

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

Вукашин М. Милчановић

**РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА  
ИДЕНТИФИКАЦИЈУ ЕРОЗИОНИХ ПОДРУЧЈА  
КАО ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМА У ПРЕВЕНЦИЈИ  
БУЈИЧНИХ ПОПЛАВА**

докторска дисертација

Београд, 2021.

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF FORESTRY

Vukašin M. Milčanović

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR  
IDENTIFYING EROSION AREAS AS A PART OF  
THE SYSTEM FOR TORRENTIAL FLOOD  
PREVENTION

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2021.

**Ментор:**

*др Ратко Ристић, редовни професор  
Универзитет у Београду Шумарски факултет*

**Чланови комисије:**

*др Борис Радић, ванредни професор  
Универзитет у Београду Шумарски факултет*

*др Јасна Плавшић, редовни професор  
Универзитет у Београду Грађевински факултет*

*др Зоран Никић, редовни професор  
Универзитет у Београду Шумарски факултет*

*др Мирјана Тодосијевић, ванредни професор  
Универзитет у Београду Шумарски факултет*

## КЉУЧНЕ ДОКУМЕНТАЦИОНЕ ИНФОРМАЦИЈЕ

Редни број (РБ):	
Идентификациони број (ИБР)	
Тип документације (ТД):	Монографска публикација
Тип записа (ТЗ):	Текстуални штампани документ
Врста рада (ВР):	Докторска дисертација
Аутор (АУ):	Вукашин Милчановић, дипл.инж. шумарства
Ментор (МН):	др Ратко Ристић, редовни професор Универзитет у Београду Шумарски факултет
Наслов рада (НР):	Развој методологије за идентификацију ерозионих подручја као елемент система у превенцији бујичних поплава
Језик публикације (ЈЗ):	Српски / ћирилица
Земља публикације (ЗП):	Србија
Географско подручје (УГП):	Србија
Година (ГО):	2021.
Издавач (ИЗ):	Ауторски репринт
Место и адреса (МА):	11 030 Београд, Кнеза Вишеслава 1
Физички опис рада:	7 поглавља, 152 страница, 208 литературна навода, 50 илустрације, 37 табела
Научна област (НО):	Биотехничке науке
Научна дисциплина (DIS):	Ерозија и конзервација земљишта и вода
Предметна одредница / кључне речи (ПО)	ерозионо подручје, бујичне поплаве, ГИС, Метод потенцијала ерозије, RUSLE, SCS.
УДК:	UDK 630*116(043.3); UDK 504.121:551.311.21(043.3)
Чува се (ЧУ):	Библиотека Шумарског факултета, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд, Србија
Важна напомена (ВН):	Нема
Извод (ИЗ):	У тексту који следи
Датум прихватања теме од стране НН:	25.04.2018.
Датум одбране (ДО):	
Чланови комисије (КО):	др Ратко Ристић, редовни професор Универзитет у Београду Шумарски факултет др Борис Радић, ванредни професор Универзитет у Београду Шумарски факултет др Јасна Плавшић, редовни професор Универзитет у Београду Грађевински факултет др Зоран Никић, редовни професор Универзитет у Београду Шумарски факултет др Мирјана Тодосијевић, ванредни професор Универзитет у Београду Шумарски факултет

# РАЗВОЈ МЕТОДОЛОГИЈЕ ЗА ИДЕНТИФИКАЦИЈУ ЕРОЗИОНИХ ПОДРУЧЈА КАО ЕЛЕМЕНТ СИСТЕМА У ПРЕВЕНЦИЈИ БУЈИЧНИХ ПОПЛАВА

## РЕЗИМЕ

Ерозија земљишта се јавља као најраспрострањенији облик деградације овог драгоценог ресурса, на различитим просторним нивоима, који доводи до смањења продуктивности, нарушавања квалитета екосистемских услуга и стварања услова за појаву бујичних поплава. На тај начин, овај процес има негативан утицај на квалитет животне средине, социјални али и економски статус становништва одређеног подручја. Досадашња истраживања ерозионих процеса на територији Републике Србије указују да је готово 90% територије захваћено различитим формама деградационих процеса.

Бујичне поплаве, као хидролошки феномен, представљају најчешћу и најраспрострањенију природну катастрофу на глобалном нивоу. Карактерише их изненадна појава максималних протицаја, са великом концентрацијом чврсте фазе и наглашен деструктивни потенцијал. На подручју Србије, бујичне поплаве представљају најчешћу природну непогоду, посебно у брдско-планинским пределима, са честим људским жртвама, великим материјалним штетама у урбанизованим и руралним срединама.

Конгломерат процеса ерозије земљишта и формирања отицаја представља сложен интерактивни систем, са динамичним факторима који се мењају кроз просторну и временску димензију. Модели за процену губитака земљишта и потенцијала за формирање површинског отицаја, представљају важан инструмент за сагледавање степена деградације. Основни циљ дисертације јесте идентификација елементарних ерозионих површина, односно, ерозионих подручја, што омогућује детерминацију простора који поседује катализаторски ефекат за настанак брзог површинског отицаја, односно, бујичних поплава.

Анализа ерозионих процеса, на основу које се генерише слика просторне дистрибуције губитака земљишта, је обављена за шире и уже подручје истраживања. Шире истраживано подручје обухвата систем бујичних сливова укупне површине 1.085,80 km<sup>2</sup>, који су повезани са подручјем општине Крупањ. Уже истраживано подручје представља простор општине Крупањ (340,47 km<sup>2</sup>), која је основна територијална јединица са примарним надлежностима локалне самоуправе у домену контроле ерозионих процеса и превенције бујичних поплава. Природне карактеристике, климатски услови и развијена хидрографска мрежа на широј територији општине Крупањ, указују на значајан потенцијал за генезу бујичних поплава, што је и емпиријски потврђено катастрофалним поплавама током маја 2014. године. Идентификација ерозионих подручја извршена је на административној територији општине Крупањ. Употребљени су Метод потенција ерозије (МПЕ) и Ревидирана универзална једначина губитака земљишта (RUSLE), као релевантни системи поступака за процену интензитета ерозије земљишта. Осетљивост истраживаног подручја на генезу површинског отицаја је утврђена коришћењем SCS методе.

На основу добијених резултата, предложена је савремена, интегрална методологија за идентификацију ерозионих подручја, која подразумева више фазних поступака, чијом реализацијом се креирају две базе података: нулта и операбилна. Крајњи резултат јесте идентификација “критичних” зона у брдско-планинским пределима, са издвојеним

елементарним ерозионим површинама (ЕЕП), које представљају изворишне зоне ерозионог материјала и брзог површинског отицаја. Њихова просторна заступљеност на нивоу већем од 5% површине предметног слива, уз интензитет ерозије исказан губицима земљишта који су већи од  $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , успоставља критеријум за детерминацију ерозионог подручја (ЕП). Резултати истраживања показују да су ерозијом најугроженије површине на којима се одвија пољопривредна производња, док су најмање угрожена подручја обрасла четинарским шумама. Примењени методолошки приступ пружа реалан увид у просторну распрострањеност, као и степен деградације простора на широј и ужој територији општине Крупањ. Идентификација елементарних ерозионих површина/подручја представља почетни корак у примени мера интегралног планирања у циљу заштите од ерозионих процеса и превенције бујичних поплава.

**Кључне речи:** ерозионо подручје, бујичне поплаве, ГИС, Метод потенцијала ерозије, RUSLE, SCS.

## KEY WORD DOCUMENTATION

Accession number (ANO):	
Identification number (INO):	
Document type (DT):	Monograph documentation Type
Type of record (TR):	Textual printed document
Contains code (CC):	Doctoral dissertation Author
(AU):	BSc Vukašin Milčanović
Menthor (MN):	PhD Ratko Ristić, full professor University of Belgrade Faculty of Forestry
Title (TI):	Development of a methodology for identifying erosion areas as a part of the system for torrential flood prevention
Language of text (LT):	Serbian/ Cyrillic alphabet
Country of publication (CP)::	Serbia
Locality of publication (LP):	Belgrade
Publication year (PY):	2021.
Publisher (PU):	The authors reprint
Publication place (PP):	11 030 Belgrade, Kneza Višeslava 1
Physical description (PD):	7 chapters, 152 pages, 208 references, 50 illustrations, 37 tables
Scientific field (SF):	Biotechnological sciences
Scientific discipline (SD):	Erosion and water and soil conservation
Subject/Key words (CX):	erosion area, torrential floods, GIS, Erosion Potential Method, RUSLE, SCS
UC:	UDK 630*116(043.3); UDK 504.121:551.311.21(043.3)
Holding Data (HD):	Library of Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, 11030 Belgrade
Note (N):	None
Abstract (AB):	In the following text
Accepted by Scientific Board on (ACB):	25.04.2018.
Defended on (DE):	
Thesis Defend Board (DB):	PhD Ratko Ristić, full professor University of Belgrade Faculty of Forestry PhD Boris Radić, associate professor University of Belgrade Faculty of Forestry PhD Jasna Plavšić, full professor University of Belgrade Faculty of Civil Engineering PhD Zoran Nikić, full professor University of Belgrade Faculty of Forestry PhD Mirjana Todosijević, associate professor University of Belgrade Faculty of Forestry

# DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR IDENTIFYING EROSION AREAS AS A PART OF THE SYSTEM FOR TORRENTIAL FLOOD PREVENTION

## SUMMARY

Soil erosion occurs as the most widespread degradation form of this valuable resource at different spatial levels, and leads to reduced productivity, impaired quality of ecosystem services and the creation of conditions for torrential floods. Thus, this process has a negative impact on the quality of the environment, as well as on the social and economic status of the population of a particular area. Previous research on erosion processes on the territory of the Republic of Serbia indicates that almost 90% of the territory is affected by various forms of degradation processes.

Torrential floods, as a hydrological phenomenon, represents the most common and widespread natural disaster on a global level. They are characterized by the sudden appearance of maximum flows, with a high concentration of solid phase and pronounced destructive potential. Torrential floods are the most common natural disaster in Serbia, especially in hilly and mountainous areas, with frequent human casualties, and significant economic damage in urban and rural areas.

The conglomerate of the process of soil erosion and runoff formation is a complex interactive system, in combination with dynamic factors that are changeable through the spatial and temporal dimension. Models for estimating soil losses and the potential for surface runoff formation are an important tool for assessing the degree of degradation. The main objective of the dissertation is the identification of elementary erosion surfaces, i.e. erosion areas, which enables the determination of the space that has a catalytic effect for the occurrence of rapid surface runoff, i.e. torrential floods.

The analysis of erosion processes, as the basis for generation of image of the spatial distribution of soil losses, was performed for a wider and narrower research area. The wider research area includes a system of torrential basins with a total area of 1,085.80 km<sup>2</sup>, which are connected to the area of Krupanj municipality. The narrower research area represents the area of the municipality of Krupanj (340,47 km<sup>2</sup>), which is the basic territorial unit with the primary competences of local self-government in the field of erosion control and prevention of torrential floods. Natural characteristics, climatic conditions and the developed hydrographic network on the wider territory of the municipality of Krupanj, indicate a significant potential for the genesis of torrential floods, which is empirically confirmed by the catastrophic floods during May, 2014. Identification of erosion areas was performed within the administrative territory of the municipality of Krupanj. The Erosion Potential Method (EPM) and the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) were used as relevant systems of procedures for estimating the intensity of soil erosion. The sensitivity of the research area to the genesis of surface runoff was determined using the SCS method.

Based on the obtained results, a modern, integral methodology for the identification of erosion areas has been proposed. It implies several phased procedures, which implementation creates two databases: zero and operable. The end result is the identification of "critical" zones in hilly and mountainous areas, with isolated elementary erosion areas (EEAs), that represents source zones of erosion material and rapid surface runoff. Their spatial representation at the level of more than 5% of the area of researched basin, with the intensity of erosion expressed by soil losses greater than  $5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ , establishes the criterion for determining the erosion area



(EA). The research results show that the most endangered areas by erosion, are areas for agricultural production, while the least endangered areas are those overgrown with coniferous forests. The applied methodological approach provides a realistic insight into the spatial distribution, as well as the degree of degradation of area in the wider and narrower territory of the municipality of Krupanj. Identification of elementary erosion surfaces/areas is the initial step in the implementation of measures of integrated planning, for protection against erosion processes and prevention of torrential floods.

**Key words:** erosion area, torrential floods, GIS, Erosion Potential Method, RUSLE, SCS.

## САДРЖАЈ

<b>1. Увод</b> .....	<b>1</b>
1.1. Предмет рада .....	1
1.2. Циљ рада .....	2
1.3. Полазне хипотезе .....	2
1.4. Значај проучавања ерозије земљишта и бујичних поплава .....	2
1.5. Легислативни оквир проучавања ерозионих процеса.....	5
<b>2. Метод рада</b> .....	<b>8</b>
2.1. Општи метод рада .....	8
2.2. Избор методе за детерминацију просторних ентитета.....	9
2.2.1 Модел ArcHydro .....	12
2.3. Избор метода за процену интензитета ерозије земљишта и потенцијала за генезу површинског отицаја.....	17
2.3.1. Интензитет ерозије земљишта .....	18
2.3.2. Потенцијал за генезу површинског отицаја.....	29
<b>3. Материјал рада</b> .....	<b>34</b>
3.1. Географски положај .....	34
3.2. Климатски услови на истраживаном подручју.....	37
3.3. Геолошке карактеристике истраживаног подручја.....	41
3.4. Педолошке карактеристике истраживаног подручја.....	49
3.4.1. Алувијално земљиште (флувисол) .....	50
3.4.2. Делувијално (колувијално) земљиште .....	51
3.4.3. Еутрично смеђе земљиште, илимеризовано.....	51
3.4.4. Илимеризовано земљиште (Лувисол) .....	52
3.4.5. Камењар (Литосол) .....	52
3.4.6. Дистрични камбисол (кисело смеђе земљиште) .....	53
3.4.7. Параподзол (псеудоглеј).....	53
3.4.8. Сирозем, силикатни, средње скелетан и јако скелетан.....	54
3.4.9. Смеђе земљиште на кречњаку, типично .....	54
3.4.10. Смоница, средње дубока .....	54
3.5. Начин коришћења земљишта на истраживаном подручју.....	57
<b>4. Резултати истраживања</b> .....	<b>61</b>
4.1. Резултати истраживања применом ArcHydro модела .....	61
4.2. Резултати анализе просторног распореда коефицијента ерозије према Методи потенцијала ерозије (МПЕ) .....	77
4.2.1. Коефицијент отпора земљишта на ерозију (Y) .....	77
4.2.2. Коефицијент уређења слива (X·a).....	78
4.2.3. Коефицијент видљивих и јасно изражених ерозионих процеса (φ).....	79

4.2.4. Средњи нагиб терена на сливу (Isr).....	80
4.2.5. Коефицијент ерозије (Z) .....	81
4.2.6. Годишња продукција ерозионог материјала (МПЕ).....	85
4.2.7. Годишњи пронос наноса (МПЕ) .....	88
4.3. Резултати прорачуна укупне ерозионе продукције према RUSLE.....	93
4.3.1. Фактор ерозионог дејства кише (R).....	93
4.3.2. Фактор еродибилности земљишта (K).....	94
4.3.3. Топографски фактор (LS) .....	95
4.3.4. Вегетациони фактор (C) .....	97
4.3.7. Годишња продукција ерозионог материјала (RUSLE).....	99
4.4. Резултати анализе зависности коефицијента ерозије Z и броја криве отицаја CN .....	102
4.5. Детерминација елементарних ерозионих површина и ерозионих подручја на истраживаном простору .....	109
<b>5. Дискусија .....</b>	<b>137</b>
5.1. Квалитативно-квантитативна методологија за детерминацију ерозионих подручја .....	137
5.2. Идентификација ерозионих подручја у функцији превенције бујичних поплава.....	148
<b>6. Закључак.....</b>	<b>150</b>
<b>7. Литература .....</b>	<b>152</b>

# 1. Увод

## 1.1. Предмет рада

Бујичне поплаве су резултат појаве климатско-хидролошких екстрема, а манифестују се динамичним и комплексним процесима кретања воде и наноса. Представљају најчешћу и најраспрострањенију природну катастрофу на глобалном нивоу, са нежељеним еколошким и економским последицама (Merz et al., 2010). Основи узроци бујичних поплава су повезани са бројним метеоролошким али и физичко-географским факторима (Lincoln, 2007; Psomiadis, 2016). Генерално, распрострањеност и последице поплава изазивају бројне проблеме и један од начина превенције и управљања овим хазардом је аргументован у документу Европске уније, Директиви 2007/60/ЕС о управљању ризиком од поплава (Myrtonidis et al., 2009). На подручју Србије, бујичне поплаве представљају најчешћи природни ризик са озбиљним последицама по животе и активности људи (Ristić, Nikić, 2007). Поред поменутих климатских фактора и рељефа, важну улогу у појави бујичних поплава такође имају особине земљишног и вегетационог покривача и друштвено-економске прилике, као катализатор промена начина коришћења простора и миграција становништва. Појава бујичних поплава на подручју Републике Србије се превасходно везује за брдско-планинска подручја која су угрожена интензивним процесима ерозије, али се јављају и на долинским деоницама бујичних токова (Kostadinov, Dragovic 2013).

Један од основних фактора за генерисање бујичних поплава је специфична структура површина (начин коришћења простора) на сливу. Неодговарајуће праксе коришћења земљишта, претерана експлоатација земљишних и шумских ресурса, као и процеси урбанизације, доводе до интензивирања ерозионих процеса, који последично резултирају деградацијом и смањењем инфилтрационо-ретенционог капацитета земљишта (Ristić et al., 2011). Овако модификовани услови средине, доводе до интензивирања брзог површинског отицаја на падинама сливова и генерисања бујичних поплава у хидрографској мрежи.

Ерозиона подручја су површине са израженим степеном осетљивости у односу на развој ерозионих процеса: чине их површине на којима је земљиште захваћено видљивим процесима ерозије, али и површине које на изглед не указују на ову форму деградације земљишта, али поседују видљив потенцијал према генези различитих форми ерозије. Са аспекта просторне локације, ерозиона подручја се јављају како у планинским, тако и у брдским и равничарским пределима. Присуство ерозионих подручја на сливу представља један од најзначајнијих катализатора појаве, учесталости и интензитета бујичних поплава.

Идентификација просторног обухвата и карактеристика угрожених подручја један је од важних корака у борби против ерозије. Током последњих деценија, на глобалном нивоу, промена начина коришћења простора у већина случајева подразумева деструкцију природних или природи блиских просторних елемената (крчење шума, прекомерна испаша, урбанизација, пожари и сл.), што доводи до интензивирања површинског отицаја као и пратећег развоја ерозионих процеса. Ово је препознато као склоп фактора који значајно деградирају животну средину (Guenni et al., 2005). У савременом контексту управљања земљишним простором, који је представљен LDN концептом (енг. Land Degradation Neutrality) (Orr et al., 2017), истакнута је улога начина коришћења простора у борби против деградације земљишта на глобалном нивоу. Наиме, концепт LDN у

основи повезује три важна процеса: деградацију, рестаурацију и одрживо управљање земљиштем (IUCN, 2015). Интензивна урбанизација, као и изостанак примене адекватних агротехничких и противерозионих мера, доводе до иницирања сложеног процеса деструкције животне средине. Усмерено и рационално коришћење природних ресурса је кључ за ублажавање негативних ефеката ерозионих процеса и бујичних поплава (ППРС, 2010).

## **1.2. Циљ рада**

Основни циљ истраживања је развој методологије за идентификацију ерозионих подручја, као изворишне зоне за настанак површинског отицаја и продукције ерозионог материјала. Поред основног циља, дефинисани су и ужи циљеви докторске дисертације:

- 1) Усаглашавање карактеристика улазних параметара за потребе примене одабраних метода за процену степена угрожености ерозионим процесима.
- 2) Успостављање јасне методологије, кроз репрезентативан модел за идентификацију ерозионих подручја, са предлогом за спровођење оперативних процедура.
- 3) Дефинисање просторне и квантитативне везе између процеса ерозије земљишта и генезе бујичних поплава, као модела за управљање ризицима на територијама локалних самоуправа

## **1.3. Полазне хипотезе**

На основу циљева истраживања, очекиваних резултата и анализе референтне литературе, дефинисане су хипотезе докторске дисертације:

- Постојање и карактеристике ерозионих подручја на сливу имају значајан утицај на учесталост и интензитет бујичних процеса.
- Институционализација проблематике ерозионих подручја представља неопходан корак у планирању и управљању земљишним ресурсима на територијама јединица локалних самоуправа.

## **1.4. Значај проучавања ерозије земљишта и бујичних поплава**

Поплаве представљају једну од најчешћих природних непогода на глобалном, регионалном и локалном нивоу, узрокујући велике штете у урбанизованим и руралним срединама, инфраструктури и природним екосистемима. Климатске промене повећавају интензитет и учесталост екстремних климатско-метеоролошких догађаја, што утиче и на фреквентност и интензитет поплава (Stocker et al., 2013). У периоду од 1990. до 2000. године, поплаве су у 56 земаља однеле преко 100.000 људских живота и нанеле материјалну штету која се процењује на више од 1.151 милијарди долара (Bradshaw et al., 2007). Упркос великим напорима да се смањи ризик и ублаже последице поплава, као и кроз улагање великих новчаних средстава за одбрану од ових природних непогода, оне и даље наносе велике материјалне штете и проузрокују знатан број људских жртава. Пробабилистички трендови екстремних поплава, који се заснивају на климатским пројекцијама и друштвено – економском развоју, указују на повећање екстремних падавина, као и на то да се у наредним деценијама може очекивати двоструко више поплава догађаја, са повратним периодом већим од 100 година (Alfieri et al., 2016).

Бујичне поплаве припадају групи природних хидролошких непогода које се карактеришу изненадном појавом максималних протицаја, са великом концентрацијом чврсте фазе (Ristić, 2012; Norbiato et al., 2008; Roca et al., 2009; Костадинов, 2008; Петровић, 2014). Поплаве бујичног карактера су локализовани хидролошки феномени који се везују за сливове изражених нагиба, релативно мале површине, од неколико хектара до неколико стотина квадратних километара, са брзом реакцијом на јаке пљускове трајања до неколико часова (Borga et al., 2007, 2011; Camarasa, Segura, 2001; Петровић, 2014). Настанак бујичних поплава (бујица) је резултат више природних процеса на бујичним сливовима који представљају компоненте циклуса отицаја, као дела глобалног хидролошког циклуса (De Barry, 2004; Петровић, 2014). Специфичне и варијабилне карактеристике климе и рељефа, геологије терена, педолошког и вегетационог покривача, али и промене социоекономских прилика, као што су миграције становништва или начин коришћења земљишта, стварају широк спектар услова и фактора појаве бујичних поплава у Србији.

На подручју Србије је регистровано више од 12.000 водотокова са бујичним карактером (ВОС, 2002), тако да бујичне поплаве представљају најчешћу појаву из арсенала тзв. „природних ризика“. Највећи део бујичних водотокова у Србији је недовољно изучен, односно, постоје подаци о падавинама али не и о протицајима, тако да се на њима примењује прорачун максималног протицаја заснован на принципу трансформације рачунске кише у рачунски протицај, док се на изученим сливовима користе статистичке анализе (Naan et al., 1982; Ristic, 2003).

Екстремне кишне епизоде су главни покретач процеса генезе површинског отицаја и ерозије земљишта, који су директно и блиско повезани. Они се одвијају готово симултано и њихови продукти, огромна количина воде и наноса, улазе у хидрографску мрежу и настављају своје кретање као двофазни флуид (Bathurst, 2002; Петровић, 2014). Појава екстремних протицаја на водотоковима зависи од читавог низа фактора који се међусобно условљавају и допуњују.

Нагнути терени без вегетације, са деградираним површинским слојем земљишта, су предиспонирани на појаву површинског отицаја и ерозије (Ristić et al., 2011). Укупна површина земљишта на територији Републике Србије, која је променила намену, у периоду 1990–2000. године, представља 1,1% од укупне територије и односи се искључиво на природне и природи блиске елементе (SEPA, 2008). Смањење површина под шумском вегетацијом, деградација земљишта, неодговарајуће технике обраде земљишта (Кадовић, 1999) и урбанизација, само су неки од негативних утицаја човека који доприносе појави бујичних поплава (Ananda, Herath, 2003; Bakker et al., 2005), тако да некадашњи 100-годишњи протицаји постају 20-годишњи (Ristic, 2006).

Ерозија земљишта је најраспрострањенији облик деградације земљишног простора широм света (Blanco-Canqui, Lal, 2010; Eswaran et al., 2001), са израженим последицама на квалитет животне средине, и са негативним ефектом на пољопривредну производњу, инфраструктуру и квалитет вода (Pimentel et al., 1995). Ерозија земљишта има директан утицај на еколошки статус и економски развој неког подручја, као природан процес који се одвија у геолошком времену. Под појмом ерозија земљишта у елементарном смислу се подразумевају промене на површинском слоју земљишног рељефа, које настају као последица деловања кише, снега, мраза, температурних разлика, ветра и текућих вода, или услед деловања антропогених чинилаца (Gavrilović, 1972).

У бројним светским регионима ерозија земљишта представља доминантан процес који доводи до смањења продуктивности земљишта и деструкције површинског слоја, чиме се смањује ниво органских и храњивих материја. Током протеклих четрдесет година, скоро једна трећина квалитетног и продуктивног земљишта у свету је деградирана деловањем ерозије, са просечним губицима од 10 милиона хектара годишње (Pimentel & Kounang, 1998). Деградација земљишта доводи до постепене деструкције животне средине, услед чега је угрожено око 30% шумских, 20% пољопривредних и 10% травних површина у свету (Barman et al., 2013). Ерозија је један од главних фактора деградације земљишних ресурса у Европи (European Commission, 2006), тако да стопа антропогено индукованих губитака превазилази за 3-40 пута природне губитке земљишта (1,4 тоне по хектару годишње) (Verheijen et al., 2009).

У зависности од узрока и распрострањености појаве ерозионих процеса разликују се три основне врсте: ерозија водом, ветром и таласима. Ерозија земљишта, којој је основни покретачки агенс кинетичка енергија воде, је широко распрострањена глобална појава: процењује се да је погођено 1.094 милиона хектара земљишта на глобалном нивоу (Lal, 2003). Такође, више од 80% деградације простора изазвано је ерозијом земљишта, од чега је основни узрочник у више од 50% случајева, водна ерозија (Oldeman, 1992). На подручју Европе 115 милиона хектара (12% укупне површине Европе) погођено је водном ерозијом, а 42 милиона хектара еолском ерозијом (European Commission, 2006).

Ерозија земљишта је такође значајан проблем и на мањим просторним размерама (Ђоровић, 2005). Око 90% територије Србије захваћено је различитим категоријама ерозије (Ristić, Масап, 1997; ППРС, 2010), док је на нагибима > 5% захваћено 70% територије (НПЗЖС, 2009). Годишња продукција наноса за целу територију Србије износи  $37,25 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  годишње, што је четири пута више у односу на нормалну геолошку (природну) ерозију (Костадинов, 2008; НПЗЖС, 2009). Према Карти ерозије Србије (Лазаревић, 1983), која је израђена у периоду од 1966. до 1971. године (објављена 1983. године), различитим интензитетом ерозије захваћено је 86,39% територије републике, од чега: 41,19%-врло слаба ерозија; 18,16%-слаба ерозија; 12,67%-средња ерозија; 13,21%-јака ерозија; 1,16%-ексцесивна ерозија. Према подацима из 2009. године, однос између појединих категорија ерозије у односу на претходно приказане вредности је промењен: 47,68% територије Србије захваћено је врло слабом ерозијом, 28,51% слабом ерозијом, 19,32% средњом ерозијом, 3,82% јаком ерозијом и 0,68% ексцесивном ерозијом (Лазаревић, 2009). Обрадом доступних подлога, чији је основ постојећа карта ерозије, дошло се до податка да подручја под јаким потенцијалом ерозије заузимају 3.320,80 km<sup>2</sup>, односно 3.76% територије Републике Србије (Dragićević et al., 2011).

Процеси ерозије земљишта и отицаја су сложен интерактивни систем, а фактори који утичу на њих су динамични јер се мењају у простору и времену. Информације о ерозији земљишта и ефектима на животну средину су подаци од великог значаја, не само за научну заједницу, већ и за различите профиле стручњака који се баве управљањем простором, у државним институцијама, локалним самоуправама и привредним организацијама (Merritt et al., 2003). Модели за процену губитака земљишта, услед деловања ерозионих процеса и отицаја, представљају основно средство помоћу кога је могуће сагледати степен деградације неког подручја. Информације о степену деградације представљају важан параметар при планирању мера за заштиту земљишта од ерозије. Применом модела симулирају се и анализирају, како краткорочне тако и дугорочне последице различитих управљачких активности: упоређују се различити начини газдовања земљиштем или ефекти примене различитих противерозионих мера, пре њихове коначне примене на сливу. Такође, модели пружају информације о томе како

ће се промене у једном делу слива одразити на систем надређених или подређених сливова. Модели омогућавају сагледавање међусобне повезаности различитих физичко-географских чинилаца слива који утичу на интензитет ерозије или количину наноса. Модели који се користе за прорачун губитака земљишта деле заједничке параметре, који се могу сврстати у показатеље топографије, својстава земљишта и начина коришћења простора. Резултати примене модела су неопходни елементи за планирање и управљање земљишним ресурсима. Најкоришћенији модели за процену губитака земљишта, услед деловања ерозионих процеса, су USLE (Wischmeier & Smith, 1978), RUSLE (Renard et al., 1997; Renard, Freimund, 1994), SWAT (Arnold et al., 1998; 1993), EUROSEM (Morgan et al., 1998), WATEM/SEDEM (Romprae et al., 2001), PESERA (Kirkby et al., 2004; 2000) и др.

На подручју Републике Србије најкоришћенији је Метод потенцијала ерозије (МПЕ, од 1962. године), као емпиријски модел за прорачун губитака земљишта. МПЕ је настао кроз лабораторијска и теренска истраживања Шумарског факултета Универзитета у Београду (Одсек за за ерозију и мелиорације) и Института за водoprивреду „Јарослав Черни“. Интензитет и распрострањеност ерозионих процеса на истраживаном простору идентификују се коефицијентом ерозије  $Z$ . Инспирацију за детерминисање коефицијента ерозије  $Z$  пружили су аутори из Совјетског савеза, Пољаков и Херхеулидзе (Gavrilović, 1972). На основу вишегодишњих истраживања на сливовима Јужне, Западне и Велике Мораве, Ибра, Тимока и Вардара (Gavrilović, 1972), професор Слободан Гавриловић је одредио вредности коефицијента ерозије  $Z$ .

## 1.5. Легислативни оквир проучавања ерозионих процеса

Почетком XX века, у Републици Србији отпочињу први систематски радови на уређењу бујичних сливова, примарно на простору Грделичке клисуре, у циљу заштите железничке пруге Београд-Скопље-Атина (Вучићевић, 1995). У Краљевини Југославији је 1930. године усвојен низ прописа, из надлежности тада ресорног Министарства шума и руда. Између осталог, донет је и „Закон о уређењу бујица“ којим је институционално уређен однос према проблему ерозионих процеса и бујичних поплава. Законом из 1930. године је дефинисан и термин “ерозионо подручје”, под којим се подразумевало земљиште огољено ерозијом. После II светског рата, 1954. године је донет „Закон о заштити земљишта и уређењу бујица“ („Службени гласник НРС“, 1954), а 1960. године „Закон о заштити земљишта и уређењу бујица“ („Службени гласник НРС“, 1960), који је укинут 1965. године. Проблематика ерозије и бујица обрађивана је у оквиру других законских аката, од 1965. године. Актуелни легислативни оквир предметну проблематику препознаје у појединим секторским законима, просторно-планским и развојним документима.

„Закон о водама“ („Службени гласник РС“, 2018) обезбеђује интегрално управљање водама и водним земљиштем на територији Републике Србије. Чланом 3. овог Закона, дефинисан је појам ерозионог подручја, које представља „подручје на коме, услед дејства воде, настају појаве спирања, јаружања, браздања, подривања и клижења, земљиште које може постати подложно овим утицајима због промена начина коришћења (сеча шума, деградација ливада, изградња објеката на нестабилним падинама и друго), као и земљиште рудничких и индустријских јаловишта“. На основу критеријума за одређивање ерозионог подручја (члан 61.) дефинисаних подзаконским актом, који доноси надлежно Министарство, утврђују се границе и услови коришћења ерозионог подручја. Сходно одредбама овог Закона, јединица локалне самоуправе на својој



територији одређује ерозиона подручја и на њима спроводи све радове на заштити од ерозије и бујица у складу са планом управљања водама.

„Закон о шумама“ („Службени гласник РС“, 2018) о земљишту говори као о медијуму који је пресудан за очување, заштиту, планирање, гајење и коришћење шума. Како се наводи у члану 8. овог Закона, једна од опште корисних функција шума је заштита земљишта од настанка и развијања ерозионих процеса.

„Закон о пољопривредном земљишту“ („Службени гласник РС“, 2018) третира земљиште са аспекта пољопривредне производње и детерминише га као различите површине (воћњаци, ливаде, пашњаци, њиве и сл.), које у постојећем стању могу имати одређене користи за пољопривредну производњу или се одређеним мерама могу превести у ову намену. Чланом 18. овог Закона прописују се противерозионе мере за заштиту пољопривредног земљишта од штетног дејства ерозије и бујица.

„Закон о заштити земљишта“ („Службени гласник РС“, 2015), препознаје земљиште као природни ресурс од националног интереса и даје принципе заштите свих типова земљишта, без обзира на њихову намену. Чланом 5. овог Закона, наглашена је примена начела „интегралности заштите земљишта“, односно, неопходност интеграције заштите земљишта кроз све секторске политике и међусобно усаглашавање планова и програма. Заштита земљишта (члан 4.) је представљена као „скуп мера и поступака који се примењују приликом планирања, уређења, коришћења земљишта као и заштите од загађења и деградације, са циљем очувања и обезбеђења свих његових функција“. Овај Закон на свеобухватан начин уређује област заштите земљишта од ерозије, без обзира на тип земљишта, облик својине, намену или коришћење.

„Уредба о систематском праћењу стања и квалитета земљишта“ („Службени гласник РС“, 2020), која произилази из „Закон о заштити земљишта“, дефинише индикаторе оцене ризика од деградације земљишта. Чланом 6., „степен угрожености земљишта од ерозије“ препознат је као индикатор за оцену ризика од деградације земљишта.

„Закон о заштити животне средине,“ („Службени гласник РС“, 2018) представља кровни закон за заштиту животне средине и представља основу за доношење низа прописа у домену заштите животне средине. Поменути закон дефинисана су: начела заштите животне средине; субјекти и инструменти животне средине; мере и услови заштите животне средине; управљање природним вредностима и друго. Законом се утврђују интегрални систем (мере, услови и инструменти) за „*одрживо управљање, очување природне равнотеже, целовитости, разноврсности и квалитета природних вредности и услова за опстанак свих живих бића*“, као и „*спречавање, контролу, смањивање и санацију свих облика загађивања животне средине*“. Чланом 9. је дефинисано начело превенције и предострожности које предвиђа да „*свака активност мора бити планирана и спроведена на начин да: проузрокује најмању могућу промену у животној средини; представља најмањи ризик по животну средину и здравље људи; смањи оптерећење простора и потрошњу сировина и енергије у изградњи, производњи, дистрибуцији и употреби; укључи могућност рециклаже; спречи или ограничи утицај на животну средину на самом извору загађивања*“. Поменута начела представљају основна начела заштите животне средине, која у наредним корацима треба да пруже смернице за припрему и доношење уредби и правилника као и да буду основа за израду планова и пројеката. Начело превенције подразумева примену превентивних мера, уз познавање ризика и узрока настанка конкретних штета у животној средини, док начело предострожности проширује превентивно деловање на местима где нема ризика од нарушавања животне средине,

али постоји могућност нарушавања тако да је оправдано предузимање мера. Предметни закон чланом 34. прописује да је приликом израде просторних и урбанистичких планова потребно предвидети мере и услове заштите животне средине, а нарочито у подручјима која су угрожена ерозијом земљишта и бујичним поплавама.

На основу одредница у „Закону о заштити животне средине“, донета је „Уредба о садржини и начину вођења информационог система заштите животне средине, методологији, структури, заједничким основама, категоријама и нивоима сакупљања података, као и садржини информација о којима се редовно и обавезно обавештава јавност“ („Службени гласник РС“, 2009). На основу ове Уредбе дефинисан је „Правилник о Националној листи индикатора заштите животне средине“ („Службени гласник РС“, 2011). Национална листа индикатора садржи методологију сакупљања података, начин и рокове достављања података, информација, индикатора и извештаја у Информациони систем. Листа обухвата скуп индикатора за земљиште, којима су систематизоване информације о стању земљишта, променама начина коришћења и факторима деградације.

„Закон о смањењу ризика од катастрофа и управљању ванредним ситуацијама“ („Службени гласник РС“, 2018) бујичне поплаве (бујице) препознаје као природну силу која проузрокује елементарну непогоду.

## 2. Метод рада

### 2.1. Општи метод рада

Појам „модел“ представља поједностављену слику стварности која не обухвата све елементе реалног система, већ само поједине карактеристике и показатеље у контексту проблема који треба решити или описати (Jørgensen, Fath, 2011). Модел може бити дефинисан и као: “симплификација стварности (реалности), која је конструисана да прикаже одабране атрибуте физичког, биолошког, економског или друштвеног система“ (EPA, 2009a). У основи процеса моделирања су представљени природни процеси на мањој размери, који се анализирају кроз фазе развоја, евалуације и примене. Начин на који ће бити приказан природан процес зависи од области истраживања, карактеристика модела, расположивих података и информација, као и претходног знања из предметне области (Letcher, Jakeman, 2005).

Моделирање елемената животне средине пружа увид у сложеност природних процеса. Репрезентативни модели захтевају мултидисциплинарни приступ како би се целовито сагледало природно и антропогено окружење од утицаја на природне процесе и стање квалитета животне средине. Ови процеси су веома комплексни и међусобно повезани. Симулирање природних процеса, који су важни за поједине сегменте животне средине, произвело је креирање великог броја специјализованих, проблемски оријентисаних модела (Bennett et al., 2013). Доминантни глобални елементи и процеси, од највећег значаја за планетарни екосистем су: деградација земљишта и шумских екосистема, текуће и прогнозиране климатске промене и биодиверзитет (Gisladottir, Stocking, 2005).

Процес деградације земљишта има вишеструке и сложене утицаје на животну средину, који доводе до дугорочних губитака функција екосистема (Stocking, 2006). Ерозија земљишта, губитак земљишног угљеника, салинитет и др. представљају природне процесе који могу да се убрзају услед прекомерног коришћења земљишта. Ерозија земљишта је најраспрострањенији облик деградације простора и као таква има велики утицај на квалитет животне средине. Модели за процену интензитета ерозије земљишта имају задатак да пруже квантитативне податке о обиму и интензитету процеса и представљају кључни елемент правилног управљања земљиштем као ресурсом (Zarata, 2003). Мапирање и процена ризика од ерозије представљају важне алате за планирање управљања природним ресурсима, што је почетни корак у изради стратегије одрживог коришћења земљишних ресурса (Beskow et al., 2009).

Климатске промене представљају глобални проблем који може да доведе до поремећаја хидролошког циклуса, посебно циклуса отицаја, када се јављају веће укупне падавине и чешћи кишни догађаји кратког трајања, јаког интензитета (Nearing et al., 2004; Ziadat, Taimeh, 2013). Промене режима падавина, заједно са модификацијама температурног режима, као и неконтролисани антропогени утицаји, имају пресудан утицај на интензитет ерозије земљишта.

Поплаве представљају реалну и сталну опасност за људске заједнице, инфраструктурне објекте и квалитет животне средине широм света. Интензитет и учесталост поплава се повећавају као резултат текућих климатских аномалија (Environment Agency, 2007). Предикција ризика од појаве поплава при екстремним кишним епизодама, омогућава управљачима простором на угроженим речним сливовима да доносе рационалне одлуке у циљу превенције и минимизирања могућих негативних утицаја (Ghimire, 2013). Модели помажу у процесу идентификације угрожених региона и

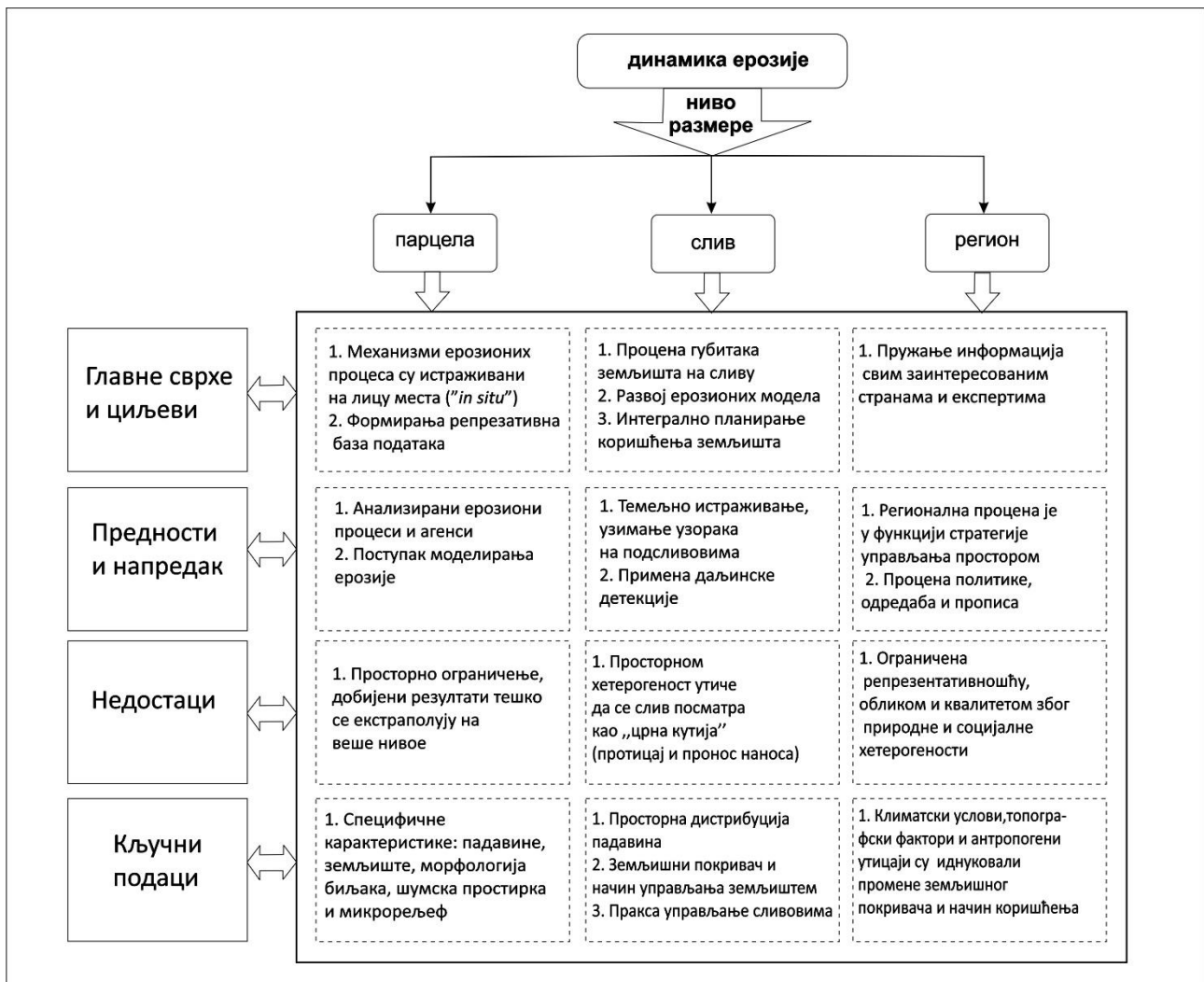
сливова, са аспекта осетљивости на појаву интензивних ерозионих процеса и бујичних поплава.

## 2.2. Избор методе за детерминацију просторних ентитета

Ерозија земљишта и бујичне поплаве наносе велике материјалне штете у урбаним и руралним подручјима, често и са губицима људских живота (Cerdan et al., 2004, 2010). Плувијална ерозија представља један од главних фактора деградације земљишта, услед генерисања површинског отицаја, деструкције и спирања хумусно-аккумулативног хоризонта, што доводи до појаве поплава, угрожавања физичке и материјалне сигурности локалног становништва и нарушавања устаљених економских активности (Kheir et al., 2006).

Плувијална ерозија, због свог негативног утицаја на елементе животне средине, представља велики проблем широм света (Bryan, 2000; Renschler, Harbor, 2002), услед интензивне и комплексне динамике самог процеса (Yair, Yassif, 2004). Та сложеност последично повећава неизвесност предвиђања, посебно у домену просторног и временског обухвата. Просторна димензија неизвесности је изражена тзв. „ефектом размере“ (енг. scale effect) (Ruiz et al., 2010), услед чега је отежана упоредивост и апликативност добијених резултата истраживања (Jiongxin, Yunxia, 2005). Један од основних разлога је просторна хетерогеност, која често ограничава способност превођења информације из једне размере у другу, у одређеним пределима (Cerdan et al., 2010; Peeters et al., 2008). Тако се интензитет ерозије на нивоу парцеле, врло тешко може екстраполовати без квантитативно изражене грешке, на неистражено шире подручје (нпр. слив), због драстичне промене геоморфолошких, геолошких и педолошких услова, који униформне услове парцеле трансформишу у крајње хетерогене услове веће површине (Fayos et al., 2006). Подаци који су засновани на мерењима у реалном времену на малим просторним размерама, не могу се аутоматски користити за квантификацију и предвиђање ерозије у ширим просторним размерама, као ни обрнуто (Chen et al., 2009).

