

РЕСТАУРАЦИЈА СЛИВА ЛУКАЧЕВЕ ДОЛИНЕ ПРИМЕНОМ ПРОТИВЕРОЗИОНИХ РАДОВА

др Јасмина Радоњић

ЈВП „Србијаводе“, ВПЦ „Морава“ Ниш, Трг Краља Александра Ујединитеља, бр.2, 18000 Ниш; E-mail: jasmina.radonjic@srbijavode.rs

Извод

Процена ефеката досадашње противерозионе праксе користи се за развој унапређених метода, најпогоднијих за фрагилне екосистеме брдско-планинских подручја (CTSW-RT-03-049, 2003; Kammerbauer, 1999), уз поштовање захтева заштите животне средине и очувања аутентичног пејзажног амбијента (Chanson, 2004). Један од првих сливова на којем су извршени радови рестаурације јесте бујица Лукачева Долина. Основни параметри за приказ промена ефеката примењених рестаурационих мера на противерозионом уређењу су стање ерозије, промена коефицијента ерозије, годишња продукција наноса, специфични годишњи пронос наноса кроз хидрографску мрежу, вредност броја криве отицаја као и вредност максималног протицаја. Радови на заштити од ерозије и уређењу бујица утицали су на смањење вредности коефицијента ерозије са $Z=1.124$ на $Z=0.238$, као и на редуковање вредности максималног протицаја са $Q_{\max(1955)}=51.68 \text{ m}^3/\text{s}$ на вредност до $Q_{\max(2016)}=23.88 \text{ m}^3/\text{s}$.

Кључне речи: рестаурација, коришћење земљишта, противеро-зиони радови, максимални протицај

Restoration of Lukacheva Dolina watershed by erosion control works

Abstract

The assessment of the effects of erosion control works is used to develop advanced methods best suited to fragile ecosystems of mountainous areas (CTSW-RT-03-049, 2003; Kammerbauer, 1999), while respecting environmental requirements and preserving an authentic landscape environment (Chanson, 2004). One of the first catchments where restoration work was carried out is the Lukčeva Dolina basin. The basic parameters for demonstrating changes in the effects of the applied erosion protection restoration measures are the state of erosion, the change in the erosion coefficient, the annual production of the deposit, the specific annual transmission of the deposit through the hydrographic network, the value of the number of the runoff curve and the value of the maximum flow. Works on erosion protection and streamflow management reduced the value of erosion coefficient from $Z = 1.124$ to $Z = 0.238$, as well as reduced maximum flow rate from $Q_{\max(1955)} = 51.68 \text{ m}^3/\text{s}$ to $Q_{\max(2016)} = 23.88 \text{ m}^3/\text{s}$.

