

UDK: 632.125:71(497.11)
DOI: 10.5937/LSPUPNXI26327S
Pregledni naučni rad

EROZIJA ZEMLJIŠTA KAO OGRANIČAVAJUĆI FAKTOR U PLANIRANJU PROSTORA GRADA JAGODINE

**Tanja Srejić¹, Sanja Manojlović¹,
Nemanja Josifov¹, Ivana Carević¹**

Apstrakt: Zemljišni resursi predstavljaju ključni faktor opstanka živog sveta, s obzirom na to da obezbeđuju približno 99% svetskih rezervi hrane. Međutim, nedostatak održivog planiranja u korišćenju poljoprivrednog zemljišta, konzervativne prakse upravljanja, nedovoljna informisanost i neadekvatni institucionalni okviri doprineli su povećanoj osetljivosti zemljišta na procese erozije i smanjenju njegovog funkcionalnog kapaciteta. Takve promene u prirodnom okruženju mogu predstavljati značajnu prepreku u prostornom planiranju i ostvarivanju ciljeva održivog razvoja na lokalnom nivou. U tom kontekstu, utvrđivanje stepena ugroženosti, identifikacija prostornih obrazaca erozije zemljišta i analiza uzroka na nivou različitih prostornih jedinica predstavljaju važan osnov za unapređenje planerskih odluka i efikasnije delovanje lokalne samouprave. Glavni cilj ove studije je kvantifikacija procesa erozije zemljišta na teritoriji Grada Jagodina, primenom Metoda potencijala erozije (Metod Gavrilović S.). Osnovni prostorni nivo istraživanja predstavlja ruralno naselje, definisano skupom relevantnih geografskih faktora (koeficijent erozije Z, srednja nadmorska visina, ugao nagiba, udeo neogenih sedimenata, udeo šumskog pokrivača, promene poljoprivrednih i oraničnih površina). Ovakvo holističko razumevanje prostora i veći nivo detaljnosti olakšava donošenje ciljanih i specifičnih strategija upravljanja zemljištem.

Ključne reči: intenzitet erozije zemljišta, Metod potencijala erozije, ruralna naselja, Grad Jagodina, održivo upravljanje zemljištem

SOIL EROSION AS A LIMITING FACTOR IN SPATIAL PLANNING OF THE CITY OF JAGODINA

Abstract: Land resources represent a key factor for the survival of the living world, given that soil provides approximately 99% of global food reserves. However, the lack of sustainable planning in the use of agricultural land, conservative management practices, insufficient awareness, and inadequate institutional frameworks have contributed to increased soil vulnerability to erosion processes and a significant reduction in its functional capacity. Such changes in the natural environment may pose a serious constraint to spatial planning and the achievement of sustainable development goals at the local level. In this

¹ Univerzitet u Beogradu – Geografski fakultet, Studentski trg 3/3, Beograd,
tanja.srejac@gef.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0002-7798-4808
sanja.manojlovic@gef.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0003-2224-5183
nemanja.josifov@gef.bg.ac.rs, ORCID: 0009-0007-9148-2664
ivana.carevic@gef.bg.ac.rs, ORCID: 0000-0002-7754-4941

context, the assessment of vulnerability levels, the identification of spatial patterns of soil erosion, and the analysis of erosion drivers across different spatial units constitute an important basis for improving planning decisions and enhancing the effectiveness of local government actions. The main objective of this study is to quantify soil erosion within the territory of the City of Jagodina using the Erosion Potential Method (Gavrilović Method). The basic spatial unit of the analysis is the rural settlement, defined by a set of relevant geographical factors (the erosion coefficient Z , mean elevation, slope gradient, proportion of Neogene sediments, forest cover share, and changes in agricultural and arable land areas). This holistic understanding of space and the higher level of spatial detail facilitate the formulation of targeted and site-specific land management strategies.

