

ПРОСТОРНО-ВРЕМЕНСКА АНАЛИЗА ЕРОЗИОНИХ ПРОЦЕСА У СЛИВУ АКУМУЛАЦИЈЕ ЋЕЛИЈЕ

Ирина Стефановић, Милутин Стефановић, Нада Живановић
Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд
e-mail: irina.stefanovic@jcerni.rs

Апстракт: У раду је извршена анализа стања ерозије земљишта у сливу акумулације „Ћелије“ (река Расина), у периоду од 1968. до 2022. године, кроз три временска пресека. За одређивање интензитета ерозије и продукције и проноса наноса у сливу примењена је метода потенцијала ерозије. Слив реке Расине у непосредној зони акумулације, као и узводно од акумулације, у периоду од 1972-1990. активно је третиран противерозионим грађевинским радовима као мером за заустављање наноса и стабилизацију речних токова. Резултати истраживања ерозионих процеса на подручју слива акумулације „Ћелије“ показују значајан утицај изведених противерозионих радова на смањење интензитета ерозије, продукције и проноса наноса, односно, доспевања наноса у акумулацију. Специфична годишња бруто ерозија износила је $1189,12 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}^{-1}$ 1968. године, док је 2022. године износила $554,20 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}^{-1}$. Специфични транспорт наноса износио је $547,18 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}^{-1}$ 1968. године и $254,93 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}^{-1}$ 2022. године. Због промене интензитета ерозионих процеса специфична годишња бруто ерозија је смањена за $634,92 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}^{-1}$, и специфичног транспорта наноса $292,25 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{год}^{-1}$. Коефицијент ерозије је смањен са $Z=0,62$ на $Z=0,35$. Резултати показују значајну корелацију између интензитета ерозије и спроведених ПЕ радова, дајући основу за будуће управљање сливовима и дефинисање стратегије за контролу ерозије земљишта у сливу акумулације Ћелије.

Кључне речи: ерозија, нанос, противерозиони радови

SPATIAL-TEMPORAL ANALYSIS OF EROSION PROCESSES IN THE WATERSHED OF THE ĆELIJE RESERVOIR

Abstract: This paper analyzes the soil erosion status in the watershed of the “Ćelije” reservoir (Rasina River) over the period from 1968 to 2022, through three temporal cross-sections. The method of erosion potential was applied to determine the intensity of erosion and the production and transport of sediment in the watershed.

The Rasina River watershed, both in the immediate vicinity of the reservoir and upstream of it, was actively treated with anti-erosion engineering works from 1972 to 1990, as a measure to stop sedimentation and stabilize river courses.

The results of the erosion process research in the “Ćelije” reservoir watershed show a significant impact of the implemented anti-erosion works on the reduction of erosion intensity, sediment production, and transport, that is, the influx of sediment into the reservoir. The specific annual gross erosion was $1189.12 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$ in 1968, while in 2022 it was $554.20 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$. The specific sediment transport was $547.18 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$ in 1968 and $254.93 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$ in 2022. Due to the change in the intensity of erosion processes, specific annual gross erosion was reduced by $634.92 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$, and specific sediment transport by $292.25 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{year}$. The erosion coefficient was reduced from $Z=0.62$ to $Z=0.35$. The results show a significant correlation between erosion intensity and the executed anti-erosion works, providing a basis for future watershed management and the development of an erosion control strategy for the Ćelije reservoir watershed.

Keywords: erosion, sediment, anti-erosion works

УВОД

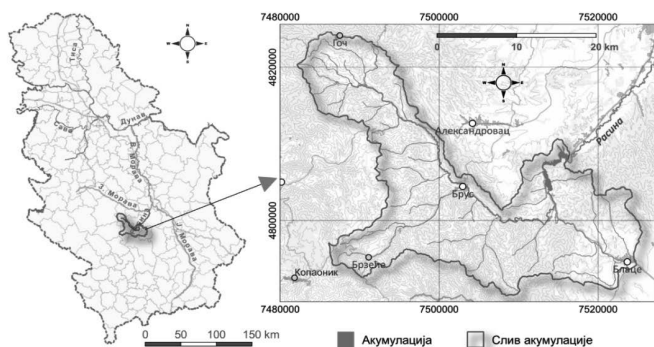
Ерозија земљишта је главни узрочник засипања акумулација наносом, што значи да и сам процес засипања зависи од бројних природних и антропогених чинилаца. Финални производ ерозије земљишта је нанос. Доспевањем наноса у акумулацију смањује се њена корисна запремина што није једини негативан ефекат. На тај начин у акумулацију доспевају и хемијски и биолошки загађивачи, што значајно утиче на квалитет воде. Треба имати у виду и финансијски аспект с обзиром да се у изградњу брана и акумулација улажу значајна средства. Угроженост акумулације наносом зависи од величине сливног подручја и интензитета ерозије (Kostadinov et al., 2008). Одрживо управљање акумулацијама је могуће једино уз управљање наносом, а један од начина је смањење ерозионе продукције на сливу, уз редукцију транспорта наноса у хидрографској мрежи (Morris, 2020). Процена ерозије земљишта и транспорта наноса у сливовима, у различитим временским и просторним скалама, у циљу заштите земљишта, као и водопривредних објеката попут брана је императив (Zeghmar et al., 2022; Efthimiou et al., 2016).

