

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Географски факултет
Смер: Геопросторне основе животне средине
Предмет: Мониторинг земљишта и воде

Семинарски рад

МОНИТОРИНГ ЗЕМЉИШТА И ВОДЕ НА ТЕРИТОРИЈИ СЛИВА ЛЕПЕНИЦЕ

Професори:

др Славољуб Драгићевић

др Иван Новковић

Студенти:

Ирена Благајац, 2/2017

Марија Ђурић, 36/2017

Ана Мијатовић, 44/2017

Адријана Лежаић, 146/2017

Београд, 2020. године

САДРЖАЈ

| | |
|--|----|
| УВОД..... | 3 |
| ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ | 4 |
| ПРИРОДНИ УСЛОВИ..... | 6 |
| Рељефни услови | 6 |
| Хипсометрија..... | 6 |
| Нагиб терена..... | 7 |
| Експозиција рељефа по странама света..... | 8 |
| Карта експозиције рељефа (азимут) | 10 |
| Геолошке карактеристике | 10 |
| Педолошке карактеристике | 13 |
| Климатске карактеристике..... | 16 |
| Температурна својства | 16 |
| Инсолација и облачност | 17 |
| Влажност ваздуха | 17 |
| Ветрови | 17 |
| Падавине | 18 |
| Хидролошке карактеристике | 19 |
| ПРОТИЦАЈ | 20 |
| Анализа режима протицаја | 20 |
| Вегетација..... | 26 |
| NDVI карта | 29 |
| Физичко-хемијска својства земљишта | 31 |
| Садржај песка у земљишту | 31 |
| pH вредност земљишта | 31 |
| Садржај глине у земљишту | 32 |
| Садржај силта у земљишту | 33 |
| БИЛАНС НАНОСА | 34 |
| КВАЛИТЕТ ВОДА | 37 |
| Праћење квалитета вода..... | 37 |
| Стање квалитета вода..... | 38 |
| Serbian Water Quality Index (SWQI) | 39 |
| ИНТЕНЗИТЕТ ЕРОЗИЈЕ НА ПРОСТОРУ СЛИВА | 42 |
| Ерозија обала..... | 48 |
| ЗАГАЂИВАЧИ ЗЕМЉИШТА (ТЕШКИ МЕТАЛИ) | 50 |
| ЗАКЉУЧАК | 58 |
| ЛИТЕРАТУРА | 59 |

УВОД

Под мониторингом се подразумева праћење стања и квалитета свих медијума животне средине. Систем контроле животне средине укључује три основна вида делатности, посматрање и контролу ради утврђивања стања животне средине, прогнозирање у животној средини под утицајем природних и антропогених фактора и управљање животном средином и мере регулisaња стања. Еколошки мониторинг се односи на квалитет животне средине где су важне информације о стању елемената животне средине, па се тако може вршити мониторинг ваздуха, земљишта, воде, буке и вибрације. Такође, програм мониторинга представља континуирани процес који укључује идентификовање проблема у животној средини, сакупљање података, одређивање неопходних поступака за мерење загађујућих материја и енергија, утврђивање критеријума мерења и корективне мере (Милановић, Љешевић, Милинчић, 2012). У овом семинарском раду биће извршен мониторинг земљишта и воде за територију слива реке Лепенице. Мониторинг земљишта и воде подразумева праћење стања и квалитета како педолошког покривача, тако и водних ресурса.

У раду ће бити анализирани физичко-географске карактеристике, као и протицај и биланс наноса, интензитет ерозије и загађивање земљишта тешким металима у сливу реке Лепенице. Физичко-географске карактеристике су представљене рељефним условима, геологијом и педологијом слива, климатским и хидролошким карактеристикама и вегетацијском покривеношћу. Протицај и биланс наноса су приказани на основу хидролошких годишњака, а интензитет ерозије ће бити приказан према методу Гавриловића.

Лепеница извире на падинама Гледићких планина (у Голочелу из извора Студенац на 380 m надморске висине), а у Велику Мораву се улива источно од Баточине. У прошлости је имала различиту дужину и мењала је своје ушће. Због изливања Велике Мораве и издизања њене алувијалне равни, Лепеница је у доњем току скренула у правцу севера и тако је текла паралелно са Великом Моравом, поред Лапова и Марковца до Новог Села. Ипак, за време поплаве 1897. године она је код Рогота скренула у правцу истока и тако усекла ново корито и померила ушће (Гавриловић, Дукић, 2014). Након регулационих радова дужина Лепенице је смањена на 48 km, а њено корито на територији Крагујевца је регулисано. За време катастрофалне поплаве 1910. године под водом је било више од половине града Крагујевца (Гавриловић, Дукић, 2014).

Лепеница спада у реке које су сиромашне водом, иако има велики број притока. У Крагујевачкој котлини њој притиче 28 водотока (кратке реке или бујични токови, од којих многи током летњег периода пресуше) (Гавриловић, Дукић, 2014).

За израду појединих карата коришћене су одређене геолошке, педолошке карте и карта ерозије. Извори података који су такође коришћени за израду карата су Corine Land Cover 2018, мултиспектрални сателитски снимци LANDSAT 8 сателита, DEM (Дигитални модел висина) резолуције 100 m, Open soil grids.

Програми који су коришћени за обраду података су QGIS 3.8 и Geomedia Professional.

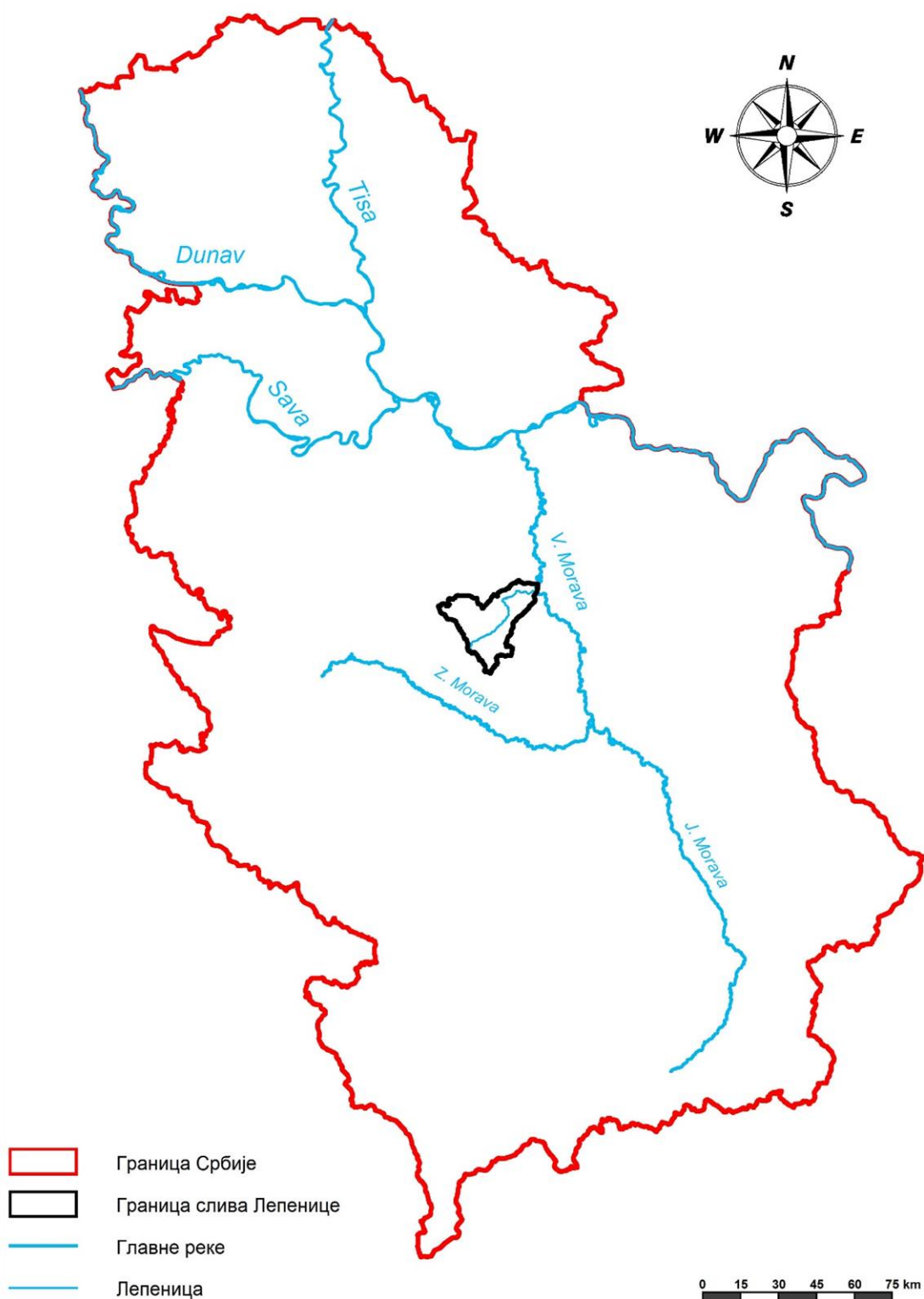
ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ

Слив реке Лепенице се простире у источном делу централне Шумадије на површини од 641,04 km². Границе овог слива чине сливови Јасенице и Раче на северу, Груже на западу, Лугомира и Белице на југу и Осаонице и Грабовика на истоку. Јужну и западну границу слива реке Лепенице представљају Гледићке планине односно Рудник, док се на северу и истоку простире до алувијалних равни Велике Мораве и њених притока (Јасенице и Раче) (Милановић, 2007).

Лепеница извире на Гледићким планинама код брда Столице у Голочелу, а улива се у Велику Мораву као њена лева притока код Лапова. Дужина тока износи 48 km. До 1897. године ток је имао дужину од 60 km, а самим тим је и површина слива била већа - 926 km². Због великих поплаве те године, Лепеница која је текла упоредо са током Мораве поред Лапова и Марковца, скреће свој ток према истоку код Рогота. Овом променом правца тока, Лепеница је изгубила своју најдужу притоку Рачу (Милановић, 2007).

Слив реке Лепенице налази се на територији општина Крагујевац, Баточина и Лапово и има повољан географски положај у односу на битне саобраћајнице. Добру саобраћајну повезаност омогућава близина ауто пута Е-75, мрежа магистралних путева: Крагујевац – Баточина и Топола – Крагујевац – Мрчајевци, регионални путеви: Крагујевац – Јагодина и Крагујевац – Горњи Милановац, као и железничка пруга Лапово – Крагујевац – Краљево (Милановић, 2007).

Слив реке Лепенице припада сливу Црног мора и посматрајући растојања између најистуренијих тачака стиче се утисак да слив реке Лепенице има лепезаст облик. Најсевернија тачка слива, координата 44° 11' 27" северне географске ширине и 21° 02' 57" источне географске дужине јесте код Липарића, засеока села Црни Као, у близини пута Рача – Баточина, надморске висине 220 m. Најјужнију тачку слива представља Дуленски Црни врх на Гледићким планинама 897 m надморске висине, координата 43° 51' 40" северне географске ширине и 20° 54' 37" источне географске дужине. Најзападнија тачка слива јесте Божурова главица на Руднику надморске висине 723 m, координата 44° 05' 58" северне географске ширине и 20° 39' 08" источне географске дужине. Ушће Лепенице у Велику Мораву на 99 m надморске висине представља најисточнију тачку, координата 44° 10' 41" северне географске ширине и 21° 08' 36" источне географске дужине. Највиша тачка слива је Дуленски Црни врх надморске висине 897 m, а најнижа ушће Лепенице у Велику Мораву на 99 m надморске висине (Милановић, 2007).



Карта 1: Географски положај слива реке Лепенице

ПРИРОДНИ УСЛОВИ

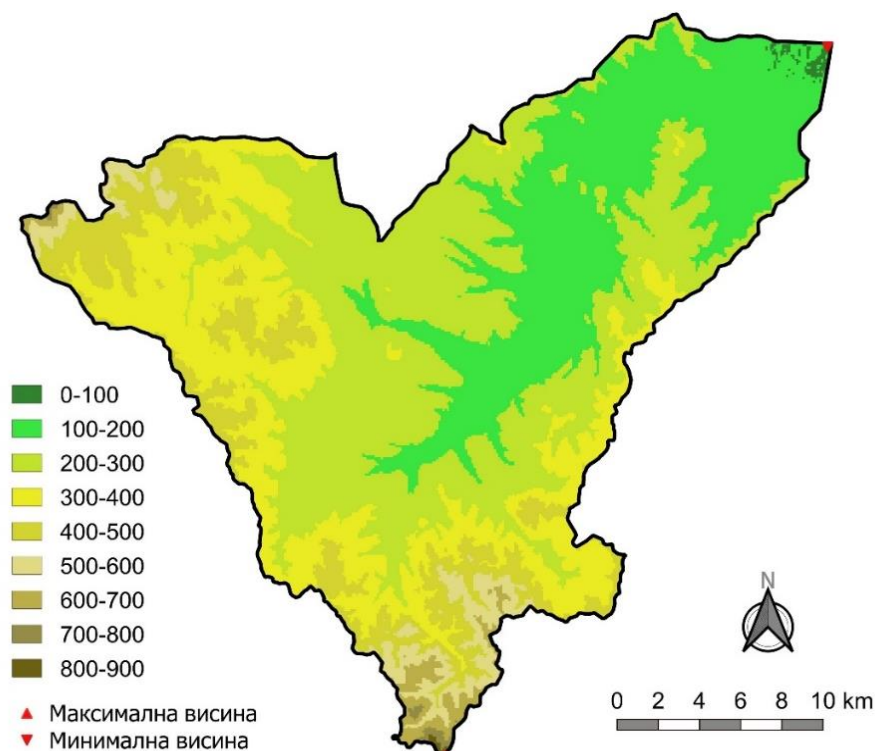
Природни услови територије подразумевају комплекс утицаја различитих елемената животне средине. Ти елементи су представљени геолошким подлогом, рељефом, климом, водом и типом вегетације, али и човеком који одређује основне карактеристике животне средине и различите аспекте коришћења територије (Драгићевић, Филиповић, 2016).

Рељефни услови

Рељефни услови територије слива биће анализирани преко хипсометрије, нагиба терена, експозиције по азимуту и експозиције према странама света.

Хипсометрија

Хипсометријске карактеристике представљају основу свих даљих истраживања и омогућују целокупну представу о терену који анализирамо. Од зависности надморске висине терена намећу се и могућности њеног планирања и правилног коришћења (Драгићевић, Филиповић, 2016). Подела рељефа према висинским зонама извршена је у три категорије, низије 0-200 m надморске висине брдски простор 200-500 m надморске висине (ниско побрђе 200-300 метара надморске висине и високо побрђе 300-500 m надморске висине) и планински простор изнад 500 m надморске висине (Милановић, 2007). Средња надморска висина слива износи 285 m. Низијски простор у сливу Лепенице представља алувијална равна која се простире на 165 km². Најнижа тачка се налази у близини ушћа Лепенице у Велику Мораву са надморске висине од 99 m. Највећи део слива покрива брдски простор укупно 441 km² и то ниско побрђе 229 km² и високо 211 km². Планинском подручју припада свега 34 km², цео планински простор припада ниским планинама. Највиши врх је Дуленски Црни врх који се налази у јужном делу слива и износи 897 метара на северним падинама Гледићких планина. На простору слива налази се још два значајнија врха Божурова глава и Рамћски висови који је налазе у северозападном делу слива на Руднику.



Карта 2: Хипсометријска карта слива реке Лепенице

Табела 1: Висинске зоне, њихова површина и удео на територији слива реке Лепенице

| Висинска зона (m) | Површина (km ²) | Удео (%) |
|-------------------|-----------------------------|----------|
| <100 | 1,75 | 0,27 |
| 100-200 | 163,64 | 25,54 |
| 200-300 | 229,19 | 35,77 |
| 300-400 | 139,13 | 21,71 |
| 400-500 | 72,72 | 11,35 |
| 500-600 | 22,88 | 3,57 |
| 600-700 | 9,48 | 1,47 |
| 700-800 | 1,61 | 0,25 |
| 800-900 | 0,43 | 0,07 |
| Укупно | 640,8 | 100 |

Нагиб терена

Нагиб терена се изражава величином угла нагиба, то је вертикални угао који заклапа површина терена са хоризонталном равни и изражава се у степенима. Према геоморфолошкој класификацији нагиба терена, нагиби до 5° сматрају се благо нагнутим теренима, нагиби од 5° до 12° су нагнута терени, док су нагиби од 12° до 32° јако нагнута терени (Јовановић, 2017).

Нагиб терена утиче на геоморфолошке процесе, климатске карактеристике, хидролошке елементе и вегетацију (Јовановић, 2017). Нагиб терена дефинише интензитет ерозивних процеса и намену терена. Како расте нагиб терена, расте и интензитет ерозивних процеса, јер расте и кинетичка енергија воде која еродује већу количину материјала. Велики удео за ерозивне процесе имају вегетација и геолошка грађа терена. Зато је важно посматрати све факторе заједно како би се донели прави закључци. Нагиб терена утиче и на температуру подлоге и ваздуха као последица неједнаких упада Сунчевих зрака. Према томе, на мањим нагибима терена опадање температуре са висином је спорије него на стрмијим падинама. Мањи нагиби терена могу довести до забаривања и отежаног отицања воде (Драгићевић, Филиповић, 2016).

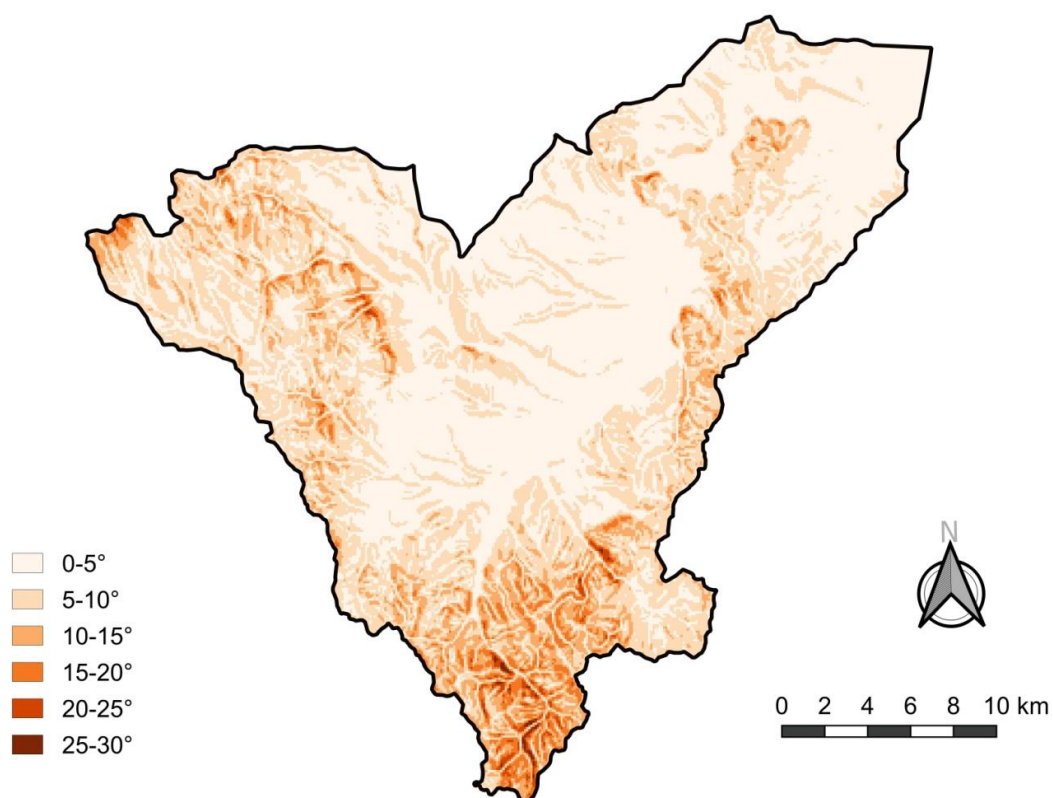
Анализом вредности углова нагиба рељефа у сливу Лепенице, утврђено је да највећу површину слива заузима нагиб терена од 0-5°, односно распрострањен је на 51,72% укупне територије. На карти се може приметити да је овакав нагиб терена карактеристичан пре свега за алувијалну раван реке Лепенице, али и за алувијалне равни њених осталих притока. Велика површина слива, око 221, 93 km², односно 34,57% укупне територије слива се налази на нагибу од 5° до 10°. На нагибима терена од 10-15° налази се 10,21% слива, а на нагибу од 15° до 20° налази се 2,81% слива. На нагибу већем од 20° налази се веома мали део слива, само 0,7%. Највећи нагиб терена налази се пре свега на Гледићким планинама, али и на источним обронцима планине Рудник. Средњи нагиб терена слива реке Лепенице износи 1,7°.

На основу нагиба терена може се закључити која је јачине ерозије на истраживаном подручју, такође важан фактор је и тип геолошке подлоге, јер на кречњацима и поред великог угла нагиба процес спирања је близак нули, али је изражена хемијска ерозија (Драгићевић, Филиповић, 2016). Иако подручја имају већи нагиб терена преко 20°, као што је у овом случају на простору Гледићких планина, може се десити да интензитет ерозије нема значајну вредност, јер су Гледићке планине под вегетацијом. Тако на пример и подручја на мањим нагибима могу имати

већи интензитет ерозије јер управо немају вегетацију, односно незаштићена су од ерозије.

Табела 2: Нагиб терена, површина и удео на територији слива реке Лепенице

| Нагиб терена (°) | Површина (km ²) | Удео (%) |
|------------------|-----------------------------|------------|
| 0-5 | 331.07 | 51.65 |
| 5-10 | 221.93 | 34.62 |
| 10-15 | 65.52 | 10.22 |
| 15-20 | 18.06 | 2.82 |
| 20-25 | 3.76 | 0.59 |
| 25-30 | 0.68 | 0.11 |
| Укупно | 641.01 | 100 |



Карта 3: Нагиб терена слива реке Лепенице

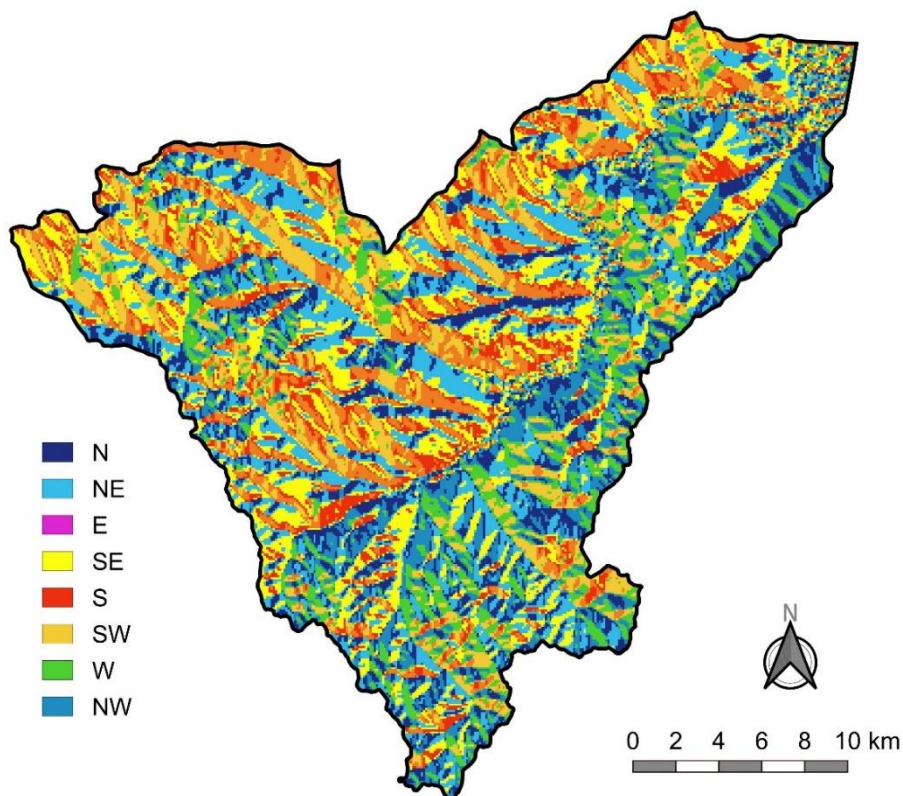
Експозиција рељефа по странама света

Експозиција рељефа према странама света утиче на светлост, влажност и температуру. Од експозиције терена зависи дужина трајања Сунчевог сјаја, температура ваздуха и њене амплитуде што директно или индиректно утиче на процес физичког распадања стена и процес денудације (Драгићевић, Филиповић, 2016).