Keywords: soil erosion intensity, Erosion Potential Method, rural settlements, City of Jagodina, sustainable land management

UVOD

Od pojave poljoprivrede, erozija zemljišta predstavlja jedan od najozbiljnijih problema očuvanja zemljišnih resursa (Lal, 2015; Amundson et al., 2015). Još početkom devedesetih godina XX veka procenjeno je da je oko 56% zemljišta na svim kontinentima, u različitim klimatskim uslovima, degradirano i izloženo teškim oblicima erozije zemljišta (Oldeman, 1994). Prema najnovijem izveštaju FAO, 1,7 milijardi ljudi živi u oblastima sa smanjenim prinosima useva izazvanih degradacijom zemljišta. Među najugroženijim su azijske zemlje, kako zbog velike gustine naseljenosti, tako i zbog takozvanog akumuliranog „duga degradacije“. Ključni uzroci degradacije zemljišta su prouzrokovani ljudskim aktivnostima tj. krčenjem šuma, prekomernom ispašom i neodrživim praksama navodnjavanja. Ovi nalazi potvrđuju da degradacija zemljišta ozbiljno ugrožava poljoprivrednu produktivnost, bezbednost hrane i ruralne izvore prihoda (FAO, 2025). Takve promene u prirodnom okruženju mogu predstavljati značajnu prepreku u prostornom planiranju i ostvarivanju ciljeva održivog razvoja na lokalnom nivou. U tom kontekstu, glavni cilj ove studije je kvantifikacija procesa erozije zemljišta i determinacija uticaja geografskih faktora na teritoriji Grada Jagodina. Utvrđivanje stepena ugroženosti, identifikacija prostornih obrazaca erozije zemljišta i analiza uzroka na nivou različitih prostornih jedinica predstavljaju važan preduslov za unapređenje planerskih odluka i efikasnije delovanje lokalne samouprave. Kako bi se preciznije identifikovale prostorne razlike erozije zemljišta za osnovnu prostornu jedinicu je izabrano ruralno naselje.

Grad Jagodina (470 km²) je centar Pomoravske oblasti. Nalazi se između grada Kragujevac na zapadu, opštine Čuprija na istoku, opština Rekovac, Varvarin i Paraćin na jugu. Severnu granicu čine opštine Batočina, Svilajnac i Despotovac. Najveći deo površine Jagodine se nalazi na levoj obali Velike Morave, ispred ulaza Velike Morave u Bagrdansku klisuru. Osnovne morfološke celine su planina Juhor (773 m) i doline Belice i Lugomira, leve pritoke Velike Morave. Ruralni prostor Grada Jagodina obuhvata 52 ruralna naselja, u kojima živi 29.752 stanovnika. Populaciono i funkcionalno središte je Jagodina (34892 stanovnika) (<https://geocensus.stat.gov.rs>).

METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA I IZVORI PODATAKA

Za identifikaciju prostornih obrazaca intenziteta erozije zemljišta na teritoriji Grada Jagodina je korišćen Metod potencijala erozije (MPE) – Metod Gavrilović S. (Gavrilović S., 1972). Osnovni parametar ove kvantifikacije je koeficijent erozije Z :