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Подручје истраживања

Акумулација „Ћелије“ се налази у Расинском округу и формирана је изградњом бране на реци Расини, десној притоци Западне Мораве (Слика 1). Представља стратешки део Расинско-поморавског регионалног система водоснабдевања, који обухвата низводни део тока Западне Мораве и узводни део тока Велике Мораве и Западноморавски регионални систем коришћења, уређења и заштите речних вода.

Акумулација „Ћелије“ је формирана у периоду од 1972. до 1983. године као део заштитних мера усмерених на спречавање поплава и доспевање наноса у највећу акумулацију у Србији – „Бердап“. Брана је подигнута на граници Златарске клисуре и Расинске котлине на реци Расини и формирано је језеро „Ћелије“, које је добило назив по истоименом селу које лежи на обали данашње акумулације. Првобитна намена акумулације је промењена и започето је њено коришћење за водоснабдевање пијаћом водом. Званично је класификована као извориште воде за пиће, комуналне потребе и привреду, према Закону о коришћењу и заштити изворишта водоснабдевања. Пројектовани период рада је до 2030. године.



Слика 1 Подручје истраживања: слив акумулације Ћелије
Figure 1 Study area: Watershed of the Celije resevoir

Методологија

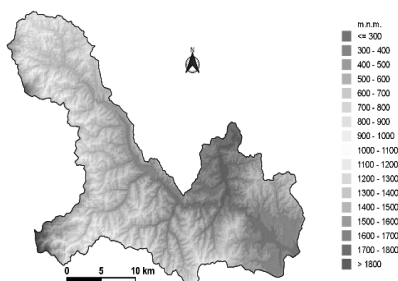
За одређивање интензитета ерозије примењена је метода потенцијала ерозије (Gavrilović, 1972), која је показала висок степен поузданости и дуге време се користи као стандардна метода за картирање ерозије за водопривредне потребе (прорачуни засипања речних токова, каналске мреже и акумулација). До сада је том методом картирана цела територија Србије (за потребе израде Водопривредне основе Србије) и значајни делови бивших југословенских република, као и друге државе у Европи и свету (Blinkov, 2014; Dragičević i sar., 2018, Tošić i sar., 2012; Milanesi et al. et al., 2015; Zegmar et al., 2022; Bezak et al., 2024). Метода је аналитичког типа и процедура израде карте ерозије обухвата обраду бројних подлога и израчунавања нумеричких показатеља. Прилагођена је ГИС окружењу (Zlatanović i sar., 2015). Основна величина којом се том методом класификује интензитет и категорија ерозије је коефицијент ерозије (Z). Параметри за одређивање коефицијента ерозије су топографске карактеристике, геолошке, педолошке, начин коришћења земљишта у сливу и степен угрожености слива ерозијом. Подаци о површинској заступљености ерозије, дефинисане наведеном методом, полазна су основа за прорачун продукције и транспорта наноса са сливног подручја (Gavrilović, 1972). Стање ерозије на подручју слива акумулације „Ћелије” посматрано је у три временска пресека:

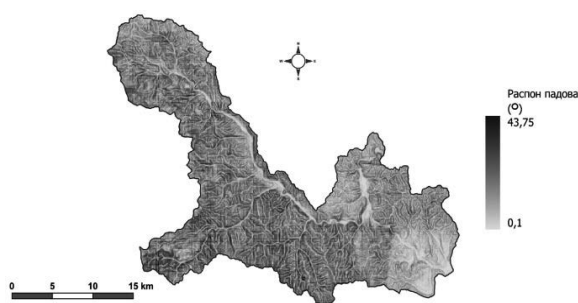
- Нулто стање ерозије - Стање ерозије 1968. године, пре извођења противерозионих радова, на основу расположиве техничке документације (Карта ерозије за слив Западне Мораве)
- За 2009. годину на основу Карте ерозије из Генералног пројекта уређења ерозионих и бујичних подручја у Србији VI фаза
- За 2022. годину, садашње стање.