Највећу површину у сливу заузима источна (116,64 km²) и североисточна (113,53 km²) експозиција. Источне експозиције изложене су директном Сунчевом зрачењу у преподневним часовима и тада се највећи део топлотне енергије тропи на испаравање влаге са топографске површине. Северна експозиција заузима 80,24 km². Ове експозиције имају најнеповољније услове за пријем Сунчеве топлотне енергије. На овим експозицијама је велика влажност што условљава добру пошумљеност, као и густу речну мрежу. Јужна експозиција заузима 78,08 km². Оне су најтоплије, најсувље и најбоље осветљене. Због тога је загревање земљине површине интензивније, па је и

интензитет ерозивног дејства, посебно температурног разоравања стена већи. Западна експозиција заузима површину од 61,04 km² ове експозиције обасјане су Сунцем у послеподневним часовима.

У складу са експозицијама терена мора се водити рачуна о лоцирању појединих градских садржаја. Северне експозиције су погодне за постављање складишта, док ће јужне бити намењене стамбеним зонама, као и здравствено-рекреативним просторима. Такође на јужним границама провлаче се и магистралне саобраћајнице због смањења броја дана са ледом на коловозу (Драгићевић, Филиповић, 2016).



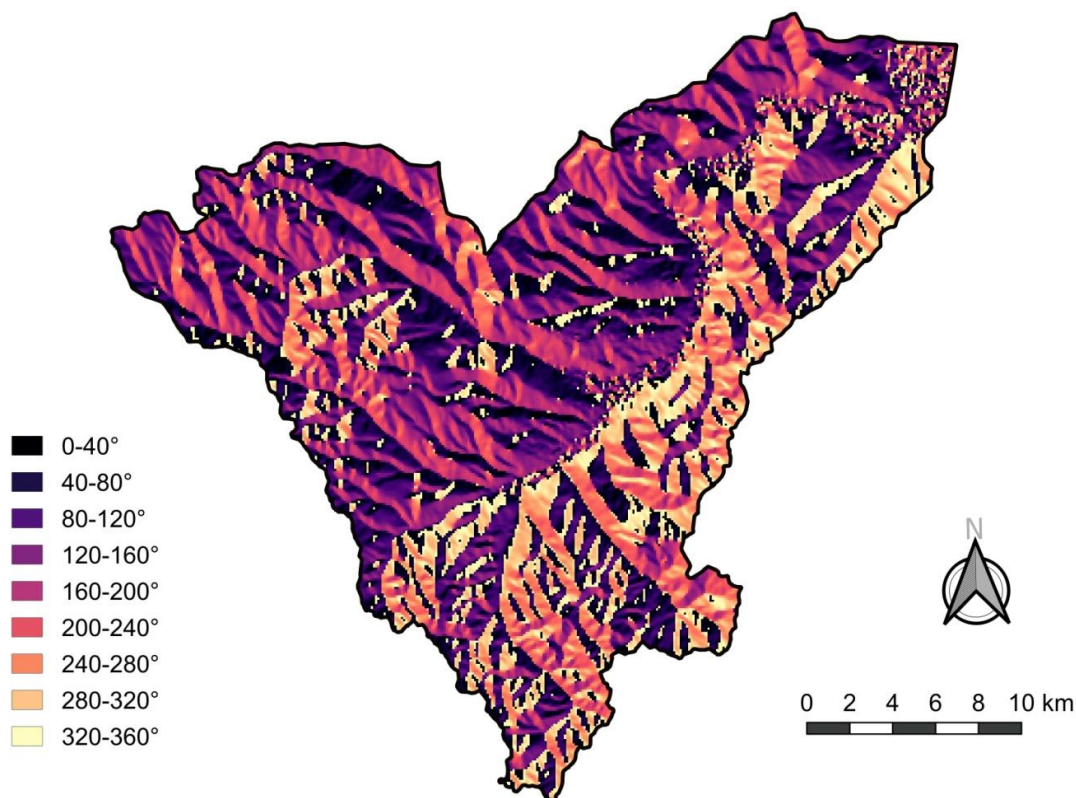
Карта 4: Експозиција терена према странама света

Табела 3: Експозиције рељефа по странама света, површина и удео у укупној површини

| Експозиција (°) | Површина у (km ²) | Удео(%) |
|-----------------|-------------------------------|------------|
| N | 80,24 | 12,5 |
| NE | 113,53 | 17,7 |
| E | 116,64 | 18,2 |
| SE | 56,69 | 8,8 |
| S | 78,08 | 12,2 |
| SW | 71,12 | 11,2 |
| W | 61,04 | 9,5 |
| NW | 63,48 | 9,9 |
| Укупно | 640,8 | 100 |

Карта експозиције рељефа (азимут)

Експозиција рељефа представља вредност азимута из дате тачке у правцу највећег нагиба. Азимут је правац дефинисан са углом у хоризонталној равни, у сферном координатном систему (Zevenbergen, Thorne, 1987). Северна експозиција има вредност од 337,5 до 22,5, североисточна од 22,5 до 67,5, источна од 67,5 до 112,5 (Драгићевић, Манојловић, 2003).



Карта 5: Експозиција рељефа слива реке Лепенице

Геолошке карактеристике

Геолошки састав слива реке Лепенице карактеришу различите врсте стена по времену и начину постанка, тако да се може закључити да је геолошки састав веома сложен. Стене датирају из свих геолошких доба, међутим не постоји сталан континуитет у геолошком развоју стена јер се нису развијале у свим геолошким периодама (Милановић, 2007).

Стене које су настале у прекамбријумској ери представљају најстарије метаморфне стене које се распростиру у источном делу слива. Кристаласти шкриљци који су прекрамбријумске старости су гнајс, микашист и амфиболитски шкриљци. Такође, заступљене су и стене палеозојске старости у виду кристаластих шкриљаца, доломитичних мермера и филита (Милановић, 2007).

Најстарији мезозојски седименти су из добра горње јуре и чине их сви пешчари, пешчарско-рожначка серија и титон-валендијски флиш. Такође, заступљени су и серпентинити јурске старости, док су још заступљени и јурски седименти силикатног карактера у виду кречњачког лапорца, рожнаца, глинаца и глинених шкриљаца. Јужно од Крагујевца налази се и мала маса серпентинита и дијабаза. Пешчарско-рожначка формација има највећу распрострањеност од свих јурских седиментата и јавља се на западном и јужном ободу слива. Чине је седиментне стене као што су крупнозрни и ситнозрни, мрки, сиви и жути пешчари, шкриљасти глинци црне боје, као и плави, сиви

и црвени рожнаци. Такође, пешчарско рожначка серија која садржи и појас гипса налази се у пределу Гледићких планина, а овој серији припадају и еруптивне стене као што су дијабази и мелафири, који су настали у виду мањих субмаринских излива. Издваја се и засебан тип дијабаз-рожначке формације који је настао у горњој јури и представљена је шкриљасто-глиновитом рожначком серијом коју чине црни и сиви глинци, црвенкасти рожнаци и мрки шкриљци, а који су у распадању. Титон-валендински флиш обухвата мрки и сиви крупнозрни пешчар који се смењује са ситнозрним глинцима, пешчарима и лапорцима. Јурској периоди припада и дијабаз (Милановић, 2007).

Највеће распрострањење мезозојских седимената имају творевине доње креде које су на западном ободу слива и оне учествују у грађи источних огранака Рудника, налазе се и на јужном ободу и улазе у састав северних огранака Гледићких планина. Прелаз из доње у горњу креду карактеришу песковити лапорци и бречасте кречњаци (Милановић, 2007).

У сливу реке Лепенице највеће распрострањење имају седименти из кенозојске ере, то су неогени језерски седименти, квартарне насlage распрострањене у нижим слојевима речних долина, као и еруптивне стене – риолити који се налазе на контакту неогених и кредних седимената. Неогене седименте чине песак, глина, лапорци и кречњаци, који су се таложили у време када је у Крагујевачкој котлини постојало језеро. Ови седименти у Крагујевачкој котлини су средње и горње миоценске старости (Милановић, 2007).

Стене настале у квартару, односно у плеистоцену, заступљене су на нижим речним терасама у виду испрекиданих слојева глине и шљункова, а који се налазе преко слојева неогена. Плеистоцене формације се посебно издвајају на тераси реке Лепенице. Код Петровца пронађене су мамутове кости које су се налазиле у плеистоценој глини (Милановић, 2007).

У холоцену, као најмлађем, геолошке формације представљене су речним наносом који се простире на дну Лепенице и њених притока. Алувијални нанос има дебљину 5 m, а као последица тога што реке протичу кроз глиновите терене, нанос је муљевит и ситан (Милановић, 2007).

За израду карте коришћене су геолошке карте размера 1:100000, лист Параћин, лист Крагујевац, лист Краљево и лист Лапово, института за проучавање земљишта.

Најмању површину слива реке Лепенице чине седименти речне терасе, палеозојски карбонатни седименти, ултрамафити и геолошка формација делувијум-проловијум, укупна површина ових формација износи 20,3 km², односно имају удео 3,16% у односу на површину целог слива реке. Седименти речне терасе заузимају само 0,13% територије и најмање су заступљени. Палеозојски карбонатни седименти обухватају 0,44%, ултрамафити 1,13% и делувијум-пролувијум 1,46% у односу на укупну површину слива.

Највећу површину слива реке Лепенице заузимају терцијарни кластични седименти који се простиру на површини од 301,89 km² (47,09%). Друга геолошка формација према површини коју обухвата су мезозојски кластични седименти и распрострањују се на 93,03 km² (14,51%), а трећа формација су алувијални седименти који имају површину 82,23 km² (12,83%).

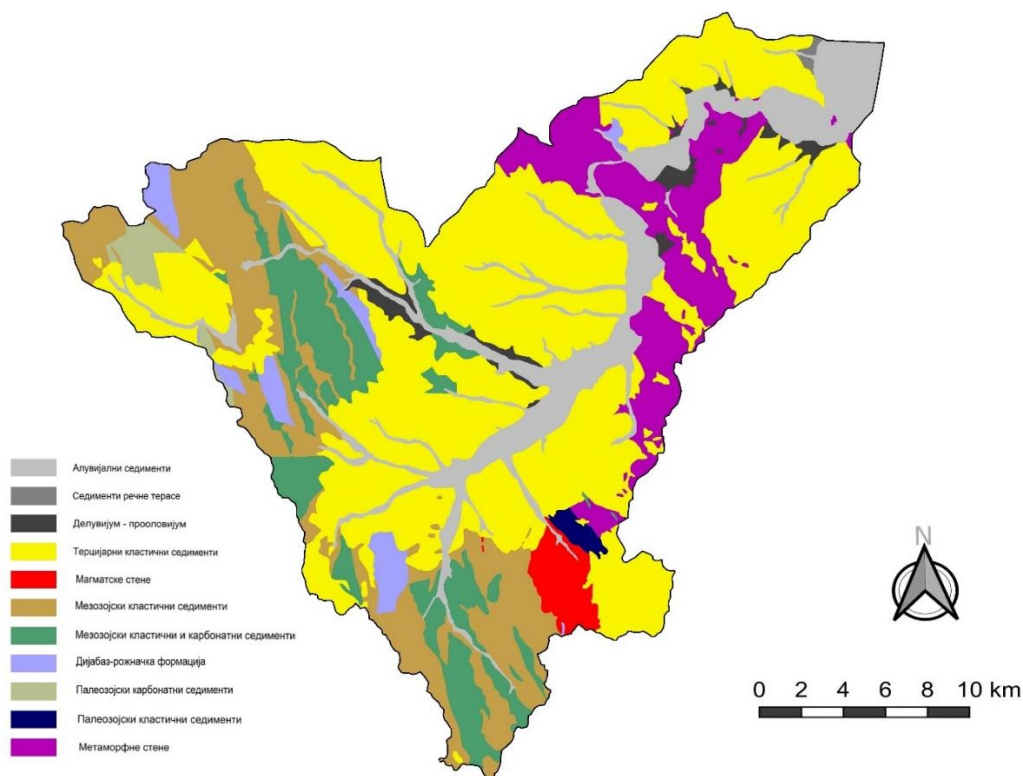
У оквиру слива реке Лепенице налазе се и стенске формације магматских стена (површина обухвата је 11 km², односно у укупној површини слива учествују са 1,72%), мезозојских кластичних и карбонатних седимената (површина обухвата је 59,4 km²,

односно у укупној површини слива учествују са 9,27%), дијабаз-рожначких формација (површина обухвата је 15,64 km², односно у укупној површини слива учествују са 2,44%), као и метаморфне стене (површина обухвата је 57,74 km², односно у укупној површини слива учествују са 8,98%).

У јужном, западном и северозападном делу слива највећу распрострањеност имају мезозојски кластични и карбонатни седименти и мезозојски кластични седименти. Може се закључити да је у централном и северном делу слива најзаступљенија геолошка формација терцијарних кластичних седимената, док у источном и североисточном делу доминирају метаморфне стене и терцијарни кластични седименти. Магматске стене груписане су само у југоисточном делу слива, а алувијални седименти прате речне токове и чине доминатну геолошку подлогу у долинама реке Лепенице и њених притока.

Табела 4: Тип стена, површина и удео у укупној површини слива

| Редни број | Тип стена (скраћено) | Тип стена | Површина (km ²) | Удео (%) |
|---------------|----------------------|---|-----------------------------|-------------|
| 1 | ALU | Алувијални седименти | 82,23 | 12,83 |
| 2 | SRT | Седименти речне терасе | 0,82 | 0,13 |
| 3 | DPR | Делувијум-проловијум | 9,37 | 1,46 |
| 4 | TKL | Терцијарни кластични седименти | 301,89 | 47,09 |
| 5 | MAG | Магматске стене | 11 | 1,72 |
| 6 | MKL | Мезозојски кластични седименти | 93,03 | 14,51 |
| 7 | MKK | Мезозојски кластични и карбонатни седименти | 59,4 | 9,27 |
| 8 | DRF | Дијабаз-рожначка формација | 15,64 | 2,44 |
| 9 | ULT | Ултрамафити | 7,27 | 1,13 |
| 10 | PKB | Палеозојски карбонатни седименти | 2,84 | 0,44 |
| 11 | MET | Метаморфне стене | 57,54 | 8,98 |
| Укупно | | | 641,03 | 100% |



Карта 6: Геолошка карта слива реке Лепенице

Педолошке карактеристике

Педологија је природна научна дисциплина која се бави проучавањем земљишта, његових својстава, постанак и еволуцију у времену, као и класификацијом и географским распрострањењем земљишта (Миљковић, 1996). Земљиште је танак слој литосфере, а који у односу на дебљину литосфере чини само танку опну која је милионити део њене дебљине, али и тако танак слој представља услов живота на Земљи (Љешевић, 2003). Земљиште настаје као резултат распадања стеновите подлоге у комбинацији са деловањем живе и не живе органске материје (Драгићевић, Филиповић, 2016).

Геолошка подлога је један од главних фактора за настанак свих врста земљишта. Спољашњи фактори делују на стенску подлогу и формира се кора распадања, а у њеном највишем делу формирају се различити типови земљишта, па тако минерални део земљишта настаје од доминанте стenske подлоге. Структура земљишта условљава и различиту осетљивост на ерозивне процесе, па је због тога важно познавати еродибилност заступљеног земљишта према разорном дејству падавина и воде која отиче сливом (Драгићевић, Филиповић, 2016).

Рељеф има велики утицај на размештај типова земљишта, као последица тога на долинским странама река у сливу Лепенице најзаступљеније је алувијално земљиште, на нижим побрђима налази се смоница, а на вишим побрђима су гајњаче и подзоли, док је на планинама скелетно земљиште. Типови тла који су раније формирани под утицајем климе представљају зонална-климатогена земљишта, то су смоница, гајњача, црвеница и подзол. За слив реке Лепенице карактеристично је да се поједини типови тла још увек налазе у процесу формирања, то су азонални типови, односно алувијум и скелетно земљиште (Милановић, 2007).

Алувијум је најплоднији тип земљишта у сливу реке Лепенице, богат је хумусом и налази се у алувијалним равнинама река: Лепенице, Грошнице, Ждралице, Драчке реке, Угљешнице и у потоцима. У депресијама око Лепенице местимично се развио глиновити алувијум који је настао плављењем и таложењем финог материјала. Овај алувијум карактерише велика количина хумуса (Милановић, 2007).

Смонице представљају основни тип тла у сливу, највише у Крагујевачкој котлини. Припадају групи плоднијих земљишта, али њихова вредност се умањује због велике влажности. Под утицајем рељефа, климе и променом биљног покривача долази до деградације смонице, а тај процес почиње испирањем креча. Због тога се око типске смонице налази смоница у огајњачавању. На влажним теренима заступљени су процеси оподзољавања смонице, а први стадијум у овом деструктивном процесу је смоница у оподзољавању, док је степен више оподзољена смоница. Западни део слива прима већу количину воденог талoга него источни, изoхијета од 700 mm воденог талoга је граница оподзољавања и тај процес се обавља у западном делу слива и на већим надморским висинама. Источни делови слива имају мање од 700 mm воденог талoга и ту се одвијају процеси огајњачавања смоница. Огајњачавање је заступљено и у брдском рељефу на oсојним странама и на теренима са великим садржајем кречњака. Права смоница је најзаступљенија на oсојним странама надморске висине до 350 m, смоница у огајњачавању према садржају хумуса може се сматрати и очуванијим смоницама него гајњачама. Огајњачена смоница је настала од смонице под утицајем рељефа, падавина и променом биљног покривача. Еродирана смоница је настала на терену деградираног биљног покривача и најзаступљенија је на Рајцу (Милановић, 2007).

Гајњача је заступљена на теренима са вишим надморским висинама, јавља се у појасу изнад смонице, на просторима са већом количином падавина и на јужним и југоисточним експозицијама. Настаје од смоница процесом уништавања шума, односно гајева, као и деловањем падавина и променом биљног покривача. Под утицајем ових фактора настају и различити подтипови гајњача у сливу реке Лепенице. Плитка гајњача најзаступљенија је на десној долинској страни Лепенице, гајњача у оподзољавању има мање хумуса и иловачастог је састава, а оподзољена смоница налази се на јужном и источном ободу Крагујевачке котлине због веће количине падавина која је неопходна да би се извршио процес оподзољавања (Милановић, 2007).

Најмање заступљен тип земљишта у сливу реке Лепенице је црвеница. Она представља фосилно земљиште које је доказ да је Шумадија у прошлости имала климу са топлијим и сувљим летима, а блажим и влажнијим зимама него данашња клима. На малим површинама заступљени су и подзоли, налазе се на надморским висинама до 500 m. Овај тип земљишта формиран је из гајњаче на вишем заравњеном терену и представља најнеплоднија земљишта у сливу. Ово земљиште је погодно само за травну и шумску вегетацију (Милановић, 2007).

Скелетно земљиште је најраспрострањеније земљиште после смоница и настаје распадањем стенске масе из подлоге или деловањем ерозије. Заступљено је на оголићеном вишем побрђу, а карактеристично је и за планинске терене, заузима пространства на Руднику и на Гледићким планинама. На овом типу земљишта највише има травне и шумске вегетације (Милановић, 2007).

На местима где се развија мочварна и барска вегетација, односно у депресијама речних долина, заступљена су мочварна хидрогена земљишта у виду минералног и органско мочварног земљишта (Милановић, 2007).

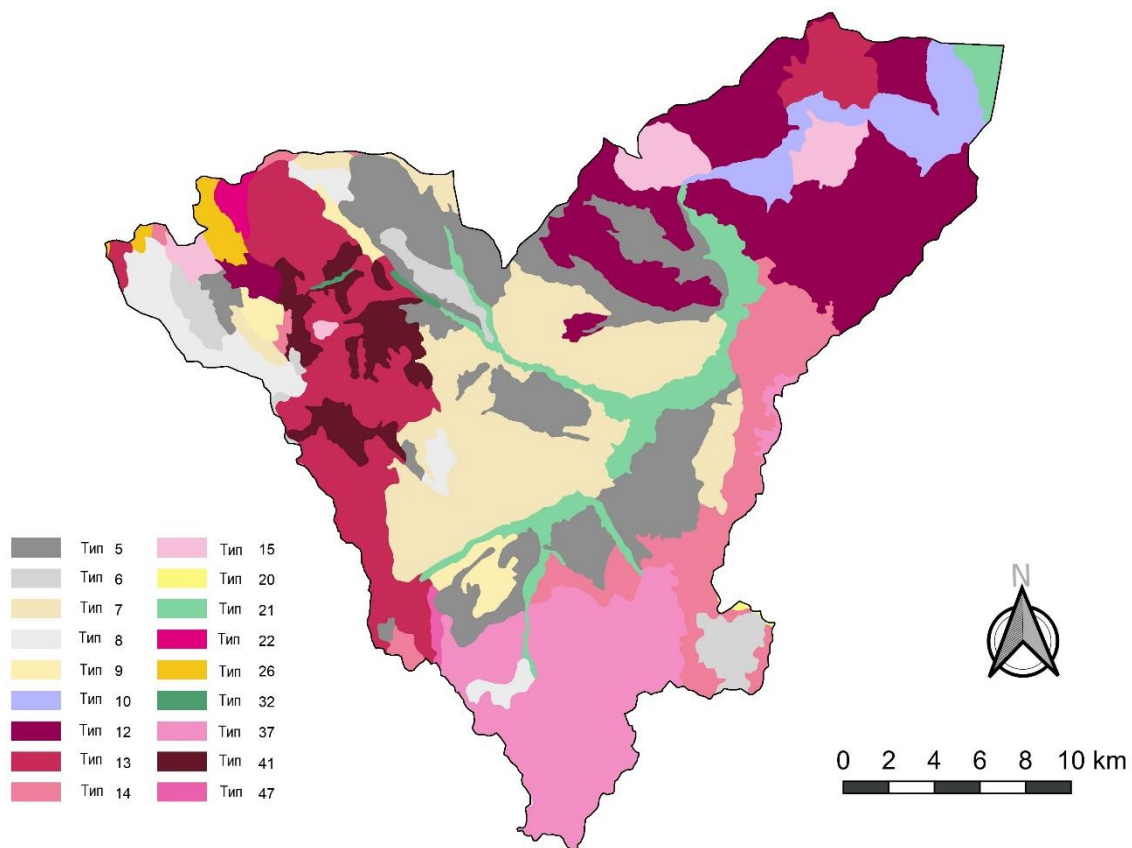
За израду педолошке карте коришћене су педолошке карте размера 1:50000, лист Крагујевац 3 и Крагујевац 4, лист Крушевац 1 и Чачак 2 (Институт за проучавање земљишта, Београд – Топчидер, израда и репродукција „ГЕОКАРАТА“ Београд, 1963. година. Аутори: М. Јеремић, Ж. Алексић, Г. Антоновић, Ђ. Филиповић, В. Никодијевић, М. Спасојевић).

