

PRIMENA GIS-A U ANALIZI INTENZITETA EROZIJE U SLIVU REKE MLAVE

Vladimir Ćuric¹, msr Uroš Durlević², Marina Marković³, Nikola Ćorović³

¹student osnovnih studija, Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Studenski trg 3/III, 11000, Beograd, Srbija, e-mail: vlado.curic@yahoo.com

²doktorand, Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Studenski trg 3/III, 11000, Beograd, Srbija, e-mail: durlevicuros@gmail.com

³student master studija, Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Studenski trg 3/III, 11000, Beograd, Srbija, e-mail: marina97ktz@gmail.com; corovic.nikola.nc@gmail.com

Apstrakt: U ovom radu analizirano je stanje intenziteta erozije u slivu reke Mlave, desne pritoke Dunava. Za određivanje koeficijenta, odnosno intenziteta erozije (Z) korišćen je metod Gavrilovića u kombinaciji sa indeksom ogoličenosti zemljišta (BSI), upotrebom multispektralnih satelitskih snimaka i geografskih informacionih sistema. Kao konačan produkt obrade geoprostornih podataka dobijena je sintezna karta intenziteta erozije u slivu Mlave. Površina sliva je 1843.28 km², a srednji koeficijent erozije iznosi 0.34. Cilj rada jeste prikaz intenziteta erozije u slivu Mlave, a rezultati dobijeni primenom geografskih informacionih sistema (GIS) mogu se upotrebiti za adekvatnije upravljanje vodnim i zemljišnim resursima, zaštitu životne sredine i održivo planiranje šumskih područja.

Glavne reči: sliv Mlave, koeficijent erozije, metod Gavrilovića, GIS

GIS APPLICATION IN AN ANALYSIS OF EROSION INTENSITY IN THE MLAVA RIVER BASIN

Abstract: This research was focused on analyzing the state of erosion intensity in the Mlava River basin, right tributary of the Danube. The Gavrilovic method was used in order to determinate the coefficient of the intensity of erosion (Z), in a combination with the bare-soil index (BSI), by the multispectral satellite imagery and geographic information systems. As a final product of geospatial data processing, a synthesis map of erosion intensity in the Mlava basin was obtained. The surface of basin area amounts 1843.28 km², while the mean erosion coefficient amounts 0.34. The main aim of this research was to indicate the intensity of erosion in the Mlava basin, while the research results obtained through the application of geographic information systems (GIS) could be used for improving the management of water and land resources, environmental protection and sustainable planning of forest areas.

Key words: Mlava River Basin, erosion coefficient, Gavrilović method, GIS

UVOD

Erozija zemljišta predstavlja globalni problem degradacije zemljišta koji uzrokuje značajne ekološke i socio-ekonomske probleme (Gomes de Souza et al., 2018; Durlević et al., 2019). Glavna posledica degradacije zemljišta je značajno smanjenje njegove produktivnosti, a to indirektno utiče na broj poljoprivrednog stanovništva u toj oblasti (Alam, 2014). Erozijska zemljišta predstavlja jedan od

najznačajnijih oblika degradacije zemljišta u Republici Srbiji. Približno 86% njene teritorije ima potencijal za pojavu erozije zemljišta različitog intenziteta. Jačim kategorijama erozije zahvaćeno je više od 35% teritorije Srbije južno od Save i Dunava (Dragičević et al., 2011; Kostadinov et al., 2018).

Kako bi se poboljšalo upravljanje procesom erozije zemljišta i pomoglo donosiocima odluka za preduzimanje odgovarajućih mera sanacije i strategije ublažavanja posledica, prvi korak je praćenje i procena stanja. Time bi se dobile adekvatne i pouzdane informacije o eroziji zemljišta u uslovima sadašnje klime i korišćenja zemljišta (Yin et al., 2018). Razvojem različitih softvera, u zavisnosti od veličine baze podataka i dostupnosti satelitskih snimaka, moguće je kabinetskim radom pomoću GIS softverskih paketa odrediti intenzitet erozije i ukupnu produkciju nanosa, a zatim terenskim istraživanjima proveriti dobijene rezultate.

