[27,28]	Gornja soča	Slovenija	591,5	8047-9670	N/A	
[15]	Greggio	Italija	6,1	640	465	
[12]	Republika srpska	Bosna i Hercegovina	N/a	N/A	N/A	N/A
[29]	Jam i riz	Iran	909,19	2327,4	N/A	
[10]	Ekbatan dam	Iran	218	942,29	810,37	
[30]	Afzar	Iran	800	556	N/A	
[31]	Karoon	Iran	27694,8	8374,78	1507,4	
[32]	Pilot polja u Srbiji	Srbija	N/a	N/A	N/A	N/A
[33]	Amrovan	Iran	1023	5,1027	N/A	
[33]	Atary	Iran	6,27	7,171	N/A	
[33]	Ali Abad	Iran	1,29	5,401	N/A	
[33]	Ebrahim Abad	Iran	5,07	1,248	N/A	
[33]	Royan	Iran	5,39	7,296	N/A	
[34]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
[35,36]	Khiav chay	Iran	800	2237,49 (1968); 12252,44 (2007)	N/A	
[37]	Ramian	Iran	240	N/A	N/A	+
[38]	Vranjsko-banjska	Srbija	150	2936 (1956); 1050 (2007)	2123 (1956); 759,50 (2007)	
[39]	Kalimanska	Srbija	16,04	3775 (1927); 533,17 (2010)	2494,45 (1927); 350,7 (2010)	
[40]	Ghara-aghch	Iran	89,62	N/A	N/A	+
[41]	Kasilian	Iran	68	N/A	N/A	+
[42]	Imamzade abdullah baghmalak	Iran	105	370,08-3481,25	418,19	
[43]	Jelašnica	Srbija	30,04	910,82	397,12	
[44]	Prescudin	Italija	16	N/A	N/A	+
[45]	Manastirica	Srbija	29,93	813,8	425,6	
[46]	Kamišna	Srbija	26,94	741,4	375,9	
[46]	Rujevac	Srbija	0,89	259,2	60,36	
[46]	Vasovića	Srbija	2,52	502,6	125,67	
[48]	Rasina	Srbija	N/A	N/A	N/A	+
[49]	Ukrina	Bosna i Hercegovina	1498,48	632,3 (1980); 551,3 (2010)	306,06 (1980); 247,47 (2010)	
[50]	Akumulacija Celije	Srbija	609,15	1189 (1960); 586 (2008)	540(1960); 266 (2008)	
[51]	Istočna Srbija	Srbija	17060,15	N/A	N/A	+
[52]	Abrami	Hrvatska	N/A	20-28	N/A	
[53]	Požarevac	Srbija	N/A	100-3000	N/A	
[54]	Rovacki	Crna Gora	11,7	404,17	117,19	
[55]	Djuricka	Crna Gora	69,5	1663,2	645	
[56]	Polimlje	Crna Gora	2200	331,78	N/A	
[56]	Navotinski	Crna Gora	8,4	123,79	37	
[57]	Boljanska	Crna Gora	27,5	1072,15	315	
[58]	Dubračina	Hrvatska	43,5	250-682	-	
[5]	Bermejo	Čile	N/A	100'	N/A	
[5]	Pilcomayo	Čile	N/A	108'	N/A	
[59]	Tartano	Italija	47	965,34	1126,19	+
[60]	Dragonja	Slovenija	91	292,44 (1971); 119,30 (1994)	-	+

*U slijedećim mjernim jedinicama: Mt/slivu/godišnje, ** Jedini izračunani rezultat iz metode generiran provedenom analizom

prehrane Republike Slovenije) u odnosu na prethodnu godinu (1999.; izvor podataka: katastar).

Gavrilovićeva metoda primijenjena je i u Iranu [29] gdje se pokušao definirati odnos između gradijenta padine i namjene zemljišta u cilju smanjenja erozije na slivovima Jam i Riz. Autori su predvidjeli smanjenje erozijskog nanosa na području cijelog sliva do 58,3 posto (od 2327,4 m³/km²/godišnje na 970,4 m³/km²/godišnje) ako se primijene odgovarajuće mjere gospodarenja namjenom zemljišta. U svojim istraživanjima otkrili su to da područja koja se trenutačno koriste za navodnjavanje nisu smještena u za to najprikladnijim zonama sliva. Rezultati pokazuju da bi smanjenje produkcije erozijskog nanosa nastupilo ako bi se ta područja prenamijenila u zemljišta pod prirodnom vegetacijom, a posljedično bi se smanjila površina područja prekrivena navodnjavanjem.

Utjecaj četiriju različitih bioloških aktivnosti (agrosumarstva, sadnje drveća, sijanja i sjetve) i šesnaest (16) različitih scenarija upravljanja vegetacijom na slivovima Ramian u Iranu analizirali su Sadoddin i dr. [37]. Jedan od ciljeva bila je analiza troška i koristi koja je pokazala ekonomske i socijalne utjecaje na eroziju tla u razdoblju od 80 godina.

Dragičević i dr. [51] bili su prvi koji su analizirali nesigurnost u veličini i prostornoj distribuciji predviđenih vrijednosti za godišnju produkciju erozijskog nanosa na slivu Dubračine u Hrvatskoj, gdje su primijenili nekoliko različitih ulaznih podataka za pokrov tla/namjenu zemljišta. Primijenili su tri različita seta podataka za pokrov tla/namjenu zemljišta, i to CORINE kartu pokrova tla, prostorni plan i Landsat 8 snimke, te su pokazali osjetljivost Gavrilovićeve metode s obzirom na promjenu ulaznog podatka za pokrov tla/namjenu zemljišta.