Може се закључити да су у североисточном делу слива најзаступљенија земљишта гајњаче, смоница лесивирана (оподзољена), гајњача лесивирана (оподзољена) и гајњача плитка. У источном делу јавише је заступљена гајњача у лесивирању (оподзољавању), док је у западном делу карактеристична плитка гајњача. Северни део слива карактерише смоница, смоница у огајњачавању, еродирана смоница, као и смеђе скелетоидно земљиште на шкриљцима. Јужни део слива припада типу 37. У средишњем делу слива најраспрострањенија је смоница у огајњачавању и типична смоница.

Најзаступљеније земљиште у сливу реке Лепенице су гајњаче које заузимају површину од 102 km², односно обухватају 16,2% у односу на целу површину слива. Веома су заступљене и смонице у огајњачавању (обухватају површину од 95,19 km², односно 14,85% од укупне територије) и смонице које се распростиру на површини од 91,48 km², односно њихов удео у укупној површини слива износи 14,27%. Најмање заступљена земљишта су црвеница, смеђа кисела земљишта на пешчару, алувијални нанос иловести и скелетоидна и скелетна земљишта на шкриљцима. Укупна површина ових типова земљишта износи 10,67 km², односно простиру се на 1,67% у односу на проучавану територију.

Табела 5: Типови земљишта, површина и удео

| Редни број | Тип | Типови земљишта | Површина (km ²) | Удео (%) |
|------------|--------|--|-----------------------------|------------|
| 1 | Тип 5 | Смоница | 91,48 | 14,27 |
| 2 | Тип 6 | Смоница еродирана | 18,19 | 2,84 |
| 3 | Тип 7 | Смоница у огајњачавању | 95,19 | 14,85 |
| 4 | Тип 8 | Смоница у лесивирању (оподзољавању) | 21,58 | 3,37 |
| 5 | Тип 9 | Смоница огајњачена | 10,89 | 1,70 |
| 6 | Тип 10 | Смоница алувијална | 25,11 | 3,92 |
| 7 | Тип 12 | Гајњача | 102,71 | 16,02 |
| 8 | Тип 13 | Гајњача у оподзољавању | 71,8 | 11,20 |
| 9 | Тип 14 | Гајњача у лесивирању (оподзољавању) | 46,82 | 7,30 |
| 10 | Тип 15 | Гајњача еродирана | 18,84 | 2,94 |
| 11 | Тип 20 | Подзол | 0,36 | 0,06 |
| 12 | Тип 21 | Алувијум | 34,03 | 5,31 |
| 13 | Тип 22 | Црвеница | 2,76 | 0,43 |
| 14 | Тип 26 | Смеђе кисело земљиште на пешчару | 5,5 | 0,86 |
| 15 | Тип 32 | Алувијални нанос иловести | 1,07 | 0,17 |
| 16 | Тип 37 | Скелетоидна земљишта | 71,48 | 11,15 |
| 17 | Тип 41 | Смеђе скелетоидно земљиште на шкриљцима | 21,91 | 3,42 |
| 18 | Тип 47 | Скелетоидно и скелетно земљиште на шкриљцима | 1,34 | 0,21 |
| Укупно | | | 641,06 | 100 |



Карта 7: Педолошка карта слива реке Лепенице

Климатске карактеристике

Слив Лепенице припада зони умерено континенталне климе са континенталним pluviометријским режимом. Отворен је за продоре континенталних ваздушних маса које долазе са севера и истока (Милановић, 2007). По В. Дуцићу и М. Радовановићу слив Лепенице припада континенталној клими (Павловић, 2018).

Температурна својства

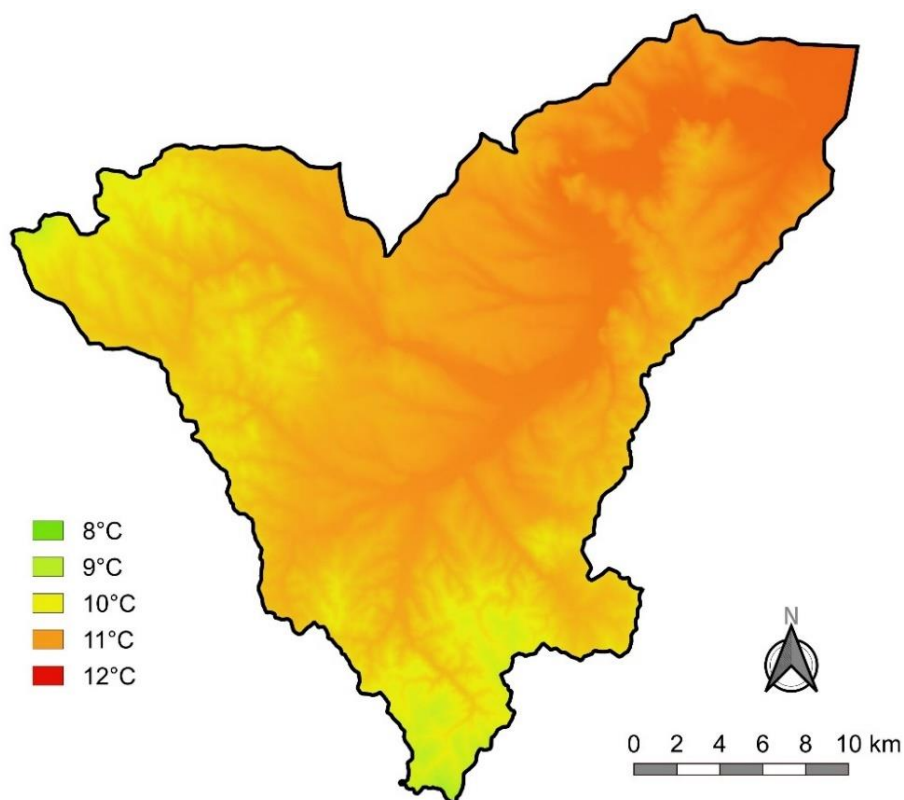
За приказ топлотног стања неког простора као најрепрезентативнији показатељ узима се средња месечна и годишња температура ваздуха са метеоролошких станица. Једина мерна станица у сливу реке Лепенице је у Крагујевцу. Средња годишња температура ваздуха у граду Крагујевцу је 11,2 °C (табела 3.). Током године је најхладнији месец јануар (-5°C), а најтоплији јул (+27°C) (ЈЕАП Града Крагујевца, 2010).

Табела 6: Средње годишње температуре ваздуха

Извор: Локални еколошки акциони план Града Крагујевца за период 2010-2014, 2010

| Период осматрања | Месеци | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|
| 1981-2009 | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| Град Крагујевац | 0,2 | 2,1 | 5,4 | 11,5 | 16,3 | 19,5 | 21,5 | 21,3 | 17,1 | 11,8 | 5,7 | 2,1 |

Користећи формулу $T = -0,0034 * H + 11,71$ добили смо распрострањење средњих годишњих температура ваздуха у сливу Лепенице која износи 10,73 °C. Температура у сливу је у распону од 8°C до 12 °C. Највише температуре су у најнижим деловима слива у доњем току реке Лепенице, док је најнижа температура у највишем делу слива, односно на планинским врховима Гледићки планина и Рудника.



Карта 8: Распрострањење темепературе ваздуха слива реке Лепенице

За ову област карактеристичне су велика дневна колебања температуре, поготово у летњим месецима када се у току дана ваздух загреје, а у току ноћи расхлади, па дневна температурна амплитуда може да износи и до 20°C (Павловић, 2018). Овакве амплитуде могу да утичу на температурно разарање стена. Услед сталног мењања температуре наступа ширење и скупљање стена, што изазива стварање пукотина и њихово прскање. Тако почиње разаравање и дробљење компактних стеновитих маса (Петровић, Манојловић, 2003).

Инсолација и облачност

У Крагујевцу се може очекивати просечно око 5,6 часова сунчевог сјаја дневно. Сунце најдуже сија у јулу (9,3 сата дневно) и августу (8,7 сати дневно), а најмањи број сунчаних часова децембар (2,1 сати /дан). Период од априла до октобра има довољно сунчевог сјаја. (Милановић, 2007). Сунчево зрачење, нарочито у летњим месецима може да се искористи у добијању соларне енергије, где би се постављали соларни панели на кровове кућа и помоћу њих становници би добијали топлу воду за своја домаћинства.

Облачност се подразумева степен покривености неба облацима, тј. величина облачног покривача у односу на цело небо. Облачност се одређује од ока, изражава се бројевима од 0 до 10 (Дуцић, Анђелковић, 2011). Средња годишња вредност за облачност у Крагујевцу износи 5,6; у летњем периоду је око 4,4 десетина, а у зимском 6,8 десетина. Средње месечне облачности се поклапају са средњим месечним температурама. Највећа облачност је у јануару, фебруару и децембру, а најмања у августу и јулу (ЛЕАП Града Крагујевца, 2010).

Влажност ваздуха

Сва вода која испари са Земљине површине доспева у атмосферу у виду водене паре. Режим влажности неког места карактерисан је количином водене паре у ваздуху, облачношћу, висином и честином падавина у течном и чврстом стању (Дуцић, Анђелковић, 2011).

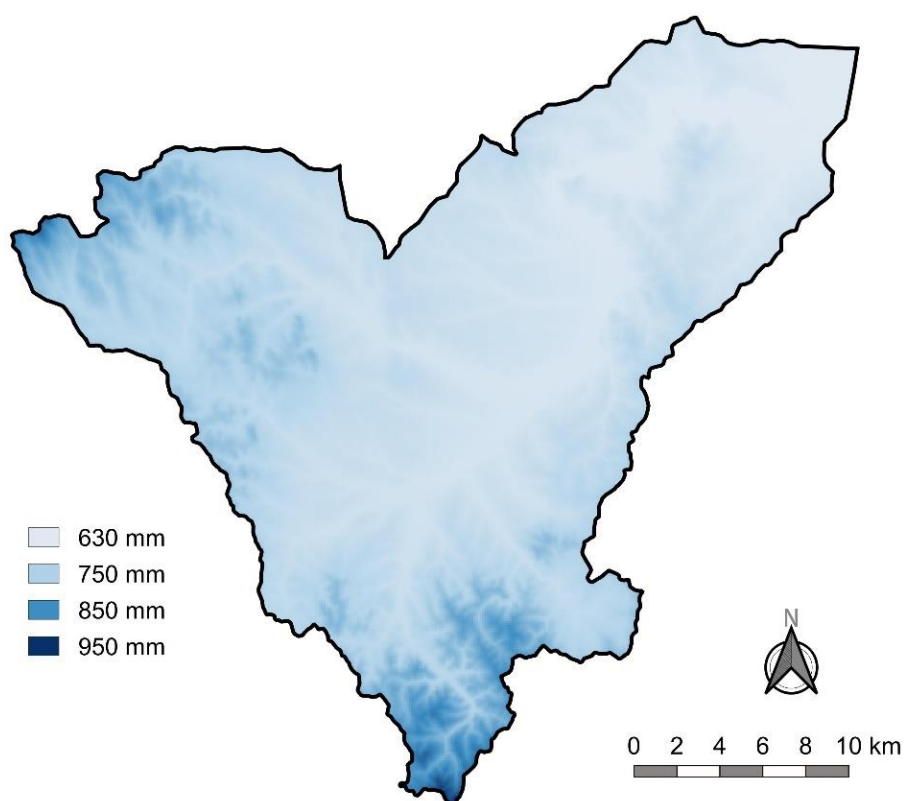
Средња годишња релативна влажност ваздуха у Крагујевцу има умерену вредност од 72%. Највећу средњу месечну релативну влажност (79%) имају децембар и јануар, а најмању август (66%) и јул (67%) (ЛЕАП Града Крагујевца, 2010).

Ветрови

Ветар је веома важан климатски елеменат, јер утиче на температуру ваздуха, његову влажност, испаравање и количину падавина. Представља хоризонтално кретање ваздуха (Дуцић, Анђелковић, 2011).

Ветрови су у Крагујевцу чести и јављају се из више праваца. Најчешће и са највећим интензитетом, дува југозападни и северозападни ветар. Највећу учесталост ветрова има пролеће, а најмању јесен. Ветрови су просечно слаби. Средња брзина износи 2-5 m/s (ЛЕАП Града Крагујевца, 2010). На подручју Крагујевца бележе се и дани без ветра тј. тишине. Тишина има највише у септембру и октобру, а најмање у марту. Западни ветрови су најзначајнији јер управо они доносе падавине. Док ветрови из источног правца који су управо и најређи наговештавају суво време, а зими могу да изазову јаче расхлађење. Јужни ветар током зиме повишава температуру, а током лета испаравање, па исушује земљиште и усеве и наноси знатну штету. Северац се појављује у виду хладних таласа и током зиме доноси мразеве, а лети расхлађује земљиште (Милановић, 2007).

Падавине



Карта 9: Падавине у сливу реке Лепенице

После температуре ваздуха падавине представљају најважнији климатски елемент. Живот на Земљи је директно или индиректно зависан од падавина. Многе човекове активности зависе од падавина, а суша је једна од најштетнијих климатских појава. Падавинама се означавају сви облици излучивања водене паре која се јавља у течном или чврстом стању (Дуцић, Анђелковић, 2011).

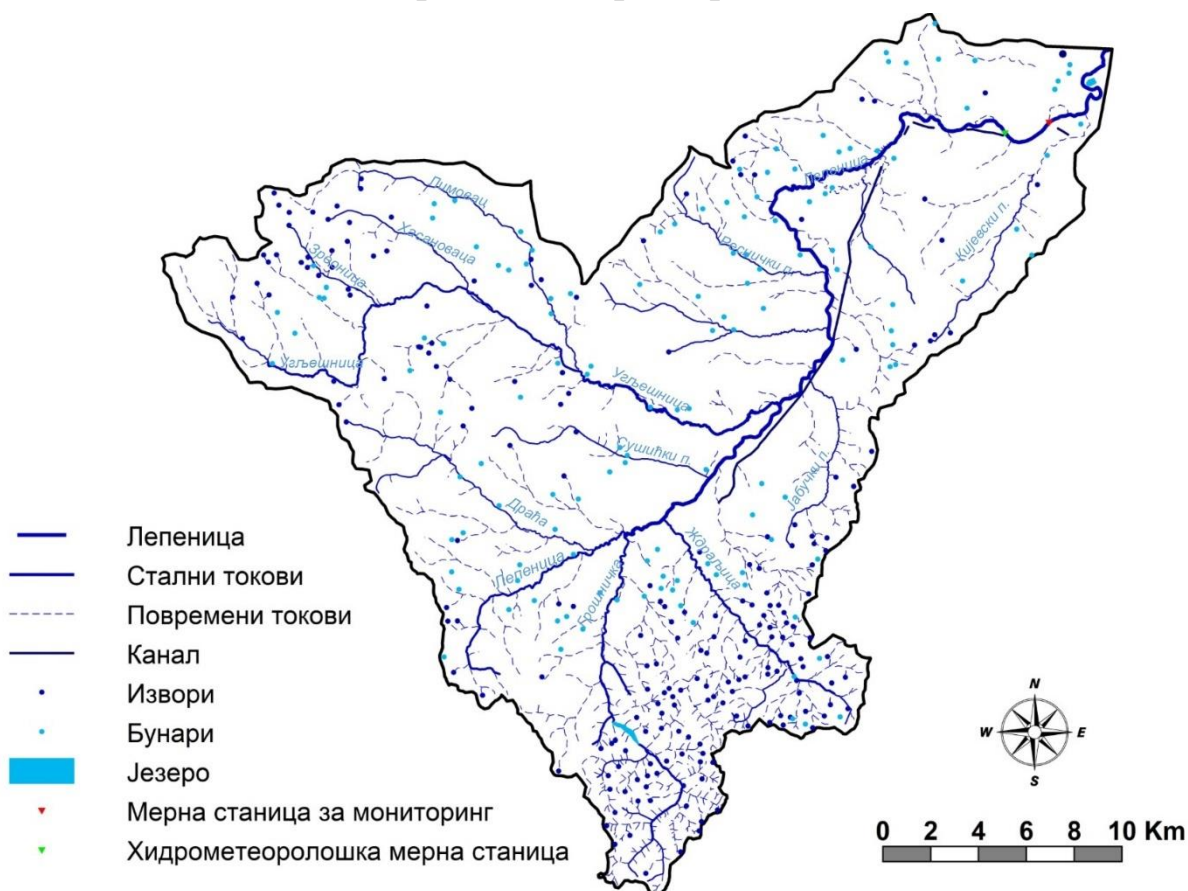
За расподелу падавина у Крагујевцу од посебног значаја је рељеф Крагујевачке котлине. Виши делови на ободу Крагујевачке котлине имају више падавина, а нижи део у коме се налази Крагујевац, има знатно мање падавина. Највећа месечна количина падавина је у јуну, просечно $82,6 \text{ l/m}^2$, а најмања месечна количина падавина је у фебруару $31,9 \text{ l/m}^2$. Просечна годишња количина падавина је 566 l/m^2 (ЈЕАП града Крагујевца, 2010).

Средња годишња количина падавина у сливу је 707 mm .

Количине падавина се разликују у односу на висинску зону:

- у низијском делу до 200 m надморске висине просечне годишње суме падавина износе испод 630 mm ,
- у брдовитом делу од 200 до 500 m надморске висине. просечне количине падавина су до 750 mm ,
- у планинском делу изнад 500 m надморске висине. просечне количине падавина су у распону од 850 до 950 mm , где највиши врхови примају највише падавина.

Хидролошке карактеристике



Карта 10: Хидролошка карта слива реке Лепенице

Табела 7: Хидролошки параметри слива и речног тока

| Параметри | Вредности |
|--|-------------------------|
| Дужина вододелнице (s) | 182 km |
| Просечна дужина слива (Ls) | 48 km |
| Површина слива (F) | 640,8 km ² |
| Просечна ширина слива (B) | 13,35 km |
| Коефицијент пуноће слива (kp) | 0,27 |
| Дужина реке (L) | 68 km |
| Укупна дужина речних токова | 921 km |
| Кота извора (I) | 380 m |
| Кота ушћа (U) | 99 m |
| Укупан пад речног тока (h) | 281 m |
| Просечан пад (I) | 4,13 m/km |
| Најмање растојање од извора до ушћа (Lmin) | 44 km |
| Коефицијент развитка (извијуганости) речног тока (k) | 1,54 |
| Густина речне мреже | 1,43 km/km ² |

У табели број 7 су приказани најважнији параметри који се односе на слив реке Лепенице. Укупна дужина речних токова износи 921 km, а густина речне мреже износи 1,43 m/km².

Речни ток Лепенице састоји се из горњег, средњег и доњег тока.

Горњи ток- Лепеница настаје од извора Студенац (380 m н.в.), под врхом Стлицом на северним огранцима Гледићких планина у Голочелу. Изворни ток тече најпре под именом Студенац до саставка са Ристовским потоком у Голочелу, одакле тече као Лепенац. У горњем току има уску долину стрмих страна. Река у овом току врши вертикалну ерозију. У изворишном делу она добија своје највеће притоке, од којих су најзначајније Грошница и Ждраљица, које притичу са десне стране (Милановић,2007).

Средњи ток- У овом делу јасно се издвајају две котлине и једно сужење. Прва је Крагујевачка котлина од ушћа реке Ждраљице до села Никшић, затим сужење долине до Бадњевца. Одавде настаје Бадњевачка котлина. У овом делу тока највећа притока је Угљешница. У делу тока где се јавља сужење Лепеница може да достигне ниво до 2 m, јер речна вода нема простора за разливање. То је и разлог изненадних појава поплава у овом делу тока (Милановић,2007).

Доњи ток- Од села Градац Лепеничка долина се сужава по други пут, а највеће сужење је код Јеринина Брда. Између њега и Стражевице уочава се дубока преседлина. Одавде се долина шири и прелази у просторну Великоморавску долину. У овом току Лепеница има ток праве равничарске реке – веома је спора, има мали пад, доминара бочна ерозија. Код Миљковог манастира Лепеница се улива у Велику Мораву (Милановић,2007).

Хидрометеоролошка станица које се користе за мерење нивоа водостаја је станица Баточина. Код се за квалитет воде користи станица Лапово село.

Акумулационо језеро Грошница представља најстарије вештачко језеро у Србији. С обзиром да се Крагујевац развијао у највеће насеље и индустријски центар Шумадије, то се проблем снабдевања водом препознавао још између два светска рата. Пошто су град и његова околина сиромашни јаким изворима, а изданска вода на већој дубини и са колебљивим капацитетом, одлучено је да се подигне вештачко језеро – Водојажа на Грошничкој реци. Брана је грађена у периоду од 1931-1937. године, а језеро напуњено водом у пролеће 1938. године (ЛЕАП Града Крагујевца, 2010).

ПРОТИЦАЈ

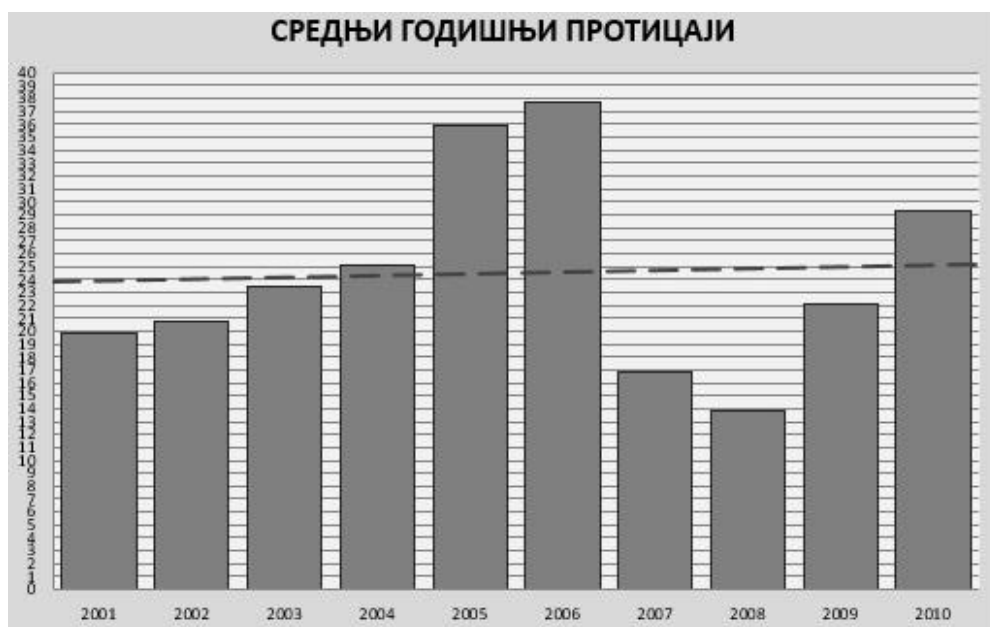
Протицај је најважнији елемент речног режима. Он представља ону количину атмосферске воде која протекне кроз овлажени профил реке у једној секунди поред неког места, а изражава се у m^3/s . Протицај (Q) се добија када се површина овлаженог профила (S) помножи са брзином (vsr) целокупне водене масе (Дукић, Гавриловић, 2008).

Реалну слику промене протицаја дају средњемесечни и средњегодишњи протицаји, поготово ако представљају пресеке за дужи низ година. Веома је важно познавање екстремних протицаја – апсолутних минималних и максималних протицаја (Дукић, Гавриловић, 2008). Познавајући све наведено, за слив Лепенице одрађена је анализа режима протицаја за хидролошки профил Баточина, за десетогодишњи низ, односно за 2001-2010. године.

