

САДРЖАЈ:

1. Увод

1.1. Методе проучавања

1.1.1. Обрада картографских подлога

1.1.2. Обрада метеоролошких података

2. ОПШТИ ОПИС СЛИВА И КОРИТА БУЈИЧНОГ ТОКА

2.1. Опис слива и корита

2.2. Основне физичко-географске карактеристике слива реке Љубовиђе

2.3. Геолошке карактеристике сливног подручја реке Љубовиђе

2.4. Педолошке карактеристике сливног подручја реке Љубовиђе

2.5. Начин коришћења простора

2.6. Климатске карактеристике

3. КАРАКТЕРИСТИКЕ ЕРОЗИОНИХ ПРОЦЕСА НА ИСТРАЖИВАНОМ ПОДРУЧЈУ

3.1. Прорачун коефицијента ерозије

3.1.1. Метод потенцијала ерозије

3.2. Ерозиони процеси на сливу

3.3. Прорачун ерозионе продукције и проноса наноса на истраживаном подручју

4. КОМЕНТАР РЕЗУЛТАТА ЛАБОРАТОРИЈСКЕ АНАЛИЗЕ УЗОРАКА ЗЕМЉИШТА

4.1. Анализа лабораторијског извештаја узорака земљишта (слив реке Кржаве, Чађавице и Брштице)

4.2. Анализа лабораторијског извештаја узорака земљишта (слив реке Љубовиђе)

5. ПРОГРАМ ЗАШТИТЕ ОД ЕРОЗИЈЕ И БУЈИЧНИХ ПОПЛАВА НА СЛИВУ

5.1. Побољшање инфилтрационо-ретенционих карактеристика земљишта на нагибима

5.2. Подизање попречних објеката у мањим притокама

5.3. Чишћење и одржавање постојећих објеката

5.4. Израда планске документације и примена административних мера

5.5. План за проглашење ерозионих подручја

5.6. Оперативни План за одбрану од бујичних поплава на водотоковима II реда

5.7. Елементи програма заштите од ерозије и бујичних поплава на истраживаном подручју

6. ЗАКЉУЧАК

1. УВОД

Бујичне поплаве представљају најчешћу појаву из арсенала тзв. „природних ризика” у Србији, где је регистровано око 12 000 бујичних водотокова. Ерозиони процеси, као један од фактора настанка бујичних поплава, захватају 75% територије Србије, са просечном годишњом продукцијом ерозионог материјала од 30 милиона m^3 , од чега око 8 милиона m^3 доспева до хидрографске мреже. У периоду од 1950 до 2014. године бујичне поплаве су однеле преко 130 људских живота и проузроковале материјалне штете веће од 10 милијарди евра. Учесталост појаве бујичних поплава, њихов интензитет и распрострањеност чине их сталном претњом са последицама у еколошкој, економској и социјалној сфери. Природне катастрофе се не могу спречити али боље разумевање процеса и развој методологија за њихово предвиђање и превенцију, могу значајно допринети ублажавању нежељених ефеката.

1.1. Методе проучавања

1.1.1. Обрада картографских подлога

Прикупљене картографске подлоге које су послужиле као базне карте за утврђивање природних карактеристика територије Западне Србије на различитим размерама (топографске карте, аеро фото снимци, сателитски снимци, геолошке карте, педолошке карте, начин коришћења према CORINA методологији, карте природно потенцијалне вегетације...).

1.1.2. Обрада метеоролошких података

Прикупљени подаци о климатско-метеоролошким условима средине који су неопходно средство за утврђивање прецизнијих егзогених услова који обликују климу Западне Србије (средње годишње и месечне температуре ваздуха, температурни екстремни, релативна влажност ваздуха, инсолација, ветар и падавине).

2. ОПШТИ ОПИС СЛИВА И КОРИТА БУЈИЧНОГ ТОКА

2.1 Опис слива и корита

Река Љубовиђа је десна притока Дрине, у коју се улива код Љубовије. Сливно подручје, у административном смислу, највећим делом припада општинама Љубовија и Осечина, а мањим делом општини Бајина Башта. У сливу реке Љубовиђе налазе се већа насељена места: Љубовија, Доња Љубовиђа, Горња Љубовиђа, Доња Оровица, Горња Оровица, Торник, Доња Буковица, Дриник, Скадар и велики број засеока.

Слив је издуженог облика и има генерални правац пружања исток-запад, док главни ток има правац течења од изворишта ка северозападу до мз. Градина, а затим скреће и тече на југозапад до ушћа у Дрину. Извориште реке Љубовиђе је на Јабланику - ката

1275 m, а ушће у Дрину на коти око 177 m. Веће притоке реке Љубовиђе су Оровичка река и река Завојшница. Са северне стране слив се граничи са сливом Јадра (притоке Пецке и Богоштице), са истока сливом Јабланице (Ребељска и Попленска река), а са југа сливом Трешњице и Буковачком реком.

Сливна површина је јасно оивичена топографском границом. Највиша кота у сливу је на планини Јабланик - 1275 m. Извориште Оровичке реке је на мз. Горничка Бобија - кота 1272 m, а извориште Завојшнице је на планини Медведник - кота 1241 m. Поред наведених врхова на вододелници и у сливу реке Љубовиђе постоје још 22 планинска врха са висином преко 1000 m. У хидрографском смислу сливно подручје реке Љубовиђе представља читав систем бујичних токова. Од ушћа у Дрину до саставака Љубовиђе и Завојшнице, регистровано је укупно 65 десних и 49 левих притока бујичног карактера. Оровичка река има 20 десних и 14 левих притока, Завојшница прима 9 десних и 5 левих притока, а изворишни крак Љубовиђе 6 десних и 8 левих притока, што све заједно сачињава 176 бујичних водотока.

У доњем делу тока на дужини од око 11 km (од ушћа у Дрину па до десне притоке Козловац) река Љубовиђа тече долином чија је просечна ширина 300-500 m. На овом делу корито је засуто бујичним наносом, па се стога скоро после сваке кише излива и прави штете околном пољопривредном земљишту и регионалном путу Љубовија - Пецка (преко Прослапа). Кроз Љубовију корито Љубовиђе је регулисано у дужини од око 2 km, а уливни објекат је ретардациона преграда по Гавриловићу, корине висине 2.85 m, са воденим јастуком и зубом, која не функционише јер је доњи ред барбокана пробијен да не би долазило до плављења узводног пољопривредног земљишта.

У средњем и изворишном делу слива корито главног тока је знатно сужено са нешто мање наноса у кориту него у доњем делу тока. На појединим местима корито пролази кроз кратке клисуре (као нпр. на мз. Склоп, где је ширина корита у стеновитом делу око 4.0 m).

2.2. Основне физичко-географске карактеристике слива реке Љубовиђе

Табела 1 – Основне физичко-географске карактеристике слива реке Љубовиђе

1	Површина слива	A	158.17	km ²
2	Обим слива	O	103.98	km
3	Кота на вододелници по правцу хидраулички најдужега тока	K_v	1275.00	mnm
4	Најнижа тачка на сливу	K_u	180.00	mnm
5	Дужина слива по главном току	L	37.22	km
6	Одстојање од тачке у речном кориту, која је најближа тежишту слива, до излазног профила	L_c	18.16	km
7	Апсолутни пад (нагиб) корита	I_a	2.93	%
8	Уравнати пад корита	I_u	1.36	%
9	Средњи нагиб терена на сливу:	I_{sr}	41.14	%
10	Средња надморска висина слива	H_{sr}	633.71	mnm
11	Средња висинска разлика	D	453.71	m
12	Густина хидрографске мреже	G	2.18	km·km ⁻²

2.3. ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ СЛИВНОГ ПОДРУЧЈА РЕКЕ ЉУБОВИЋЕ

Геолошка грађа сливног подручја има велики утицај на тип и генезу земљишних творевина, као и на ерозионе процесе. Познавање основне геолошке грађе је важно због реалне процене продукције ерозионог наноса на сливу и у кориту, као и могућности транспорта на ниже деонице. Поред теренских истражних радова и постојеће техничке документације, коришћена је и основна геолошка карта P=1:100 000 (листове Љубовија и Ваљево, Савезни геолошки завод СФРЈ, 1975, 1977). Основне литолошке формација слива реке Љубовиће су представљене у табели бр. 2, док је њихова просторна диспозиција дата на одговарајућој, генерисаној геолошкој карти (на крају подпоглавља 2.3).

Табела 2 – Основне литолошке формације слива реке Љубовиће

	Геолошки тип	km ²	%
1	Дијабаз-ројначка формација	32,06	20,27
2	Филити	30,77	19,45
3	Пешчари	19,11	12,08
4	Кристаласти кречњаци	9,88	6,25
5	Дијабази, спилити и долерити	9,04	5,72
6	Филитични шкриљци, филити, кварц	7,99	5,05
7	Кречњаци и кречњачке брече	7,02	4,44
8	Кречњаци и кварцитни конгломерати	6,65	4,2
9	Метаморфисани пешчари	6,53	4,13
10	Квргави шкриљави кречњаци	4,58	2,9
11	Доломити и доломитични кречњаци	3,14	1,98
12	Алувијум	2,71	1,72
13	Пешчари, глинци, рожњаци, конгломерати, брече и дијабази	2,45	1,55
14	Кречњаци, глинци и пешчари	2,44	1,54
15	Порфирити и пирокластити	2,37	1,5
16	Серицитски кварцити	2,13	1,35
17	Банковити кречњаци и масивни бриозојско-коралски кречњаци	1,67	1,05
18	Дијабази и спилити	1,67	1,05
19	Кречњаци са глинцима	1,56	0,98
20	Пирокластити и лабрадорски андезити	1,26	0,79
21	Разнобројни кварцни пешчари	1,02	0,64
22	Фузулински кречњаци	0,51	0,32
23	Глинени шкриљци и пешчари	0,4	0,25
24	Мермери и калкшисти	0,39	0,25
25	Шљункови и пескови	0,36	0,23
26	Битуминозни кречњаци	0,14	0,09
27	Пешчари дијабаз-ројначке формације	0,12	0,07
28	Дацити	0,09	0,06
29	Тамносиви лапоровити кречњаци	0,06	0,04
30	Базалти	0,05	0,03
	Укупно	158,17	100

Може се приметити да су доминантне геолошке формације на сливу реке Љубовиђе: дијабаз-рожначка формација (20.27%), филити (19.45%) и пешчари (12.08%), а у нешто мањој мери кристаласти кречњаци (6.25%), дијабази, спилити и долерити (5.62%).

ДИЈАБАЗ – РОЖНАЧКА ФОРМАЦИЈА

Дијабаз-рожначке творевине захватају велике површине терена. Јављају се у зонама које се пружају правцем СЗ-ЈИ. Главна зона се простире преко целог листа, од Љубовиђе преко Медведника и Повлена до северних падина Маљена, где прелази на лист Горњи Милановац.

У састав дијабаз-рожначке формације улазе магматске и седиментне сцене: дијабази, долерити, спилити, мелафири, габрови, рожнаци, глинци, пешчари, кречњаци, конгломерати и брече. Основно обележје формацији дају разнобојни рожнаци, глинци и дијабази.

Стене дијабаз-рожначке формације смењују се често на кратком одстојању у хоризонталном и вертикалном правцу. Међутим, на пространим деловима терена у долини Љубовиђе јављају се дијабази са ретким интеркалацијама рожнаца.

Од магматских стена у дијабаз-рожначкој формацији најзаступљенији су дијабази, спилити и порфирити, а затим габрови, долерити и мелафири, док се од седиментних стена најчешће јављају пешчари и рожнаци.

У састав пешчара улазе одломци кварца, плагиокласа и лиске лискуна и фрагменти кварцита, рожнаца, серицитског филита, серицитско-биотитског и биотитског Скриљца, метаморфисаних пешчара, кречњака, спилита и основне масе ефузива. Цементовани су силицијско-хлоритским, хлорит-серицитским, хлорит-серицитско-силицијским и сасвим ретко карбонатним цементом. Средња величина одломака минерала износи од 2.2 x 1.6 mm до 0.2 x 0.4 mm, а фрагмената стена 3.5 x 1.2 mm до 0.4 x 0.25 mm.