Истраживање сложених процеса ерозије земљишта, кроз различите просторне размере, доводи до боље перцепције могућих хазарда, што је основ за креирање политика и процедура одрживог управљања примарним природним ресурсима (земљиште, шуме, воде, оригинални природни биодиверзитет) (Tefera, Sterk, 2010; Wang et al., 2002; Wei et al., 2007). Разумевање варијација интензитета ерозионих процеса, кроз различите просторне нивое, побољшава стратегију превенције и конкретну примену заштитних радова и мера (Wei et al., 2012). Добијени резултати прорачуна интензитета ерозионих процеса су у корелацији са коришћеним нивоом размере, и показују значајне разлике вредности, почевши од нивоа парцеле, преко малих сливова израженог бујичног карактера, сливова великих река, па све до већих региона и држава. Доминантне компоненте ерозионог процеса (механизми и покретачи ерозије), циљеви и сврха истраживања, процена интензитета површинског отицаја и процена губитака земљишта, значајно су условљени одабраном просторном размером, на три најважнија нивоа: парцеле, сливног подручја и региона (Слика 2.1.) (Wei et al., 2012).



Слика 2.1. Доминантне карактеристике процеса истраживања ерозије земљишта на три типична просторна нивоа (модификовано према Wei et al., 2012)

На слици 2.1. дате су основне карактеристике процеса истраживања, за сва три главна просторна нивоа. Ниво парцеле представља примарни ниво у истраживању ерозионих процеса. Главни циљ истраживања ерозије на нивоу парцеле јесте разумевање механизма настанка и деловања ерозионих процеса. Поред истраживачког аспекта, циљ је креирање репрезентативне базе података, на основу непосредних осматрања на експерименталним парцелама. Са обимним фондом квалитетних података и детерминисаним чиниоцима процеса, стварају се претпоставке за израду, прво концептуалног, а потом и оперативног модела за квантификацију интензитета ерозионих процеса. Главни недостатак код истраживања ерозије земљишта на овом, најнижем нивоу, јесте просторна ограниченост због мале површине експерименталне парцеле. Кључни подаци који се добијају представљају показатеље основних чинилаца иницијације ерозионих процеса (нагиб и дужина падине, интензитет падавина, инфилтрационо-ретенциони капацитет земљишта, структура земљишног покривача, садржај органске материје и др). Сви ови показатељи могу да буду релативно непромењиви или изразито варијабилни, у просторном и временском смислу.

Сливно подручје, као други (виши) просторни ниво, може бити предмет истраживања, усмереног према следећим циљевима: боље разумевање процеса настанка и механизма деловања ерозионих процеса у специфичним појавним формама, унутар различитих

предеоних елемената (шуме, приобаље, обрадиво земљиште, итд.), на којима се примењују посебни системи управљања; други циљ је усмерен ка развоју ерозионих модела који омогућују прорачуне продукције ерозионог материјала и проноса наноса, од простора обухваћеног елементарним сливом најнижег реда, до целокупне сливне површине; трећи циљ представља синтезу претходних резултата и сазнања и полазиште за израду стратегије/плана/пројекта за интегрално управљање предметним подручјем, у циљу заштите од ерозије земљишта и бујичних поплава, као суштински важних елемената концепта заштите животне средине. Када су у питању практични проблеми који захтевају брза решења (израда пројектне документације, интервентни радови на заштити од бујичних поплава), није могуће спровести детаљна истраживања на сливовима већим од 100 km<sup>2</sup>, наглашене хетерогености природних елемената. Са напретком рачунарске технологије и метода даљинске детекције значајно је убрзан процес прикупљања и обраде потребних података, при чему највећа неизвесност остаје у домену хидролошких (режим протицаја) и псамолошких (режим наноса) информација. Добијени подаци на излазном профилу или пре улива у реципијент, нису довољни за анализу специфичних односа и зависности појединих показатеља, тако да се слив третира као „црна кутија“, односно, систем који на основу одређеног „улаза“ (падавине, физичко-географске карактеристике, итд.) производи одређени „излаз“ (протицај, пронос наноса).

За разлику од истраживања процеса ерозије земљишта на нивоу парцеле или слива, главни циљеви истраживања и процене на нивоу региона, или на већим размерама, су различити. Истраживања на регионалном нивоу су од користи за процену актуелног и предвиђање будућег ерозионог статуса одређеног подручја (Bou Kheir et al., 2006), јер обезбеђују вредне информације свим заинтересованим странама (Wei et al., 2012). Истраживање процеса ерозије на овом нивоу помаже у формирању јавне свести о постојању природног хазарда и сагледавању интензитета антропогеног утицаја, што представља основ за креирање адекватне регулаторне политике у домену управљања земљишним и водним ресурсима (Renschler, Harbor, 2002). Такође, детерминисање ерозионог статуса подручја обезбеђује вредне информације о историјским и тренутним проблемима који се односе на процес управљања земљиштем, као и ефектима повезаних и сродних политика (Chen et al., 2009; Gobin et al., 2004). Уколико се регионални документи брзо и ефикасно имплементирају у оперативне и практичне процедуре за превенцију ерозионих процеса и бујичних поплава, остварује се оптималан трансфер знања између истраживачких ентитета (институти, факултети) и субјеката управљања земљишним и водним ресурсима и заштићеним подручјима. Основни недостатак истраживања на регионалном нивоу се односи на тешкоће у квантификацији специфичних односа између процеса ерозије и фактора утицаја. Због велике површине истраживаног подручја често су ограничени фонд и квалитет доступних података, што често утиче на репрезентативност добијених резултата. Са тачке гледишта физичке географије, регионални ниво нема потпуну, природну, јасну, интегрисану границу као што има сливно подручје. Слив је дефинисан вододелницом, унутар које се анализирају основни механизми ерозионих процеса, као и компоненте процеса отицаја, на целокупној хидрографској мрежи, у чему учествује главни водоток са притокама (Радић, 2014; Ристић, Малошевић, 2011). Кључни подаци на регионалном нивоу се добијају на основу анализе климатских услова, физичко-географских карактеристика, геолошко-педолошких услова, као и нивоа утицаја антропогеног фактора, пре свега у домену начина коришћења земљишта (простора) и индукованих промена (Wei et al., 2012).

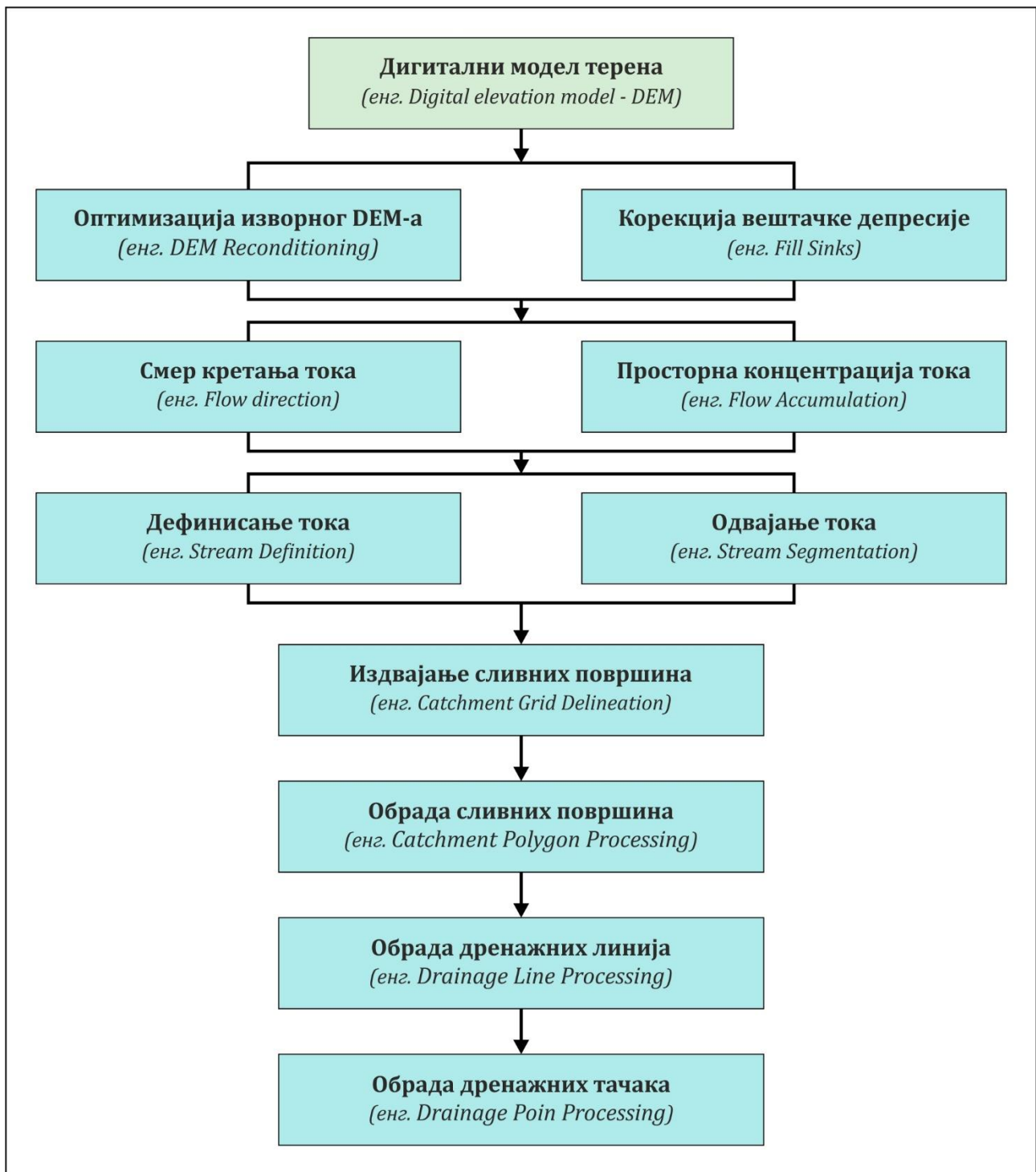
За потребе развоја методологије за идентификацију ерозионих подручја, са акцентом на утврђивању ерозионог статуса и потенцијала за генерисање бујичних поплава,

коришћено је сливно подручје као основни просторни ниво. Сливна подручја за потребе ове дисертације детерминисана су на основу просторних анализа, коришћењем софтвера ArcMap®-у, који је креиран за примену геопросторних апликација компаније ESRI (Environmental Systems Research Institute), као и применом модела ArcHydro® (Maidment, Morehouse, 2002).

### **2.2.1 Модел ArcHydro**

Модел ArcHydro представља један од многобројних модела за формирање просторних база података, које доприносе бољем разумевању хидролошких процеса. Модел је настао 1999. године, као резултат сарадње стручњака из Центра за истраживање водних ресурса (Center for Research in Water Resources–CRWR), са Универзитета у Тексасу (Остин) и компаније ESRI (Zhang et al., 2010). ArcHydro представља геопросторни и временски модел који је имплементиран у ArcGis окружење. Значајне предности овог модела су могућност обједињавања карактеристичних геопросторних информација и каснија реализација хидролошких анализа. ArcHydro модел се може користити на било ком нивоу размере (локалном, регионалном и глобалном). Основни елементи ArcHydro модела су: ArcHydro Data Model и ArcHydro tools, који формирају иницијалне базе геопросторних и временских података. Модел генерише неколико скупова података који заједно дефинишу и описују сливно подручје (Kraemer, Panda, 2009).

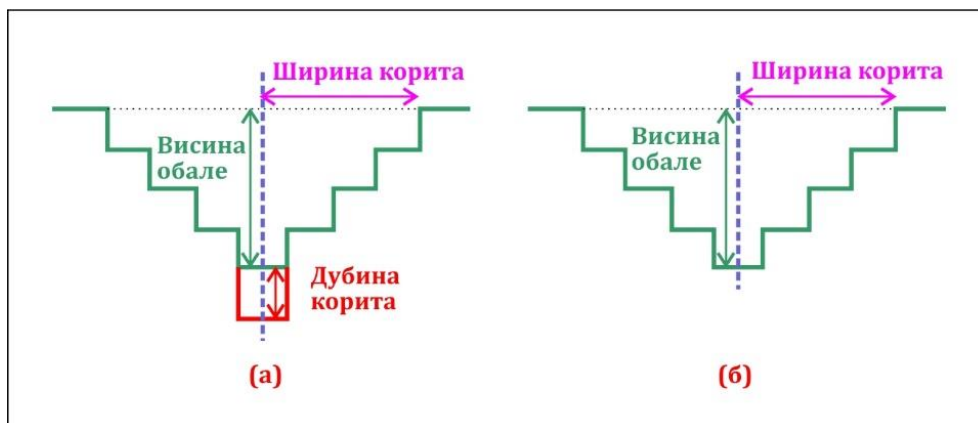
Креирање иницијалних база које дефинишу и описују карактеристике сливних подручја, подразумева коришћење алата који се налазе у оквиру ArcHydro модела. Да би се добиле адекватне информације о предметном подручју (сливу) подаци се приказују у векторском и растерском облику (слика 2.2.). Према методолошкој процедури ArcHydro модела, обављају се следеће просторне анализе: DEM Reconditioning, Fill Sinks, Flow Direction, Flow Accumulation, Stream Definition, Stream Segmentation и Catchment Grid Delineation (Arc Hydro Tools-Tutorial, 2009).



Слика 2.2. Приказ методолошког приступа ArcHydro програма  
(модификовано према Jeon, Kang, 2020)

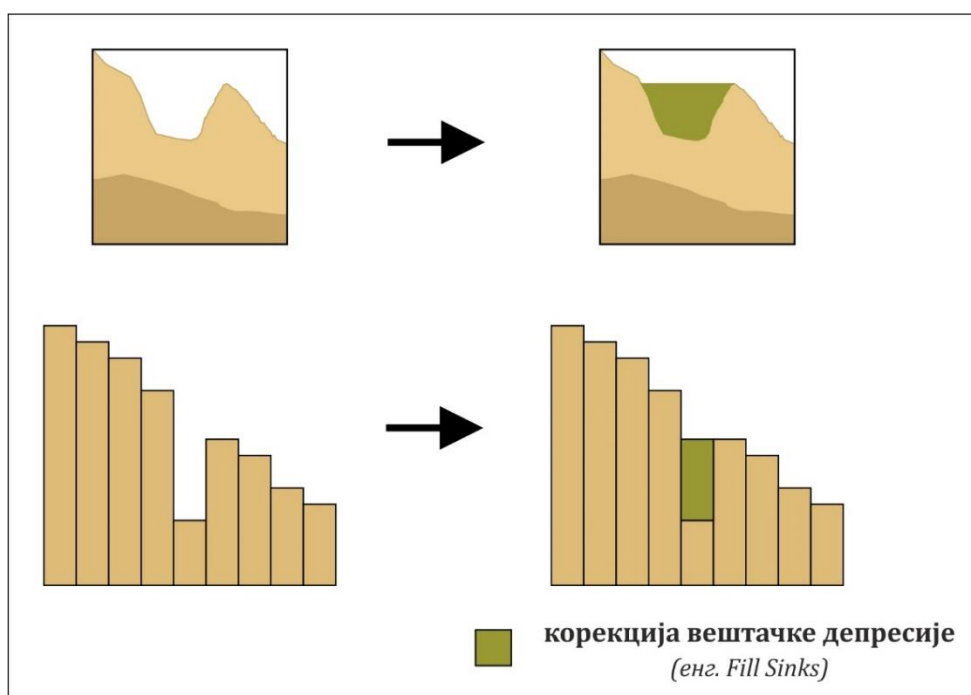
Модификовање изворног (Реконструкција-Оптимизација) DEM-а (DEM Reconditioning) представља имплементацију „AGREE“ методе за хидролошку корекцију изворног DEM-а, на основу линијских векторских података (нпр. хидрографска мрежа), а све у функцији побољшања тачности хидролошког моделирања (Li, 2014). Метода „AGREE“ редукује ширину подручја око пиксела који су тангирани векторском хидрографском мрежом. У зависности од величине водотока може се мењати ширина корита (Buffer distance) и висина обале (Smooth drop), као и дубина (тока) корита (Sharp drop) (слика 2.3.).





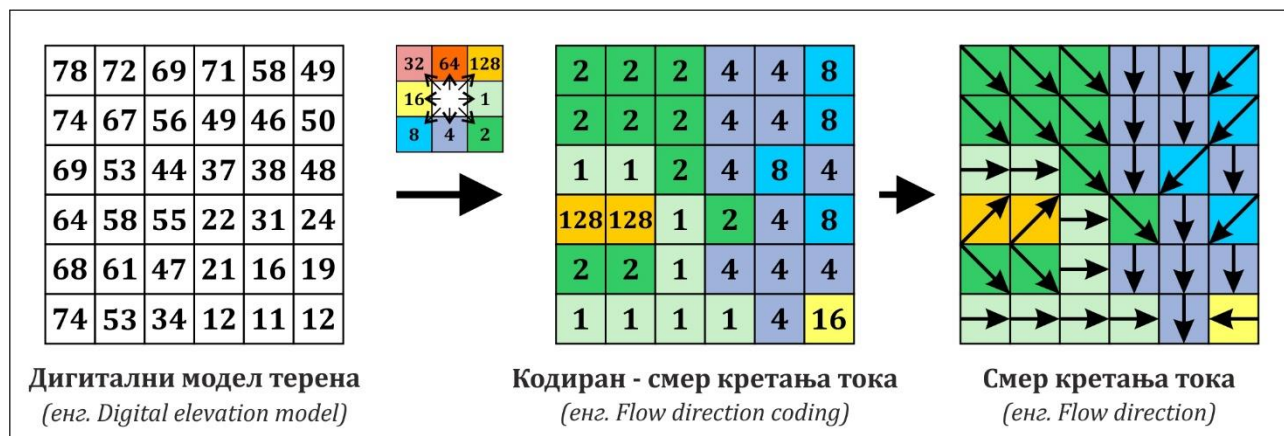
Слика: 2.3. Параметри за модификовање изворног DEM-а (DEM Reconditioning): (а) ширина канала, висина обале и дубина корита; (б) ширина канала и висина обале (модификовано према Boulomytis et al., 2017)

Исправљање (корекција) DEM-а (Fill Sinks): у дигиталном моделу терена (DEM) могу се јавити пиксели са вредностима које не одговарају природној хидрографској мрежи (реке, потоци, јаруге). Ове аномалије у DEM-у могу бити стварне, јер представљају природне карактеристике терена, али су често вештачке, узроковане грешкама при обради података (нпр. заокруживање вредности надморских висина). Пиксел или група пиксела са вредностима надморских висина које неадекватно приказују терен, стварањем „вештачких“ понора/депресија (недефинисан правац кретања тока) и употребом хидролошког модела, неадекватно приказују смер кретања воде (слика 2.4). Функција Fill Sinks исправља (уклања) пиксел или групу „неодговарајућих“ пиксела, повећањем вредности надморске висине, у корелацији са надморским висинама суседних пиксела, а као резултат се добија растер без „вештачких“ понора и депресија (Jenkins, Mccauley, 2006).



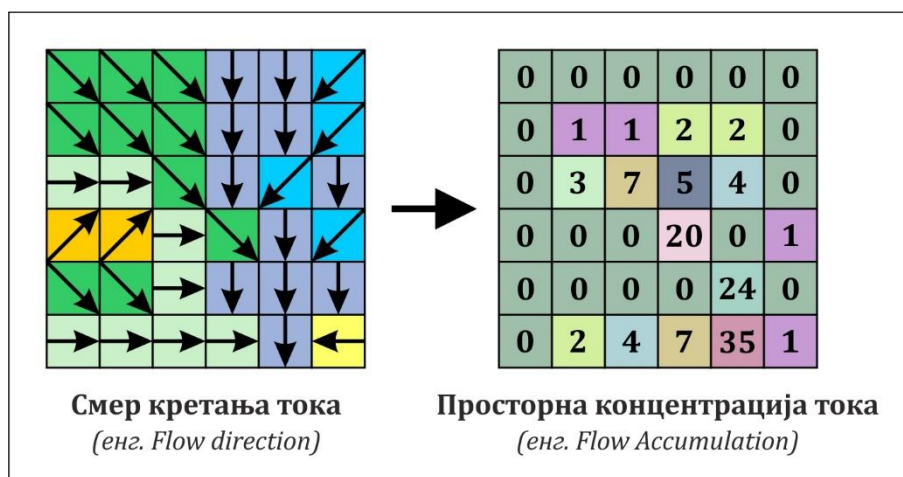
Слика 2.4. Исправљање (корекција) DEM-а (Fill Sinks) (модификовано према Sobrinho et al., 2009)

Функција „Смер кретања тока“ (Flow Direction) дефинише примарну гريدну мрежу на основу које се касније одређују потребни хидролошки параметри (Gruber, Peckham, 2009). Гريدна мрежа смера кретања тока носи информацију о најкраћем смеру кретања воде (слика 2.5.). За сваки пиксел у дигиталном моделу терена проналази се смер највећег нагиба, чиме се добија нови растер у коме су дефинисане линије, односно, правци течења воде. Најчешће коришћења метода за апроксимацију смера кретања тока је D8 метод, којим се одређује „проток“ за сваки пиксел, у осам различитих праваца (ка његови суседним пикселима) (Насо et al., 2011).



Слика 2.5. Приказ алгоритма D8 методе - Смер кретања тока (Flow Direction) (модификовано према Huang, Jin, 2019)

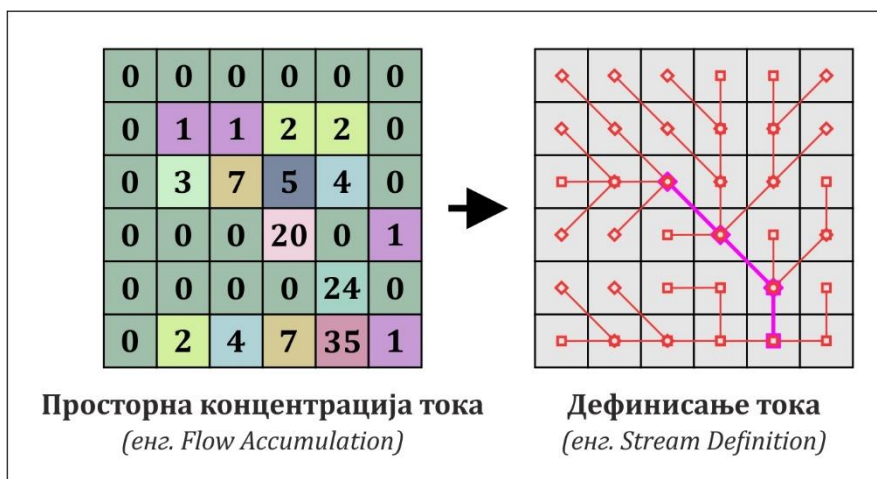
Функција „Просторна концентрација тока“ (Flow Accumulation) омогућује детерминацију доминантног правца кретања воде, на основу DEM-а (слика 2.6.). Као улазни гريد (растер) за употребу ове функције користе се већ добијене вредности смера кретања воде (Flow Direction), тако да долази до „сабирања“ вредности пиксела, чиме се симулира природна хидрографска мрежа (бразде, јаруге, корита потока) (O’Callaghan, Mark, 1984).



Слика 2.6. Шемаски приказ функције „Просторна концентрација тока“ (Flow Accumulation) (модификовано према Huang, Jin, 2019)

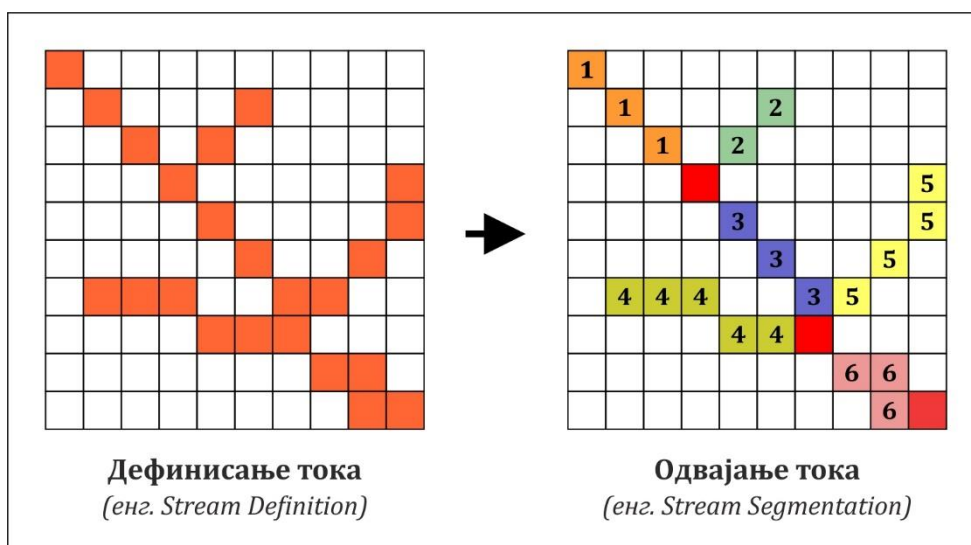
Функција „Дефинисање тока“ (Stream Definition) омогућује креирање мреже токова (stream grid) на основу улазног параметра Flow accumulation и постављеног прага за издвајање тока (број пиксела или одабрана величина сливне површине). Практично, овом функцијом се утврђује број пиксела који дефинишу доминантан правац кретања воде (слика 2.7). За разлику од сродних функција у стандардним ArcMap алатима,

применом ове функције се одређује праг (гранична вредност) у броју пиксела који дефинишу ток кроз сливно подручје (Arc Hydro Tools-Tutorial, 2009).



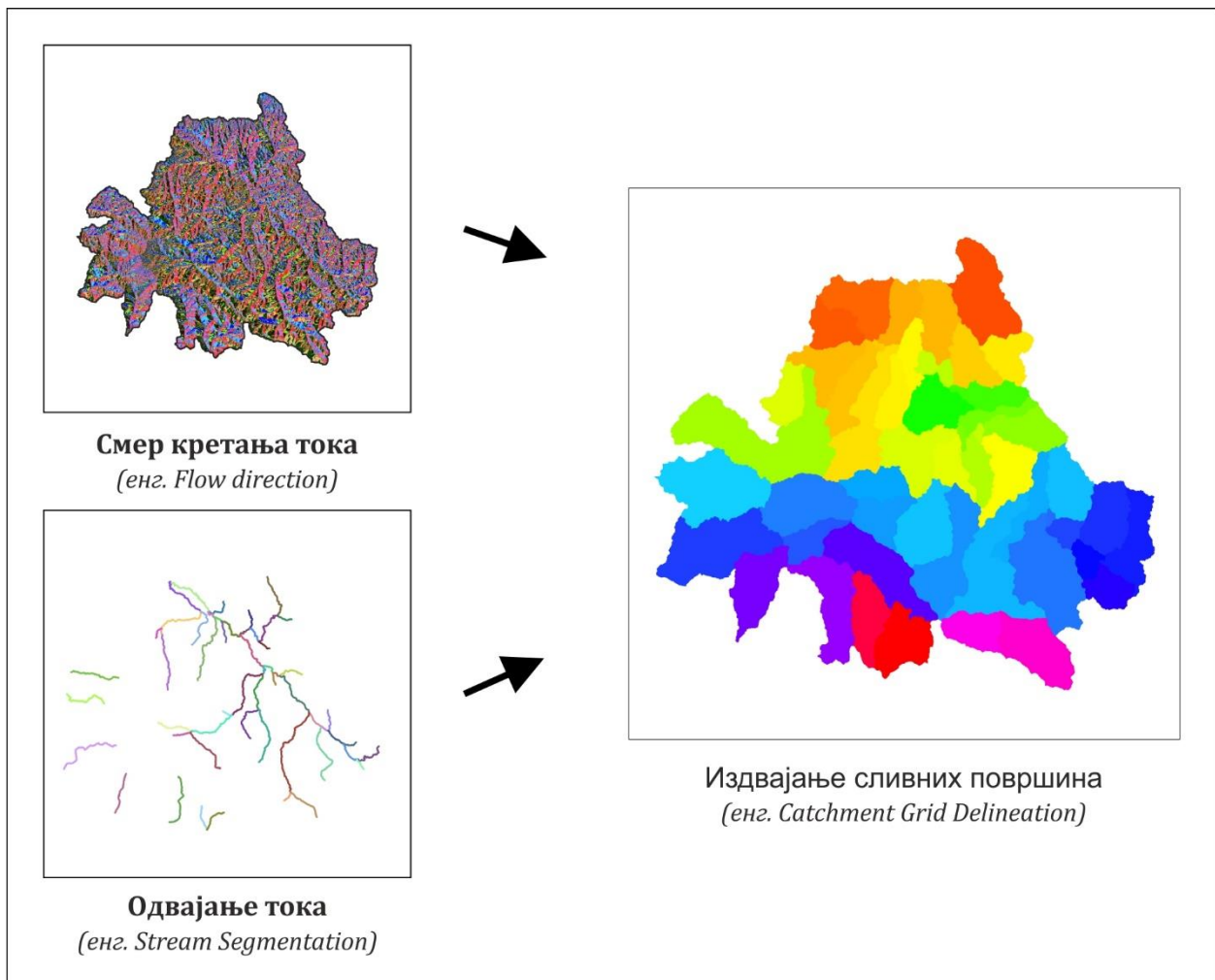
Слика 2.7. Шемаски приказ функције „Дефинисање тока“ (Stream Definition) (модификовано према Wu et al., 2019)

Функција „Одвајање тока“ (Stream Segmentation) омогућује стварање мреже засебних сегмената тока. Издвајају се главни и прелазни сегмент (спајају главне сегменте). Сви пиксели у сегменту имају исти мрежни код који је специфичан за тај сегмент (слика 2.8.). Примена овог алата је у функцији издвајања подсливова унутар једног сливног подручја. Као улазни параметри за примену функције одвајање тока користе се Flow Direction и Stream Definition (Arc Hydro Tools-Tutorial, 2009).



Слика 2.8. Шемаски приказ функције „Одвајање тока“ (Stream Segmentation) (модификовано према Wang, Chu, 2020)

Функција „Издавање сливних површина“ (Catchment Grid Delineation) користи се за издвајање елементарних сливних површина на истраживаном подручју, употребом растерске базе (слика 2.9.). У растерској бази сваки пиксел „носи“ информацију која показује којем сливу припада. Основни улазни параметри за издвајање сливних површина су подаци добијени помоћу функција смер кретања тока (Flow direction) и одвајање тока (Stream Segmentation) (Arc Hydro Tools-Tutorial, 2009).



Слика 2.9. Шемаски приказ функције издавања сливних површина (Catchment Grid Delineation)

### 2.3. Избор метода за процену интензитета ерозије земљишта и потенцијала за генезу површинског отицаја

Ерозија земљишта је планетарно распрострањена појава која негативно утиче на различите природне и антропогено измењене екосистеме (пољопривредне, шумске, пашњачке, речне и др). Ерозија земљишта, у садејству са прогресивним растом људске популације, све већим притиском на примарне природне ресурсе (земљиште, шуме, воде и оригинални биодиверзитет) и потребама за енергијом, представља један од највећих еколошких проблема (Pimentel, 2006). Дуготрајне и прекомерне људске активности су довеле до интензивирања ерозионих процеса, пада продуктивности и трајне деградације великих површина некада плодног земљишта (Pimentel, 2006; Pimentel et al., 1995).

Интензитет ерозије земљишта се може смањити правилним управљањем површинама на којима се обављају одређене активности. За одржив развој неког подручја неопходна је израда плана управљања, са различитим сценаријима, као и процена могућих губитака земљишта. Реалистична квантификација губитака земљишта један је од највећих изазова у процесу управљања простором и осетљивим природним ресурсима, у чему помаже примена модела који су имплементирани у различите софтвере. На тај начин,

могуће је симулирати различите сценарије управљања и посебно, могуће негативне ефекте (Bhuyan et al., 2002). Сваки модел, на себи својствен начин, пружа специфичан увид у механизме деловања различитих процеса ерозије земљишта и транспорта наноса (de Vente, Poesen, 2005). Основни циљ примене модела, у функцији детерминације ерозионих подручја, јесте процена интензитета ерозије земљишта и површинског отицаја, као и њихових могућих негативних ефеката.

### **2.3.1. Интензитет ерозије земљишта**

Ерозија земљишта је сложен природни процес, условљен климатским факторима, особеностима рељефа, геолошким и педолошким својствима, у садејству са више или мање снажним утицајем антропогеног фактора. Моделирање степена деградације земљишта деловањем ерозионих процеса на сливним подручјима, започело је 40-тих година XX века и до данас је развијен велики број модела (Zhang et al., 1996). Сваки модел, на себи својствен начин, пружа специфичан увид у процесе ерозије земљишта и транспорта наноса (de Vente, Poesen, 2005).

Критеријум за одабир адекватног модела зависи, пре свега, од циља његове примене, могућности примене и доступних база података (подлога). Модели имају задатак да симплификују („упросте“) анализу комплексног процеса ерозије земљишта, кроз одабир и процену репрезентативних параметара, у складу са спознајом да није могуће у потпуности симулирати процес који се одвија у природи, нити укључити све факторе, посебно оне од мањег значаја. Основни циљ примене модела јесте процена интензитета ерозије земљишта и њен утицај на квалитет различитих елемената животне средине.

Модели се могу поделити на основу неколико критеријума. Са временског аспекта, разликују се модели епизода и модели континуалних симулација (Morgan, 2005). Модели епизода описују тренутно стање ерозионих процеса на сливу, на основу једне измерене и анализиране кишне епизоде. За разлику од овог приступа, континуални модели прате и описују стање ерозије на сливу у дужем временском интервалу, који обухвата периоде са и без падавина.

У односу на квалитет доступних база података, о појави која се описује, модели се класификују као емпиријски, концептуални и физички (de Vente, Poesen, 2005; Merritt et al., 2003).

У емпиријским моделима се користе, као улазни подаци, најзначајнији (доминантни) параметри који дефинишу процесе иницирања и одвијања ерозионих процеса. Вредности параметара су детерминисане на основу осматрања, експерименталних мерења и детаљне анализе процеса на истраживаним локалитетима. Одликује их једноставност и мали број улазних података, што их чини погодним за брзу, оперативну употребу. Концептуални модели узимају у обзир физичке законитости које делују на процес продукције ерозионог материјала и транспорт наноса, али уз знатна поједностављења. Концептуални модели се обично заснивају на представљању сливног подручја као система унутар кога делују одређене физичке законитости, од значаја за ерозионе и бујичне процесе. У случају ерозионих модела, најважније су законитости којима се разјашњава настанак ерозионог процеса, продукција материјала, транспорт и акумулација наноса, као и генерисање брзог површинског отицаја. Све ове законитости у концептуалном моделу се приказују уз знатна поједностављења, јер није могуће укључити све параметре који чине комплексност процеса у реалним условима на одређеном сливном подручју.

Физички модели су засновани на симулацији реалних процеса, тако да обухватају већи број кључних параметара и њихове утврђене међузависности. Користе се параметри које је могуће измерити или одредити применом различитих зависности, изведених из резултата претходних детаљних истраживања. Топографски модели полазе од суштинске повезаности феномена површинског отицаја, продукције и транспорта наноса и представљају надградњу етаблираних хидролошко-хидрауличких модела.

У табели 2.1. су приказани модели који су класификовани на основу претходно описаних критеријума поделе (de Vente, Poesen, 2005).

Табела 2.1. Модела за процену губитака земљишта

Тип	Модел	Референца
Емпиријски модели	MPE	Gavrilović, 1972
	USLE	Wischmeier & Smith, 1978
	RUSLE	Renard et al., 1994, 1997
Концептуални модели	AGNPS	Young et al., 1989
	SWAT	Arnold et al. 1993,1998
	MMF	Morgan, 2001
Топографски модели	EUROSEM	Morgan et al., 1998
	WEPP	Flanagan et al., 2001
	CREAMS	Knisel, 1980
	PESERA	Kirkby et al. 2000,2004

### 2.3.1.1. Метод потенцијала ерозије (МПЕ)

Метод Потенцијала ерозије (МПЕ) спада у групу емпиријских модела за процену губитака земљишта. Познат је и под називом „Гавриловићева метода“, и представља стандардну процедуру за израду Карте ерозије, прорачун ерозионе продукције и проноса наноса, у инжењерско-проектантској и просторној-планерској пракси Србије и региона (Polovina et al., 2016).

Метода је развијена, калибрисана и верификована половином XX века, на основу дугогодишњих теренских истраживања на сливовима Јужне, Западне и Велике Мораве, Ибра, Тимока и Вардара (Gavrilović, 1972). Обликована је на Шумарском факултету Универзитета у Београду и у лабораторији Института за водопривреду „Јарослав Черни“. Прва верзија МПЕ је обухватала следеће фазе развоја (Stefanović et al., 2014):

- квантитативна класификација ерозије (1954);
- квантитативни режим наноса (1955);
- класификација бујичних токова (1956);
- методе оптимизационих прорачуна количине противерозионих радова (1958).
- 

Уследиле су наредне фазе развоја (Stefanović et al., 2014):

- МПЕ - I фаза (1966);

- МПЕ - II фаза (1968);
- МПЕ - III фаза (1986);
- Методологија за идентификацију ерозионих подручја (извор, 1998);
- Метода активне борбе са бујичним поплавама на неуређеним водотоцима (1998);
- Развој информационах и ГИС процедура и апликација за МПЕ.

Метода је развијена за примену на целој територији тадашње државе (СФР Југославије), тако да је била прилагођена различитим климатским варијацијама на том простору. Средње годишње суме падавина обухватају распон од 260 mm до 5.000 mm, затим средње годишње температуре ваздуха у дијапазону од +3°C до +28°C и ударе ветра чија брзина достиже и до 200 km/h. Флексибилност обухваћених природних услова утицала је на каснију масовну примену МПЕ у Србији (Gavrilović, 1972; Kostadinov et al., 2014; Ristić et al., 2013, 2017; Драгићевић et al., 2009; Лазаревић, 1983, 2009; Мустафић et al., 2008; Радић, 2014; Тошић, Драгићевић, 2012), читавом простору бивше СФРЈ (Хрватска-Petraš et al., 2005; Словенија-Zemljić, 1971; Босна и Херцеговина-Tosić et al., 2012; Северна Македонија-Blinkov, 2014; Црна Гора-Spalević et al., 2016. Коришћена је и у Немачкој (De Cesare et al., 1998), Италији (de Vente et al., 2006; Fanetti, Vezzoli, 2007), Белгији (de Vente, Poesen, 2005), Грчкој (Emmanouloudis et al., 2003; Emmanouloudis, Filippidis, 2002; Kalinderis et al., 2009; Stefanidis et al., 1998), Ирану (Amiri et al., 2012; Behzadfar et al., 2014).

МПЕ узима у разматрање шест фактора: геолошке и педолошке карактеристике; начин коришћења земљишта; коефицијент видљивих трагова ерозије; климатске чиниоце (средња годишња температура ваздуха и средње годишње падавине); топографске карактеристике. Коришћењем наведених фактора креиран је аналитички израз за прорачун укупне продукције ерозионог материјала на сливном подручју, делу слива или одређеном делу територије:

$$W = T \cdot H_{god} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot A$$

- $W$  – укупна продукција ерозионог материјала [ $m^3 \cdot god^{-1}$ ]
- $T$  – температурни коефицијент подручја
- $H_{god}$  – средња годишња количина падавина [mm]
- $\pi$  – 3,14
- $Z$  – коефицијент ерозије
- $A$  – површина сливног подручја [ $km^2$ ]

Поред укупне продукције ерозионог материјала, која се изражава у  $m^3$  годишње, може се израчунати и специфична ерозиона продукција (у  $m^3$  по  $1 km^2$ ):

$$W_{sp} = T \cdot H_{god} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3}$$

- $W_{sp}$  – специфична годишња продукција ерозионог материјала [ $m^3 \cdot km^{-2} \cdot god^{-1}$ ]

Температурни коефицијент подручја се израчунава према формули:

$$T = \sqrt{\frac{t_{sr}}{10} + 0,1}$$

- $t_{sr}$  – просечна годишња температура ваздуха [ $^{\circ}C$ ]

Према формули, основни улазни параметар представља средња годишња температура ваздуха ( $t_{sr}$ ) на истраживаном подручју, изражена у Целзијусовим степенима [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Средња годишња количина падавина ( $H_{god}$ ) се изражава у mm и добија се на основу обраде података мерења са меродавних (најближих) метеоролошких станица, на или непосредном окружењу истраживаног подручја.

Коефицијент Z представља индикатор стања ерозије на сливу, који се може одредити директно картирањем на терену, или применом аналитичког поступка у коме се вреднују карактеристике земљишта и геолошке подлоге, вегетационог покривача, рељефа и уочених видова ерозије.

Коефицијент ерозије (Z) добија се на основу следеће релације:

$$Z_{sr} = Y \cdot X \cdot a \cdot (\rho + \sqrt{I_{sr}})$$

- Y – реципрочна вредност коефицијента отпора земљишта на ерозију
- X·a – коефицијент уређења слива
- ф – бројни еквивалент видљивих и јасно изражених процеса ерозије на сливу
- $I_{sr}$  – средњи пад терена на сливу

Према коефицијенту ерозије Z, дата је категоризација ерозионих процеса по Гавриловићу (табела 2.2.). Вредности се обично крећу у распону од Z=0,1-1,5 и више, односно, од очуваних, ерозијом слабо нападнутих сливова и подручја, до сливова који су екстремно деградирани услед деловања ерозионих процеса. Наведене вредности могу бити изнад и испод поменутих граница само у изузетним случајевима.

Табела 2.2. Вредност коефицијента ерозије Z

Категорија разорности (ерозивности)	Јачина ерозионих процеса	Тип владајуће ерозије	Коефицијент ерозије	Сред. вредност коэф. ерозије
I	Експесивна ерозија	дубинска	> 1,51	1,25
		мешовита	1,21-1,50	
		површинска	1,01-1,20	
II	Јака ерозија	дубинска	0,91-1,00	0,85
		мешовита	0,81-0,90	
		површинска	0,71-0,80	
III	Осредња ерозија	дубинска	0,61-0,70	0,55
		мешовита	0,51-0,60	
		површинска	0,41-0,50	
IV	Слаба ерозија	дубинска	0,31-0,40	0,30
		мешовита	0,25-0,30	
		површинска	0,20-0,24	
V	Врло слаба ерозија	трагови ерозије	0,01-0,19 и мање	0,01

Извор: (Gavrilović, 1972)



### 2.3.1.1.1. Коефицијент (Y)

Коефицијент Y представља реципрочну вредност коефицијента отпора земљишта на ерозију, и зависи од карактеристика геолошке подлоге, климата и типова педолошких творевина (табела 2.3.). Вредности коефицијента Y су детерминисане на основу огледа спроведених у Лабораторији за бујице и ерозију Одсека за ерозију и мелиорације Шумарског факултета Универзитета у Београду (Gavrilović, 1966). Те вредности се односе на реципрочну вредност отпорности земљишних творевина и стена на деловање „бомбардовања земљишта кишним капима“, као и на отпор одношењу честица земљишта деловањем текуће воде и удара ветра. Према публикованим подацима и анализама, просечне вредности коефицијента Y крећу се распону од 0,25 за голе компактне еруптиве до 2,0 за пескове и невезана земљишта.

Табела 2.3. Вредности коефицијента Y

Типови земљишне творевине и сродне врсте		Средњи коефицијент Y
1	Пескови, шљунак и невезана земљишта	2,0
2	Лес, туфови, слатине, степска земљишта и сл.	1,6
3	Распаднути кречњаци и лапорци	1,2
4	Серпентини, црвени пешчари, флишне наслаге	1,1
5	Подзоли и параподзоли, распаднути шкриљци, микашисти, гнајшисти, агрилошисти и сл.	1,0
6	Једри и шкриљасти кречњаци, црвенице и хумусно силикатно земљишта	0,9
7	Гајњаче и планинска земљишта	0,8
8	Смонице, ритске оранице и мочварна земљишта	0,6
9	Чернозем и алувијални нанос добре структуре	0,5
10	Голи, компактни еруптиви	0,25

Извор: (Gavrilović, 1972)

### 2.3.1.1.2. Коефицијент уређења слива ( $X \cdot a$ )

Коефицијент уређења слива или ерозионог подручја ( $X \cdot a$ ) одређује се комбиновањем вредности ( $X$ ) (заштићеност земљишта од атмосферских утицаја и сила ерозије у природним условима, нпр. одређеном врстом вегетације) и вредности ( $a$ ) (степен заштите услед примене противерозионих радова). Производ ова два коефицијента ( $X \cdot a$ ) креће се у распону од 0,01 (заштићено земљиште) до 1.0 (потпуно голо, незаштићено и неуређено земљиште) (табела 2.4.).