Keywords: restoration, land use, erosion control, maximal discharges

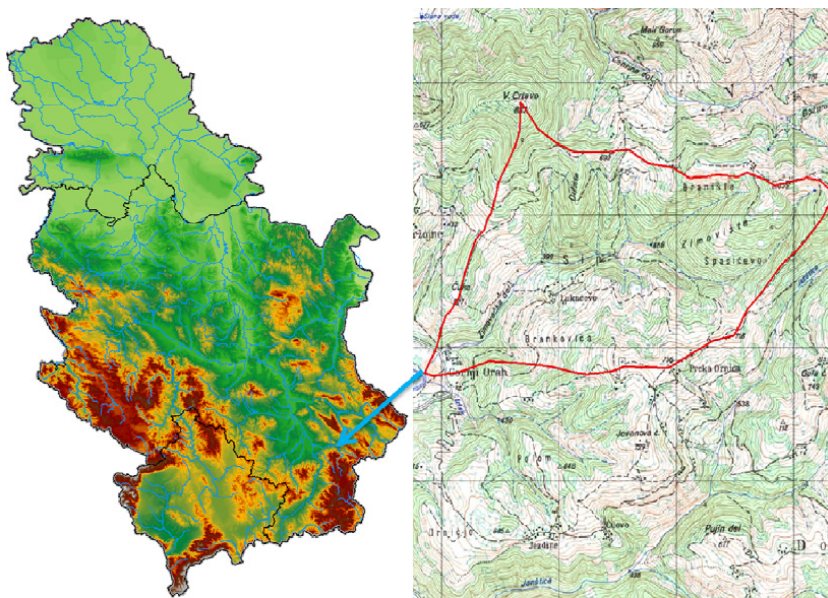
УВОД

Заштита од бујичних поплава и деструктивних ерозионих процеса се заснива на интегралном уређењу простора, „ризичних“ сливова, што обухвата највише делове слива, падине, речна или поточна корита, као и приобаље. Тежиште је на примени биолошких противерозионих радова (пошумљавање голети; попуњавање деградираних шума; мелиорације деградираних ливада и пашњака), чиме се побољшава интерцепција, умањује ефекат „бомбардовања“ површине земљишта кишним капима, и стварају услови за побољшање инфилтрационо-ретенционог капацитета земљишта, јер систем „земљиште-вегетација“ представља најмоћније средство за контролу ерозије (Cummings, 2003). У одређеној мери, нужна је примена биотехничких (санација јаруга системима плетера и рустикалних преграда, са садњом назаплавима; израда контурних зидића на падинама, са садњом одговарајућих жбунастих и дрвенастих врста; формирање илофилтарских појасева са ободним каналима) и техничких мера (системи депонијско-консолидационих преграда за задржавање наноса и стабилизацију падина; израда регулација бујичних токова; формирање микро-акумулација и ретензија за задржавање дела запремине поплавног таласа и вученог наноса). Истовремено, примењују се одређене агротехничке мере и системи агрошумарства, са циљем да се подржи локална економска активност, у условима одрживог коришћења простора, са аспекта превенције ерозије и бујичних поплава. Локално становништво се усмерава, да кроз обавезујуће мере и одређене забране, уграђене у планске документе, користи шумске и пољопривредне површине на одржив начин, без иницирања деструктивних ерозионих процеса. Применом наведених мера значајно сједукују ефекти изазвани хидролошким екстремима, као што су интензивне падавине, нагло отапање снега или коинциденција ових појава.

Један од првих сливова који је третиран противерозионим радовима, био је слив бујице Лукачева Долина, 1955. године. Слив Лукачеве Долине истражен је у целости, а између осталог, издвојено је 27 посебних целина унутар који су изведени пројектовани противерозиони радови. Акценат је био на извођењу биолошких и биотехничких радова на сливу, послечега је следила примена техничких мера, у складу са одговарајућом пројектном документацијом.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

Основни параметри за приказ примењених рестаурационих мера су стање ерозије, вредност коефицијента ерозије, годишња продукција ерозионог материјала, специфичан годишњи пронос наноса, број криве отицаја као и вредност максималног протицаја. Лукачева Долина је десна притока реке Власине, у коју се улива код места званог Горњи Орах, на 5 km узводно од Свођа, непосредно низводно од места укрштања са путем Лесковац-Црна Трава. Анализирани су сви параметри од значаја за сагледавање стања слива: хидролошке, педолошке и геолошке карактеристике; структура површина (начин коришћења простора); изведени противерозиони радови (Радоњић, 2018). Промене начина коришћења простора су анализиране на основу постојеће техничке документације и релевантних података за период 1955-2016, теренских истражних радова, анализе сателитских и орто-фото снимака. Начин коришћења простора је представљен применом CORINE методологије (ЕЕА, 1994). Продукција ерозионог материјала и пронос наноса су утврђени на основу Метода Потенцијала ерозије-МПА (Гавриловић, 1972).



Слика 1 Положај слива Лукачеве Долине

Figure 1 Location of the Lukačeva Dolina basin

Промене хидролошких услова су сагледане на основу упоређивања вредности максималног протицаја из периода пре примене противерозионих радова (1955) и после извођења противерозионих радова на сливу Лукачеве Долине (2016). Прорачун максималног протицаја извршен је применом *комбинованог поступка* (Ристић, 2011). Прорачун максималног протицаја обављен је уз примену регионалних зависности: времена кашњења слива (Ристић, 2003); унутар дневне расподеле падавина (Јанковић, 1994); класификације хидролошких класа земљишта (Ђоровић, 1984).

Циљ истраживања јесте приказ промена које су уследилена сливу бујичног водотока, након рестаурацијеслива, кроз побољшање хидролошких услова на сливу.

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Слив Лукачеве Долине налази се између $42^{\circ}08' - 43^{\circ}11'$ северне географске ширине и $22^{\circ}18' - 22^{\circ}19'$ источне географске дужине. Слив је назван према насељу Лукачева Махала, а простире се у атарима села Горњи Орах, Пржојне, Алексине, Лукачево и Врело. Слив се одликује купираним брдско-планинским тереном и веома узаним долинама.