Карактеристике слива акумулације Ћелије

Река Расина дренира обронке планина Јастребац и Копаоник, које достижу надморску висину 1500 m, односно 1900 m. Површина слива узводно од бране износи 609,15 км². Обим слива је 184,47 км. Дужина тока је 69,95 км а слива 49,39 км. Најнижа кота у сливу је 239 мнм на профилу бране, а највиша 1936 мнм. Просечна надморска висина у сливу је 695 мнм, док је средња висинска разлика 447 м. Средњи пад слива акумулације „Ћелије“ износи 34,65%. Хидрографска мрежа је разграната али неравномерно развијена. Десна страна слива је развијенија, са значајним притокама које су бујичног карактера са брзим надоласком бујичног таласа и дужим сушним периодима.

Анализа висинске поделе подручја слива акумулације Ћелије показује да се између 300 и 500 метара налази 23% површина, 58% површина налази између 500 и 1000 метара надморске висине а 18% је смештено изнад 1000 метара. Испод 300 метара је само 1%. Највиши су западни делови слива, а надморске висине опадају према главном току Расине.





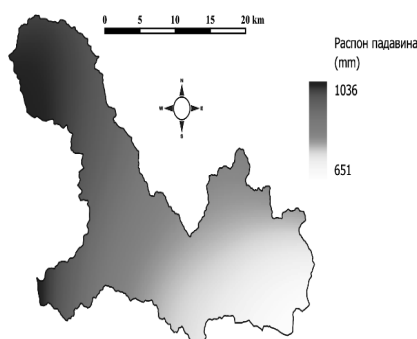
Слика 2 Карта висинске поделе и карта нагиба терена
Figure 2 Hypsometric map and Slope map of the Study area

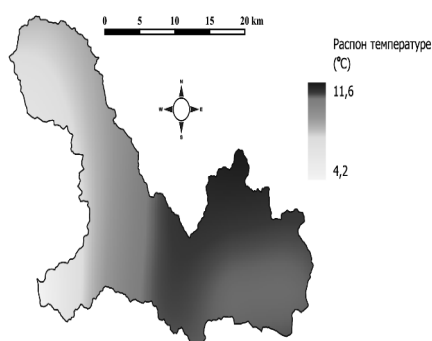
Доминантни су падови терена између 10-25 степени, који покривају 60% површине. Површине са падом под углом већим од 25 степени чине 11% (Слика 2).

У геолошкој грађи слива акумулације Ћелије највише су заступљене следеће геолошке творевине: палеозојски стенски комплекс (кристални шкриљци), мезозојски стенски комплекс (флиш), палеогени стенски комплекс, неогени стенски комплекс и кварталне насlage. Према отпорности на ерозионе процесе стене су разврстане у 4 категорије: веома чврсте стене, условно чврсте стене, условно еродабилне стене и врло еродибилне. Условно чврсте стене су заступљене на 13.75%, условно еродибилне стене 38.27% и врло еродибилне 44.88, што значи да је више од 90% површине је потенцијално угрожено ерозијом.

У сливу доминирају типови земљишта слабије структуре. Најзаступљенији типови земљишта су еутрични камбисол (35 %), затим дистрични камбисол (12,8 %), ранкери еутрични (8,7 %), ранкери дистрични (6,6 %) и сирозем (7,5 %), док су остала земљишта заступљена на мањим површинама.

Низијски део терена слива реке Расине се одликује умерено-континенталном климом, док брдовито-планинско подручје слива има неуједначену надморску висину под утицајем континенталне климе. За потребе одређивања климатских карактеристика подручја слива акумулације Ћелије за период 1990-2022. године, коришћени су подаци са метеоролошких станица Крушевац, Брус, Блаце, Гоч, Копаоник и Јастребац. Просечна годишња количина падавина за све анализиране станице, износи око 850 mm. Средња годишња температура ваздуха за нижи део слива износи 12,4°C. За планински део слива, средња годишња температура је 4,2°C (Слика 3).