$$Z = Y \cdot X \cdot (\varphi + \sqrt{I}) \quad (1)$$

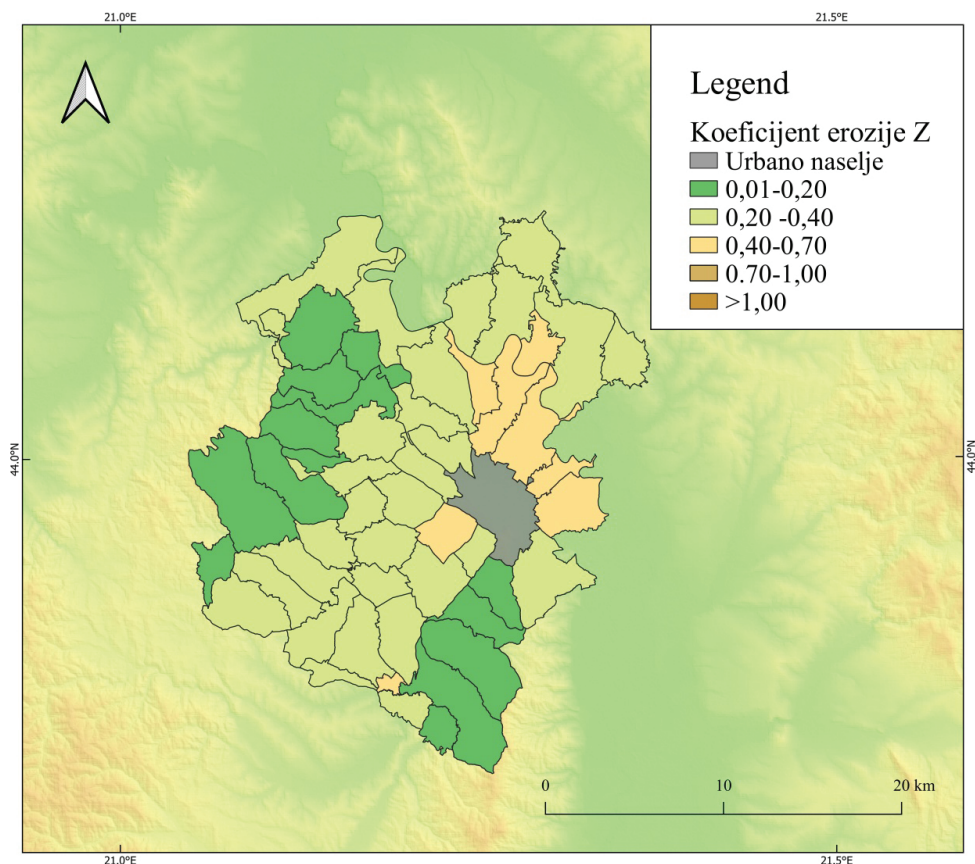
Gde je Y - koeficijent otpora zemljišta; X - koeficijent zaštite zemljišta; φ - koeficijent tipa i obima erozije i I - ugao nagiba.

Metod potencijala erozije (MPE) je semikvantitativni metod jer koristi bodovni pristup za tri deskriptivne varijable: Y , X i φ (Gavrilović S., 1972). Ipak, primena savremenih metoda daljinske detekcije i dobra integracija sa GIS alatima (Dominici et al., 2020) omogućila je prevazilaženje ranije uočenih nedostataka modela. To je uticalo na značajno smanjenje subjektivnosti u proceni ovih parametara (Polovina et al., 2024; Durlević et al., 2025; Stefanidis et al., 2025). Podaci za Y koeficijent su dobijeni generalizacijom litološkog sadržaja sa Opšte geološke karte 1:300 000. Za kvantifikaciju koeficijenta X korišćena je baza načina korišćenja zemljišta iz ESRI ArcGIS Living Atlas-a za 2024. godinu (ESRI, 2024). Podaci o vidu erozije (φ) su dobijeni analizom multispektralnih snimaka sa satelita Sentinel-2, izračunavanjem BSI indeksa (Bare Soil Index) (Polovina et al., 2024). Za izračunavanje nagiba terena (I) korišćeni su podaci dobijeni iz 30-m digitalnog modela visina iznad Evrope (EU-DEM) (European Space Agency, 2024).

Osnovni prostorni nivo istraživanja predstavlja ruralno naselje, definisano skupom relevantnih geografskih faktora: koeficijent erozije (Z), srednja nadmorska visina (H_{sr}), ugao nagiba (I), udeo neogenih sedimenata (NSA), udeo šumskog pokrivača ($\check{S}$), promene poljoprivrednih (Index Pp) i oraničnih površina (Index Op). Agrarni indikatori su izračunati na osnovu podataka Republičkog zavoda za statistiku iz 1961. (<https://www.stat.gov.rs/>) i 2022. godine (<https://geocensus.stat.gov.rs>). Pirsonov koeficijent korelacije (r) je korišćen za kvantifikaciju stepena zavisnosti između jačine erozivnog procesa (koeficijenta erozije Z) i odabranih geografskih indikatora. Rezultati ove analize su pokazali statistički značajnu vezu između odabranih indikatora ($\alpha < 0,05$).