На основу Основне геолошке карте СФРЈ, размере $P=1:100000$, листови Власотинце К34-45, дефинисане су геолошке катактеристике. На сливу Лукачеве Долине, као доминантна геолошка подлога, јављају се седиментне стене (44.26%), док се метаморфне (28.36%) и магматске стене (28.38%) јављају у скоро једнакој размери.

Табела 1 Основне физичко-географске карактеристике слива Лукачеве Долине*Table 1* Main physical characteristics of Lukačeva Dolina basin

Параметар	Ознака	Јединица	Вредност
Површина слива	F	km ²	4.08
Обим слива	O	O	9.27
Кота врха слива	Kv	mnm	813
Кота ушћа слива	Ku	mnm	330
Средња надморска висина	Hsr	mnm	590
Дужина главног тока	L	km	4.19
Уравнати пад тока	Iu	%	7.79
Средњи падслива	Isr	%	45.77
Густина хидрографске мреже	G	km/km ²	3.897

На основу Педолошке карте (Институт заземљиште)слива Јужне Мораве, Р=1:50000, утврђена је заступљеност типова земљишта на сливу Лукачеве Долине. Педолошки покривач, пре извођења противерозионих радова био је условљен постојећом оскудном вегетацијом и процесима ерозије. На сливној површини било је заступљено неколико типова земљишта, међу којима се на првом месту издваја еродирана гајњача, затим „сиво-шумско“ земљиште (ГПУ-Лукачева Долина, 1955) и на осталим деловима слива агенетично земљиште. У свим земљиштима је регистровано високо учешће скелета до 30%, док је код скелетних и скелетоидних заступљеност и до 50%. Анализом педолошких карактеристика за потребе приказа садашњег стања на сливу Лукачеве Долине, издвојена су 3 типа земљишта: еутрични камбисол, флувисол и ранкер. На сливу је доминантно заступљено хумусно-акумулативно земљиште (25.58%) затим, литосол на пешчару, флишу и рожнацима (30.71%), литосол на шкриљцима игнајсу (30.23%), флувисол (6.51%) и гајњача (6.97%).

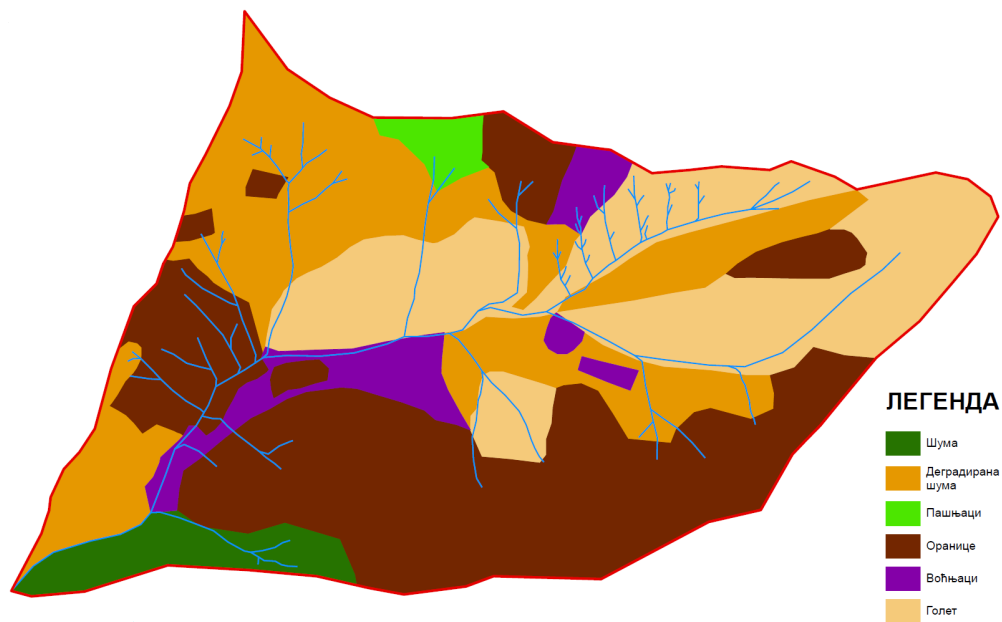
Реконструкцијом структуре површина на сливу из 1955. године, на основу техничке документације (ГПУ-Лукачева Долина, 1955), пре извођења радова на противерозионом уређењу, издвојено је шест целина (Табела 2). Насеља нисупосебно назначена јер је био заступљен разбијени тип насеља. Анализом структуре површина на сливу из 2016. године, на основу јавно доступних сателитских снимака и теренских истраживања, утврђен је актуелан начин коришћења земљишта, и издвојено је седам различитих површина (Табела 2).