Анализа режима протицаја

У посматраних 10 година, највећи средњи годишњи протицај био је 2006. године, и износио је $37,65 m^3/s$. Најмањи средњи годишњи протицај био је 2008. године, и износио је $13,84 m^3/s$. Њихов однос је следећи: 2,72 пута је био већи протицај 2006. године у односу на 2008. годину, а њихова разлика износи $23,81 m^3/s$. Што се

тиче месечних вредности протицаја, средња вредност мартовског протицаја је 3,04 пута већа од средње вредности октобра месеца, и та разлика износи 30,56 m³/s. Највећи протицај у десетогодишњем низу је измерен 21.04.2010. године (394 m³/s), док је минималних вредности протицаја са износом од 1 m³/s, било више пута, а однос између максималне и минималне вредности протицаја је следећи: 394 пута је максимални протицај био већи него што је минимални у датом периоду, а њихова разлика је износила 394 m³/s.



Графикон 1: Средњи годишњи протицај слива реке Лепенице

На графикону број 1 приказани су средњи годишњи протицаји за анализирани десетогодишњи низ од 2001-2010. године. На графику се уочава јасан тренд промене, од 2001. године до 2006. године повећавао се протицај, те је он 2006. године био највећи и износио је 37,65 m³/s. Наредне 2007. и 2008. протицај опада, где је 2008. година имала најмању вредност датог параметра, свега 13,84 m³/s. Потом 2009. и 2010. године уочава се већи протицај у односу на 2008. годину.



Графикон 2: Средњи месечни протицај

На графикону број 2 представљени су средњи месечни протицаји. Највећи протицаји забележени су у марту са средњом вредности од 45,5, док је најмања средња

вредност била у октобру и износила је 14,94. Из графикана се може уочити да се већи протицаји могу очекивати од фебруара до априла месеца. У овим месецима се очекују топлење снега и леда са планина што доприноси већем протицају.

Месечни коефицијент варијације протицаја нам показује ђуд реке, односно колико је река склона бујицама. Уколико су коефицијенти варијације високи, то говори о томе да је анализирана река склона бујицама. Коефицијенти варијације се крећу у распону од 0,28 до 0,87. На графику број. 3. видимо да су коефицијенти нешто већи од децембра до априла изузев јануара, из већ поменутог разлога, односно топлења снега са планина. Коефицијенти варијације су виши и у септембру, због пљускова. Најмањи коефицијент је у шестом месецу, највећи допринос тога је мања количина падавина у том месецу и веће испаравање.



Графикон 3: Месечни коефицијенти варијације протицаја

На графикону број 4, приказани су средњи максимални месечни протицаји. За Лепеницу, месец са максималним месечним протицајем је април. Разлог томе, јесте плувио-нивални режим реке, умерено-континенталне варијанте, које карактеришу највиши водостаји у априлу, а најнижи у септембру и августу (Дукић, Гавриловић, 2008). Максимум вредности протицаја у априлу могу се објаснити каснијим топлењем снега због његовог дужег задржавања на високим планинама.



Графикон 4: Средњи максимални месечни протицај

Средњи минимални месечни протицаји су дати на графикону број 5, и они се махом подударају са средњим месечним протицајима. Септембар је најбезводнији месец, односно месец најмањег протицаја.



Графикон 5: Средњи минимални месечни протицај

На графикону 6 највеће одступање у односу средњих и средњих минималних месечних протицаја је у фебруару, а најмањи у октобру. Док је на графикону 7. највеће одступање од средњих максималних и средњих месечних вредности се примећује у августу, док је најмање одступање у јануару. А када узмемо у обзир однос средњих максималних и минималних месечних протицаја највеће одступање се уочава у августу, а најмање у јануару.

Сезона пролећа је обележена као она са највећим просечним протицајима. Ово оправдава управо топлеење снега у пролећним месецима – марту и априлу, и на тај начин доприноси већим вредностима протицаја, у односу на остале три сезоне. Висок протицај има и зимски период. Јесен представља сезону са најмањим просечним сезонским протицајима, због мале количине падавина.



Графикон 6: Однос средњих и средњих минималних месечних протицаја



Графикон 7: Однос средњих максималних и средњих месечних протицаја

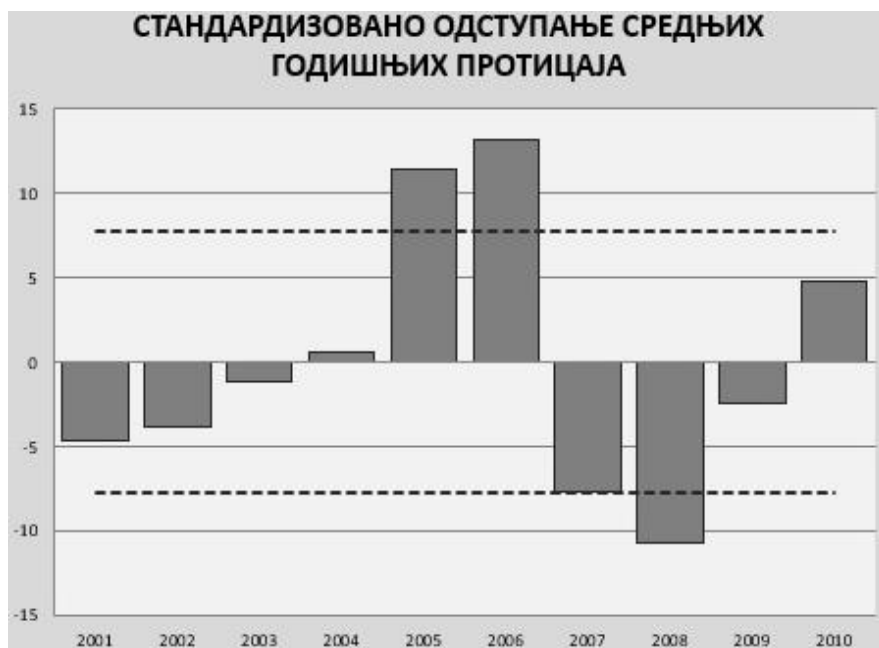


Графикон 8: Однос средњих максималних и средњих минималних месечних протицаја



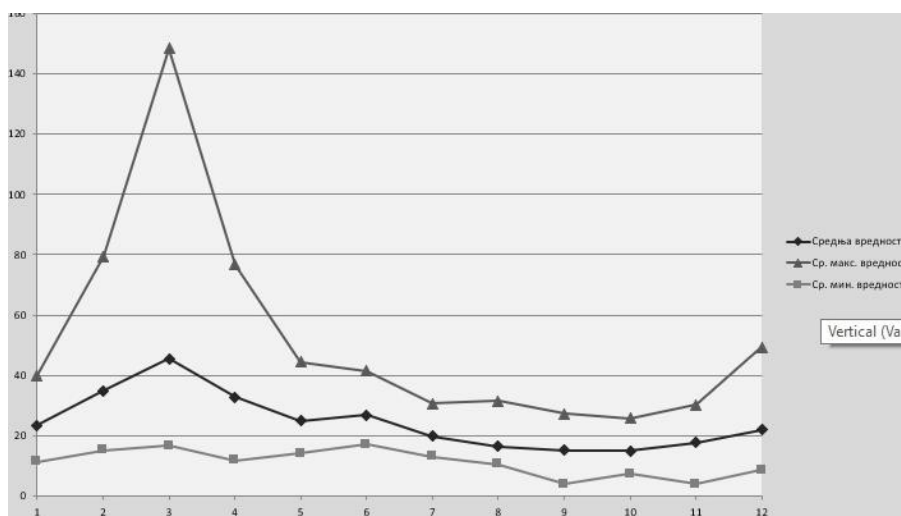
Графикон 9: Просечни сезонски протицај

На графикону број 10, дато је стандардизовано одступање средњих годишњих протицаја Лепенице. Испрекиданом линијом приказана је управо стандардна девијација, односно колико је то одступање велико, а барови показују колико је дате године средњи протицај одступао од средње вредности за протицаје током целог испитиваног периода. У току десетогодишњег низа, две године (2007. и 2008.) су излазиле ван опсега негативне стандардне девијације, тј. биле су екстремно маловодне. Са друге стране, 2005. и 2006. година су биле веома водне. Поред ова два екстрема, 4 године (2001, 2002, 2003. и 2009.) су биле у минусу, а 2 године (2004. и 2010.) су биле у плусу.



Графикон 10: Стандардизовано одступање средњих годишњих протицаја

Графикон број 11 нам показује колико су средњи минимални и максимални месечни протицаји одступали од средњих вредности протицаја. Овај график такође показује ђуд реке, али и варијабилност протицаја на месечном нивоу. Уочава се екстрем, односно месец март, чија средња вредност протицаја износи $45,50 \text{ m}^3/\text{s}$, највећи средњи мартовски протицај износи $148,39 \text{ m}^3/\text{s}$, док средњи минимални износи $16,77 \text{ m}^3/\text{s}$. Ово се може објаснити појавом топљења снега у овом месецу, као и повећане количине падавина.



Графикон 11: Одступање минималних и максималних протицаја од средњих

Са графикана се такође може уочити да су септембар и октобар месеци ниског протицаја, те ни нема великих одступања у њиховим минималним и максималним вредностима. Месеци фебруар и април су такође имали велика одступања у максималним протицајима у односу на средње, где је вредност средњег протицаја за фебруар износио $34,90 \text{ m}^3/\text{s}$, а максимална вредност је износила $79,48 \text{ m}^3/\text{s}$, а у априлу вредност средњег протицаја износила је $32,82 \text{ m}^3/\text{s}$ максимална вредност је износила $79,80 \text{ m}^3/\text{s}$. Јасно се уочава веза између виских протицаја и година које су биле водне, те се при већим протицајима јављају и веће варијације односно одступања у максималним протицајима у односу на средње протицаје за посматрани период.

За израчунавање нивограма за април, мај и јун 2014. године, потребни су протицаји за наведене месеце. Ниједна станица на Лепеници није објавила резултате протицаја за овај период.

Вегетација

Природни биљни покривач слива реке Лепенице заузима 41% укупне површине. Самониклу вегетацију чини шумска (23%), травна (17,72%) и мочварна вегетација (0,28%). У речним долинама Лепенице и њених притока, шуме су потпуно потиснуте и њихова станишта претворена у ливаде и оранице. Нижи брдски део чине обрадиве површине, а у њиховим комплексима се делимично појављују ливаде и шуме. У вишем брдском и нижем планинском делу основу чине комплекси шума и ливада у којима се делимично налазе комплекси обрадивих површина (Милановић, 2007).

Шумска вегетација је у прошлости представљала основни тип вегетације на овом простору. Читава Шумадија је била прекривена непрегледним храстовим и буковим шумама, по чему је и добила назив. Данас су остали поједини стари храстови и назив Шумадија. У сливу реке Лепенице има преко стотину топонима према шумском дрвећу, што указује на већу распрострањеност шума у прошлости и на разне врсте дрвећа у њима. Неколико насеља добило је називе по врстама шумског дрвећа: Церовац, Лужнице, Бресница, Дреновац и Буковац (Милановић, 2007).

Почетком XIX века процењено је да се под шумама налази око 80% површине слива реке Лепенице, а данас је само 23% територије. Преовлађују храстове, грабове и букове шуме. Њихова станишта одређена су према експозицији терена, због чега припадају климатогеним шумским заједницама (*Quercetum confertae-cerris*), јер су у њима заступљене само листопадне врсте дрвећа (Милановић, 2007).

Храстове шуме су заступљене на јужним падинама терена до 500 m надморске висине. Посебно их има у Реснику, на Витошу у Шупљаји, у Дреновцу у изворишту Дреновачког потока и Змајевца, у Голочелу у изворишту Лепенице, у Грошници у долини Грошничке реке, Губавичког и Марковог потока и др. (Милановић, 2007).

Грабове шуме се налазе на граници између храстових и букових шума, па образују мешовите шуме. Распрострањене су у низијама и на падинама у: Горњим Грбицама, Драчи, Грошници, Доњој Сабанти, Трешњеваку и Голочелу (Милановић, 2007).

Букове шуме се налазе на северним експозицијама и на вишим теренима у јужном делу слива. Заступљене су на Ердечу код извора Бучје, у Голочелу у изворишту Лепенице и потока Бабушница, у Дреновцу у изворишту Дреновачког потока, у сливу Грошничке реке у Ациним Ливадама, на падинама Жежеља у Ждраљици и Трмбасу (Милановић, 2007).

Четинарских шума, у којима је најзаступљенији бор, има на мањим површинама у сливу Грошничке реке, у Шумарицама, Кошутњаку, на Стражари у Доњој Сабанти и на Бешњаји (Милановић, 2007).

Најраспрострањенија подручја под шумама задржала су се на југу и југоистоку слива у насељима: Трешњевак, Ацине Ливаде, Грошница, Ердеч, Горња и Доња Сабанта, Букоровац, Јабучје и Горње и Доње Комарице. У северозападном делу слива шуме обухватају подручја Рамаће, Великог Шења, Угљаревца и Пајазитова, затим се прекидају зоном повољном за пољопривреду и настављају на Горње и Доње Грбице, Кутлово, Шљивовац, Драчу и Рогојевац. Њихова нерационална сеча у прошлости условила је промену микроклиме (повишене температуре ваздуха, а смањене количине падавине), па су извори постали слабији, реке сиромашније водом, а издан колебљивија. Повећана је и ерозија земљишта, а брже сливање бујица изазива чешће поплаве (Милановић, 2007).

Под ливадама и пашњацима у сливу реке Лепенице је 17,72%. Ливаде су према положају најчешће долинске (у алувијалним равнинама и на странама речних долина), а знатно ређе брдско-планинске. Пашњаци су на вишем, стрмом брдско-планинском земљишту (Милановић, 2007).

Најзначајније појаве ливада су у долинама: Лепенице, доњег тока Угљешнице, у долини Драчке реке, Грошничке реке, Лимовца и Ресничког потока. Брдске ливаде се налазе у западном делу слива (у селима Дреновац и Драча), на југозападу (у Трешњеваку и Ациним Ливадама) и у јужном делу (у Букоровцу). Према северу и североистоку ливада је све мање. Веће површине под пашњацима су у јужном делу слива у: Ациним Ливадама, Трешњеваку, Бајчетини, Баљковцу, Доњој Сабанти, Букоровцу и др. (Милановић, 2007).

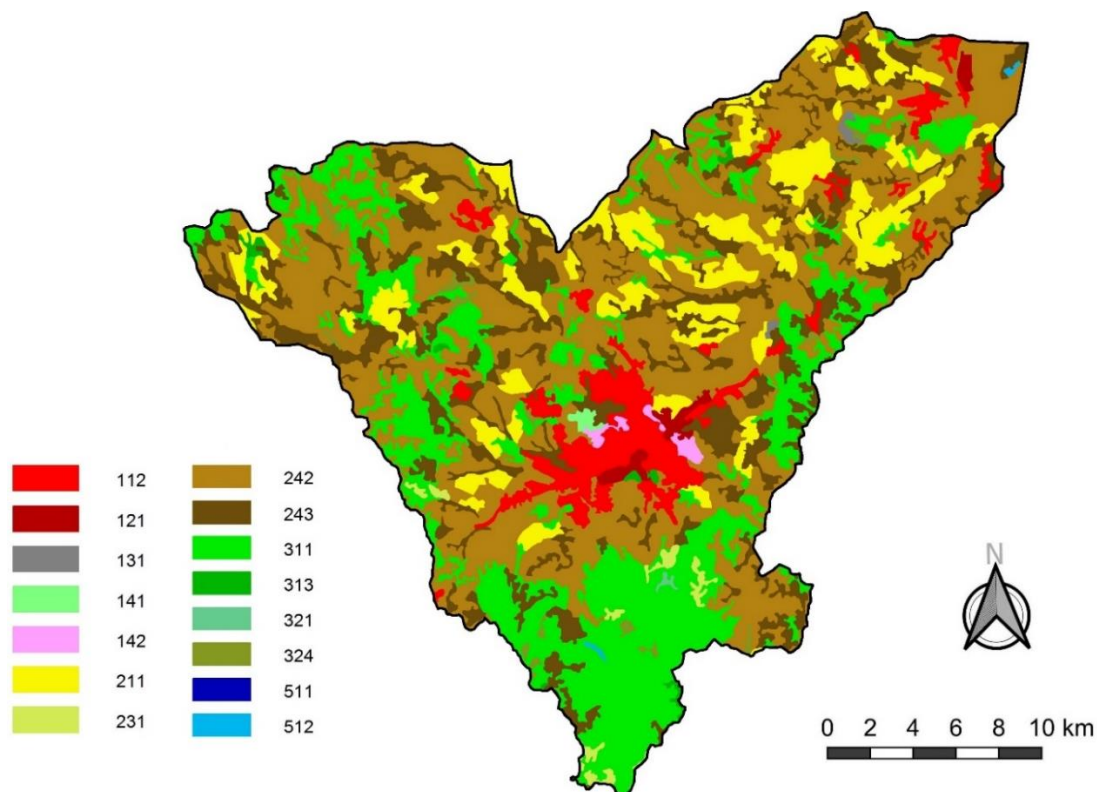
У речним долинама Лепенице и њених притока мочварна вегетација се налази у појасу шумске заједнице. У брдском подручју се налази без правилности, свуда у облику оаза на површинама шумских, ливадских и културних фитоценоза. Нешто значајнија појава мочварне вегетације је у средишњем делу Угљешнице, у долини Драчке реке, Јелиној бари у Дреновцу, Змињаку, у Прекопачи и на каскадама Грошничког језера. Јавља се у пресеченим меандрима Лепенице у Јовановцу, Милатовцу, Никшићу и Реснику, у алувијалној равни Лимовца у Великом Шењу и Лужницама, Сувог потока у Илићеву и Дивостинског потока у Малим Пчелицама. Ова вегетација се развила и у близини појединих извора: код извора Грошничке реке у Бајчетини, код извора Мочиља у Доњим Грбицама, код извора Ивова бара и Собовица у Десимировцу, код Бакарњаче у Доњој Сабанти и на Витошу у Реснику. Заступљена је делимично и дуж обале језера Бубањ у Крагујевцу, у бари код Цветојева, поред пута Крагујевац – Баточина у Ботуњу, као и у шуми између Трмбаса и Белошевца. Потпуно повлачење мочварне вегетације на многим местима у долинском и брдском делу подручја је условљено променом водног режима станишта, ерозијом и мелиорационим радовима на овом подручју. Голети заузимају незнатно пространство (0,28%) и највише су заступљене у сливу Грошничке реке, Угљешнице и Драчке реке. Настале су деградацијом шума и на њима је изражен процес ерозије (Милановић, 2007).

Под културном вегетацијом налази се 54,5% од укупне површине слива (оранице, воћњаци и виногради). Оранице се налазе у алувијалним равнинама, на долинским странама и на флувијалним површинама, а воћњаци и виногради на брежуљкастом терену. Захваљујући разноврсним типовима земљишта у сливу реке Лепенице је присутна хетерогена пољопривредна производња. На нижим теренима преовлађује гајење кукуруза, док су падине брдског терена под разноврсним воћем

(највише шљиве). Јављају се и називи насеља – топоними по воћкама: Шљивовац, Трешњевак и Јабучје (Милановић, 2007).

Табела 8: Намена простора, његова површина и удео на територији слива реке Лепенице

| Површине вегетације слива реке Лепенице | | | |
|---|---|-----------------------------|----------|
| CORINE Land Cover шифра | CORINE Land COVER класе | Површина (km ²) | Удео (%) |
| 112 | Већа насеља | 38,19 | 5,96 |
| 121 | Индустријске и комерцијалне зоне | 4,86 | 0,76 |
| 131 | Експлоатација минералних сировина | 0,91 | 0,14 |
| 141 | Зелене урбане површине | 0,89 | 0,14 |
| 142 | Спортско-рекреативни објекти | 2,6 | 0,4 |
| 211 | Пољопривредне површине | 66,6 | 10,39 |
| 231 | Ливаде | 3,76 | 0,59 |
| 242 | Комплекс пољопривредних парцела | 247,99 | 38,68 |
| 243 | Пољ. површине са значајним уделом природне вегетације | 116,36 | 18,15 |
| 311 | Листопадне шуме | 149,15 | 23,27 |
| 313 | Мешовите шуме | 2,72 | 0,42 |
| 321 | Пашњаци | 0,39 | 0,06 |
| 324 | Дрвенасто-жбунаста вегетација | 6,08 | 0,94 |
| 511 | Водени токови | 0 | 0,02 |
| 512 | Водене површине | 0,54 | 0,08 |
| Укупно | | 641,04 | 100 |



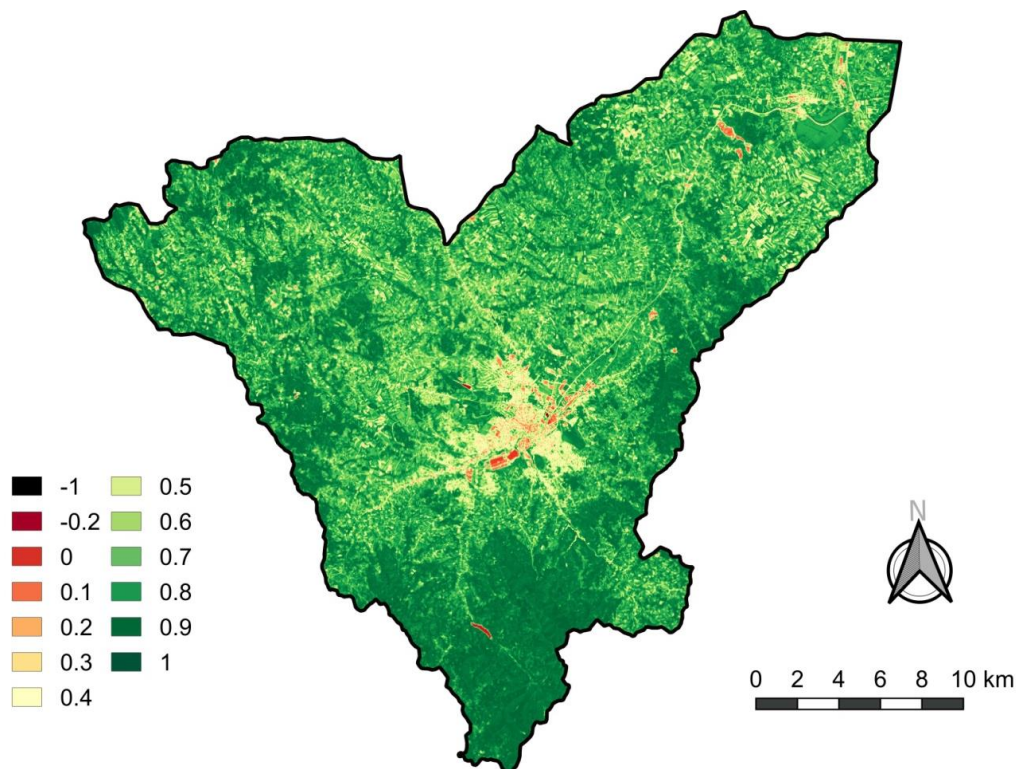
Карта 11: Карта вегетације и намене земљишта слива реке Лепенице

NDVI карта

Оптималан количник вегетационог индекса (Normalised Difference Vegetation Index) представља једноставан графички показатељ који се може користити за анализу мерења која су добијена даљинском детекцијом. На основу NDVI-а може се приметити какав је распоред вегетације, али и њен квалитет. За добијање NDVI-а, коришћени су мултиспектрални сателитски снимци LANDSAT 8 сателита. NDVI је израчунат према формули (Милановић, Љешевић, 2009):

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \text{ где је,}$$

NIR- блиски инфрацрвени спектрални канал; *Red*- црвени спектрални канал.