Рожнаци су изграђени од опала који је мање или више рекристалисао у калцедон. Често садрже и многобројне калупе радиоларија које су испуњене калцедоном. Глиновити рожнаци садрже још ретка ситна зрна кластичног кварца, серицита и ситна зрна непровидног металичног минерала. Пукотине стене испуњене су секундарним кварцом.

ФИЛИТИ

Филити се одликују паралелном текстуром, врло често плисираним, док им је структура на прелазу у сингенетску, хомеобластична, а услед настајања ксенобласта кварца често и хетеробластична.

Сви састојци су оријентисани и показују извесну сегрегацију. Кварц се често скупља у траке, у којима долази и нешто издужених листића мусковита и хлорита. Некад ови листићасти минерали граде посебне траке уз нешто глинене и графитичне примесе, али и са веома мало кварца. Величина зрна кварца креће се око 0.03 mm. Дебљина трака са обиљем кварца варира, а најчешће је око 0.05 mm. Ламеле мусковита и хлорита су редовно тање. Местимично хлорит доминира па филити представљају праве хлоритне шкриљце.

ПЕШЧАРИ

Највећим делом то су кварцни и лискунски пешчари који са повећаном количином фрагмената стене чине прелазе према литокластичним аренитима. Ретко садрже и

нешто већу количину плагиокласа када чине прелаз према аркозним пешчарима. Према величини зрна издвојени су крупнозрни пешчари са средњим пречником одломака 1.8 x 0.5 mm и ситнозми код којих се величина зрна креће око 0.3 x 0.2 mm. Пешчари су у мањој или већој мери метаморфисани, што се најпре огледа у паралелној оријентацији лискунских минерала а често и кварцних зрна цемента тако да преко метаморфисаних пешчара прелазе у шкриљце са реликтно псамитском структуром. Од одломака минерала најзаступљенији су фрагменти кварца и лиске лискуна са мањом или већом количном одломака стена - кварцита, серицитског кварцита, рожнаца, аргилофилита, филита, серицитског шкриљца, хлоритског шкриљца, основне масе ефузива, гранитоида и спилита. Цемент је најчешће кристаласти кварцни, кварц-серицитски, кварцно-карбонатни и серицитски.

КРИСТАЛАСТИ КРЕЧЊАЦИ

По суперпозицији изнад базалне серије долази пакет седимената дебљине 150-200 m представљен слојевитим и банковитим кречњацима, местимично лапоровитим, као и масивним кристаластим кречњацима. Сви ови кречњаци садрже врло богату макрофауну, на основу које су увршћени, у турон. У овом пакету на основу фауне издвојено је више хоризоната који се међусобно и литолошки разликују. С обзиром на велику поремећеност терена, ретки су профили где је овај пакет комплетан.

Банковити и масивни кристаласти кречњаци, по суперпозицији изнад кварцавих кречњака, садрже веома богату фауну капринида, радиолитида и остреа, која карактерише средњи турон. Међу том фауном су заступљене врсте: *Caprinula boissyi*, *Caprinula di stefanoi*, *Sauvagesia sharpe*, *S. nicaisei* и многе друге.

ДИЈАБАЗИ, СПИЛИТИ И ДОЛЕРИТИ

Јављају се у зони Каменита Коса-Говеђа Глава, у долини Љубовиде, затим на Стубици, Јабланику и др. Највећим делом су то субмарински изливи синхрони са седиментима у које су се излили. У ободним деловима садрже интеркалације рожнаца и глинаца. Достижу дебљину и до неколико стотина метара. Поред тога дијабази се јављају и као мањи пробоји и жице у доњим деловима дијабаз-рожначке формације (околина Поћуре, Јабланика и др).

Дијабази су у знатној мери алтерисани. Најизраженији процеси алтерације су уралитизација и карбонатизација, затим албитизација и сасвим ретко силификација праћена приносом непровидних металичних минерала. У битноме су изграђени од претежно алтерисаног плаггиокласа и моноклиничног пироксена који је најчешће интензивно трансформисан у секундарни амфибол. Акцесорни састојци су непровидни металични минерали и леукоксен, а секундарни још зеолит, пренит и карбонат.

Структуре су офитске. Плагиоклас, у свежијим примерцима, одговара лабрадору са око 65% An.

Спилити су веома ситнозрне, густе стене у којима се врло ретко развијени ситни микрофенокристали плагиокласа. Изграђени су од албита (замућен, каолинисан, са уклопљеним хлоритом), реликата пироксена, хлорита и леуоксена са секундарним карбонатом, кварцом и минералима епидотске групе.

2.4. ПЕДОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ СЛИВНОГ ПОДРУЧЈА РЕКЕ ЉУБОВИЋЕ

Постојећа геолошка подлога условила је доминантан правац педогенезе и појаву одређених типова земљишта на сливу реке Љубовиђе. Педолошку подлогу овог подручја чине смеђе рудо земљиште на кречњаку, рендзина, смеђе кисело земљиште на пешчару, алувијана земљишта, смеђа скелетоидна земљишта, скелетоидна и скелетна земљишта на шкриљцима, као и скелет – камењари.

Према коришћеној педолошкој карти размере 1:50 000 (Крупањ, листови 1,3,4) Институт за проучавање земљишта, Београд, Геокарта, 1961), на сливовима су издвојени типови земљишта, који су представљени у табели бр. 3. Просторна диспозиција појединих типова земљишта је представљена на одговарајућој, генерисаној педолошкој карти (на крају подпоглавља 2.4.)

Табела 3 – Типови земљишта у сливу реке Љубовиђе

	Педолошки тип	km ²	%
1	Смеђе рудо земљиште на кречњаку	2,26	1,426
2	Смеђе кисело земљиште на пешчару	5,39	3,41
3	Алувијални нанос песковити	0,38	0,24
4	Алувијално-делувијални нанос	1,38	0,875
5	Смеђе скелетоидно земљиште на шкриљцима	118,47	74,9
6	Смеђе скелетоидно земљиште на дијабазу	0,43	0,269
7	Скелетоидно и скелетно земљиште на шкриљцима	14,84	9,382
8	Скелет - камењар	15,02	9,498
	Укупно	158,17	100

СМЕЂЕ РУДО ЗЕМЉИШТЕ НА КРЕЧЊАКУ

Ова земљишта су распрострањена на нашим планинама које су изграђене од тврдих и чистих кречњака (Динарски карст, масиви Карпатског и Балканског планинског ланца). Најчешће се јављају у комплексу са кречњачким црницама и лесивираним земљиштима на кречњаку.

За образовање ових земљишта је потребно да кречњак садржи 0.2-0.8% резидијума и да однос SiO₂:R₂O₃ буде већи од 2. Потребно је дуго време да би се растворио калцијум-карбонат и да би се накупио резидијум од кога се образује ово земљиште. Од особина резидијума у великој мери зависе и особине земљишта. Ова земљишта се не образују се на лапорцима (нечистим кречњацима).

Ова земљишта су богата глином (глинасто-иловаста до глинаста) са релативно малом текстурном диференцираношћу профила. Али и поред великог садржаја глине нема лоше физичке особине, јер су макроагрегати релативно стабилни. Хоризонт (В) релативно добро пропушта воду, ваздух и корење биљака. Због тога су то сува и топла земљишта. Садржај хумуса варира у широком интервалу. Он зависи од надморске висине, вегетације и начина коришћења. Под природном вегетацијом у А хоризонту најчешће има 5-10 % хумуса, док на површинама које се обрађују 2-4%. Количина хумуса по дубини мање опада у поређењу са гајњачама.

Ова су земљишта биолошки активна и са релативно добрим условима за одвијање микробиолошких процеса.

СМЕЂЕ КИСЕЛО ЗЕМЉИШТЕ НА ПЕШЧАРУ

Најчешће се образује на планинама, на висини од 700-2000 m, у различитим климатским условима. У природним условима је најчешће под шумском вегетацијом (буква, четинари; буково-јелова, смрчева, буково-храстова шума) и у мањој мери под ливадском ацидофилном вегетацијом. Основна карактеристика механичког састава ових земљишта је то да су лака земљишта (пескуше до лаке глинуше).

Друга особина је знатан удео скелета, који није мањи од 10%, а понекад буде и 30-40% (карактеристично за плиће форме). Трећа је карактеристика слаба диференцираност профила по механичком саставу. Због малог садржаја глине и знатног садржаја скелета ова земљишта су добро пропусна за воду и ваздух, оцедна су и добро аерисана. Одликују се ниском вододржљивошћу. Лако се обрађују. Ако су под природном ливадском вегетацијом имају веома стабилне структурне агрегате. Ова су земљишта бескарбонатна по целом профилу. Вредност рН у хоризонту А је најчешће 5-5.5. Имају низак капацитет адсорпције: у хоризонту А је 10-20 meq/100 g земљишта, а у (В) је мања од 10 meq/100 g земљишта. Засићеност базним катјонима је такође ниска, обично је 30-50%, а може бити и нижа.

АЛУВИЈУМ

Настаје услед непрестаног таложења свежих суспензија нема развијен хумусни хоризонт, а процеси редукције су слабо испољени или потпуно одсуствују у профилу. Може се наћи у долинама свих наших река, у различитим варијантама. Велика пространства заузимају у долинама Дунава, Саве, Тисе, Мораве. Хидролошки режим реке и природа материјала који се таложи условљавају образовање алувијалних земљишта и њихове особине. Образују се у приобалном делу речне плавне терасе где се у већој мери таложи грубљи материјал. Међутим, како интензитет појединих поплава варира, долази до промене гранулометријског састава наноса. На тај начин се могу један преко другог наталожити разноврсни наноси (нпр. песак преко шљунка), а такође може доћи и до образовања новог наноса преко већ формираних земљишта са хумусним хоризонтом. Често на тај начин долази до настанка алувијалних земљишта са фосилним хоризонтима.

И поред чињенице да су алувијална земљишта неразвијена, обично имају велику плодност и насељени су шумама тополе и врбе (*Salici-populetum*) или травама, па се код њих може појавити зачетак хумусног хоризонта. Подземна вода се налази најчешће на дубини већој од 2 m па из тог разлога у овом земљишту нису изражени процеси редукције. До појаве хипоглејних алувијалних земљишта може доћи само у депресијама и то нарочито на граници са централном зоном.

Услед описаног временског и просторног варирања услова таложења, профил алувијалних земљишта се карактерише израженом слојевитошћу и иницијални површинским (А) хоризонтом. Број слојева, њихов гранулометријски састав и њихове комбинације могу бити неограничено велике.

У гранулометријском саставу доминирају текстуре пескуша до иловача. Алувијална земљишта обично немају изражену структуру, јер је она резултат дужег педогенетског сазревања земљишта.

Већина наших алувијалних земљишта су карбонати и садрже више од 5% карбоната (нпр. У Подунављу флувисоли садрже 12-30% карбоната). Нема правилности у распореду карбоната у профилу. Количина хумуса у алувијалним земљиштима је углавном мала и не прелази 1-2%, а у песковитим варијететима је испод 1%.

Алувијална земљишта углавном имају повољне физичке и хемијске особине. Међутим њихове еколошке особине зависе у великој мери од режима плављења и режима подземних вода.

СКЕЛЕТНА И СКЕЛЕТОИДНА ЗЕМЉИШТА

Вегетација учествује у образовању ових земљишта тако што својим кореном поспешује механичко распадање, а акумулацијом органских остатака и њиховом хумификацијом ова земљишта прелазе у више развојне стадијуме.

На образовање ових земљишта клима утиче посредно тако што изазива ерозију и огољавање стена. Непосредно клима утиче на механичко распадање, па рејони са интензивнијим мразним или температурним распадањем погодују образовању регосола.

Имају већу физиолошку дубину од физичке дубине профила земљишта (коренов систем биљака се може развијати и у растреситом супстрату). Способност задржавања воде у овим земљиштима зависи од механичког састава.