Слика 3 Карта просторног распореда падавина и температуре у сливу акумулације „Ћелије“

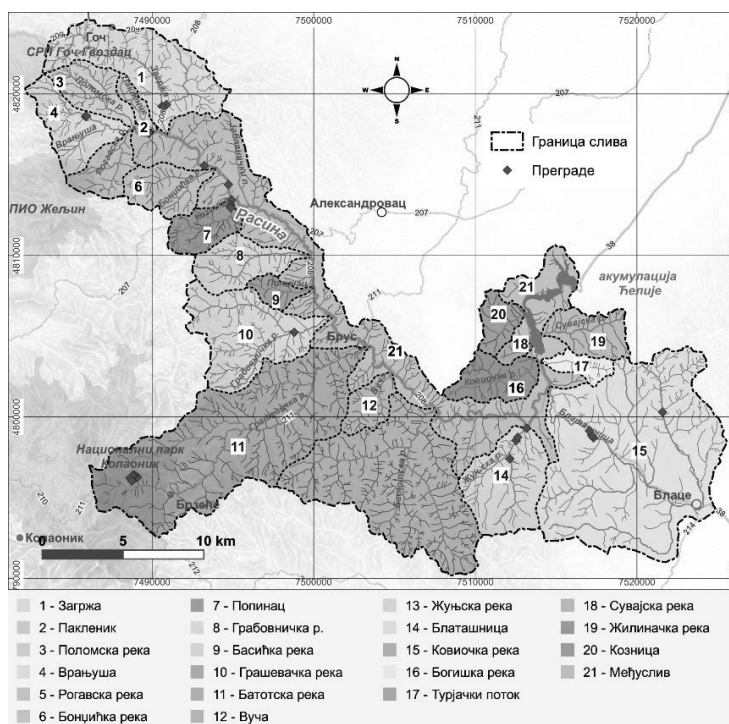
Figure 3 Map of the spatial distribution of precipitation and temperature in the watershed of the Celije resevoir

Антропогени чиниоци ерозије су дефинисани анализом социо-економских истраживања урађених на основу података из пописа становништва 1948-2022. године. Извршена је анализа промене броја становника и домаћинстава за период 1948-2022. године, као и броја становника према старости за 2022. годину за општине, односно, делове општина које припадају подручју истраживања: Крушевац (3 насеља), Брус (32 насеља), Блаце (11 насеља), Александровац (8 насеља) и Врњачка Бања (2 насеља). Анализа броја становника на подручју слива акумулације „Ћелије“ показује тенденцију смањења броја становника од педесетих година прошлог века до данас. Према попису из 2022. у насељима на територији слива број становника је смањен за 41% у односу на 1953. годину. Поред тога старосна структура је неповољна и највећи проценат становништва чине старији од 60 година. Број становника и број домаћинстава током периода 1948-2022. нису усклађени. Све до 2002. године броја домаћинстава је у порасту углавном услед уситњавања газдинстава.

Изведени противерозиони радови у сливу

Слив реке Расине у непосредној зони акумулације, као и узводно од акумулације, активно је третиран противерозионим грађевинским радовима као мером за заустављање наноса и стабилизацију речних токова. Ови радови су пратили период изградње бране, а њихово извођење је настављено и након завршетка изградње бране и пуњења језера. Подаци о изведеним објектима прикупљени су највећим делом директно на терену.

У периоду од 1972. па до 1990. године изграђено је преко тридесет депонијских преграда од бетона или од камена у цементном малтеру (Слика 4).



Слика 4 Карта подсливова са распоредом преграда у сливовима
Figure 4 Sub-basin map map with existing check dams

Када су у питању биолошки радови, према расположивим подацима укупно је пошумљено 4.817,81 хектара, што чини 7,9% укупне површине слива (Табела 1).

Табела 1 Пошумљавање у сливу акумулације „Ћелије“ у периоду 1960-2023.
Table 1 Afforestation works in the watershed of the Celije reservoir

Период	Пошумљавање (ха)	Извор
1960 - 1980	2.500,00	ДВП „Западна Морава“, Краљево
1976	150,00	ДВП „Западна Морава“, Краљево
1985 - 1986	150,00	ДВП „Западна Морава“, Краљево
1980 - 1998	1.221,32	Покрет горана Брус
2000 - 2008	400,00	Покрет горана Брус
2009 - 2020	260,50	Покрета горана Србије
2008-2012	59,26	ШГ Расина
2013-2021	66,40	ШГ Расина
2022	10,33	ШГ Расина
Укупно	4817,81	