Карта 12: NDVI карта слива реке Лепенице

Простори где је заступљена вегетација приказани су нијансама зелене боје, а најгушћа вегетација приказана је најтамнијом нијансом зелене боје. У целом сливу Лепенице преовлађују нијансе зелене боје, тако да је вегетација заступљена у великој мери. Најгушћа вегетација јесте на Гледићким планинама, али и на обронцима планине Рудник.

Светлијим нијансама зелене боје приказана су подручја где је вегетација заступљена у мањој количини, где нема превише шума, већ су на пример то травнате површине као што су ливаде и пашњаци. Светло жуту боју имају подручја на којима је заступљена веома мала количина вегетације, то су пре свега насељена места, саобраћајнице али и поједине пољопривредне површине.

Подручја на којима уопште није заступљена вегетација, односно водене површине, представљене су тамно наранџастом бојом. Вегетација није заступљена на простору три језера која се налазе на подручју слива Лепенице и приказана су тамно наранџастом бојом. То су Шумаричко језеро, Грошничко језеро, и језеро Бубањ које се налази у центру Крагујевца.

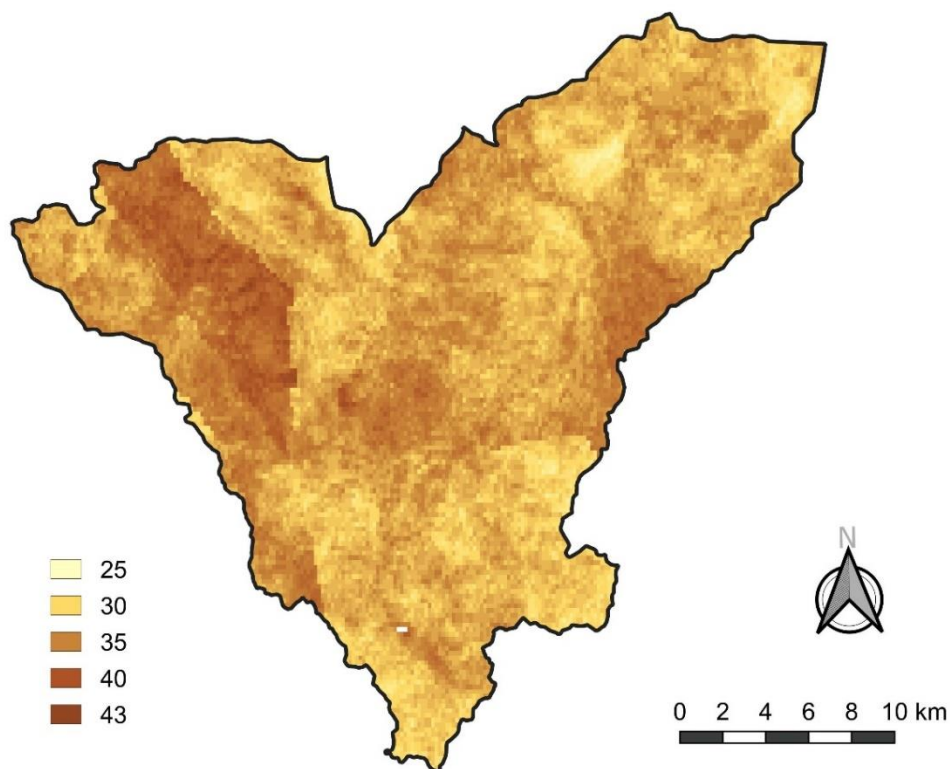
Светлијом нијансом наранџасте боје приказане су површине на којима такође нема вегетације, или је она заступљена у веома малој количини. Оваквих подручја има највише на територији Крагујевца - на простору индустријске зоне. Светлијом нијансом наранџасте боје приказан је и каменолом који се налази на десној страни слива реке Лепенице. Светлије нијансе наранџасте боје налазе се и у неким деловима Баточине.

Физичко-хемијска својства земљишта

Земљиште карактеришу његова морфолошка, физичка, хемијска и биолошка својства која настају као резултат процеса генезе и еволуције земљишта. Према тим процесима земљиште се разликује од матичне стене на основу које је настало. Како би се вршио мониторинг земљишта неопходно је познавати његова физичка и хемијска својства и на основу тога адекватно управљати земљишним покривачем на територији слива реке Лепенице. За потребе рада коришћени су подаци са Open soil grids, који се односе на дубину земљишта од 5 cm и њихова резолуција је 250 m.

Садржај песка у земљишту

Према карти која приказује концентрације песка у сливу реке Лепенице може се закључити да је песак заступљен у опсегу од 25% до 43%. У североисточном делу слива има најмањи проценат песка који поседује концентрацију 25% и 30% и у мањим количинама концентрације су веће од 35%. Јужни и југоисточни део слива, такође карактеришу мање концентрације песка, често око 25% и око 35%. У западном и северозападном делу слива реке налазе се највеће концентрације песка које износе и до 43%, а такође, већа концентрација песка заступљена је и на источном ободу слива.



Карта 13: Садржај песка у земљишту

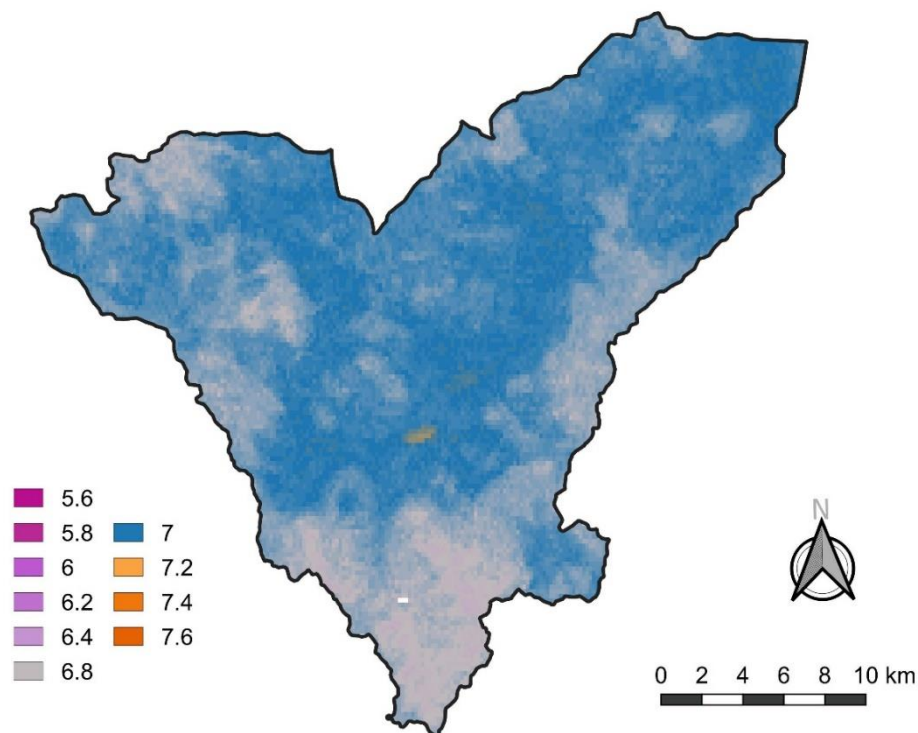
pH вредност земљишта

На карти је приказана pH земљишта која се налази у сливу реке Лепенице. Може се закључити да су pH вредности у опсегу од 5,6 до 7,6, међутим доминантне вредности су 5,4, 5,8 и 7, односно цела територија слива је претежно неутралне киселости или благо закисељена. Неутрална pH вредност је на карти приказана плавом бојом, кисела pH вредност приказана је љубичастим бојама, док је наранџастом бојом приказана алкална pH вредност.

Према класификацији из САД-а земљишта рН вредности од 5,6 до 6 су умерено кисела, затим земљишта од 6,1 до 6,5 су слабо кисела, она са рН од 6,6 до 7,3 су неутрална и од 7,4 до 7,8 су слабо алкална земљишта. Међутим, с обзиром на то да су у сливу реке Лепенице доминантне вредности од 6,6 до 7, земљиште слива се сматра претежно неутралним (Миљковић, 1996).

Благо алкалне вредности заступљене су само у средишњем делу слива реке. Јужни, западни и северозападни део слива има благо киселе вредности које варирају у опсегу од 6,2 до 6,8, док је за средишњи и североисточни део слива најкарактеристичнија неутрална вредност, односно 7.

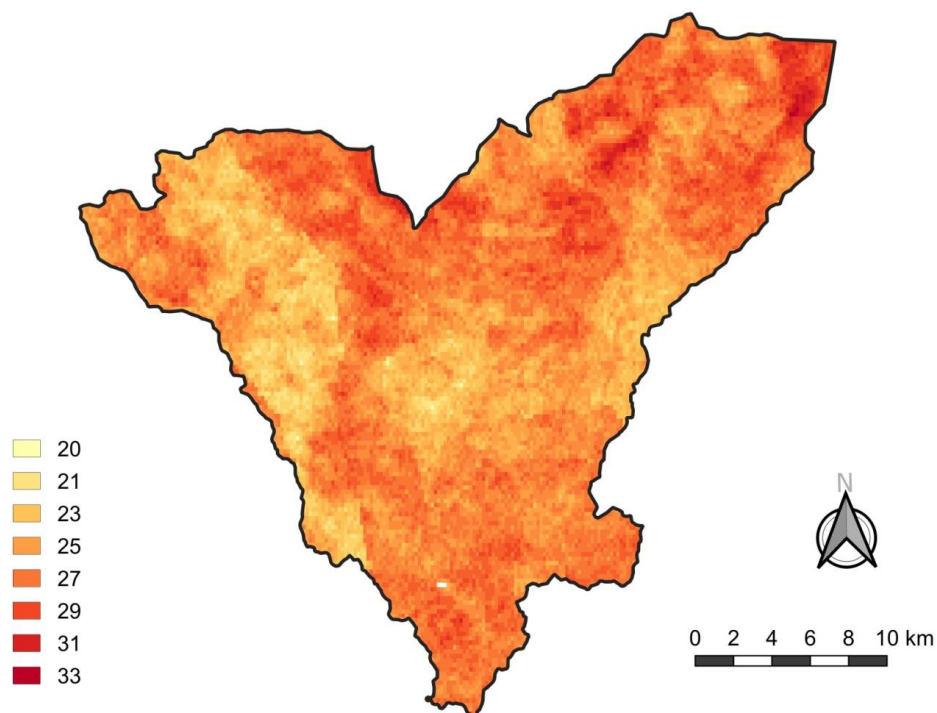
На промену рН вредности земљишта на територији слива Лепенице највећи утицај има антропогени фактор, односно пољопривредна производња у којој су заступљени пестициди, као и утицај града Крагујевца и развијене индустрије. Такође, негативан утицај на земљиште може да настане и као последица „дивљих“ депонија и неразвијене санитарне канализације.



Карта 14: рН вредност земљишта

Садржај глине у земљишту

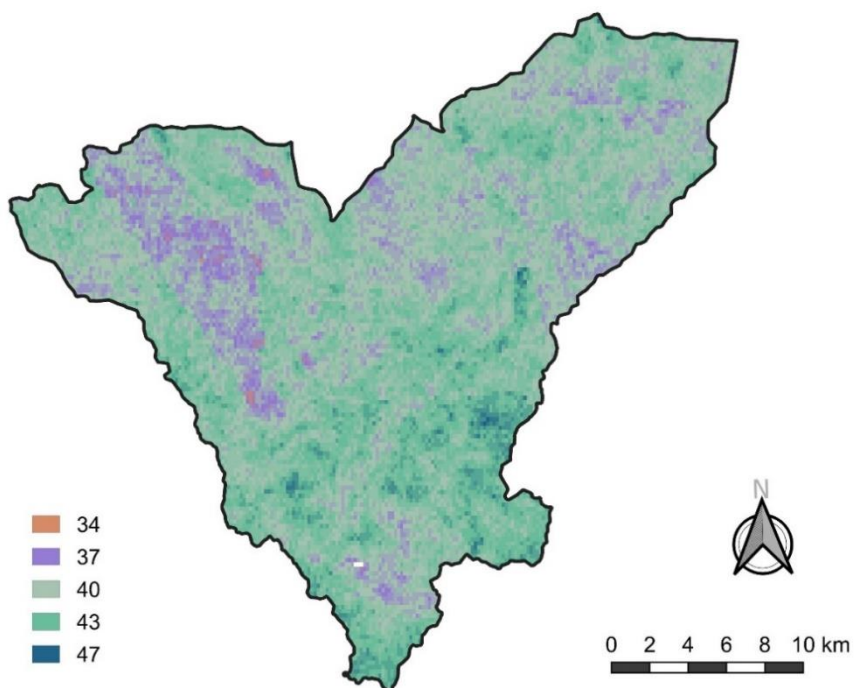
На територији слива садржај глине у земљишту се креће од 20% до 33%, што значи да садржај није велики. Најмањи садржај глине јесте у западном и централном делу слива, а највећи садржај глине јесте у североисточном делу слива. У средишњем делу слива најзаступљенија је концентрација глине од 23% до 25%. Јужни део слива карактерише садржај глине у распону од 27% до 31%, сличне концентрације заступљене су и у северном делу слива.



Карта 15: Садржај глине у земљишту

Садржај силта у земљишту

Најмањи садржај силта у сливу реке Лепенице је 34%, док је највећи садржај 47%. Најзаступљенија је концентрација 40% силта, затим концентрација 37% силта која се простире у северозападном и западном делу слива. Највећа концентрација силта од 47% заступљена је у источном делу слива. Садржај силта са 34% је јако мало заступљен и налази се у западном делу слива реке Лепенице. Силт се транспортује снагом речних токова и може утицати на замућење водених токова, може имати утицаја на живи свет река и променити услове живота у којима живе.



Карта 16: Садржај силта у земљишту

БИЛАНС НАНОСА

Деловањем ерозије (вертикалне и хоризонталне) у речном кориту образује се огромна количина лако покретљивог материјала који вода носи низводно. Највећа ерозија и пронос наноса дешавају се за време великих вода и кишних поводања, када река располаже највећом енергијом (Дукић, Гавриловић, 2008). Како би се могла извршити анализа речног наноса, неопходно је објаснити неке од основних појмова и обележја истог.

Речни нанос сачињавају чврсте минералне честице, које водена маса носи и од њих образује насlage у самом кориту и на полоју. Проношен водом, нанос стиче постепено заобљене облике различите величине. Суспендовани нанос представља сасвим ситан нанос састављен од честица глине и муља тзв. силт, лебди у самој воденој маси и преноси се са њом. Крупнији нанос – облаци, шљунак и песак, креће се по дну речног корита, котрља и потискује снагом воде, а део овог наноса под утицајем пулсирања водених струја подлеже процесу салтације, тј. креће се у виду скокова и сав тај нанос назива се вучени нанос (Дукић, Гавриловић, 2008). Не постоји оштра граница између проноса суспендованог и проноса вученог наноса, већ се ова два вида проноса речног наноса просторно и временски допуњују и смењују. Међутим, да би се утврдила тотална ерозија на некој територији потребно је поред проучавања проноса силта и вученог наноса укључити и следећи вид речног наноса - хемијски нанос, тј. хемијским процесима растворени део стена и седимената. Како подаци за рачунање биланса наноса (односа између суспендованог и хемијски раствореног наноса) Лепенице не постоје, у наставку ће бити дато само објашњење о томе како се биланс наноса може израчунати. Да би се дошло до поменутог, потребно је упознати се његовим главним параметрима.

Параметри који су потребни ради израчунавања биланса наноса су следећи: Протицај, концентрација суспендованог наноса, пронос суспендованог наноса, укупна минерализација, пронос хемијски раствореног наноса, однос између суспендованог и хемијски раствореног наноса. Основни извори података су хидролошки годишњаци (РХМЗС).

Протицај је неопходан за израчунавање проноса наноса, јер је пронос наноса у директној зависности од протицаја. Он представља количину атмосферске воде која протекне кроз овлажени профил реке у једној секунди поред неког места а изражава се у m^3/s . Протицај (Q) се добија када се површина овлаженог профила (S) помножи са средњом брзином (V_{sr}).

Концентрација суспендованог наноса јесте количина суспендованог материјала у јединици запремине и изражава се у g/l или mg/l . Мерење концентрације суспендованог наноса је од највеће важности зато што се прорачун транспорта овог наноса управо заснива на синхроним вредностима концентрације седимената и протицаја.

Пронос наноса представља количину наноса (у kg или g) коју река преноси кроз овлажени профил поред неког места у јединици времена а изражава се у kg/s (Дукић, Гавриловић, 2008). Сумарни пронос наноса изражава се обично у тонама. Рачуна се за дневне вредности по формули:

$$Q_s = Q [m^3/s] * C [g/l] * 86,4$$
$$Q_s = Q [m^3/s] * C [mg/l] * 0,0864,$$

где је Q_s – пронос суспендованог наноса, Q – протицај, C – концентрација суспендованог наноса, а коефицијент 86,4 или 0,0864 представља број секунди у току године прерачунат тако да се пронос суспендованог наноса добије у тонама.

Укупна минерализација- се рачуна само 3 пута месечно, за остале дане је неопходно одредити вредности на основу зависности укупне минерализације од протицаја. Из њих добијамо месечне вредности и то минималне, максималне и средње, стандардну девијацију и коефицијент варијабилности.

Пронос хемијски раствореног наноса рачуна се за дневне вредности по формули:

$$Qh = Q [m^3/s] * UM [g/l] * 86,4$$

$$Qh = Q [m^3/s] * UM [mg/l] * 0,0864,$$

где је Q_s – пронос суспендованог наноса, Q – протицај, C – концентрација суспендованог наноса, а коефицијент 86,4 или 0,0864 представља број секунди у току године прерачунат тако да се пронос суспендованог наноса добије у тонама.

Укупна минерализација-се рачуна само 3 пута месечно, за остале дане је неопходно одредити вредности на основу зависности укупне минерализације од протицаја. Из њих добијамо месечне вредности и то минималне, максималне и средње, стандардну девијацију и коефицијент варијабилности.

Пронос хемијски раствореног наноса рачуна се за дневне вредности по формули:

$$Qh = Q [m^3/s] * UM [g/l] * 86,4$$

$$Qh = Q [m^3/s] * UM [mg/l] * 0,0864,$$

где је Qh – пронос хемијски раствореног наноса, Q – протицај, UM – укупна минерализација, а коефицијент 86,4 или 0,0864 представља број секунди у току године прерачунат тако да се пронос хемијски раствореног наноса добије у тонама. Сабирањем дневних вредности добијају се месечне, односно годишње вредности.

Биланс наноса представља компаративну анализу суспендованог и хемијски раствореног наноса. Тачније, збирна количина пронетог материјала на профилу је једнака укупном проносу суспендованог и хемијски раствореног наноса. Уколико су подаци о наведеним параметрима доступни, може се израчунати процентуално учешће суспендованог и хемијски раствореног наноса у укупној количини пронетог материјала на месечном и годишњем нивоу, као и коефицијенти варијабилности протицаја, суспендованог наноса и хемијски раствореног наноса.

Примера ради, за реке код којих доминира суспендовани у односу на хемијски растворени нанос, однос ће бити следећи: при ниским протицајима, више ће доминирати хемијски нанос, јер је мања транспортна моћ реке, самим тим ерозија је мања, а када вода спорије тече, у њој долази до већег степена хемијског растварања. На другој страни, при високим протицајима, хемијски растворени нанос не може ни доћи до изражаја од суспендованог наноса који при високим водостајима доминира. Према томе, подаци о билансу наноса су значајни за различита испитивања, јер омогућавају процентуално упоређивање и одређивање доминантног типа наноса током одређеног временског периода, те се добијене вредности могу упоредити и са осталим факторима и карактеристикама речног тока али и целог слива, у циљу његовог бољег мониторинга.

Према тумачу ерозије из 1983. године. Годишњи транспорт наноса за територију Републике Србије износи 9.350.764,78 m³, док је специфично одношење наноса за слив реке Лепенице износило 278,13 [G] m³/km²/god, а годишње одношење наноса 153.791,98 [Ggod] m³. Транспорт наноса Лепенице учествује са 1,64% од укупног транспорта РС (Карта ерозије СР Србије 1:500.000, 1983. година).

Транспорт наноса указује на трајни губитак земљишта. У тумачу се наводи да Лепеница припада III категорији по продукцији наноса, што указује да је и транспорт наноса интензиван. Слив Лепенице обухвата површине које се користе као обрадиве површине где је транспорт наноса имплицитан. Основе мере за смањење транспорта наноса на оваквим површинама је измена начина коришћења земљишта нарочито на већим нагибима.

Данас је ток Лепенице од Крагујевца регулисан, велики број становништва се преселило у град, што је довело до измене начина коришћења земљишта, као и повећања територије под шумом и природном вегетацијом, које су повољно утицале на смањење транспорта наноса у сливу. Према наведеном претпоставља се да је дошло до смањења транспорта наноса. Немамо податке транспорта наноса слива Лепенице за период после 1983. године помоћу којих би могли да анализирамо добијене резултате и да утврдимо да ли је дошло до смањења транспорта у сливу Лепенице.

КВАЛИТЕТ ВОДА

Праћење квалитета вода

Мерење, надзор и вредновање еколошких елемената и фактора представљају кључне активности, како у управљању и заштитом, тако и контролом животне средине. Управљање и контрола се често означавају као мониторинг. Мониторинг је специфични систем за контролу, обавештавање и управљање средином, у циљу веће заштите и унапређења. У поступку мониторинга и мерења, потребно је изабрати најважније поступке контроле, затим дефинисати методе мерења (Милановић, Љешевић, Милинчић, 2012).

Мониторинг воде и сама мерења врше овлашћене институције (Водовод, Градски завод за заштиту здравља, Секретаријат за животну средину). Испитивања обухватају (Милановић, Љешевић, Милинчић, 2012):

- контролу на терену (реке, језера, итд.)
- мониторинг воде (рецентно стање)
- мониторинг загађивача (најчешће индустрија) и
- мониторинг измењеног стања

У склопу мониторинга вода коју врши Агенција за заштиту животне средине Републике Србије, обављају се послови планирања развоја и надзора над функционисањем државне мреже станица за мониторинг квалитета вода. Врши се узорковање површинских и подземних вода, презервација узорака, теренско физичко-хемијска и хемијска анализа узорака вода. Такође врши се узорковање вода за потребе микробиолошких анализа и учествује у узорковању узорака за потребе одређивања параметара који су индикативни за све биолошке елемената квалитета и у узорковању за параметре који су индикативни за све хидроморфолошке елементата квалитета. Врши узорковање и припрему седимента за даљу анализу. Анализира, контролише и архивира прикупљене података о квалитету вода у базу података. Израђује извештаје и даје оцену стања квалитета вода у складу са домаћим и страним прописима (<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=305&id=30000&akcija=showAll>).

Резултате квалитета површинских вода, које спроводи Агенција за заштиту животне средине, складиште се у бази података и користе се за различите потребе извештавања на националном и међународном нивоу. Информациони систем квалитета вода је систем који прикупља, складишти, чува, обрађује и доставља информације о квалитету вода, тако да буде доступне и употребљиве за свакога. Информациони систем је активан систем који се користи информационом технологијом. Предвиђање квалитета воде могућ је уз помоћ сателита за оптимизацију доношења одлука у сектору водоснабдевања. Интегрише најсавременије сателитске и земаљске информационе и комуникационе технологије - заједно са ин-ситу мониторингом и напредни хидролошки модели и праћење квалитета воде. Сателитски подаци се обрађују помоћу најсавременијег система (Модуларни систем за инверзију и обраду, МлП) (http://www.sepa.gov.rs/download/radovi/2015/KvalitetPovrsinskihVodaSrbije_112015.pdf).

Сателитско мониторинг Земље укључује следеће параметре који се прате неколико пута недељно:

- Хлорофил-индикатор (ЦХЛ) добија се из информационо-органске апсорпције у води и спектралним карактеристикама одговарајућег воденог тела.
- Мутноћа је кључни параметар квалитета воде и линеарно повезан са повратним расипањем светлости органских и неорганских честица у води.