Ristić i dr. [39] analizirali su utjecaj promjene hidroloških uvjeta obnavljanjem slivnog područja nakon erozije i poplava kako bi definirali utjecaj mjera ublažavanja i zaštite od erozije. Usporedili su rezultate dobivene za sliv rijeke Kalimanska u Srbiji za dva perioda: 1967., odnosno prije obnove, i 2010., nakon implementacije mjera ublažavanja. Model je pokazao smanjenje predviđenih vrijednosti produkcije erozijskog nanosa te količina transportiranoga vučenog i suspendiranog erozijskog nanosa riječnom mrežom.

U drugome rad, Ristić i dr. [43] predvidjeli su smanjenje ukupne godišnje produkcije erozijskog nanosa od 44,1 posto ako se specifična kombinacija biotehničkih, tehničkih i administrativnih mjera primijeni na slivu Jalešnica u Srbiji. Tijekom istraživanja primijetili su da je namjena zemljišta usko povezana s erozijskim procesima i ključ je ublažavanja i prevencije od erozije. Iako su tehničke građevine u koritu vodotoka često primijenjene kao mjere ublažavanja posljedica od erozije i bujica, one nisu dovoljno učinkovite ako se primjenjuju kao jedina mjera u slivu. Ista analiza provedena je i na slivovima Manastirica i Kamišna u Srbiji [45].

Četrdesetogodišnju promjenu u produkciji erozijskog nanosa koja je nastala kao posljedica primjene antierozijskih mjera u akumulaciji Celiye u Srbiji analizirali su Milovanović i dr. [50]. Zaključili su da su provedeni antierozijski radovi koji su uključivali

tehničke, biotehničke i biološke radove doveli do smanjenja u produkciji erozijskog nanosa i količinama transportiranog nanosa riječnom mrežom za 49 posto u razdoblju od 40 godina. Druga dva istraživanja pokazuju rezultate analize promjene u produkciji erozijskog nanosa od prošlosti do danas za sliv Dragonje (promjena od 1971. do 1994.) [14, 60] i sliv Botonege (promjena od 1989. do 2000.) [14]. Oba istraživanja pokazala su smanjenje produkcije erozijskog nanosa zbog napuštanja poljoprivrednih područja koje je pratila promjena vegetacijskog pokrova tih područja u grmlje i šume. Te promjene praćene su istodobnom primjenom antierozijskih mjera poput ustava, brana, zaštitne vegetacije, stabilizacije nasipa i drugih, a sve navedeno doprinijelo je znatnijem smanjenju godišnje produkcije erozijskog nanosa.

4.3. Druge primjene Gavrilovićeve metode

Lakicevic i Srdjevic [48] analizirali su povezanost između socioekonomskih uvjeta i erozijskih procesa na malim slivovima u Srbiji, dok su Tošić i dr. [49] analizirali antropogene utjecaje (demografske promjene) u obliku promjena u populaciji tijekom vremena na erozijske procese. U oba rada zaključeno je to da ljudska emigracija, uslijed koje se napuštaju poljoprivredna zemljišta, dovodi do smanjenja intenziteta erozijskih procesa i produkcije erozijskog nanosa na tome području.

Barmaki i dr. [35, 36] upozorili su na povećanje gustoće riječne (drenske) mreže za 41 posto u periodu od 1968. do 2007. djelovanjem brazdaste erozije i povećanjem poljoprivrednih aktivnosti, što je posljedica povećanja broja stanovnika na području sliva Khiaç Chav u Iranu.

Kazimierski i dr. [5] analizirali su utjecaj klimatskih parametara na produkciju erozijskog nanosa primjenom Gavrilovićeve metode i razvili metodologiju za procjenu produkcije erozijskog nanosa u budućnosti za gornji sliv rijeke Plate u Čileu, u Boliviji. Generalirali su projekcije za produkciju erozijskog nanosa do 2100. koje se temelje na promjenama u temperaturi i količinama oborina, ali ne i na promjenama u pokrovu tla/namjeni zemljišta. Važna razlika između uočenih i predviđenih vrijednosti erozijskog nanosa povezana je s nepreciznim interpolacijama mjerenih podataka i nedostacima regionalnoga klimatskog modela. Njihova analiza nije pokazala znatnu promjenu u godišnjoj produkciji erozijskog sedimenta tijekom vremena ni relativno mali utjecaj temperature na konačne procijenjene vrijednosti erozijskog nanosa u odnosu na količinu oborina.

Bemporad i dr. [44] primijenili su Gavrilovićevu metodu za izračun produkcije erozijskog sedimenta na godišnjoj i mjesečnoj razini, gdje su jedini vremenski varijabilni parametri (mjesečni intervali) temperatura i količina oborina. Za procjenu ukupnih količina transportiranoga erozijskog nanosa koristili su hidrološki model za otjecanje vode i jednadžbu kontinuiteta te kretanja nanosa koju je dao Hrissanthou (ne Gavrilović). Vrijednosti (samo godišnje) verificirane su tijekom jednokratnog opažanja na terenu nakon poplave 1992. tijekom koje je sedimentom ispunjena novoizgrađena retencijska brana.