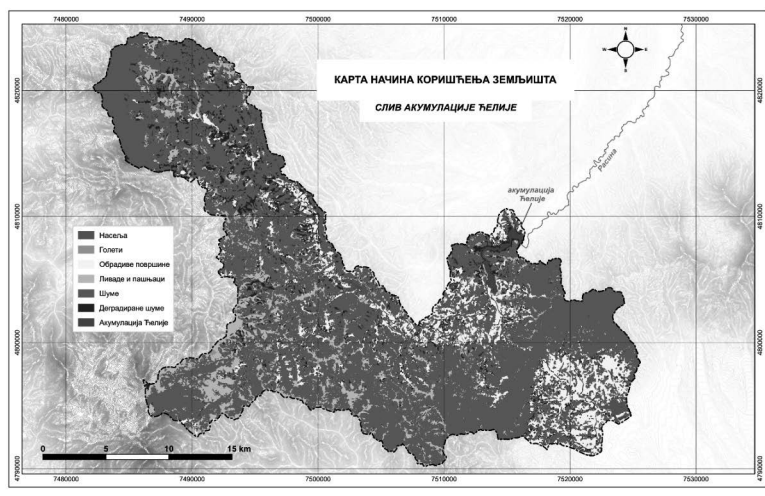
У периоду 1978-1998 организовано је вршена расподела семена трава локалном становништву ради подизања вештачких ливада у циљу спречавања ерозије земљишта. Затрављено је око 4.000 хектара, што представља 6,6% површине слива. После овог периода нема тачних података о затрављивању.

Начин коришћења земљишта

Карта начина коришћења земљишта за 1968. годину је урађена на основу расположивих података и топографске карте 1:25.000, пре изградње бране и формирања акумулације. Издвојено је шест категорија: шуме, деградиране шуме, ливаде и пашњаци, обрадиво земљиште, голет и насеља. Према овој карти шуме су заузимале 33% слива. Ливаде и пашњаци су били заступљени на 27% површина. Обрадиво земљиште се простирало на 19% слива. Површине под деградираном шумом чиниле су скоро 16%. Насеља су чинила нешто више од 4% територије. Голети су заузимале 1% територије.

Структура површина у сливу 2009. године одређена је на основу Карте коришћења земљишта из Генералног пројекта уређења ерозионих и бујичних подручја у Србији – VI фаза (2009). Према овој карти издвојено је 7 целина: шуме, деградиране шуме, ливаде и пашњаци, обрадиво земљиште, воћњаци, голети и насеља. Највећи део територије слива је био под шумом, скоро 51%. Деградиране шуме покривају 5,7%, а ливаде и пашњаци 22,5%. Скоро 15% површина су пољопривредно земљиште, док су насеља на 4,7% територије слива. Голети су заступљене на мање од 1%

Карта коришћења земљишта за 2022. годину урађена је на основу теренских истраживања и доступних сателитских снимака (Слика 5). Према подацима са карте начина коришћења земљишта из 2022. године, 63,1% површине слива је под шумом. Највећим делом су то листопадне шуме (56%) док су четинарске заступљене на 5% површина. Деградиране шуме су на приближно 9%. Пашњаци и ливаде су распрострањени најчешће у брдским и брдско-планинским пределима средњег и горњег дела слива на скоро 11% површине слива. Обрадиво земљиште је на 13,8% и смештено је дуж реке Расине, али и на већим надморским висинама у насељима. Насеља заузимају 2,4%. На 0,3% територије су голети (Табела 2).



Слика 5 Карта начина коришћења земљишта из 2022. године
Figure 5 Land use map from 2022

Табела 2 Начин коришћења земљишта у сливу акумулације „Ђелије”
1968, 2009. и 2022. године
Table 2 Land use in the watershed of the Celije resevoir in 1968, 2009 and 2022