На сливу Лукачеве Долине обављени су обимни биолошки радови, који су обухватили пошумљавање на 78.7 ha и затрављивање на 15.9 ha. Од биотехничких радова, извршено је терасирање косина са засадама у дужини од 7 km и израда контурних бразда, са засадама на површини од 9.3 ha, као и израда 4800 m³ зидаћа против спирања. Технички радови су обухватили изградњу 2 преграде, једног појаса од камена у цементном малтеру и једног појаса од габиона. Оваколичина радова представља око 80% планираних биолошких и биотехничких радова, док су изведени технички радови заступљени са мање од 10% (изведена су свега 2 од 31 пројектованог попречног објекта).

Табела 2 Коришћење земљишта пре и после примене рестаурационих мера

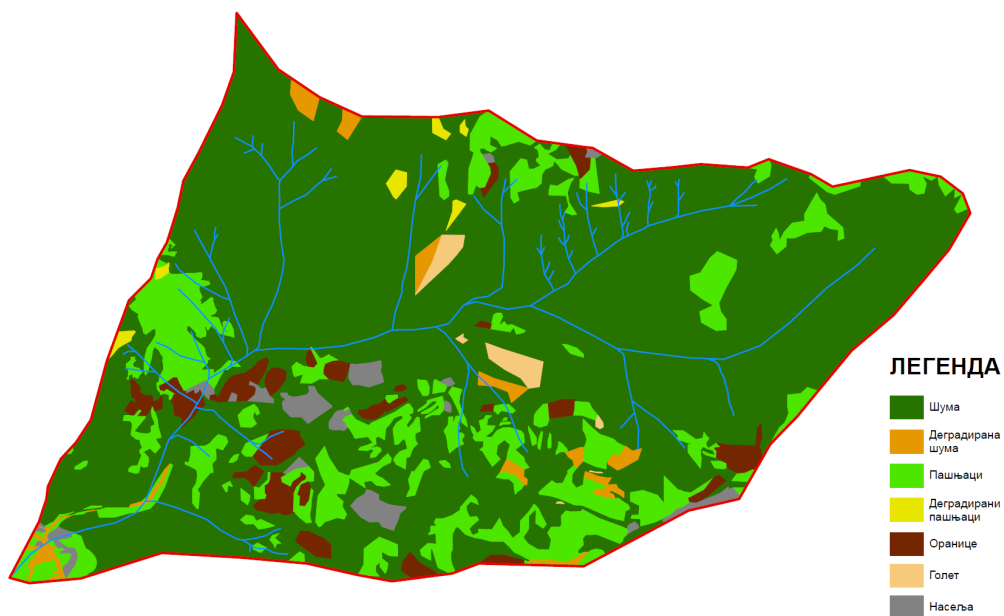
Table 2 Land use before and after restoration

Начин коришћења простора		1955.		2016.	
		км ²	%	км ²	%
1.	Шума	0.18	4.42	3.17	77.51
2.	Деградирана шума	1.09	26.78	0.06	1.47
3.	Пашњак	0.06	1.47	0.60	14.67
4.	Деградирани пашњак	/	/	0.02	0.49
5.	Оранице	1.47	36.12	0.14	3.42
6.	Воћњак	0.23	5.56	/	/
7.	Голет	1.04	25.55	0.03	0.73
8.	Насеља	/	/	0.07	1.71