4.4. Usporedba Gavrilovićeve metode s drugim metodama za procjenu erozije

U radovima dostupnima autorima rezultati dobiveni primjenom Gavrilovićeve metode uspoređeni su s rezultatima dobivenima primjenom metoda PSIAC, MPSIAC i RUSLE. Tangestani [30] usporedio je rezultate Gavrilovićeve metoda s rezultatima PSIAC metoda i uočio bolju pouzdanost PSIAC metoda pri određivanju područja vrlo jakog potencijala erozije. Vizualnim pregledom terena u kombinaciji s GPS uređajem potvrđena je dobra procjena za područja srednje i jake erozije dobivena Gavrilovićeve metodom i manja točnost za područja slabog potencijala erozije. Druga usporedba s PSIAC metodom [16, 17] pokazala je isti obrazac za predviđene vrijednosti erozijskog nanosa za obje metode s koeficijentom korelacije 0,95, što je potvrdilo primjenjivost obje metoda na umjerenom sušnim i sušnim slivovima. Ghobadi i dr. [42] usporedili su Gavrilovićeve metodu s PSIAC-om i MPSIAC-om te zaključili da Gavrilovićeve metoda nije pogodna za vremenske prilike u Iranu te da daje manje točne procjene produkcije erozijskog nanosa u usporedbi s MPSIAC metodom. Potrebno je napomenuti da su oni također koristili pojednostavljenu formulu za procjenu koeficijenta retencije erozivnog nanosa.

Petraš i dr. [52] usporedili su rezultate dobivene primjenom RUSLE metode i Gavrilovićeve metode s mjerenjima na terenu i zaključili da je RUSLE metoda kompatibilnija s mjerenjima na terenu provedenima na testnim poljima Abrami. Gavrilovićeve metoda u usporedbi s nekim drugim metodama ne istražuje fiziku erozijskih procesa i kao takva pogodna je za područja na kojima je dostupan manji opseg informacija te na kojima je zabilježen nedostatak prethodnih istraživanja erozije. Kao takva metoda može pružiti uvid ne samo u ukupnu produkciju erozijskog nanosa, već i u intenzitet erozije kao preliminarni rezultat i indikator područja potencijalno ugroženih erozijom.

4.5. Mjerenja na terenu i verifikacija Gavrilovićeve metode

Od svih analiziranih slivova, za samo petnaest (15) je unutar rada spomenuta verifikacija (tablica 5.). U tim radovima primijenjene

su različite metode verifikacije, ovisno o dostupnoj opremi i pristupačnosti terena.

Mjerenja erozijskog nanosa na testnim poljima provedena su u slivu rijeke Rokava (Dragonja) u Sloveniji [18, 19], na Abramima [52] i u Jukanima (Butonega) u Hrvatskoj [14, 20]. Na slivu Bregalnica u Makedoniji [19, 20] uočena je vrlo dobra podudarnost rezultata dobivenih Gavrilovićeve metodom i mjerenjima na terenu. Haghizadeh i dr. [21] te Tangestani [30] za verifikaciju koristili su usporedbu izlaznih rezultata metoda s terenskim mjerenjima i kartama GLASGOD (*Global Assessment of Soil Degradation*).

Bagherzadeh i dr. [16, 17] verificirali su rezultate metoda obilaskom terena te primjenom GPS uređaja i vizualnog opažanja područja okarakteriziranih kao područja srednje i visoke godišnje produkcije erozijskog nanosa. Amini i dr. [10] primijenili su Gavrilovićeve metodu na slivu brane Ekbatan u Iranu te zaključili da ta metoda može precijeniti erozijski nanos zbog nedostatka parametara granulometrijske strukture, koncentracije humusa, morfologije padina i otjecanja koji utječu na erozijske procese te koji su uobičajeni u fizikalnim modelima, ali ne i u empirijskim modelima poput Gavrilovićeve.

Kouhpeima i dr. [33] analizirali su pet različitih slivova u Iranu i kao metodu verifikacije koristili usporedbu s izmjerenim istaloženim nanosom u akumulacijama. Ista metoda primijenjena je u slivu Prescudin u Italiji [44], gdje se pokazalo minimalno odstupanje između predviđenih i mjerenih vrijednosti erozijskog nanosa. Nuklearne probe za mjerenje suspendiranog nanosa korištene su na slivovima rijeka Esino i Musone u Italiji [26]. Mjerenja su pokazala neka odstupanja u odnosu na ukupno procijenjene vrijednosti produkcije erozijskog nanosa Gavrilovićeve metodom, ali su sveukupno pokazale dobru podudarnost vezanu uz erozijski nanos na godišnjoj razini. Zaključeno je da su daljnja mjerenja neophodna jer Gavrilovićeve metoda uzima u obzir vučeni i suspendirani erozijski nanos, dok su provedena mjerenja obuhvatila samo suspendirani nanos. Ostale verifikacijske metode obuhvaćaju primjenu PDA uređaja i opažanja terena [49], a neke su od metoda verifikacije ostale nedefinirane u samim radovima [41, 42], iako su one Gavrilovićeve metodu ocijenile sveukupno loše, ukazujući na precjenjivanje vrijednosti erozijskog nanosa pri njihovoj procjeni [41].