Хемијске особине у потпуности зависе од минералних карактеристика матичног супстрата. Присуство карбоната даје слабо алкалну реакцију ($pH=7.8-8.5$), са доминацијом јона калцијума и магнезијума у адсорптивном комплексу.

КАМЕЊАР (ЛИТОСОЛ)

Литосоли су земљишта планинских области где су ниске температуре главни фактор механичке дезинтеграције стена.

Литосоли се образују на нагибима у брдско-планинским областима, на различитим геолошком супстратима. Такође су заступљени и на заравњеним формама рељефа или на блажим нагибима тврдих стеновитих масива. Литосоли представљају прву еволуциону фазу на физички измењеним тврдим стенама.

Вегетација нема значајнијег утицаја на образовање ових земљишта, док климатски региони у којима је омогућено мразно или температурно механичко распадање погодују образовању ових земљишта.

Доминација фракције камена даје основни печат физичким особинама камењара. Он се одликује екстремном пропустљивошћу за воду и готово потпуном неспособношћу задржавања воде. Доминантан процес који се одвија је физичко трошење стена.

Хемијско распадање је слабо изражено. Неутралне је реакције. Површински хоризонт је сиромашан хранивима – нема адсорптивног комплекса.

Литосоли су екстремно сува станишта која су изложена јаком загревању. Неповољна су за развој кореновог система, а на сипарима су биљке изложене и механичким повредама. Могуће је укоренавање ксеротермних врста и врста отпорних на механичке повреде. Сиромашна су хранивима. Користе се као пашњаци слабог бонитета. Могућа су местимична пошумљавања врстама које подносе екстремно неповољне услове станишта.

2.5. НАЧИН КОРИШЋЕЊА ПРОСТОРА

Постојећа структура површина (начин коришћења простора) на сливу реке Љубовиће представљена је у табели бр. 4, док је просторни распоред дат на одговарајућој, генерисаној карти (на крају подпоглавља 2.5.). Типологија начина коришћења простора је детерминисана на основу података *CORINE Land Cover 2006* (CLC2006).

Подаци су прикупљени у оквиру програма Европске Комисије CORINE (Coordination of information on the environment) у циљу израде информационог система о стању животне средине у Европи. Надлежност за спровођење програма на европском нивоу има Европска Агенција за Животну Средину (European Environmental Agency – ЕЕА). Подаци су прикупљени на основу сателитских снимака применом стандардизоване методологије за детектовање и интерпретацију промена у земљишном покривачу. Класификација земљишта је урађена према хијерархијској номенклатури са 44 класе.

Табела 4 - Начин коришћења простора на сливу реке Љубовиђе

	Начин коришћења земљишта	km²	%
1	Рурална насеља	0.18	0.11
2	Експлоатационе области	0.28	0.18
3	Пашњаци	2.25	1.42
4	Комплекс аграрних простора	6.92	4.38
5	Агрошумски простори	55.23	34.92
6	Листопадне шуме	85.55	54.09
7	Четинарске шуме	0.88	0.56
8	Мешовите шуме	3.57	2.26
9	Ливаде	0.76	0.48
10	Шибљаци	2.54	1.61
		158.17	100.00

Више од половине слива реке Љубовиђе налази се под шумама - 90 km² или 56.91 %. Изузев већих површина под шумом на планинама Медведник и Јабланик, у осталом делу слива шуме су размештене у виду мозаика, где се смењују са ораничним и ливадско-пашњачким површинама.

Станиште врба и топола је заступљено уз реку Љубовиђу. Од шумских врста срећу се разне врсте топола и врба, рамнуси и павити, док се брест и бели јасен ретко срећу.

Станиште китњак-граб насељава топлије експозиције у региону низијске букве, где се јављају и асоцијације цер-сладун и грабић-црни јасен на сувим и плитким земљиштима.

Станиште цер-сладун и станиште китњака је у зони храстова, а на вишим положајима прелазе у асоцијацију низинске букве. То су деградиране шуме на плитком скелетоидном земљишту без подраста и жбунастог спрата.

Станиште грабић-црни јасен везано је за кречњачку подлогу и иде до 650-700 м надморске висине.

Станиште букве у флористичком погледу карактерише буква и њене пратеће врсте. На топлим јужним експозицијама свуда је заступљен храст. Земљиште у буковим шумама је врло добро, јер су букове шуме добро склопљене и већином високог узгоја.

Четинара је у сливу Љубовиђе врло мало, у околини рудника барита на Тисовику имамо културе бора старости око 30-35 година, као и пошумљавања скоријег датума.

Од осталих врста треба поменути и културе багрема у доњим деловима слива, нарочито Оровичке реке.

Аграрни и агрошумски простори заузимају 62.15 km², односно 38.92% површине слива. Оранице су распоређене претежно у доњем делу слива, у долини реке Љубовиђе, као и на падинама слива на мањим нагибима, изузев површина са већом надморском висином.

Ливаде и пашњаци заузимају 3.01 км² или 1.9%. Налазе се по сливу свуда, почев од најнижих до највиших делова слива. По квалитету се доста разликују, почев од потпуно деградираних па до ливада одличног квалитета. Такође су мозаично распоређене по сливу на устињеним поседима, што се односи и на оранице, а делимично и на површине под шумама.

2.6. КЛИМАТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

Подручје слива реке Љубовиђе карактерише умерено континентална клима, осим у деловима слива са преко 700 метара надморске висине, на којима је присутна субпланинска клима. Прелаз између ова два климата је постепен.

Климатске карактеристике слива добијене су на основи анализе података са метеоролошке станице Љубовија.

Температура ваздуха

Температура ваздуха је један од најважнијих климатских елемената, са посебним утицајем на вегетациони покривач.

Просечна средња годишња температура ваздуха (добијена на основу средњих дневних температура у појединим месецима и у току године) износи 10.2 °С.

Најтоплији месец је јул, са средњом дневном температуром 19.2 °С. а најхладнији месец јануар, чија средња дневна температура износи 0.7 °С.

Средње сезонске температуре ваздуха, (за поједина годишња доба, односно вегетациони период) износе:

- зима.....0.8 °С
- пролеће..... 10,7 °С
- лето18,7 °С
- јесен 10,6 °С
- вегетациони период..... 16.3 °С
- период III - X 14.2 °С

На основу средњих сезонских температура можемо констатовати да су лета умерено топла, а зиме умерено хладне.

Средње максималне температуре ваздуха су највише у јулу (28.6 °С) и августу 28.1 °С), а средње минималне температуре од III - X месеца су најниже у марту (око 2°С) и новембру (око 2.1°С), а навише у јулу (15.9°С) и августу (14.8°С).

У зимским месецима се средња минимална температура у појединим годинама може спустити и до -9.0°С, а у ванзимским месецима у којима долази до појаве мразева, средње минималне температуре се могу спустити у марту до нивоа од око -7,6 °С, а у новембру до -3.5°С.

Како са порастом надморске висине температура ваздуха опада у просеку на сваких 100 m висине за 0.5 °С, брдскопланински делови подручја имају знатно ниже средње температуре ваздуха. Из тог разлога највиши делови имају веома свежа лета и хладне зиме.

Падавине

Поред температура ваздуха, од изузетне важности за развој вегетације су висине падавине и њихов распоред, нарочито у вегетационом периоду.

Средња годишња висина падавина износи 893 mm с тим што годишња сума варира од 714 mm за најсувљу, до 1128 mm за најкишовитију годину. По месецима највећа просечна висина падавина је у јуну (112 mm), а најмања у марту са просеком од 55 mm. Најмање месечне падавине су 4 mm и забележене су октобра 1969. год и децембра 1972. год., а максимум од 237 mm забележен је у јуну 1975. год.

Може се рећи да кишомерна станица Доња Оровица више репрезентује предметно подручје по висини падавина. На истој је просек за годину 992 mm, просек за јун 125 mm, а месечни максимум 281 mm.

Падавине нису равномерно распоређене по месецима и годишњим добима. Највише их је у мају, јуну и новембру, а најмање у фебруару, септембру и октобру.

У зимском периоду падавине су мале и крећу се у просеку око 45 mm месечно. Највише су око 90 mm а најмање око 10 mm. Снежни покривач има средњу висину 30 cm, а период задржавања је у просеку око 50 дана.

У пролеће и лето падавине су обилније и по количини приближно исте. Највеће су у мају и јуну, а најмање су у априлу и августу. Карактеристично је да се у току лета повремено јављају краћи пљускови локалног карактера.

У јесењој сезони падавине су нешто умереније и по обиму мање, посебно у септембру и октобру, а у новембру висина им је знатно виша у просеку око 86 mm, а и интензитет падавине у току вегетационог периода (IV - IX) чини око 56 % укупних годишњих падавина.

Ветрови

Ветрови битно утичу, како на евапорацију, тако и на режим влаге у земљишту. Најчешћи су ветрови из правца запада (W) и северозапада (NW). У табели бр. 5 приказане су честине и јачине ветрова за слив реке Љубовиђе.

Табела 5. – Честина и јачина ветрова

Страна света	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	ТИШИНА ВЕТРОВА
Честина ветрова (%)	5.20	3.5	6.5	3.9	2.2	5.2	18.9	11.4	43.2
Јачина ветрова (бофори)	1.20	1	1.6	1.8	1.4	1.4	1.4	1.2	/

Сама долина Дрине као што је насеље Љубовија има у просеку јако мало тишина у току године. У брдско-планинском подручју учесталост и јачина ветрова су знатно изнад наведеног просека.

3. КАРАКТЕРИСТИКЕ ЕРОЗИОНИХ ПРОЦЕСА НА ИСТРАЖИВАНОМ ПОДРУЧЈУ

3.1. Прорачун коефицијента ерозије

3.1.1. Метод потенцијала ерозије

Метод је развијен на основу дугогодишњих теренских истраживања, осматрања и мерења, на сливовима Јужне, Западне и Велике Мораве, Ибра, Тимока и Вардара

(Гавриловић, 1972). У пракси ова метода је позната као „Гавриловићева метода“, која је намењена за проучавање ерозије на сливовима бујичних токова. Представља стандардну методу и „инструмент“ за све инжењерске проблеме у вези са ерозијом и бујицама у области водопривреде, за потребе водоприврених основа, студија и пројеката.

Метод полази од аналитичке обраде података о чиниоцима који утичу на ерозију. Како је ерозија просторна појава, приказује се на карти према класификацији на основу аналитички израчунатог коефицијента ерозије (Z), који не зависи од климатских карактеристика, већ од карактеристика тла, вегетационог покривача, рељефа и видљиве заступљености ерозије. Коефицијент ерозије (Z) добија се из следећег израза (Гавриловић, 1972):

$$Z = Y \cdot X \cdot a \cdot (\varphi + \sqrt{I_{SR}})$$

Y – реципрочна вредност коефицијента отпора земљишта на ерозију.

X · a – коефицијент уређења слива

φ – бројни еквивалент видљивих и јасно изражених процеса ерозије у сливу

I_{SR} – средњи пад слива

Према коефицијенту ерозије Z, дата је категоризација ерозионих процеса по Гавриловићу (Табела 6.). Вредности се обично крећу од 0.1 до 1.5 и више тј. од очуваних, ерозијом слабо нападнутих сливова и подручја, до сливова који су екстремно упропрашћени услед ерозије земљишта. Те вредности могу да буду изнад и испод наведених граница само у изузетним случајевима (Гавриловић. 1972).

Коефицијент отпора земљишта на ерозију (Y)

Коефицијент представља реципрочну вредност коефицијента отпора земљишта на ерозију, и зависи од геолошке подлоге, климата и типова педолошких творевина. Вредности су дате у табели 7. Вредности за коефицијент Y су проучене и утврђене у Лабораторији за бујице и ерозију Одсека за ерозију и мелиорације Шумарског факултета у Београду. Те вредности се односе на реципрочну отпорност земљишних творевина и стена на деловање „бомбардовања земљишта кишним капима“ и на отпорност одношења земљишних честица текућом водом и еолском ерозијом.