- Дубина продирања светлости (Z90) показује дубину од које долази 90% рефлектованог светла.
- Доступна је површинска температура воде акумулације.
- Расположив је индикатор штетног цветања алги за цијанобактерије.

Систем раног упозоравања за квалитет воде, развијен као модул у оквиру платформе SPACE-О, има за циљ повећање спремности доноси одлуке у области вода за сектор снабдевања водом за пиће, на могуће краткорочне и средњорочне промене количине и квалитета површинских вода у акумулацијама и језерима. Основ за развој ефикасног система раног упозоравања је:

- идентификација ризика,
- систем мониторинга и упозорења,
- информисање и комуникација,
- способности за одговор.

Овакав систем може да генерише упозорење у вези са секвенцама стратификације или дестратификације индукованих ветром или температурним променама, упозорења на физичко-хемијске параметре које утичу на функционисање низводног снабдевања водом за пиће, као и на упозорења на дешавање, интензитет и трајање штетног цветања алги (<http://www.sepa.gov.rs/download/radovi/2018/SatelitskiPodrzanMonitoringKvalitetaVode.pdf>).

Стање квалитета вода

Према мерењима 1964. године, Лепеница је била 4 река у Србији по загађености. На загађеност су највише утицале индустријске отпадне воде (посебно индустрија аутомобила „Застава”). Праћење стања квалитета површинских вода у Републици Србији обухвата Лепеницу на локалитету Рогот до 2011. године. У периоду од 2001. до 2011. године, Лепеница је припадала IV класи по квалитету или је била ванкласни ток (Милановић, 2007.).

Током 2002. и 2003. године Лепеница је на основу мерења квалитета воде код Рогота била ванкласни ток. Уочена је промена оргаолептичких особина, па је мири одговарао БК стању, а боја воде III класи. По проценту засићености воде са О₂ била је у IV класи или БК стању. По вредностима БПК₅ ток је одговарао IV класи, а по количини суспендованих материја у БК стању. Вредности амонијачног, нитратног и нитритног азота повремено су оговарале III/IV класи и БК стању. Од опасних материја регистроване су веће количине Fe, Mn и танина. Стварна класа квалитета Лепенице није одређена 2004. године, с обзиром на то да су редуковане анализе, а током 2005. и 2006. године припадала је IV класи. Током узроковања воде уочена је промена оргаолептичких особина, на мирис воде и видљиве опасне материје одговарају БК стању, док боја воде припада III класи. Вредност раствореног О₂ и проценат засићења воде са О₂ одговарао је III класи, БПК₅ III класи и IV класи, а суспендованих материја III класи и БК стању. Вредности амонијачног, нитратног и нитритног азота су III/IV класи и БК стању. Од опасних материја биле су повишене концентрације Mn.

Водотоци у сливу Лепенице су повремено били предмет физичкохемисјке, биолошке или микробиолошке контролне квалитета, али не постоји програм континуиране контроле ових река на основу којих би се предузеле мере заштите или мере за санацију загађења. Већи број мањих водотока и потока нису никада били

предмет истраживања, али њихов квалитет може имати велики утицај на стање животне средине у околини.

На основу различитих анализа, утврђено је да су водотоци Крагујевца и околине изложени еутрофикацијом са слабом способношћу аутопурификације и тенденцијом погоршања квалитета. Еутрофикације су антропогеног порекла и могу брзо довести до њиховог претварања у колекторе отпадних вода. Флористичко-еколошке анализе алги биле су у потпуности сагледане са микробиолошким показатељима квалитета. Водотоци су олиготрофни до изразито α - мезосапробни. Преовлађују воде које се налазе на β - мезосапробном степену сапробности са тенденцијом погоршавања квалитета (Милановић, 2007.).

Током 2011.године квалитет воде је одговарао IV класи. Приликом узорковања констатоване су промене органолептичких особина воде, односно боја и мирис воде је повремено одговарао III, IV класи и ВК стању. Измерене вредности раствореног кисеоника и процента засићења воде O_2 у појединим случајевима одговарале III и IV класи, док су се суспендоване материје кретале у оквирима III класе. Вредности БПК₅ повремено су припадале III и IV класи, као и анализом добијене вредности ХПК_{Mn} одговарале су III/IV класи. Од опасних и штетних материја у појединим серијама испитивања регистроване су повишене вредности фенолног индекса (III/IV), нафтних угљоводоника (III/IV и ВК стање) и мангана-Mn. Запажа се доминација организама индикатора α и β -мезосапробне зоне (Агенција за заштиту животне средине, 2012).

Serbian Water Quality Index (SWQI)

У Агенцији за заштиту животне средине развијен је индикатор животне средине за област вода који је намењен извештавању јавности, стручњака и доносиоца политичких одлука (локална самоуправа, државни органи). Индикатор се заснива на методи Water Quality Index (Development of a Water Quality Index, Scottish Development Department, Engineering Division, Edinburgh, 1976.) према којој се десет параметара физичко-хемијског и микробиолошког квалитета агрегирају у композитни индикатор квалитета површинских вода (<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=6&id=8007&akcija=showXlinked>).






Методом Water Quality Index (WQI) десет одабраних параметара (засићеност кисеоником, БПК₅, амонијум јон, рН вредност, укупни азот, ортофосфати, суспендоване материје, температура, електропроводљивост и колиформне бактерије) својим квалитетом (q_i) репрезентују особине површинских вода свдећи их на један индексни број. Удео сваког од десет параметара на укупни квалитет воде нема исти релативни значај, зато је сваки од њих добио своју тежину (w_i) и број бодова према уделу у угрожавању квалитета. Сумирањем производа ($q_i \times w_i$) добија се индекс 100 као идеалан збир удела квалитета свих параметара. Квалитету површинских вода који одговара I класи припада 84-85 поена, II класи 72-78 поена, III класи 48-63 поена и IV класи 37-38 поена. Усвојене су вредности за описни индикатор квалитета SWQI = 0 - 38 веома лош, SWQI = 39 - 71 лош, SWQI = 72 - 83 добар, SWQI = 84 - 89 веома добар и SWQI = 90 - 100 одличан. На овај начин је класификација од I-IV класе вода коришћена као улазни гранични параметар за квантитативно дефинисање индикатора SWQI у целом нумеричком распону квалитета од 0 до 100 индексних поена (<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=6&id=8007&akcija=showXlinked>).

Методом SWQI пет индикатора квалитета површинских вода су разврстани према њиховој намени и степену чистоће:

- **Одличан** - воде које се у природном стању уз филтрацију и дезинфекцију, могу употребљавати за снабдевање насеља водом и у прехранбеној индустрији, а површинске воде и за гајење племенитих врста риба (salmonidae);
- **Веома добар и Добар** - воде које се у природном стању могу употребљавати за купање и рекреацију грађана, за спортове на води, за гајење других врста риба (супринidae), или које се уз савремене методе пречишћавања могу употребљавати за снабдевање насеља водом за пиће и у прехранбеној индустрији;
- **Лош** - воде које се могу употребљавати за наводњавање, а после савремених метода пречишћавања и у индустрији, осим прехранбеној;
- **Веома лош** - воде које својим квалитетом неповољно делују на животну средину, и могу се употребљавати само после примене посебних метода пречишћавања
(<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=6&id=8007&akcija=showXlinked>).






Табела 9: Класификација површинских вода методом Serbian Water Quality Index

Извор: <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=6&id=8007&akcija=showXlinked>

| Класа | I класа | | II класа | III класа | IV класа |
|--------------------|---|---|---|---|---|
| Нумеричка вредност | 100-90 | 84-89 | 72-83 | 39-71 | 0-38 |
| Описни индикатор | Одличан | Веома добар | Добар | Лош | Веома лош |
| Боја |  |  |  |  |  |

Користећи калкулатор за израчунавање SWQI на сајту Агенције за заштиту животне средине и документ о резултатима испитивања површинских и подземних вода за 2018. годину. Добијен је квалитет површинске воде Лепенице на мерној станици Лапово село. Битно је напоменути да је израчунавање индекса вршено без једног параметра који је недостајао у извештају, а то су колиформне бактерије. Резултати су дати у табели број 6.

Табела 10: Резултати SWQI за 2018. годину

| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|
| Нумеричка вредност | 55 | 52 | 39 | 42 | 40 | 34 | 38 | 44 | 42 | 46 | 40 | 42 |
| Описни индикатор | Лош | Лош | Лош | Лош | Лош | Веома лош | Веома лош | Лош | Лош | Лош | Лош | Лош |
| Класа | III | III | III | III | III | IV | IV | III | III | III | III | III |
| Боја |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Према резултатима из табеле број 10 квалитет Лепенице у 2018. години је припадао III и IV класи. Најлошији квалитет био је у јулу и јуну када је квалитет воде припадао IV класи. Највећу нумеричку вредност има у зимском периоду године, које је повезано са чињеницом да у зимском периоду године има више падавина, где је протицај воде виши, али и мање испаравање воде (Агенција за заштиту животне средине, 2019).

Вода се може посматрати као фактор животне средине који својим квалитетом утиче на здравље живих бића. Воде реке Лепенице нису погодне за купање, а ни за пиће. Када би се користиле за пиће била би потребна велика улагања у уклањању загађења. Сама прерада такве воде је скупа, а питање је да ли би могла да се преради.

Веома лош и лош квалитет реке Лепенице може узроковати настанак болести код становништва те регије као што су инфективна жутица, трбушни тифус и паратифус, лептоспироза. Такође могу да се јаве и болести које су повезане са повећаном концентрацијом метала у води које имају токсичан ефекат. Токсичне ефекте могу изазвати отпадне воде индустрија које се директно испуштају у водоток, као што је случај код Крагујевца где индустрија аутомобила Фијат испушта своје воде. Испуштање отпадних вода може да промени и термички биланс воде, где вода постаје топлија, а то се може негативно утицати на животињски свет у водотоку.

ИНТЕНЗИТЕТ ЕРОЗИЈЕ НА ПРОСТОРУ СЛИВА

Под утицајем спољашњих сила, у рељефу се јављају различити геоморфолошки агенси. Сваки агенс изазива одговарајући ерозивни процес у оквиру кога се изграђују ерозивни облици рељефа. Према томе, ерозивни облици су везани за одговарајући геоморфолошки агенс, а преко њега и за одговарајућу врсту ерозије. Под ерозијом се подразумева одношење материјала различитог састава са топографске површине. Свака од различитих врста ерозије изграђује властите, карактеристичне облике у рељефу (Мановић, Петровић, 2003).

Ерозија може бити изазвана природним процесима, али и антропогеним утицајем. Ерозија може имати негативан утицај на животну средину, али и на становништво које живи на територији које је подложно ерозији.

У сливу Лепенице постоје повољни природни и антропогени услови за ерозију тла. Распадање стена је интензивније на десним долинским странама десних притока Лепенице и на левим долинским странама левих притока. Узрок је што су то присојне стране које су изложеније температурним колебањима и распадању стена. Ерозивни процес је заступљен у већем делу слива Лепенице, нарочито у клисурама у којима се предвиђа подизање акумулација за водоснабдевање и наводњавање. Ерозија је претежно антропогеног карактера која се развила као последица деградације шума, бујичног отицања речних токова и спирања танког педолошког покривача (Милановић, 2007).

Степен ерозије V категорије јавља се на теренима до 3° нагиба и заступљен је у речним долинама нерегулисаних токова у сливу Лепенице. Степен ерозије V и IV категорије јавља се на брежуљкастим теренима са нагибом до 8° и углавном на смоници. Ерозија овог степена се карактерише површинским одношењем земљишта. Ерозија IV и III категорије се јавља у брдско-планинском пределу. Ерозија има карактер разарања слабо везаних земљишта, али је још увек плитка. Код III категорије ерозије појављује се видно одношење земљишног покривача на месту где је биљни покривач уништен, на теренима са нагибом око 30°. За ерозију III и II категорије карактеристично је да се јављају бујице. Земљиште је слабо везано, обично на флишним формацијама и кречњаку који су слабо отпорни на ерозију. Појаву бујица условљавају крчења шума али и интензивна сеча шума на стрмим нагибима од 20° до 25°. На таквим теренима нема задржавања ни упијања воде, већ вода гравитационо отиче. Ерозија I категорије се јавља на стрмим падинама нагиба преко 30°. Земљиште је скелетоидно и не може да пређе у генетска. Оваквих појава има на Гледићким планинама (Милановић, 2007).

Ерозивни процеси узрокују стварање ерозивних облика рељефа, пре свега јаруга и вододерина, али узрокују и таложење еродираних материјала на ушћима бујичних потока и стварање акумулативних микрооблика – плавина.

Табела 11: Категорије ерозије, површина и удео на територији слива реке Лепенице

| Категорија | Јачина ерозивних процеса у кориту и сливу | Z | Површина (km ²) | Удео (%) |
|------------|--|---------|--------------------------------|-------------|
| I | ексцесивна ерозија | >1 | 0.2 | 0.3 |
| II | јака ерозија | 0.7-1 | 3.32 | 0.52 |
| III | средња ерозија | 0.4-0.7 | 271.96 | 42.42 |
| IV | слаба ерозија | 0.2-0.4 | 245.85 | 38.34 |
| V | врло слаба ерозија | 0-0.2 | 119.4 | 18.69 |
| Укупно | | | 641.17 | 100 |

На територији слива реке Лепенице, највише је заступљена III категорија - средња ерозија која заузима површину од 271,96 km², односно 42,42%. Велику површину од 245,85 km² заузима и IV категорија интензитета ерозије - слаба ерозија тј. 38,34%. Најмању површину слива од 0,2 km² (0,03%) заузима I категорија интензитета ерозије односно ексцесивна ерозија. На малој површини од 3,32 km² заступљена је јака ерозија. Веома слаба ерозија заступљена је у североисточном делу слива, такође у долини Лепенице, ако и у долинама њених већих притока. Ексцесивна ерозија постоји на подручју каменолома у североисточном делу слива реке Лепенице.

Интензитет ерозије је анализиран на основу методе Гавриловића, по којој се средња годишња продукција наноса (W_{god}) у сливу рачуна према формули (Гавриловић, 1972):

$$W_{god} = T * H_{god} * \pi * \sqrt{Z^3 * F} \text{ (m}^3/\text{god)}$$

где је T - температурни коефицијент слива H_{god} - средња годишња кол. падавина у mm
 Z - коефицијент ерозије F - површина слива у km²

За израчунавање коефицијента ерозије коришћена је формула која гласи (Гавриловић, 1972):

$$Z = Y * X (\varphi + \sqrt{I})$$

где је Z - коефицијент ерозије; Y - коефицијент отпора подлоге од ерозије;

X - коефицијент заштићености подлоге од атмосфералија и ерозије;

φ - коефицијент вида ерозије; I - нагиб терена у децималном проценту

Коефицијент отпора подлоге од ерозије (Y) добијен је анализом геолошких карата за територију слива реке Лепенице у размери 1:100000.

Коефицијент заштићености подлоге од атмосфералија и ерозије (X) добијен је на основу базе података о начину коришћења земљишта (Corine Land Cover).

Табела 12: Коефицијенти који су коришћени за израчунавање параметара Y и X

| Геологија (Y) | Коеф. | Corine Land Cover (X) | Коеф. |
|---------------|-------|-----------------------|-------|
| ALU | 0.25 | 112 | 0.30 |
| DPR | 0.80 | 121 | 0.30 |
| DRF | 0.80 | 131 | 1.00 |
| MAG | 0.50 | 141 | 0.30 |
| MET | 0.75 | 142 | 0.30 |
| MKK | 0.65 | 211 | 0.55 |
| MKL | 0.80 | 231 | 0.50 |
| PKB | 0.40 | 242 | 0.65 |
| SRT | 0.40 | 243 | 0.55 |
| TKL | 0.90 | 311 | 0.35 |
| ULT | 0.70 | 313 | 0.30 |
| | | 321 | 0.50 |
| | | 324 | 0.70 |
| | | 511,512 | 0.00 |

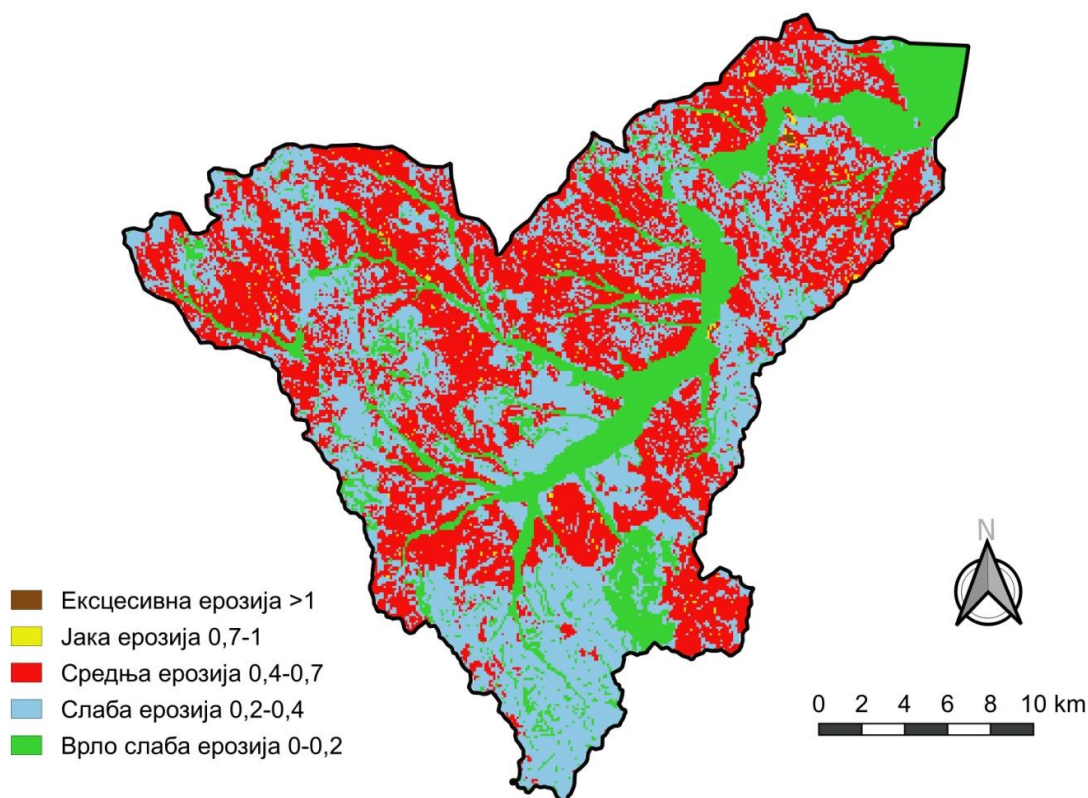
Коефицијент вида ерозије (ϕ) добијен је на основу формуле: $\phi = BSI + 0,8$

где је BSI- индекс оголићености тла. За добијање BSI, коришћени су мултиспектрални сателитски снимци LANDSAT 8 сателита одређене сцене за простор слива Лепенице. BSI се израчунава на основу формуле:

$$BSI = ((B6 + B4) - (B5 + B2)) / ((B6 + B4) + (B5 + B2))$$

где је B6- краткоталасни инфрацрвени спектрални канал (SWIR) B4- црвени спектрални канал B5- блиски инфрацрвени спектрални канал (NIR) B2- плави спектрални канал

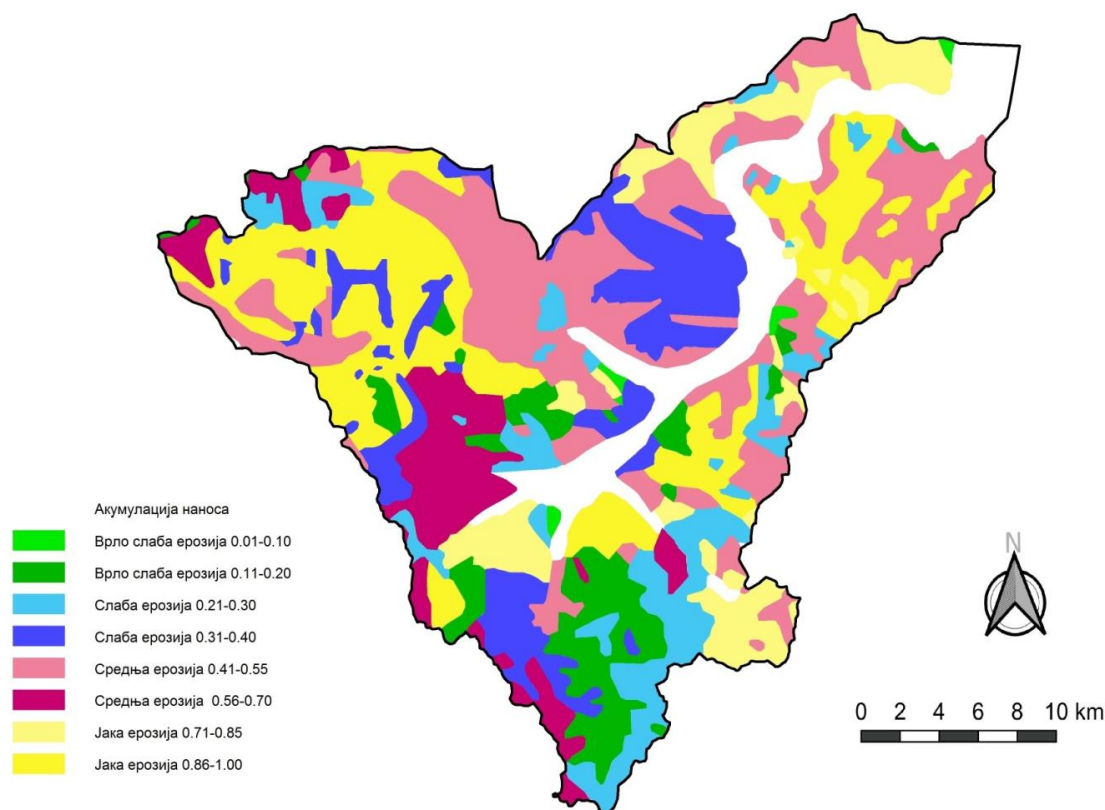
Нагиб терена (I) добијен је на основу дигиталног модела висина (SRTM DEM) резолуције 100 m. Средњи нагиб терена је изражен као децимални проценат.