Tablica 5. Analizirani slivovi kategorizirani prema veličini

Kategorizacija sliva prema njihovoj veličini [63]	Broj analiziranih slivova	Broj slivova s provedenom verifikacijom rezultata
Neklasificirani	< 10 km ²	8
Mali	10 – 100 km ²	14
Srednji	>100 – 1000 km ²	13
Veliki	>1000 – 10 000 km ²	5
Vrlo veliki	> 10 000 km ²	2
Nepoznate veličine		9
Ukupno		51
		15

5. Rasprava i zaključak

Ovaj rad dao je detaljan pregled primjene Gavrilovićeve metode. Najčešće izračunani izlazi koji nastaju primjenom te metode jesu ukupna godišnja produkcija erozijskog nanosa i koeficijent erozije. Godišnja količina transportiranoga vučenog i suspendiranog nanosa riječnom mrežom izračunana je za samo 38 % analiziranih slivova. Iako je tijekom godina korišteno nekoliko modifikacija modela, različite varijante modela primjenjuju se i danas. Te varijante odnose se na procjenu godišnjih količina transportiranoga vučenog i suspendiranog nanosa riječnom mrežom. Analiza je pokazala bolje rezultate i podudarnost s mjerenjima na terenu pri primjeni modificirane formule za koeficijent retencije erozivnog nanosa. Prilagođeni koeficijent retencije erozivnog nanosa primjenjuje gustoću riječne (drenske) mreže kao odnos između ukupne duljine primarnog vodotoka i svih sekundarnih vodotoka i površine sliva. Ukoliko se koristi jednostavnija (originalna) formula i spomenuti je odnos zamijenjen konstantom, vrijednosti dobivene primjenom modela mogu biti veće od predviđenih vrijednosti za ukupnu godišnju produkciju erozijskog nanosa odnosno godišnju količinu odvojenih čestica tla. Dakle, autori ovog rada preporučuju primjenu formule za gustoću riječne (drenske) mreže u svim budućim istraživanjima kako bi se izbjegli netočni rezultati koji daju veće vrijednosti za godišnje količine transportiranoga erozijskog nanosa riječnom mrežom u odnosu na ukupne godišnje produkcije erozijskog nanosa. Međutim, ni jedan od analiziranih radova ne daje objašnjenje zašto je dana formula, originalna ili prilagođena, primijenjena u odnosu na drugu. Također, ti radovi nisu pružili usporedbu koja bi ugrubo procijenila pogrešku/razliku između izračunanih i mjerenih vrijednosti primjenom obiju formula.

Razvitak Gavrilovićeve metoda započeo je razvojem GIS tehnologije. Do danas ta metoda još nije istražila sve mogućnosti GIS-a. Na primjer, godišnja količina transportiranoga vučenog i suspendiranog erozijskog nanosa riječnom mrežom prema toj se metodi izračunava za cijeli sliv/podslivove i odnosi se na vrijednosti koje predstavljaju transportirani erozijski nanos mjeren u nožici sliva. Danas GIS tehnologija omogućava procjenu svake ćelije unutar sliva i kao takva može procijeniti transportirani erozijski nanos za svaku ćeliju koja je dio vodotoka. Takav pristup do neke mjere može pojednostaviti proces odabira najbolje lokacije za provedbu mjerenja na slivovima koji su manje pristupačni, kao i omogućiti višestruki izbor prihvatljivih pozicija u provedbi terenskih mjerenja. Također, verifikacija metode u vidu procijenjene godišnje količine transportiranoga vučenog i suspendiranog erozijskog nanosa riječnom mrežom može se pojednostaviti i provoditi na bilo kojem dijelu/duljini vodotoka, što potencijalno može dovesti do češćeg izračuna tog parametra. Kako bi se to postiglo, analizu je potrebno svesti s procjene na razini sliva i podsliva na procjenu na razini rezolucije ćelije te potom postupno proširiti na veličinu sliva. Nažalost, ta će procedura i dalje ovisiti o rezoluciji dostupnih ulaznih podataka.

Lazarević, Globevnik, Fanetti i Vezzoli znatno su unaprijedili metodu promjenama u procjeni opisnih parametara metode. Važno je napomenuti to da su na određenim slivnim područjima vidljive znatne promjene u vrsti, raširenosti i gustoći vegetacijskog pokriva kao i u ekspanziji urbanih područja. Stoga, ako se to uzme u obzir, parametar namjena zemljišta/pokrov tla jest vrlo važan parametar koji će utjecati na konačno procijenjene vrijednosti, kao što je i prikazano u prethodno spomenutim radovima [24, 25, 27, 28, 29, 58, 60]. Promjene u namjeni zemljišta neće utjecati samo na koeficijent zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom, već će posljedično utjecati i na koeficijent vidljivih i jasno izraženih procesa erozije na analiziranome području, čiji doprinos Gavrilovićevoj metodi i produkciji erozijskog nanosa ne smije biti zanemaren.