Табела 6 - Вредност коефицијента ерозије Z

Категорија разорности (ерозивности)	Јачина ерозионих процеса	Тип владајуће ерозије	Коефицијент ерозије	Сред. вредност коеф. ерозије
I	Екседивна ерозија	дубинска	> 1.51	1.25
		мешовита	1.21-1.50	
		површинска	1.01-1.20	
	Јака ерозија	дубинска	0.91-1.00	0.85

II		мешовита	0.81-0.90	
		површинска	0.71-0.80	
III	Осредња ерозија	дубинска	0.61-0.70	0.55
		мешовита	0.51-0.60	
		површинска	0.41-0.50	
IV	Слаба ерозија	дубинска	0.31-0.40	0.30
		мешовита	0.25-0.30	
		површинска	0.20-0.24	
V	Врло слаба ерозија	трагови ерозије	0.01-0.19 и мање	0.01

Извор: Гавриловић С., 1972

Табела 7 - Вредност коефицијента Y

Типови земљишне творевине и сродне врсте		Средњи коефицијент Y
1	Пескови, шљунак и невезана земљишта	2.0
2	Лес, туфови, слатине, степска земљишта и сл.	1.6
3	Распаднути кречњаци и лапорци	1.2
4	Серпентини, црвени пешчари, флишне наслаге	1.1
5	Подзоли и параподзоли, распаднути шкриљци, микашисти, гнајшисти, агрилошисти и сл.	1.0
6	Једри и шкриљасти кречњаци, црвенице и хумусно силикатно земљишта	0.9
7	Гајњаче и планинска земљишта	0.8
8	Смонице, ритске оранице и мочварна земљишта	0.6
9	Чернозем и алувијални нанос добре структуре	0.5
10	Голи, компактни еруптиви	0.25

Извор: Гавриловић С., 1972

Коефицијент уређења слива (X·a)

Коефицијент уређења слива или ерозионог подручја, односи се на заштићеност земљишта од утицаја атмосферилија и сила ерозије природним условима, вегетацијом и слично (коефицијент „X“), или вештачки створеним условима, антиерозионим техничким или биолошким радовима у сливу или подручју (коефицијент „a“). То су у суштини два коефицијента, чији се производ креће од 0.01 за засићено земљиште у сливу или подручју, до 1.0 за потпуно голо, незаштићено и неуређено земљиште. (табела 8.)

Табела 8 - Вредност израза X·a

Услови који утичу на вредност коефицијента Xa		Xa
1. Слив или подручије пре антиерозионих радова		
1	Потпуно голо, необрађено земљиште (голети)	1.0
2	Оранице са орањем уз и низ падину	0.9
3	Воћњаци и виногради без приземне вегетације	0.7
4	Планински пашњаци и сувати	0.6

5	Ливаде, детелишта и сличне пољопривредне културе	0.4
6	Деградиране шуме и шикаре саеродираним земљиштем	0.6
7	Шуме и шикаре доброг склопа и обраста	0.05
2. Слив или подручје пре антиерозионих радова		
1	Оранице са контурним орањем	0.63
2	Оранице добре неге и заштићене малчирањем	0.54
3	Контурно-појасна обрада са плодоредом (оранице)	0.45
4	Контурни воћњаци и виногради	0.315
5	Терасирање ораница, терасе и градони	0.36
6	Затрављивање голих земљишта и мелиорације пашњака и сувати	0.3
7	Израда контурних ровова средње густине	0.24
8	Ретардациони водопутеви, микроакумулације	0.27
9	Обично пошумљавање на јаме или на пруге	0.2
10	Пошумљавање на градонима	0.1
11	Уређивање корита водотокова техничким објектима: каналисање, кинетирање, изградња преграда, габиона и сл.	0.7

Извор: Гавриловић С., 1972

Коефицијент видљивих и јасно изражених ерозионих процеса

Представља бројни еквивалент видљивих и јасно изражених процеса ерозије у сливу подручја, чије су вредности дате у табели 9.

Табела 9 - Вредност коефицијента ϕ

Услови који утичу на вредност коефицијента ϕ		Средња вредност ϕ
1	Слив или подручје потпуно обухваћено јаружастом ерозијом и урвинским процесима (дубинска ерозија)	1.0
2	Око 80% слива или подручја под браздастом и јаружастом ерозијом	0.9
3	Око 50% слива или подручја под браздастом и јаружастом ерозијом	0.8
4	Цео слив под површинском ерозијом: распадине и осулине, нешто мало бразди и јаруга(дубинска ерозија, као и јака крашка ерозија)	0.7
5	Цео слив под површинском ерозијом, али без видљивих дубинских процеса (бразде, јаруге, одрони и сл.)	0.6
6	Земљиште на 50 % површине обухваћено површинском ерозијом, а остали део слива очуван	0.5
7	Земљиште на 20 % површине обухваћено површинском ерозијом, док је 80 % ослива или подручја очувано	0.3
8	Земљиште у сливу без видљивих трагова у ерозије, али у коритама водотока има мањих одрона и клижења	0.2
9	Слив без видљивих трагова ерозије, али претежно под ораницама	0.15
10	Подручије у сливу без видљивих трагова ерозије како у сливу тако и у кориту водотока, али претежно под шумама или вишегодишњом вегетацијом (ливаде, пашњаци и сл.)	0.1

Извор: Гавриловић С., 1972

Средњи нагиб терена на сливу

Последњи члан у овој формули је квадратни корен из средњег пада слива, односно ерозионих подручја или парцеле земљишта за коју се одређује коефицијент ерозије (Z).

За потребе анализе истраживаног подручја, коришћене су топографске карте Војногеографског института размере 1:25000. У анализи топографских параметара као основна база података коришћен је дигитални елевациони модел (ДЕМ) резолуције 100 метара. ДЕМ је настао од међународног истраживачког пројекта под именом SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). SRTM је настао као сарадња више америчких агенција и у периоду од 2000. до 2003. године, израђен је тачан и квалитетан дигитални модел рељефа високе резолуције (30m). Ради заштите националног интереса САД, резолуција је смањена на 90m и у њој су ови модели слободно пласирани на интернету. За потребе овог рада, коришћена је Основна геолошка карта СФРЈ размере 1:100 000 (издање Савезног геолошког завода) из 1970. године као и Педолошка карта СР Србије размере 1:50 000 (издање Института за проучавање земљишта Београд - Топчидер) из 1966. године. За израду карте начина коришћења земљишта коришћена је CORINE Land Cover база података. CORINE је модификована према актуелном начину коришћења, који је дефинисан према орто-снимцима новијег датума.

3.1.2. Слив реке Кржаве

$$\gamma = 1.099$$

$$X \cdot a = 0.341$$

$$\varphi = 0.66$$

$$I_{sr} = 26.58 \%$$

$$Z_{sr} = 0.441$$

$$\rho_1 = 1.9 \text{ t m}^{-3} \text{ (запреминска маса вученог наноса)}$$

$$\rho_2 = 0.9 \text{ t m}^{-3} \text{ (запреминска маса суспендованог наноса)}$$

3.1.3. Слив реке Чађавице

$$\gamma = 1.167$$

$$X \cdot a = 0.244$$

$$\varphi = 0.7$$

$$I_{sr} = 23.34 \%$$

$$Z_{sr} = 0.337$$

$$\rho_1 = 1.9 \text{ t m}^{-3} \text{ (запреминска маса вученог наноса)}$$

$$\rho_2 = 0.9 \text{ t m}^{-3} \text{ (запреминска маса суспендованог наноса)}$$

3.1.4. Слив реке Брштице

$$\gamma = 1.08$$

$$X \cdot a = 0.416$$

$$\varphi = 0.40$$

$$I_{sr} = 25.45 \%$$

$$Z_{sr} = 0.406$$

$$\rho_1 = 1.9 \text{ t m}^{-3} \text{ (запреминска маса вученог наноса)}$$

$$\rho_2 = 0.9 \text{ t m}^{-3} \text{ (запреминска маса суспендованог наноса)}$$

3.1.5. Слив реке Љубовиђе

$$\gamma = 1.042$$

$$X \cdot a = 0.240$$

$$\varphi = 0.45$$

$$I_{sr} = 41.14 \%$$

$$Z_{sr} = 0.273$$

$$\rho_1 = 1.9 \text{ t m}^{-3} \text{ (запреминска маса вученог наноса)}$$

$$\rho_2 = 0.9 \text{ t m}^{-3} \text{ (запреминска маса суспендованог наноса)}$$

3.2. Ерозиони процеси на сливу

За потребе картирања ерозије и квантификовања ерозионих процеса према Методи потенцијала ерозије неопходно је користити различите базе података: топографске, педолошке, геолошке, начин коришћења земљишта, сателитски снимци, дигитални модел терена и сл.

На основу теренских истражних радова, анализе постојеће техничке и планске документације и анализе доступних подлога, израђене су одговарајуће карте ерозије (приложене су у оквиру поглавља 3), док је у табелама 10.-13. приказана заступљеност појединих категорија ерозионих процеса.

Табела 10 - Ерозиони процеси на сливу Кржаве

Категорије разорности	Јачина ерозионих процеса	km ²	%
V	Врло слаба ерозија	7.40	58.28
IV	Слаба ерозија	0.01	0.10
III	Осредња ерозија	0.98	7.68
II	Јака ерозија	2.99	23.52
I	Експесивна ерозија	1.32	10.36
укупно:		12.69	100

Табела 11 - Ерозиони процеси на сливу Чађавице

Категорије разорности	Јачина ерозионих процеса	km ²	%
V	Врло слаба ерозија	18.3	76.2
IV	Слаба ерозија	0.3	1.3
III	Осредња ерозија	2.9	12.2
II	Јака ерозија	2.5	10.3
I	Експесивна ерозија	0.0	0.0
укупно:		24.0	100

Табела 12 - Ерозиони процеси на сливу Брштице

Категорије разорности	Јачина ерозионих процеса	km ²	%
V	Врло слаба ерозија	4.32	45.71
IV	Слаба ерозија	0.49	5.13
III	Осредња ерозија	2.67	28.20
II	Јака ерозија	1.99	21.01
I	Екскесивна ерозија	0.09	0.95
укупно:		9.54	100

Табела 13 - Ерозиони процеси на сливу Љубовиђе

Категорије разорности	Јачина ерозионих процеса	km ²	%
V	Врло слаба ерозија	90.02	56.91
IV	Слаба ерозија	5.85	3.70
III	Осредња ерозија	56.78	35.90
II	Јака ерозија	4.98	3.15
I	Екскесивна ерозија	0.54	0.34
укупно:		158.17	100

На истраживаном подручју уочени су процеси од I (екскесивне) до V (врло слабе) категорије разорности (табеле 10 -13). Просечна вредност коефицијента ерозије износи од $Z_{sr} = 0.273$ (река Љубовиђа), преко $Z_{sr} = 0.337$ (река Чађавица) и $Z_{sr} = 0.406$ (река Брштица) до $Z_{sr} = 0.441$ (река Кржава). Просторна дистрибуција коефицијента ерозије Z је представљена на одговарајућим картама (на крају поглавља 3).

Степен угрожености ерозионим процесима, поред природних својстава слива, у сразмери је са обимом и врстом антропогених активности на сливном подручју. Најинтензивнији ерозиони процеси одвијају се на пољопривредним површинама које се налазе на нагнутим површинама или на деградираним (проређеним) шумским површинама.

3.3. Прорачун ерозионе продукције и проноса наноса на истраживаном подручју

Прорачун ерозионе продукције и проноса наноса обављен је применом методе „Потенцијала ерозије“ (метод „професора Гавриловића“). Поменути метод је најквалитетнија и најкоришћенија метода у Србији, а и данас се користи у свим државама бивше СФРЈ. Прорачун је изведен према представљеној процедури, а резултати су приказани у табели 14. Прорачун је обављен за сликове који су били предмет детаљног проучавања.