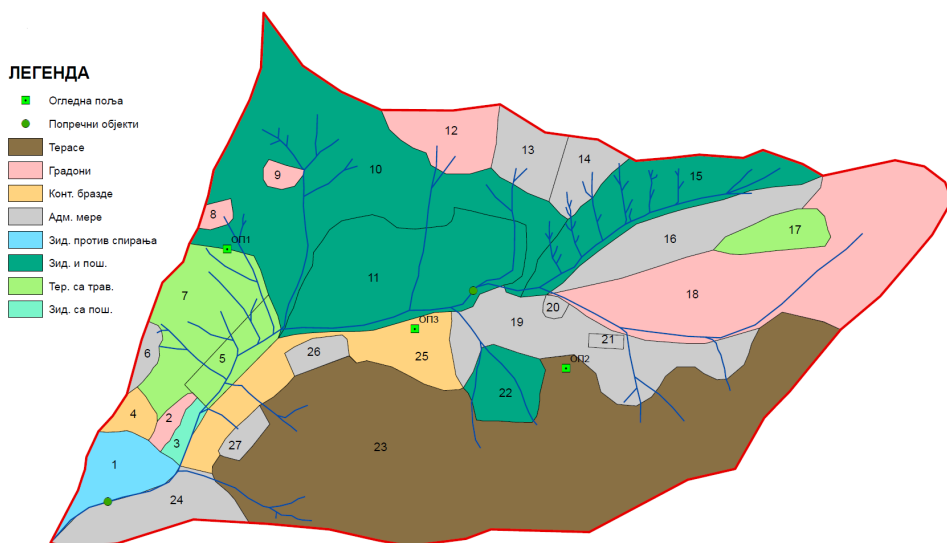
Слика 2 Начин коришћења земљишта на сливу Лукачеве Долине 1955. године

Figure 2 Land use in 1955 on the Lukačeva Dolina basin



Слика 3 Начин коришћења земљишта на сливу Лукачеве Долине 2016. године

Figure 3 Land use in 2016 on the Lukačeva Dolina basin



Слика 4 Биолошки, биотехнички и технички радови на сливу Лукачеве Долине

Figure 4 Biological, biotechnical and technical works on the Lukačeva Dolina basin

Продукција и пронос наноса

Карактеристичне вредности продукције и проноса наноса приказане су у Табели 3. Ове вредности су репрезентативни показатељи вредности коефицијента ерозије, у условима пре и после извођења радова на заштити од ерозије и уређења бујица. Примарна функција изведених попречних објеката била је задржавање наноса узаплавима преграда и консолидација обала. У заправу 2 преграде у главном току Лукачеве Долине задржано је укупно 24.875,00 m³ наноса.

Табела 3 Упоредни приказ вредности продукције и проноса наноса 1955. и 2016. године

Table 3 Comparative presentation of the value of sediment production and deposition in 1955 and 2016

Параметар	Ознака	Јединица	1955.	2016.
Укупна продукција наноса	W_{god}	m ³	14327.17	1203.87
Специфична продукција наноса	W_{sp}	m ³ /km ² /god	3511.56	294.87
Годишњи пронос наноса	W_p	m ³	6269.96	526.50
Специфични пронос наноса	W_{psp}	m ³ /km ² /god	1536.75	129.04
Коефицијент ерозије	Z	/	1.124	0.238