Mlava je jedna od većih desnih pritoka Dunava u Srbiji, koja je naseljima kroz koje protiče često pravila velike probleme usled velikog proticaja reke i poplava koje su se događale u prošlosti i nanosile veliku štetu lokalnom stanovništvu. Tokom leta 2018. godine deogodila se poplava okolnih naselja u opštini Petrovac na Mlavi.

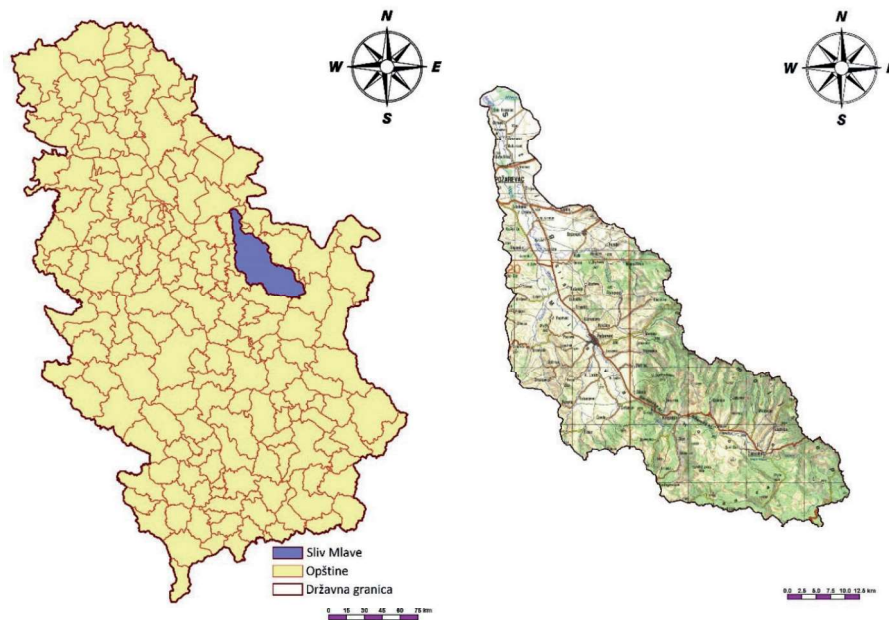
MATERIJALI I METODE

Prostor istraživanja

Sliv Mlave nalazi se u severozapadnom delu istočne Srbije i zahvata površinu od 1843,24 km². Reka Mlava je jedna od najvećih reka u istočnoj Srbiji i desna je pritoka Dunava. Izvire iz Žagubičkog vrela koje predstavlja potopljenu vrtaču. Dolina Mlave ima obeležja kompozitne doline. Prvo teče kroz prostranu Žagubičku kotlinu, čije se dno povremeno plavi. Zatim ulazi u Ribarsku klisuru i manje Krepoljinsko proširenje. Nizvodo je Gornjačka klisura gde se Mlava probija kroz 7 dolinskih meandara. Nizvodno od Gornjačke klisure, Mlava protiče kroz plodni Stig, gde prima svoju najveću pritoku Vitovnicu. Pored Vitovnice, veće pritoke Mlave su: Velika Tisnica, Jošanička, Osanička i Krupajska reka. Ranije se Mlava ulivala u Mali Dunav. Međutim, kako je taj rukavac pregrađen, onda je kroz sredinu ade prokopan kanal tako da mlava danas utiče u glavni levi rukav Dunava kod sela Dubovac na banatskoj strani (Павловић, 2018). Dužina Mlave iznosi 141,5 km, a dužina svih vodotoka u slivu 2043,86 km.

Najistočnija tačka sliva nalazi na Homoljskim planinama (Crni Vrh) 21° 50' I. G. D. Najzapadnija tačka sliva Mlave se nalazi na 21° 10' I. G. D. na Dunavu. Najsevernija tačka sliva nalazi na Dunavu na 44° 48' S. G. Š. Najjužnija tačka sliva Mlave nalazi se na Beljanici - V. Tresta, na 44° 05' S. G. Š.