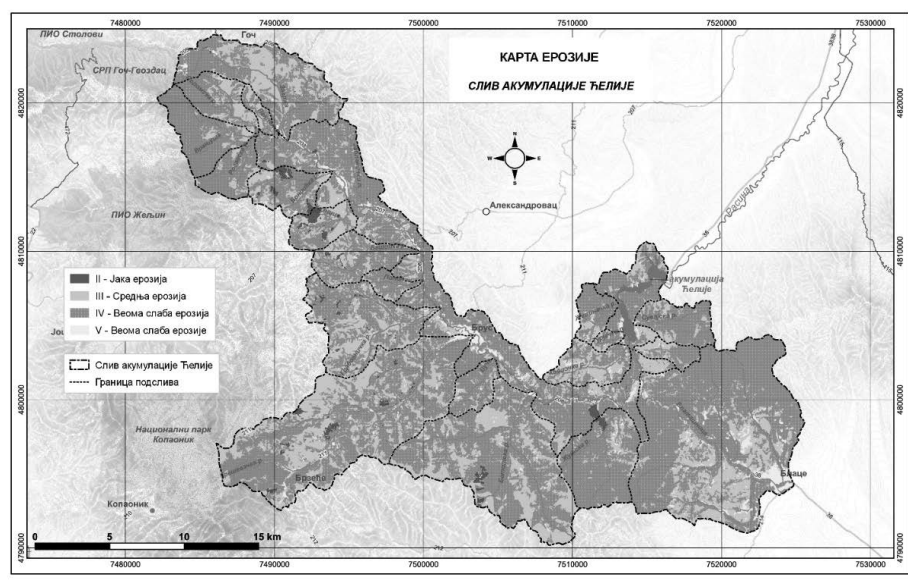
Година	1968		2009		2022	
Начин коришћења	Површина km ²	%	Површина km ²	%	Површина km ²	%
шуме	201,35	33,05	309,59	50,82	384,19	63,07
голети	6,15	1,01	3,58	0,60	1,88	0,31
деградирана шума	97,25	15,96	34,74	5,70	54,55	8,96
ливаде и пашњаци	163,45	26,84	137,08	22,50	66,80	10,97
обрадиво земљиште	115,27	18,92	90,90	14,93	83,96	13,78
насеље	25,68	4,22	28,67	4,70	14,53	2,38
акумулација	-	-	4,59	0,75	3,25	0,53
Укупно	609,15	100	609,15	100	609,15	100

Просторна расподела коефицијента ерозије, специфична годишња продукција и специфични транспорт наноса

Карта ерозије за слив Западне Мораве је урађена 1968 године, пре изградње бране и формирања акумулације Ђелије. Према овој карти, 9% површина у сливу је изузетно угрожено ерозијом. Заступљене су све категорије осим врло слабе ерозије. Јака ерозија обухвата 28,56% површине слива, док су средња и слаба ерозија заступљене на 31,42 односно 31,04% површине слива. Према средњем коефицијенту ерозије од 0,62 подручје слива је било захваћено интензивним ерозионим процесима, што значи да је у интензитет ерозије у сливу у 3. категорији.

На карти ерозије за слив акумулацији „Ђелије“, из 2009. године, површина захваћених процесом екцесивне ерозије нема. Јаком ерозијом је захваћено око 2,7%, док је средња ерозија на нешто мање од 33% површине слива. Слаба ерозија се јавља на приближно 59% површине, а веома слаба ерозија са око 4,5% покрива остали део територије слива. Вредност коефицијента ерозије износи 0,39, што значи да је интензитет ерозије у сливу у границама IV категорије (слаба ерозија).

Према карти ерозије у сливу за 2022. годину процеси екцесивне ерозије нису забележени. Јака ерозија се јавља на 0,5%, а средња ерозија на око 24% територије. Ерозија слабог интензитета се јавља практично на целом сливу, на око 69% површине. Врло слаба ерозија је на 7% површине, а вредност коефицијента ерозије за цео слив износи 0,35 па је интензитет ерозије у сливу у границама IV категорије (Слика 6).



Слика 6 Карта ерозије земљишта из 2022.године

Figure 6 Soil erosion map 2022

Упоредни приказ заступљености различитих категорија ерозије обрађених у различитим периодима дат је у табели 3.

Табела 3 Стање ерозије у сливу акумулације „Ћелије“ 1968, 2009. и 2022. године

Table 3 Erosion status in the watershed of the Celije resevoir in 1968, 2009 and 2022

Година	1968		2009		2022	
Категорија ерозије	Површина km ²	%	Површина km ²	%	Површина km ²	%
I	54,74	8,99	-	-	-	-
II	173,96	28,56	16,29	2,67	3,26	0,54
III	190,81	31,32	199,85	32,81	145,09	23,82
IV	189,64	31,13	360,48	59,18	418,27	68,66
V	-	-	27,94	4,59	42,50	6,98
Укупно	609,15	100	609,15	100	609,15	100
Коефицијент ерозије Z	0,62		0,39		0,35	

Укупна годишња продукција наноса у 1968. години је износила нешто више од 724.000 m³/god, у 2009. години приближно 357.000 m³/god а у 2022. је скоро 338.000. Укупни годишњи пронос наноса у 1968. години је више од 333.000 m³/god, у 2009. години прко 164.000 m³/god, а у 2022. години износи нешто више од 155.000 m³/god (Табела 4).