Područja intenzivnih urbanih promjena za koje je potrebno procijeniti koeficijent zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom preporučeno je uključiti u svim budućim analizama (tablica 6.). Često se u analizama erozije zaboravlja to da poljoprivredna područja te područja male pokrivenosti vegetacijskim pokrovom i gola tla nisu jedini izvor erozijskog nanosa na slivovima. S obzirom na jedinstvenost i složenost svakog sliva, moraju se uzeti u obzir dodatni izvori erozijskog nanosa poput gradilišta u područjima urbanog razvoja. Ta područja, iako kratkog vijeka, imaju znatan utjecaj na količine erozijskog nanosa na godišnjoj razini i trebala bi se uzeti u obzir prilikom planiranja budućih aktivnosti na slivu. Drugi izvor erozijskog nanosa koji se rijetko uzima u obzir jesu naseljena područja s malim poljima/vrtovima koja se koriste uglavnom za poljoprivredu. U većim gradovima takva se područja ne smatraju važnima, međutim u naseljima i selima gdje tako uređene površine stambene namjene prevladavaju, one mogu biti problem i dodatni izvor erozijskog nanosa koji je često zanemaren, a klasificiraju se isključivo kao urbana/ruralna područja. Zato je u tablici 5. dan prijedlog za novu kategorizaciju koeficijenta zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom za urbana/ruralna područja, uključujući i neizgrađena građevinska zemljišta. Takva kategorizacija utjecala bi na rezultate modela i informacije vezane uz očekivani intenzitet erozije i ukupnu godišnju količinu erozijskog nanosa.

Tablica 6. Predložena evaluacija koeficijenta zaštićenosti zemljišta vegetacijskim pokrovom X_g za urbana područja

Deskriptivna evaluacija	Numerička evaluacija X_g
Gusta urbana područja bez zelenih površina ili s malo zelenih površina	0,05
Raspršena urbana/ruralna stambena područja sa zelenim poljima koja se koriste ponajviše za poljoprivredu	0,3
Raspršena urbana/ruralna stambena područja sa zelenim poljima koja se koriste ponajviše za poljoprivredu, ali se na njima primjenjuju agronomske, mehaničke antierozijske mjere usmjerene na upravljanje tlima	0,1
Gradilišta / Neizgrađena građevinska zemljišta	0,9

Namjena zemljišta/pokrov tla, kako se pokazalo, ima znatan utjecaj na rezultate modela i ukazuje na smanjenje produkcije erozijskog nanosa ako se primjene odgovarajuće mjere upravljanja namjenom zemljišta. Dragičević i dr. [58] naglasili su problem dobivanja različitih rezultata pri promjeni ulaznih podataka za namjenu zemljišta/pokrov tla. Stoga se može zaključiti da je pouzdanost rezultata modela usko povezana s izvorom informacije, iskustvom stručnjaka zaduženog za generiranje karata, kao i s točnošću i rezolucijom ulaznih podataka. Stručnjak koji provodi analize erozije mora uzeti u obzir različite setove podataka/karte dostupne za isti parametar, usporediti njihove razlike i na temelju terenskih istraživanja te razmjene informacija s lokalnim stanovništvom izabrati najbolju opciju za sve buduće analize, kako je prikazano i u [27, 28, 58]. U budućnosti bilo bi zanimljivo analizirati međuovisnost rezultata Gavrilovićeve modela na malim slivovima i njihove geologije, što bi potencijalno ukazalo na daljnje moguće modifikacije modela. Napominjemo to da je dio vezan uz verifikaciju izostavljen u većini analiziranih radova, što je dovelo do nedostatka informacija o prilagodljivosti i primjenjivosti Gavrilovićeve metode na područjima različitih geoloških i hidroloških prilika. Te su informacije potrebne kako bi se omogućio daljnji razvoj i modifikacija metode. Također, nekolicina analiziranih radova napominje usku povezanost znanja i iskustva stručnjaka te

dobivenih razlika između predviđenih i mjerenih vrijednosti produkcije erozijskog nanosa. Ni jedan rad koji sadrži verifikaciju ne osvrće se na osjetljivost modela i nesigurnost njegovih rezultata s obzirom na odabrani izvor informacije. Potrebno je provoditi verifikaciju modela kako bi se osigurala bolja podudarnost između mjerenih količina erozijskog nanosa na terenu i vrijednosti produkcije erozijskog nanosa dobivenih modelom.

Zahvala

Istraživanje za potrebe ovoga rada i njegovo objavljivanje sufinancirano je sredstvima potpora Sveučilišta u Rijeci (broj potpore 13.05.1.3.08, naslov: *Razvoj novih metodologija u gospodarenju vodama i tlom u krškim, osjetljivim i zaštićenim područjima* i broj potpore 13.05.1.03 *Hidrologija vodnih resursa i identifikacija rizika od poplava i blatnih tokova na krškom području*). Dio istraživanja za potrebe izrade ovog rada provedeno je u sklopu bilateralnoga hrvatsko-japanskog projekta *Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje nepogoda kod odrona zemlje i poplava u Hrvatskoj* te znanstvenog projekta *Hidrologija osjetljivih vodnih resursa u kršu* (114-0982709-2549) koji financira Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta RH.