Детерминисани су следећи улазни подаци:

- P_{br} - просечна годишња количина падавина на сливу, [mm]
- t_{sr} - просечна годишња температура ваздуха на сливу, [°C]
- T - температурни коефицијент подручја
- A - површина слива, [km²]
- O - обим слива, [km]
- L - дужина слива по главном току, [km]
- H_{sr} - средња надморска висина слива, [mnm]
- D - средња висинска разлика, [km]
- K_u - кота ушћа (најнижа тачка слива), [mnm]
- Z_{sr} - вредност коефицијента ерозије, меродавна за цео слив
- W_{god} - укупна годишња ерозиона продукција на сливу, [m³]
- W_{godsp} - специфична годишња ерозиона продукција на сливу [m³·km⁻²·god.⁻¹]
- R_u - коефицијент ретенције
- W_p - годишња количина наноса у хидрографској мрежи, [m³]
- W_{psp} - специфичан пронос наноса, [m³·km⁻²·god.⁻¹]
- $\delta = \frac{z \cdot (\rho_1 - 1)}{\pi \cdot \rho_2}$ (учешће вученог наноса)
- r_1 - запреминска маса вученог наноса, [t·m⁻³]
- r_2 - запреминска маса суспендованог наноса, [t·m⁻³]
- W_{vn} - количина вученог наноса, [m³·god.⁻¹]
- W_{sn} - количина суспендованог наноса, [m³·god.⁻¹]

$$T = \sqrt{\frac{t_{sr}}{10} + 0.1} \dots \dots \dots (1)$$

$$R_u = \frac{(O \cdot D)^{0.5}}{0.25 \cdot (L+10)} \dots \dots \dots (2)$$

$$D = H_{sr} - K_u \dots \dots \dots (3)$$

$$W_{god} = T \cdot P_{br} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot A \dots \dots \dots (4)$$

$$W_{godsp} = \frac{W_{god}}{A} \dots \dots \dots (5)$$

$$W_p = W_{god} \cdot R_u \dots \dots \dots (6)$$

$$W_{psp} = \frac{W_p}{A} \dots \dots \dots (7)$$

$$\delta = \frac{z \cdot (\rho_1 - 1)}{\pi \cdot \rho_2} \dots \dots \dots (8)$$

$$W_{vn} = W_p \cdot \sigma \dots \dots \dots (9)$$

$$W_{sn} = W_p - W_{vn} \dots \dots \dots (10)$$

$t_{sr} = 10.2 - 10.9^{\circ}\text{C}$

$T = 1.08 - 1.09$

$P_{br} = 893.0 - 947.7 \text{ mm}$

Табела 14. - Резултати прорачуна ерозионе продукције и проноса наноса на истраживаном подручју

Параметар	Слив реке Кржаве	Слив реке Чађавице	Слив реке Брштице	Слив реке Љубовиђе
Z	0.441	0.337	0.406	0.273
W_{god}	5875.97	15266.99	8011.46	73238.95
W_{godsp}	463.04	635.07	839.78	463.04
R_u	0.560	0.510	0.420	0.580
W_p	3290.54	7786.16	3364.81	42478.59
W_{psp}	259.3	323.88	352.71	268.56
δ	0.0869	0.1073	0.1293	0.0869
W_{vn}	285.95	835.45	435.07	3691.39
W_{sn}	3004.59	6950.71	2929.74	38787.2

4. КОМЕНТАР РЕЗУЛТАТА ЛАБОРАТОРИЈСКЕ АНАЛИЗЕ УЗОРАКА ЗЕМЉИШТА

Током извођења теренских истражних радова, обављено је узимање узорака земљишта (Брштица 1, Брштица 2, Чађавица 3, Чађавица 4, Кржава 5, Кржава 6, Љубовиђа 1, Љубовиђа 2) на одабраним локалитетима (слика 3.3.), чије су локације дефинисане координатама (табела 15.).

Табела 15. - Координате тачака на којима су узети узорци земљишта

Ознака тачке	X	Y
Брштица 1	7365429.88	4918418.79
Брштица 2	7365517.19	4918569.6
Чађавица 3	7365930.13	4915231.84
Чађавица 4	7365979.61	4915183.05
Кржава 5	7364999.23	4912479.32
Кржава 6	7365080.94	4912547.65
Љубовиђа 1	7379064.52	4901802.34

Љубовића 2	7379025.35	4901789.41
------------	------------	------------

Узети узорци су обрађени у референтним лабораторијама Института за земљиште (Београд, Теодора Драјзера 7). На крају подпоглавља 4. су приложене фотокопије оригиналних извештаја.

4.1. Анализа лабораторијског извештаја узорака земљишта (слив реке Кржаве, Чађавице и Брштице)

Механички састав:

Земљишта испитиваних површина су врло уједначеног лаког текстурног састава у опсегу од иловастог песка (узорка бр. 4) преко песковитих иловача (узорци бр. 1, 2, 3 и 5) до иловастог земљишта (узорак бр. 6) при чему и код тог узорка је пресудна за његову категоризацију нешто виши садржај праха.

Карактеристично је за све испитиване узорке релативно изражен низак садржај глине, а нарочито за узорке бр. 4 и 5. Земљишта таквог текстурног састава су карактеристична по немогућношћу задржавања воде израженој филтрацији и процедурности као и подложност ерозионим процесима. Низак садржај глине уочен у овим земљиштима знатно умањује способност адсорбције тешких метала и њихово лако доспеће у ниже хоризонте профила до подземних вода.

Основне агрохемијске особине:

Испитивана земљишта припадају групи јако киселих земљишта сем узорка бр.6 који припада групи киселих земљишта. У складу са реакцијом сви узорци по садржају калцијум-карбоната припадају безкарбонатних земљишта. Према садржају органске материје земљишта су у распону од средње хумозних (узорк бр. 2 И 4), до високо хумозних (узорак бр. 1, 3, 4 и 5). Садржај азота је на нивоу високе обезбеђености самим тим је однос угљеника и азота повољан за процесе минерализације, сем у узорцима бр. 1 и 3 код којих је тај однос нешто шири, али карактеристичан за шумска земљишта и везан је за процесе слабије минерализације органске материје. Садржај лакоприступачног фосфора је врло низак. Низак садржај фосфора у узорцима земљишта је условљен реакцијом земљишта и процесом имобилизације условљеним везивањем за нерастворне форме гвожђа као и процесом оклудације. Садржај лакоприступачног калијума је у распону од ниског садржаја (узорак бр. 2) преко средњег (уз. бр. 1, 3 и 6) до високог (уз. бр. 4 и 5). Испитивана земљишта спадају у земљишта са ограничениом плодношћу обзиром да агрохемијске карактеристеристике указују на неколико лимитирајућих фактора као што су реакција земљишта и садржај приступачног фосфора.

Са становишта штетних микроелемената испитивана земљишта испитивани узорци земљишта су врло комплексна. Високи садржај органске материје условљава смањену мобилност неких тешких метала (Pb), док гранулометријски састав, низак садржај фосфора условљава повећану мобилност неких штетних микроелмената (As). Кисела реакција земљишта генерално повећава приступачност тешких метала али овако изражена може код неких да услови њихову мању мобилност (As)

Штетни микроелементи:

Морамо имати у виду да је 2010 године дошло до промене закона у вези максималних количина садржаја штетних микроелемената у земљиштима која нису предвиђена за пољопривредну производњу,

Тим законом је знатно повећани садржај односно уведене су две величине SW-

гранична вредност при којима је потпуно достигнута функционална вредност земљишта, односно оне означавају ниво на коме је достигнут одрживи квалитет земљишта и IW-ремедијациона вредност које указују да су основне функције земљишта угрожене или озбиљно нарушене и захтевају ремедијационе, санационе и остале мере. Поменуте вредности нису константне као код пољопривредних вредности максималних дозвољених количина MDK и у зависности су од садржаја глине у земљиштима као и од садржаја органске материје.

Олово (Pb) је полутант чији је повишени садржај првенствено везан за антропогени утицај. Начини токсикације организма овим елементом може бити путем дигестивног тракта, преко ланца исхране, и респираторним путем непосредним удисањем ситнијих честица прашине са повишеним садржајем овог елемента. Токсичан утицај олова се нарочито испољава на адолесцентима при чему се јављају болести респираторних органа. Обзиром да је повишени садржај олова углавном последица људских активности, подручја загађености овим елементом се деле на урбана и неурбана. За неурбана подручја карактеристично је његово повећање везана за руднике И места прераде овог метала.

Садржај олова у испитиваним узорцима је у распону од 15,46-66,39 mg/kg са средњом вредношћу од 40,56 mg/kg, што је нижа вредности која је установљена као back-ground за подручје испитивања (57,96 mg/kg) као и блиска садржају који је утврђен као средња вредност за подручје централне Србије (40 mg/kg). Оваква вредност је и очекивана обзиром да узорци земљишта узети на подручју која су географски врло близу територијама где су установљена рудна налазишта олова, антимона итд. Односно шира област подручја Зајаче нарочито западни део те области. Приметно је такође његов релативно већи садржај у узорцима који су узети под шумском вегетацијом што је условљено његовим задржавањем у органској материји где у већини случају нерастворно и имобилисано. Установљени садржај олова, близина рудних налазишта и претходна истраживања указују на геолошко порекло а обзиром да ни у једном случају не прелази граничне вредности, указује да еколошки ризик од овог полутанта је занемарљив у испитиваном подручју.

Кадмијум (Cd) као загађивач је веома токсичан и у мањим концентрацијама од осталих штетних микроелемената сем живе. Најчешћи облик уноса кадмијума је орално путем хране, као и преко респираторних органа. Његов садржај је најчешће повезан са матичним супстратом.

Садржај кадмијума у испитиваном земљишту је у распону од 0.41-2.29 mg/kg при чему је средња вредност 0.87 mg/kg. Поредећи добијену просечну вредност са просечним садржајем у земљиштима централне Србије (0.85 mg/kg) установљени садржај је готово идентичан, с тиме неке појединачне вредности су ниже од установљене вредности (1, 2 и 4). Такође те вредности су ниже од бацк-гроунда установљена за истражено подручје (0.99 mg/kg). Садржај му је карактеристичан за светска земљишта која нису загађена (ispod 1 mg/kg). Знатно одступање у погледу кадмијума запажамо у узорку бр 3. Обзиром да је у ранијим истраживањима установљен повишен садржај кадмијума у области истраживања као и да су узорци узети у шумском подручју јасан је закључак да је његов садржај геолошког порекла. Такође се мора нагласити да његово накупљање у оволикој количини је условљен његовом лаком миграцијом кроз стабле накупљању и враћање на површину земљишта преко листинца. Осим поменутог узорка узорци бр. 1, 5 и 6 такође прелазе граничне вредности али нису изнад back-ground за посматрано подручје. Обзиром да ниједан узорка земљишта не садржи кадмијум изнад

ремедијационе вредности а највећи садржај је установљен у шумском подручју не постоји опасност од његовог утицаја преко земљишта. Међутим, мора се узети у обзир његова врло висока растворљивост и могући утицај на подземне воде. Претходно наведене чињенице указују да загађење кадмијумом није на алрмантном нивоу али у будућим истраживањима би требало обратити пажњу на његово стање и миграцију у области коју репрезентује узорак бр.3.

Жива (Hg) са врло малим концентрацијама у земљишту може бити токсична , па према томе су усклађени правилници свих земаља о њеној дозвољеној концентрацији. Тровање њом су карактеристична за руднике , и коришћење морске хране у којој се лако акумулира. Појава у атмосфери и депозија падавинама може да се јави услед коришћења угља као енергента. Тровање живом се највише манифестује на централни нервни систем .

Садржај живе у испитаним узорцима је утврђен у распону од 0.086-0.211 mg/kg са средњом вредношћу од 0.141 mg/kg. Просечан садржај живе је нешто виши у односу на садржај установљен за централну Србију (0.120 mg/kg) што је и очекујуће узимајући у близину појединих рудника. Висок садржај органске материје који спречава волатизацију живе као и ниже вредности од граничних у сваком узорку указују да овај полутант нема никаквог утицаја на еколошку равнотежу и здравље људи истражене локације.