Idući od severa ka jugu, sliv Mlave obuhvata sledeće opštine: Požarevac, Veliko Gradište, Malo Crniće, Petrovac, delove opština Kučevo i Žabari, delove Despotovca i Svilajinca, opštinu Žagubicu kao i zapadni deo opštine Bor. Najveći deo teritorije sliva pripada Braničevskom okrugu, ali zahvata i delove Pomoravskog i Borskog okruga.



Slike 1 i 2: Geografski položaj sliva Mlave

METODOLOGIJA

U novije vreme postoje brojne metodologije i modeli za kartiranje erozije zemljišta i razvoj karata erozije. Empirijski modeli su više fokusirani na modelovanje transporta erozije i sedimenata na nivou sliva (Lovrić & Tošić, 2018). Informacije o izvorima prinosa sedimenata unutar sliva mogu se koristiti kao perspektive o stopi erozije zemljišta koja se javlja unutar tog slivnog područja (de Vente et al., 2006). Metod Gavrilovića pripada grupi regionalnih metoda, i u svetskoj literaturi okarakterisan je kao polu-kvantitativni metod (de Vente et al., 2005). Kvantitativne vrednosti koeficijenta erozije upotrebljene su za izdvajanje intenziteta erozije u klase ili kategorije (Tošić i ostali, 2012).

Koeficijent erozije (Z) računa se na osnovu formule (Gavrilović, 1972):

$$Z = Y \cdot X \cdot (\varphi + \sqrt{I}), \text{ gde je}$$

Z - koeficijent erozije; Y - koeficijent otpornosti zemljišta na eroziju; X - koeficijent zaštićenosti zemljišta od atmosferilija i erozije; φ - koeficijent vida erozije; I - srednji pad površine za koju se izračunava koeficijent erozije.

Koeficijent otpornosti zemljišta na eroziju (Y) dobijen je analizom osnovnih geoloških karata SFRJ za prostor sliva Mlave, u razmeri 1:100.000. U zavisnosti od stepena otpora geološke podloge, koeficijent je klasifikovan 0.1 – 1, pri čemu najmanji koeficijent imaju najotpornije stene (krečnjak, dolomit). Najveći koeficijent pripada rastresitom zemljištu koje je najpodložnije eroziji (Durlević et al., 2019).

Koeficijent zaštićenosti zemljišta od atmosferilija i erozije (X) dobijen je obradom i analizom geoprostorne baze podataka o načinu korišćenja zemljišta (Corine Land Cover), izdate od Evropske agencije za zaštitu životne sredine [EEA]. U opsegu 0.1 – 1, najveći koeficijent dodeljuje se površinama bez vegetacije gde dominiraju mnogi vidovi erozije. Šume dobrog sklopa zbog izuzetno

razvijenog korenovog sistema apsorbuju veliku količinu padavina, koja bi na manje otpornim terenima izazvala spiranje i odnošenje materijala (Durlević et al., 2019).

Koeficijent vida erozije (ϕ) određen je pomoću indeksa ogoličenosti zemljišta (BSI). Za potrebe dobijanja pomenutog indeksa, korišćeni su multispektralni satelitski snimci LANDSAT 8 satelita, koji pripada Geološkom topografskom institutu SAD-a (USGS). Tehnika daljinske detekcije ima neuporedive prednosti i potencijal u radu regionalne procene erozije tla (El Haj El Tahir i ostali, 2010). Ovim indeksom (BSI) olakšano je računanje koeficijenta erozije. Indeks ogoličenosti zemljišta dobija se formulom:

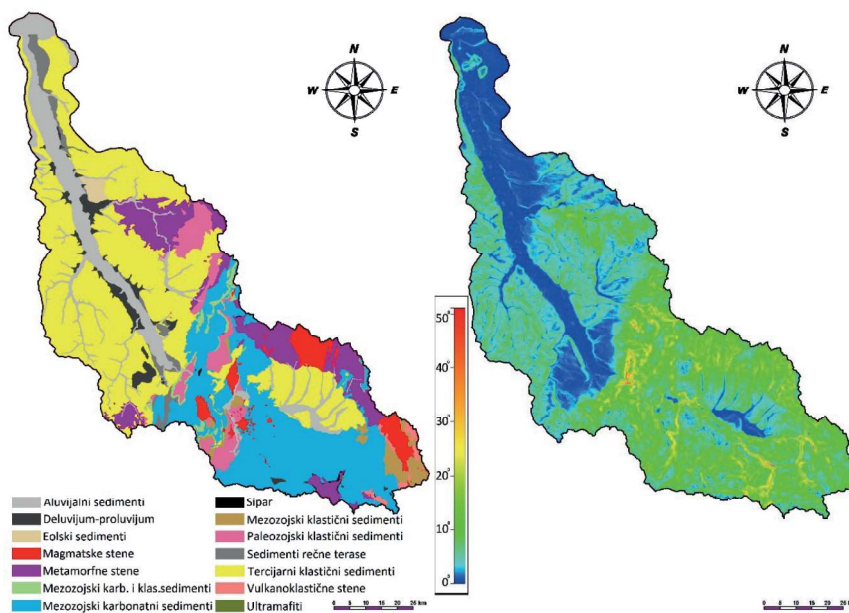
$$BSI = \frac{(B6+B4) - (B5+B2)}{(B6+B4) + (B5+B2)} + 1,$$

gde je B6 – kratkotalasni infracrveni spektralni kanal (SWIR 1), B4 – crveni spektralni kanal, B5 – bliski infracrveni spektralni kanal (NIR), B2 – plavi spektralni kanal.

Srednji pad površine (nagib terena) \sqrt{I} , dobijen je iz stometarskog digitalnog modela visine (DEM) u vidu procenata izraženog u decimalnim zapisima. Sa povećanjem nagiba terena, smanjuje se stabilnost padina, raste intenzitet erozije, veća je verovatnoća pojave bujičnih poplava (Novković, 2016).

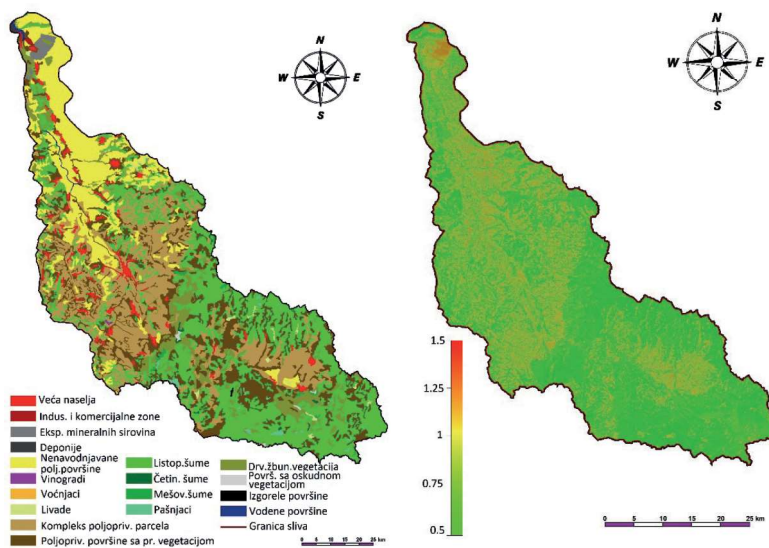
REZULTATI I DISKUSIJA

Na teritoriji sliva Mlave geološka podloga je izuzetno heterogena. U donjem toku reke najzastupljeniji su tercijarni klastični sedimenti koji su veoma podložni eroziji. U gornjem toku Mlave veliku površinu zauzimaju mezozojski karbonatni sedimenti, koji su takođe dosta podložni eroziji. Magmatske i metamorfne stene zastupljene su samo u određenim delovima sliva.