Literatura

- [1] EC (European Commission), 2004 EC (European Commission), Proposal for Directive of the European Parliament and of the Council Establishing a Framework for the Protection of Soil and Amending Directive 2004/35/EC, COM(2006) 232 final.
- [2] Morgan, R.P.C.: Soil Erosion & Conservation. Blackwell, Oxford, 2005.
- [3] Vanmaercke, M., Zenebe, A., Poesen, J., Nyssen, J., Verstraeten, G., Deckers, J.: Sediment dynamics and the role of flash floods in sediment export from medium-sized catchments: a case study from the semi-arid tropical highlands in northern Ethiopia. *Journal of Soil Sediments*, 10 (2010), pp. 611-627, <http://dx.doi.org/10.1007/s11368-010-0203-9>
- [4] Poesen, J., Hooke, J.M.: Erosion, flooding and channel management in Mediterranean environments of southern Europe. *Progress in Physical Geography*, 21 (1997), pp. 157-199, <http://dx.doi.org/10.1177/030913339702100201>
- [5] Kayimierski, L.D., Irigoyen, M., Re, M., Menendey, A.N., Spalletti, P., Brea, J.D.: Impact of climate change on sediment yield from the upper Plata basin. *International Journal of River Basin Management*, 11 (2013) 4, pp. 1-11, <http://dx.doi.org/10.1080/15715124.2013.828066>
- [6] Dragičević, N., Karleuša, B., Ožanić, N.: GIS based monitoring database for Dubračina river catchment area as a tool for mitigation and prevention of flash flood and erosion. In: *Proceedings of the thirteenth International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering*, Bratislava, Slovakia, pp. 553-565, 2013.
- [7] De Vente, J., Poesen, J.: Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: scale issues and semi-quantitative models. *Earth-Science Reviews*, 71 (2005) 1-2, pp. 95-125, <http://dx.doi.org/10.1002/esp.1305>
- [8] Eisazadeh, L., Sokouti, R., Homaei, M., Pazira, E.: Comparison of empirical models to estimate soil erosion and sediment yield in micro catchments. *Eurasian Journal of Soil Science*, 1 (2012), pp. 28-33.
- [9] Gavrilović, S.: Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji. *Izgradnja*, special issue, pp 1-292, 1972.
- [10] Amini, S., Rafiei, B., Khodabakhsh, S., Heydari, M.: Estimation of erosion and sediment yield of Ekbatan Dam drainage basin with EPM, using GIS. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 2 (2010), pp. 173-180.
- [11] Gavrilović, Z., Stefanović, M., Milovanović, I., Cotric, J., Milojević, M.: Torrent classification - base of rational management of erosive regions. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 4 (1), pp. 1-8, 2008.
- [12] Tosić, R., Dragičević, S.: Methodology update for determination of the erosion coefficient. *Glasnik Srpskog Geografskog Društva*, 92 (2012) 1, pp. 11-26.
- [13] Lazarević, R.: Novi postupak za određivanje koeficijenta erozije (Z). *EROZIJA – stručno-informativni bilten*, 13 (1985), pp. 53-61.
- [14] Globevnik, L., Holjević, D., Petkovsek, G., Rubinić, J.: Applicability of the Gavrilović method in erosion calculation using spatial data manipulation techniques, erosion prediction in Ungauged Basins: integrating methods and techniques. In: *Proceedings of Symposium HS01, Sapporo*, 279 (2003), pp. 224-233.