Арсен (As) углавном потиче из матичног супстрата , а од осталих извора су карактеристични пестициди, нарочито за пољопривредна земљишта, а у урбаним и индустријским зонама може бити условљено сагоревање угљем. Његова токсичност првенствено зависи у ком стању се налази односно, тровалентни је много токсичнији од петовалентног. Тровање арсеном се манифестује преко крвотока и неуролошког система.

Опсег садржаја арсена у испитним узорцима је од 33.35-166.335 mg/kg при чему средња вредност износи 62.78 mg/kg. Back-ground за истражено подручје је 24.48 mg/kg. приложених резултата је јасно да узорци садрже знатно вишу концентрацију арсена од просечног у централној Србији (11 mg/kg) као и да је сам back-ground скоро дупло виши. Разлог за овако висок садржај арсена је геолошке природе односно у околини Зајаче на магматско кречњачким формацијама се налази више рудника антимиона као и рудник олова, а редовни пратилац ових руда је је арсен. Проблематичност арсена осим у његовим прекорачењима ремедијационих вредности (уз. бр. 4, 5 и 6) као и прекорачење граничних вредности у свим узорцима земљишта се још више усложњава гранулометријским саставом земљишта и недостатком приступачног фосфора. Обзиром да се ради о земљиштима која нису у пољопривредној производњи као и о геолошком пореклу овог полутанта делимично његов утицај је смањен. Међутим, тако високе концентрације условљавају могуће загађење подземних вода при чему он у таквим условима постаје изузетно токсичан. У будућим испитивањима би требало посветити доста пажње овом подручју и могућим поступцима неког облика ремедијације на поменути лојкацијама где је установљено прекорачење ремедијационе вредности.

Никл (Ni) за разлику од олова у земљишту је врло уско повезан са матичним супстратом, односно стенама на којима је настало земљиште. У Србији таквих стена односно серпентини су карактеристични за Златиборски крај као и долину Западне и Велике Мораве и речним токовима повезаним са Великом Моравом условљено ерозијом планина западне Србије. Осим геолошког порекла повишење никла може

настати и антропогеним утицајем коришћењем нафте и нафтних деривата као погонско гориво и уопште коришћење фосилних горива. Никал осим респираторним путем као олово може доспети у људски организам и преко коже додиром што повећава опасност од њега као загађивач, док најгори ефекти по људско здравље се јављају оралним уношењем где доводи до појаве канцерогених обољења.

Садржај никла у испитиваним узорцима земљишта је у опсегу од 14.34-59.03 mg/kg са средњом вредношћу од 26.45 mg/kg. Утврђена вредност као и вредности појединачних узорака (уз.бр.6) не премашују вредности back-ground (41.13 mg/kg) утврђену за испитивано подручје. И у овом случају као и код олова ниска реакција земљишта као лакша текстура повећава његову растворљивост. Приложени резултати указују да уз.бр. 4, 5 и 6 прелазе граничну вредност. Међутим, узимајући у обзир подручје испитивања јасно је да његов садржај је уско повезан са геолошким супстратом при чему треба нагласити да само у узорку бр. 5 прелаз садржаје који су изнад MDK (односно максималних дозвољених за пољопривредну производњу. Иако у три узорка земљишта вредности прелазе граничне вредности (SW) геолошко порекло никла у испитиваним узорцима земљишта указује да не можемо говорити о загађењу земљишта. Обзиром да испитивана земљишта нису под интензивном пољопривредном производњом не прети реална опасност по еколошку равнотежу истраживаног подручја. Пошто вредности нису изнад ремедијационих (IW) није потребно вршити мере ремедијације.

Хром (Cr) као и код никла, садржај је у великој мери условљен матичним супстратом и та два тешка метала су углавном пратиоци. Његове највеће концентрације су повезане са планинама западне Србије као долине река Западне и Велике Мораве ако и појединим деловима реке Саве. У урбаним подручјима се углавном јавља близу индустријских постројења као што су рафинерије нафте и фабрике за производњу фосфорног дјубрива. Његова токсичност у великој мери је одређена његовим оксидационим стањем, где као тровалентни облик је неопходан за нормалн раст и развој организама.

Концентрација хрома у испитиваним узорцима је у количинама од 8.60-59.62 mg/kg при чему је средња вредност 26.45 mg/kg. Истоветан просторно концентрацијски распоред као и код никла указује на њихово заједничко порекло. Прве четири вредности (уз. бр. 1,2,3 и 4) су ниже у односу на back-ground (29.98 mg/) док су првих пет (уз.бр. 1, 2, 3, 4 и 5) од просечне вредности за централну Србију (50 mg/kg). Као што је истицано и код никла рН земљишта, гранулометрија као геолошко порекло повећавају његову растворљивост и утицај на околину Пошто је хром мање токсичан од никла законске вредности његових концентрацију су знатно више, тако да ни у једном узорку није дошло до прекорачења граничних вредности (SW) јасно се намеће закључак да испитана земљишта нису загађена овим тешким металом.

Генерално посматрајући земљишта истражених површина установљено је да се садржаји свих штетних микроелемената налазе у границама испод ремедијационе вредности (IW) , сем арсена . Међутим, начин коришћења ових земљишта и његово геолошко порекло указује да није дошло до поремећаја еколошке равнотеже. Релана опасност од повишених садржаја нарочито од арсена услед агрохемијских и физичких карактеристика овог земљишта је више усмерена на могућност загађења подземних вода.

4.2. Анализа лабораторијског извештаја узорка земљишта (слив реке Љубовиђе)

Текстурни састав: Истраживана земљишта са подручја Љубовије спадају у групу земљишта тежег текстурног састава са преко 30 % глине. Однос песка праха и глине сврстава оба испитана узорка земљишта у групу глиновитих иловача

Основне агрохемијске особине:

Испитивана земљишта припадају групи јако киселих земљишта У складу са реакцијом сви узорци по садржају калцијум-карбоната припадају безкарбонатних земљишта. Према садржају органске материје земљишта припадају групи средње хумозних земљишта. Садржај азота је на нивоу средње обезбеђености као и азота а њихов однос је повољан за процесе минерализације. Садржај лакоприступачног фосфора је врло низак. Низак садржај фосфора у узорцима земљишта је условљен реакцијом земљишта и процесом имобилизације условљеним везивањем за нерастворне форме гвожђа као и процесом оклудације. Садржај лакоприступачног калијума је средње обезбеђености и испитивана земљишта спадају у земљишта са ограничениом плодношћу обзиром да агрохемијске карактеристеристике указују на неколико лимитирајућих фактора као што су реакција земљишта и садржај приступачног фосфора.

Са становишта штетних микроелемената испитивана земљишта испитивани узорци земљишта су врло комплексна. Висок проценат глине у гранулометријском саставу смањује мобилност штетних микроелемената, док нижа реакција земљишта омогућава њихову десорбцију и већу приступачност. Изузетно низак садржај приступачног фосфора може да повећа усвајање арсена од стране биљака.

Садржај олова у испитиваним узорцима је у распону од 15.02 (узорка бр1.) до 20.22 mg/kg (uz. br.2) при чему су обе вредности знатно ниже од граничне вредности као и back-ground за посматрано подручје (52.67 mg/kg). Установљени садржај олова, обзиром да ни у једном случају не прелази граничне вредности, већ су далеко испод њих, указује да еколошки ризик од овог полутанта занемарљив у испитиваном подручју.

Садржај никла у испитиваним узорцима земљишта је у опсегу од 44.89-56.,09 mg/kg за узорак бр.2односно бр.1. Утврђена вредност у узорку бр.2 прелази вредност back-ground за посматрано подручје (52,67 mg/kg). Иако ниска рН повећава његову растворљивост морамо узети у обзир његово минимално прекорачење граничних вредности у оба узорка. Такође, узимајући у обзир подручје испитивања јасно је да његов садржај је уско повезан са геолошким пореклом. Иако у оба узорка земљишта вредности прелазе граничне вредности (SW) геолошко порекло никла у испитиваним узорцима земљишта указује да не можемо говорити о загађењу земљишта. Обзиром да испитивана земљишта нису под интезивном пољопривредном производњом не прети реална опасност по еколошку равнотежу истраживаног подручја.

Концентрација хрома у испитиваним узорцима је у количинама од 75.72-98.40 mg/kg у узорку бр.2 односно бр1. Истоветан просторно концентрацијски распоред као и код никла указује на њихово заједничко порекло. Обе вредности су више у односу на back-ground (44.17 mg/ kg) као и од просечне вредности за централну Србију (50 mg/kg). Као што је истицано и код никла рН земљишта, повећавају његову растворљивост и утицај на околину Пошто је хром мање токсичан од никла законске вредности његових концентрацију су знатно више, тако да ни у једном узорку није дошло до прекорачења

граничних вредности (SW) јасно се намеће закључак да испитана земљишта нису загађена овим тешким металом.

Садржај кадмијума у испитиваном земљишту је у распону од 0.73-0,96 mg/kg за узорак бр.2 односно1. Поредећи добијену просечну вредност са просечним садржајем у земљиштима централне Србије (0.85 mg/kg) установљени садржај је готово идентичан. Такође те вредности су ниже односно истоветне за back-ground установљен за истражено подручје (0.0,94 mg/kg). Садржај му је карактеристичан за светска земљишта која нису загађена (ispod 1 mg/kg).У узорку бр.2 такође је заажено да он минимално прелаз граничну вредност. Обзиром да је И код узорка бр.2 установљено минимално прекорачење граничних вредности (SW) I на блиске вредности бацкгроунд-у реално не постојио никаква опасност од овог полутанта у смислу нарушавања еколошке равнотеже

Садржај живе у испитаним узорцима је утврђен у распону од 0,016-0,045 mg/kg у узорку бр.1 односно бр 2. Садржај живе је нижи у односу на садржај установљен за централну Србију (0,120 mg/kg) што је и очекујуће узимајући у близину појединих рудника. Ниже вредности од граничних у сваком узорку указују да овај полутант нема никаквог утицаја на еколошку равнотежу и здравље људи истражене локације.

Арсена у испитним узорцима утврђен у концентрацијама 2,88 у узорку бр1 И 3,75 mg/kg. Back-ground за истражено подручје је 12,19 mg/kg. Из приложених резултата је јасно да узорци садрже знатно нижу концентрацију арсена од просечног у централној Србији (11 mg/kg) као и да је сам back-ground знатно виши од добијених концентрација у самим узорцима. На основу овако ниских концентрација арсена које су много ниже од граничне вредности јасно је да овај полутант ни на који начин не утиче на еколошку равнотежу испитаног подручја.

На основу концентрација два узорка посматрано подручје ни на који начин није еколошки угрожено од стране испитаних штетних микроелемената

Литература:

Министарство пољопривреде шумарства водопривреде (1994): Правилник о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање и методама за њихово испитивање. СГ РС 23/94 с.553-554.

Министарство пољопривреде шумарства водопривреде (2002): Правилник о методама органске биљне производње и о сакупљању шумских плодова и лековитог биља као производа органске пољопривреде. СГ РС 51/02 с.6-12-554.

Мрвић, В., Здравковић, М., Сикирић, Б., Чакмак, Д., Костић-Крављанац, Ј. (2009): Извори загађивања земљишта тешким металима. Ед Институт за земљиште, Београд. Плодност и садржај опасних и штетних материја у земљиштима Србије с. 75-216.

Kabata-Pendias, A., and H. Pendias. (2001): Trace elements in soil and plants. 3rd ed. Press, BocaRaton, FL

Влада републике Србије (2010): Уредба о програму систематског праћења квалитета земљишта, индикаторима за оцену ризика од деградације земљишта и методологији за израду ремедијационих програма. СГ РС 88/10 с. 226-231

5. ПРОГРАМ ЗАШТИТЕ ОД ЕРОЗИЈЕ И БУЈИЧНИХ ПОПЛАВА НА СЛИВУ

У складу са уоченим природним карактеристикама истраживаног подручја, анализом израђених подлога, као и непосредним обиласком терена, детерминисане су основне смернице за противерозионо уређење. Оне садрже следеће сегменте: побољшање инфилтрационо-ретенционих карактеристика земљишта на нагибима; подизање попречних објеката у мањим притокама (у циљу заустављања наноса, стабилизације корита и обала); чишћење и одржавање постојећих објеката (регулације, путни пропусти); примена административних мера (забране и препоруке), на основу одговарајуће планске документације (*Планови за проглашење ерозионих подручја и одбрану од бујичних поплава*).