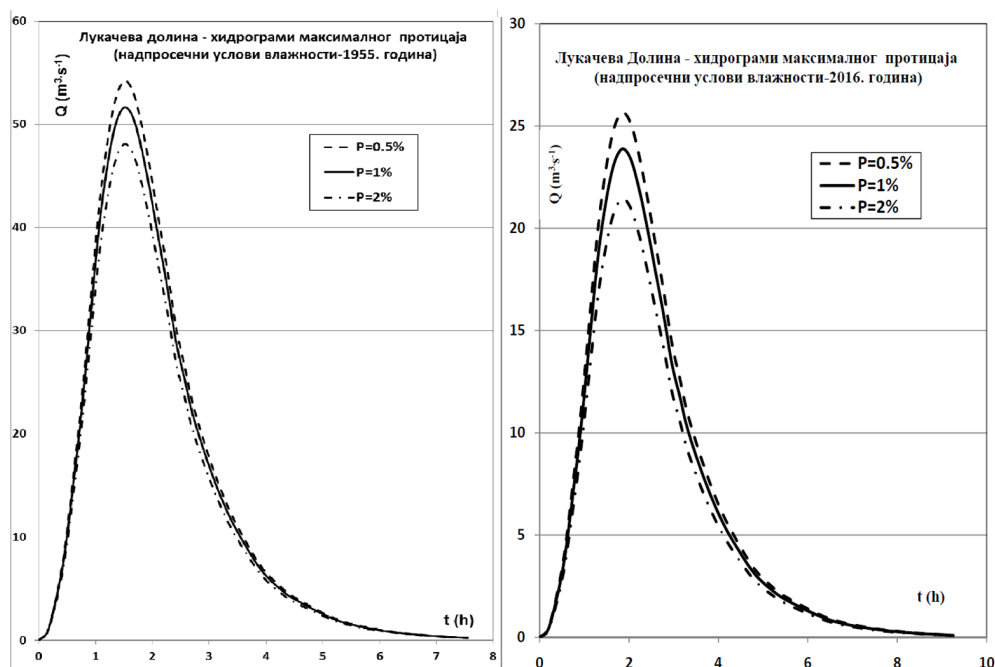
Промене хидролошких услова

Применом теорије синтетичког јединичног хидрограма и SCS методологије добијене су вредности (Табела 4) великих вода за повратне периоде од 200, 100 и 50 година, односно, вероватноће појаве $p=0.5, 1$ и 2% , за 2 временска пресека (1955. и 2016. годину), на сливу Лукачеве Долине.

Табела 4 Упоредни приказ резултата прорачуна максималног протицаја и запремине хидрограма директног отицаја

Table 4 Comparative presentation of the results of the calculation of the maximum flow rate and volume of direct flow hydrograms

Година	Максимални протицај			Запремина хидрограма директног отицаја
	m ³ /s			$W_d (x10^6) m^3$
	$Q_{0.5\%}$	$Q_{1\%}$	$Q_{2\%}$	$Q_{0.5\%}$
1955.	54.24	51.68	48.11	0.391
2016.	25.66	23.85	21.43	0.235



Слика 5 Хидрограм максималног отицаја пре и после извођења рестаурационих радова

Figure 5 Hydrogram of maximal runoff before and after restoration work

ДИСКУСИЈА

Комплексна анализа начина коришћења простора, односно намене површина, била је иницијална фаза укомпарацији стања слива у различитим временским пресецима, што је био основ за касније вредновање хидролошких и псамолошких ефеката изведених противерозионих радова. Нагиб терена има јак утицај на генезу и развој ерозионих процеса. Развијеност хидрографске мреже, такође, погодује развоју бујичних поплава. Слив Лукачеве Долине има добро развијену хидрографску мрежу. Противерозионо уређење предметног слива, током 60-их година XX века, резултирало је у првом кораку променом структуре начина коришћења простора (намена површина), а касније кроз повољне модификације стања ерозионих процеса и процеса отицаја, пре свега кроз смањену продукцију ерозионог материјала и пронос наноса, као и редукцију потенцијала за формирање брзог површинског отицаја и појаву бујичних поплава. Стање слива које је представљено у техничкој документацији, практично представља „нулто“ стање, односно, референтни ниво који је омогућио примену поредбеног модела вредновања ефеката изведених противерозионих радова. Пројектна документација за слив Лукачеве Долине третирала је целокупно сливно подручје. Примењени приступи последично су довели до значајних ефеката изведених противерозионих радова. Промене у начину коришћења простора, односно, намене површина, последица су примењених противерозионих радова и мера, миграција становништва, смањења обима

пољопривредне производње и урбанизације. Начин коришћења земљишта на сливу јесте фактор који директно утиче на интензитет ерозионих процеса и могућност појаве бујичних поплава. Такође, ово је једини фактор који је у потпуности под контролом човека, јер је условљен његовим активностима на различитим просторним размерама. Деградација земљишта и ерозиони процес често се вреднују на три референтна нивоа: просторна заступљеност и проценат угроженог становништва, врста еколошке политике и њена повезаност са другим аспектима заштите животне средине, као што је биодиверзитет (Gisladdottir, 2005). На сливу Лукачеве Долине, који је био потпуно руиниран ерозионим процесима и са веома slabим потенцијалом за пољопривредну производњу, дошло је до значајних промена на површинама под обрадивим земљиштем. Наиме, већи део ораница је претворен у ливадско-пашњачке површине, док су шумске површине доведене досастојина средњег и доброг склопа, после примене биолошких и биотехничких мера. Применом административних мера забрањено је сечење лисника ради исхране стоке, као и остали поступци који би могли довести до деградације шума и оштећења земљишта. Захваљујући таквом приступу шумовитост је повећана на 77.51%. Површине под голетима пролазе спору (вишегодишњу) трансформацију у ливаде и пашњаке, а затим у шуме, док реколонијација вегетације која се шири и прелази у жбунасту и дрвенасту вегетацију, доприноси прогресивном ублажавању неповољних хидролошких услова на раније огољеним локалитетима (García-Ruiz, 2010). Мали проценат голети који се ипак задржао на сливу Лукачеве Долине, сведочи о томе да је могућност спонтаног обнављања шума на појединим локалитетима веома мала, услед веома великих нагиба терена и неразвијених земљишта, малог производног потенцијала.