Карта 17: Интензитет ерозије по методу Гавриловића

Табела 13: Категорије ерозије, површина и удео према Карти ерозије из 1983. године

| Јачина ерозивних процеса у кориту и сливу | Површина(km ²) | Удео (%) |
|---|----------------------------|------------|
| Јака ерозија 0.86-1.00 | 128.35 | 20.02 |
| Јака ерозија 0.71-0.85 | 57.51 | 8.97 |
| Средња ерозија 0.56-0.70 | 51.95 | 8.10 |
| Средња ерозија 0.41-0.55 | 150.47 | 23.46 |
| Слаба ерозија 0.31-0.40 | 74.07 | 11.55 |
| Слаба ерозија 0.21-0.30 | 56.77 | 8.85 |
| Врло слаба ерозија 0.11-0.20 | 46.4 | 7.24 |
| Врло слаба ерозија 0.01-0.10 | 2.83 | 0.44 |
| Аукумулација наноса | 72.91 | 11.37 |
| Укупно | 641.26 | 100 |



Карта 18: Интензитет ерозије по Карти ерозије из 1983. године

На следећој карти ерозије приказане су категорије ерозије које су дигитализоване на основу Карте ерозије (1:500000) из 1983. године. На овој карти се може приметити да је на великој површини слива била заступљена јака ерозија односно укупно $185,86 \text{ km}^2$ а од тога $128,35 \text{ km}^2$ под јаком ерозијом чији коефицијент износи $0,86-1$. На карти је приказана и акумулација наноса чији је удео $11,37\%$ од укупне површине слива, док је на карти која је рађена по методу Гавриловића тај део приказан као веома слаба ерозија. Према карти из 1983. године, велики удео ($23,46\%$) на укупној површини слива имала је и средња ерозија коефицијента $0,41-0,55$. Врло слаба ерозија са коефицијентом од $0,01-0,1$ је била заступљена на простору од $2,83 \text{ km}^2$, док је врло слаба ерозија са коефицијентом од $0,11-0,20$ била заступљена на већој површини од $46,40 \text{ km}^2$. Слаба ерозија са коефицијентом од $0,21-0,30$ била је заступљена на површини од $56,77 \text{ km}^2$, а слаба ерозија са коефицијентом од $0,30-0,40$ је била на површини од $74,04 \text{ km}^2$. Јака ерозија је била пре свега у западном и североисточном делу слива, међутим, на карти по методу Гавриловића, ту је највећим делом заступљена средња ерозија. На територији слива Лепенице, према карти из 1983. године експесивна ерозија није била заступљена, док је на другој карти њен удео веома мали од $0,03\%$. У јужном делу слива, односно на обронцима Гледићких планина, на карти из 1983. године је више била заступљена врло слаба ерозија, док је на карти по методу Гавриловића на том простору више заступљена слаба ерозија, што значи да се на том делу ерозија повећала.

Према Карти ерозије из 1983. године, односно по Раденку Лазаревићу, средњи коефицијент ерозије је износио $0,57$ и спадао је у категорију средње ерозије, док је средња годишња продукција наноса износила $535.410,43 \text{ m}^3/\text{god}$. Према горе наведним формулама добијено је да средњи коефицијент ерозије (Z) за слив реке Лепенице износи $0,35$ и спада у IV категорију ерозије односно спада у категорију слабе ерозије, а средња годишња продукција наноса (W_{god}) износи $313.079,75 \text{ m}^3/\text{god}$.

На основу карата којима је приказана ерозија слива реке Лепенице, може се закључити да се поједини делови територије слива видно разликују. На карти из 1983. године, највише је била заступљена јака ерозија са већим коефицијентом од 0,86-1, док је на карти која је рађена по методу Гавриловића највише заступљена средња ерозија. Постоји могућност да се територија под јаком ерозијом смањила, услед мера које су примењене баш из разлога да се ерозија смањи.

У 18. веку је турски путописац Евлија Челебија описао шуме овог простора и назначио да су то густе и мрачне храстове шуме (ЛЕАП, 2010). Услед крчења шума зарад добијања пољопривредног земљишта површине под шумама су се смањиле у току 19. и у првој половини 20. века. Као последица тога испољила се јака ерозија у сливу. Ерозија је имала негативан утицај на пољопривредну производњу, становништво и животну средину, а како би се смањио утицај ерозије предузете су антиерозивне мере. Почетком 21. века територија под шумама је износила 23% у односу на целу површину слива реке Лепенице, односно 149 km² (Група аутора, 2004).

Заштита од ерозија обухвата примену биолошких антиерозивних мера (пошумљавање, затрављивање, терасасто подизање воћњака, орање по изохисама) и техничких антиерозивних радова као што су изградња различитих објеката ради смањења падова, брзине воде и заустављања наноса и административне забране (Милановић, 2007).

Пошумљавање голети и проређених шумских површина има велику улогу у заштити земљишта од ерозије. Тако је 1946. године извршено пошумљавање 43 ha бујичног подручја са обе стране Грошничког језера, да би се спречило уношење наноса у водојазу. Тако да се може приметити да је на простору Грошничког језера на карти из 1983. године била заступљена веома слаба ерозија. Извршено је и пошумљавање и још неких делова слива Лепенице, такође засађено је и 2000 садница дуж корита Лепенице, како би се спречило одроњавање обала. На карти из 1983. године се може приметити да је на тој територији била акумулација наноса, док је на карти по методу Гавриловића је била заступљена веома слаба ерозија. Може се закључити да је пошумљавање позитивно утицало на смањење ерозије. Бетонске и зидане бране су подигнуте на бујичним потоцима у сливу. Пошумљено је и 4 ha у Горњим Комарицама (Милановић, 2007).

Скупштина општине Крагујевца је донела Одлуку о проглашењу ерозивног подручја и прописивању противерозивних мера 10.2.1983. године. Под подручјем у смислу ове Одлуке су се подразумевале катастарске парцеле чије је земљиште угрожено, односно нападнуто ерозијом категорије и бујичним токовима (Арежина, 1987).

Према подацима из пописа становништва приметан је пад броја становника у селима док је у урбаном насељу, односно у Граду Крагујевцу континуирани пораст становника. 1948. године број становника у општини Крагујевац износио је 85468 становника, у градском насељу је тада живело 39324, док је у сеоским насељима био већи број становника, 46144. Подаци из 1981. године показују да је у сеоским насељима број становника износио 35806, а у граду је број становника био драстично већи него у сеоским, односно износио је 129017 становника. Овај тренд се наставља, па је из пописа извршеног 2011. године забележен број становника 150835, док је у сеоским насељима било 28582 (Упоредни преглед броја становника за период 1948-2011.). Овај тренд се наставља па се очекује да ће следећи попис становништва забележити још већи дисбаланс између градског и сеоског становништва, односно да ће градско становништво константно расти, док ће се сеоско смањивати. Према овим

подацима може се закључити да пад сеоског становништва представља и мање пољопривредне површине, јер некадашње пољопривредне површине постају обрасле вегетацијом услед све мањег коришћења. Пресељење људи у градско подручје има позитиван утицај на смањење ерозивних процеса јер не врше утицај на земљиште и воду у сеоским подручјима.

Захваљујући предузетим антиерозивним мерама и због смањења броја становника у селима пртпоставља се да ће се површине под шумама проширити на већи део територије слива реке Лепенице.



Слика 1: Снимак каменолома 2003. године
(извор: Google Earth)



Слика 2: Снимак каменолома 2019. године
(извор: Google Satelit)

На овим сликама приказан је каменолом који се налази у североисточном делу слива реке Лепенице, и може се приметити да је разлика више него очигледна, пре свега се мисли на површину каменолома. На овом простору, на карти ерозије по методу Гавриловића заступљена је I категорија ерозије односно експесивна ерозија, а разлог за то јесте превелика прекомерна експлоатација минералних сировина и потпуно је промењен изглед и намена земљишта. Може се приметити да је овај каменолом много веће површине у 2019. години. Како би се спречила даља деградација земљишта на овом простору и како би се смањила експесивна ерозија, ово подручје је потребно пошумити. На основу таквих мера, негативан утицај на овом простору би се смањила, тако да експесивна ерозија више не би била заступљена на територији сливе реке Лепенице.

Ерозија обала



Слика 3: Снимак дела обала реке Лепенице из 2003. године
Извор: Google Earth



Слика 4: Ортофото снимак дела обала реке Лепенице из 2010. године
Извор: <https://a3.geosrbija.rs/>



Слика 5: Снимак дела обала реке Лепенице из 2013. године
Извор: Google Earth



Слика 6: Снимак дела реке Лепенице из 2019. године
Извор: Google satelit

На сликама су приказани снимци из 2003. године и из 2013. године (Google Earth), као и ортофото снимак из 2010. године (<https://a3.geosrbija.rs/>) и сателитски снимак из 2019. године (Google satelit). Може се закључити да због карактеристичне конфигурације терена и количине воде у реци није драстично изражено меандрирање и ерозија обала.

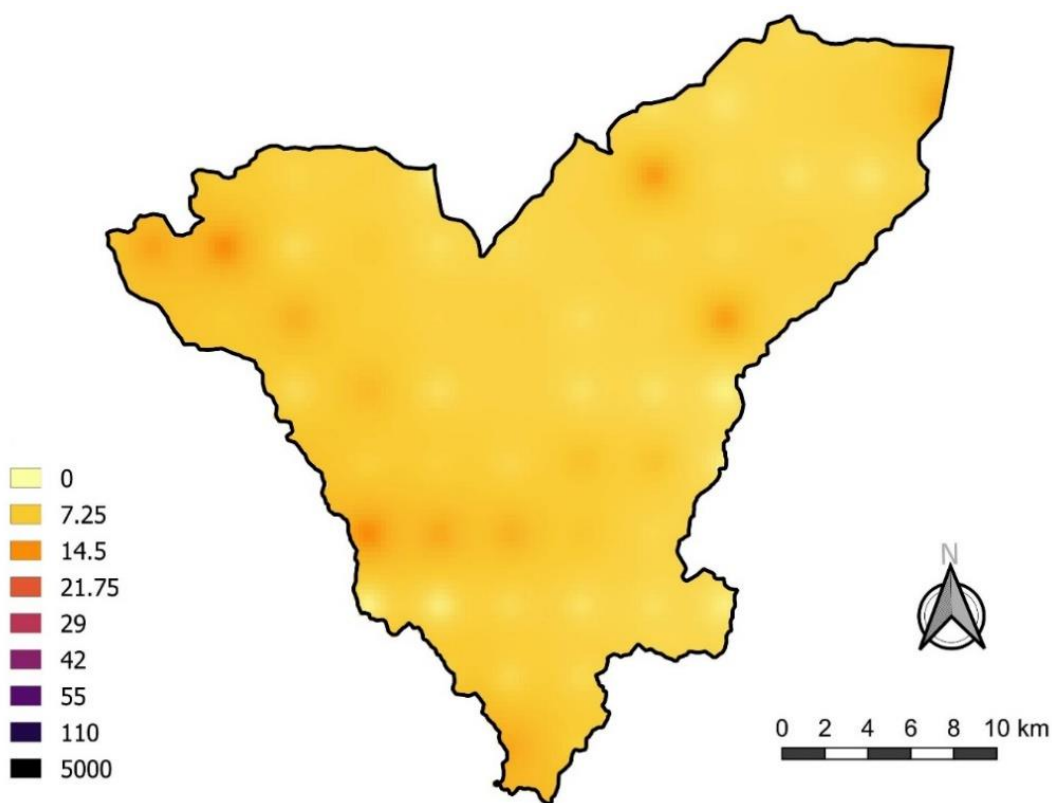
Фактор који може да утиче да није изражена ерозија обала јесте вегетација која је обрасла дуж целог тока реке Лепенице. Такође, фактор представљају и бројне мере које су предузимане у виду заштите од поплава и грађења обалоутврда.

ЗАГАЂИВАЧИ ЗЕМЉИШТА (ТЕШКИ МЕТАЛИ)

Један од најопаснијих загађивача животне средине јесу тешки метали. Под њима се подразумевају елементи као што су арсен, кадмијум, хром, бакар, флуор, жива, никл, олово, цинк, флуор и селен. Данас ових елемената има далеко више у пољопривредном земљишту. Узрок томе јесте све већи број индустријских постројења. Све је више топионица метала и термоелектрана из чијих димњака излазе велике количине појединих метала у виду гасова, гара и дима. Сви они падавинама доспевају у земљиште загађујући животну средину и уништавајући вегетацију. Индустријска постројења загађују ваздух тешким металима, а самим тим загађење се преноси на земљиште и воду. У близини топионица за прераду метала и термоелектрана неретко се примећују оштећења биљака и земљишта. Знатан део тешких метала доспева у земљиште применом хемијских средстава у индустријским и пољопривредним процесима и то највише арсен, жива, никл и олово. Извори уношења тешких метала у земљиште могу да буду и нека минерална ђубрива и пестициди. Многи тешки метали уносе се средствима за заштиту биљака, а градско смеће, односно комунални отпад, сматра се потенцијалним извором.

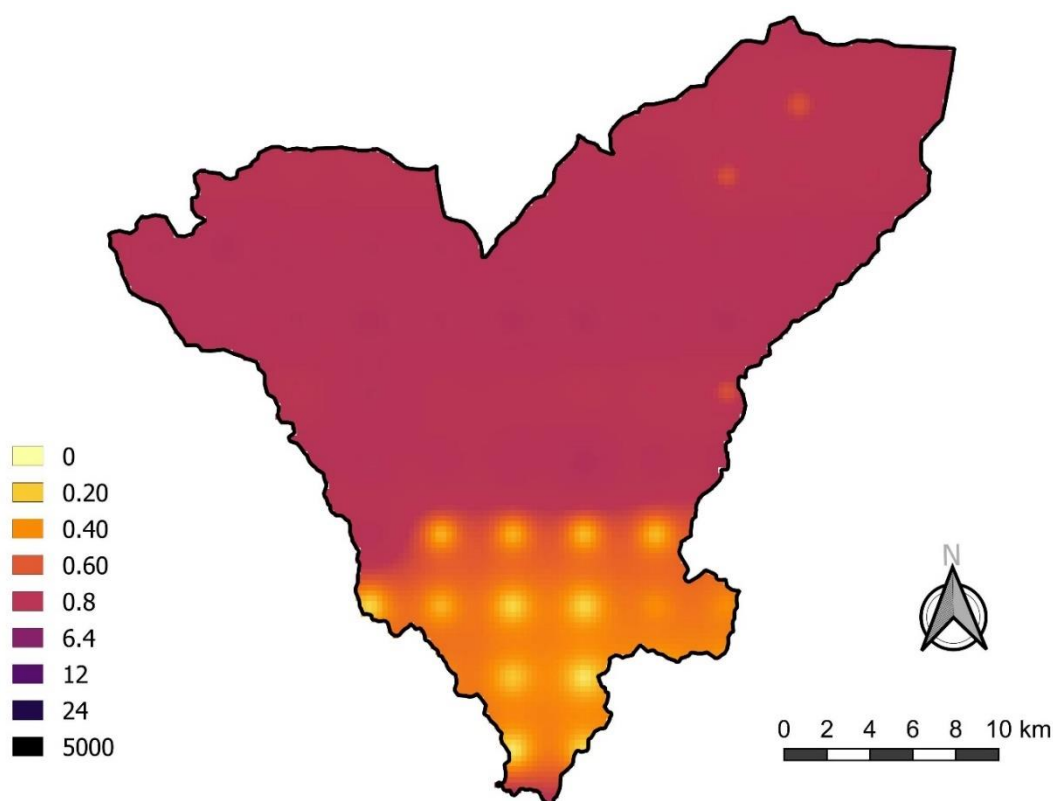
Тешки метали који се природно налазе у земљишту воде порекло од матичне стене, односно супстрата од којег је земљиште настало. Њихове појединачне концентрације не прелазе 1000 mg/kg, а за већину је просечна концентрација мања од 100 mg/kg. Тешки метали се у земљишту накупљају услед природних литогених и педогених процеса, али и услед антропогених чинилаца.

На територији слива реке Лепенице приказани су садржаји одређених тешких метала (арсен, кадмијум, хром, бакар, жива, никл, олово и цинк), као и њихове граничне и ремедијационе вредности.



Карта 19: Садржај арсена у сливу реке Лепенице

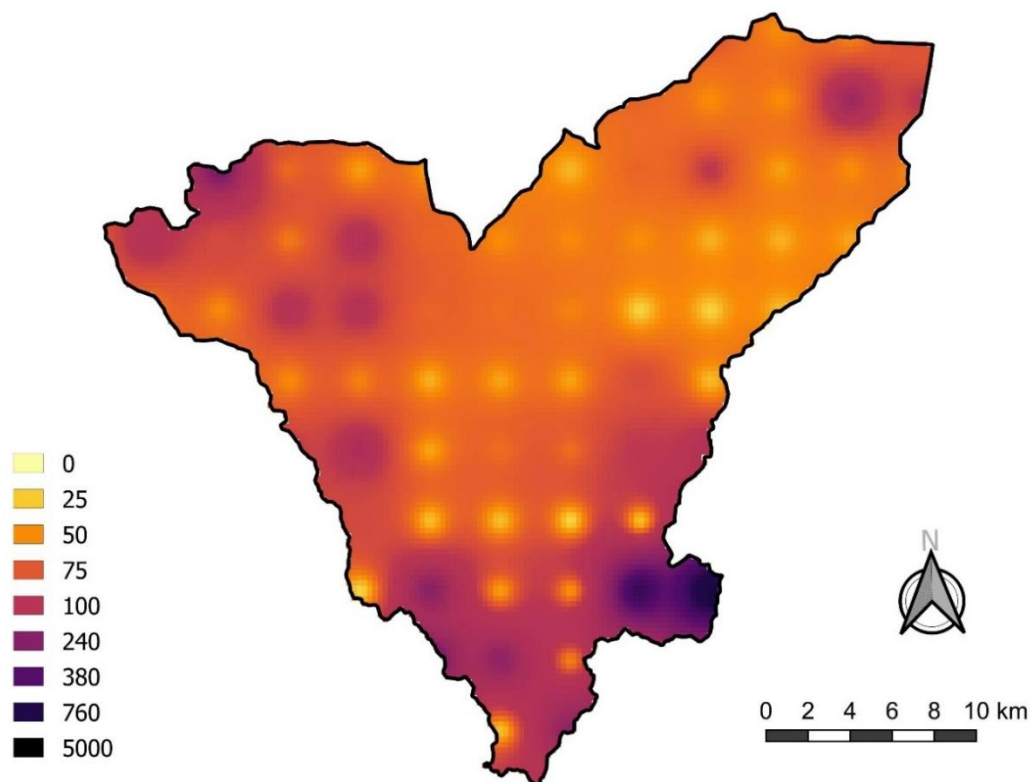
Арсен је познат као изузетно токсичан елемент и још од античког доба се третира као отров. Хронично тровање арсеном изазива карактеристичну пигментацију коже праћену растом брадавица и појавом малигности на кожи и унутрашњим органима. Његова гранична вредност износи 29 mg/kg. На карти 19 може се видети да садржај арсена у сливу реке Лепенице не прелази дозвољену границу, те да је његов садржај 7,25 mg/kg.



Карта 20: Садржај кадмијума у сливу реке Лепенице

Кадмијум, такође токсичан елемент, има граничну вредност 0,8 mg/kg. Садржај кадмијума у сливу реке Лепенице у северним, североисточним, северозападним и централним деловима прелази границу дозвољеног и износи 6,4 mg/kg. Јужни делови слива садрже до 0,60 mg/kg (карта 20). Кадмијум је халкофилног карактера, па се налази удружен са сумпором. Користи се за израду батерија и као антикорозионо средство за облагање метала. У животну средину највећим делом доспева приликом добијања цинка. Ниске концентрације кадмијума су утврђене у магматским стенама, пешчарима и кречњацима, а повишене у седиментима са органском материјом (глинци и лежишта фосфорита). Угаљ има способност да концентрише кадмијум. У неконтаминираним и некултивисаним земљиштима, на концентрацију кадмијума највише утиче стенски материјал у подлози. Мобилност кадмијума у земљишту и његова расположивост за биљке у највећој мери зависи од хемијског облика у којем се јавља. Морски организми га посебно акумулирају, а високе концентрације утврђене су у рекама и естуарима, као и у земљишту близу индустријских и рударских центара, где се налази у прашини и у отпадним муљевима. Иако се сматра неесенцијалним елементом за биљке, кадмијум се лако апсорбује преко кореновог система и лишћа. При нормалним условима биљке из земљишта узимају мале количине кадмијума, мада су сви облици, односно једињења овог елемента подједнако расположива биљкама. Акумулација кадмијума у биљкама може да доведе до њиховог успореног раста, оштећења кореновог система, хлорозе лишћа и појаве црвеномрких ивица на лишћу.

Фитотоксичност кадмијума се испољава и у процесима фотосинтезе, транспирације, фиксације угљендиоксида, а утиче и на пропустљивост ћелијских мембрана. Испољавање ових ефеката у највећој мери зависи од врсте биљке и концентрације кадмијума у земљишту. Дневно уношење кадмијума у људски организам преко хране износи око 35 μg , а само око 2 μg се апсорбује. У организму кадмијум се акумулира у бубрезима и јетри.

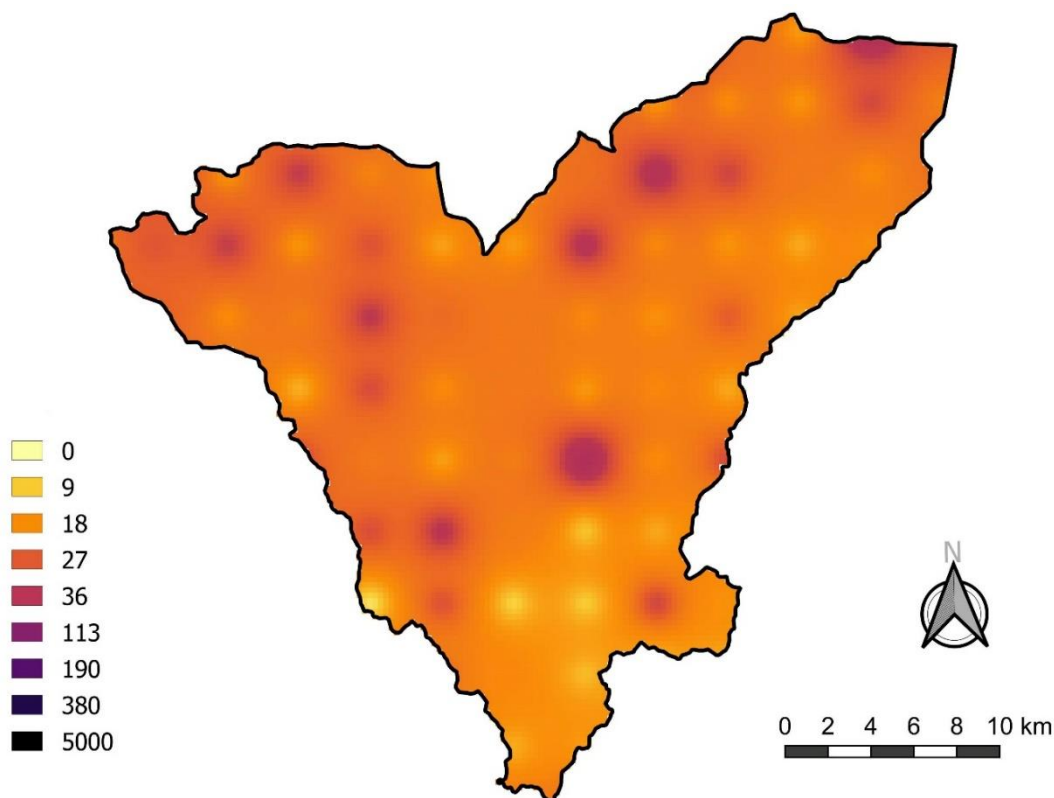


Карта 21: Садржај хрома у сливу реке Лепенице

Хром се у природи појављује у виду сопственог минерала хромита (FeCrO_4) и као примеса у силикатним минералима где замењује магнезијум. Повишене концентрације хрома утврђене су у земљиштима на серпентинитима, тако да на њима расту само одређене биљке (серпентинска флора). Његова гранична вредност износи 100 mg/kg . У сливу реке Лепенице јужни и југоисточни делови прелазе граничну вредност и износе преко 240 mg/kg (карта 21). Јон хрома (Cr^{3+}) чешћи је у природи, али је нерастворан у води па су његове концентрације у водама ниске. Сматра се да је хром есенцијалан за живи свет. У другом оксидационом облику као Cr^{6+} (CrO_4^{2-}) више је растворан, али и токсичан и проузрокује развој канцера. Хром се користи у металургији за добијање посебне врсте челика и за облагање метала. Примењује се и у производњи пигмената.