Табела 2.4. Вредност израза  $X \cdot a$

Услови који утичу на вредност коефицијента $X \cdot a$		$X \cdot a$
1. Слив или подручје пре антиерозионих радова		
1	Потпуно голо, необрађено земљиште (голети)	1,0
2	Оранице са орањем уз и низ падину	0,9
3	Воћњаци и виногради без приземне вегетације	0,7
4	Планински пашњаци и сувати	0,6
5	Ливаде, детелишта и сличне пољопривредне културе	0,4
6	Деградиране шуме и шикаре са еродираним земљиштем	0,6
7	Шуме и шикаре доброг склопа и обраста	0,05
2. Слив или подручје пре антиерозионих радова		
1	Оранице са контурним орањем	0,63
2	Оранице добре неге и заштићене малчирањем	0,54
3	Контурно-појасна обрада са плодоредом (оранице)	0,45
4	Контурни воћњаци и виногради	0,315
5	Терасирање ораница, терасе и градони	0,36
6	Затрављивање голих земљишта и мелиорације пашњака и сувати	0,3
7	Израда контурних ровова средње густине	0,24
8	Ретардациони водопутеви, микроакомулације	0,27
9	Обично пошумљавање на јаме или на пруге	0,2
10	Пошумљавање на градонима	0,1
11	Уређивање корита водотокова техничким објектима: каналисање, кинетирање, изградња преграда, габиони и сл.	0,7

Извор: (Gavrilović, 1972)

### 2.3.1.1.3. Коефицијент видљивих и јасно изражених ерозионих процеса ( $\phi$ )

Коефицијент видљивих и јасно изражених ерозионих процеса ( $\phi$ ) представља бројни еквивалент видљивих и јасно изражених процеса ерозије (табела 2.5).

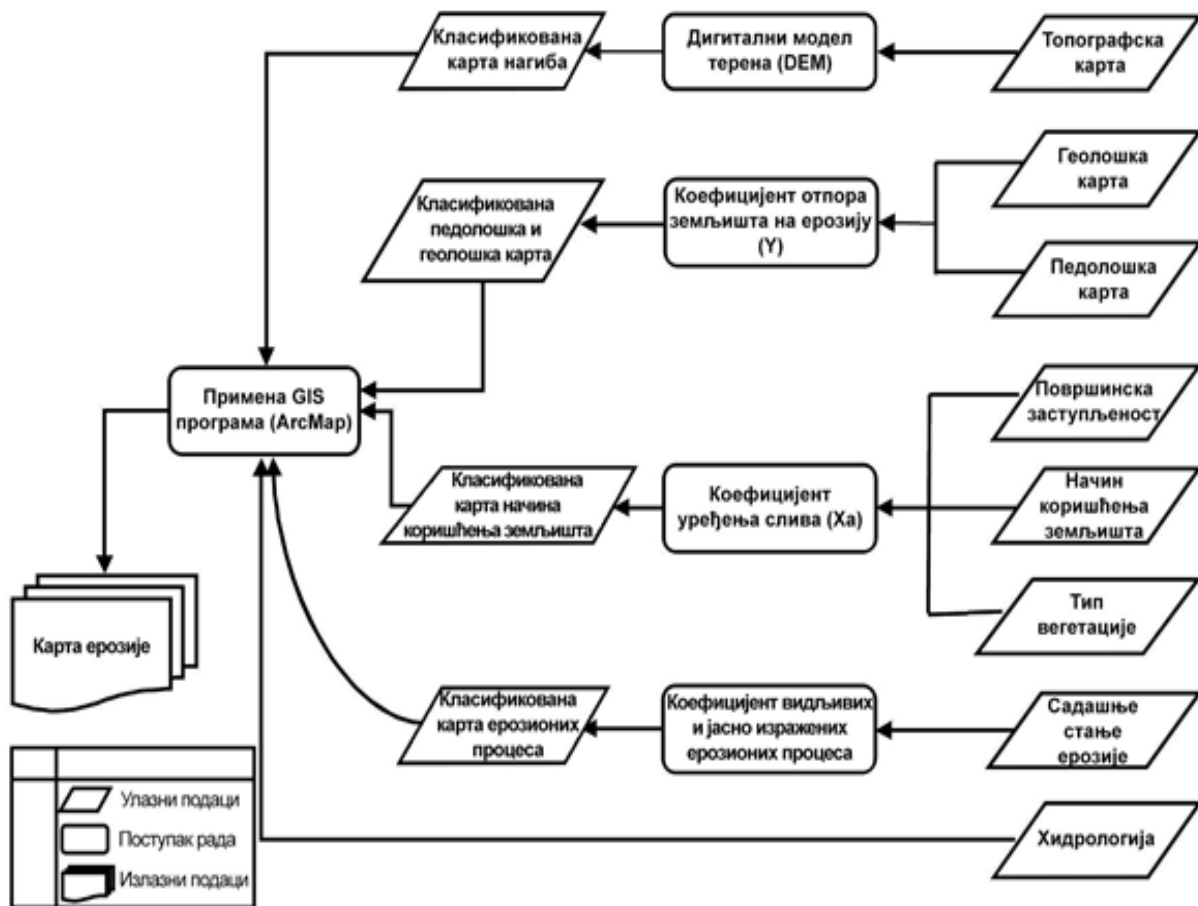
Табела 2.5. Вредност коефицијента  $\phi$

Услови који утичу на вредност коефицијента		Средња вредност $\phi$
1	Слив или подручје потпуно обухваћено јаружастом ерозијом и урвинским процесима (дубинска ерозија)	1,0
2	Око 80% слива или подручја под браздастом и јаружастом ерозијом	0,9
3	Око 50% слива или подручја под браздастом и јаружастом ерозијом	0,8
4	Цео слив под површинском ерозијом: распадине и осулине, нешто мало бразди и јаруга (дубинска ерозија, као и јака крашка ерозија)	0,7
5	Цео слив под површинском ерозијом, али без видљивих дубинских процеса (бразде, јаруге, одрони и сл.)	0,6
6	Земљиште на 50% површине обухваћено површинском ерозијом, а остали део слива очуван	0,5
7	Земљиште на 20% површине обухваћено површинском ерозијом, док је 80% слива или подручја очувано	0,3
8	Земљиште у сливу без видљивих трагова ерозије, али у коритама водотока има мањих одрона и клижења	0,2
9	Слив без видљивих трагова ерозије, али претежно под ораницама	0,15
10	Подручје у сливу без видљивих трагова ерозије како у сливу тако и у кориту водотока, али претежно под шумама или вишегодишњом вегетацијом (ливаде, пашњаци и сл.)	0,1

Извор: (Gavrilović, 1972)

### 2.3.1.1.4. Средњи нагиб терена на сливу ( $I_{sr}$ )

Важан показатељ у поступку детерминисања вредности коефицијента ерозије  $Z$  јесте квадратни корен из средњег пада слива, односно, ерозионог подручја или парцеле.



Слика 2.10. Шема примене МПЕ у ArcMap10® софтверском окружењу (Amiri et al., 2012)

### 2.3.1.1.5. Средња годишња запремина вученог и суспендованог наноса према МПЕ ( $G_{god}$ )

Познато је да нанос произведен ерозионим процесима у сливу, не доспева у целокупној количини до најниже тачке слива. Знатан део наноса остаје по депресијама и увалама или на заравњеним деловима. У складу са тим, успостављена је релација којом се изражава степен ретенције (задржавања) ерозионог материјала.

Помоћу коефицијента ретенције издваја се онај део произведеног ерозионог материјала који доспева до хидрографске мреже, и који као нанос учествује у транспорту (проносу) кроз предметни водоток.

Коефицијент ретенције (задржавања) ерозионог материјала ( $R_u$ ), или према неким ауторима коефицијент ретардације, односно, коефицијент транспорта наноса (Gavrilović, 1972; Ackemrman, Corinth, 1961) зависи од физичко-географских карактеристика слива и добија се према изразу:

$$R_u = \frac{(O \cdot D)^{0,5}}{0,25 \cdot (L + 10)}$$

- $R_u$  – коефицијент ретенције наноса на сливном подручју

- $O$  – обим слива [km]
- $L$  – дужина слива по главном току [km]
- $D$  – средња висинска разлика слива [km]

Множењем коефицијента ретенције  $R_u$ , са вредношћу укупне годишње продукције ерозионог материјала, добија се средња годишња количина вученог и суспендованог наноса, која доспева до ушћа у реципијент, односно, до контролног профила.

$$G_{god} = T \cdot H_{god} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot A \cdot R_u$$

- $G_{god}$  – укупна количина вученог и суспендованог наноса на сливу [ $m^3 \cdot god^{-1}$ ]
- $T$  – температурни коефицијент подручја
- $H_{god}$  – средња годишња количина падавина [mm]
- $\pi$  – 3,14
- $Z$  – коефицијент ерозије
- $A$  – површина сливног подручја [ $km^2$ ]

Поред средње годишње запремине наноса која се изражава у  $m^3$ , може се израчунати и специфична вредност, изражена у  $m^3$  по  $1 km^2$ .

$$G_{god} = T \cdot H_{god} \cdot \pi \cdot \sqrt{Z^3} \cdot R_u$$

$G_{godsp}$  – специфичан годишњи пронос ерозионог материјала (вученог и суспендованог) [ $m^3 \cdot god^{-1} \cdot km^{-2}$ ].

### 2.3.1.2. RUSLE

Најшире примењивана емпиријска метода за прорачун губитака земљишта је Универзална једначина губитака земљишта (USLE) (Wischmeier, Smith, 1978). Ова метода је развијена на основу велике базе експерименталних података добијених истраживањима на пољопривредним земљиштима у САД. Њеном применом одређује се годишња количина еродираниог земљишта на обрадивим парцелама. Једна од предности ове једначине је њена релативна једноставност и мали број потребних улазних података, у поређењу са другим сложенијим моделима. Уз одговарајућу селекцију вредности фактора једначином се могу предвидети просечни губици земљишта за различите системе гајења пољопривредних усева, узимајући у обзир и посебне услове као што је гајење усева у плодореду или поједине фазе развоја биљака током вегетације. Масовном применом у различитим просторним амбијентима доказана је њена погодност и вредност (Alewell et al., 2019). Поред тога, коришћена је и за површине на којима се не обавља пољопривредна производња, као један од инструмента у процесу планирања управљања простором. Губитак земљишта се рачуна, за дате услове, као производ шест основних фактора, чије се вредности за одређени локалитет изражавају нумерички. Универзална једначина губитака земљишта има следећи облик:

$$A=R \cdot L \cdot K \cdot S \cdot C \cdot P$$

- $A$  – средња годишња вредност ерозионих губитка земљишта [ $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ ]
- $R$  – фактор ерозионог дејства кише (фактор ерозивности) [ $MJ \cdot mm \cdot h^{-1} \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ ]
- $K$  – фактор еродибилности земљишта [ $t \cdot ha \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$ ]

- L – фактор дужине падине [бездимензионалан]
- S – фактор нагиба [бездимензионалан]
- C – фактор вегетације [бездимензионалан]
- P – фактор конзервационих мера [бездимензионалан]

Даљим развојем и истраживањем, а и применом рачунарских технологија и ГИС-а, наставило се са унапређењем методе USLE, што је довело до развоја методолошког поступка под именом RUSLE, односно, креирања Ревидиране универзалне једначине губитака земљишта (Revised Universal Soil Loss Equation) (Renard et al., 1997). Применом методе USLE било је могуће проценити губитак земљишта на нивоу парцеле или огледног поља, док је применом RUSLE у ГИС окружењу омогућена процена губитка земљишта и на нивоу слива. Развој информатичких алата, примена ГИС технологије и методе RUSLE, довели су до брже припреме улазних параметара и постављања у тематске слојеве, што омогућује брзу обраду са неограниченим бројем варијација улазних параметара и добијених резултата. Излазни резултат је растерског типа, где сваки пиксел, односно ћелија, представља просечан губитак земљишта по хектару.

#### 2.3.1.2.1. Фактор ерозионог дејства кише – фактор ерозивности (R)

Фактор ерозионог дејства кише (фактор ерозивности) обухвата енергетску интеракцију између кише и земљишта. Киша утиче на ерозију земљишта на два начина: један је преко кинетичке енергије коју поседује свака кишна кап, услед чега се честице земљишта одвајају након удара кишне капи. Други начин је повезан са интензитетом кишног догађаја, и представља количину падавина која падне у одређеном временском интервалу (Khosrowpanah et al., 2007). Према Wischmeier и Smith-а (Wischmeier, Smith, 1965), формула за израчунавање R фактора представља производ укупне кинетичке енергије кише (E) и максималног тридесетоминутног интензитета ( $I_{30}$ ). Уобичајени проблем за израчунавање R фактора је недостатак континуираних низова мерења максималних тридесетоминутних интензитета ( $I_{30}$ ). Даљим развојем методе и параметара, настале су модификоване формуле за израчунавање фактора R, које зависе од метеоролошких карактеристика изучаваног поднебља (Grimm et al., 2003; Knijff et al., 1999, 2000;).

У овој дисертацији, фактор ерозивности (R фактор) је прорачунат према формули Grimm et al. (2003) и Knijff et al. (2000), као и на основу годишњих вредности падавина из мерног система Републичког Хидрометеоролошког Завода Србије, где је:

$$R = b_0 \cdot P_m [M] \cdot mm \cdot h^{-1} \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}]$$

- R – фактор ерозионог дејства кише ( $MJ \cdot mm \cdot h^{-1} \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$ )
- $P_m$  – средња годишња количина падавина (mm), за одређену метеоролошку станицу.
- $b_0$  – емпиријски коефицијент ( $MJ h^{-1} \cdot god^{-1}$ ), који има вредност од 1,1 до 1,5.

Према (Grimm et al., 2003) за регију Тоскане усвојена је вредност од 1,3. Ова регија у Италији и подручје Србије заузимају приближно сличне географске ширине, тако да је за потребе ове дисертације коришћена вредност емпиријског коефицијента 1,3 (Grimm et al., 2003).

#### 2.3.1.2.2. Фактор еродибилности земљишта (К)

Фактор еродибилности земљишта (К) представља отпорност земљишта на дејство агресивних сила воде (текуће и у облику кишних капи). Фактор К репрезентује сегмент процеса ерозије, који заједно са топографским и геоморфолошким условима чини релативно непромењиве услове. Вредност К фактора примарно зависи од физичко-хемијских својстава земљишта, односно, његове текстуре, структуре, садржаја органске материје и водопропустљивости (Panagos et al., 2012). Фактор К се може одредити на основу лабораторијске обраде узорака земљишта или коришћењем номограма (Foster et al., 1981; Wischmeier, Smith, 1978). За добијање величине фактора К помоћу номограма неопходно је дефинисати пет карактеристика земљишта: садржај крупног песка, садржај ситног песка, садржај органске материје, структуру земљишта и водопропустљивост. Други начин, који је коришћен у овој дисертацији, јесте прорачун фактора К коришћењем једначине Wischmeier-а и Smit-а (Wischmeier, Smith, 1978).

$$K = [2,1 \cdot 10^{-7} \cdot M^{1,4} \cdot (12 - OM) + 4,3 \cdot 10^{-3} \cdot (s^{-2}) + 3,3 \cdot (p^{-3})] \cdot 0,1317$$

- К – фактор еродибилности земљишта ( $t \cdot ha \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$ )
- М – параметар величине честица (mm);
- ОМ – садржај органске материје (%);
- s – структура земљишта;
- p – водопропустљивост земљишта;
- 0,1317 – коефицијент за конвертовање коначне вредности у SI јединице.

#### 2.3.1.2.3. Топографски фактор (LS фактор)

Топографски фактор има највећи утицај на процес ерозије и спирања земљишта, услед деловања површинског отицаја (Костадинов, 2008). Представљен је комбинацијом фактора дужине (L) и фактора нагиба (S). Повећавањем дужине и нагиба расте и интензитет ерозије. Топографски фактор има највећи утицај на варијације губитака земљишта, интензитета отицаја и транспорта наноса. Захваљујући развоју технологија, рачунара и софтвера, креирано је више метода за прорачун топографског фактора. У овој дисертацији коришћена је ГИС технологија, уз примену дигиталног модела терена (DEM-Digital Elevation Model). DEM представља квантитативни приказ Земљине површине, који пружа основне информације о терену и омогућава извођење атрибута, као што су нагиб, експозиција, сливно подручје, енергија рељефа, итд. Прорачун топографског фактора, који је коришћен за израчунавање губитка земљишта на нивоу Европске Уније, извођен је применом алгорита Desmet-а и Govers-а (Desmet, Govers, 1996; Panagos, 2015). Исти алгоритам је примењен и у овој дисертацији, у ГИС (Географски Информациони Систем) окружењу.

#### 2.3.1.2.4. Фактор вегетације (С фактор)

Утицај биљног покривача и начина коришћења земљишта на ерозионе процесе материјализован је кроз С фактор (Wischmeier, Smith, 1965). Према дефиницији, фактор С представља однос губитка земљишта са обрадиве површине под неким усевом, или било каквим заштитним биљним покривачем, према губитку земљишта са еродираних површина, или без икаквог заштитног биљног покривача (Wischmeier, Smith, 1978). Као и остали фактори RUSLE методе, овај фактор представља однос губитака земљишта са предметне површине у тренутном стању и са површине, која захваљујући својим повољним особинама, представља контролну парцелу.

Фактор С представља утицај врсте вегетационог (усеви, ливада, шума, итд.) или вештачког покривача (асфалт, бетон) на интензитет ерозионих процеса. Овај фактор је бездимензионалан и има вредност од 0 (што представља очувана и вегетацијом добро покривена земљишта) до 1 (голети, еродирано земљиште) (Renard et al., 1997). За прорачун фактора С постоји више начина, од података добијених теренским истраживањима, до примене даљинске детекције. Под даљинском детекцијом подразумева се трансформација NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (Knijff et al., 2000) у фактор С, и ова метода је примењена у Србији у сливу реке Нишаве (Perović et al., 2013). Поред овога, коришћена је метода која представља стандард на нивоу Европске Уније, односно, конверзија CORINE Land Cover базе података у вредности фактора С (Panagos et al., 2015). На основу бројних истраживања и прегледа литературе постоје табеларне вредности фактора С за разне начине коришћења земљишта (Folly et al., 1996; Hashim, Wong, 1988; Hurni, 1985; Kim, 2014; Morgan, 2005; Roose, 1977; Singh et al., 1981; Wischmeier, Smith, 1978).

#### *2.3.1.2.5. Фактор конзервационих мера (P)*

Фактор конзервационих мера (P) представља однос губитака земљишта на површинама где су примењене одређене противерозционе мере, према губицима земљишта који се јављају на површинама без заштитних мера (Кадовић, 1999). Најважније мере конзервационе обраде у USLE/RUSLE моделу су: контурна обрада, појасна обрада и терасирање. У суштини, фактор конзервационих мера, врши редукцију фактора LS. Када нема конзервационих мера, онда је вредност  $P=1$ , а уколико их има, онда се ефекат конзервационих мера огледа у смањењу количине еродираног земљишта и бројчано мањим вредностима параметра P. Према неким истраживањима, вредности фактора P могу се добити табеларно, на основу начина коришћења земљишта, где се крећу у опсегу  $P=0,004-1$  (Samanta et al., 2016; USDA-SCS, 1972). За потребе ове дисертације усвојено је да нема конзервационих мера, односно, вредност фактора  $P=1$ .

#### **2.3.2. Потенцијал за генезу површинског отицаја**

Процес отицаја представља део хидролошког циклуса, у коме један део воде пореклом од падавина, путем површинског и подповршинског отицаја доспева до хидрографске мреже (Ристић, Малошевић, 2011). Укупан отицај приказује се у функцији времена и његова количина, између осталог, зависи од укупних падавина, интерцепције, морфолошких својстава слива, инфилтрације, густине вегетационог покривача, карактеристика земљишта и геолошке подлоге, као и учешћа урбанизованих површина (Rientjes, 2004). Отицај на сливу представља количину воде која доспева до хидрографске мреже, као део укупне запремине падавинске воде коју је могуће одредити када се одузму тзв. „губици“ (интерцепција, задржавање у депресијама, евапотранспирација, инфилтрација и др.). Део падавина која формира отицај зависи од деловања бројних фактора, који се могу грубо сврстати у три групе: климатски, физичко-географски и антропогени (Ристић, Малошевић, 2011).

Процес површинског отицаја је један од главних узрочника деградације земљишта који појачава интензитет ерозионих процеса, покретање, транспорт и депозицију честица (Maidment, 1993; Morgan, 2005). Подручја са израженим нагибима терена и плитким земљиштима (Ђоровић, 2005; Костадинов, 2008) доприносе формирању отицаја већег интензитета, поготово на површинама које нису заштићене вегетационим покривачем



или где се примењују неадекватне агротехничке мере, као и неконтролисана експлоатација шума. Са друге стране, подручја са „моћним“ педолошким профилем и порозном структуром земљишта (смеђе-кречњачко земљиште), као и густим вегетационим покривачем (очуване буково-јелове шуме) (Ристић, Малошевић, 2011), утичу на смањење количине воде која се трансформише у површински отицај, што између осталог резултира смањеним интензитетом ерозије земљишта (White, 2005).

Утврђивање механизма настанка и деловања, као и квантификација интензитета површинског отицаја, су предмет хидролошког моделирања које је заправо поједностављен модел природног хидролошког циклуса или његових сегмената. Хидролошки модели се користе и за процену утицаја различитих промена које се догађају на сливним површинама, што је касније основ за израду одговарајућег концепта одрживог управљања простором (Dwarakish, Ganasri, 2015; Johnston, Smakhtin, 2014; Tessema, 2011). Модели за детерминацију површинског отицаја се могу поделити на основу неколико критеријума. Са аспекта просторне анализе, разликују се статични и дистрибутивни модели (Beven, 2012). Статични модели користе просечне вредности хидролошких параметара као целовите (недељиве) вредности за целу површину анализираног слива и као резултат добијају јединствене (временски непромењиве, статичне) вредности отицаја. Код дистрибутивних модела, резултати хидролошких анализа су просторно дистрибуирани (распоређени) и варијабилни на читавом сливу (Rientjes, 2004). Овде се не разматра само једна просечна вредност за цео слив, већ вредности отицаја које су просторно условљене (Rientjes, 2004), као и њихов утицај на временску динамику процеса отицаја (Beven, 2012).

Модели који се заснивају на међусобним везама појединачних елемената, од значаја за процес генезе површинског отицаја, се деле на стохастичке и детерминистичке. Стохастички (пробабилистички) модели узимају у обзир различите варијанте настанка појединачних хидролошких промењивих параметара (елемената). Овим приступом је обухваћен одређен степен неизвесности, у погледу тачности добијених резултата, пре свега због саме природе улазних параметара модела (Beven, 2012; Rientjes, 2004). Детерминистички модели, с друге стране, се фокусирају на симулацију физичких процеса и параметара који су укључени у процес трансформације падавина у површински отицај. Као поузданији, детерминистички приступ симулацији процеса отицаја је далеко више коришћен у пракси (Beven, 2012; Rientjes, 2004).

### **2.3.2.1 SCS метода**

SCS метода представља једну од најчешће коришћених детерминистичких хидролошких метода за процену интензитета директног површинског отицаја. Развијена је 1954. године и документована у четвртном поглављу Националног инжењерског приручника, који је објављен од стране одељена за хидрологију Службе за конзервацију земљишта (Soil Conservation Service – SCS), Америчког министарства пољопривреде (Mishra, Singh, 2003). Метод је првобитно развијен и прилагођен условима у САД, а данас се успешно користи широм света. Основни концепт методе до данас се није променио, а заснован је на раздвајању ефективних од укупних (брuto) падавина (Mishra, 1999). Методом се одређује део падавина који формира директан отицај.

SCS метода заснива се на једначини биланса воде и две основне хипотезе.

Једначина биланса воде:

$$P = I_a + Q + R \quad (1)$$

- P- укупна количина падавина (брото киша) (mm)
- Q- директан отицај (mm)
- $I_a$  – почетни губитак (mm)
- R – стварна инфилтрација (mm)

Прва хипотеза: однос између директног отицаја и разлике бруто падавина и почетних губитака, једнак је односу стварне и потенцијално могуће инфилтрације.

$$\frac{Q}{P - I_a} = \frac{R}{d} \quad (2)$$

d – потенцијално могућа инфилтрација воде (mm)

Друга хипотеза: вредност почетних губитака представља одређени део потенцијално могуће инфилтрације.

$$I_a = \lambda \cdot d \quad (3)$$

$\lambda$ - бројчани коефицијент (константа)

Једначина бр. 3 је добијена обрадом резултата мерења на експерименталним сливовима који су имали површину мању од 10 хектара. Установљено је да се код 50% података добијених мерењима константа ( $\lambda$ ) налази у границама 0,095-0,38, на основу чега је усвојена стандардна вредност  $\lambda=0,2$ . Вредност параметра  $\lambda$  је варијабилна али се углавном налази у границама  $0,0 < \lambda < 0,3$ , у зависности од подручја истраживања (Mishra, 1996, 1999).

Комбинацијом 1 и 2 израза добија се:  $Q = \frac{(P-I_a)^2}{(P-I_a+d)} \quad (4)$

Комбинацијом 3 и 4 израза добија се:  $Q = \frac{(P-0,2d)^2}{(P-0,8d)}$

У случају да је  $P < I_a$  нема формирања директног отицаја  $Q=0$

Потенцијално могућа инфилтрација зависи од типа земљишта и начина коришћења простора, који се приказују кроз број криве отицаја (CN). Број криве отицаја (CN) је бездимензионални параметар који приказује карактеристике слива (сливног подручја) од отицаја на величину директног отицаја. CN представља параметар који одговара различитим комбинацијама типова земљишта, земљишног покривача и хидролошких услова. CN крива показује однос укупних према нето падавинама, које формирају отицај, без временске динамике која описује дистрибуцију отицаја. Вредности CN криве крећу се од 0 до 100: за непрпусне и водене површине  $CN=100$ ; за природне (пропусне) површине  $CN < 100$  (Chow et al., 1988).

### 2.3.2.1.1. Хидролошка класа земљишта

Хидролошка својства земљишта су један од доминантних параметара који утичу на процес формирања површинског отицаја, што упућује на нужност детаљне анализе типова земљишних творевина (Ристић, Малошевић, 2011). Хидролошке класе земљишта су одређене на основу минималног износа инфилтрације за 1 час.

Нагиб терена се не узима у разматрање при одређивању хидролошке класе. Земљишта су распоређена у 4 хидролошке класе (табела 2.6.):

Табела 2.6. Класификација хидролошких типова земљишта на основу интензитета инфилтрације (Ристић, Малошевић, 2011)

Хидролошка група земљишта	Минимални износ инфилтрације (mm·h <sup>-1</sup> )
A	7,62-11,4
B	3,81-7,61
C	1,27-3,80
D	0,0-1,27

Класа А – мали потенцијал површинског отицања. Земљишта ове класе су дубока, са песковитом или шљунчаном текстуром. Садржај песка и шљунка је преко 90%, док је глиновитих агрегата мање од 10%. У условима потпуне сатурације водом подземне воде се налазе на великој дубини. Инфилтрациони интензитет је већи од 7,62 mm/h.

Класа В – просечан потенцијал површинског отицања. Ова класа обухвата нешто плића земљишта, у којима је кретање воде кроз профил и даље неометано. Земљишта имају песковито-иловасту текстуру, са 10%-20% глиновитих агрегата и умерено ниским нивоом подземних вода. Инфилтрациона стопа износи од 3,81 до 7,62 mm/h.

Класа С – велики потенцијал површинског отицања. Доста плитка земљишта са иловастом и глиновито-иловастом текстуром. Садржај глине се креће од 20-40%, док су песковите фракције заступљене са мање од 50%. Кретање воде кроз земљиште је донекле ограничено, а ниво подземних вода је висок када је земљиште потпуно влажно. Инфилтрациона стопа износи од 1,27 до 3,81 mm/h.

Класа D – веома велики потенцијал површинског отицања. Кретање воде кроз земљишни профил је ограничено или потпуно ограничено. Ниво подземних вода је веома висок, а непропусни слој се налази на малој дубини. То су глиновита земљишта са високим садржајем колоидних честица. Инфилтрациона стопа износи од 0,0 до 1,27 mm/h.

### 2.3.2.1.2. Земљишни покривач

Земљишни покривач (степен покривености тла вегетацијом) је значајан модификатор укупних падавина, чиме су детерминисане и вредности броја криве отицаја (CN). Земљишни покривач представља „поклопац“ (природни или вештачки) који се налази изнад физиолошки активног слоја земљишта, и директно утиче на величину инфилтрације и формирање површинског отицаја (Ристић, Малошевић, 2011).

### 2.3.2.1.3. Хидролошки услови

Стање влажности земљишта показује значајан утицај на вредност CN криве (табела 2.7.) (Subramanya, 2008):

Табела 2.7. Класификација претходник услова влажности земљишта

I.	АМС I – Исподпросечни услови влажности (земљиште у сливу је практично суво)
II.	АМС II – Просечни услови влажности
III.	АМС III – Надпросечни услови влажности (земљиште је засићено водом од претходних падавина)

Претходне падавине одређују се као укупна количина падавина доспела на слив за претходних пет дана (ПП5), за време вегетационог периода, као и у време мировања вегетације (табела 2.8.) (Subramanya, 2008; Ристић, Малошевић, 2011).

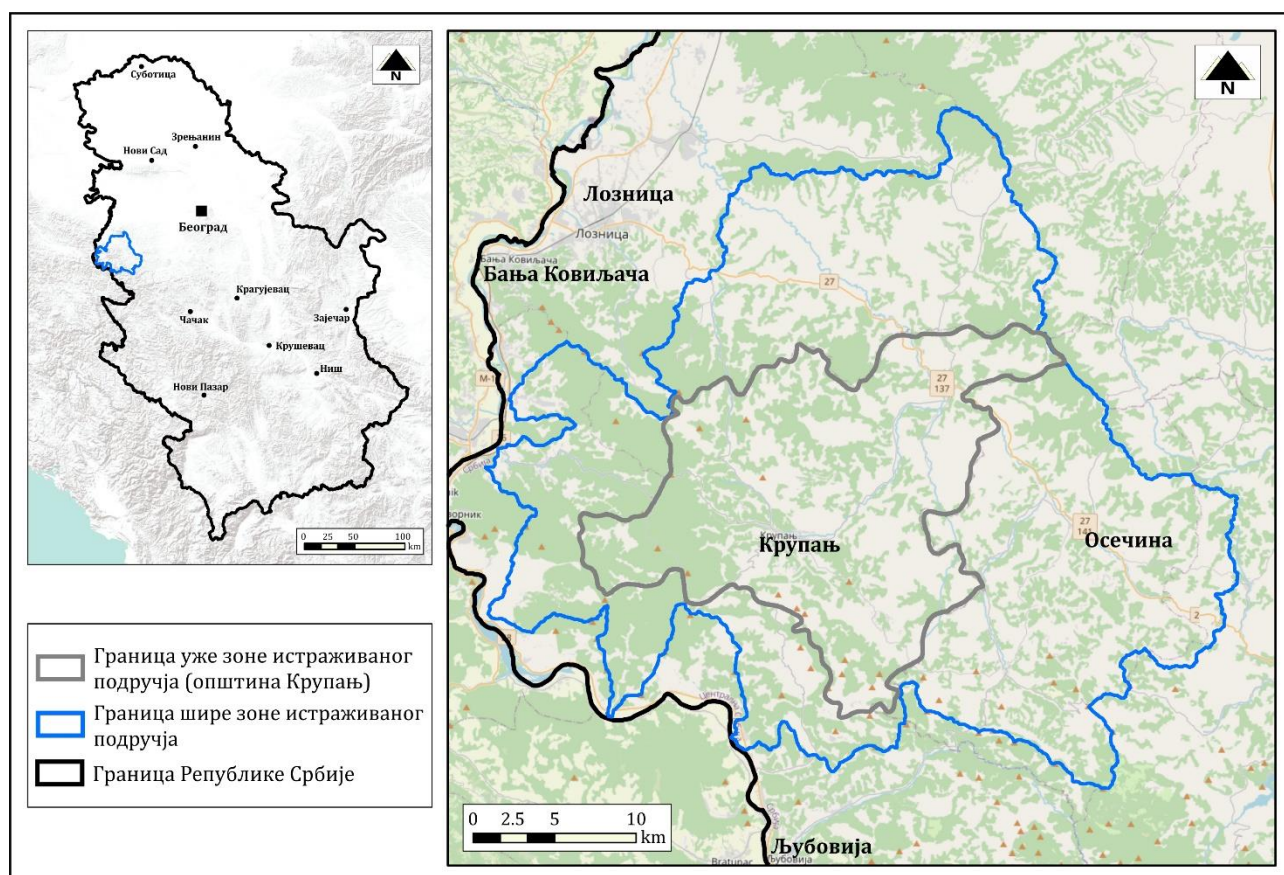
Табела 2.8. Услови влажности земљишта у зависности од претходних падавина

	СЕЗОНА МИРОВАЊА (cm)	СЕЗОНА ВЕГЕТАЦИЈЕ (cm)
I	< 1,3	<3,6
II	1,3-2,8	3,6-5,4
III	>2,8	>5,4

### 3. Материјал рада

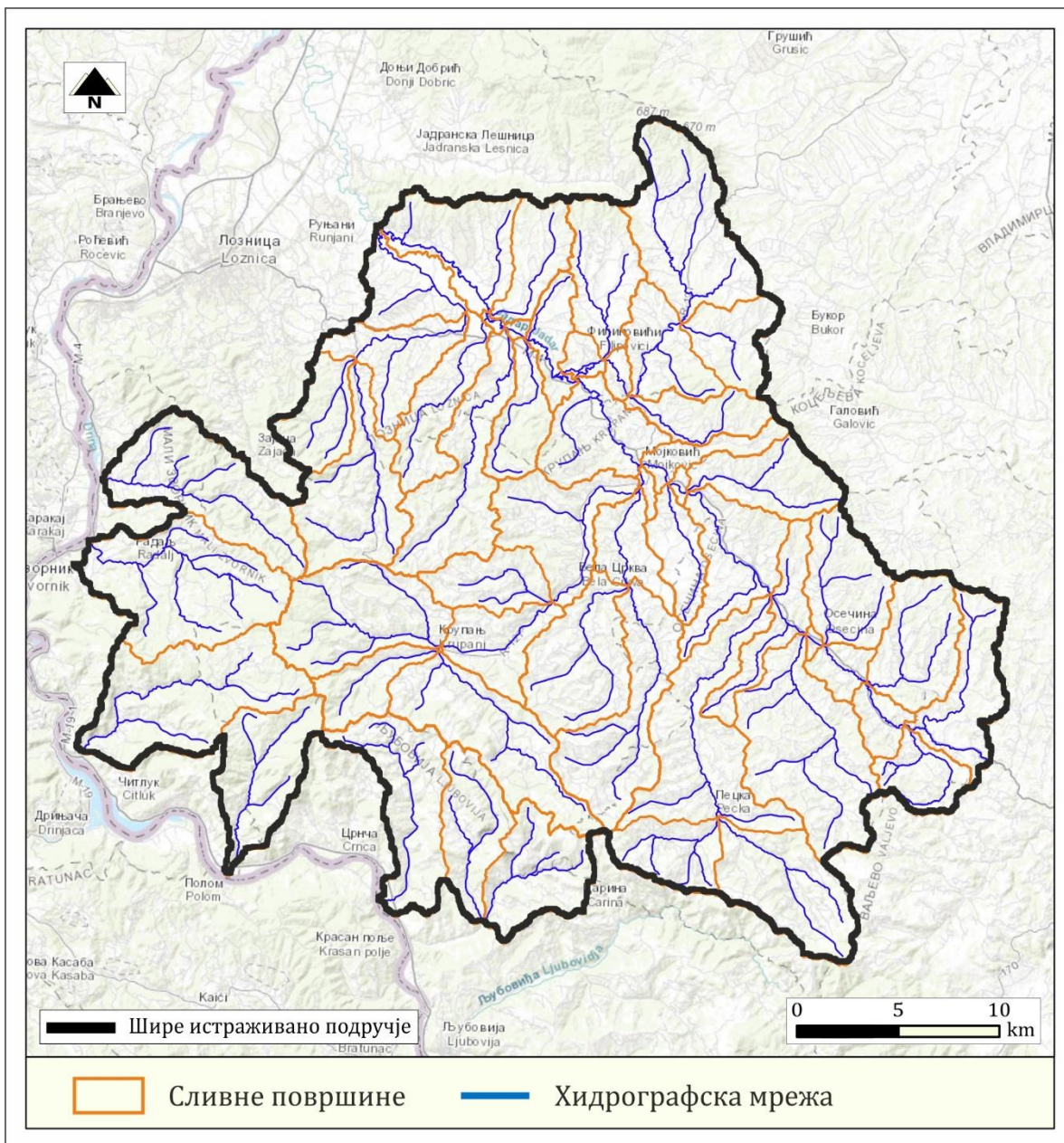
#### 3.1. Географски положај

За потребе ове дисертације и развоја методологије за идентификацију ерозионих подручја као елемента система у превенцији бујичних поплава, одабрано је истраживано подручје које се налази у западном делу Србије. Простире се у правцу север-југ, између  $44^{\circ} 36' 7''$  N на северу и  $44^{\circ} 13' 44''$  N на југу, а у правцу запад-исток између  $19^{\circ} 8' 36''$  E на западу и  $19^{\circ} 43' 17''$  E на истоку (слика 3.1.).



Слика 3.1. Географски положај истраживаног подручја

На истраживаном подручју, током маја 2014. године, јавиле су се бујичне поплаве катастрофалних размера, које су изазвале директне материјалне штете и губитке људских живота. Поред западне, најугроженији делови били су и централна Србија и подручје Београда (Костадинов et al., 2014). Истраживано подручје обухвата систем бујичних сливова укупне површине  $1.085,80 \text{ km}^2$  (слика 3.2.), који територијално припадају Мачванском (71,81 % од укупне површине) и Колубарском округу (28,19 % од укупне површине).



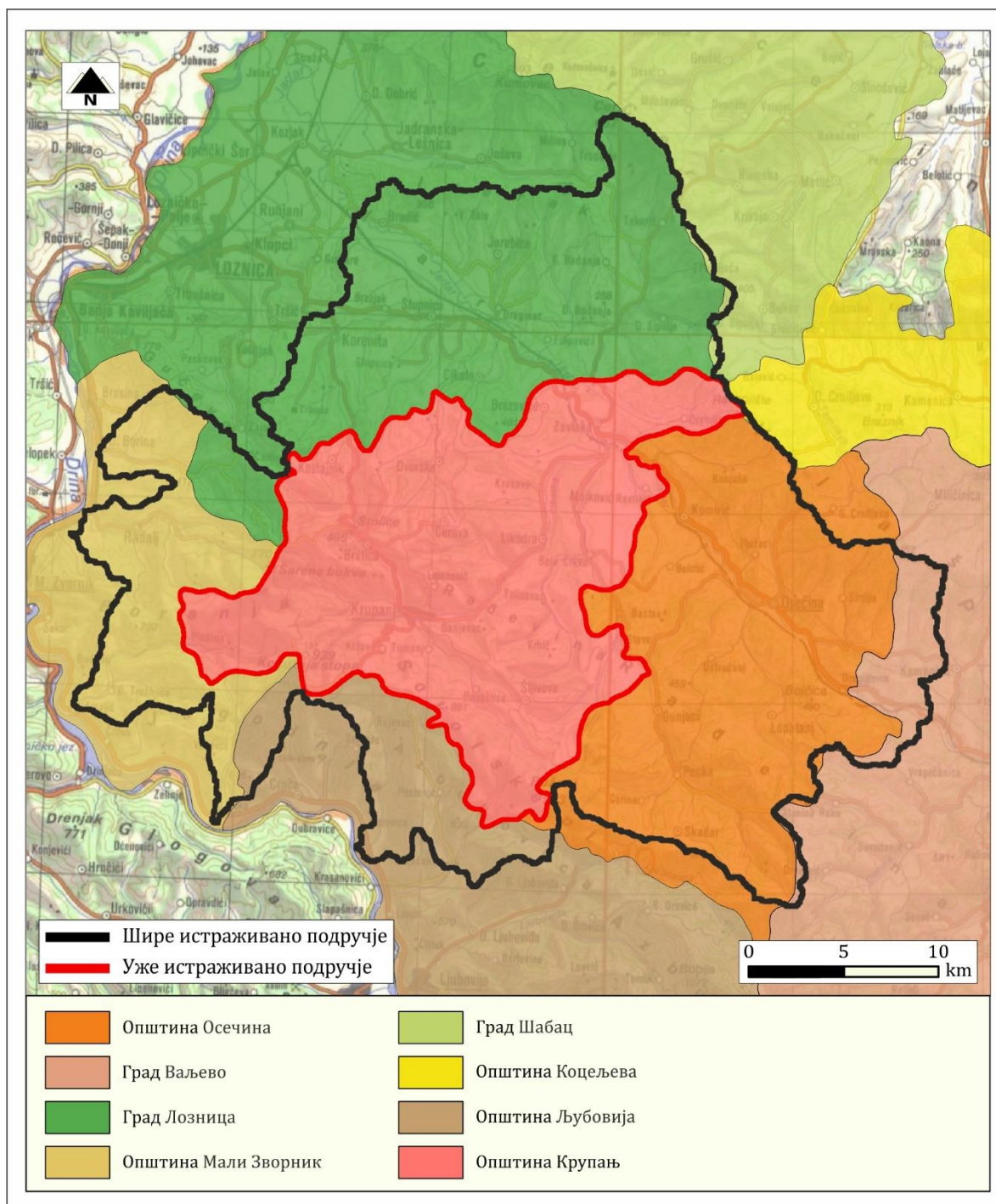
Слика 3.2. Приказ сливних површина на истраживаном подручју

Истраживано подручје се простире на територији 8 локалних самоуправа (слика 3.3.), чија је површинска заступљеност представљена у табели 3.1. Највећу површинску заступљеност има у општини Крупањ (31,36% од укупне површине), где цела општина припада истраживаном подручју, затим у општини Осечина (25,41% од укупне површине) и граду Лозници (23,94 % од укупне површине).

Табела 3.1. Површинска заступљеност истраживаног подручја по локалним самоуправама

Локална самоуправа	Површина	
	km <sup>2</sup>	%
Осечина	275,85	25,41
Ваљево	30,29	2,79
Лозница	259,89	23,94
Шабац	2,67	0,25
Крупањ	340,47	31,36
Коцељева	0,20	0,02
Љубовија	70,89	6,53
Мали Зворник	105,53	9,72
Укупно	1.085,80	100

У погледу физичко-географских карактеристика истраживано подручје може се поделити на три области: равничарску (23,64%), брежуљкасту (54,53%) и брдско-планинску (21,83%). Најнижа тачка истраживаног подручја (118,8 mnm) се налази у северозападном делу, у долини реке Јадар, док је највиша тачка у југоисточном делу, на граници између општина Осечина и Ваљево (1.008 mnm). Просечна надморска висина истраживаног подручја износи 382,7 mnm. Слинови који се налазе на истраживаном подручју припадају сливном подручју реке Дрине. Укупно је издвојено 55 слинова, од којих 49 припадају сливу реке Јадар, док осталих 7 директно гравитира току реке Дрине. Истраживани простор обухвата бујичне слинове величине од 12,08 km<sup>2</sup> до 853,93 km<sup>2</sup>.