Табела 4 Продукција и пронос наноса у сливу акумулације „Ђелије“ 1968-2022.
Table 4 Annual gross erosion and sediment transport in the watershed
of the Celije resevoir 1968-2022.

Година	Интензитет ерозије	Категорија	Коеф. ерозије	Спец. годишња продукција наноса	Укупна годишња продукција наноса	Спец. годишњи пронос наноса	Укупни годишњи пронос наноса
				m ³ /km ² god	m ³ /god	m ³ /km ² god	m ³ /god
1968	Средња	III	0,62	1.189,12	724.352,45	547,00	333.202,13
2009	Слаба	IV	0,39	586,00	356.961,90	269,56	164.202,47
2022	Слаба	IV	0,35	554,20	337.590,93	254,93	155.291,83

ДИСКУСИЈА

Поређењем стања ерозије у три временска пресека уочава се смањење интензитета ерозије у сливу акумулације Ђелије. Противерозионим радовима примењеним у сливовима акумулација измењена је структура начина коришћења земљишта, што је резултирало смањењем интензитета ерозије, продукције и транспорта наноса. На подручју слива акумулације „Ђелије“, у периоду истраживања, дошло је до значајних промена у погледу заступљености површина под шумом које сада покривају 63% територије слива. Степен шумовитости је повећан за 47,6%. Дошло је до смањења површина под ораницама, ливадама и пашњацима. Голети су заступљене у незнатном проценту а површине под деградираном шумом смањене за 44%.

Средњи коефицијент ерозије за подручје слива акумулације „Ђелије“ 1968. године је износио 0,62 (средња ерозија на граници са јаком ерозијом), 2009. године 0,39 (слаба ерозија) док је у 2022. години $Zsr=0,35$ (слаба ерозија).

Процеси ексцесивне ерозије 1968. године били су заступљени на скоро 9% територије слива, док 2009. и 2022. године у сливу не постоје површине под овом категоријом. Површине захваћене јаком ерозијом у 1968. години су биле заступљене са скоро 29% површина, док је њихово учешће у 2022. смањено на пола процента. Знатно је повећана површина под слабом ерозијом на рачун смањења површина под јачим категоријама и сада чини скоро 69% територије слива. Процеси средње ерозије су присутни на 24% територије слива.

У периоду истраживања, од 1968. до 2022. године продукција наноса у сливу акумулације „Ђелије“ је 2,15 пута мања. Значајније смањење је у периоду од 1968. до 2009. године, када су изведени противерозиони радови. Након 2009. године радови су извођени у знатно мањем обиму, па је и разлика у продукцији наноса у 2022. години знатно мања.

У периоду између 2009 и 2022. године на подручју неколико сливова изведени противерозиони радови су достигли свој максимални учинак (Козничка река, Жуњска река, Блаташница, Дурјачки поток, Жилиначка река), изостали су нови радови и дошло је до повећања интензитета ерозије због некомплетног система противерозионе заштите.

ЗАКЉУЧАК

Резултати истраживања ерозионих процеса на подручју слива акумулације „Ћелије“ показују значајан утицај изведених противерозионих радова на смањење интензитета ерозије, продукције и проноса наноса, односно, доспевања наноса у акумулацију, на основу поређења стања на подручју истраживања кроз три временска пресека.

Противерозионо уређење условило је промену структуре површина на подручју истраживања, која се огледа у повећању површина под шумом на рачун осталих категорија.

Примењени противерозиони радови утицали су на смањење интензитета ерозије израженог кроз коефицијент ерозије Z . На подручју слива акумулације „Ћелије“ током периода истраживања (1968-2022) стање ерозије је, од средње и скоро јаке ерозије сведено на слабу ерозију. Продукција и пронос наноса су 2 пута мањи на крају периода истраживања. Пројектовани период функционисања је био до 2030. године, али је захваљујући изведеним противерозионим радовима продужен.

На подручју истраживања нису изведени сви предвиђени противерозиони радови и систем противерозионе заштите је непотпун. Стање ерозије у сливу на крају периода истраживања је знатно побољшано, али показује тенденцију ка повећању интензитета ерозионих процеса. Примењени противерозиони радови и мере су достигли максимални заштитни ефекат и сада је неопходно надоградити систем противерозионе заштите. Имајући у виду значај акумулација за водоснабдевање неопходно је наставити са применом противерозионих радова и мера на подручју сливова, не само у циљу смањења количине наноса који доспева у акумулациони простор, него и у циљу спречавања механичког и хемијског загађења које утиче на квалитет воде.