5.1. Побољшање инфилтрационо-ретенционих карактеристика земљишта на нагибима

Побољшање инфилтрационо-ретенционих карактеристика земљишта на нагибима могуће је реализовати применом следећих решења:

- противерозионо пошумљавање деградираних шумских, ливадско-пашњачких, обрадивих површина и голети;
- попуњавање проређених шумских састојина;
- примена илофилтерских система на стрмим падинама које гравитирају хидрографској мрежи;
- примена противерозионе агротехнике на нагнутих теренима (контурно орање; терасирање; заштитни плодоређи);
- примена мера агрошумарства (селективно коришћење површина за испашу стоке; подизање заштитних баријера).

5.2. Подизање попречних објеката у мањим притокама

На истраживаном подручју уочено је више десетина мањих водотокова (стални и повремени токови; јаруге; суводолине), који у периодима појаве интензивних падавина, отапањем снега или коинциденцијом ових појава примају велике количине воде, која веома брзо доспева до већих токова.

У коритима сталних водотока предлаже се подизање прагова (са корисном висином до 2 метра), искључиво од габиона (нижа цена израде него бетонски или објекти од камена у цементном малтеру; флексибилни, трпе деформације и остају у функцији; могућност једноставне замене оштећених сегмената; естетски и визуелно прихватљивији).

У коритима повремених водотокова и јаругама, предлаже се коришћење комбинованог система са габионским праговима и плетерима (габиони се користе на профилима где постоји опасност од дестабилизације обалних косина, са корисном висином до 100 cm; плетери се формирају у систему, са корисном висином до 80 cm). У

заплавима плетера обавити садњу жбунастих или дрвенстих врста, како би дошло до трајног везивања наноса.

5.3. Чишћење и одржавање постојећих објеката

Чишћење и одржавање изграђених објеката су претпоставке њихове функционалности у предвиђеном периоду коришћења.

Ово се односи, пре свега, на регулисане деонице река и притока. На изведеним регулацијама нису уочена већа оштећења, али се мора уклонити нанет ерозиони материјал, као и самоникла вегетација. На нерегулисаној деоницама водотокова,, приоритетно се мора уклонити вегетација, која корењем прораста и оштећује косине и значајно смањује пропусну моћ протицајног профила приликом појаве великих вода. Значајан извор површинског отицаја и наноса представља путна мрежа, поготово некатегорисани путеви (шумски путеви, макадами), који често немају риголе (канални за евакуацију површинског отицаја са коловоза и путних косина). Уколико их имају, неопходно је редовно чишћење и одржавање. Такође, неопходно је редовно чишћење и одржавање путних пропуста, који су потпуно или делимично засути ерозионим материјалом. На уливним главама пропуста потребно је изградити уливна крила, поставити решетке за заустављање крупних фракција наноса, и обавити чишћење после наиласка великих вода. Пре уливних глава пропуста потребно је изградити мање попречне објекте (прагове корисне висине 1-1.5m), за заустављање наноса, од крупног каменог набачаја, бетона или габиона, чији заплави се морају чистити после сваког наиласка велике воде. Такође, неопходно је обезбедити изливе пропуста на косинама (формирањем сложаја од крупних комада камена), јер лако долази до еродирања земљишта и дестабилизације пропуста.

5.4. Израда планске документације и примена административних мера

Бујичне поплаве, као најчешћа појава из арсенала “природних ризика” на територији Србије, захтевају озбиљан приступ који се може реализовати кроз следеће активности:

- идентификација зона ризика (читави сливови или поједине деонице корита);
- мониторинг (ниво воде у речном кориту; количина падавина), прогноза и систем упозорења;
- краткорочне мере заштите;
- дугорочне мере заштите;
- начин коришћења земљишта и управљање ризиком;
- едукација јавности и информисање.

Краткорочне мере заштите односе се на све поступке који се могу извести релативно брзо: административна забрана градње у плавној зони; чишћење регулација; забрана сече шума на нагибима. Дугорочне мере заштите се односе на: израду акумулација и ретензија за прихват поплавених вода; измештање стамбених и инфраструктурних објеката из угрожених зона; противерозионо уређење сливова; регулационе радове у коритима бујичних токова. Промена начина коришћења земљишта, у циљу смањења ерозионе продукције и побољшања инфилтрационо-ретенционих својстава земљишта (пошумљавање, затрављивање, противерозиона агротехника), представља одлучујући

корак којим се ризик од појаве брзог површинског отицаја своди на минимум. Дефинисане зоне ризика и уочена сезоналност у појави великих вода отварају могућност формирања система раног упозорења у реалном времену, чиме се значајно смањују потенцијалне штете и ризик за локално становништво.

Одбрану од поплава на водотоковима II реда спроводи локална самоуправа, према члану 55. (став 5) *Закона о водама*, (Сл. Гл. РС, бр. 30/2010). Неопходно је остварити усклађеност планова за ванредне ситуације на локалном нивоу (општински планови) са националним плановима. Када су у питању поплаве и бујичне поплаве, локалним самоуправама је потребан отворен, неограничен приступ националним ресурсима у домену осматрања и обавештавања.

Планови за одбрану од бујичних поплава на територији локалне самоуправе (општина или град) треба да имају интегрални карактер, што значи да у просторном обухвату третирају целокупан простор. То практично значи да се примењују на бујичним сливовима и деоницама бујичних водотокова где нема одбрамбених грађевина и система, али и на онима који имају формиране одбрамбене структуре. Тиме је обезбеђена могућност организовања интегралне одбране од штетног дејства бујичних поплава на целокупном простору локалне самоуправе.

Општинским плановима дефинише се програм мера, радова и активности за неповољне хидролошке околности на назначеном подручју у целини. Ови радови, мере и активности су систематизовани по фазама одбране од поплава и по учесницима (општинским субјектима), са дефинисаним задужењима и обавезама у свакој фази одбране посебно.

У оквиру планова је извршено и усаглашавање рејонизације општинског подручја са секторима и деоницама одбране од поплава по водним подручјима, у складу са годишњим оперативним плановима Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде – Републичке дирекције за воде.

Интензитет и распрострањеност ерозионих процеса на деловима територије истраживаног подручја, као и интензитет историјских бујичних поплава (Чађавица, Кржава, Брштица 2014; Љубовића 2001, 2014), представљају факторе угрожавања привредних активности, сигурности грађана и деградације животне средине. Ово је важно узети у обзир приликом израде планских докумената (Просторни, Урбанистички, Регулациони планови), нарочито у општинама које имају значајан део територије на теренима под нагибима (што је случај општина на истраживаном подручју). Један од циљева израде планске документације јесте стварање законске подлоге за примену одређених превентивних и административних мера, у циљу минимизирања ризика од појаве деструктивних ерозионих процеса и бујичних поплава.

Важећи законски прописи ову материју уређују на нивоу Републике Србије, обавезивањем локалних самоуправа да израде следеће документе:

❖ **План за проглашење ерозионих подручја на територији општине** (члан 61 *Закона о водама*, Сл. Гл. РС, бр. 30/2010);

❖ **Оперативни План за одбрану од бујичних поплава на водотоковима II реда** (члан 55, став 5, *Закона о водама*, Сл. Гл. РС, бр. 30/2010).

Израда Плана за проглашење ерозионих подручја и одбрану од бујичних поплава у многоме помаже обликовање основних поставки Просторног и Урбанистичког плана општине:

- ✓ издвајају се ерозиона подручја општине, која су истовремено и деградирани сегменти животне средине;
- ✓ формира се катастар бујичних токова, лоцирају критични профили (сужења речног корита, депоније), рачунају се максимални протицаји (што отвара могућност каснијег детерминисања плавних зона);
- ✓ могућност планирања у домену оптималног коришћења производног потенцијала површина и њихове заштите, изградње инфраструктуре, привредних и стамбених објеката, који се лоцирају у безбедне зоне.

Израдом поменутих Плана општина има право да донесе одлуку о Проглашењу ерозионих подручја на својој територији, чиме се позитивно утиче на режим коришћења земљишта, шума и вода са еколошким, економским и социјалним последицама. Израда или измена *Просторног Плана општине* требало би да уследи после израде *Плана о проглашењу ерозионих подручја и одбране од бујичних поплава*. Овакав приступ повлачи афирмативне последице на опште привредне и животне услове, јер долази до успостављања критеријума за коришћење локалних ресурса на бази одрживости.

5.5. План за проглашење ерозионих подручја

План за проглашење ерозионих подручја локална самоуправа доноси на основу израђеног Елабората који садржи следеће елементе:

- карту ерозије;
- карту коришћења земљишта (карте се израђују у жељеној размери, најчешће P=1:25000, P=1:50000).

Сви подаци су у дигиталном облику чиме је омогућена контрола и ревизија, у складу са променом стања на терену (карте су векторизоване и геореференциране). Подлоге које се користе за израду ових карата су:

- основна топографска карта P=1:25000;
- аерофото снимци (P=1:25000);
- сателитски снимци;
- геолошке (P=1:100000);
- педолошке карте (P=1:50000);
- хидрометеоролошки подаци (из мерне мреже Републичког Хидрометеоролошког Завода).

Применом методе "Потенцијала ерозије", познате и као метод "професора Гавриловића" (коришћена је за сликове који се налазе на територији истраживаног подручја), израђује се карта ерозије за подручје општине. Карта има квалитативно-квантитативну вредност, јер се поред информације о типу ерозије добија и податак о ерозионој продукцији на годишњем нивоу. Карта је основни елемент Плана и полазна основа за утврђивање диспозиције ерозионих подручја, на деловима општине. Посебно су угрожена земљишта на нагибима, која се веома лако оштећују неконтролисаним људским активностима. Стручне службе општина су дужне да саставе табеларни попис парцела са подацима о кориснику, површини, нагибу, начину коришћења. На угроженим површинама се прописују административне забране:

- гајење окопавина на нагибима;
- орање низ нагиб;
- чиста сеча на нагибима;
- испаша на деградираним пашњацима;
- кресање лисника ради исхране стоке.

Истовремено, дају се и одређене препоруке власницима земљишта:

- примена контурне обраде земљишта;
- формирање тераса на стрмим парцелама;
- претварање деградираних њива у ливаде;
- мелиорације деградираних пашњака;
- пошумљавање голети;
- противерозионо газдовање земљиштем и шумама.

5.6. Оперативни План за одбрану од бујичних поплава на водотоковима II реда

Распрострањеност и фреквенција бујичних поплава чине их најчешћом појавом из арсенала природних катастрофа на територији Србије, што важи и за територију Западне Србије. Бујичне поплаве су, углавном последица кратких киша јаког интензитета ($T_k < 24h$), са наглим порастом нивоа воде која је оптерећена значајним учешћем чврсте фазе.

Оперативни План за одбрану од бујичних поплава на водотоковима II реда локална самоуправа доноси на основу претходно израђеног Елабората. Користе се подлоге које су припремљене за израду *Плана за проглашење ерозионих подручја*, проширене детаљном хидролошком анализом свих потенцијално опасних водотокова. Формира се *Катастар бујичних водотокова на територији локалне самоуправе*, са детаљним приказом физичко-географских карактеристика (површина слива; дужина слива по главном току; одстојање од тачке најближе тежишту до излазног профила; апсолутни нагиб речног корита; уравни пад; начин коришћења земљишта; хидролошке класе земљишта). Посебан акценат се даје анализи киша трајања $T_k < 24h$, које су главни узрочник појаве бујичних поплава. На основу дефинисаних меродавних падавина приступа се прорачуну великих вода одређене вероватноће појаве $Q_{max(\%)}$. Када су у питању бујични водотокови најчешће коришћена вероватноћа појаве јесте $p=1\%$, односно, појава са повратним периодом од 100 година. За сваки критичан профил даје се хидрограм директног отицаја, за максималан протицај $Q_{max(1\%)}$. Уколико је познат

протицај на одређеној деоници водотока, са снимљеним попречним профилима, може се конструисати линија нивоа велике воде и одредити плавна зона.