Слика 3.3. Приказ административних граница локалних самоуправа на истраживаном подручју (градови и општине)

### 3.2. Климатски услови на истраживаном подручју

Западна Србија има претежно умерено континенталну климу, са континенталним плувиометријским режимом. Годишње амплитуде температуре ваздуха нису тако изразите, јер су лета умерено топла, зиме умерено хладне, док су прелазна годишња доба блага и дуга. Највеће количине падавина се јављају крајем пролећа и почетком лета (у мају и јуну), док су октобар и фебруар месеци са најмање падавина. Опште климатске карактеристике модификују специфични локални утицаји, пре свега морфолошке одлике овог простора. Изражен рељеф, испресецај речним долинама и нагнутост терена

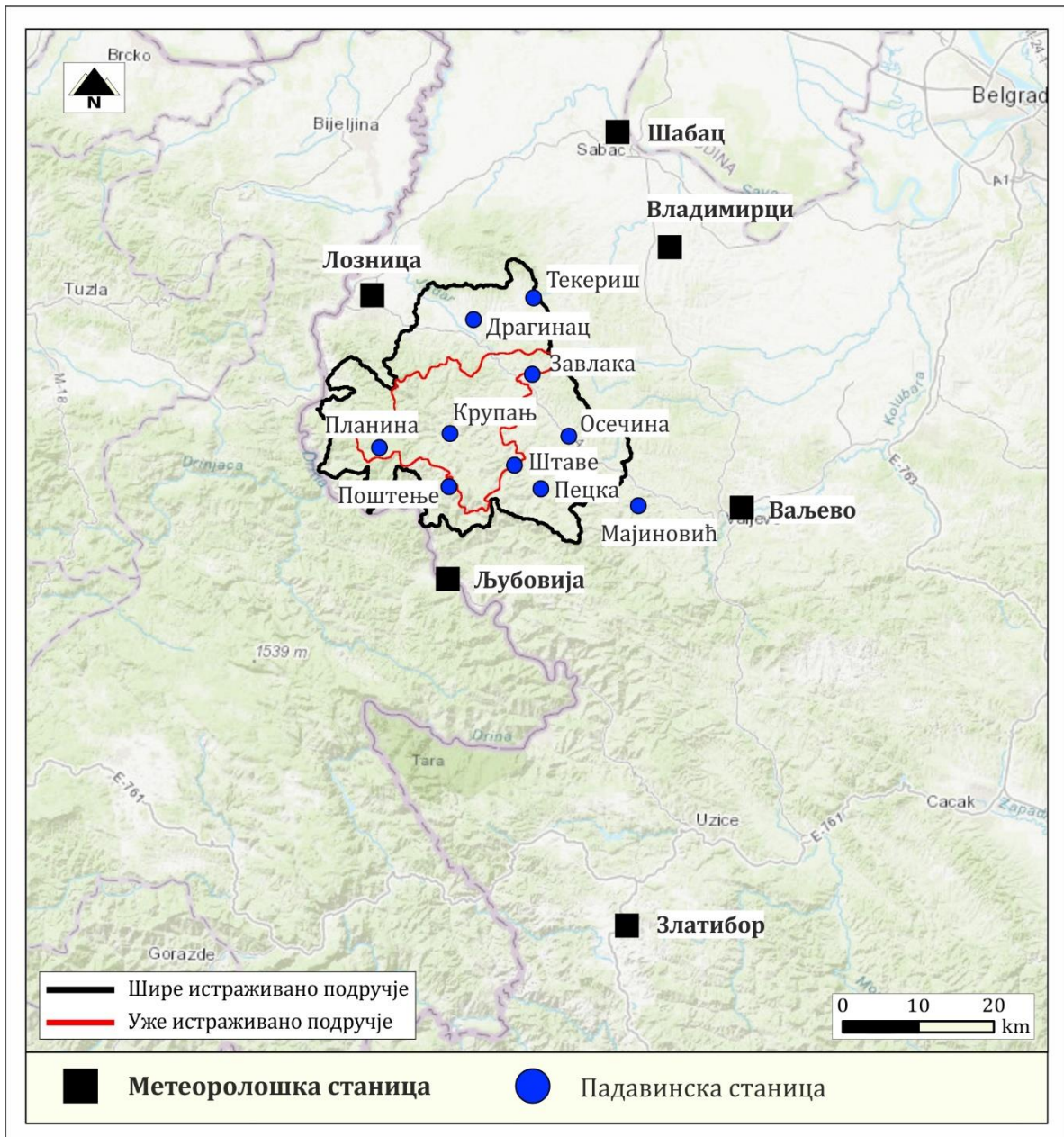


ка северу и истоку, утичу на диверзитет локалних климатских услова Гајић & Вујадиновић, 2007).

Анализа климатских карактеристика истраживаног подручја се заснива на обради података мерења са одговарајућих падавинских и метеоролошких станица (табела 3.2.), чији је просторни распоред представљен на карти (слика 3.4.)

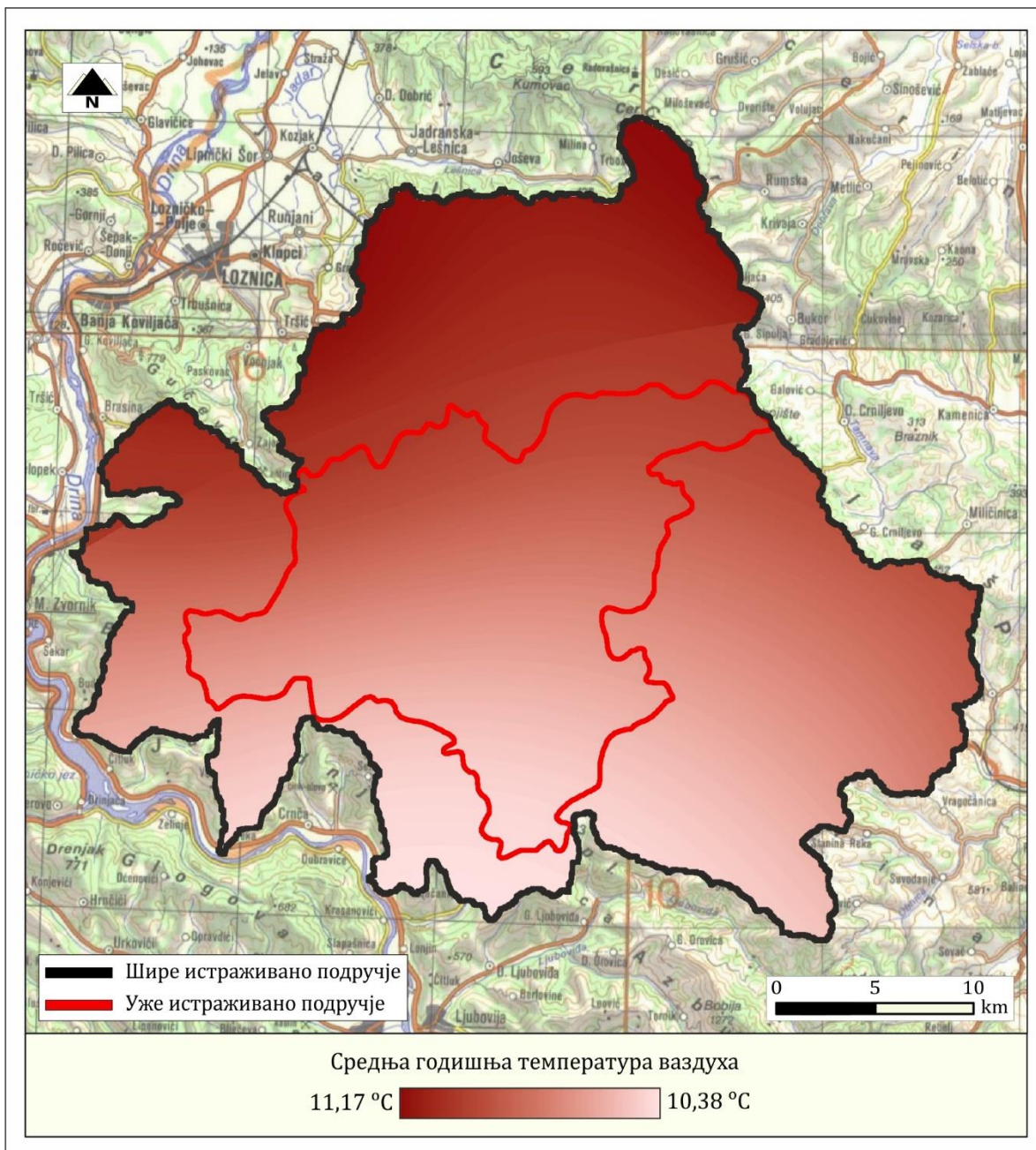
Табела 3.2. Списак метеоролошких и падавинских станица на истраживаном подручју

	Станица	N	E	н.в.	P <sub>sr</sub>	T <sub>sr</sub>
1	Лозница	44,55	19,23	121	827,56	11,17
2	Љубовија	44,18	19,38	170	896,43	10,35
3	Шабац	44,77	19,68	80	672,13	11,22
4	Владимирци	44,62	19,78	120	704,95	11,27
5	Ваљево	44,28	19,92	176	776,67	11,08
6	Златибор	43,73	19,72	1028	954,58	7,39
7	Крупањ	44,37	19,38	280	940,11	-
8	Драгинац	44,52	19,42	150	836,41	-
9	Завлака	44,45	19,53	300	865,89	-
10	Мајиновић	44,28	19,73	400	895,28	-
11	Планина	44,35	19,25	560	1081,66	-
12	Осечина	44,37	19,6	190	892,14	-
13	Штаве	44,33	19,5	300	935,96	-
14	Пецка	44,3	19,55	310	929,36	-
15	Поштење	44,3	19,38	560	933,58	-
16	Текериш	44,55	19,53	280	802,31	-



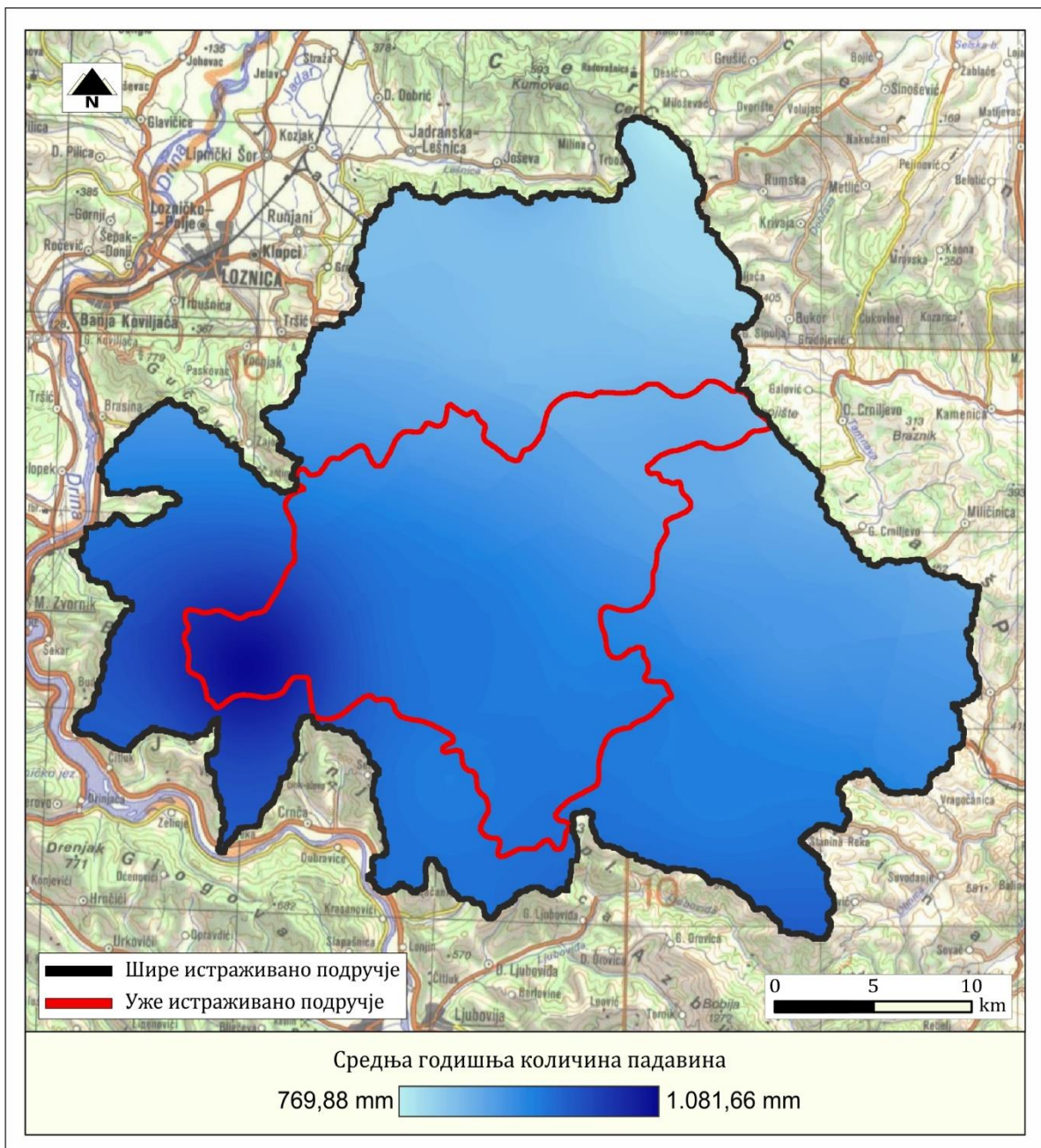
Слика 3.4. Просторни распоред метеоролошких и падавинских станица

Температура ваздуха је један од најзначајнијих климатских елемената неког подручја. Коришћено је 6 метеоролошких станица од значаја за истраживано подручје. Током обраде података коришћене су методе екстраполације и интерполације, као и прорачун градијента пада температуре са порастом надморске висине, с обзиром да на истраживаном подручју постоје мерна места на надморским висинама од 80 mnm до 176 mnm, а висински дијапазон истраживаног подручја обухвата надморске висине од 118 mnm до 1.008 mnm. Просечна годишња температура ваздуха износи  $T_{sr}=10,84^{\circ}\text{C}$ , са просторним распоредом који је приказан на слици 3.5.



Слика 3.5. Распоред средњих годишњих температура ваздуха на истраживаном подручју

Режим падавина на истраживаном подручју је анализиран на основу обраде података мерења са 16 кишомernih станица, са одговарајућим низовима година мерења. Просечна годишња количина падавина износи  $P_{sr}=910,92$  mm, са просторним распоредом који је приказан на слици 3.6.



Слика 3.6. Распоред средњих годишњих падавина на истраживаном подручју

### 3.3. Геолошке карактеристике истраживаног подручја

Површина истраживаног подручја износи 1.085,80 km<sup>2</sup>, а налази се у западној Србији. Највећи део (78,66%) припада сливу реке Јадар, док мањи део (21,34%) припада деловима сливних подручја мањих водотокова који се као десне притоке директно уливају у Дрину. Река Јадар се налази у западној Србији и десна је притока Дрине. Део истраживаног подручја које припада топографском сливу Јадра, простире се до хидролошке станице Лешница, која се налази на 1,4 km од ушћа Јадра у Дрину, са површином сливног подручја 875 km<sup>2</sup>.

У геотектонском погледу, подручје истраживања припада тектонској јединици највишег реда, односно, Вардарској зони и у оквиру ње, екстерној Вардарској субзони, односно Јадарском блоку. Вардарска зона је тектонски најсложенији појас Балканског полуострва

чије је простирање у југоисточном и северозападном правцу изван територије Србије. На простору Србије тектонска јединица Вардарска зона на истоку се граничи са тектонском јединицом Српско-македонска маса, а на западу са Динаридима. Вардарска зона се састоји од више тектонских блокова различитог литолошког састава, геолошке историје и генетског порекла, као и елемената океанске коре.

Са геолошког аспекта, за подручје истраживања је значајно да се налази у Јадарском тектонском блоку, који у подлози има творевине Јадарског палеозоика са пробојима гранитске интрузије. Присутне су тријаске порфирит-ројначке формације, горње кредни флиш, као и моћни терцијарни магматити из кенозоика.

Од тектонских елемената на истраживаном подручју значајни су следећи:

- из ере палеозоика, антиклинала Влашића која се налази у североисточном делу и гранитска интрузија Цера, на северном делу;
- из ере мезозоика, на јужном делу истраживаног подручја моћна навлака у зони Соколске планине и источни део антиклинале у рејону Бање Ковиљаче;
- из кенозоика, односно неогена, моћна магматска интрузија гранодиоритског масива Борање и Јагодње у источном делу истраживаног подручја и само један мали део дацито-андезитског масива Зајаче, такође у источном делу.

Тектонске активности, заједно са физичко-механичким карактеристикама литолошких чланова који граде терен, утицале су на формирање карактера рељефа истраживаног подручја. Генерална морфолошка карактеристика предметног подручја истраживања јесте развијен и рашчлањен рељеф. Између планинских масива младих веначних планина, генералног правца пружања северозапад-југоисток, усечене су релативно уске речне долине. Управо ендегене активности биле су одлучујуће за формирање иницијалног рељефа, процес распадања стена и касније стварање хидрографске мреже истраживаног подручја.

На истраживаном подручју су заступљене изразито различите стенске творевине, према литолошком саставу и стратиграфској припадности (табела 3.3.). Генетски припадају магматским, седиментним и метаморфним стенским масама, а стратиграфски припадају палеозојској, мезозојској и кенозојској геолошкој ери. Творевинама палеозојске старости припада око 58% површине истраживаног подручја, мезозојским и неогеним по око 19%, а квартарним око 4% укупне површине подручја истраживања. Изразито бурна геолошка историја допринела је да на релативно малом истраживаном подручју по површини, буде заступљена велика литолошка и стратиграфска разноврсност.

Приказ геолошке грађе терена подручја истраживања извршен је на основу Геолошке карте СФР Југославије Р=1:500.000 (Савезни геолошки завод, 1970).

Табела 3.3 Стратиграфска припадност и литолошки састав на истраживаном подручју

Број на карти	Стратиграфска припадност и литолошки састав	Површина	
		(km <sup>2</sup> )	(%)
1	Холоцен уопште	39,67	3,7
16	Миоцен-плиоцен: кластити, кречњаци, угаљ	11,32	1
21	Тортон: кластити и кречњаци	90,08	8,3
22	Хавлет: кречњаци, лапорци, глине	34,48	3,2
23	Средњи миосен: кластити и кречњаци	5,74	0,5
44	Дацити-андезити	3,01	0,3
45	Гранодиорити	67,97	6,3
52	Сенон - флиш	18,53	1,7
80	Малм - флиш	53,48	4,9
99	Порфирити, кератофири, кварцкератофири, андезити, дацити	6,38	0,6
104	Средњи тријас уопште	29,22	2,7
105	Доњи - средњи тријас: доломити	32,83	3
109	Верфен уопште: кречњаци и кластити	68,34	6,3
113	Перм-тријас: кластити, кречњаци, кварцити	8,24	0,8
114	Горњи перм: кластити, серицитско-хлоритски шкриљци	33,76	3,1
115	Средњи-горњи перм: конгломерати, кречњаци, доломити	55,41	5,1
116	Средњи перм: претежно кластити	6,4	0,6
123	Млађи палеозоик уопште: кластити, кречњаци, аргилошисти, филити	513,34	47,3
124	Гранити и гранодиорити	7,6	0,7
		<b>1.085,8</b>	<b>100</b>

На истраживаном подручју стратиграфски најстарији литолошки чланови потичу из периода млађег палеозоика. На генерисаној геолошкој карти (слика 3.7) они су представљени литолошки обједињено, седиментним (кластитима и кречњацима) и метаморфним стенама (аргилошистима и филитима). Поред ових обједињено приказаних, млађем палеозоику припадају и магматске стене (гранити и гранодиорити), као стенске творевине средњег, средње-горњег и горњег перма. Све стенске творевине млађег палеозоика заступљене су на 57,6% укупне површине истраживаног подручја, односно на око 617 km<sup>2</sup>.

Обједињено приказане седиментне и метаморфне стене млађег палеозоика имају највећу површинску заступљеност на истраживаном подручју. Јављају се у североисточном, централном и југозападном делу истраживаног подручја и простиру се на 47,3% односно око 513 km<sup>2</sup> површине. Од седиментних стена млађег палеозоика кластити припадају кластичним, а кречњаци органогеним седиментним стенама. Према степену дијагенезе, кластити су везане стене, структуре псефитске до алевритске, различитог степена и брзине површинског распадања. У њима може бити заступљена слаба пукотинска порозност, при чему су пукотине малог зева, често запуњене земљастом распадином, због чега су слабо водопрпусне, што утиче на појаву површинског отицаја. Кречњаци млађег палеозоика су круте стене, слојевите текстуре, подложне хемијском растварању. У њима може бити заступљен карстни и пукотински тип порозности. Њиховим површинским распадањем формирају се комади, одломци,

различите величине, реда величине од центиметарског до више десетина дециметара. У повољним условима одломци могу бити покренути и транспортовани дејством гравитације, као и водама повремених и сталних водотокова. Због заступљеног типа порозности, кречњаци су водопрпусне стене са значајном инфилтрацијом атмосферских вода. Аргилошисти и филити млађег палеозоика су регионално-метаморфне стене чији протолит су глине и глинци. Ови метаморфити су шкриљаве текстуре, без порозности, релативно лако се површински распадају и прелазе у трошну, земљасту распадину, под дејством егзогених агенаса. Ово су водонепропусне стене, а производ њиховог површинског распадања лако се може покренути и транспортовати у пролувијалном и флувијалном процесу.

Гранити и гранодиорити млађег палеозоика се јављају на крајњем северном делу истраживаног подручја, односно, на јужним падинама Цера. Простиру се на 0,7% укупне површине (7,6 km<sup>2</sup>). Гранити припадају дубинским, киселим магматским стенама, а гранодиорити дубинским интермедијарним магматским стенама. Обе врсте стена се површински споро распадају када прелазе у грус, песковиту масу са доста кварца. Са хидрогеолошког аспекта су водонепропусни, мада се могу формирати пукотински системи мале водоиздашности. Атмосферске воде углавном површински отичу, а грус формиран у процесу површинског распадања може бити покренут и транспортован у пролувијалном и флувијалном процесу.

У оквиру млађег палеозоика, средњем перму литолошки припадају претежно кластити, средње-горњем перму припадају конгломерати, кречњаци, доломити, а горњем литолошки припадају кластити и серицитско-хлоритски шкриљци. Кластити средњег перма заступљени су на око 6,4 km<sup>2</sup> (0,6% од укупне површине). Јављају се у приближно централном делу истраживаног подручја, односно дуж северних падина Соколских планина. Конгломерати, кречњаци и доломити, који стратиграфски припадају средње-горњем перму, заступљени су у централном делу истраживаног подручја, у атару Беле Цркве и Брезовице. Простиру се на 5,1% површине, односно 55,41 km<sup>2</sup>. Кластити и серицитско-хлоритски шкриљци горњег перма јављају се у виду релативно уске и дугачке траке на потезу од Јагодње на северозападу, до Медведника на југоистоку. Простиру се на око 3,1% укупне површине истраживаног подручја, односно, 33,76 km<sup>2</sup>. Сви наведени литолошки чланови средњег, средње-горњег и горњег перма, генетски припадају седиментним или метаморфним стенама. Метаморфним творевинама припадају серицитско-хлоритски шкриљци и кварцити, а седиментним стенама кластити, конгломерати, кречњаци и доломити.

Серицитско-хлоритски шкриљци и кварцити су регионално метаморфне стене. Њихова текстура је шкриљава, протолит су глине, глинаца и туфова, а површински се распадају у земљасту масу. Шкриљци су без хидрогеолошки значајне порозности и припадају условно „безводним“ теренима, а атмосферске падавине у потпуности површински отичу. Производе њиховог површинског распадања покрећу и транспортују воде повремених и сталних водотока. Текстура кварцита је масивна, чврсти су, компактни, хемијски се не растварају, а површински се тешко распадају. У њима могу бити заступљени скромни пукотински системи, због чега атмосферске воде углавном површински отичу. У зависности од величине комада (одломака) и снаге водотока, стенска распадина може бити покренута и транспортована у пролувијалном и флувијалном процесу.

Кластити и конгломерати припадају кластичним седиментним стенама, чије физичко-механичке карактеристике зависе од цементног везива и карактера фракција које

учествују у њиховој грађи. У процесу спорог, дуготрајног површинског распадања прелазе у растреситу масу фрагментата, који могу бити покренути и транспортовани у пролувијалном и флувијалном процесу. Кречњаци и доломити су карбонатне, седиментне стене, масивне до слојевите текстуре, чврсте, круте, па као последица тектонских процеса у њима долази до формирања пукотинског типа порозности. Као последица хемијског растварања, долази до формирања карстног типа порозности. Атмосферске воде са простора који граде ове стене, углавном пониру у целости.

Творевине које стратиграфски припадају перм-тријасу, литолошки су представљене кластитима, кречњацима и кварцитом. Простиру се у централном делу истраживаног подручја, у атару села Бастав, на површини од 0,8% површине истраживаног подручја (8,24 km<sup>2</sup>). Литолошки чланови који припадају перм-тријаској старости су истих или сличних карактеристика, као и стене које су описане у оквиру средњег, средње-горњег и горњег перма.

Стенске творевине мезозојске старости, картиране на истраживаном подручју, стратиграфски припадају периодима тријаса, јуре и креде. Творевине тријаске старости припадају доњем, средње-доњем, средњем и средње-горњем тријасу. Од јурских творевина заступљена је само горња јура, а од кредних, горња креда и то само сенонски кат. Творевине мезозојске старости простиру се на 19,2% укупне површине истраживаног подручја, односно, на око 209 km<sup>2</sup>.

Доњи тријас, верфенски кат, литолошки је представљен кречњацима и кластитима. На истраживаном подручју јављају се у западном делу, у атару села Коренита и Зајача, као и у централном делу, у атару села Завлака. Простиру се на 6,3%, односно на 68,34 km<sup>2</sup> истраживаног подручја. Карактеристике ових стена приказане су у оквиру палеозојских творевина. Доњи-средњи тријас литолошки је представљен доломитима. Јављају се на јужном делу подручја истраживања, граде Соколске планине и простиру се на 3% површине, односно, на 32,83 km<sup>2</sup>. Средњи тријас уопштено, литолошки је представљен углавном карбонатним творевинама. Заступљене су на западном делу истраживаног подручја, у атару села Коренита и на јужном делу, где учествују у грађи јужних падина Соколских планина. Простиру се на 2,7% површине, односно на 29,22 km<sup>2</sup>. Поред наведених седиментних стена, тријасу припадају и изливне, субмаринске, интермедијарне и киселе магматске стене. Интермедијарне магматске стене литолошки су представљене порфиритима, кератофирима, андезитима и дацитима. Киселе магматске стене литолошки су представљене кварцкератофирима. Заједничка карактеристика ових стена јесте да се релативно споро површински распадају када прелазе у грубозрну до песковиту растреситу масу. Формирана стенска распадина када је у виду елувијума, а у зависности од величине фрагмената и кинетичке енергије вода, може бити покренута и транспортована у пролувијалном и флувијалном процесу. У наведеним магматским стенама може се јавити слабо развијен пукотински систем, са пукотинама малог зева, које су често запуњене земљастом масом. Генерално, припадају категорији водонепропусних стена услед чега атмосферске падавине углавном површински отичу. Јављају се у јужном делу истраживаног подручја, у виду уске траке на јужним падинама Соколских планина, са просторним обухватом од 0,6% површине, односно, 6,38 km<sup>2</sup>.

Творевине малма (горња јура), литолошки су представљене фацијом флиша, који се јавља на западном делу истраживаног подручја, у атару села Радаљ, као и на јужним падинама Соколских планина. Простиру се на 4,9% површине истраживаног подручја, односно, 53,48 km<sup>2</sup>. Творевине горње креде, сенонски кат, литолошки су такође



представљене фацијом флиша. Јављају се у северозападном делу истраживаног подручја, у атару села Завлака. Простиру се на 1,7% површине, односно, 18,53 km<sup>2</sup>. Флиш, као седиментна кластична стенска маса, подложен је релативно лако површинском распадању. Мала пукотинска порозност доприноси појави површинског отицаја атмосферских вода.

У оквиру терцијара, заступљене су творевине палеогене и неогене геолошке старости, које према генези припадају седиментним и магматским стенама. На истраживаном подручју простиру се на 19,3% од укупне површине истраживаног подручја, односно, 213 km<sup>2</sup>.

Стратиграфски најстарије терцијарне творевине припадају палеогену и литолошки су представљене гранодиоритима. Заступљене су у југозападном делу истраживаног подручја и доминантно учествују у грађи планина Борања и Јагодња. Гранодиорити су дубинске интермедијарне магматске стене, масивне до шкриљаве текстуре, зрнасте структуре. Споро се површински распадају, при чему прелазе у гранодиоритски грус. Практично су водонепропусне стене, са могућом појавом локалне пукотинске порозности, због чега атмосферске воде скоро у потпуности површински отичу. Грус, као груба, песковита распадина, се може лако покретати и транспортовати водама пролувијалног и флувијалног процеса. Гранодиорити се на истраживаном подручју простиру на 6,3% површине, односно, 67,97 km<sup>2</sup>.

Дацитоандезити се на истраживаном подручју јављају на крајњем западу, у атару села Зајача. Стратиграфски припадају неогену. Заступљени су на јако малој површини, свега 0,3% површине подручја истраживања, односно, на 3,01 km<sup>2</sup>. Дацитоандезити су изливне, интермедијарне магматске стене, масивне текстуре, порфирске структуре. Распадањем, формира се песковита распадина која може бити лако покренута и транспортована у пролувијалном и флувијалном процесу. Слабо су порозни тако да атмосферске воде углавном површински отичу.

Творевине издвојене обједињено у склопу средњег миоцена заступљене су на крајњем западу истраживаног подручја, у атару села Доња Борина. Средњи миоцен је литолошки представљен кластитима и кречњацима, на свега 0,5% површине истраживаног подручја, односно, 5,74 km<sup>2</sup>.

Кречњаци, лапорци и глине који стратиграфски припадају хелвету (средњи миоцен), јављају се у централном делу истраживаног подручја, у атару села Бела Црква и Бастав, као и у северозападном делу, у атару села Драгинац. Простиру се на 3,2% површине истраживаног подручја, односно, 34,48 km<sup>2</sup>.

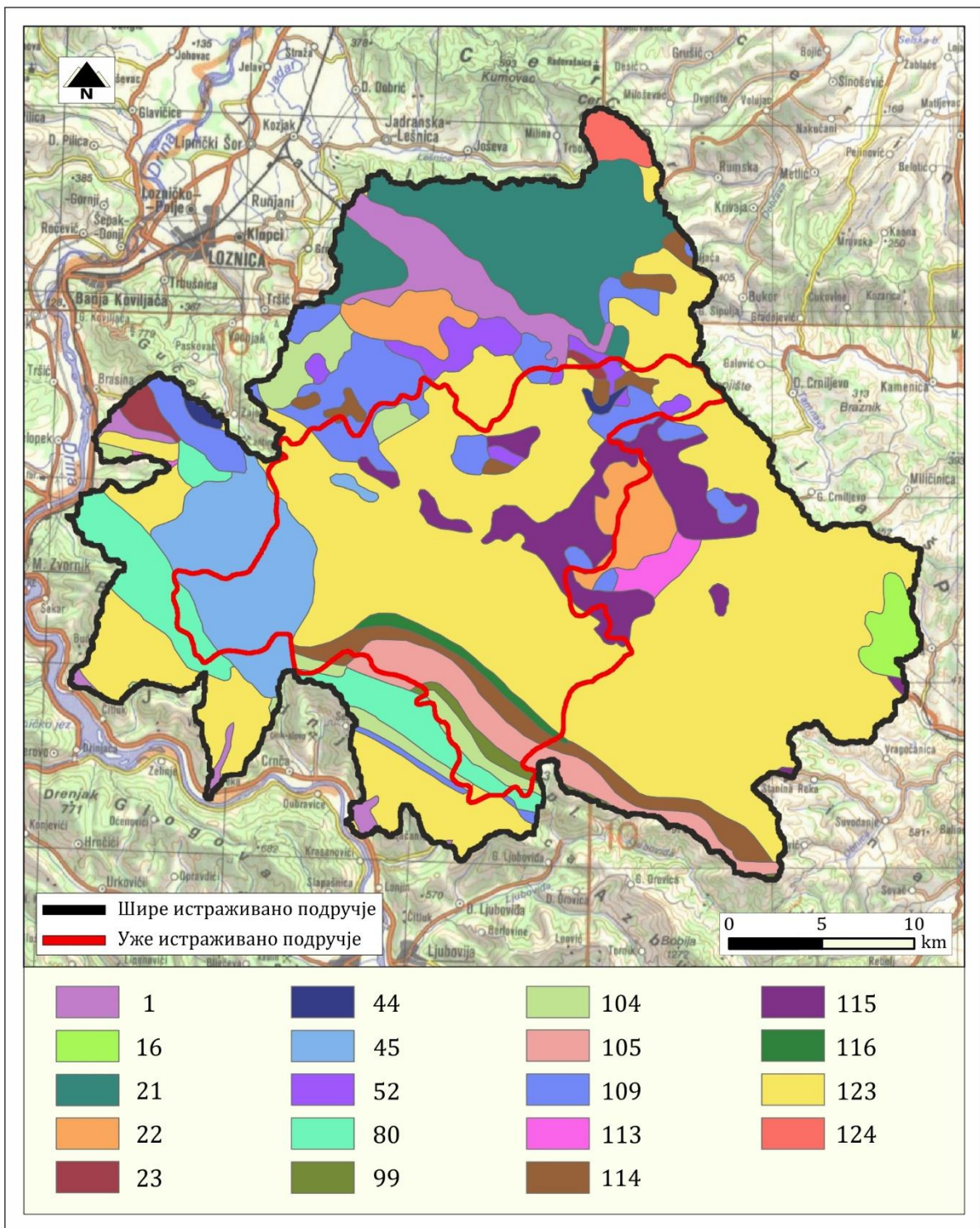
Кластити и кречњаци тортонске старости (средњи миоцен) заступљени су у северном делу истраживаног подручја, градећи јужну падину брда Иверак, као и у атару села Драгинац. Простиру се на 8,3% површине, односно, 90,08 km<sup>2</sup>.

Миоцен-плиоценске старости су кластити, кречњаци и угаљ, који се јављају на крајњем истоку истраживаног подручја, у атару Осладића. Заступљени су на 1% површине истраживаног подручја, односно на 11,32 km<sup>2</sup>.

Сви претходно наведени литолошки чланови неогене старости, припадају седиментним стенама. Кречњаци су хемијске, карбонатне стене са карстно-пукотинским типом порозности, због чега се на њима одвија инфилтрација атмосферских вода, односно

слабо је површинско отицање. Површинским распадањем формирају комаде (одломке) различите величине, који могу бити покренути и транспортовани у пролувијалном и флувијалном процесу, у зависности од кинетичке енергије водотока. Кластити су седиментне кластичне стене које граде класти различитог литолошког састава, облика и гранулометријске величине, од псефитске до алевритске, цементовани различитим везивима. Брзина и начин њиховог површинског распадања јако зависи од врсте везива, тако да стенска распадина може бити у виду комада и одломака, различите величине. Површински водотокови могу их, у зависности од кинетичке енергије, покретати и транспортовати. Генерално, они су мале порозности, због чега атмосферске воде доминантно површински отичу. Лапорци су карбонатне седиментне стене али са значајним процентом садржаја глине. Њиховим површинским распадањем формира се прашинаста распадина коју лако покрећу и водотоци мале кинетичке енергије. Без порозности су и тиме припадају категорији водонепропусних стена, односно доприносе потпуном површинском отицању атмосферских вода.

Геолошки најмлађе су творевине квартарне старости. Ови седименти су фазија флувијалног, пролувијалног, делувијалног и колувијалног процеса. Литолошки су представљени растреситим стенским масама, које граде невезане фракције, величине од псефитске до алевритске, различитог литолошког састава, у форми заобљених или незаобљених комада. Граде алувијалне равни Јадра и других водотока, затим пролувијалне лепезе повремених водотока, а у подножју стрмих одсека падинске лепезе. На истраживаном подручју простиру се на 3,7% од укупне површине, односно, 39,67 km<sup>2</sup>.



Слика 3.7. Графички приказ лотолошког састава и стратиграфске припадности на истраживаном подручју

(легенда: 1-Холоцен уопште; 16-Миоцен-плиоцен: кластити, кречњаџи, угаљ; 21-Тортон: кластити и кречњаџи; 22-Хавлет: кречњаџи, лапорџи, глине; 23-Средњи миоцен: кластити и кречњаџи; 44-Дацито-андезити; 45-Гранодиорити; 52-Сенон – флиш; 80-Малм – флиш; 99-Порфирити, кератофири, кварцкератофири, андезити, дацити; 104-Средњи тријас уопште; 105-Доњи - средњи тријас: доломити; 109-Верфен уопште: кречњаџи и кластити; 113-Перм-тријас: кластити, кречњаџи, кварцити; 114-Горњи перм: кластити, сериџитско-хлоритски шкриљџи; 115-Средњи-горњи перм: конгломерати, кречњаџи, доломити; 116-Средњи перм: претежно кластити; 123-Млађи палеозоик уопште: кластити, кречњаџи, аргилошиџи, филити; 124-Гранити и гранодиорити;)

### **3.4. Педолошке карактеристике истраживаног подручја**

Земљиште је танак, растресити, површински слој земљине коре, настао дуготрајним узајамним деловањем геолошке подлоге, климе и живих бића (пре свега биљака, микроорганизама и гљива). Поред воде и ваздуха, земљиште је саставни део животне средине. Убраја се у условно обновљиве ресурсе с обзиром на дуготрајне процесе настанка и развоја (Антић et al., 1980).

Типови земљишта на истраживаном подручју детерминисани су коришћењем листова Педолошке карте Србије (Крупањ 1, 2, 3, 4, Зворник 2, Шабац 3, Лозница 4, Р=1:50.000, Институт за проучавање земљишта Београд–Топчидер) (Танасијевић et al., 1963). Приказани су на генерисаној педолошкој карти која је урађена на основу дигитализације листова Педолошке карте Србије, у складу са FAO класификацијом (FAO, 1988; Knežević et al., 2011), као и у табели 3.4. Просторна диспозиција издвојених типова земљишта на истраживаном подручју представљена је на одговарајућој генерисаној педолошкој карти (слика 3.8.).

Табела 3.4. Заступљеност типова земљишта на истраживаном подручју

Број на карти	Нова номенклатура	Стара номенклатура	површина	
			km <sup>2</sup>	%
32	Алувијално земљиште (Флувисол), иловасто	Алувијални нанос иловести	21,17	1,95
34	Алувијално земљиште (Флувисол), песковито	Алувијални нанос песковити	29,76	2,74
39	Делувијално (колувијално) земљиште, еутрично, са превагом земљишног материјала, алувијално-делувијално	Алувијално - делувијални нанос	1,8	0,17
31	Илимеризовано земљиште (Лувисол), псеудоглејно	Еродирано - параподзоласто земљиште	86,54	7,97
14	Еутрично смеђе земљиште, илимеризовано	Гајњача у лесивирању (оподзољавању)	0,8	0,07
30	Псеудоглеј	Параподзол (псеудоглеј)	191,62	17,65
40	Илимеризовано земљиште (Лувисол), псеудоглејно, средње скелетно	Параподзоласто земљиште скелетоидно	12,27	1,13
50	Камењар литосол	Скелет (камењар)	29,41	2,71
47	Сирозем, силикатни, средње скелетан и јако скелетан	Скелетоидно и скелетно земљиште на шкриљцима	8,02	0,74
26	Кисело смеђе земљиште, типично, на пешчару	Смеђе кисело земљиште на пешчару	72,7	6,7
24	Смеђе земљиште на кречњаку, типично	Смеђе рудо земљиште на кречњаку	265,6	24,46
42	Кисело смеђе земљиште, типично, на граниту, средње скелетно	Смеђе скелетоидно кисело земљиште на граниту	75,78	6,98
41	Кисело смеђе земљиште, типично, на шкриљцима, средње скелетно	Смеђе скелетоидно земљиште на шкриљцима	279,21	25,71
6	Смоница, средње дубока	Смоница еродирана (плитка)	11,12	1,02
			<b>1.085,8</b>	<b>100</b>

### 3.4.1. Алувијално земљиште (флувисол)

Алувијално земљиште се налази под сталним утицајем подземних и поплавних вода које са собом доносе различит педогенетски материјал, почевши од врло финих честица па до грубог песка или шљунка (Антић et al., 1980). Нема развијен хумусни хоризонт, а процеси редукције су слабо испољени или потпуно одсуствују у профилу. Распрострањена су у долинама свих наших река, у различитим варијантама. Хидролошки

режим реке и природа материјала који се таложи условљавају образовање флувисола и њихове особине. Образују се у приобалном делу речне плавне терасе где се у већој мери таложи грубљи материјал. Физичке особине флувисола зависе од броја слојева, њихове дебљине, гранулометријског састава, хемијског и минералног састава и од узајамног поретка слојева. У гранулометријском саставу доминирају текстуре пескуша до иловача. Структура код флувисола обично није изражена. На истраживаном подручју јавља се два типа флувисола, иловастог и песковитог састава. Гравитационо и капиларно кретање воде јако компликује слојевитост, јер су водне особине одређеног слоја под утицајем слојева који леже испод и изнад њега. Већина домаћих флувисола садрже више од 5% карбоната. Количина хумуса у флувисолима је углавном мала и не прелази 1–2%, а у песковитим варијететима је испод 1%. Флувисоли углавном имају повољне физичке и хемијске особине. И поред чињенице да су флувисоли неразвијена земљишта, обично имају велику плодност и насељени су шумама тополе и врбе (*Salici-populetum*) или травама. Међутим њихове еколошке особине зависе у великој мери од режима плављења и режима подземних вода (Ђорђевић et al., 2011).

### **3.4.2. Делувијално (колувијално) земљиште**

Колувијално земљиште се образује у подножју падина, где се акумулира материјал земљишта и стена који се еродира из горњих делова падина (Škorić et al., 1985). Транспорт материјала претежно се врши бујичним токовима са великом преносном снагом, а у самом наносу су измешане ситне честице заједно са фракцијама шљунка и камена. Стално притицање свежег наноса ремети развој земљишта, тако да је грађа земљишног профила (А)–С. Колувијуми су обично дубока земљишта, која поред (А) хоризонта и мале количине хумуса могу имати слабије изражене слојеве. Приликом таложења не долази до сортирања гранулометријских фракција, тако да слојеви нису диференцирани. Физичка и хемијска својства колувијума могу бити различита и зависе од два услова. Први услов је физички и минерално–хемијски састав земљишта и стена, чијом ерозијом је настао колувијални нанос, а други се односи на заступљеност удела земљишног материјала и детритуса свежих стена у колувијалном наносу. Већи садржај хумуса може да се нађе у колувијуму, али он није настао на том земљишту, већ је донет заједно са еродираним материјалом.

По текстури су колувијуми веома хетерогена земљишта (у хоризонталном и вертикалном правцу). Приликом таложења не долази до значајнијег гранулометријског сортирања, тако да слојеви нису међусобно јако диференцирани. Текстура може бити глиновита до песковита (Ђорђевић et al., 2011).

### **3.4.3. Еутрично смеђе земљиште, илимеризовано**

Ова земљишта се најчешће образују на терцијарним иловастим карбонатним и бескарбонатним седиментима, али и на магматским и метаморфним стенама. Међу седиментним стенама су најважније: старији алувијални и делувијални наноси, лес, лапоровити седименти, терцијарни растресити седименти, а од магматских метаморфних стена: андезит, базалт, габро, неки гнајсеви и амфиболитски шкриљци. Особине овог типа земљишта зависе пуно од особина супстрата на коме је земљиште образовано, тј. од његове боје, механичког и минералног састава, богатства базама и др.

Еутрично смеђе земљиште се трајно одржава и има највећу распрострањеност у семихумидним областима са средњом годишњом количином падавина од 600-700 mm, израженим летњим сушним периодом и средњом годишњом температуром ваздуха 10-12°C (Antić et al., 1980). У хладнијим и влажнијим регионима еутрични камбисол се јавља као краткотрајни еволуциони стадијум и везан је само за супстрате богате базама. Ова земљишта су обично скелетна, добро аерисана и водопрпусна. У природним условима имају стабилну структуру. Добро су оцедна и топла.

Садржај хумуса код обрађених еутричних смеђих земљишта просечно износи 2-3%, а под шумом око 4-5%. Хумус се добро минерализује. Неутралне су до слабо киселе реакције. По производним особинама спадају у земљишта средње производне вредности, али услед антропогених утицаја, долази до погоршања карактеристика, смањења садржаја хумуса и биогених елемената, нестабилности структурних агрегата, кварења водног и ваздушног режима, као и појачане еродибилности на нагибима (Ђорђевић et al., 2011).

#### **3.4.4. Илимеризовано земљиште (Лувисол)**

Лувисол је највиши развојни стадијум аутоморфних земљишта и на истраживаном подручју јавља се два типа, односно, псеудоглејно и псеудоглејно средње скелетно земљиште. Настаје процесом испирања глине, уз претходну миграцију базних катјона, при чему се јављају два дијагностичка хоризонта, елувијални и илувијални. Образују се на различитим супстратима. У низијама и котлинама се образују на седиментима иловастог састава (лес, лесолики седименти, старе алувијалне терасе, делувијалне иловаче, грус еруптивних стена и др.). У планинским областима се образују на филиту и микашисту. Јављају се на супстратима који су и богати и сиромашни базама (чак и на кречњаку), у условима семихумидне, хумидне и умерено топле климе, под утицајем мезофитних листопадних, листопадно-четинарских и ретких четинарских шума (Ђорђевић et al., 2011). Ова земљишта се обично не образују на глиненним супстратима, на којима је отежано процеђивање воде. На таквим супстратима се у сличним условима образује псеудоглеј. Природна вегетација ових земљишта је шумска (храст, граб, буква), са простирком од које се услед добре биолошке активности и састава не образује сирови хумус. Хумус је најчешће зрео. Лувисол одликује лакши механички састав горњих хоризонта и глиновитији састав илувијалног хоризонта, а садржај глине се у већини профила повећава између 1,5 до 3 пута. У зависности од матичног супстрата и генезе, механички састав је различит и по локалитетима (Антић et al., 1980). Према хемијским особинама спадају у слабо до умерена кисела земљишта (pH=5,5-6,5). Лувисол се на равним теренима најчешће користи као ораница. У неким областима оранице се смењују ливадама. Ова земљишта се успешно користе за успостављање воћњака и винограда на благо нагнутих теренима.