- [15] Fanetti, D., Vezzoli, L.: Sediment input and evolution of lacustrine deltas: the Breggia and Greggio rivers case study (lake Como, Italy). *Quaternary International*, 173–174 (2007), pp. 113–124, <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2007.02.008>
- [16] Bagherzadeh, A., Daneshvae, M.R.M.: Sediment yield assessment by EPM and PSIAC models using GIS data in semi-arid region. *Frontiers of Earth Science*, 5 (2011) 2, pp. 207–216, <http://dx.doi.org/10.1007/s11707-011-0168-z>
- [17] Bagherzadeh, A., Daneshvae, M.R.M.: Estimating and mapping sediment production at Kardeh Watershed by using GIS. In: *The 1st International Applied Geological Congress. Mashad Branch, Iran*, pp 1440–1446, 2010.
- [18] Zorn, M., Komac, B.: The importance of measuring erosion processes on the example of Slovenia. *Hrvatski Geografski Glasnik*, 73 (2011) 2, pp. 19–34.
- [19] Petkovšek, G.: *Kvartifikacija in Modeliranje Erozijske Tal z aplikacijo na Povodju Dragonje*. Dissertation, University of Ljubljana, Slovenia, 2002.
- [20] Petraš, J., Holjevič, D., Plišič, I.: Possibilities to Estimate Soil Erosion Intensity and Sediment Transport by GIS Technology Application. In: *Proceedings of conference of the 1st International Yellow River Forum on River Basin Management. Zhengzhou, China*, 2, pp. 421–431, 2003.
- [21] Haghizadeh, A., Teang Shui, L., Godarzi, E.: Forecasting sediment with erosion potential method with emphasis on Land use changes at basin, electronic. *Journal of Geotechnical Engineering*, 14 (2009), pp. 1–12.
- [22] Milevski, I., Blinkov, I., Trendafilov, A.: Soil erosion processes and modelling in the upper Bregalnica catchment. In: *Proceedings of the conference of the Danubial countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management (XXIV)*. Bled, Slovenia, pp 1–10, 2008.
- [23] Blinkov, I., Bojcovski, B., Trendafilov, B., Trendafilov, A., Mincev, I.: Effects of forest fires on erosion processes. In: *Proceedings of First Serbian Forestry Congress – Future with Forests*. Belgrade, Serbia, pp 902–915, 2010.
- [24] Solaimani, K., Modallaldoust, S., Lotfi, S.: Investigation of land use changes on soil erosion process using geographical information system. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 6 (2009) 3, pp. 415–424.
- [25] Solaimani, K., Modallaldoust, S., Lotfi, S.: Soil erosion prediction based on land use changes (A case in Neka watershed). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 4 (2009) 2, pp. 97–104.
- [26] Tazioli, A.: Evaluation of erosion in equipped basins: preliminary results of a comparison between the Gavrilovic model and direct measurements of sediment transport. *Environmental Geology*, 56 (2009) 5, pp. 825–831, <http://dx.doi.org/10.1007/s00254-007-1183-y>
- [27] Zorn, M., Komac, B.: Response of soil erosion to land use change with particular reference to the last 200 years (Julian Alps, Western Slovenia). *Revista de Geomorfologie*, 11 (2009), pp. 39–47.
- [28] Zorn, M., Komac, B., Gabrovec, M.: Influence of land use changes on erosion in the Slovenian Alps. In: *Proceedings of the IGU-LUCC Central Europe Conference, Man in the Landscape Across Frontiers*, pp. 221–234, 2007.
- [29] Soliamani, K.S., Modallaldoust, S.M.: The effect of land suitability to reduce erosion risks, using GIS (case study, Boushehr Province, Iran). *Journal of Applied Sciences*, 8 (2008) 8, pp. 1495–1502.
- [30] Tangestani, M.H.: Comparison of EPM and PSIAC models in GIS for erosion and sediment yield assessment in a semi-arid environment: Afzar catchment, Fars Province, Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27 (5), pp. 585–597, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jseaes.2005.06.002>
- [31] Deilami, B.R., Sheikhi, M.L.A., Al-Saffar, M.R.A., Barati, V.: Estimation of erosion and sedimentation in Karoon Basin using EPM with in geographic information system. *Engineering science and technology: An International Journal*, 2 (2012) 5, pp. 2250–3498.
- [32] Gavrilovic, Z., Milojevic, M., Jurisic, S.: Rain generators – important equipment in the field of erosion science. In: *Proceeding of 1st Serbian Forestry Congress: Future with Forests*, pp. 916–929, 2013.
- [33] Kouhpeima, A., Hashemi, S.A.A., Feiznia, S. A study on the efficiency of erosion potential model (EPM) using reservoir sediments. *Elixir Pollution*, 38 (2011), pp. 4135–4139.
- [34] Ghazavi, R., Vali, A., Maghami, Y., Abdi, J., Sharafi, S.: Comparison of EPM, MPSIAC and PESIAC models for estimating sediment and erosion by using GIS (case study: Ghaleh – Ghaph Catchment, Golestan Province). *Geography and Development*, 10 (2012) 27, pp. 30–32.
- [35] Barmaki, M., Pazira, E., Hedayat, N.: Investigation of relationships among the environmental factors and water erosion changes using EPM model and GIS. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3 (2012) 5, pp. 945–949.
- [36] Barmaki, M., Pazira, E., Esmali, A.: Relationships among environmental factors influencing soil erosion using GIS. *Eurasian Journal of Soil Science*, 1 (2012), pp. 40–44.
- [37] Sadoddin, A., Sheikh, V., Mostafazade, R., Halili, M.G.: Multiple-criteria decision making for integrated watershed management in the Raman watershed Golestan, Iran. In: *Proceedings of International Congress on Environmental Modelling and Software Integrating Sciences and Information Technology for Environmental Assessment and Decision Making, 4th Biennial Meeting of iEMs*, pp. 662–669, 2008.
- [38] Konstadinov, S., Zlatic, M., Dragovic, N., Todosijevic, M.: Unknown soil erosion and the possibility of its control in the watershed of the water reservoir "Prvonek". In: *Proceedings of the 15th International Congress of ISCO 18–23*, <http://tucson.ars.ag.gov/isco/isco15/GL.html>. Accessed 10 June 2015, 2008.
- [39] Ristic, R., Konstadinov, S., Radic, B., Trivan, G., Nikic, Z.: Torrential floods in Serbia – man made and natural hazards. In: *Conference Proceedings of 12th Congress INTERPRAEVENT*, pp. 771–779, 2012.
- [40] Amiri, F., Shariff, A.R.B.M., Tabatabaie, T.: Monitoring land suitability for mixed livestock grazing using Geographic Information System (GIS), Application of Geographic Information Systems, *IntTech*, pp. 241–266, 2012, <http://dx.doi.org/10.5772/47939>
- [41] Abadi, L.Z., Ahmadi, H.: Comparison of EPM and geomorphology methods for erosion and sediment yield assessment in Kasilian Watershed, Mazandaran Province, Iran. *DESERT*, 16 (2011), pp. 103–109.
- [42] Ghobadi, Y., Pirasteh, S., Pradhan, B., Ahmad, N.B., Shafri, H.Z.B.M., Sayyad, Gh.A., Kabiri, K.: Determine of correlation coefficient between EPM and MPSIAC models and generation of erosion maps by GIS techniques in Baghmalek watershed, Khuzestan, Iran. In: *Proceedings of the 5th Symposium on Advances in Science and Technology SAStech, Mashhad, Iran*. pp 1–12, 2011.
- [43] Ristic, R., Radic, B., Vasiljevic, N., Nikic, Z.: Land use change for flood protection- a prospective study for the restoration of the river Jelasnica watershed. *Bulletin of the Faculty of Forestry, Serbia*, 103 (2011), pp. 115–130.