На основу претходно дефинисаних параметара израђује се *Оперативни План за одбрану од бујичних поплава на водотоковима II реда*, који између осталог, садржи и следеће елементе:

- подаци о штабу за одбрану од бујичних поплава, са руководиоцем и заменицима, системом комуникације;
- шема повезивања штаба са радарским центром РХМЗС у циљу правовремене најаве олујне кише;
- шема повезивања са штабовима суседних општина у циљу координације одбране.

Уколико се прогласи опасност од бујичне поплаве руководилац штаба ангажује сва јавна и приватна предузећа која имају механизацију, месне заједнице и све пунолетне грађане. Ако је предвиђена поплава катастрофалних размера, даје се узбуна, врши евакуација људи и покретних добара, приступа активним мерама одбране (чишћење критичних деоница бујичних корита, формирање насипа). Дефинисане плавне зоне са јасно означеним коритом за велике воде, постају битан елемент Просторног и Урбанистичког Плана (постоји јасна представа о томе где не треба градити објекте, саобраћајнице, комуналну инфраструктуру, чиме се смањују потенцијалне штете).

5.7. Елементи програма заштите од ерозије и бујичних поплава на истраживаном подручју

На сливовима који се налазе на територији истраживаног подручја уочено је више мањих водотокова (стални и повремени токови; јаруге; суводолине), који у периодима појаве интензивних падавина, отапањем снега или коинциденцијом ових појава, примају велике количине воде, која веома брзо доспева до корита река (Кржава, Чађавица, Брштица и Љубовића), са великим количинама наноса. Такође, издвојене су површине са развијеним ерозионим процесима, различитих форми и интензитета, на којима су неопходни одређени биолошки и биотехнички захвати. У коритима повремених водотокова и јаругама, предлаже се коришћење комбинованог система са габионским праговима и плетерима (габиони се користе на профилима где постоји опасност од дестабилизације обала, са корисном висином до 100cm; плетери се користе у серијама, са корисном висином до 80cm).

На основу анализе израђених подлога и концепта противерозионог уређења слива реке (Кржава, Чађавица, Брштица и Љубовића), формулисан је *Програм заштите од ерозије и бујичних поплава на сливу реке* :Кржава, Чађавица, Брштица и Љубовића, са предлогом мера, оквирним обимом радова и процењеним трошковима реализације. **Програм представља смерницу која треба да буде основ за будућу израду техничке документације, у складу са Законом о планирању и изградњи (Сл. Гл. РС, бр. 64/2010), и не може се сматрати меродавном техничком документацијом.**

Програм заштите од ерозије и бујичних поплава на сливу реке Кржаве обухвата следеће радне позиције:

- израда Плана за проглашење ерозионих подручја на територији општине Крупањ;
- израда Оперативног Плана за одбрану од бујичних поплава на водотоковима II реда на територији општине Крупањ;
- противерозионо пошумљавање на елипсе (припрема садних места на земљишту са високим учешћем скелета обавља се експлозивом), на око 10 ha (размак између редова и садница је 3 метра, укупно 340 садница по хектару);
- мелиорације деградираних ливада и пашњака подсејавањем, на око 12 ha (примењују се травно-легуминозне смеше прилагођене локалним физичко-географским, педолошким и климатским условима, са сетвеном нормом од 100 kg/ha, односно, 10 gr/m²);
- формирање илофилтерских појасева на површини од 5.00 ha (користе се деветорени појасеви према Росићу, са шест редова жбуња, три реда дрвећа, и сетвом травне смеше између редова);
- пошумљавање на сливу , на површини од 50 хектара
- Чишћење нерегулисаног корита, главног дела водотока у дужини од око 1km
- Чишћење регулисаног корита, главног дела водотока у дужини од око 0.5 km (регулација кроз град Крупањ)
- израда плетера (6 локација, 11 система са 35 плетера, просечне дужине 10 метара, укупне дужине 350 m);
- израда 4 габионска прага (корисне висине до 2m; просечна запремина уграђеног камена по прагу: 150 m³)

Програм заштите од ерозије и бујичних поплава на сливу реке Чађавице обухвата следеће радне позиције:

- израда Плана за проглашење ерозионих подручја на територији општине Крупањ;
- израда Оперативног Плана за одбрану од бујичних поплава на водотоковима II реда на територији општине Крупањ;

- противерозионо пошумљавање на елипсе (припрема садних места на земљишту са високим учешћем скелета обавља се експлозивом), на око 13 ha (размак између редова и садница је 3 метра, укупно 340 садница по хектару);
- мелиорације деградираних ливада и пашњака подсејавањем, на око 20 ha (примењују се травно-легуминозне смеше прилагођене локалним физичко-географским, педолошким и климатским условима, са сетвеном нормом од 100 kg/ha, односно, 10 gr/m²);
- формирање илофилтерских појасева на површини од 6.00 ha (користе се деветорени појасеви према Росићу, са шест редова жбуња, три реда дрвећа, и сетвом травне смеше између редова);
- пошумљавање на сливу , на површини од 70 хектара
- Чишћење нерегулисаног корита, главног дела водотока у дужини од око 2 km
- Чишћење регулисаног корита, главног дела водотока у дужини од око 0.8 km (регулација кроз град Крупањ)
- израда плетера (10 локација, 16 система са 50 плетера, просечне дужине 10 метара, укупне дужине 500 m);
- израда 8 габионска прага (корисне висине до 2m; просечна запремина уграђеног камена по прагу: 150 m³)

Програм заштите од ерозије и бујичних поплава на сливу реке Брштице обухвата следеће радне позиције:

- израда *Плана за проглашење ерозионих подручја на територији општине Крупањ;*
- израда *Оперативног Плана за одбрану од бујичних поплава на водотоковима II реда на територији општине Крупањ;*
- противерозионо пошумљавање на елипсе (припрема садних места на земљишту са високим учешћем скелета обавља се експлозивом), на око 4 ha (размак између редова и садница је 3 метра, укупно 340 садница по хектару);

- мелиорације деградираних ливада и пашњака подсејавањем, на око 8 ха (примењују се травно-легуминозне смеше прилагођене локалним физичко-географским, педолошким и климатским условима, са сетвеном нормом од 100 kg/ха, односно, 10 gr/m²);
- формирање илофилтерских појасева на површини од 2 ха (користе се деветорени појасеви према Росићу, са шест редова жбуња, три реда дрвећа, и сетвом травне смеше између редова);
- пошумљавање на сливу , на површини од 40 хектара
- Чишћење нерегулисаног корита, главног дела водотока у дужини од око 1 km
- Чишћење регулисаног корита, главног дела водотока у дужини од око 0.5 km (регулација кроз град Крупањ)
- израда плетера (5 локација, 8 система са 30 плетера, просечне дужине 10 метара, укупне дужине 300 m);
- израда 2 габионска прага (корисне висине до 2m; просечна запремина уграђеног камена по прагу: 150 m³)

Програм заштите од ерозије и бујичних поплава на сливу реке Љубовића обухвата следеће радне позиције:

- израда *Плана за проглашење ерозионих подручја на територији општине Љубовија;*
- израда *Оперативног Плана за одбрану од бујичних поплава на водотоковима II реда на територији општине Љубовија;*
- противерозионо пошумљавање на елипсе (припрема садних места на земљишту са високим учешћем скелета обавља се експлозивом), на око 10 ха (размак између редова и садница је 3 метра, укупно 340 садница по хектару);

- мелиорације деградираних ливада и пашњака подсејавањем, на око 15 ha (примењују се травно-легуминозне смеше прилагођене локалним физичко-географским, педолошким и климатским условима, са сетвеном нормом од 100 kg/ha, односно, 10 gr/m²);
- формирање илофилтерских појасева на површини од 8 ha (користе се деветорени појасеви према Росићу, са шест редова жбуња, три реда дрвећа, и сетвом травне смеше између редова);
- пошумљавање на сливу, на површини од 100 хектара
- Чишћење нерегулисаног корита, главног дела водотока у дужини од око 5 km
- Чишћење регулисаног корита, главног дела водотока у дужини од око 2 km (регулација кроз град Љубовију)
- израда плетера (20 локација, 8 система са 80 плетера, просечне дужине 10 метара, укупне дужине 800 m);
- израда 10 габионска прага (корисне висине до 2m; просечна запремина уграђеног камена по прагу: 150 m³)

6. ЗАКЉУЧАК

Бујичне поплаве представљају најчешћу појаву из арсенала природних хазарда, нарочито на бази чињенице да је на територији Србије регистровано преко 12 000 бујичних водотокова. Ерозиони процеси, као један од катализатора бујичних поплава, захватају 75% територије Србије, са просечном годишњом продукцијом ерозионог материјала од 30 милиона m³, од чега око 8 милиона m³ доспева до хидрографске мреже. Учесталост појава бујичних поплава, њихов интензитет и просторна распрострањеност, чине их сталном претњом са несагледивим последицама у еколошкој, економској и социјалној сфери.

Током израде Пројекта детаљно су анализирани природне околности као и репрезентативни параметри сливова четири типична бујична водотока; Брштица, Чађавица, Кржава и Љубовића. Комбинација студијског и теренског рада је омогућила детаљно сагледавање релевантних природних карактеристика, као и значајни параметри за генезу комплексног система: настанак поплавног таласа – процес површинског отицаја – процес ерозије земљишта. На овакав начин, створене су околности за боље разумевање ових комплексних природних процеса на истраживаном подручју поменутих сливова.

Природне карактеристике истраживаног простора су такво да погодују развоју процеса флувијалне ерозије. Оваквим околностима значајно доприносе карактеристике рељефа као и сиромашан земљишни слој земљишта са ограниченим могућностима за инфилтрацију и ретенцију атмосферског талоба. Нерационалне размере антропогенних активности у контексту неадекватног начином управљања шумских и пољопривредним земљиштем додатно доприноси развоју различитих форми ерозије.

Као једна од типичних активности у сливу, грађевинско-технички радови (попречни и уздужни) успешно решавају акутне проблеме одбране и заштите насеља, саобраћајница, индустријских и других објеката, пољопривредних површина од бујичних поплава. Попречни објекти решавају проблем фиксирања и стабилизације корита, спречавају ерозију дна и обала и задржавају вучени нанос док им се не попуни акумулациони простор.

Биолошким и биотехничким радовима проблем ерозије се трајно решава. Примери из праксе су показали да третирање биолошким и биотехничким противерозионим мерама површина угрожених ерозијом, значајно утицало на смањење транспорта наноса а самим тим и интензитета ерозије.

Све наведено указује да само оптималном комбинацијом техничких и биолошких радова може успешно одговорити процесима ерозије земљишта. Одабир методолошког склопа активности у сливу зависе од много фактора (природне карактеристике слива и корита бујичног тока, објекта који се брани и др.) и за сваки бујични слив је јединствена и непоновљива. Из овог разлога, пре пројектовања противерозионих радова претходно се морају детаљно проучити све природне карактеристике слива и корита бујичног тока и објеката који се бране од ерозије и бујичних поплава.

У складу са уоченим природним карактеристикама истраживаног подручја, детаљном анализом аналогних и дигиталних база података, као и непосредним обиласком терена, детерминисане су основне смернице за противерозионо уређење. Оне садрже следеће сегменте: побољшање инфилтрационо-ретенционих карактеристика земљишта на нагибима; подизање попречних објеката у мањим притокама (у циљу заустављања наноса, стабилизације корита и обала); чишћење и одржавање постојећих објеката (регулације, путни пропусти); примена административних мера (забране и препоруке) на основу одговарајуће планске документације (*Планови за проглашење ерозионих подручја и одбрану од бујичних поплава*).