#### **3.4.5. Камењар (Литосол)**

Литосоли спадају у класу неразвијених земљишта, са значајним учешћем издробљеног скелета, чија дубина није већа од 20 cm (Škorić et al., 1985). Образују се на нагибима у брдско-планинским областима, на различитим геолошком супстратима. Заступљени су и на заравњеним формама рељефа или на блажим нагибима тврдих стеновитих масива. Литосоли представљају прву еволуциону фазу на физички измењеним тврдим стенама. Настају дробљењем, еродирањем, транспортом и депоновањем финијих честица. У хоризонту А се налазе фрагменти акумулације хумуса у појединим крупним порамма. Доминатну фракцију камена одликује изражена водопрпусност. Хемијско

распадање је слабо изражено, тако да су литосоли неутралне реакције. Представљају екстремно сува станишта, изложена јаком загревању. Могуће је укореневање ксеротермних врста и врста отпорних на механичке повреде. Сиромашни су хранивима. Користе се као пашњаци слабог бонитета. Могућа су местимична пошумљавања врстама које подносе екстремно неповољне услове станишта (Ђорђевић et al., 2011).

#### **3.4.6. Дистрични камбисол (кисело смеђе земљиште)**

Дистрично смеђе земљиште се образује на кварцно-силикатним стенама, са малом количином базичних катјона (пешчари, глинци, кристаласти шкриљци, киселе еруптивне стене). На истраживаном подручју јављају се на граниту, пешчарима и шкриљцима. Најчешће се јавља на планинама, на висини од 700–2.000 m, у различитим климатским условима, са средњом годишњом температуром ваздуха од 4-10°C и просечном годишњом количином падавина од 700 до 1.500 mm. Аутохтону вегетацију ових земљишта чине разноврсне лишћарске, четинарске и мешовите шуме.

Дубина дистричног камбисола креће се од 60–80 cm, док дубина хумусног хоризонта не прелази 15 cm, са слабо израженом структуром у оба хоризонта, која може бити зрнаста, грашката и полиедрична. Гранулометријски састав варира у зависности од присуства супстрата, али је најчешће песковито-иловаст са присуством веће или мање количине скелета. Садржај хумуса јако варира, у буковим шумама од 5–10%, док се у мешовитим шумама букве, јеле и смрче, креће у интервалу од 10–20%. Реакција земљишта је кисела и креће се око pH=4,5–5,5, а степен засићености базама варира најчешће од 30–50%. Кисела смеђа земљишта имају повољну трансформацију органске материје и релативно интензивно кружење хранљивих елемената, тако да представљају једно од најбољих за коришћење у шумарству (ефективна плодност се може значајно увећати у односу на природну). Неке варијанте дистричног камбисола су доста подложне ерозији, нарочито прашкасто-песковите варијанте на непропусним стенама (кристаласти шкриљци и глинци) (Антић et al., 1980; Ђорђевић et al., 2011).

#### **3.4.7. Параподзол (псеудоглеј)**

Псеудоглеј спада у групу хидроморфних земљишта која карактерише постојање тешко пропусног хоризонта у профилу, изнад кога се током дела године задржава атмосферска вода, тако да долази до непрекидне смене редукционих и оксидационих процеса. Због нерегулисаног водно-ваздушног режима, али и киселе реакције и других неповољних особина, ово земљиште има малу плодност. Јавља се у условима семихумидне и хумидне климе, са сумом падавина већом од 700 mm, и са добро израженом сменом влажног и сушног периода у току године. Да би вода могла да се задржава на земљишту потребан је раван терен тако да се ова земљишта најчешће образују на терцијарним језерским, речним и делувијалним терасама.

Текстурна диференцијација је веома изражена. У хоризонту А је најчешће иловаста, са доста праха или песковито-иловаста, док је хоризонт В иловасто-глиновит или глиновит.

Псеудоглеј има веома лоше физичке особине, што представља један од главних узрока мале производне способности: безструктуран је, са великим садржајем праха и добро изражене капиларности, тако да се брзо исушује по завршетку мокре фазе и прелази у суву. Влажна фаза често траје кратко и једино је она повољна за примену агротехничких



мера и раст биљака. Да би се повећала продуктивност псеудоглеја, неопходна је примена хемијске мелиорације (уношење органске материје, лако приступачног фосфора и калијума и др.) (Ђорђевић et al., 2011).

#### **3.4.8. Сирозем, силикатни, средње скелетан и јако скелетан**

Сироземи припадају класи неразвијених земљишта и образују се на матичним супстратима који се лако распадају и дају реголит финог гранулометријског састава. Такве особине имају магматске стене зрнасте структуре, неки кристаласти шкриљци и пешчари, лапорац и јако лапоровити кречњаци и кристаласти доломити. На образовање овог земљишта утичу вегетација и климатски чиниоци. Вегетација својим кореновим системом поспешује механичко распадање, а акумулацијом органских остатака и хумификацијом, сироземи прелазе у више развојне стадијуме. Клима на образовање сирозема утиче непосредно и посредно: посредно тако што изазива ерозију и огољавање стена, а непосредно утиче на механичко распадање у рејонима са интензивним променама у температури и падавинама.

Дубина земљишта зависи од врсте стене, док је способност задржавања воде условљена механичким саставом. Сироземи на лапорцу су глиновити, док су на лесу иловасте, а на доломитима и шкриљцима песковити. На истраживаном подручју ово земљиште се јавља на шкриљцима, обично је кисело, засићено базним катјонима мање од 50% (Ђорђевић et al., 2011).

#### **3.4.9. Смеђе земљиште на кречњаку, типично**

Ова земљишта припадају класи камбичних земљишта, и с обзиром да се искључиво образују на тврдим кречњацима и доломитима, други назив је калкокамбисол.

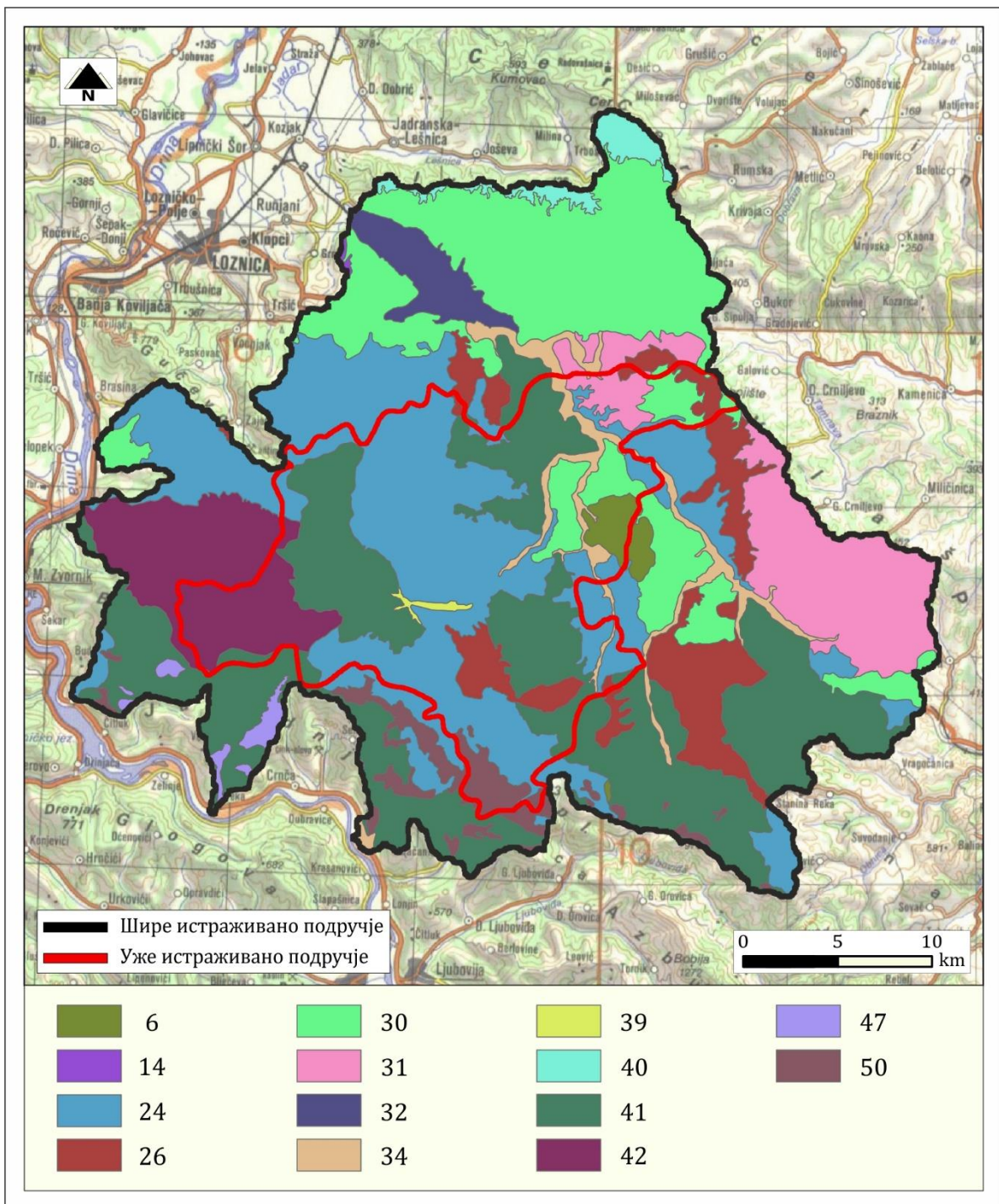
Максимална дубина укупног профила ретко прелази 60 cm. Дубина хумусног хоризонта износи 15 cm, и хумус је обично моличног или охричног типа. Структура калкокамбисола је зрнаста, а текстура се креће од иловасте до глиновито-иловасте. Пошто се калкокамбисол јавља у врло широким висинским интервалима и под различитом вегетацијом, укључујући и пољопривредне површине, садржај хумуса у њему знатно варира. У нижим појасевима и на земљиштима без шумског покривача хумусни хоризонт садржи око 5% хумуса, а у вишим регионима и под шумом садржај је око 10%. Реакција у хумусном хоризонту је најчешће у интервалу од pH=5,5–6,5, а степен засићености базама се креће у интервалу од 60–80%. Калкокамбисоли су земљишта са изражено променљивом дужином, што утиче на интензитет коришћења у пољопривреди. Јављају се у различитим хидротермичким условима као мезофилна и сувља станишта. Највећи део ових земљишта је под шумом, мањи део је под ливадама и пашњацима, а најмањи део се користи као оранице, воћњаци и виногради (Ђорђевић et al., 2011).

#### **3.4.10. Смоница, средње дубока**

Смоница представља реликтно земљиште хидрогеног порекла, образовано у депресијама некадашњих језера и мочвара, које се јављају на надморским висинама од 150 до 900 m н.м. (Антић et al., 1980). Матични супстрат има значајну улогу у формирању смоница. Најчешћи супстрати на којима се образују смонице су: терцијарни, глиновити седименти богати монтморионитом и кречњаком (лапоровите глине, карбонатни глинене аргилошисти); елувијум (дробина) неких базичних стена које при распадању

дају пуно монтморионита (базалт, габро, амфиболит, дијабаз, серпентин); вулкански туф и пепео. Клима у којој се смењују влажни и суви периоди, има важну улогу у формирању смоница.

Смонице су земљишта најтежег механичког састава. По текстури припадају класи глинуша и тешких глинуша. Висок садржај глине која бубри чини да је смоница у влажном стању безструктурна, лепљива и пластична, а у сувом представља компактну испуцалу масу. Физичка зрелост за обраду траје кратко време, са лошим водно-ваздушним особинама. Реакција смонице је слабо кисела до благо алкална (pH 6,5-8,0) и зависи од садржаја CaCO<sub>3</sub>. Садржај хумуса се креће од 3-5%, а под природном вегетацијом може бити и до 7-8%. Равномерно и умерено влажење даје најбоље услове за искоришћавање великог производног потенцијала смоница (Ђорђевић et al., 2011).



Слика 3.8. Просторна заступљеност типова земљишта на истраживаном подручју (легенда: 6 -Смоница еродирана (плитка); 14- Гајњача у лесивирању (оподзољавању); 24-Смеђе рудо земљиште на кречњаку; 26-Смеђе кисело земљиште на пешчару; 30-Параподзол (псеудоглеј); 31-Еродирано - параподзоласто земљиште; 32-Алувијални нанос иловести; 34-Алувијални нанос песковити; 39-Алувијално - делувијални нанос; 40-Параподзоласто земљиште скелетоидно; 41-Смеђе скелетоидно земљиште на шкриљцима; 42-Смеђе скелетоидно кисело земљиште на граниту; 47-Скелетоидно и скелетно земљиште на шкриљцима; 50-Скелет (камењар)

### 3.5. Начин коришћења земљишта на истраживаном подручју

Начин коришћења земљишта на истраживаном подручју је анализирана преко CORINE програма (Координација информација о животној средини-Coordination of Information on the Environment), који је реализован од стране Европске Комисије (ЕЕА – European Commission) у периоду између 1985. и 1990. године (Bossard et al., 2000; Büttner et al., 2002; Nestorov, Protić, 2006). Током овог периода и на основу овог програма креиран је информациони систем о стању животне средине у Европи и развијене су и усаглашене, на нивоу Европске уније, номенклатура и методологија. Одговорност за имплементацију CORINE програма добила је Европска агенција за животну средину (European Environment Agency-ЕЕА). Кључно место у информационом систему припада CORINE Land Cover (CLC), која представља дигиталну базу података о стању и променама земљишног покривача и намени коришћења земљишта. CLC база података је доступна у векторском и растерском формату. Главни циљ CLC базе података је да обезбеди попис особина Земљине површине, пре свега ради правилног управљања животном средином (Heymann et al., 1994; Kilibarda et al., 2010; Protić, Nestorov, 2009). CLC база података се састоји из три основана елемента: први елемент представља размеру картографских података, у размери  $P=1:100.000$ , са тачношћу картирања не мањом од  $100 \times 100$  m, где је најмања површина  $25 \times 25$  m; други основни елемент представља јединицу површине која се картира, која је најмање 25 ha за ареалне појаве, а 100 m ширине за линеарне појаве (Büttner, Kosztra, 2017; Heymann et al., 1994). Картиране јединице које се идентификују су искључиво површине, односно полигони. Трећи основни елемент представља CORINE land cover номенклатура која је хијерархијски подељена у три нивоа. Први ниво се састоји од 5 класа (вештачке површине, пољопривредна подручја, шумска и полу-шумска подручја, влажна подручја и водене површине); други ниво се састоји од 15 класа; а трећи ниво од 44 класе. За територију Републике Србије, ова база података постоји за следеће временске пресеке: 1990 (непотпуна база због непостојања података за Аутономну покрајину Косово и Метохија), 2000, 2006, 2012 и 2018. Примарна база података које се може сматрати базним стањем је 2000. година. Делимично урађено стање 1990. године је израђено ретроактивно, а 2006, 2012 и 2018. године су се базирале на идентификацији промена у односу на 2000. годину.

За потребе овог рада коришћена је дигитална база података за референту 2018. годину, где је приказана површинска заступљеност у табели 3.5., а просторни распоред на слици бр. 3.9. У табели је дата класификација на основу трећег нивоа CORINE land cover номенклатуре, која се састоји од 44 класе. Према табели 3.5. и генерисаној карти, на истраживаном подручју забележено је 12 од 44 могуће класе. Најзаступљенија класа су листопадне шуме које заузимају  $468,86 \text{ km}^2$ , односно, 43,60% од укупне површине истраживаног подручја. На другом и трећем месту по површинској заступљености су хетерогена пољопривредна подручја. Агрошумски простори заузимају 30,28% од укупне површине и јављају се као друга класа по заступљености, док је комплекс аграрних простора на трећем месту по површинској заступљености (16,70% од укупне површине). Класе које су најмање заступљене на истраживаном подручју су водене површине и подручја са оскудном вегетацијом.

Према ауторима (Bossard et al., 2000; Büttner, Kosztra, 2017; Heymann et al., 1994; Kosztra et al., 2017; Protić, Nestorov, 2009) дате су детаљне информације о свакој заступљеној класи на истраживаном подручју. Нецеловита градска подручја припадају према првом нивоу класе у вештачке површине. У овој класи доминира земљишни простор покривен непропусним површинама, као што су зграде, путеви и вештачке површине које пресецају подручја са вегетацијом. На истраживаном подручју то су насељена места

(Текериш, Јаребице, Брадић, Драгинац, Ступница и др.) која су највише позиционирана у северном делу истраживаног подручја, док су већа насељена места у средишњем и источном делу истраживаног подручја (Крупањ и Осечина). Категорија под СЛС кодом 133, представља простор који је под градилиштима, односно, где се одвија изградња, ископавање земље или стења, као и различите врсте земљаних грађевинских радова.

Под категоријом пољопривредних подручја забележени су: обрадиво земљиште, пашњаци, комплекс аграрних простора и агрошумски простор. У класу обрадивог земљишта спадају подручја под житарицама, махунаркама, крмно биље, коренасте биљке и привремени пашњаци у систему ротације. Ова класа је просторно присутна у долини реке Јадра, као и у општини Крупањ.

Пашњаци представљају травнати покривач где доминирају биљне врсте из породице трава (Poaceae) и није у систему ротације. Ова подручја се користе за испашу стоке, али се могу и механички косити ради добијања сена. У ову класу укључена су и подручја са живим оградама. На истраживаном подручју распрострањена су на надморским висинама од 400 до 800 mnm.

Комплекс аграрних простора представља мозаик малих парцела са различитим једногодишњим усевима, пашњацима или парцелама са сталним усевима. Просторно заузимају северни, средишњи и јужни део истраживаног подручја, док се мали проценат налази и у западним деловима, поред реке Дрине.

Агрошумски простори су области које претежно заузимају пољопривредно земљиште, прошарано природним површинама, као и пољопривредно земљиште са површинама природног или полу-природног порекла, укључујући влажна земљишта и водене површине.

Категорија шумских и полу-шумских подручја на истраживаном подручју обухвата листопадне, четинарске и мешовите шуме, као и ливаде, шибљаке и подручја са оскудном вегетацијом.

Листопадне шуме су вегетационе формације сачињене углавном од дрвећа, укључујући и грмље и нижу жбунасту вегетацију, где доминирају листопадне врсте дрвећа. У ову класу спадају површине које су покривене крошњама више од 30% или са густином од 500 стабала по хектару за плантажне врсте, где 75% представља листопадно дрвеће. Четинарске шуме су вегетационе формације које су такође сачињене углавном од дрвећа, грмља и ниске жбунасте вегетације, где доминирају четинарске врсте са више од 75%. Мешовите шуме су комбинација претходне две класе, где не доминирају ни листопадне ни четинарске врсте.

Ливаде представљају површине са травом ниске продуктивности, које су често смештене на теренима са великим и стрмим нагибима. У ову категорију су укључене и камењари и шикаре. Имају малу површинску заступљеност на истраживаном подручју и јављају се до 600 m надморске висине.

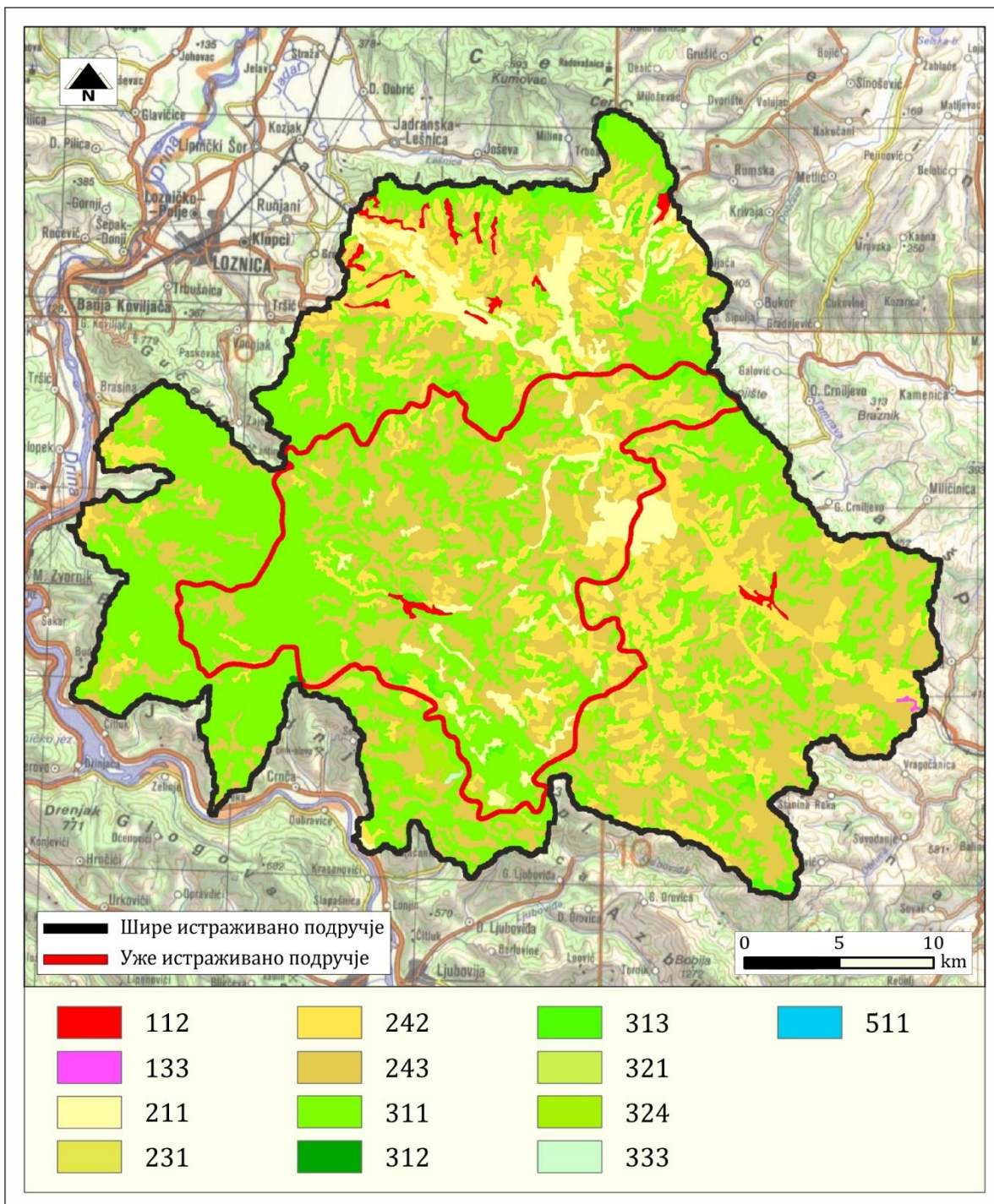
Шибљаци представљају жбунасту или травнату вегетацију са раштрканим дрвенастим врстама. Заузимају подручја са деградираном шумом, изданачке шуме и тек пошумљене површине. Ова категорија се може јавити на напуштеним ливадама и пашњацима или после разних врста непогода. Површине које спадају у ову категорију су шумске

формације у природном развоју (младе листопадне и четинарске врсте са травнатом вегетацијом и раштрканим појединачним дрвенастим врстама).

Мању површинску заступљеност од шибљака има подручје са оскудном вегетацијом. Ова класа у свој детаљнији опис укључује степе, тундре и сиромашна земљишта, као и раштркану вегетацију која је састављена од травнатих и/или дрвенстих и полу-дрвенстих врста и заузима између 15% и 50% површине.

Табела 3.5. Начин коришћења простора на истраживаном подручју

CLC код	CLC класа	km <sup>2</sup>	%
112	Дисконтинуално урбано подручје	9,08	0,84
133	Градилишта	0,35	0,03
211	Обрадиве површине	58,16	5,36
231	Пашњаци	2,95	0,27
242	Комплекси обрадивих површина	181,35	16,70
243	Агрошумски мозаик	328,06	30,21
311	Лишћарске шуме	473,81	43,64
312	Четинарске шуме	0,67	0,06
313	Мешовите шуме	10,2	0,94
321	Природне ливаде	1,02	0,09
324	Шибљаци	19,88	1,83
333	Подручја са оскудном вегетацијом	0,28	0,03
	Укупно	1.085,80	100



Слика 3.9. Начин коришћења простора на истраживаном подручју (према CORINE Land Cover) (легенда: 112-Дисконтинуално урбано подручје; 133-Градилишта; 211-Обрадиве површине; 231-Пашњаци; 242-Комплекси обрадивих површина; 243-Агрошумски мозаик; 311-Лишћарске шуме; 312-Четинарске шума; 313-Мешовите шуме; 321-Природне ливаде; 324-Шибљаци; 333-Подручја са оскудном вегетацијом;)

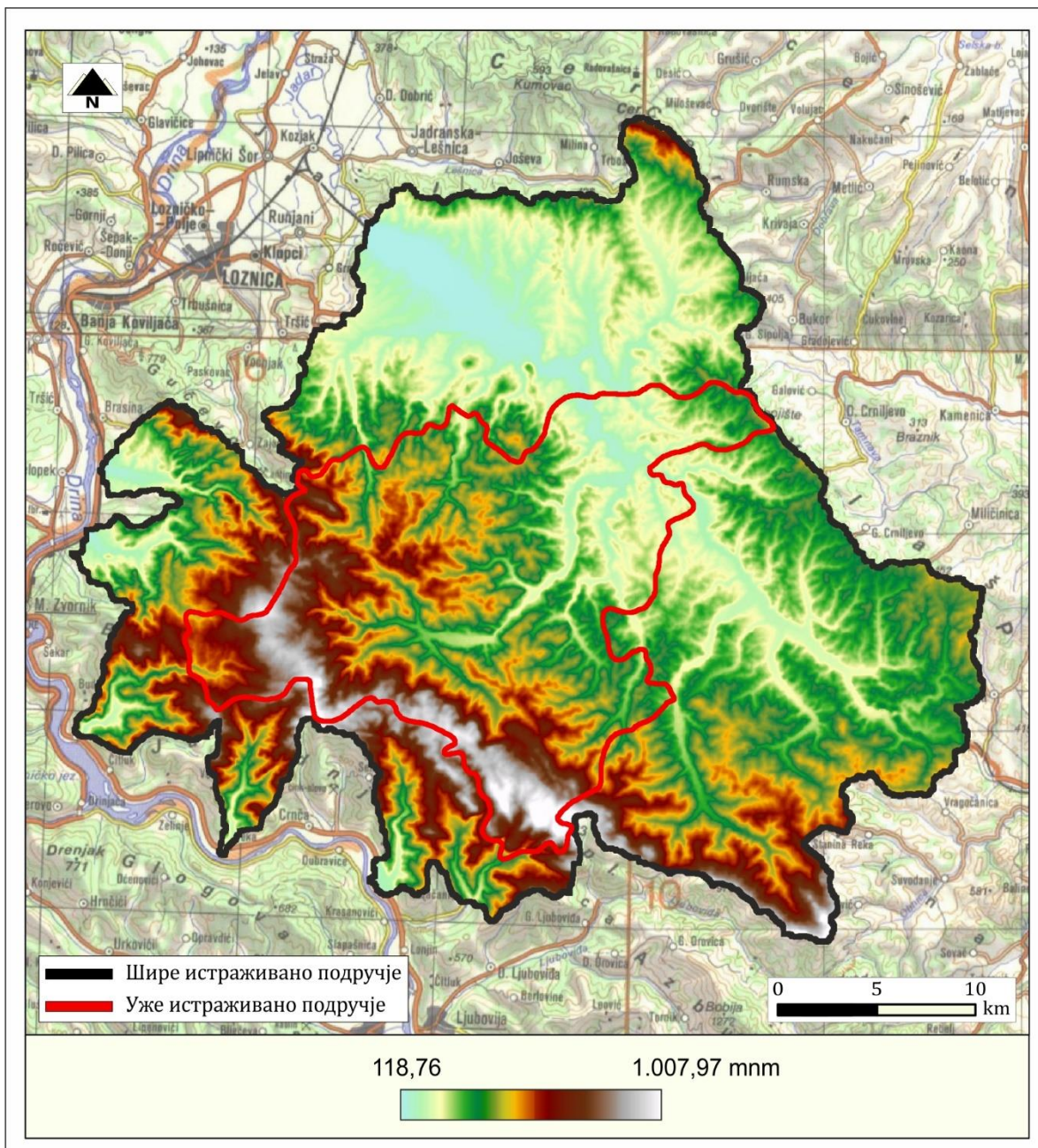
## **4. Резултати истраживања**

### **4.1. Резултати истраживања применом ArcHydro модела**

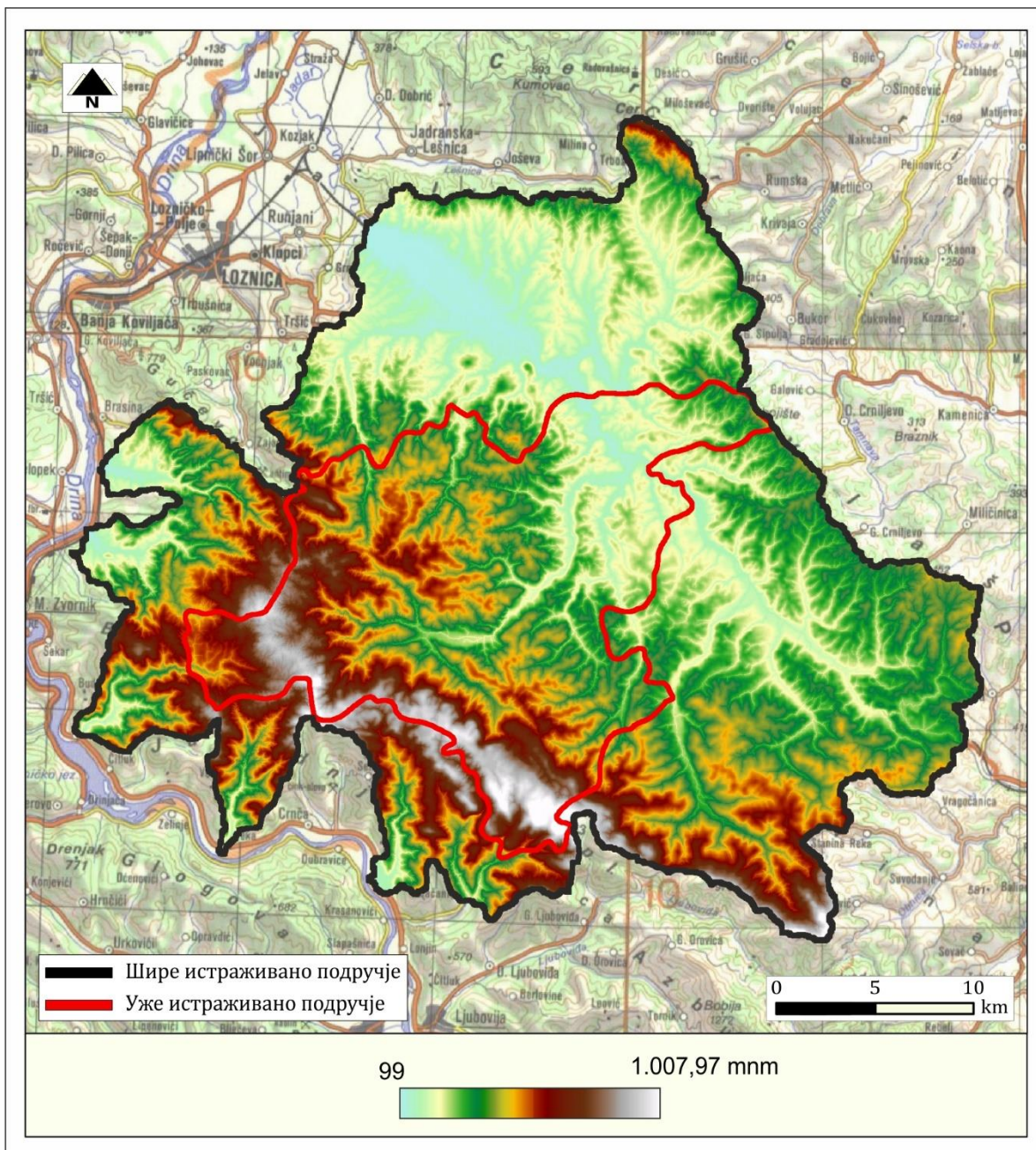
Дефинисање сливних површина на истраживаном подручју је резултат примене ArcHydro модела уз коришћење дигиталног модела терена (DEM). Дигитални модел терена, који је коришћен за анализу морфолошких карактеристика терена и дефинисање сливних површина, преузет је са званичне странице Европске службе за осматрање (мониторинг) земљишта (Copernicus Land Monitoring Service). Дигитални модел терена има просторну резолуцију (грид) 25 метара, са средњом квадратном грешком висина од 2,9 метара.

На основу процедуре које је описана у поглављу 2.2.1, извршена је модификација изворног DEM-а применом хидролошке корекције „AGREE“ модела. Током овог процеса улазни параметри су представљени изворним DEM и векторизованом базом података за хидрографску мрежу. Векторска база података (хидрографска мрежа) је резултат дигитализације водотокова (сталних и повремених) са топографских карата размере 1:25.000. После корекције изворног DEM-а, надморске висине у AGREE DEM-у су у одређеном степену кориговане у зависности од линеарних карактеристика хидрографске мреже. На сликама 4.1. и 4.2. приказан је изворни, као и AGREE DEM. Најнижа кота у изворном DEM-у износи 118,76 m, док је у AGREE (коригованом) DEM-у, та вредност 99 m.





Слика 4.1. Приказ DEM-а пре употребе хидролошке корекције на истраживаном подручју



Слика 4.2. Приказ DEM-а после употребе хидролошке корекције на истраживаном подручју (AGREE DEM)

Функцијом Fill Sinks исправљене („попуњене“) су вештачке депресије, које се јављају у DEM-у као последица аутоматизације обраде података. На ширем истраживаном подручју „вештачке“ депресије заузимају 21,09 km<sup>2</sup>, односно 1,94% од укупне површине истраживаног подручја (слика 4.3.). Највише вештачких депресија (вредности пиксела на којима је извршена корекција) се јавља на Доњем и Горњем пољу (алувијална равна реке Јадар), на сливу реке Цернице (локалитет Крстовац и Липак) и на сливу реке Мочионик (близина Јерининог брда).

Дубине вештачких депресија подељене су у три категорије, а њихова просторна заступљеност у односу на укупну површину депресија које се јављају на ширем истраживаном подручју приказана је у табели 4.1.

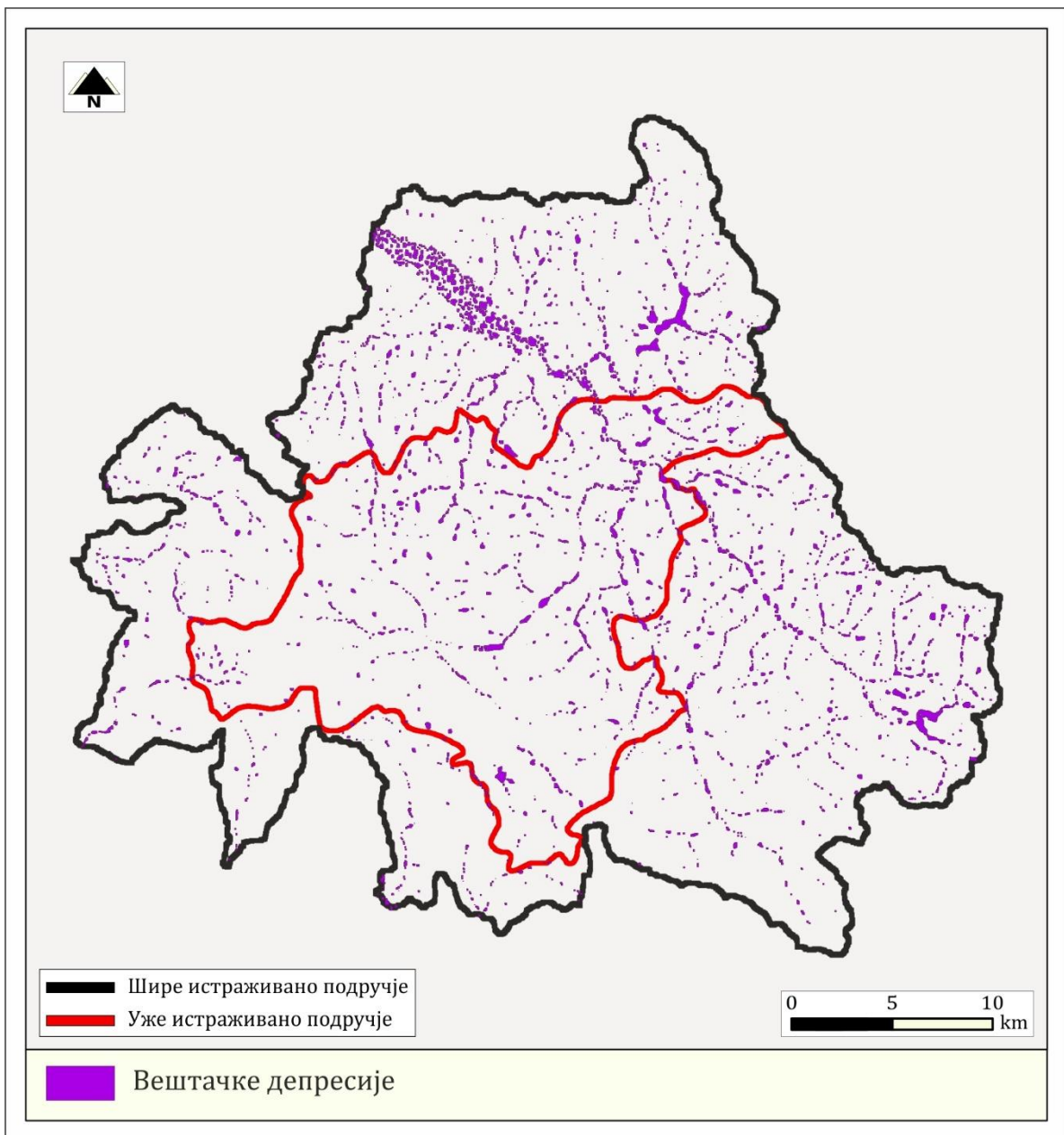
Табела 4.1. Заступљеност вештачких депресија на ширем истраживаном подручју

Категорија	Дубина депресије (m)	површина	
		km <sup>2</sup>	%
I	< 5	18,58	88,10
II	5-10	1,66	7,87
III	10-36	0,85	4,03
	укупно	21,09	100

На територији општине Крупањ вештачке депресије се јављају на површини од 5,82 km<sup>2</sup>, односно 1,71% површине општине (слика 4.3.). Вештачке депресије на територији општине Крупањ се налазе у близини засеока Димитријевићи, Калдрмићи, Дојићи и насеља Завлака. У табели 4.2. приказана је просторна заступљеност у односу на укупну површину депресија које се јављају на територији општине Крупањ.

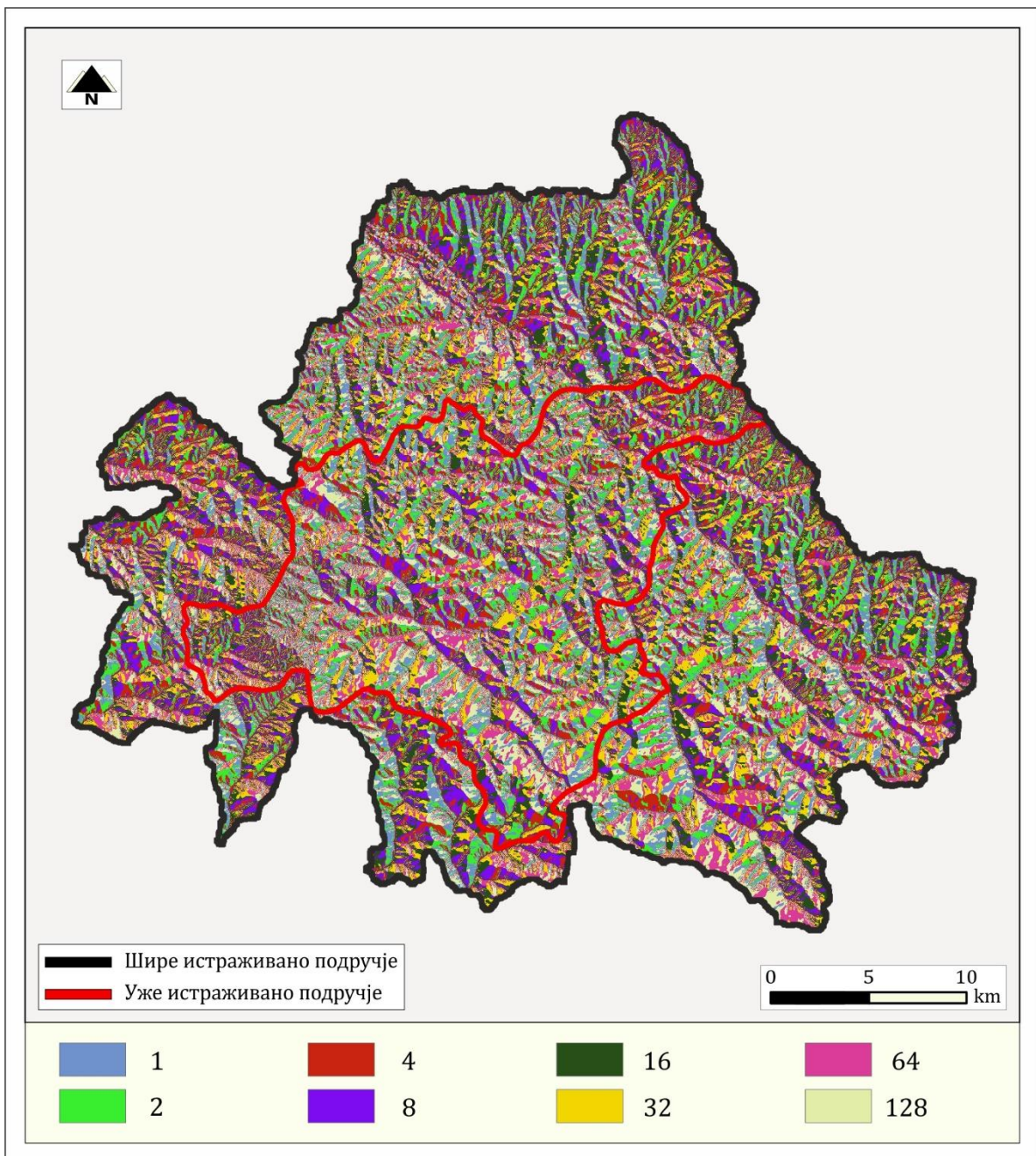
Табела 4.2. Заступљеност вештачких депресија на ужем истраживаном подручју

Категорија	Дубина депресије (m)	површина	
		km <sup>2</sup>	%
I	< 5	5,26	90,38
II	5-10	0,46	7,9
III	10-36	0,1	1,72
	укупно	5,82	100



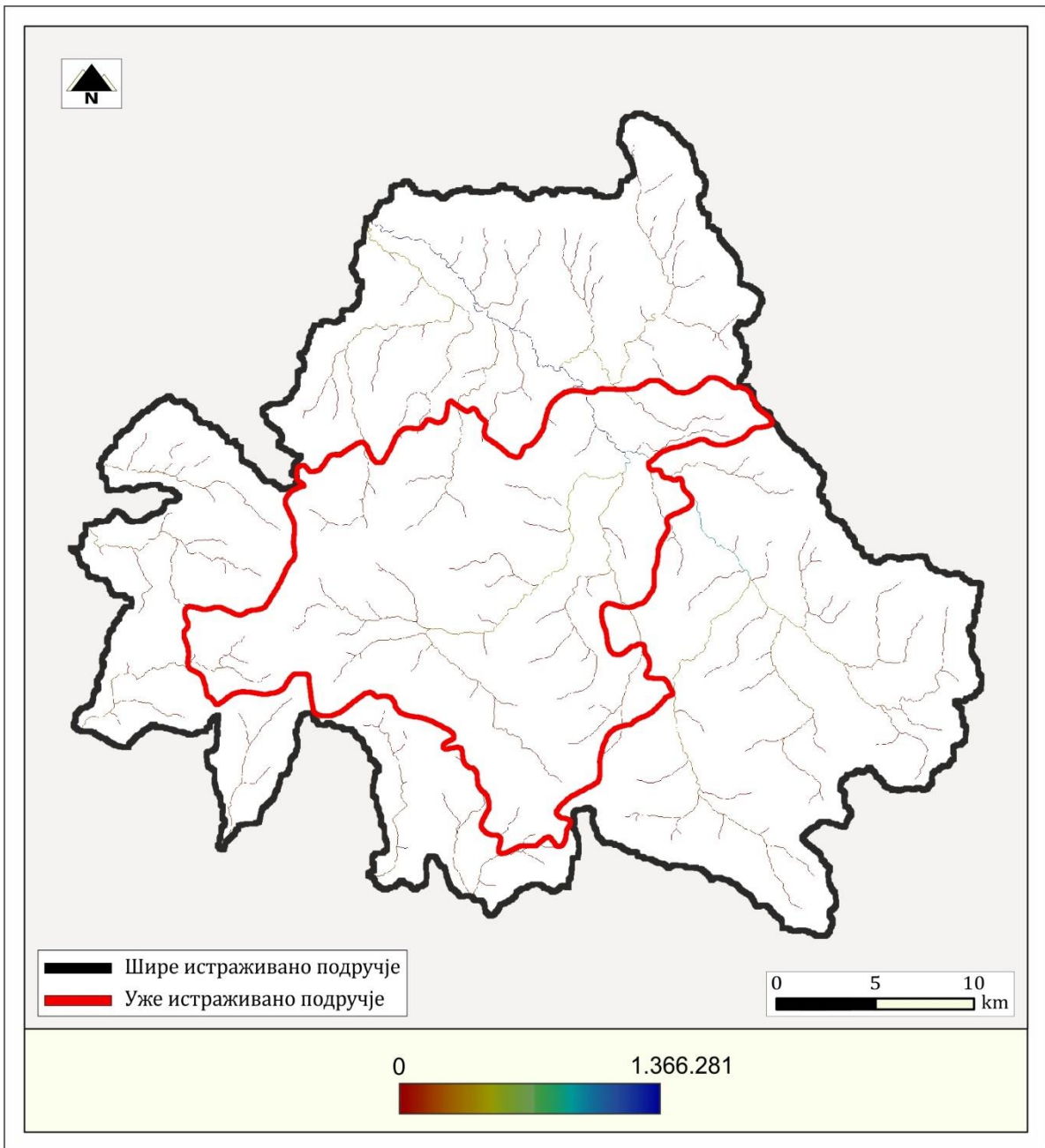
Слика 4.3. Просторна дистрибуција вештачких депресија на истраживаном подручју

Растр сmera кретања тока креиран је помоћу функције Flow Direction. Вредности добијене у растру сmera тока 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 и 128 представљају осам могућих праваца течења за сваки пиксел (слика 4.4.).