ЗАКЉУЧАК

Природне карактеристике бујичног слива, у садејству са антропогеним фактором, веома су погодовале развоју ерозионих процеса и појави бујичних поплава на експерименталном сливу. Изведени противерозиони радови довели су до смањења коефицијента ерозије Z , најважнијег показатеља интензитета ерозионих процеса, према МПЕ, на сливу Лукачеве Долине, са $Z_{1955} = 1.124$ на $Z_{2016} = 0.238$ (из I у IV категорију ерозије). Карактеристични максимални протицаји ($Q_{max1\%}$) и одговарајуће запремине хидрограма директног отицаја су значајно редуковани, што је утврђено поређењем рачунских вредности за хидролошке услове у I (1955. година) и II (2016. година) временском пресеку. Редукција максималног протицаја ($Q_{max1\%}$) износи на сливу Лукачеве Долине 53.6%. На истраживаном подручју постигнути су задовољавајући ефекти противерозионе заштите, иако планирани радови нису изведени у пуном обиму. Изведено је свега 10% техничких и 80% биолошких и биотехничких објеката. Изведени технички објекти омогућили су одређене повољне ефекте одмах по завршетку процеса градње (формирање заплава и задржавање наноса; смањење природног пада корита; стабилизација обала). Противерозионо уређење условило је промену структуре површина на истраживаном подручју, где су уочљиве специфичне посебности, поређењем стања из I и II временског пресека: на сливу Лукачеве Долине процентуално учешће голети је сведено са 25.6% на свега 0.73%, ораница са 36.12% на 3.42%, док је учешће површина под шумама порасло са 4.42% на 77.51%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chanson, H., (2004): Sabo chack dams – mountain protection. *International Journal Of River Basin Management*, Vol. 2; 4, 301–307.
2. CTSW-RT-03-049, (2003): (Caltrans erosion control new technology report), California Deparment of Transportation.
3. Cummings, J., (2003): Using process-oriented parameters to assess degradation. *Ecological Management and Restoration*: 4, 79–82.
4. Гавриловић, С., (1972): Инжењеринг о бујичним токовима и ерозији, часопис „Изградња“, специјално издање, Београд
5. Ђоровић, 1984: Одређивање хидролошке групе земљишта при дефинисању отицаја у методи SCS, Водопривреда 16, Београд
6. Garcia-Ruiz, J.M., (2010): The effects od land uses on soil erosion in Spain: A review, *Catena* 81 (2010), 1-11
7. Gísladóttir, G., Stocking, M., (2005): Land Degradation and Mitigation. *Land Degrad. Dev.*, 16: 97. doi:10.1002/ldr.668
8. ГПУ – Лукачева Долина (1955): Главни пројекат уређења бујице Лукачева Долина – слив Власине; Секретаријат за шумарство и водопривреду НРС- Београд, Дирекција за сузбијање бујица, Одсек за пројектовање, Реонска секција за заштиту земљишта од ерозије и уређења бујица, Ниш.
9. Јанковић, Д., (1994): Карактеристике јаких киша за територију Србије, Грађевински календар, Београд.
10. Kammerbauer, J., Ardon, C., (1999): Land use dynamics and landscape change pattern in a typical watershed in the hillside region of central Honduras. *Agriculture ecosystems and enviroment*: 75, 93–100
- Радоњић, Ј., (2018): „Хидролошки и псамолошки ефекти противерозионих радова на бујичним подсливовима Јужне Мораве, Докторска дисертација, Шумарски факултет, Универзитет у Београду,
11. Ристић Р. (2003): Време кашњења отицаја на бујичним сливовима у Србији. *Гласник Шумарског факултета*, 87, 51-65.
12. Ристић, Р., Малошевић, Д., (2011): Хидрологија бујичних токова (ИСБН 978-86-7299-074-4, Универзитет у Београду Шумарски факултет, стр. 221
13. SCS, (1972): *National Engineering Handbook: Hydology (section 4)*, SCS&U.S. Dept. od agriculture, Washington D.C