PROSTORNA DISTRIBUCIJA INTENZITETA EROZIJE ZEMLJIŠTA

Prostorna distribucija intenziteta erozije zemljišta je obuhvatila analizu jačine erozivnog procesa (koeficijent erozije Z). Prosečan koeficijent erozije u Jagodini je $Z=0,297$. Prostorna distribucija koeficijenta erozije Z (Karta 1) je pokazala da je kategorija vrlo slabe erozije ($Z=0,01-0,20$) prisutna u 27% ruralnih naselja (14 naselja). Naselja ove kategorije erozije imaju periferan položaj i locirana su na padinama Juhora i Crnog vrha. Kategorija slabe erozije ($Z=0,21-0,40$) je prisutna u 30 naselja, što čini blizu 58% ukupnog broja ruralnih naselja Grada Jagodina. Kategorija srednje erozije ($Z=0,41-0,70$) obuhvata 15% ukupnog broja ruralnih naselja (8 ruralnih naselja). Ova naselja imaju centralni položaj i deo su periurbanog pojasa Jagodine. Najveći koeficijent erozije je u naselju Končarevo ($Z=0,648$). Kategorija jake i ekscesivne erozije nije prisutna ni u jednom naselju.



Karta 1. Prostorna distribucija jačine erozivnog procesa (koeficijent erozije Z) na teritoriji Grada Jagodina

GEOGRAFSKE DETERMINANTE INTENZITETA EROZIJE ZEMLJIŠTA

U cilju determinacije geografskih indikatora koji najviše utiču na proces erozije zemljišta u ruralnom prostoru Grada Jagodina, izračunat je Pirsonov koeficijent korelacije između jačine erozivnog procesa (koeficijent erozije Z) i izabranih indikatora pojedinačno. Rezultati pokazuju visoku korelaciju između indikatora na nivou signifikantnosti od $\alpha < 0,0001$.

Jačina erozivnog procesa ima visoku negativnu korelaciju sa morfometrijskim indikatorima, uglom nagiba I_{sr} ($r = -0,891$) i nadmorskom visinom H_{sr} ($r = -0,787$). Šumski pokrivač pokazuje visoku negativnu korelaciju sa koeficijentom erozije ($r = -0,826$). Takođe, visoka pozitivna korelacija šumskog pokrivača sa nadmorskom visinom ($r = 0,729$) i uglom nagiba ($r = 0,884$) potvrđuje da viši delovi teritorije Grada Jagodina nisu ugroženi erozijom zemljišta. To znači da veći udeo šumskog pokrivača uslovljava niže vrednosti intenziteta erozije zemljišta. Veoma jaka negativna veza $NSA=f(H_{sr})$, $NSA = f(I)$ pokazuje da je

litološki kompleks neogenih sedimenata lociran na manjim nadmorskim visinama i terenima sa manjim uglom nagiba. Istovremeno, veće vrednosti erozije zemljišta su isključivo determinisane stenskim kompleksom neogenih sedimenata NSA ($r = 0,826$). Kvantifikacija uticaja agrarnih indikatora je pokazala da veći uticaj na intenzitet erozije zemljišta ima indeks deagrarizacije na poljoprivrednim površinama ($r = 0,723$). Nešto manji stepen kvantitativne povezanosti postoji kod indeksa deagrarizacije na oraničnim površinama ($r = 0,639$). Veoma jaka međusobna povezanost agrarnih indikatora implicira da se sa procesom deagrarizacije na poljoprivrednim površinama istovremeno odvija proces deagrarizacije na oraničnim površinama, pošto je ($r = 0,963$) za $\text{Index Op} = f(\text{Index Pp})$.