Литература

1. Bezak, N., Borrelli, P., Mikoš, M., Jemec Auflič, M., Panagos, P. (2024): Towards multi-model soil erosion modelling: An evaluation of the erosion potential method (EPM) for global soil erosion assessments, *Catena* 234 2024 107596, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107596>.
2. Blinkov, I. (2014): An approach for conversion of erosion data produced by EPM method in weight measure. In *Challenges: Sustainable Land Management-Climate Change*; Zlatic, M., Kostadinov, S., Eds.; Advance in Geoecology, Catena Verlag: Reiskirchen, Germany; Volume 43, pp. 109-119, ISBN 978-3-923381-61-6.
3. Gavrilović, S. (1972): Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji, *Časopis „Izgradnja“*, Specijalno izdanje, str. 1–292.
4. Gocić, M., Dragičević, S., Radivojević, A., Martić Bursać, N., Stričević, L., Đorđević, M. (2020): Changes in Soil Erosion Intensity Caused by Land Use and Demographic Changes in the Jablanica River Basin, *Serbia Agriculture* 2020, 10, 345. <https://doi.org/10.3390/agriculture10080345>.
5. Dragičević, N., Karleuša, B., Ozanić, N. (2018): Modification of Erosion Potential Method Using Climate and Land Cover Parameters, *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 2018, Vol 9, No. 1, pp. 1085-1105 <https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1496483>.
6. Efthimiou, N.; Lykoudi, E.; Panagoulia, D.; Karavitis, C. (2016): Assessment of soil susceptibility to erosion using the EPM and RUSLE Models: The case of Venetikos River Catchment. *Glob. NEST J.* 2016, 18, 164–179.
7. Zlatanović N., Drobnjak A., Milovanović I., Puzović R. (2015): Application of open

- source GIS algorithms for erosion mapping, YUinfo conference, 21th Conference and Exhibition, 08.-11.03.2015., Kopaonik, Proceeding ISBN 978-86-85525-15-5, pp. 131-134.
8. Zeghmar, A., Marouf, N., Mokhtari, E. (2022): Assessment of soil erosion using the GIS-based erosion potential method in the Kebir Rhumel Watershed, Northeast Algeria, *Journal of Water and Land Development* 2022, No. 52 (I-III) pp. 133-144 <https://doi.org/10.24425/jwld.2022.140383>.
 9. Kostadinov, S., Zlatić, M., Dragičević, S., Novković, I., Košanin, O., Borisavljević, A., Lakićević, M., Mladjan D. (2014): Anthropogenic influence on erosion intensity changes in the Rasina river watershed – central Serbia, *Fresenius Environmental Bulletin* 23(1): 1-10.
 10. Kostadinov, S., Milovanović I., Dragovic, N., Todosijevic M. (2010): Soil erosion in the drainage basin of the river Rasina upstream of the reservoir Celije, *International Scientific Conference Forest Ecosystems and climate changes*, Belgrade, 2010, *Proceedings Volume 1*, ISBN 978-86-80439-22-8, p 237-242.
 11. Kostadinov, S. (2008): *Bujični tokovi i erozija* (ISBN: 978-86-7229-147-5). Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet, str. 505.
 12. Milanese, L., Pilotti, M., Clerici, S., Gavrilovic, Z. (2015): Application of an improved version of the Erosion Potential Method in Alpine areas, *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, June 2015, <https://doi.org/10.4408/IJEGE.2015-01.O-02>.
 13. Milovanović, I., Čotrić, J., Stefanović, M. (2011): 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.
 14. Morris, G.L. (2020): Classification of Management Alternatives to Combat Reservoir Sedimentation *Water* 2020, 12, 861. <https://doi.org/10.3390/w12030861>
 15. Републички хидрометеоролошки завод Србије, 2022: PXM3 Србије, Метеоролошки годишњаци, Кнеза Вишеслава 66, Београд, https://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_godisnjaci.php
 16. Републички завод за статистику – Књиге пописа (2022): Демографска статистика у Републици Србији, Београд, <https://popis2022.stat.gov.rs/sr-Latn>
 17. Стефановић, И. (2024): Ефекти противерозионих радова у сливном подручју акумулација Ћелије и Селова, докторска дисертација, Шумарски факултет Универзитет у Београду.
 18. 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 J. Earth Environ. Sci.* 2012, 7, pp. 147-154.