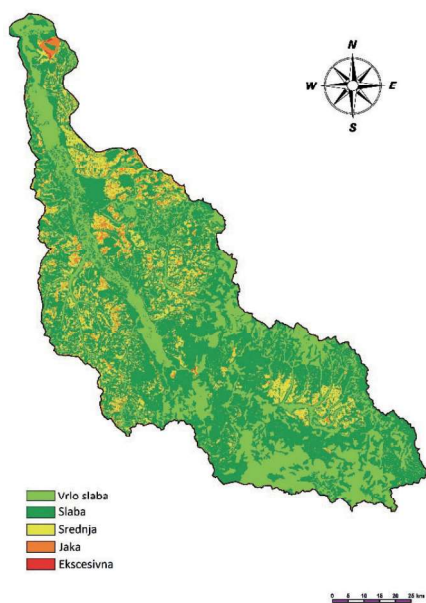
Slike 3 i 4: Geološka karta i karta nagiba terena u slivu Mlave

Stepen inklinacije terena je u donjem toku nizak. Teren je u severnom delu sliva relativno ravan. U gornjem toku, odnosno južnom delu sliva nagib terena varira od izuzetno ravnog do izuzetno strmog. Tereni koji su na velikim nagibima umnogome pospešuju dejstvo erozije.



Slike 5 i 6: Karte namene zemljišta i stepena ogolićenosti terena

Način korišćenja zemljišta u slivu Mlave je izuzetno različit. U donjem toku reke najviše su zastupljene nenavodnjavane poljoprivredne površine. Ono što utiče na smanjenje intenziteta erozije su šume, kojih ima u gornjem toku reke, odnosno južnom delu sliva. Tereni najpodložniji eroziji su poljoprivredne parcele čiji je pedološki sloj već izmenjen i kao takvi su izuzetno podložni denudaciji. Po pitanju stepena ogolićenosti terena, najviše degradiran teren zastupljen je u severnom delu sliva, gde se vrši eksploatacija mineralnih sirovina. Sve poljoprivredne parcele takođe imaju veći stepen ogolićenosti od šuma, pašnjaka i livada. Sintezom ovih prirodnih uslova, dobijena je karta podložnosti sliva erozijom.



Slika 7: Karta podložnosti terena erozijom

Na slici 7 može se videti da sliv Mlave nije toliko ugrožen ekscisivnom i jakom erozijom, ali je u određenim delovima prisutna srednja erozija. Srednji koeficijent erozije iznosi 0.34, odnosno pripada II kategoriji erozije, što govori da erozija zemljišta ne predstavlja problem u najvećem delu sliva Mlave. Na mestima gde se javlja srednja erozija, potrebno je sprovesti anti-erozivne mere, kako se stanje ne bi pogoršalo, a erozija ubrzala.

Tabela 1: Tip erozije i udeo u površini

Tip erozije	Površina (km ²)	Udeo u površini (%)
Vrlo slaba	528.71	28.68
Slaba	988.16	53.61
Srednja	286.02	15.52
Jaka	39.78	2.16
Ekscesivna	0.57	0.03
Ukupno	1843.24	100

Jaka (2.16%) i veoma mali procenat ekscisivne erozije (0.03%) javljaju se uglavnom u severnom delu sliva, gde su zastupljene poljoprivredne parcele, poljoprivredne površine sa prirodnom vegetacijom, nenavodnjavane površine i veća naselja. Erozija je izraženija na terciarnim klastičnim sedimentima.

ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih podataka može se zaključiti da je stanje intenziteta erozije u slivu Mlave zadovoljavajuće. Analizom prirodnih uslova (geologija, nagib terena, namena zemljišta) i satelitskih snimaka, ustanovljeno je da na 1843.24 km² površine sliva dominira slaba erozija (988.16 km²), a u značajnom procentu je zastupljena i vrlo slaba erozija (528.71 km²).