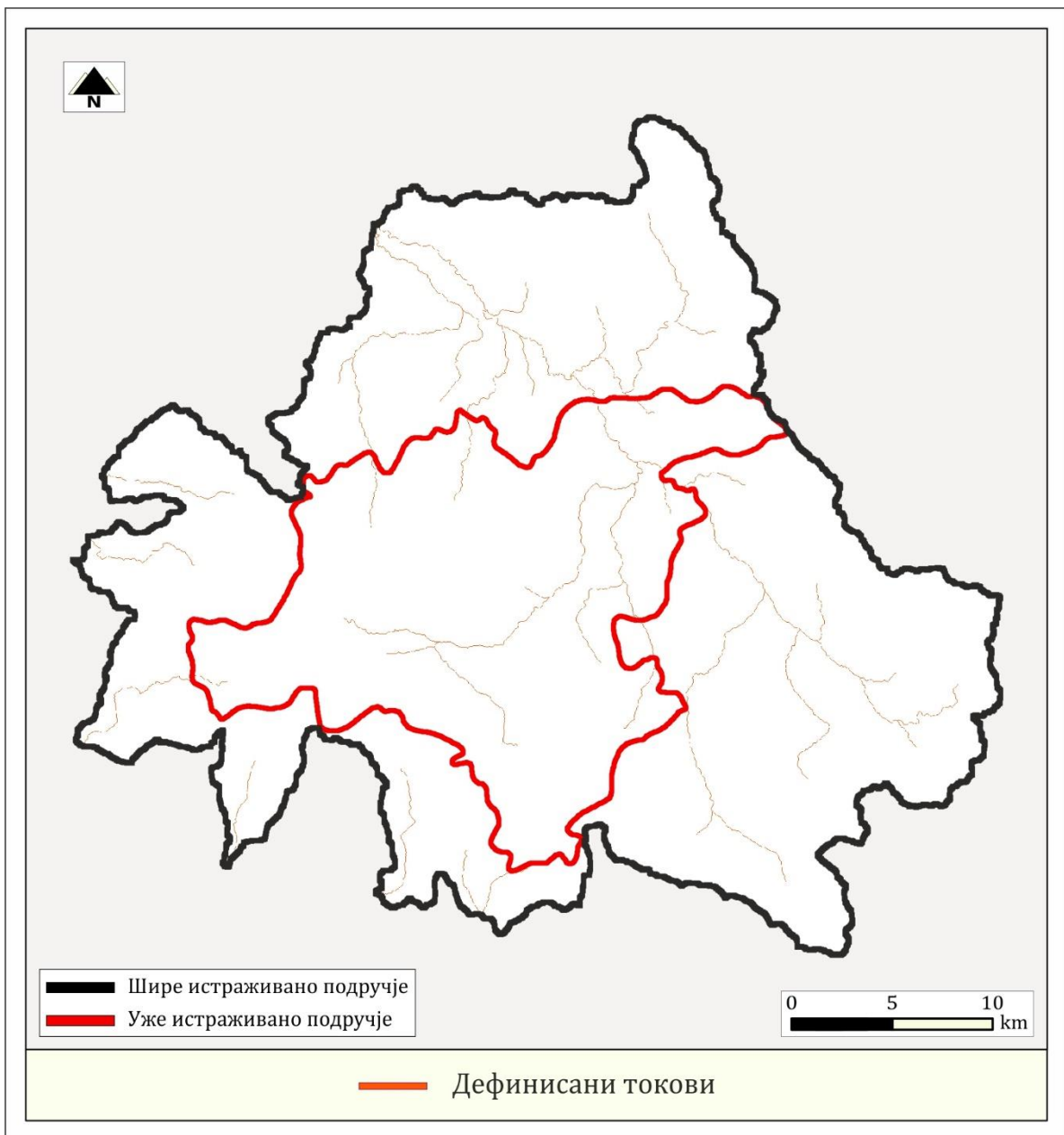
Слика 4.4. Приказ растера смер кретања тока (Flow Direction) на истраживаном подручју

Просторна концентрација тока (слика 4.5.) је дефинисана на основу растера смера течења (Fdr растер) и функције Flow Accumulation. Пиксели са великом вредношћу акумулације тока представљају подручја концентрисаног тока (потоци, речице и реке), док пиксели са вредношћу нула представљају локалне топографске максимуме (гребене). Корита великих река које се јављају на истраживаном подручју, (нпр. Чађавица, Ликодра, Јадар) имају вредности пиксела акумулације тока преко 28329.



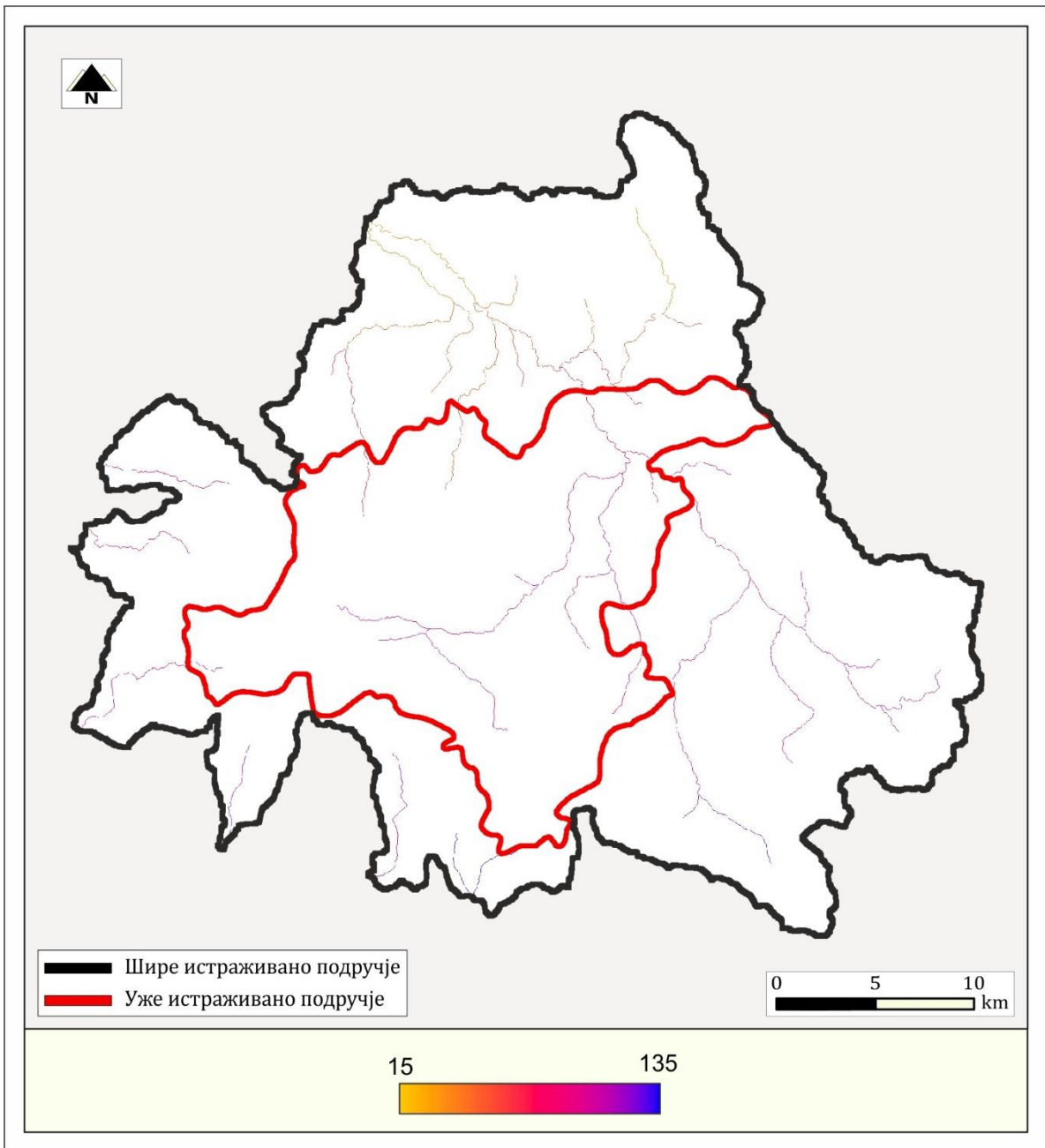
Слика 4.5. Приказ растера просторна концентрација тока (Flow Accumulation) на истраживаном подручју

Помоћу функције дефинисање тока (Stream Definition), свим пикселима у растеру акумулација тока, који имају вредност већу од дефинисаног прага, додељена је вредност 1 (слика 4.6.). Вредност прага за потребе овог рада детерминисана је на 16.000 пиксела, односно, минималну површину слива од 10 km<sup>2</sup>.



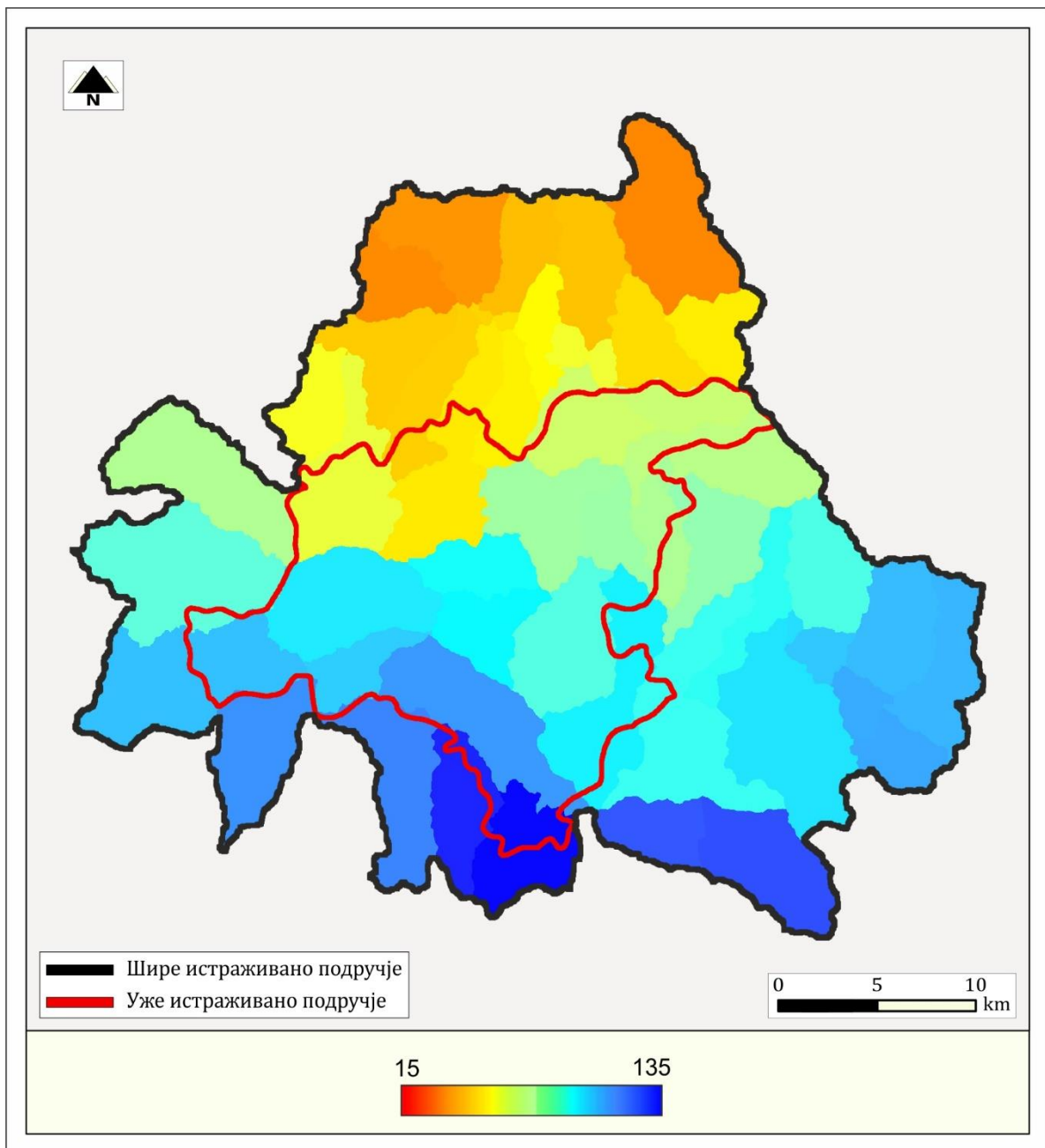
Слика 4.6. Приказ растера дефинисање тока (Stream Definition) на истраживаном подручју

Применом алата Stream Segmentation (фрагментација тока) креиран је растер StreamLink (слика 4.7.), у коме су дефинисани главни и прелазни сегменти. Елементарне сливне површине (слика 4.8.) су дефинисане на основу растера смер кретање тока и фрагментација тока, применом алата за издвајање сливних површина (Catchment Grid Delineation).



Слика 4.7. Приказ растера фрагментација тока (Stream Segmentation) на истраживаном подручју





Слика 4.8. Приказ растера Catchment Grid Delineation на истраживаном подручју

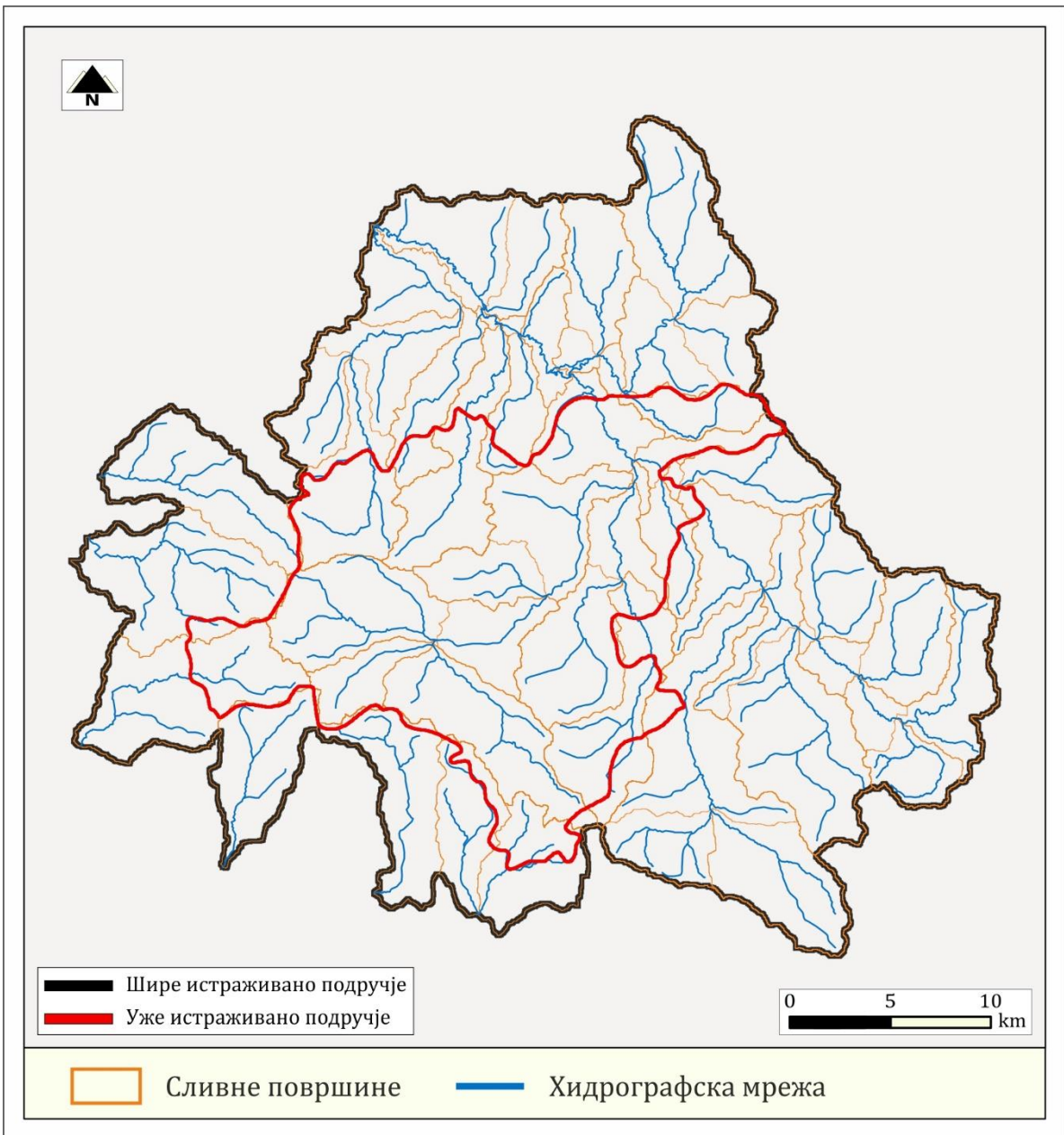
Применом модела ArcHydro издвојено је 55 сливних површина (сливова и подсливова) на истраживаном подручју, од којих 48 припада сливу реке Јадар, док 7 осталих сливова гравитира директном току реке Дрине (слика 4.9.).

Физичко-географске карактеристике су значајан показатељ основних својстава сливних површина (сливова). Користе се као основни параметри за прецизну идентификацију одређеног слива (површина; обим; дужина; нагиби терена и др.), или као основни улазни подаци у једначинама за прорачун ерозионе продукције и процену интензитета површинског отицаја. Детерминисане физичко-географске карактеристике сливова на истраживаном подручју, приказане су у табели 4.4.

Табела 4.4. Основне физичко-географске карактеристике слива

	Опис	Ознака	Јединица
1	Површина слива	F	km <sup>2</sup>
2	Обим слива	O	km
3	Кота на вододелници по правцу хидраулички најдужег тока	K <sub>v</sub>	mnm
4	Најнижа тачка на сливу	K <sub>u</sub>	mnm
5	Дужина слива по главном току	L	km
6	Одстојање од тачке у речном кориту, која је најближа тежишту слива, до излазног профила	L <sub>c</sub>	km
7	Апсолутни пад (нагиб) корита	I <sub>a</sub>	%
8	Уравнати пад корита	I <sub>u</sub>	%
9	Средњи нагиб терена на сливу:	I <sub>sr</sub>	%
10	Средња надморска висина слива	H <sub>sr</sub>	mnm
11	Средња висинска разлика	D	m
12	Густина хидрографске мреже	G	km·km <sup>-2</sup>

Вредности физичко-географских карактеристика издвојених сливних површина на истраживаном подручју представљене су у табели 4.5.



Слика 4.9. Издвојена сливна подручја на истраживаном подручју

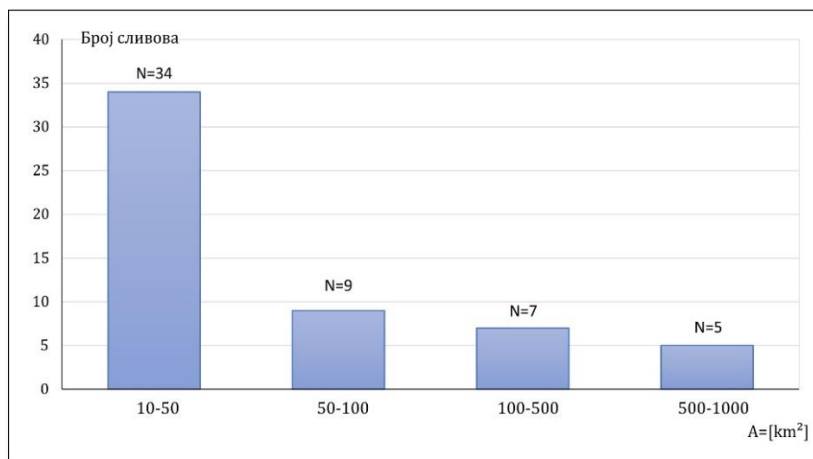
Табела 4.5. Физичко-географске карактеристике дефинисаних сливних површина

ID Слива	Назив слива	F	O	Kv	Ku	L	Lc	Ia	Iu	Isr	Hsr	D	G
		km <sup>2</sup>	km	mnm	mnm	km	km	%	%	%	mnm	m	km·km <sup>-2</sup>
1	Церница	38,16	38,9	664	179	12,77	6,07	3,8	1,25	17,77	296,28	117,28	2,46
2	Коренита (ушће у Јадар)	99,49	71,9	676	120	30,5	18,45	1,82	0,72	22,57	316,01	196,01	2,63
3	Јадар	853,93	209,75	981	119	60,87	28,18	1,42	0,36	21,68	357,68	238,68	2,29
4	Грабара	14,48	24,5	369	132	9,34	5,31	2,54	1,03	15,96	207,07	75,07	2,65
5	Мала река	21,14	29	405	147	9,84	5,18	2,62	1,24	16,93	237,74	90,74	2,45
6	Коренита (спајање са Ступничком реком)	65,36	59,45	676	131	22,7	12,09	2,4	1,19	25,96	362,61	231,61	2,76
7	Ступничка река	18,47	33,5	487	131	13,09	7,12	2,72	1,51	20,59	284,31	153,31	2,37
8	Јадар (спајање са Грабаром)	715,87	205,7	981	132	51,86	22,48	1,64	0,44	22	367,08	235,08	2,24
9	Церница (спајање са Завлачицом)	70,11	56,95	664	164	18,9	8,81	2,65	0,7	17,96	277,65	113,65	2,39
10	Јадар (спајање са Крлаганом)	682,71	206,1	981	133	50	20,61	1,7	0,47	22,16	373,4	240,4	2,23
11	Крлаган	32,46	49,25	573	133	17,24	10,36	2,55	1,56	24,7	361,84	228,84	2,41
12	Сипуља	14,85	23,9	397	180	7,04	3,14	3,08	1,63	18,84	276,67	96,67	2,54
13	Раковица	13,53	23,2	432	135	10,38	5,66	2,86	2,06	24,05	295,27	160,27	2,38
14	Јадар (спајање са Раковицом)	668,25	206,5	981	135	48,82	20,19	1,73	0,49	21,77	367,27	232,27	2,23
15	Троноша	14,84	24,15	656	183	7,46	3,83	6,34	3,27	27,36	348,2	165,2	3,19
16	Церница (улив у Јадар)	110,63	70	664	141	24,01	13,58	2,18	0,59	17,76	263,77	122,77	2,44
17	Серница (спајање са Малом реком)	85,78	63,75	664	149	21,76	10,24	2,37	0,65	18,05	273,67	124,67	2,44
18	Коренита (спајање са Троношом)	31,49	41,25	676	184	14,94	7,92	3,29	1,88	30,46	452,18	268,18	2,52

19	Јадар (спајање са Церницом)	547,62	172,75	981	141	43,91	24,83	1,91	0,58	22,62	389,03	248,03	2,19
20	Завлачица (улив у Церницу)	12,88	25,4	405	166	9,72	5,87	2,46	1,35	19,29	272,52	106,52	2,88
21	Јадар (спајање са Ликодром)	308,92	122,75	981	154	37,14	16,2	2,23	0,73	20,32	361,41	207,41	1,87
22	Ликодра (улив у Јадар)	217,31	104,35	952	154	33,93	14,97	2,35	1,12	26,2	444,62	290,62	2,58
23	Конјушица	19,06	28,1	403	163	9,99	5,02	2,4	1,54	21,15	291,62	128,62	2,77
24	Боринска река	36,68	40,7	778	139	13,94	7,94	4,58	2,47	29,8	388,12	249,12	2,89
25	Равнајица	12,08	23,7	307	158	8,59	3,82	1,73	1,16	13,74	232,99	74,99	1,48
26	Јадар (спајање са Равнајицом)	288,77	120,35	981	158	34,94	18,27	2,36	0,8	20,59	375,37	217,37	1,88
27	Ликодра (спајање са Мојковачком реком)	139,74	104,85	952	159	32,29	16,52	2,46	1,2	27,52	492,41	333,41	2,71
28	Мојковачка река	76,11	58,65	864	159	21,07	12,27	3,35	1,21	23,93	361,64	202,64	2,32
29	Јадар (спајање са Коњушицом)	268,5	114,55	981	163	33,58	19,08	2,44	0,83	20,59	376,15	213,15	1,81
30	Радаљ	47,08	43,65	756	138	14,39	8,53	4,3	2,48	26,42	430,57	292,57	3,18
31	Коларуша	29,65	32,6	574	194	13,44	5,78	2,83	1,66	24,5	362,24	168,24	2,51
32	Ловачка река	22	27,05	380	200	8,22	3,8	2,19	1,41	18,41	304,76	104,76	2,23
33	Пецка	88,44	77,3	981	190	25,65	14,17	3,08	1,19	24,63	480,65	290,65	1,52
34	Јадар (спајање са Пецком)	156,26	83,2	445	190	22,27	7,35	1,15	0,63	18,74	341,59	151,59	1,95
35	Церовица	14,85	23,9	603	219	8,59	4,27	4,47	3,05	27,04	411,64	192,64	2,24
36	Лоикодра (спајање са Церовицом)	99,02	80,7	952	219	22,42	8,36	3,27	1,85	28,51	555,27	336,27	2,81
37	Баставска река	34,02	46,15	864	194	15,01	8,2	4,46	1,82	25,47	407,23	213,23	2,1
38	Чађавица	34,33	34,1	874	281	12,09	5,36	4,9	3,56	29,78	562,53	281,53	4,08
39	Остружањска река	46,76	44,65	568	201	15,99	8,52	2,3	1,27	18,99	368,93	167,93	1,71

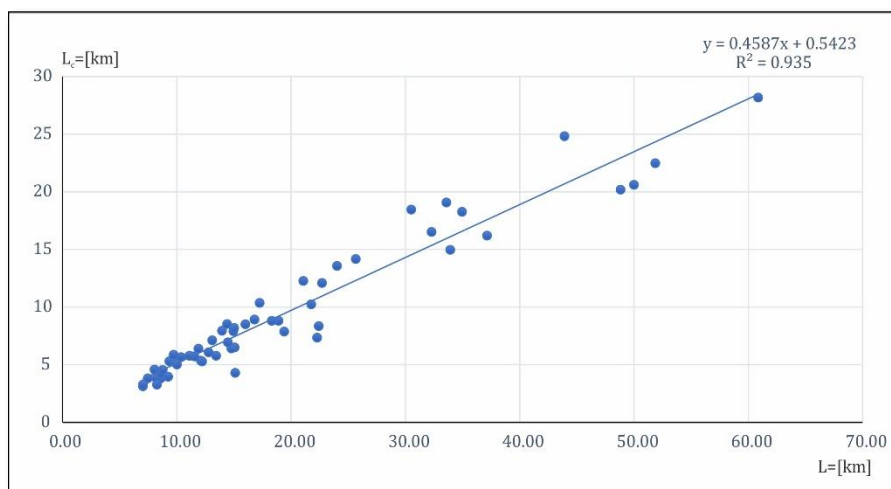
40	Јадар (спајање са Остружањском реком)	94,44	62,95	445	201	19,4	7,87	1,26	0,72	18,71	328,68	127,68	2,12
41	Ликодра (спајање са Чађавицом)	48,26	58,65	952	280	15,1	4,29	4,45	3,07	28,52	615,84	335,84	2,08
42	Кржава	12,44	23,85	922	283	8,04	4,58	7,95	4,92	31,78	597,81	314,81	2,66
43	Јадар (спајање са Ловачком реком)	71,51	53,3	445	200	18,31	8,81	1,34	0,82	18,85	337,38	137,38	2,1
44	Борањска река	46,23	47,8	826	175	16,8	8,92	3,88	2,84	30,04	530,04	355,04	3,21
45	Сирдијска река	23,12	26,6	444	216	9,23	3,96	2,47	1,37	19,08	325,74	109,74	2,36
46	Мочионик	22,5	38,1	445	247	11,53	5,73	1,72	1,04	17,37	350,82	103,82	1,95
47	Јадар (спајање са Сирдијском реком)	41,97	50,8	445	216	15,06	6,5	1,52	0,98	20,42	358,85	142,85	1,98
48	Вишка река	12,54	21	487	246	8,26	3,27	2,92	2,31	20,6	389,94	143,94	1,89
49	Богоштица	35,75	46,35	952	283	14,76	6,42	4,53	3,17	27,42	622,73	339,73	1,88
50	Велика река	26,75	33	927	157	11,88	6,39	6,48	3,73	37,38	527,43	370,43	3,23
51	Узовничка река	30,82	41,7	911	164	14,46	6,94	5,17	3,65	30,25	538,23	374,23	2,07
52	Царинка	16,03	22,9	906	305	7,04	3,27	8,54	4,9	28,47	573,7	268,7	1,86
53	Драгодолка	30,05	31,45	981	304	11,11	5,78	6,1	3,09	29,24	593,46	289,46	1,78
54	Подстењска река	20,2	29,35	878	226	12,2	5,28	5,34	4,62	35,07	598,55	372,55	2,38
55	Соколска река	24,11	30,8	952	228	8,76	4,54	8,26	5,6	34,71	611,77	383,77	2

Анализирани сливови имају површину у дијапазону од 12,08 km<sup>2</sup> (река Равнајица) до 853,93 km<sup>2</sup> (Јадар). Структура сливова према величини приказана је на слици 4.10. На истраживаном подручју издвојена су 34 слива у дијапазону површина A=10-50 km<sup>2</sup> и представљају најзаступљеније сливне површине (61,82%). Број сливова у дијапазону површина A=50-100 km<sup>2</sup> износи 9 (односно 16,36%), 7 (односно 12,73%) у дијапазону површина A=100-500 km<sup>2</sup>, док је најмање сливова у дијапазону A=500-1000 km<sup>2</sup> (5 сливова, односно 9,09%).



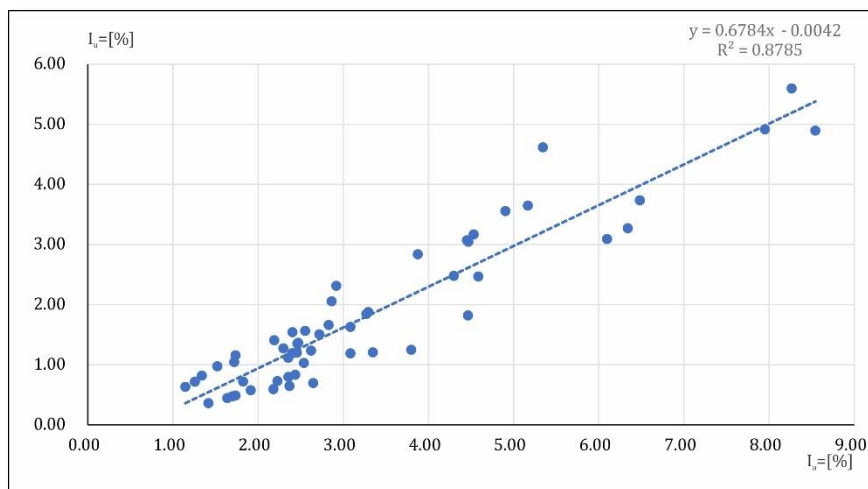
Слика 4.10. Структура анализираних сливова према величини

Највише и најниже коте анализираних сливова су у распону од Kv=307-981 mm, односно, Ku=119-305 mm. Средње надморске висине (Hsr) крећу се у опсегу од 207,07-622,73 mm, док су средње висинске разлике D=74,99-383,77 m. Кота врха слива Kv представља највишу тачку на вододелници на коју излази главни ток, док је кота ушћа слива Ku најнижа тачка на сливу (излазни профил предметног слива). Дужине сливова по главном току варирају у распону од L=7,04-60,87 km. Одстојања од тачке у речном кориту, која је најближа тежишту слива, до излазног профила, налазе се у распону од 3,14-28,18 km. Односи дужина сливова и одстојања од тачке у речном кориту, која је најближа тежишту слива, до излазног профила Lc, илустровани су на дијаграму (слика 4.11). Између L и Lc утврђена је линеарна регресија, коефицијент детерминације износи R<sup>2</sup>= 0,935, што указује на високу повезаност посматраних вредности.



Слика 4.11. Однос између дужине главног тока (L) и одстојања од тачке у речном кориту, која је најближа тежишту слива, до излазног профила (Lc)

Средњи нагиби терена издвојених сливова крећу се у распону од  $I_{sr}=13,74-37,38\%$ . Апсолутни пад речног корита ( $I_a$ ) креће се у распону од  $I_a=1,15-8,54\%$ , док је уравни пад у дијапзону вредности  $I_u=0,36-5,60\%$ . Коришћењем линеарне регресије утврђена је висока повезаност између апсолутног и уравниг пада (слика 4.12).



Слика 4.12. Однос између апсолутног ( $I_a$ ) и уравниг ( $I_u$ ) пада

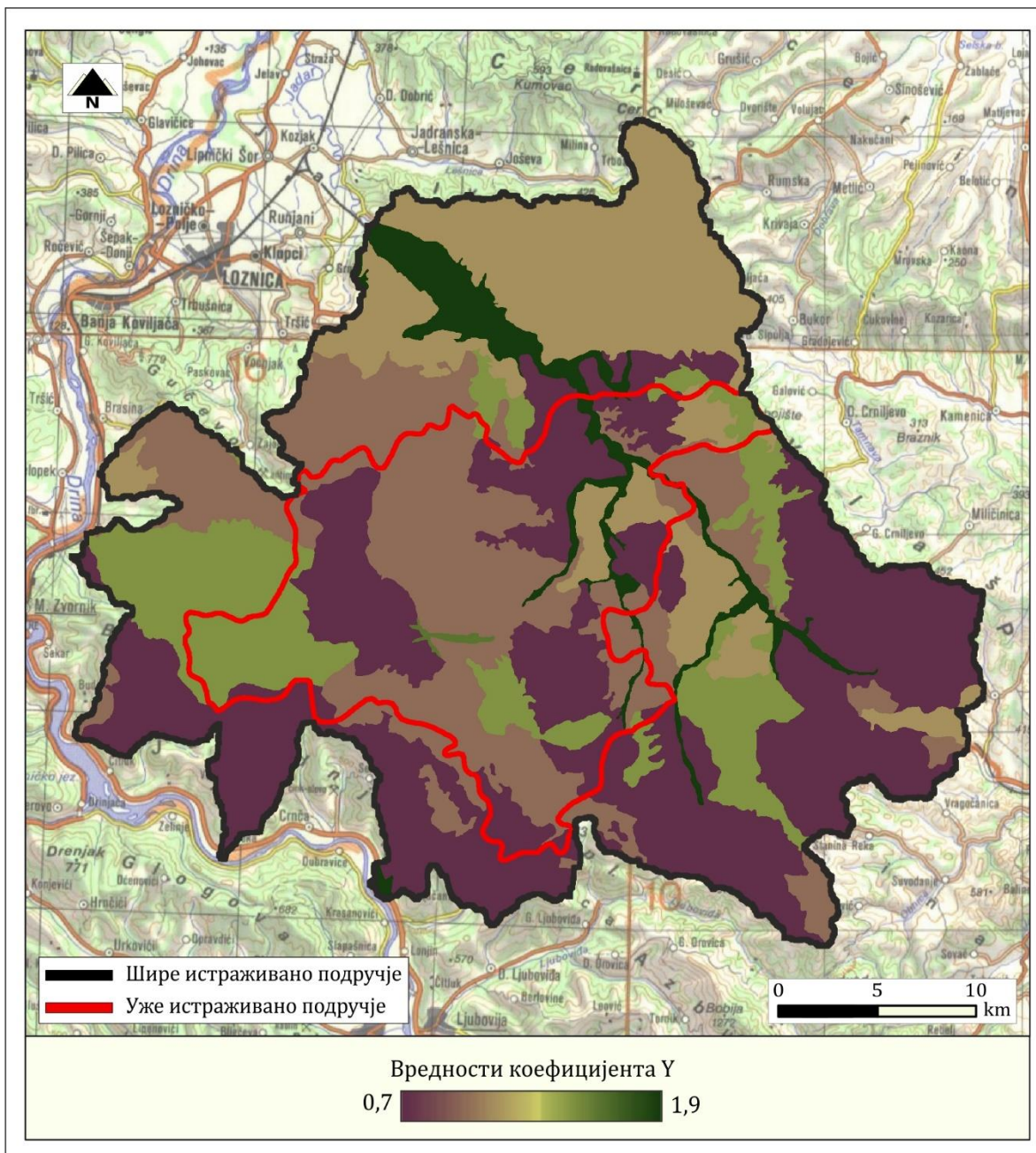
Просечна густина хидрографске мреже на издвојеним сливним подручјима износи  $G=2,36 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ , а креће се у распону  $G=1,48-4,08 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ . Најразвијенију хидрографску мрежу, преко  $3 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ , имају реке Чађавица ( $4,08 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ ), Велика река ( $3,23 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ ), Борањска река ( $3,21 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ ), Троноша ( $3,19 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ ) и Радаљ ( $3,18 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ ), док најмању гуштину хидрографске мреже имају реке Равнајица ( $1,48 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ ) и Пецка ( $1,52 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ ).

## 4.2. Резултати анализе просторног распореда коефицијента ерозије према Методи потенцијала ерозије (МПЕ)

### 4.2.1. Коефицијент отпора земљишта на ерозију ( $Y$ )

Коефицијент отпора земљишта на ерозију ( $Y$ ) зависи од геолошке подлоге, климата и типова земљишних творевина. Анализом геолошких и педолошких карактеристика дефинисана је репрезентативна вредност на ужем истраживаном подручју (општина Крупањ)  $Y=0,98$ , док се укупан распон вредности креће од  $Y=0,7-1,9$ . Просторна дистрибуција коефицијента отпора земљишта на ерозију ( $Y$ ) приказана је на слици 4.13.

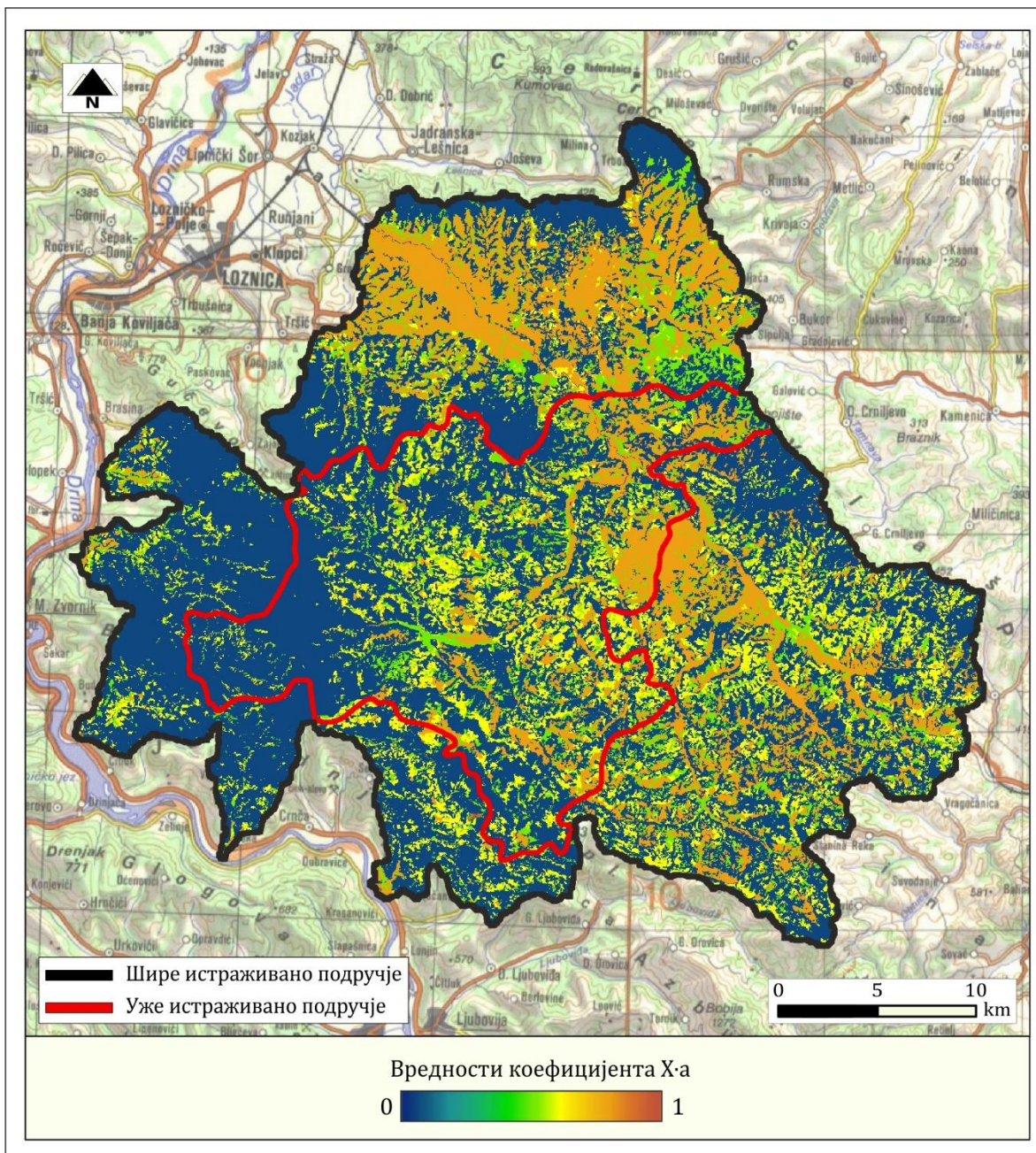




Слика 4.13. Просторна дистрибуција коефицијента отпора земљишта на ерозију (Y) на истраживаном подручју

#### 4.2.2. Коефицијент уређења слива (X·a)

Анализом начина коришћења земљишта одређене су вредности коефицијента уређења слива на истраживаном подручју. Коефицијент уређења слива дефинисан је за природне услове, односно, у околностима када нису извођени обимнији противерозиони радови, сем неколико преграда у поточним коритима. Сходно томе, усвојена је вредност параметра  $a=1$ , док су вредности  $X$  у распону  $X=0-1$ . Средња вредност коефицијента уређења слива  $X \cdot a$  на ширем истраживаном подручју износи  $X \cdot a=0,31$ , док је за територију општине Крупањ  $X \cdot a=0,29$ . Просторна дистрибуција коефицијента уређења слива ( $X \cdot a$ ) приказана је на слици 4.14.

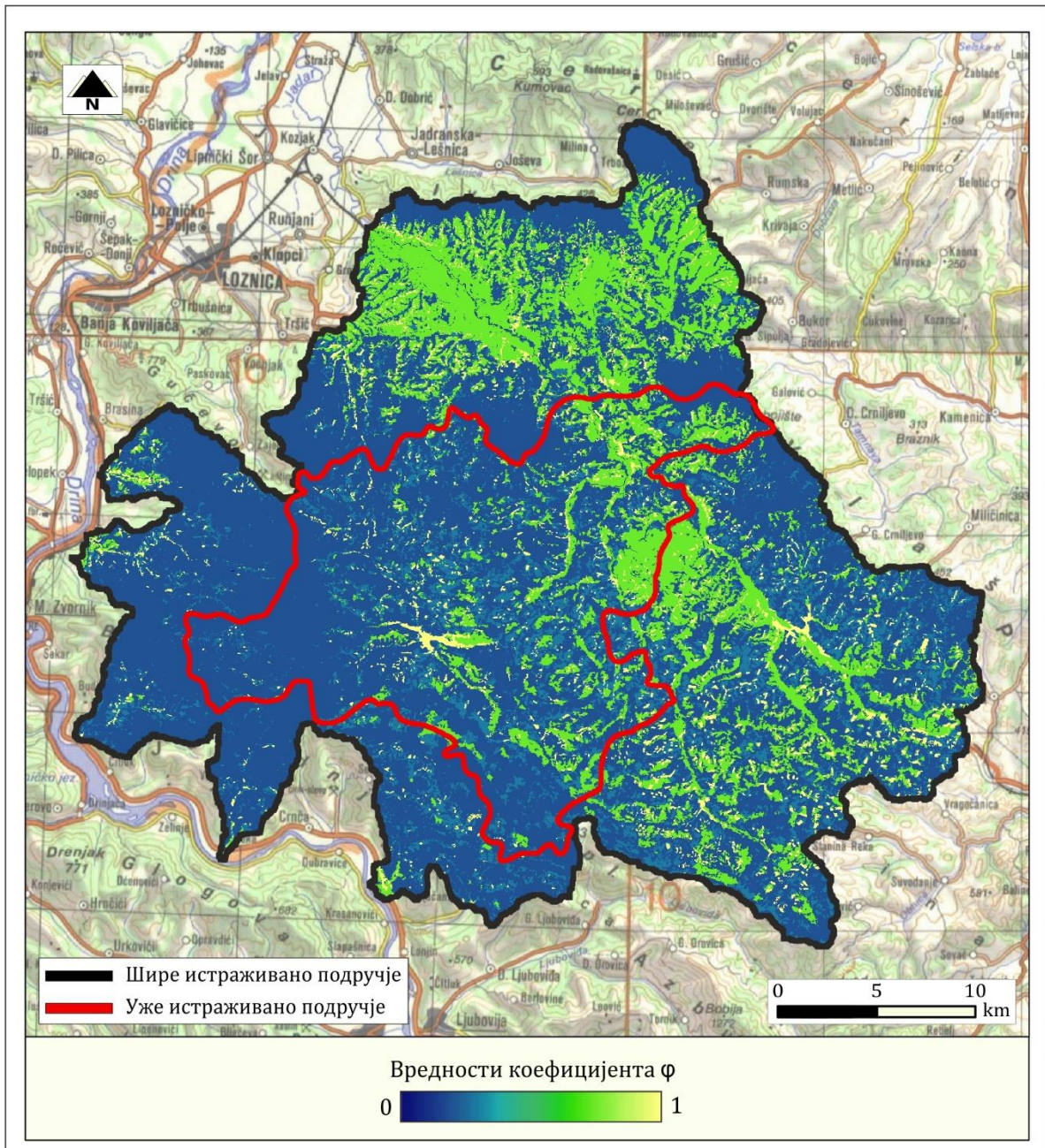


Слика 4.14. Просторна дистрибуција коефицијента уређења слива (X-a) на истраживаном подручју

#### 4.2.3. Коефицијент видљивих и јасно изражених ерозионих процеса ( $\varphi$ )

Коефицијент видљивих и јасно изражених ерозионих процеса представља параметар који показује ерозиони статус предметног подручја. За потребе докторске дисертације, а на основу обиласка терена и сателитских снимака, установљена је тренутна (стварна) распрострањеност појединих облика ерозионих процеса на истраживаном подручју.