ZAKLJUČAK

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da prirodni uslovi i dalje imaju važnu ulogu u određivanju obrazaca korišćenja zemljišta i obrazaca erozije zemljišta. Ipak, sve izraženiji uticaj imaju i socio-ekonomski faktori, naročito demografski trendovi, migracije stanovništva i održivost poljoprivredne proizvodnje. Ova međuzavisnost prirodnih i društveno-ekonomskih procesa naglašava značaj prostornog planiranja kao instrumenta i mehanizma za usklađivanje zaštite životne sredine i ciljeva ruralnog razvoja. U tom kontekstu, neophodno je razvijati integrisane i teritorijalno prilagođene planske i razvojne politike koje će doprineti očuvanju zemljišnih resursa i racionalnom korišćenju prostora. Dobijeni rezultati mogu biti posebno korisni u procesu izrade i unapređenja planskih dokumenata, jer doprinose formulisanju održivih mera upravljanja zemljištem i pružaju pouzdanu osnovu za definisanje ciljanih i regionalno diferenciranih strategija upravljanja prostorom.

ZAHVALNICA

Rad je rezultat istraživanja finansiranog od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, po Ugovoru o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada broj 451-03-33/2026-03/200091

LITERATURA

- Amundson, R., Berhe, A. A., Hopmans, J.W., Olson, C., Sztein, A.E., Sparks, D.L. (2015). Soil and human security in the 21st century. *Science*, 348, 1261071. <https://doi.org/10.1126/science.1261071>
- Dominici, R., Larosa, S., Viscomi, A., Mao, L., De Rosa, R., & Cianflone, G. (2020). Yield Erosion Sediment (YES): A PyQGIS plug-in for the sediments production calculation based on the erosion potential method. *Geosciences*, 10(8), 324. <https://doi.org/10.3390/geosciences10080324>
- Durlević, U., Srejić, T., Valjarević, A., Aleksova, B., Dedanski, V., Vujović, F., & Lukić, T. (2025). GIS-based spatial modeling of soil erosion and wildfire susceptibility using VIIRS and Sentinel-2 data: A case study of Šar Mountains National Park, Serbia. *Forests*, 16, 484. <https://doi.org/10.3390/f16030484>
- ESRI. (2024). *Sentinel-2 Land Cover Explorer*. ArcGIS Living Atlas of the World. <https://livingatlas.arcgis.com/landcoverexplorer/> (Pristupljeno: 2. marta 2026)
- European Space Agency. (2024). *Copernicus Global Digital Elevation Model*. Distributed by OpenTopography. <https://doi.org/10.5069/G9028PQB> (Pristupljeno: 2. marta 2026)
- FAO (2025). *The State of Food and Agriculture 2025*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Erozija zemljišta kao ograničavajući faktor u planiranju prostora grada Jagodine

Gavrilović, S. (1972). *Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji* [Engineering of torrents and erosion]. J. Constr. (Special Issue), 1–292. (In Serbian)

Lal, R. (2015). Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. *Sustainability*, 7, 5875–5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>

Oldeman, L. R. (1994). The global extent of soil degradation. In D. J. Greenland & I. Szabolcs (Eds.), *Soil resilience and sustainable land use: Proceedings of a symposium held in Budapest, 28 September–2 October 1992, including the Second Workshop on the Ecological Foundations of Sustainable Agriculture (WEFSA II)* (pp. 99–118). CAB International.

Polovina, S., Radić, B., Ristić, R., & Milčanović, V. (2024). Application of Remote Sensing for Identifying Soil Erosion Processes on a Regional Scale: An Innovative Approach to Enhance the Erosion Potential Model. *Remote Sensing*, 16(13), 2390. <https://doi.org/10.3390/rs16132390>

Popis poljoprivrede (1961). Dostupno na: <https://www.stat.gov.rs/> (Pristupljeno: 21. Marta 2020)

Popis stanovništva, domaćinstva i stanova (2022). Dostupno na: <https://geocensus.stat.gov.rs/?popis=PS22&jezik=2> (Pristupljeno: 18. februara 2026)

Stefanidis, S. P., Proutsos, N. D., Tigkas, D., & Chatzichristaki, C. (2025). Erosion-based classification of mountainous watersheds in Greece: A geospatial approach. *Sustainability*, 17, 8710. <https://doi.org/10.3390/su17198710>