- [44] Bemporad, G.A., Alterach, J., Amighetti, F.F., Peviani, M., Saccardo, I.: A distributed approach for sediment yield evaluation in Alpine regions. *Journal of Hydrology*, 197 (1997) 1–4, pp. 370–392, <http://dx.doi.org/10.5772/47939>
- [45] Ristic, R., Radic, B., Nikic, Z., Trivan, G., Vasiljević, N., Dragičević, S., Živković, N., Radosavljević, Z.: Erosion control and protection from torrential floods in Serbia-spatial aspects. *Spatium International Review*, 25 (2011) pp. 1–6, <http://dx.doi.org/10.2298/SPAT1125001R>
- [46] Sekularac, G., Djuric, M., Stojiljkovic, D., Milic, V., Kulina, M., Jaksic, T.: Soil erosion of Rujevac small basin (west Serbia) In: *Proceedings of the Third International scientific Symposium "Agroszm Jahorina 2012"*, Jahorina, Bosina and Herzegovina, pp. 441–444, 2012.
- [47] Sekularac, G., Stojiljkovic, D., Jelic, M.: Combined effect of soil erosion agents within a small catchment. In: *Proceedings of 46th Croatian and 6th International Szmposium on Agriculture, Opatia, Croatia*, pp. 161–164, 2011.
- [48] Lakicevic, M., Srdjevic, B.: Soil erosion in hilly-mountainous region of south Serbia. In: *Proceedings of COST FO0603: Modelling Forest Ecoszstems concepts, Data and Application, Vienna*, pp. 75–78, 2011.
- [49] Tomic, R., Dragicevic, S., Zlatic, M., Todosijevec, M., Kostadinov, S.: The impact of socio-demographic changes on land use and soil erosion (case study: Ukrina River catchment). *Geographical Reviews*, 46 (2012), pp. 69–78.
- [50] Milovanovic, I., Cotric, J., Stefanovic, M.: Analysis of the impact of applied antierosion works on reducing siltation in the reservoir "Celije". *Forum Geografic S.C.G.P.M.*, pp. 849–855., 2011.
- [51] Dragicevic, S., Novkovic, I., Carevic, I., Zivkovic, N.: Geohazard assessment in the Eastern Serbia. *Forum Geografic*, 10 (2011) 1, pp. 10–19.
- [52] Petraš, J., Holjević, D., Patrčević, V.: Mjerenje produkcije erozijskog nanosa na istraživačkom poligonu "Abrami" u Istri. In: *Book of Proceeding of Hidrološka mjerenja i obrada podataka, Croatia*, pp. 191–206, 2008.
- [53] Gavrilović, Z., Stefanović, M., Brajković, M., Isaković, D.: Identifikacija erozionih područja. *Upravljanje vodnim resursima Srbije*, 1 (2001), pp. 191–208.
- [54] Spalevic, V., Mahoney, W., Djurovic, N., Üzen, N., Curovic, M.: Calculation of soil erosion intensity and maximum outflow from the Rovacki River Basin, Montenegro, Podgorica. *Agriculture & Forestry*, 58 (2012) 3, pp. 7–21.
- [55] Spalevic, V., Djurovic, N., Mijovic, S., Vukelic-Sutoska, M., Curovic, M.: Soil erosion intensity and runoff on the Djuricka River Basin (north of Montenegro). *Malaysian Journal of Soil Science*, 17 (2013), pp. 49–68.
- [56] Spalevic, V., Šimunić, I., Vukelić-Šutoska, M., Üzen, N., Čurović, M.: Prediction of the soil erosion intensity from the River Basin Navotinski, Polimlje (northeast Montenegro). *Agriculture & Forestry*, 59 (2013) 2, pp. 9–20.
- [57] Spalević, V., Nyssen, J., Curovic, M., Lenaerts, T., Kerckhof, A., Annys, K., Van Den Branden, J., Frankl, A.: The impact of land use on soil erosion in the River Basin Boljanska Rijeka in Montenegro. In: *Proceedings of the IV International Symposium Agrosym 2013*, pp. 54–63., 2013.
- [58] Dragičević, N., Whyatt, D., Davies, G., Karleuša, B., Ožanić, N.: Erosion model sensitivity to Land cover inputs: case study of the Dubračina catchment, Croatia. In: *Proceedings of the GIS Research UK 22nd Annual Conference GISRUk 2014, Glasgow*. pp 340 –348, 2014.
- [59] Ballio, F., Brambilla, D., Giorgetti, E., Longoni, L., Papini, M., Radice, A.: Evaluation of sediment yield from valley slopes: a case study. In: *Proceedings of the conference of the Monitoring, Simulation, Prevention and Remediation of Dense and Debris Flows III, Milano, Italy*, 67 (2010), pp. 149–160.
- [60] Globevnik, L., Sovinc, A., Fazarinc, R.: Land degradation and environmental changes in the Slovenian submediterranean (The Dragonja River Catchment). *Geoökodynamik XIX* (1998), pp. 281–291.
- [61] Thieken, A.H., Lücke, A., Diekkrüger, B., Richter, O.: Scaling input data by GIS for hydrological modelling. *Hydrological Processes*, 13 (1999) 4, pp. 611–630, [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(199903\)13:4<611::AID-HYP758>3.0.CO;2-6](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(199903)13:4<611::AID-HYP758>3.0.CO;2-6)
- [62] Vogt, J.V., Colombo, R., Bertolo, F.: Deriving drainage networks and catchment boundaries: a new methodology combining digital elevation data and environmental characteristics. *Geomorphology*, 53 (2003) 3–4, pp. 281–298, [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00319-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00319-7)
- [63] EC (European Commision), 2000 EC (European Commision), Directive of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy 2000/60/EC.