Бакар се одликује сидерофилним и халкофилним карактером. У Земљиној кори појављује се у облику сулфида (халкозин, ковелин, халкопирит итд.). На површини Земље оксидише се у Cu^{2+} и гради сложене карбонате (малахит, азурит). Међутим, у природи се понегде може наћи и елементарни бакар. Концентрације бакра у водама углавном су ниске, док су у земљиштима знатно веће. Гранична вредност бакра износи 36 mg/kg , а у сливу реке Лепенице поједини делови прелазе ту границу и износе 113 mg/kg (карта 22). Контаминација земљишта и вода појављује се у близини рудника и индустријских зона. Производња бакра такође утиче на загађење животне средине и другим елементима – сумпором (одлази у атмосферу), арсеном и другим токсичним

елементима. Бакар је есенцијалан елемент за живи свет, јер улази у састав неколико металоензима и протеина.



Карта 22: Садржај бакра у сливу реке Лепенице

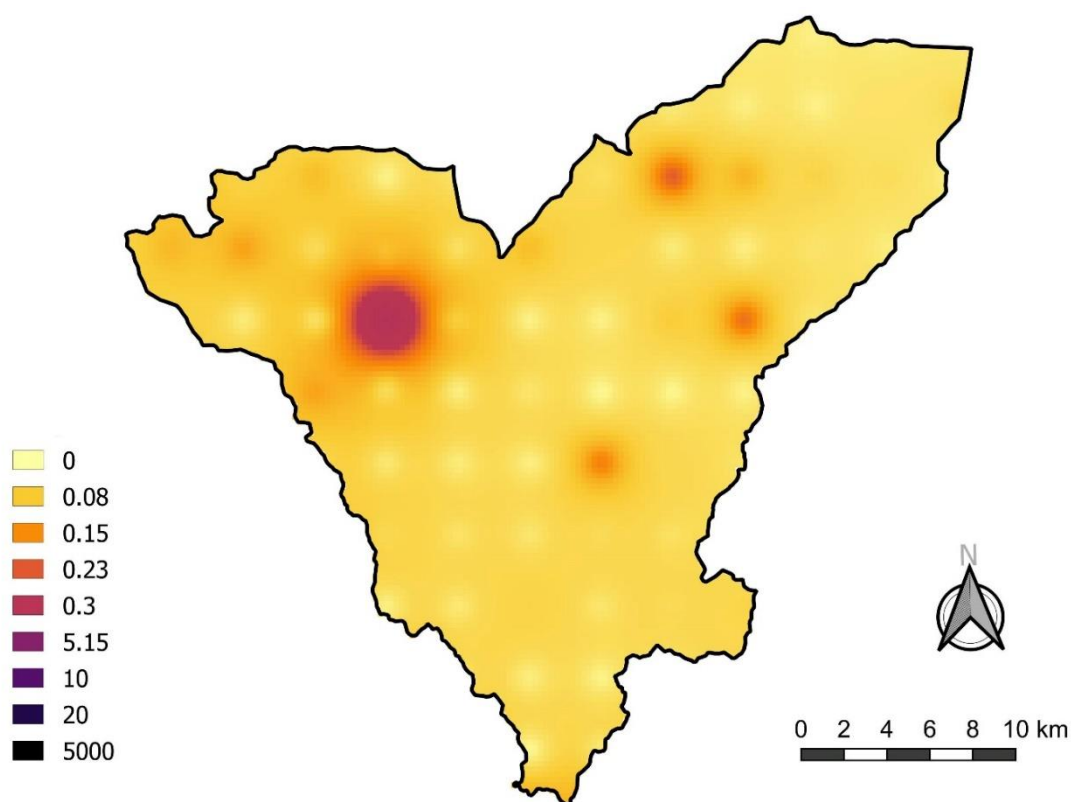
Жива се у малим концентрацијама појављује у магматским стенама. Захваљујући халкофилном карактеру и високој волатилности, жива има тенденцију да се концентрише при хидротермалним процесима. У процесима површинског распадања жива се мобилише или у виду растворљивог хлорида или у облику хидроксида. У кластичним седиментима садржај живе је низак, као и у карбонатним стенама. Њена гранична вредност износи 0,3 mg/kg. У већем делу слива реке Лепенице та вредност није прекорачена, док се у неким деловима могу наћи нешто већи садржаји од 5,15 mg/kg (карта 23).

Значајне количине овог елемента могу се појавити у атмосфери као последица вулканских еманација као и кроз стварање диметил-живе $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ коју производи морски биљни свет. Такође, постоје и одређене животиње које концентришу живу, као што су то рибе.

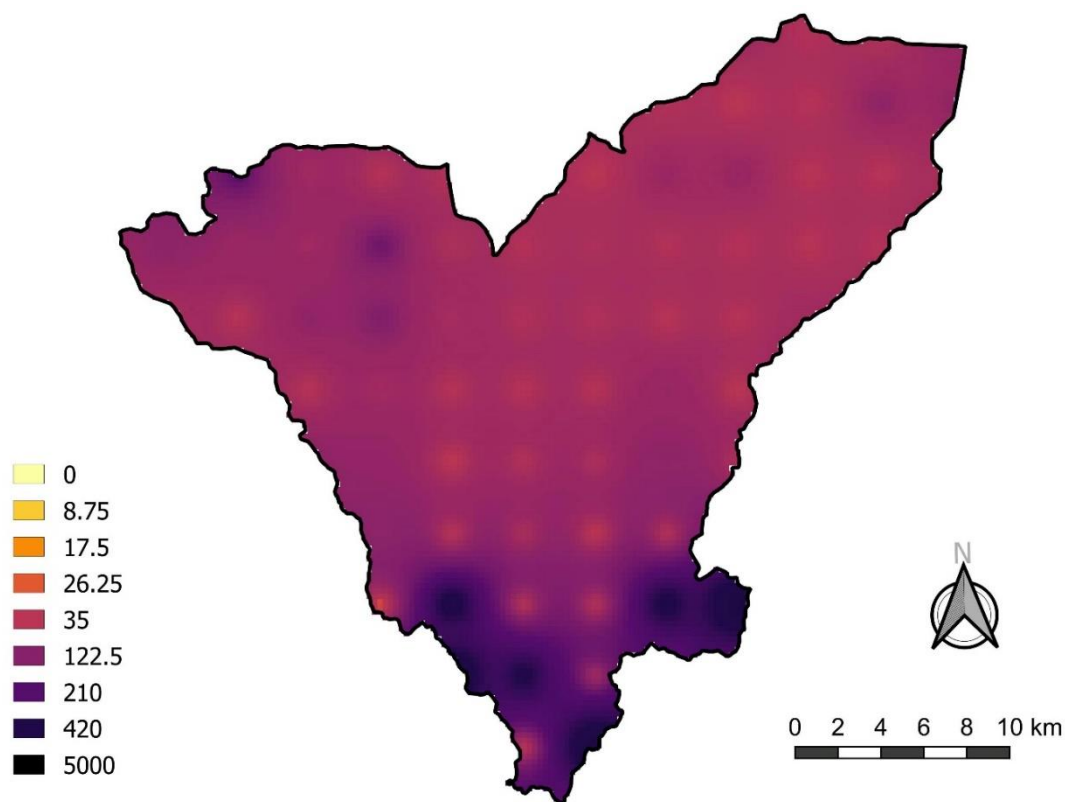
Међутим, много опаснији извори живе у животној средини јесу индустријска постројења која у технолошком процесу користе овај елемент и која су искључиви извор контаминације овим елементом.

Жива се широко користи у хемијској индустрији: у процесу електролитичког добијања NaOH, за добијање Cl из морске воде (и једна и друга употреба све се више напуштају због високе токсичности живе). Она се примењује за пуњење термометара и барометара, у зубним пломбама у виду амалгама (легура живе), за производњу пестицида и фунгицида, и као катализатор у производњи поливинил-хлорида (PVC).

Жива је екстремно токсичан елемент. Метил-живина једињења нарочито су отровна због тога што их лако апсорбује људски организам где одлазе у мозак. Волатилност овог елемента чини да се он такође може лако апсорбовати кроз кожу.



Карта 23: Садржај живе у сливу реке Лепенице



Карта 24: Садржај никла у сливу реке Лепенице

Никл је веома заступљен у Земљи, нарочито у њеном језгру, док је мање присутан у Земљиној кори, где улази у састав сулфидних и оксидних минерала, као и

Mg-силиката. Најпознатији минерал је пентландит $(\text{Ni, Fe})_9\text{S}_8$. Ултрабазичне стене су посебно обогаћене са никлом, као и земљишта настала од њих. Гранична вредност никла износи 35 mg/kg, док цео слив реке Лепенице садржи прекограничне вредности и до 420 mg/kg (карта 24).

Никл се користи за легуре и облагање метала. У околини рударских и топионичарских центара постоје повећане концентрације никла. Никл је есенцијалан микроелемент за живи свет, а улази у састав металоензима уреазе. Он је такође и токсичан елемент, па на земљиштима обогаћеним никлом расту само одређене, толерантне биљке. Прашина са никла доводи до појаве канцера грла, а накит од никла изазива дерматитис код посебно осетљивих особа.

Олово је најзаступљеније од свих токсичних тешких метала. Захваљујући свом снажном халкофилном карактеру оно је у природи везано највећим делом за сулфидне минерале, најчешће галенит. Због своје мале мобилности у секундарној геохемијској средини, олово бива брзо фиксирано у сулфатним или карбонатним минералима.

Олово се највећим делом користи за израду ћелија у акумулаторима, за производњу пигмената, у виду тертраетил-олова $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{Pb}$ додаје се бензину ради бољег сагоревања итд.

Олово је елемент који се у малим концентрацијама појављује у магматским стенама. У петрогеним минералима достиже највиши ниво у К-фелдспату. Олово је један од елемената који показује правилан позитиван тренд са повећавањем киселости стена идући од ултрабазичних па до киселих стена.

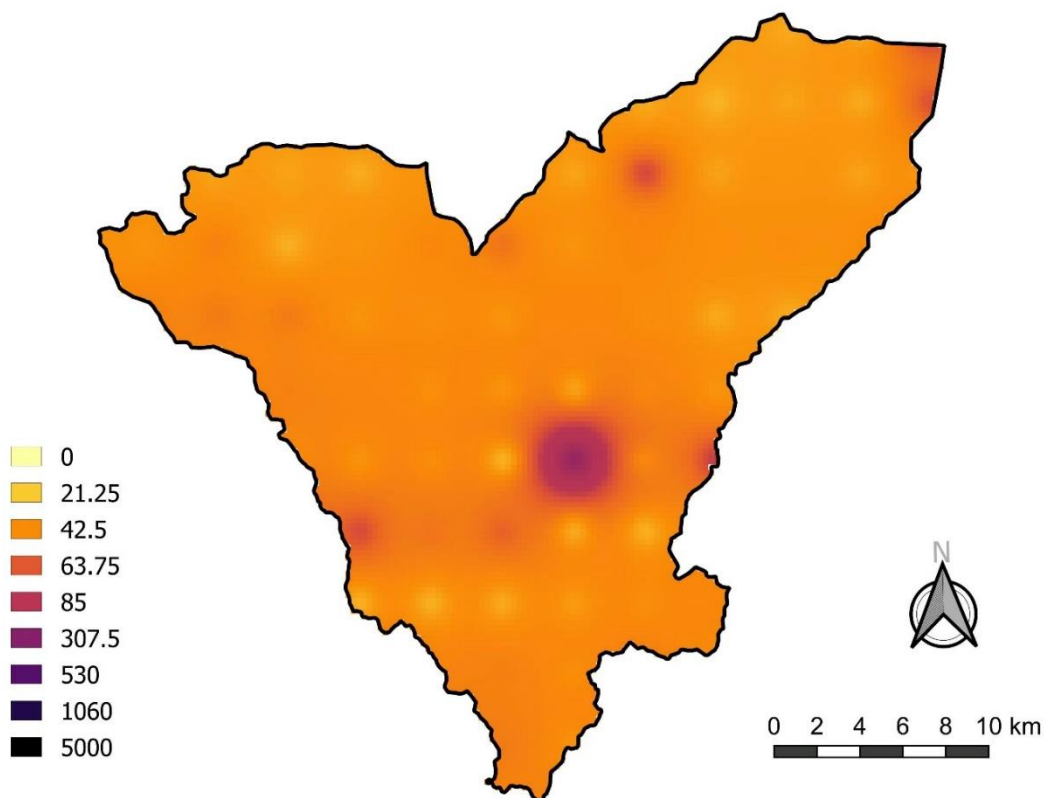
Олово показује низак степен мобилности током распадања стена. Наиме, мада долази до значајног распадања минерала који га носе: галенита, буланжерита, биотита, фелдспата, ослобођено олово најчешће бива адсорбовано на минералима глина. Последица тога су и ниски садржаји олова у континенталним водама.

Веома важан фактор у егзогеном геохемијском циклусу олова јесу минерали глина. Наиме, сматра се да монтморијонитске глине имају моћ да адсорбују око 96 % олова у систему, а оксихидроксици и хидроксици гвожђа око 86 %.

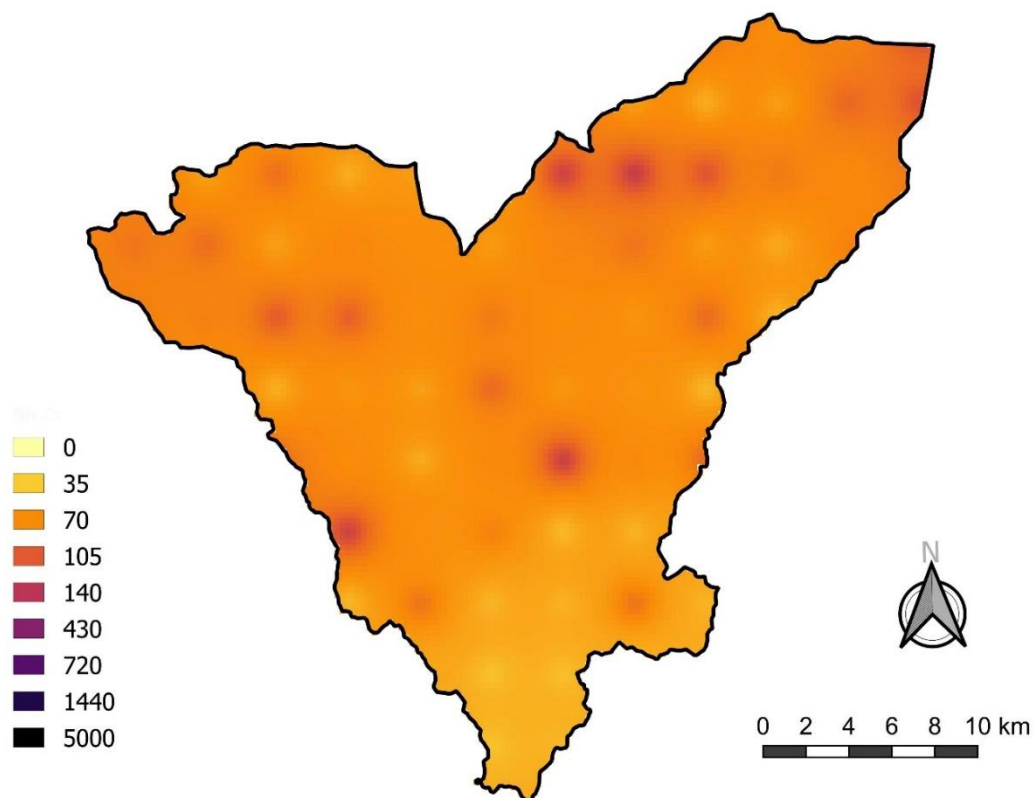
Садржај олова у сливу реке Лепенице углавном не прелази граничну вредност која износи 85 mg/kg. Неки делови који имају већу концентрацију од дозвољене, садрже 307,5 mg/kg (карта 25).

Атмосферске падавине и аеросоли које допиру до поларних области показују садржаје олова и 1000 пута веће од средњег садржаја за Земљину кору. Атмосферско олово се нарочито концентрише над насељеним и индустријским областима. Главни загађивачи су аутомобили, термоелектране и депоније. Захваљујући сагоревању бензина (коме су додати оловни адитиви), угља и разних отпадака стварају се разна оловна једињења која се највећим делом транспортују атмосферском прашином.

Осим овог вида загађења, присутна је и контаминација воде која се транспортује оловним цевима. Оксидациони услови у води утичу на прелазак олова у двовалентни растворљиви облик.



Карта 25: Садржај олова у сливу реке Лепенице



Карта 26: Садржај цинка у сливу реке Лепенице

Цинк се одликује халкофилним карактером, па се у природи углавном појављује у облику сулфида (сфалерит ZnS). У површинским условима сулфиди се оксидишу, а цинк се ослобађа у виду растворног јона. За животну средину је важна чињеница да

сфалерит садржи значајне количине кадмијума која се ослобађа при преради цинкове руде.

Цинк се појављује у веома ниским концентрацијама у природним водама, док се у земљиштима обогађује јер се везује за минерале глина, оксиде и хидроскиде Fe и Mn.

Гранична вредност цинка износи 140 mg/kg. Садржај цинка у сливу реке Лепенице углавном не прелази дозвољене вредности (карта 26).

Цинк се користи за антикорозиона облагања, батерије, легуре. Један је од најважнијих есенцијалних микроелемената за живи свет. Одрасла особа садржи око 2.5 g цинка који углавном изграђује ензиме и протеине. При нормалној исхрани уноси се довољна количина цинка, мада су у неким земљама забележени дефицити који доводе до закржљалог раста.

ЗАКЉУЧАК

Анализом и обрадом података, може се закључити да су водни ресурси и педолошки покривач на територији слива реке Лепенице добри. Постоји неколико одлика које су добре, пре свега се мисли на само речно корито Лепенице које је регулисано у Граду Крагујевцу, па према томе, сада река не представља толику опасност за становнике Крагујевца.

Вода је фактор животне средине који утиче на здравље људи и живих бића. Воде слива реке Лепенице припадају III и IV класи, ове реке нису погодне за пиће и купање. Веома лош и лош квалитет реке Лепенице може узроковати настанак болести код становништва те регије као што су инфективна жутица, трбушни тифус и паратифус, лептоспироза. Такође могу да се јаве и болести које су повезане са повећаном концентрацијом метала у води које имају токсичан ефекат. Токсичне ефекте могу изазвати отпадне воде индустрија које се директно испуштају у водоток, као што је случај код Крагујевца где индустрија аутомобила Fiat испушта своје воде. Испуштање отпадних вода може да промени и термички биланс воде, где вода постаје топлија, а то се може негативно утицати на животињски свет у водотоку.

Што се тиче интензитета ерозије, иако је некада слив Лепенице био највећим делом јаке ерозије, сада то није случај, већ је највећи под средњом ерозијом. У прошлости је била изражена несанитарна и нерационална сеча шума која је интензивирала процес ерозије. Како се смањило коефицијент ерозије, тако се смањило и средњи годишњи протицај наноса. У данашње време, све већи бој становника се сели у град, тако да је велики број пољопривредних површина напуштен, а самим тим је самњен и интензитет ерозије. Такође, извршена је регулација водотока и ерозија је смањена. Због смањене ерозије, али и због конфигурације река у сливу Лепенице ерозија обала није доминантан процес. Оно што би се могло поправити јесте пошумљавање деградираних површина на територији слива Лепенице, али и пошумљавање територија које су коришћене за експлоатацију минералних сировина. Такође, чест је и природан процес зарастања напуштених пољопривредних површина, као последица иселјавања људи из села у градове. То представља позитиван утицај на животну средину јер се смањују ерозивни процеси и смањује се употреба вештачких ђубрива и пестицида који загађују земљиште и водотке.

У земљишту постоје одређене концентрације тешких метала. Оне могу имати негативан утицај и на људе, али и на земљиште и површинске и подземне воде и остале елементе животне средине. Највеће концентрације олова и бакра јесу управо у Крагујевцу, односно у индустријској зони где се производе пре свега аутомобили (Fiat).

ЛИТЕРАТУРА

1. Zevenbergen, L. W., Thorne, C. R. (1987): Quantitative analysis of land surface topography. *Earth Surfaces Processes and Landforms*, 12: 47-56.
2. Агенција за заштиту животне средине.(2012). Резултати испитивања квалитета површинских и подземних вода за 2011. годину. Београд: Министарство пољопривреде и заштите животне средине.
3. Агенција за заштиту животне средине.(2019). Резултати испитивања квалитета површинских и подземних вода за 2018. годину. Београд: Министарство пољопривреде и заштите животне средине.
4. Арежина, Ј. (1987): Проблеми планирања и коришћења растора на подручју општине Крагујевац (дипломски рад у рукопису).
5. Гавриловић, Љ., Дукић, Д. (2014): Реке Србије. Завод за уџбенике. Београд.
6. Група аутора (2004): Процена стања животне средине у општини Крагујевац (радни материјал).
7. Драгићевић, С., Филиповић, Д. (2016): Природни услови и непогоде у планирању и заштити простора. Универзитет у Београду – Географски факултет. Београд.
8. Дукић Д., Гавриловић Љ., (2008). Хидрологија, Завод за уџбенике, Београд.
9. Дуцић В., Анђелковић Г. (2011). Климатологија – Практикум за географе. Географски факултет, Београд.
10. Институт за проучавање земљишта, Београд – Топчидер, израда и репродукција „ГЕОКАРАТА“ Београд, 1963. година. Аутори: М. Јеремић, Ж. Алексић, Г. Антоновић, Ђ. Филиповић, В. Никодијевић, М. Спасојевић
11. Јовановић, В., Срећковић-Батоћанин, Д. (2009): Основи геологије. Завод за уџбенике. Београд.
12. Јовановић, Ј. (2017): Тематска картографија – практикум. Универзитет у Београду – Географски факултет. Београд.
13. Карта ерозије СР Србије 1:500.000 – Тумач. Институт за шумарство и дрвну индустрију – Одељење за ерозију и мелиорацију. Београд, 1983. године.
14. Локални еколошки акциони план града Крагујевца за период 2010 - 2014. године. Крагујевац. 2010. године.
15. Љешевић, А. (2003). Географија земљишта. Универзитет Црне Горе - Институт за географију Филозофског факултета. Никшић.
16. Манојловић, П., Драгићевић, С. (2003): Практикум из геоморфологије. Универзитет у Београду – Географски факултет. Београд.
17. Манојовић, П., Петровић, Д. (2003): Геоморфологија. Универзитет у Београду – Географски факултет. Београд.
18. Милановић, А. (2007): Хидрографска студија реке Лепенице. Посебна издања – Књига 20. Географски институт „Јован Цвијић“ – Српска академија наука и уметности. Београд.
19. Милановић, М., Љешевић, А., Милинчић, М. (2012): Екоменаџмент. Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд.
20. Милановић, М., Љешевић, М. (2009): Теледетекционе методе истраживања животне средине. Универзитет у Београду - Географски факултет. Београд.

21. Миљаковић, Н. С. (1996): Основи педологије. Универзитет у Новом Саду – Институт за географију. Нови Сад.
22. Павловић, М. (2018): Географија Србије 1, Универзитет у Београду - Географски факултет, Београд.
23. Попис становништва, домаћинстава и станова 2011. у Републици Србији. Упоредни преглед броја становника 1948, 1953, 1961, 1971, 1981, 1991, 2002. и 2011. Републички завод за статистику Републике Србије. Београд, 2014. године.

Интернет странице:

- Агенција за заштиту животне средине
<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=6&id=8007&akcija=showXlinked>
- Агенција за заштиту животне средине -
<http://www.sepa.gov.rs/download/radovi/2018/SatelitskiPodrzanMonitoringKvalitetaVode.pdf>
- Агенција за заштиту животне средине -
http://www.sepa.gov.rs/download/radovi/2015/KvalitetPovrsinskihVodaSrbije_112015.pdf
- Агенција за заштиту животне средине -
<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=305&id=30000&akcija=showAll>