Pojačan intenzitet javlja se na manjoj površini u severnom delu sliva, gde je prisutna eksploatacija mineralnih sirovina. Ovakav vid antropogene aktivnosti, zajedno sa poljoprivrednim parcelama najviše utiče na povećan stepen intenziteta erozije.

Na mestima gde je zastupljena ekscesivna, jaka i srednja erozija potrebno je izvršiti adekvatne antierozivne mere. Pošumljavanje terena predstavlja veoma efikasnu meru u smanjenju intenziteta erozije, uz pravilan odabir vrsta. Za kvalitetnije upravljanje životnom sredinom potrebno je konstantno ažurirati bazu podataka redovnim merenjima određenih parametara. Time bi uvid u stanje životne sredine bio značajno precizniji i efikasniji u ublažavanju i sprečavanju prirodnih nepogoda.

LITERATURA

- [1] Alam, A. (2014). Soil Degradation: A Challenge to Sustainable Agriculture. *International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences*, 1 (4), 52.
- [2] de Vente, J., Poesen, J. & Verstraeten, G. (2005). The application of semiquantitative methods and reservoir sedimentation rates for the prediction of basin sediment yield in Spain. *Journal of Hydrology*, 305, (1-4), 63-86.
- [3] de Vente, J., Poesen, J., Bazzoffi, P., Van Rompaey, A. & Verstraeten, G. (2006). Predicting catchment sediment yield in Mediterranean environments: the importance of sediment sources and connectivity in Italian drainage basins. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31, 8, 1017-1034.
- [4] Dragičević, S., Filipović, D., Kostadinov, S., Ristić, R., Novković, I., Živković, N., Anđelković, G., Abolmasov, B., Šećerov, V., Đurđić, S. (2011). Natural hazard assessment for land-use planning in Serbia. *Int. J. Environ. Res.*, 5 (2), 71–380.
- [5] Durlević, U., Momčilović, A., Ćurić, V. & Dragojević, M. (2019). Gis application in analysis of erosion intensity in the Vlasina river basin. *Bulletin of the Serbian geographical society*, 99 (2), 17-36.
- [6] El Haj El Tahir, M., Kääh, A., & Xu, C. Y. (2010). Identification and mapping of soil erosion areas in the Blue Nile, Eastern Sudan using multispectral ASTER and MODIS satellite data and the SRTM elevation model Hydrol. *Earth Syst. Sci.*, 14, 1167–1178.
- [7] Gavrilović, S. (1972). Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji. *Izgradnja, specijalno izdanje*, 1-292.
- [8] Gomes de Souza, F., Ferreira Melo, V., Farias Araújo, W. & Henrique de Castro Araújo, T. (2018). Losses of soil, water, organic carbon and nutrients caused by water erosion in different crops and natural savannah in the northern Amazon. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 40, (1), 1-5.
- [9] Kostadinov, S., Braunović, S., Dragičević, S., Zlatić, M., Dragović, N. & Rakonjac, N. (2018). Effects of erosion control works: Case study - Grdelica Gorge, the South Morava River (Serbia). *Water*, 10, 1-18.

- [10] Lovrić, E. & Tošić, R. (2018). Assessment of soil erosion and sediment yield using erosion potential method: Case study – Vrbas river basin (B&H). *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 98 (1), 4.
- [11] Novković, D. I. (2016). Prirodni uslovi kao determinante geohazarda na primeru slivova Ljiga, Jošaničke i Vranjskobanjske reke. Doktorska disertacija, 56. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet.
- [12] Павловић, М. (2018). Географија Србије 1. Београд: Универзитет у Београду, Географски факултет.
- [13] Tošić, R., Dragičević, S. & Lovrić N. (2012). Assessment of soil erosion and sediment yield changes using erosion potential model – case study: Republic of Srpska (BiH). *Carpathian journal of earth and environmental sciences*, 7 (4), 147-154.
- [14] Yin, Sh., Zhu, Zh., Wang, L., Liu, B., Xie, Y., Wang, G. & Li, Y. (2018). Regional soil erosion assessment based on a sample survey and geostatistics. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22 ,1695.