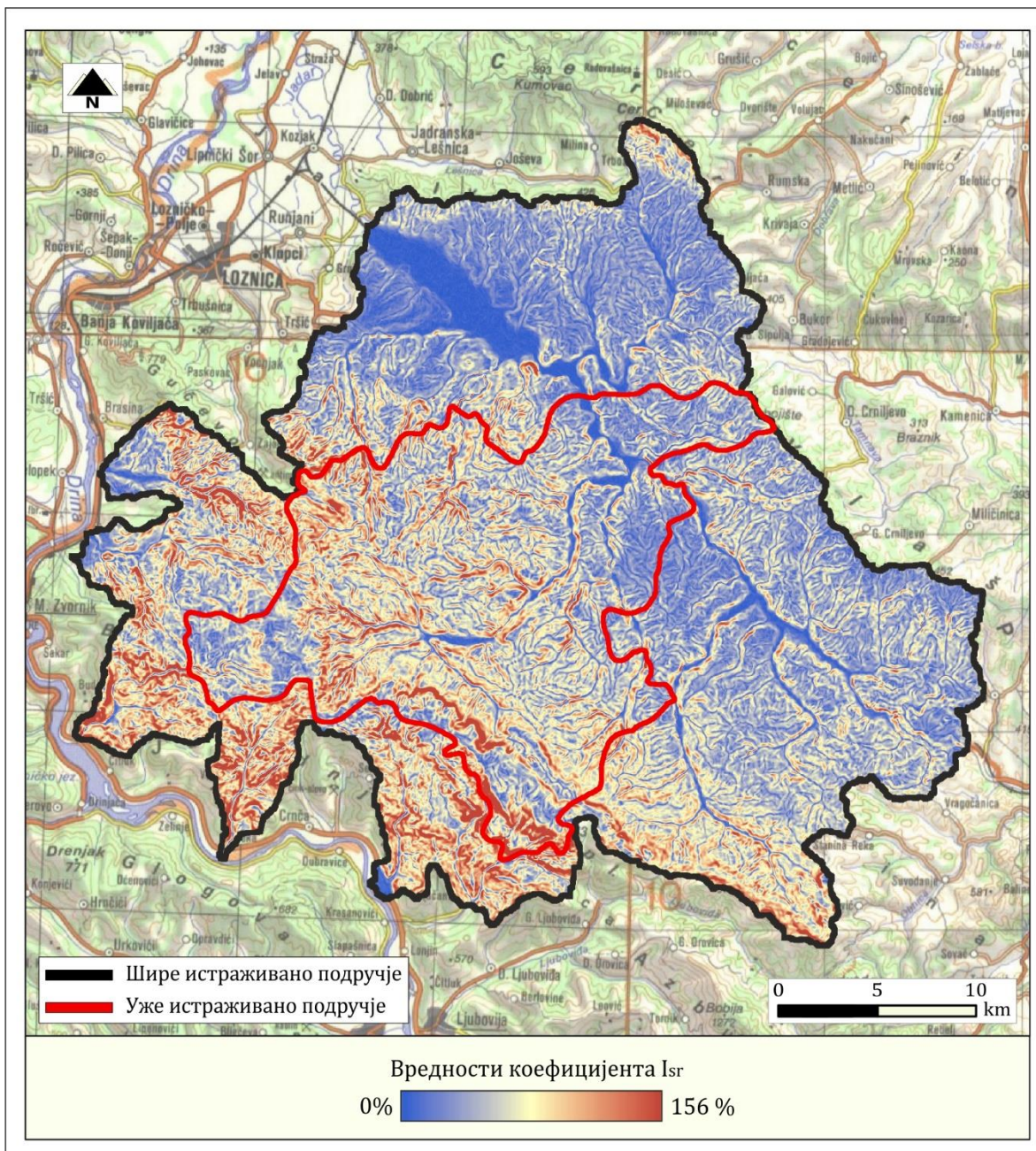
Вредности коефицијента видљивих и јасно изражених процеса ерозије на истраживаном подручју крећу се у распону  $\varphi=0-1$ . Просечна вредност  $\varphi$  за шире истраживано подручје износи  $\varphi=0,185$ , док је на ужем истраживаном подручју  $\varphi=0,168$ . Просторна дистрибуција коефицијента видљивих и јасно изражених ерозионих процеса ( $\varphi$ ) приказана је на слици 4.15.



Слика 4.15. Просторна дистрибуција коефицијента видљивих и јасно изражених ерозионих процеса ( $\phi$ ) на истраживаном подручју

#### 4.2.4. Средњи нагиб терена на сливу (Isr)

Средњи нагиб терена на сливу (Isr) се изражава као вредност квадратног корена из средњег пада слива, односно ерозионог подручја или парцеле за коју се одређује коефицијент ерозије (Z). Средњи нагиб терена детерминисан је на основу дигиталног елевационог модела, а обрадом у GIS софтверу добијена је просторна дистрибуција квадратног корена средњег пада (слика 4.16.). Најмање вредности су везане за алувијалне равни већих водотокова.



Слика 4.16. Просторна дистрибуција нагиба терена истраживаног подручја

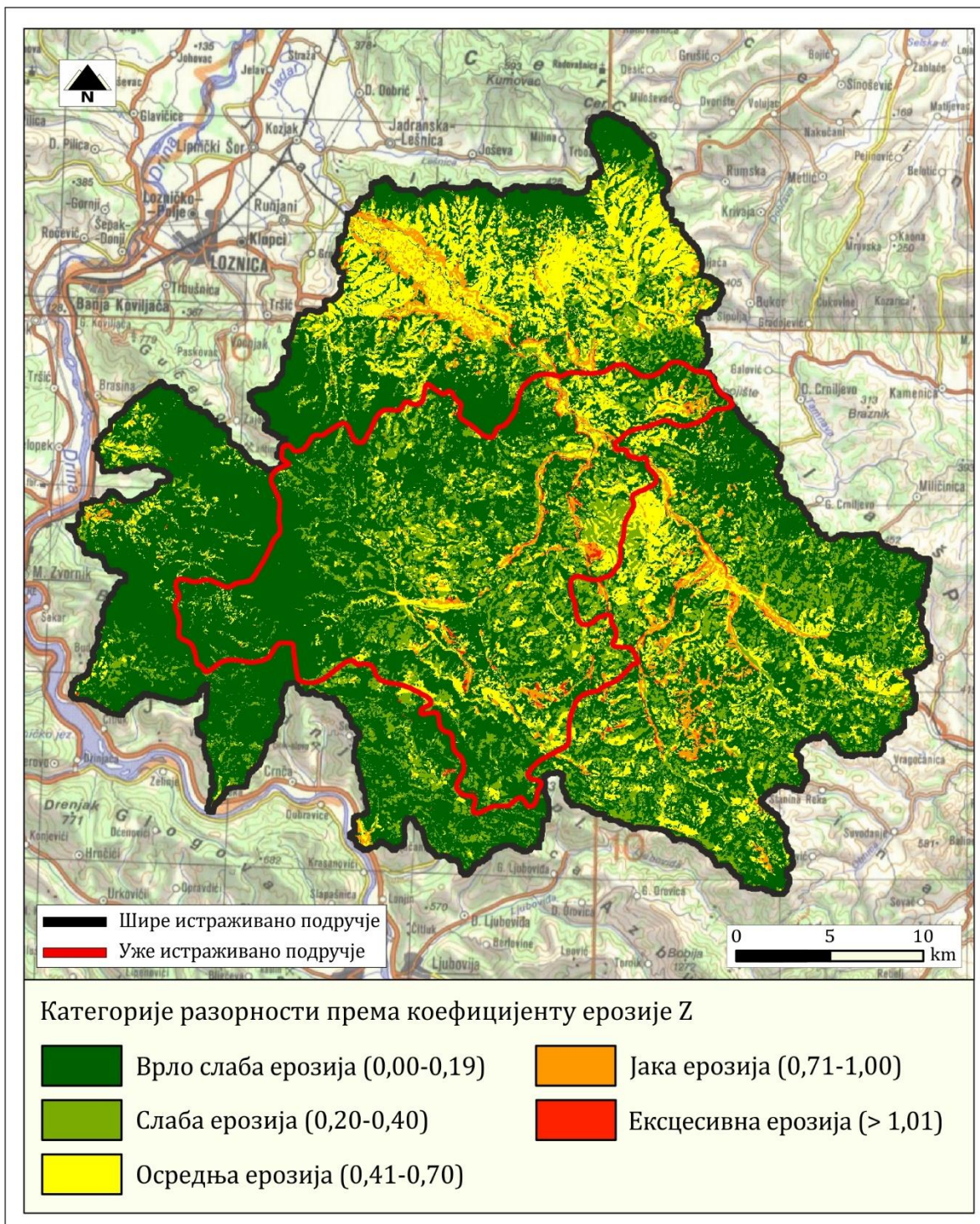
#### 4.2.5. Коефицијент ерозије (Z)

Квантитативна вредност коефицијента ерозије истраживаног подручја израчуната је на основу формуле која је приказана у поглављу 2. Сваки фактор који фигурира у формули је приказан у засебном растеру, на пикселу величине 100x100 метара. После корекције слојева на јединствену резолуцију (100x100 метара), извршено је множење фактора и добијање просторне дистрибуције коефицијента ерозије Z, за сваки пиксел (слика 4.17. и 4.18.). Вредности коефицијента ерозије Z, на ужем и ширем истраживаном подручју, крећу се у распону од  $Z=0-2,36$  (табела 4.6.). Средња вредност коефицијента ерозије Z за шире истраживано подручје износи  $Z=0,210$  (слаба ерозија), односно,  $Z=0,187$  (врло слаба ерозија) за уже истраживано подручје (територија општине Крупањ).

Ексцесивним и јаким ерозионим процесима захваћено је око 5% територије ширег истраживаног подручја, углавном на сливовима Остружањске реке, Пецке, Радаља, Цернице, Баставске реке, као и у близини насеља Бела Црква, Шљивова и Цветуља.

Табела 4.6. Просторна заступљеност коефицијента Z на ширем истраживаном подручју

Категорија ерозије	Јачина ерозионих процеса	Коефицијент ерозије Z	A km <sup>2</sup>	A %
V	Врло слаба ерозија	0-0,20	651,85	60,03
IV	Слаба ерозија	0,20-0,40	184,21	16,97
III	Средња ерозија	0,4-0,7	199,58	18,38
II	Јака ерозија	0,7-1,0	44,8	4,13
I	Ексцесивна ерозија	> 1,0	5,36	0,49
			1085,80	100

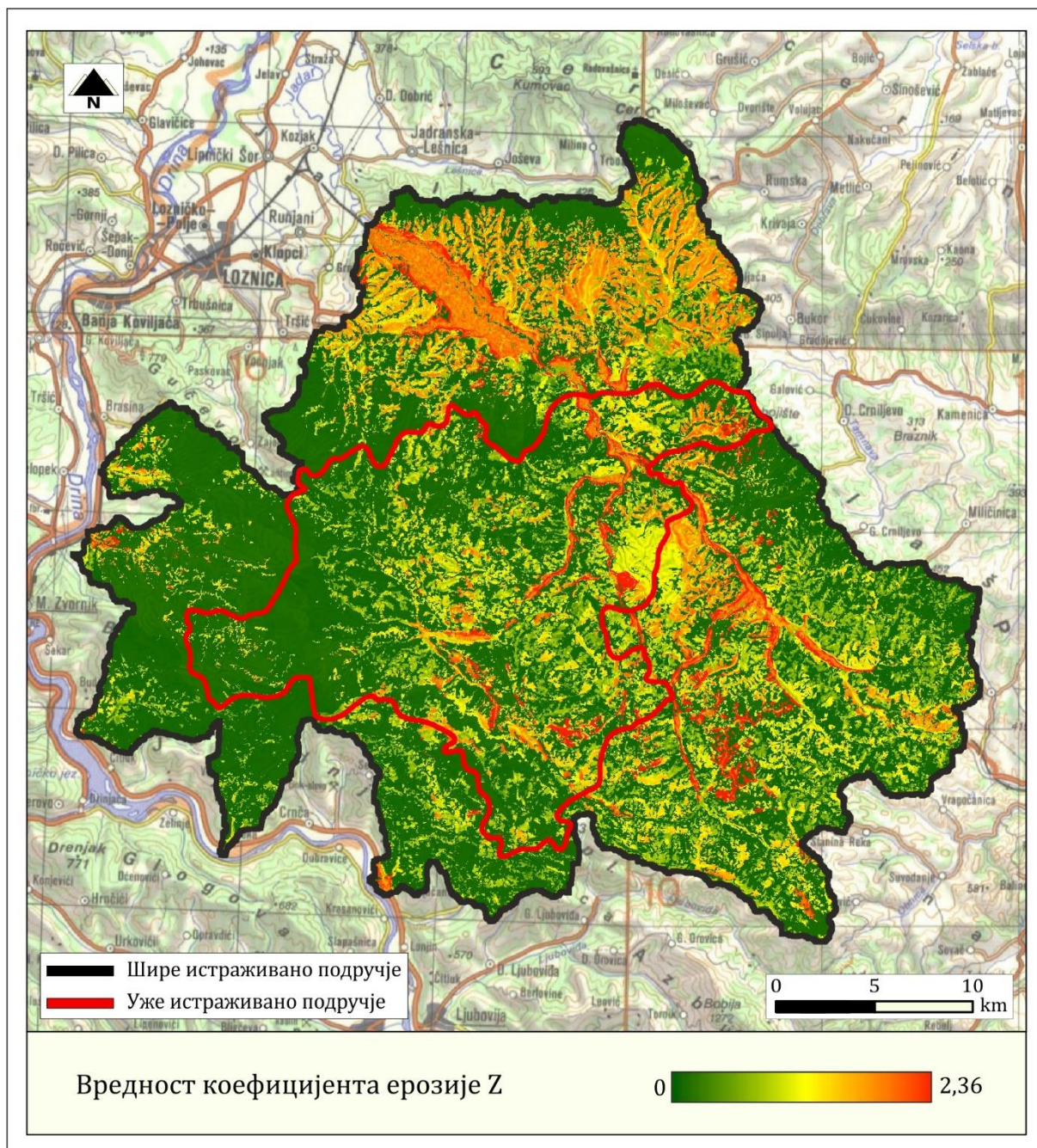


Слика 4.17. Просторна дистрибуција коефицијента ерозије на истраживаном подручју

Просторна (површинска) заступљеност ерозионих процеса на ужем истраживаном подручју приказана је у табели 4.7. Екседивном и јаком ерозијом захваћено је 14,02 km<sup>2</sup> (односно 4,14%) општине Крупањ, углавном на обрадивом земљишту око сеоских насеља.

Табела 4.7. Просторна заступљеност коефицијента Z на  
ужем истраживаном подручју

Категорија ерозије	Јачина ерозионих процеса	Коефицијент ерозије Z	A km <sup>2</sup>	A %
V	Врло слаба ерозија	0-0,20	212,96	62,55
IV	Слаба ерозија	0,20-0,40	67,76	19,9
III	Средња ерозија	0,4-0,7	45,64	13,41
II	Јака ерозија	0,7-1,0	11,68	3,43
I	Екседивна ерозија	> 1,0	2,42	0,71
			340,46	100



Слика 4.18. Просторна расподела коефицијента ерозије Z на истраживаном подручју

#### 4.2.6. Годишња продукција ерозионог материјала (МПЕ)

Годишња продукција ерозионог материјала на истраживаном подручју, процењена је коришћењем МПЕ. Параметри МПЕ модела који се користе за одређивање годишње продукције ерозионог материјала су одређени применом GIS у одговарајућем софтверском окружењу. Сваки фактор који фигурира у формули за одређивање годишње продукције ерозионог материјала је приказан у засебном растеру, чијим се множењем добија нови растер који приказује просторну распрострањеност годишње продукције ерозионог материјала, за сваки пиксел (слика 4.19.). Вредности прорачуна су приказане у табели 4.8.: годишња продукција ерозионог материјала на ширем истраживаном



подручју (по растеру величине 100x100 метара) креће се у распону од  $W_{god}=0-12.928,71$   $m^3$ , док је репрезентативна специфична вредност ерозионе продукције на ширем истраживаном подручју  $W_{godsp}=435,71$   $m^3 \cdot km^2 \cdot god^{-1}$ . Пиксели који имају вредности годишње ерозионе продукције 0 представљају мање водене површине, величине до неколико хектара (нпр. језеро Радаљ), и изостављени су из даљих анализа. Највећа годишња ерозиона продукција преко  $W_{god}=3.000$   $m^3 \cdot km^2 \cdot god^{-1}$ , јавља се у зонама алувијалних равни река Јадра, Ликодре, Пецке и Мојковачке реке. Невезани материјал, односно, нанос у плавним зонама, представља богато извориште ерозионог материјала приликом сваког наиласка великих вода.

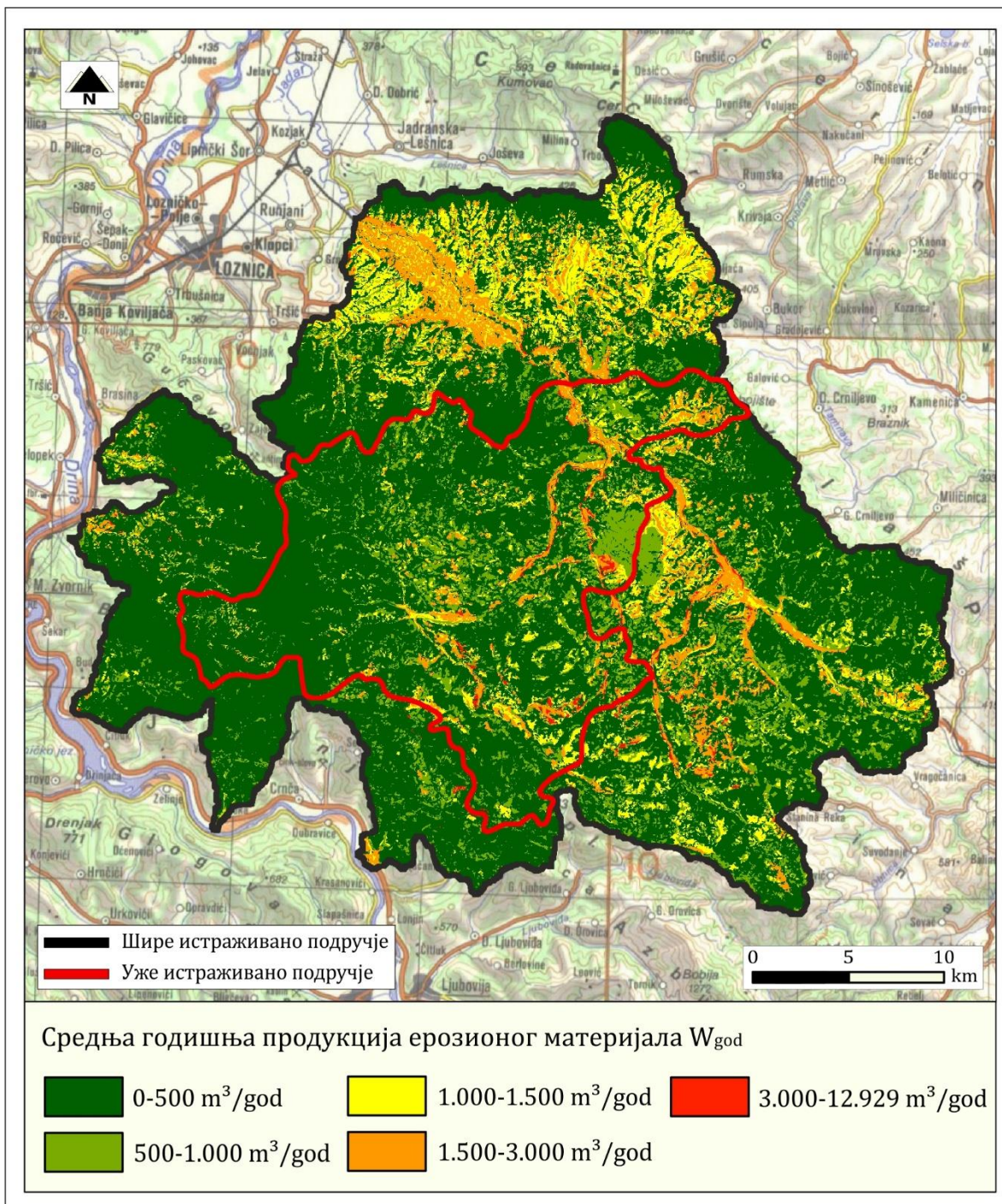
Табела 4.8. Продукција ерозионог материјала на ширем истраживаном подручју

Категорија ерозије	Јачина ерозионих процеса	количина ерозионог материјала $m^3 \cdot km^2 \cdot god^{-1}$	А $km^2$	А %
V	Врло слаба ерозија	0-500	745,98	68,71
IV	Слаба ерозија	500-1.000	141,15	13,00
III	Средња ерозија	1.000-1.500	103,84	9,56
II	Јака ерозија	1.500-3.000	88,60	8,16
I	Експесивна ерозија	преко 3.000	6,23	0,57
			1085,80	100

На ужем истраживаном подручју (територија општине Крупањ) дијапазон годишњих вредности ерозионих губитка земљишта износи (по растеру величине 100x100 метара)  $W_{god}=0-12.928,70$   $m^3$  (слика 4.19.), док је репрезентативна специфична вредност ерозионе продукције  $W_{godsp}=383,06$   $m^3 \cdot km^2 \cdot god^{-1}$  (табела 4.9.). Водена површина реке Јадар, која је издвојена при анализи годишње ерозионе продукције, заузима око 6 хектара, и има вредност ерозионих губитка 0.

Табела 4.9. Продукција ерозионог материјала на ужем истраживаном подручју

Категорија ерозије	Јачина ерозионих процеса	Специфична продукција ерозионог материјала $W_{sp}$ ( $m^3 \cdot km^2 \cdot god^{-1}$ )	A ( $km^2$ )	A (%)
V	Врло слаба ерозија	0-500	243,02	71,38
IV	Слаба ерозија	500-1.000	54,04	15,87
III	Средња ерозија	1.000-1.500	19,87	5,84
II	Јака ерозија	1.500-3.000	20,65	6,07
I	Екседивна ерозија	преко 3.000	2,87	0,84
			340,45	100



Слика 4.19. Просторна дистрибуција специфичне продукције ерозионог материјала ( $W_{sp}$ ) на истраживаном подручју

#### 4.2.7. Годишњи пронос наноса (МПЕ)

Годишњи пронос наноса  $G_{god}$  на истраживаном подручју одређен је на основу МПЕ (табела 4.10.), за сва издвојена сливна подручја. Вредности специфичног годишњег проноса наноса  $G_{godsp}$  крећу се у распону од  $G_{godsp}=37,31 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$  (река Троноша) до  $G_{godsp}=342,29 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$  (Бастановска река).

Табела 4.10. Продукција и пронос ерозионог материјала на сливним површинама

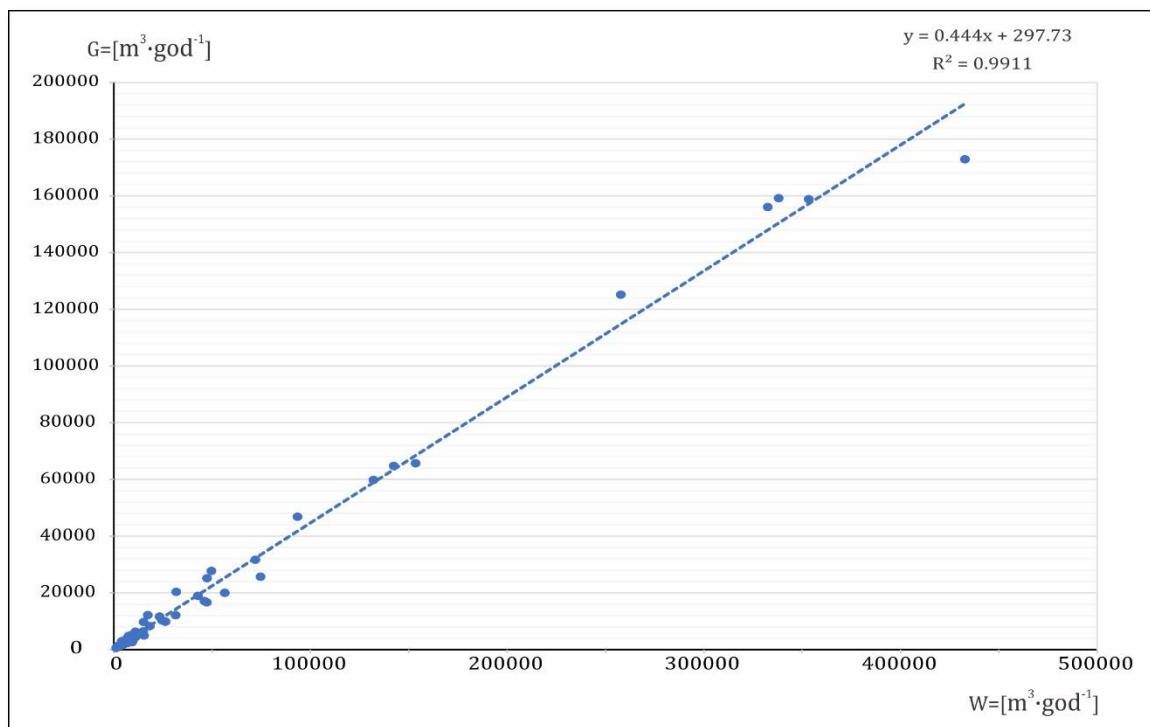
ID_Слива	Назив слива	F	$W_{sp}$	W	$R_u$	$G_{sp}$	G
		km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> ·km <sup>-2</sup> ·god <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ·god <sup>-1</sup>		m <sup>3</sup> ·km <sup>-2</sup> ·god <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ·god <sup>-1</sup>
1	Церница	38,16	688,6	26276,98	0,3752	258,36	9859,12
2	Коренита (ушће у Јадар)	99,49	463,16	46079,79	0,3707	171,69	17081,78
3	Јадар	853,93	506,84	432805,9	0,3994	202,43	172862,7
4	Грабара	14,48	638,76	9249,24	0,2805	179,17	2594,41
5	Мала река	21,14	723,07	15285,7	0,3271	236,52	4999,95
6	Коренита (спајање са Ступничком реком)	65,36	278,7	18215,83	0,4539	126,5	8268,17
7	Ступничка река	18,47	500,02	9235,37	0,3926	196,31	3625,81
8	Јадар (спајање са Грабаром)	715,87	493,54	353310,5	0,4496	221,9	158848,4
9	Церница (спајање са Завлачицом)	70,11	674,29	47274,47	0,3522	237,48	16650,07
10	Јадар (спајање са Крлаганом)	682,71	487,04	332507,1	0,4693	228,57	156045,6
11	Крлаган	32,46	357,16	11593,41	0,493	176,08	5715,55
12	Сипуља	14,85	655,8	9738,63	0,3569	234,06	3475,72
13	Раковица	13,53	308,77	4177,66	0,3785	116,87	1581,24
14	Јадар (спајање са Раковицом)	668,25	505,85	338034,3	0,471	238,26	159214,1
15	Троноша	14,84	81,54	1210,05	0,4576	37,31	553,72
16	Церница (улив у Јадар)	110,63	674,45	74614,4	0,3448	232,55	25727,05

17	Серница (спајање са Малом реком)	85,78	657,7	56417,51	0,3551	233,55	20033,86
18	Коренита (спајање са Троношом)	31,49	140,34	4419,31	0,5334	74,86	2357,26
19	Јадар (спајање са Церницом)	547,62	470,7	257764,7	0,4856	228,57	125170,6
20	Завлачица (улив у Церницу)	12,88	529,39	6818,54	0,3337	176,66	2275,35
21	Јадар (спајање са Ликодром)	308,92	496,83	153480,7	0,4282	212,74	65720,44
22	Ликодра (улив у Јадар)	217,31	429,68	93373,76	0,5015	215,48	46826,94
23	Конјушица	19,06	259,41	4944,35	0,3804	98,68	1880,83
24	Боринска река	36,68	146,53	5374,72	0,532	77,95	2859,35
25	Равнајица	12,08	745,33	9003,59	0,2869	213,84	2583,13
26	Јадар (спајање са Равнајицом)	288,77	492,94	142346,3	0,4552	224,39	64796,03
27	Ликодра (спајање са Мојковачком реком)	139,74	354,91	49595,12	0,5593	198,5	27738,55
28	Мојковачка река	76,11	560,9	42690,1	0,4439	248,98	18950,14
29	Јадар (спајање са Коњушицом)	268,5	491,55	131981,2	0,4535	222,92	59853,47
30	Радаљ	47,08	184,03	8664,13	0,5862	107,88	5078,91
31	Коларуша	29,65	369,83	10965,46	0,3997	147,82	4382,89
32	Ловачка река	22	218,59	4808,98	0,3696	80,79	1777,4
33	Пецка	88,44	535,31	47342,82	0,5318	284,68	25176,91
34	Јадар (спајање са Пецком)	156,26	460,62	71976,48	0,4403	202,81	31691,24

35	Церовица	14,85	436,39	6480,39	0,4616	201,44	2991,35
36	Лоикодра (спајање са Церовицом)	99,02	319,81	31667,59	0,6428	205,57	20355,93
37	Баставска река	34,02	682,26	23210,49	0,5017	342,29	11644,7
38	Чађавица	34,33	141,13	4844,99	0,561	79,17	2718,04
39	Остружањска река	46,76	524,33	24517,67	0,4214	220,95	10331,75
40	Јадар (спајање са Остружањском реком)	94,44	332,31	31383,36	0,3858	128,21	12107,7
41	Ликодра (спајање са Чађавицом)	48,26	356,99	17228,34	0,7074	252,53	12187,33
42	Кржава	12,44	160,07	1991,27	0,6077	97,27	1210,09
43	Јадар (спајање са Ловачком реком)	71,51	362,84	25946,69	0,3823	138,71	9919,42
44	Борањска река	46,23	110,69	5117,2	0,6149	68,06	3146,57
45	Сирдијска река	23,12	271,75	6282,86	0,3554	96,58	2232,93
46	Мочионик	22,5	389,42	8761,95	0,3696	143,93	3238,42
47	Јадар (спајање са Сирдијском реком)	41,97	356,58	14965,66	0,4301	153,37	6436,73
48	Вишка река	12,54	279,54	3505,43	0,3808	106,45	1334,87
49	Богоштица	35,75	424,22	15165,87	0,641	271,93	9721,32
50	Велика река	26,75	75,82	2028,19	0,6392	48,46	1296,42
51	Узовничка река	30,82	239,71	7387,86	0,6461	154,88	4773,3
52	Царинка	16,03	369,3	5919,88	0,5825	215,12	3448,33
53	Драгодолка	30,05	366,82	11022,94	0,5718	209,75	6302,92

54	Подстењска река	20,2	252,58	5102,12	0,5958	150,49	3039,84
55	Соколска река	24,11	166,97	4025,65	0,733	122,39	2950,8

На дијаграму (слика 4.20.), чија је апсциса укупна запремина продукованог (насталог), а ордината укупна запремина пронетог (изнетог) ерозионог материјала из слива, може се уочити велика линеарна зависност између ове две вредности, са високом вредношћу коефицијента детерминације  $R^2=0,991$ .



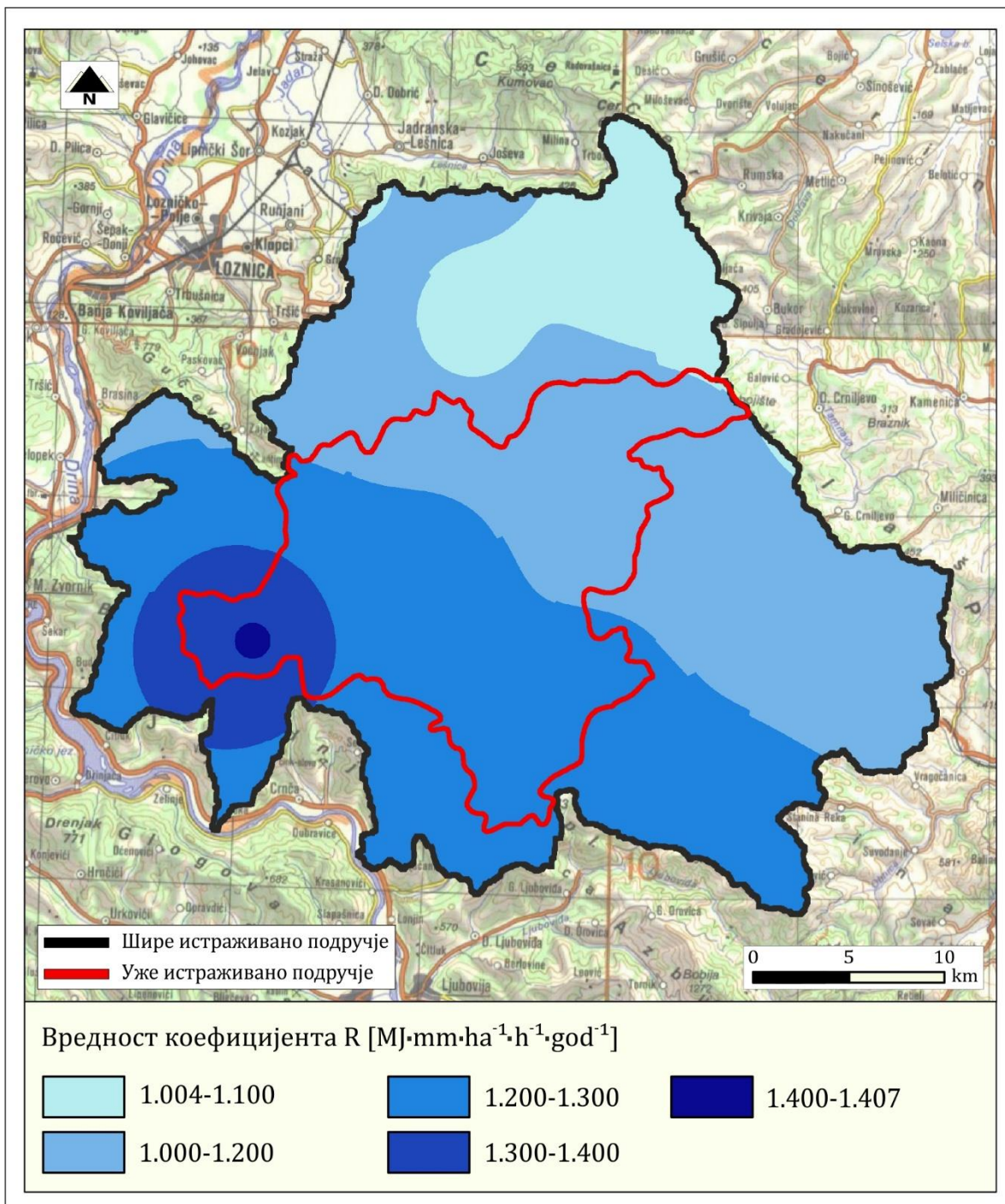
Слика 4.20. Однос између укупне годишње продукције ерозионог материјала и укупног годишњег проноса наноса

### 4.3. Резултати прорачуна укупне ерозионе продукције према RUSLE

#### 4.3.1. Фактор ерозионог дејства кише (R)

Фактор ерозионог дејства кише (R-фактор) квантификује потенцијални капацитет кише која може да изазове ерозију земљишта. Вредности фактора ерозивности, за потребе ове докторске дисертације, одређене су на основу мерења, обраде и анализе података о годишњим количинама падавина, који су забележени на 16 кишомерних станица од утицаја за истраживано подручје. Применом Гримове зависности (Grimm et al., 2003) добијене су вредности R фактора за сваку кишомерну станицу. Поступком интерполације, који је коришћен у GIS-у, добијена је карта ерозивног дејства кише, у растерском облику. Просторна дистрибуција овог фактора приказана је на слици 4.21. Интензитет R-фактора на ширем истраживаном подручју има вредности од  $R=1.003,92$  до  $R=1.406,16 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , са средњом вредношћу од  $R=1.187,68 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ . На ужем истраживаном подручју (општина Крупањ) вредности ерозионог дејства кише су у распону од  $R=1.096,14$  до  $R=1.406,16 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ , док средња вредност износи  $R=1.214,24 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ .



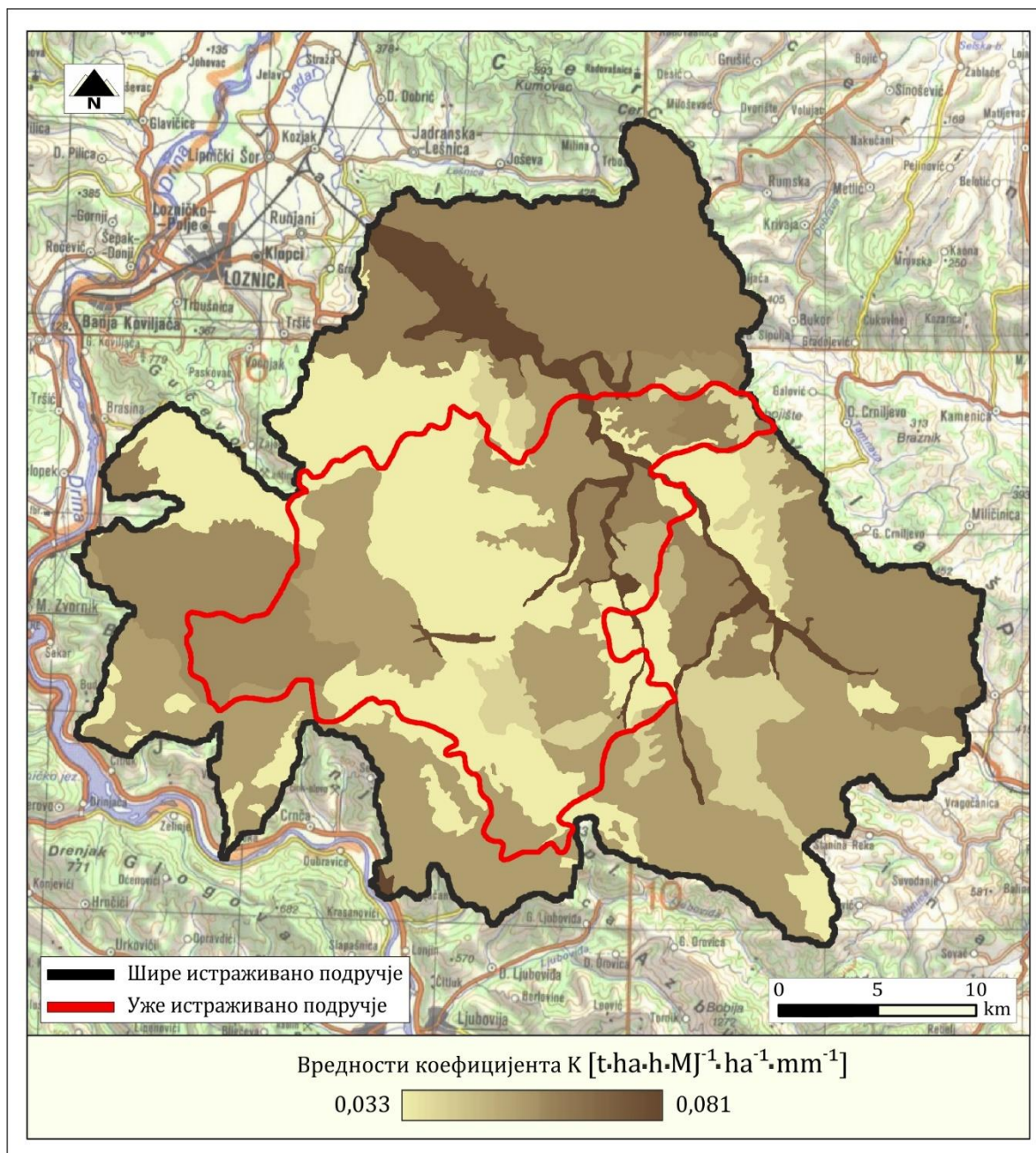


Слика 4.21. Просторна дистрибуција фактора ерозионог дејства кише (R) на истраживаном подручју

#### 4.3.2. Фактор еродибилности земљишта (K)

Фактор еродибилности земљишта (K-фактор) представља важан показатељ у поступку прорачуна земљишних губитака под дејством ерозионих процеса. Директно одређивање фактора K на терену изискује обимне теренске истражне радове, тако да је за потребе ове докторске дисертације процена фактора K обављена коришћењем једначине Wischmeier-a и Smith-a (Wischmeier, Smith, 1978). Карактеристике типова земљишта (структура, текстура, садржај органске материје, водопропустљивост) на истраживаном подручју преузете су из литературе (Tanasijević et al., 1966). На ширем истраживаном

подручју издвојено је 14 типова земљишта за које је одређен фактор К. Просторна дистрибуција фактора еродибилности земљишта К приказана је на одговарајућој, генерисаној карти (слика 4.22.). Земљиште на предметном подручју има умерене вредности фактора К, које се крећу од  $K=0,033$  до  $K=0,081 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ , са средњом вредношћу  $K=0,047 \text{ t}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ .



Слика 4.22. Просторна дистрибуција фактора еродибилности земљишта (К) на истраживаном подручју

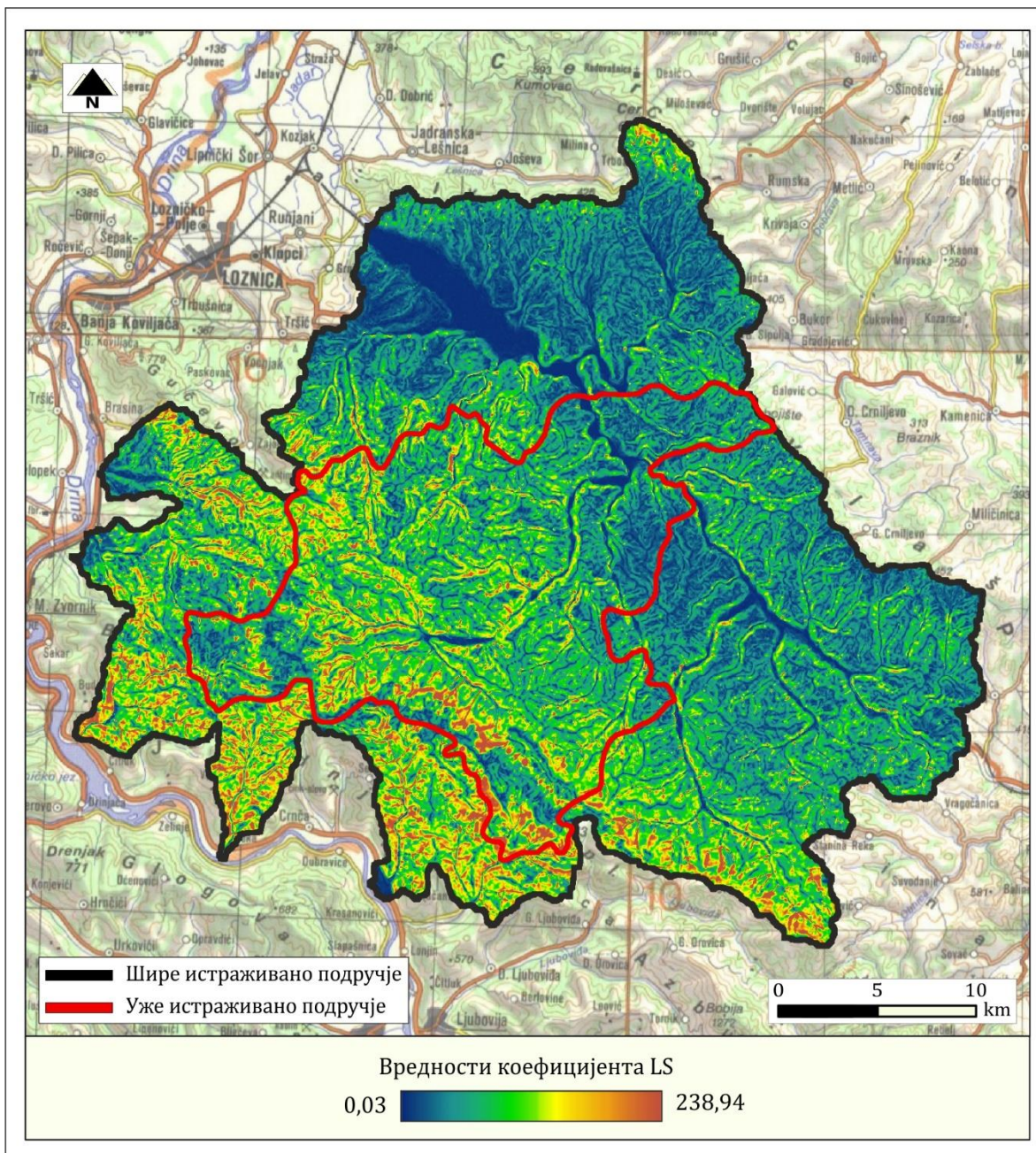
#### 4.3.3. Топографски фактор (LS)

Утицај топографије на ерозију земљишта одређен је као производ фактора дужине (L) и фактора нагиба (S) падине. За потребе ове докторске дисертације топографски фактор (LS фактор) је дефинисан применом алгоритма Desmet-a и Govers-a (1996) (Desmet,

Govers, 1996; Panagos et al., 2015). За прорачун топографског фактора коришћен је дигитални модел терена, са просторном резолуцијом од 25 метара. Вредности топографског фактора (LS) на ширем истраживаном подручју крећу се у дијапазону од LS=0,03 до LS=238,94, са средњом вредношћу LS=3,78. У табели 4.11. приказане су издвојене, елементарне површине, са различитим вредностима LS, као делови истраживаног подручја. Просторна дистрибуција LS фактора представљена је на одговарајућој, генерисаној карти (слика 4.23.). Вредности топографског фактора (LS) на ужем истраживаном подручју (општина Крупањ) крећу се у дијапазону од LS=0,03 до LS=238,94, са средњом вредношћу LS=4,22. У табели 4.11. приказане су издвојене, елементарне површине, са различитим вредностима LS, као делови ужег истраживаног подручја (општина Крупањ). Анализа добијених података (табела 4.11.) показала је да више од 96% истраживаног подручја има LS<10, што представа умерену рањивост (Panagos et al., 2015) у односу на топографски потенцијал. Насупрот томе, преосталих 4% представља подручје са високим потенцијалом за појаву ерозионих процеса, посебно у периодима са већом количином падавина.

Табела 4.11. Заступљеност топографског фактора на истраживаном подручју

	Скала	km <sup>2</sup>	%
1	< 0,1	6,81	0,63
2	0,1-0,5	54,50	5,03
3	0,5-1	93,96	8,65
4	1-2	204,05	18,79
5	2-3	182,88	16,84
6	3-5	264,42	24,35
7	5-10	236,30	21,76
8	> 10	42,88	3,95
		1.085,80	100,00

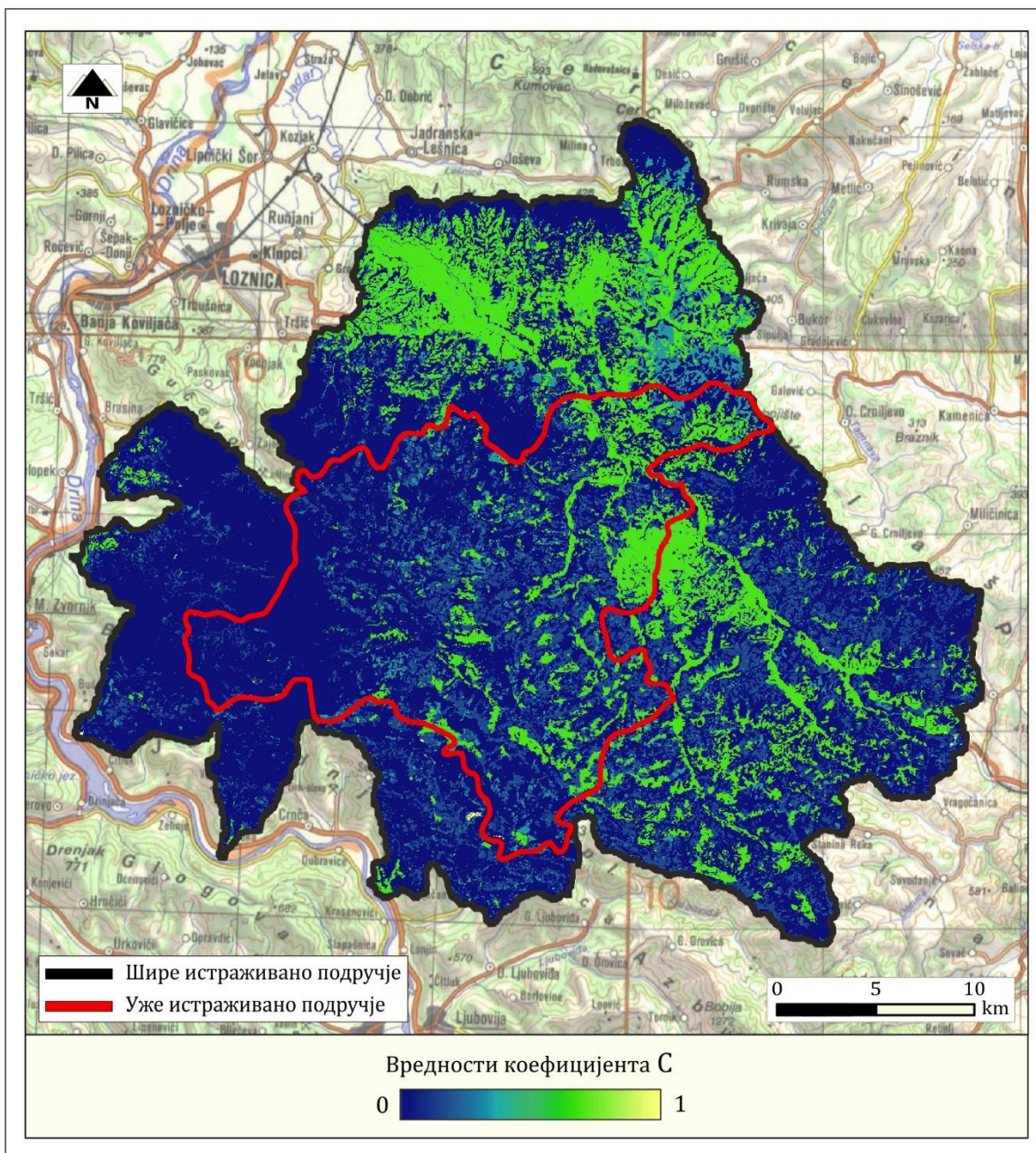


Слика 4.23. Просторна дистрибуција топографског фактора (LS -фактор) на истраживаном подручју

#### 4.3.4. Вегетациони фактор (C)

Вегетациони фактор (C) представља један од најсензитивнијих фактора у прорачуну интензитета ерозије земљишта применом RUSLE. C фактор представља синтезу утицаја земљишног покривача и начина коришћења простора. Вредности C крећу се у распону од  $C=0$  (земљиште је заштићено од деловања ерозионих процеса) до  $C=1$  (земљиште је деградирано, без вегетације). Квалитетна, добро структурирана шумска вегетација и природне ливаде представљају најбољу заштиту земљишта од ерозије, док пољопривредне површине, у зависности од гајених култура и технике обраде земљишта, имају мањи заштитни ефекат. Парадигма „лоше“ праксе, са аспекта противерозивне заштите, јесте примена орања, односно, формирања редова низ нагиб. Коришћење

природне вегетације и примена принципа агрошумарства повећавају степен заштите земљишта од ерозије. Вредности фактора С, за потребе ове докторске дисертације, су утврђене на основу структуре површина добијене помоћу CORINE Land Cover базе података, у складу са оригиналним, табеларним вредностима фактора С које се додељују за поједине форме коришћења простора (Panagos et al., 2015)(Panagos, Borrelli, Meusburger, et al., 2015)(Panagos, Borrelli, Meusburger, et al., 2015). Добијене вредности фактора С се крећу у дијапазону од  $C=0,001$  до  $C=0,4$  са просечном вредношћу  $C=0,1$  (слика 4.24.).



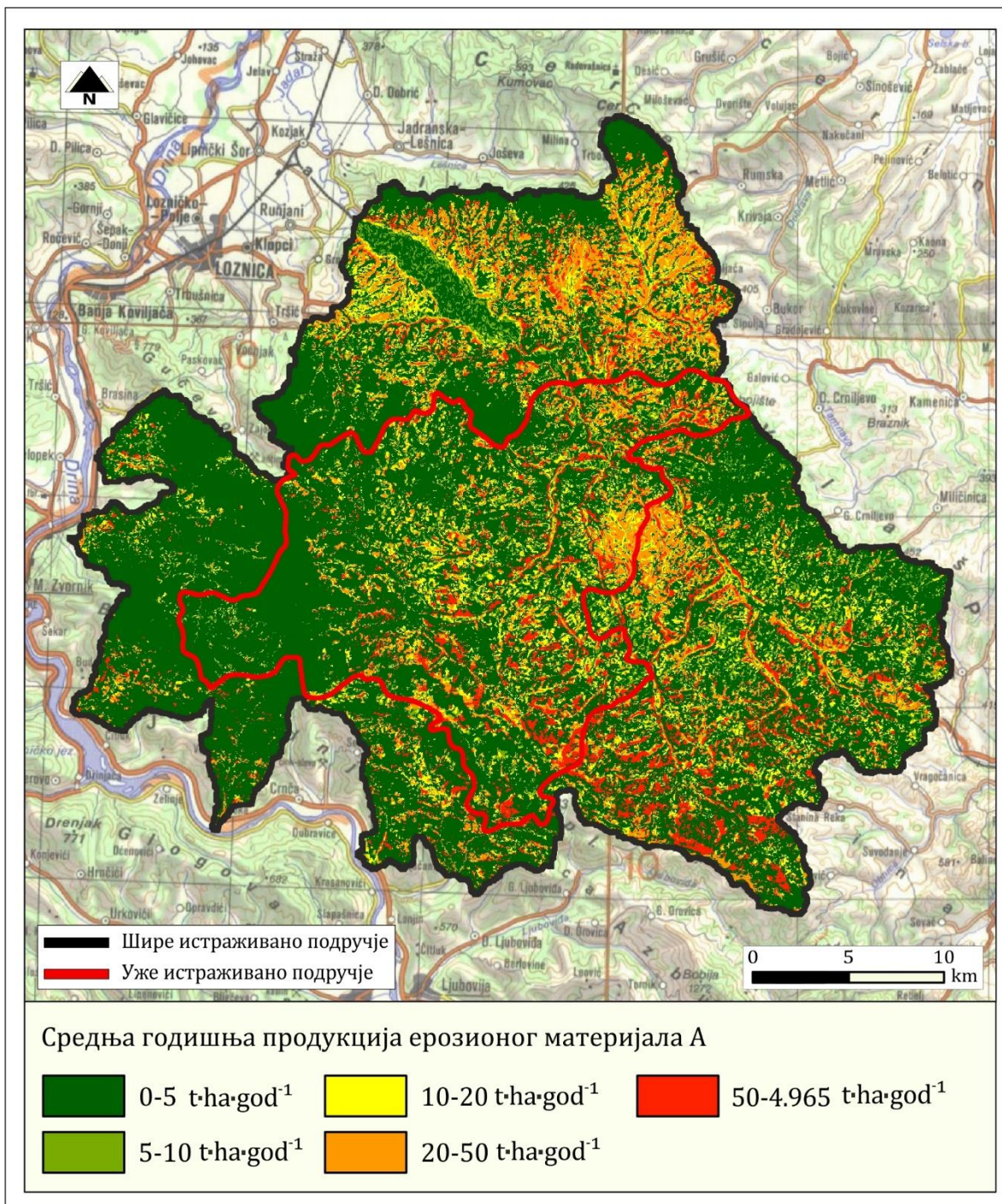
Слике 4.24. Просторна дистрибуција вегетационог фактора (С) на истраживаном подручју

#### 4.3.7. Годишња продукција ерозионог материјала (RUSLE)

Годишња продукција ерозионог материјала на истраживаном подручју, процењена је коришћењем RUSLE, чији су параметри обрађени применом ГИС софтвера, где је сваки фактор приказан у посебном „слоју“ (растеру). Растер „земљишни покривач и начин коришћења простора“, који је коришћен за потребе ове дисертације, има просторну резолуцију 100x100 метара, чиме је дефинисана и величина пиксела осталих слојева. После кориговања слојева на заједничку резолуцију, извршено је множење фактора, на основу чега је генерисана представа просторне дистрибуције просечних вредности продукције ерозионог материјала за сваки пиксел (слика 4.25.). Квантитативна класификација губитака земљишта извршена је према FAO смерницама (Ђоровић, 2005), уз неке мање корекције како би се прилагодила локалним условима терена (табела 4.12.). Годишње вредности ерозионих губитка земљишта на ширем истраживаном подручју крећу се у распону од  $A=0-4.964,37 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ . Средња годишња вредност ерозионих губитка земљишта на ширем истраживаном подручју износи  $A=12,54 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$  (умерено угрожено подручје). Највеће средње годишње вредности губитака земљишта јављају се на сликовима река Царинке ( $A=28,63 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ ), Баставске реке ( $A=27,55 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ ) и Драгодолке ( $A=25,38 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ ). Најмањи интензитет ерозије забележен је на сливу реке Трноше и износи  $A=1,28 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ .

Табела 4.12. Класификација губитака земљишта на ширем истраживаном подручју

	Интензитет ерозије $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$	Површина	
		$\text{km}^2$	%
1	0-5	715,74	65,92
2	5-10	56,97	5,25
3	10-20	94,51	8,7
4	20-50	141,82	13,06
5	>50	76,76	7,07
		1085,80	100



Слика 4.25. Просторни распоред средњих годишњих вредности ерозионих губитка земљишта (А)

На ужем истраживаном подручју (територија општине Крупањ) годишње вредности ерозионих губитка земљишта крећу се у распону од  $A=0-2.016,00 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$  (слика 4.25), са просечном вредношћу  $A=12,46 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$  (табела 4.13.). Највеће вредности годишњих губитака земљишта забележене су углавном око сеоских насеља, на обрадивом земљишту и комплексима обрадивих површина.

Табела 4.13. Класификација губитака земљишта на ужем истраживаном подручју

	Интензитет ерозије $t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$	Површина	
		$km^2$	%
1	0-5	227,96	66,96
2	5-10	16,72	4,91
3	10-20	31,11	9,13
4	20-50	39,22	11,52
5	>50	25,45	7,48
		340,46	100

У табели бр 4.14. приказане су средње годишње вредности губитака земљишта на издвојеним сливним површинама.

Табела 4.14. Средњи годишњи губитак земљишта на издвојеним сливним површинама

ID_Слива	Назив слива	F	Asr
		$km^2$	$t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}$
1	Церница	38.16	11.56
2	Коренита (ушће у Јадар)	99.49	17.73
3	Јадар	853.93	5.77
4	Грабара	14.48	11.56
5	Мала река	21.14	17.73
6	Коренита (спајање са Ступничком реком)	65.36	5.77
7	Ступничка река	18.47	8.54
8	Јадар (спајање са Грабаром)	715.87	15.2
9	Церница (спајање са Завлачицом)	70.11	19.57
10	Јадар (спајање са Крлаганом)	682.71	15.24
11	Крлаган	32.46	6.8
12	Сипуља	14.85	22.57
13	Раковица	13.53	6.31
14	Јадар (спајање са Раковицом)	668.25	15.74
15	Троноша	14.84	1.28
16	Церница (улив у Јадар)	110.63	18.63
17	Серница (спајање са Малом реком)	85.78	19.12
18	Коренита (спајање са Троношом)	31.49	4.43
19	Јадар (спајање са Церницом)	547.62	15.32
20	Завлачица (улив у Церницу)	12.88	17.06
21	Јадар (спајање са Ликодром)	308.92	15.88
22	Ликодра (улив у Јадар)	217.31	14.81
23	Конјушица	19.06	5.43
24	Боринска река	36.68	17.73
25	Равнајица	12.08	22.68
26	Јадар (спајање са Равнајицом)	288.77	16.17



27	Ликодра (спајање са Мојковачком реком)	139.74	10.91
28	Мојковачка река	76.11	22.02
29	Јадар (спајање са Коњушицом)	268.5	16.17
30	Радаљ	47.08	5.77
31	Коларуша	29.65	16.87
32	Ловачка река	22	6.62
33	Пецка	88.44	23.71
34	Јадар (спајање са Пецком)	156.26	12.87
35	Церовица	14.85	11.56
36	Лоикодра (спајање са Церовицом)	99.02	10.05
37	Баставска река	34.02	27.55
38	Чађавица	34.33	4.7
39	Остружањска река	46.76	15.61
40	Јадар (спајање са Остружањском реком)	94.44	10.15
41	Ликодра (спајање са Чађавицом)	48.26	12.45
42	Кржава	12.44	6.54
43	Јадар (спајање са Ловачком реком)	71.51	11.27
44	Борањска река	46.23	8.54
45	Сирдијска река	23.12	8.9
46	Мочионик	22.5	11.03
47	Јадар (спајање са Сирдијском реком)	41.97	12.4
48	Вишка река	12.54	10.65
49	Богоштица	35.75	14.53
50	Велика река	26.75	15.2
51	Узовничка река	30.82	15.2
52	Царинка	16.03	28.63
53	Драгодолка	30.05	25.38
54	Подстењска река	20.2	15.2
55	Соколска река	24.11	15.2

#### 4.4. Резултати анализе зависности коефицијента ерозије Z и броја криве отицаја CN

Имплементацијом SCS метода утврђена је осетљивост истраживаног подручја на могућност генерисања површинског отицаја. За потребе докторске дисертације дефинисане су вредности броја криве отицаја (CN), како би се одредиле површине које имају највећи потенцијал за генезу површинског отицаја.

Број криве отицаја (CN) за просечне услове влажности, дефинисан је на основу примене стандардне процедуре, током које се одређује тип земљишта и његова хидролошка класа, врста земљишног покривача, хидролошки услови (за пољопривредне и шумске површине), као и начин обраде земљишта. CN вредности додељене су на основу SCS критеријума (USDA-NRCS, 2004) и детаљне анализе локалних услова, чиме је омогућено генерисање грида броја криве отицаја за сваки пиксел (100x100 метара) на истраживаном подручју.

Издвојено је 14 типова земљишта, за које су дефинисане хидролошке класе (табела 4.15.). Највећи део истраживаног подручја покривају типови земљишта хидролошке класе В (62,82%), следи хидролошка класа С (34,47%), док хидролошкој класи D припада свега 2,71% површине истраживаног подручја (табела 4.16.) (Ђоровић, 1984).

Табела 4.15. Хидролошке класе земљишта на истраживаном подручју.

Нова номенклатура	Стара номенклатура	km <sup>2</sup>	%	ХКЗ
Алувијално земљиште (Флувисол), иловасто	Алувијални нанос иловести	21,17	1,95	В
Алувијално земљиште (Флувисол), песковито	Алувијални нанос песковити	29,76	2,74	В
Делувијално (колувијално) земљиште, еутрично, са превагом земљишног материјала, алувијално-делувијално	Алувијално - делувијални нанос	1,8	0,17	В
Илимеризовано земљиште (Лувисол), псеудоглејно	Еродирано - параподзоласто земљиште	86,54	7,97	С
Еутрично смеђе земљиште, илимеризовано	Гајњача у лесивирању (оподзољавању)	0,8	0,07	В
Псеудоглеј	Параподзол (псеудоглеј)	191,62	17,65	С
Илимеризовано земљиште (Лувисол), псеудоглејно, средње скелетно	Параподзоласто земљиште скелетоидно	12,27	1,13	С
Камењар литосол	Скелет (камењар)	29,41	2,71	D
Сирозем, силикатни, средње скелетан и јако скелетан	Скелетоидно и скелетно земљиште на шкриљцима	8,02	0,74	В
Кисело смеђе земљиште, типично, на пешчару	Смеђе кисело земљиште на пешчару	72,7	6,7	С
Смеђе земљиште на кречњаку, типично	Смеђе рудо земљиште на кречњаку	265,6	24,46	В
Кисело смеђе земљиште, типично, на граниту, средње скелетно	Смеђе скелетоидно кисело земљиште на граниту	75,78	6,98	В
Кисело смеђе земљиште, типично, на шкриљцима, средње скелетно	Смеђе скелетоидно земљиште на шкриљцима	279,21	25,71	В
Смоница, средње дубока	Смоница еродирана (плитка)	11,12	1,02	С
		<b>1.085,8</b>	<b>100</b>	

Табела 4.16. Заступљеност хидролошких класа земљишта на истраживаном подручју.

Редни број	Хидролошка класа земљишта	Површина	
		km <sup>2</sup>	%
1	B	682,13	62,82
2	C	374,26	34,47
3	D	29,41	2,71
		1.085,80	100

Начин коришћења земљишта је дефинисан на основу CORINE Land Cover (CLC) базе података. На истраживаном подручју је издвојено је 12 начина коришћења земљишта са одговарајућим вредностима CN, у односу на идентификоване хидролошке класе (табела 4.17.).

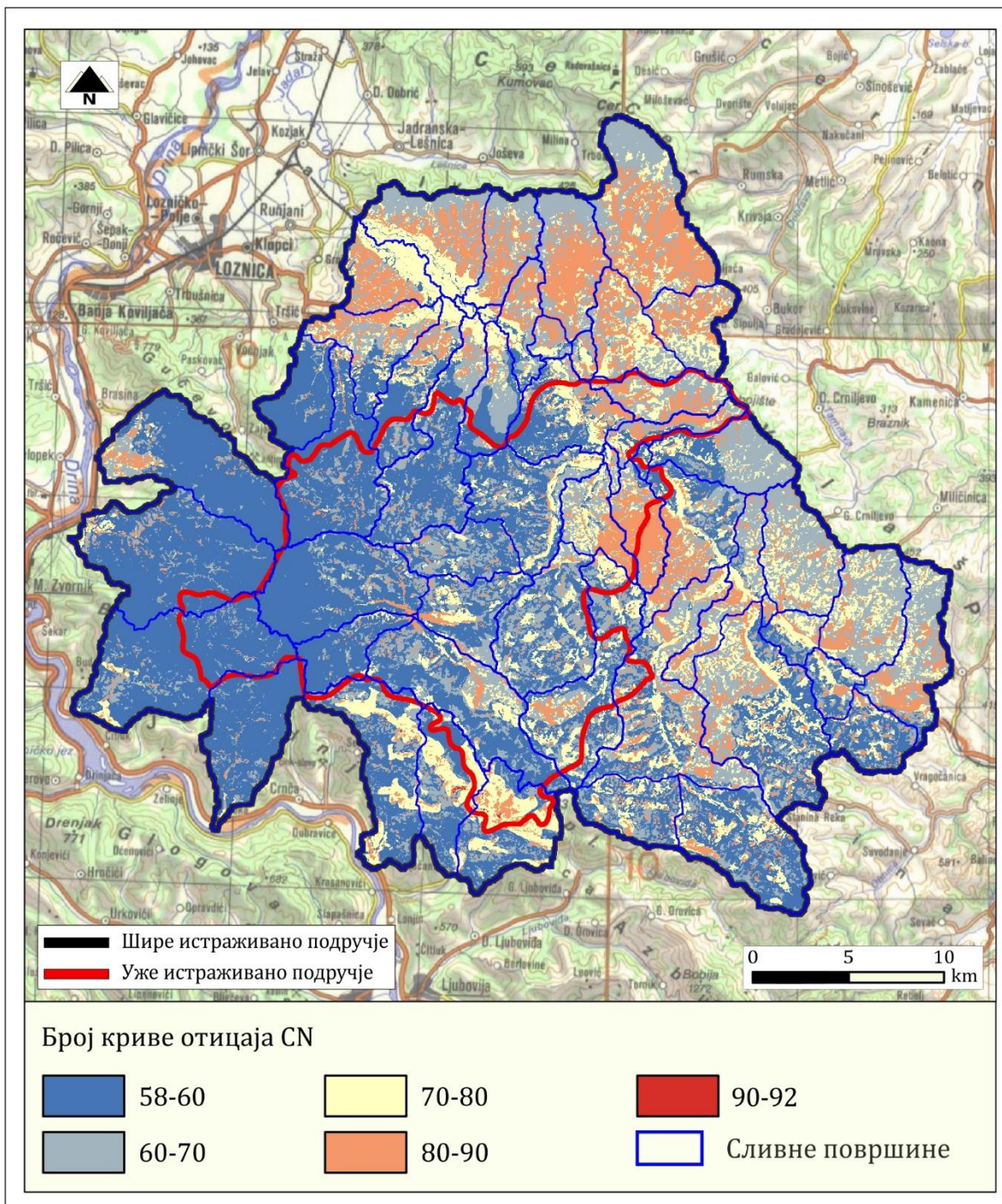
Табела 4.17. Вредности CN на истраживаном подручју за просечне услове влажности земљишта, према CLC бази података

CLC Code	B	C	D
112	85	90	92
133	75	84	87
211	72	82	85
231	58	72	78
242	74	83	86
243	73	82	86
311	55	70	76
312	55	70	76
313	55	70	76
321	61	74	79
324	56	71	77
333	71	81	85

Вредности CN су сврстане у пет класа, према потенцијалу за генезу површинског отицаја, са дијапазоном од CN=58 до CN=92 (табела 4.18.). Највеће просторно учешће (39,62%) има класа CN=51-60 (веома слаб потенцијал за генезу површинског отицаја), следи класа CN=61-70 (слаб потенцијал), затим класа CN=71-80 (умерен потенцијал). Велики потенцијал за генезу површинског отицаја (класа CN=81-90) има 15,61% површине истраживаног подручја, док веома велики потенцијал (класа CN=91-100) показује свега 0,02% површине истраживаног подручја. Просторна дистрибуција вредности CN на истраживаном подручју приказана је на карти (слика 4.26.).

Табела 4.18. Потенцијал за генезу површинског отицаја према вредностима броја криве отицаја (CN)

CN	Потенцијал отицаја	km <sup>2</sup>	%
51-60	веома слаб	430,23	39,62
61-70	слаб	297,54	27,4
71-80	умерен	188,32	17,34
81-90	велики	169,45	15,61
91-100	веома велики	0,27	0,02
		1085.80	100



Слика 4.26. Просторна дистрибуција броја криве отицаја (CN) на истраживаном подручју

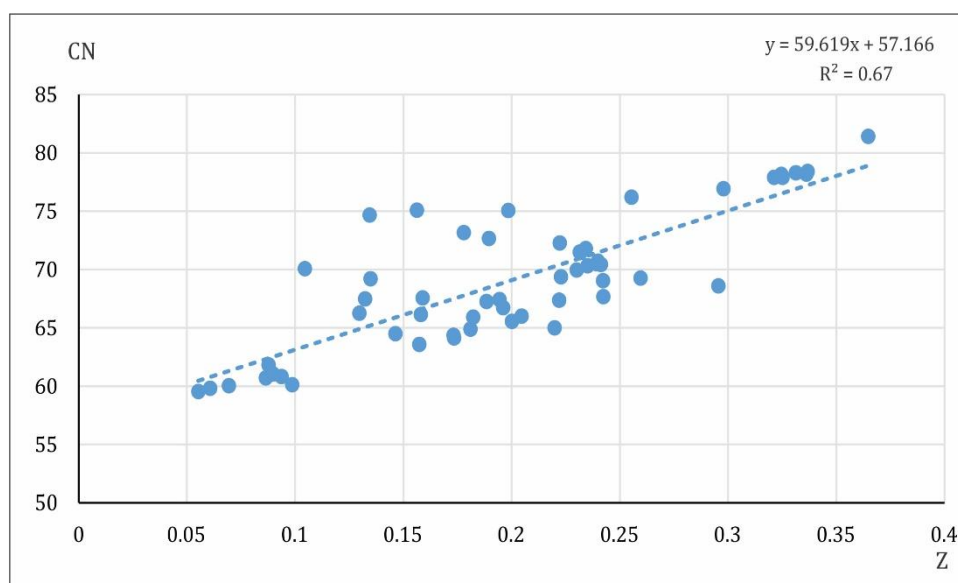
Коришћењем растера просторне концентрација тока (енг. *Flow Accumulation*) и броја криве отицаја, израчунате су средње вредности CN за издвојене сливне површине (табела 4.18.). Средње вредности CN на издвојеним сливовима крећу се у дијапазону од  $CN=59,54$  до  $CN=81,42$ . Најмање средње вредности CN имају сливови Велике реке ( $CN_{sr}=59,54$ ), реке Троноше ( $CN_{sr}=59,54$ ) и Борањске реке ( $CN_{sr}=59,54$ ), док су највеће вредности утврђене на сливовима река Равнајице ( $CN_{sr}=81,42$ ) и Цернице ( $CN_{sr}=78,40$ ).

Табела 4.18. Средње вредности броја криве отицаја CNsr  
на издвојеним сливним површинама

ID_Слива	Назив слива	Површина слива (km <sup>2</sup> )	CNsr
1	Церница	38,16	78,4
2	Коренита (ушће у Јадар)	99,49	67,39
3	Јадар	853,93	70,5
4	Грабара	14,48	76,93
5	Мала река	21,14	78,19
6	Коренита (спајање са Ступничком реком)	65,36	64,5
7	Ступничка река	18,47	67,69
8	Јадар (спајање са Грабаром)	715,87	70,34
9	Церница (спајање са Завлачицом)	70,11	78,29
10	Јадар (спајање са Крлаганом)	682,71	69,98
11	Крлаган	32,46	64,9
12	Сипуља	14,85	78,16
13	Раковица	13,53	67,56
14	Јадар (спајање са Раковицом)	668,25	70,73
15	Троноша	14,84	59,83
16	Церница (улив у Јадар)	110,63	77,91
17	Серница (спајање са Малом реком)	85,78	77,92
18	Коренита (спајање са Троношом)	31,49	61,05
19	Јадар (спајање са Церницом)	547,62	69,39
20	Завлачица (улив у Церницу)	12,88	76,22
21	Јадар (спајање са Ликодром)	308,92	71,82
22	Ликодра (улив у Јадар)	217,31	66,02
23	Конјушица	19,06	69,23
24	Боринска река	36,68	61,83
25	Равнајица	12,08	81,42
26	Јадар (спајање са Равнајицом)	288,77	71,47
27	Ликодра (спајање са Мојковачком реком)	139,74	64,15
28	Мојковачка река	76,11	69,27
29	Јадар (спајање са Коњушицом)	268,5	71,49
30	Радаљ	47,08	60,12
31	Коларуша	29,65	66,74
32	Ловачка река	22	74,68
33	Пецка	88,44	69,05
34	Јадар (спајање са Пецком)	156,26	72,29
35	Церовица	14,85	65,02

36	Лоикодра (спајање са Церовицом)	99,02	63,59
37	Баставска река	34,02	68,61
38	Чађавица	34,33	60,7
39	Остружањска река	46,76	70,45
40	Јадар (спајање са Остружањском реком)	94,44	73,18
41	Ликодра (спајање са Чађавицом)	48,26	64,38
42	Кржава	12,44	60,84
43	Јадар (спајање са Ловачком реком)	71,51	72,68
44	Борањска река	46,23	60,05
45	Сирдијска река	23,12	75,09
46	Мочионик	22,5	75,08
47	Јадар (спајање са Сирдијском реком)	41,97	67,27
48	Вишка река	12,54	66,14
49	Богоштица	35,75	65,58
50	Велика река	26,75	59,54
51	Узовничка река	30,82	66,27
52	Царинка	16,03	67,44
53	Драгодолка	30,05	65,92
54	Подстењска река	20,2	67,48
55	Соколска река	24,11	70,08

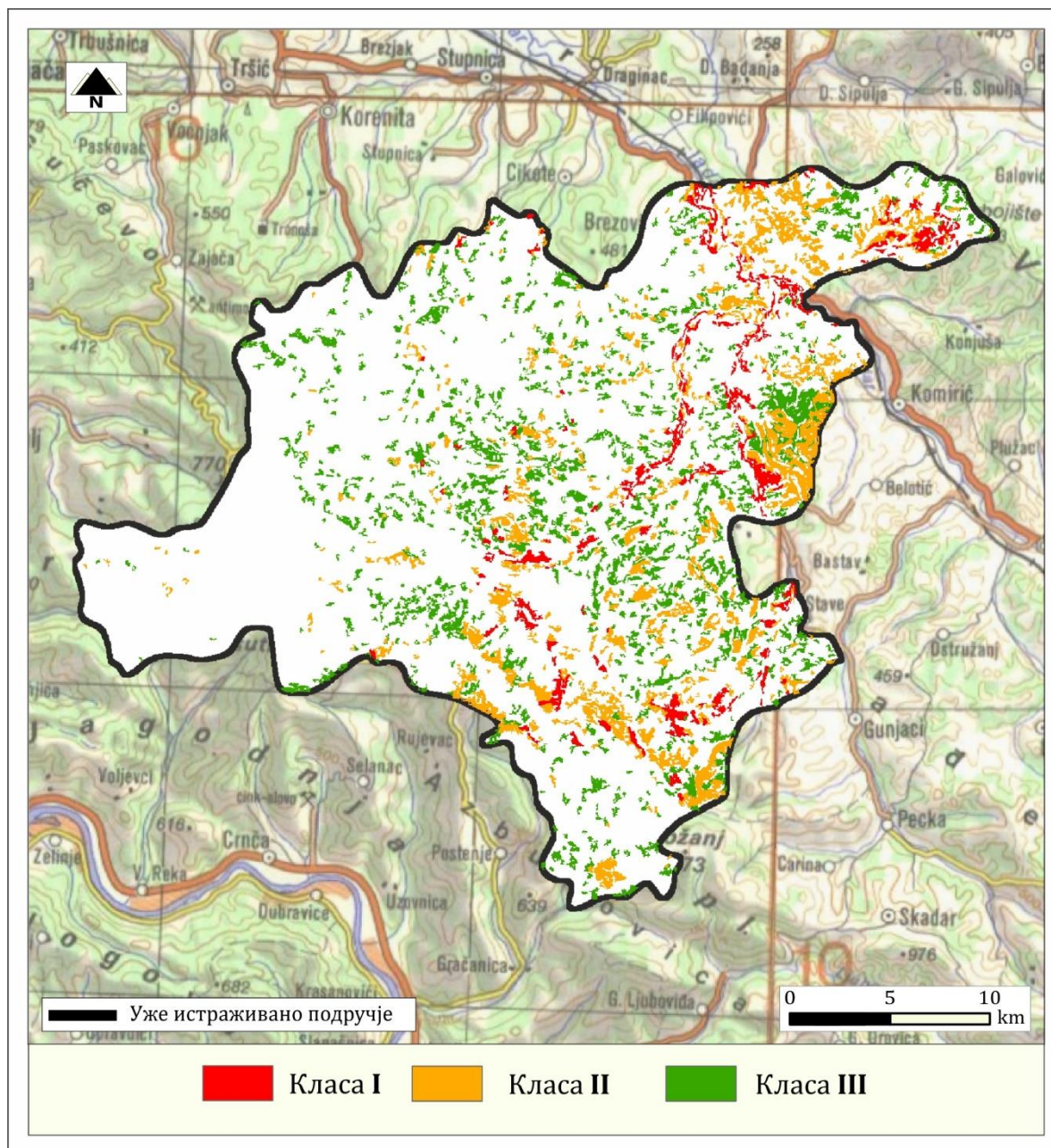
На дијаграму (слика 4.27.) је представљен однос средњих вредности коефицијената ерозије ( $Zsr$ ) и средњих вредности бројева кривих отицаја ( $CNsr$ ), за сваки издвојен слив. Према датом дијаграму, може се уочити велика линеарна зависност између ових вредности, са коефицијентом корелације  $R=0,82$ .



Слика 4.27. Однос између просечних вредности коефицијената ерозије ( $Zsr$ ) и средњих вредности бројева кривих отицаја ( $CNsr$ ) на издвојеним сливним подручјима

#### 4.5. Детерминација елементарних ерозионих површина и ерозионих подручја на истраживаном простору

Применом методологије која је представљена у овој докторској дисертацији идентификована су елементарне ерозионе површине и ерозиона подручја на ужем истраживаном простору (општина Крупањ). Просторна дистрибуција идентификованих елементарних ерозионих површина приказана је на слици 4.28. а површинска заступљеност у табели 4.19.



Слика 4.28. Просторна дистрибуција ерозионих површина/подручја на територији општине Крупањ (уже истраживано подручје)



Табела 4.19.: Идентификоване ерозионе површине/подручја  
на територији општине Крупањ

ID	Класа	Површина (ha)	Координате (centroid)		ID	Класа	Површина (ha)	Координате (centroid)	
			X	Y				X	Y
1	III	1,81	7373819	4905096	45	III	1	7359838	4911628
2	III	8,25	7376162	4905566	46	III	2,38	7381783	4911618
3	III	1,19	7373938	4906718	47	III	5,56	7371699	4911530
4	III	3,94	7375132	4906699	48	III	1,38	7379347	4911694
5	III	1,31	7373493	4907032	49	III	1,81	7376836	4911713
6	III	4,63	7376910	4907312	50	III	1,06	7367176	4911780
7	III	1,31	7377165	4907429	51	III	1,38	7381457	4911785
8	III	1,38	7376550	4907625	52	III	1	7375945	4911864
9	III	15	7374555	4907545	53	III	1,06	7375711	4912024
10	III	1,44	7375585	4907978	54	III	1,94	7378805	4911852
11	III	1	7373102	4908067	55	III	3,06	7380619	4911945
12	III	2,56	7373364	4908383	56	III	2,75	7382051	4911969
13	III	3,44	7372815	4908738	57	III	2,94	7379563	4911985
14	III	3,13	7373472	4909104	58	III	2,38	7381143	4912029
15	III	1,06	7374465	4909301	59	III	1,5	7377031	4912209
16	III	1,25	7374296	4909439	60	III	1,31	7381634	4912205
17	III	2,31	7371988	4909535	61	III	1,06	7362157	4912268
18	III	1,19	7371780	4909618	62	III	1,94	7368096	4912209
19	III	1,06	7371821	4909860	63	III	1,06	7379998	4912451
20	III	3,75	7372255	4909721	64	III	6,44	7381093	4912356
21	II	2,31	7374421	4910077	65	III	3,63	7379302	4912423
22	II	3,88	7370223	4910336	66	III	1,06	7365011	4912565
23	III	2,06	7370250	4910550	67	III	2,63	7369750	4912511
24	III	1,81	7375831	4910532	68	III	1,31	7378985	4912564
25	III	1,12	7365092	4910749	69	III	1,19	7381018	4912763
26	III	1,63	7370646	4910703	70	III	3,19	7379655	4912750
27	III	1,06	7376496	4910780	71	III	1	7381044	4913000
28	III	1	7369025	4910709	72	III	1,25	7379645	4913016
29	III	1,44	7370472	4910669	73	III	1	7378998	4913439
30	III	1	7376000	4910781	74	III	1,19	7379402	4913506
31	III	1	7364891	4910756	75	III	1,56	7380005	4913438
32	III	2,25	7368632	4910840	76	III	1,62	7379219	4913492
33	III	1,25	7365468	4910939	77	III	1,13	7380561	4913921
34	III	1	7368542	4911053	78	III	1,06	7379038	4914023
35	III	3,75	7365797	4911041	79	III	1,38	7377105	4914022
36	III	2,38	7372372	4911038	80	III	2,06	7378553	4914069
37	III	1,13	7379363	4911169	81	III	1,5	7369448	4914115
38	III	2,25	7366019	4911176	82	III	1,25	7374551	4914101
39	III	1,13	7368701	4911233	83	III	1,38	7378618	4914417
40	III	4,75	7366351	4911369	84	III	1,13	7378265	4914454
41	III	7,31	7381343	4911391	85	III	1,44	7378869	4914515
42	III	1,37	7367465	4911560	86	III	1,19	7359613	4914553

43	III	1,31	7380549	4911561	87	III	1,5	7376536	4914593
44	III	1,13	7381204	4911600	88	II	1,37	7372017	4914616
89	II	1,63	7372206	4914639	135	III	2,13	7372591	4916644
90	II	3,56	7372651	4914627	136	III	1,19	7376238	4916745
91	II	4,69	7371709	4914594	137	III	1,5	7377023	4916707
92	III	1,63	7374908	4914613	138	III	1,69	7370897	4916786
93	III	2,12	7378181	4914676	139	III	1,06	7378827	4916817
94	II	1	7371527	4914742	140	II	1,5	7375367	4916846
95	III	1,13	7373329	4914718	141	III	1	7376061	4916942
96	III	2,19	7359405	4914723	142	III	1,63	7380405	4916934
97	III	1,13	7358453	4914775	143	III	7,63	7373667	4916871
98	II	1,56	7358756	4914751	144	III	3,06	7374077	4916907
99	III	1,06	7378942	4914807	145	III	1,25	7376340	4916968
100	II	1,13	7360653	4915065	146	III	2,19	7371183	4917002
101	III	2	7378073	4915087	147	III	1,69	7369795	4917007
102	III	6,06	7374256	4915003	148	III	3,88	7372508	4916966
103	III	1,19	7376060	4915198	149	III	3,69	7370871	4917076
104	III	1,56	7371309	4915214	150	III	3,69	7378824	4917076
105	III	1,44	7370580	4915251	151	III	5	7379267	4917079
106	III	1,87	7372272	4915303	152	III	1,88	7365632	4917228
107	III	3,31	7376849	4915190	153	III	3,69	7378403	4917248
108	III	1	7371314	4915444	154	III	4,69	7370281	4917190
109	III	1,13	7373492	4915422	155	III	1	7378961	4917330
110	III	2,75	7378448	4915461	156	III	1,25	7370086	4917373
111	III	1,06	7375124	4915590	157	III	9,75	7370771	4917362
112	III	2,75	7370326	4915686	158	III	2,19	7379162	4917501
113	III	1,06	7369882	4915817	159	III	1,63	7370467	4917532
114	III	4,81	7373176	4915660	160	III	1	7373431	4917566
115	III	3,06	7377709	4915807	161	III	1,19	7366003	4917697
116	III	4,63	7375634	4915950	162	III	1	7372363	4917669
117	III	2,63	7372868	4916105	163	III	1,31	7372709	4917678
118	III	1,25	7377413	4916125	164	III	1	7377244	4917689
119	III	2,81	7373359	4916156	165	III	1,5	7374019	4917860
120	III	1,25	7377841	4916186	166	III	1,5	7379092	4917835
121	III	1,38	7368803	4916195	167	III	1,94	7371290	4918015
122	III	1,25	7376119	4916338	168	III	1,19	7373213	4917997
123	III	1	7380597	4916313	169	III	1,56	7369313	4917998
124	III	1	7380188	4916333	170	III	1,19	7378885	4917984
125	III	1,19	7370611	4916353	171	III	1,62	7375507	4917992
126	III	2,38	7370861	4916322	172	III	1	7371067	4918139
127	III	3	7380470	4916405	173	III	1,69	7378428	4918143
128	III	1	7371188	4916498	174	III	1,75	7375405	4918215
129	III	2,81	7376445	4916535	175	III	1,06	7369070	4918299
130	III	1,5	7376810	4916559	176	III	1,63	7368668	4918355
131	III	4,94	7379282	4916499	177	III	1,94	7368925	4918291
132	III	1,38	7375833	4916572	178	III	2,13	7379704	4918341

133	III	2,5	7381117	4916590	179	III	2,75	7375106	4918272
134	III	1,38	7377709	4916624	180	III	2,44	7376134	4918424
181	III	1,69	7371219	4918420	227	III	1,5	7368348	4920025
182	III	2,13	7378243	4918481	228	III	1	7376709	4920075
183	III	3,63	7378761	4918453	229	III	1,69	7377022	4920165
184	III	1,69	7369110	4918501	230	III	1,63	7379980	4920179
185	III	2,31	7371319	4918514	231	III	1	7371197	4920166
186	III	2,13	7367958	4918542	232	III	2	7367840	4920241
187	III	1,69	7377633	4918576	233	III	1	7378405	4920241
188	III	3,94	7376505	4918561	234	III	1,5	7381542	4920233
189	III	1	7378980	4918623	235	III	1,25	7372806	4920298
190	III	2,5	7379513	4918599	236	III	1,44	7368485	4920308
191	III	1	7371075	4918663	237	III	1,56	7379851	4920339
192	III	1,44	7370051	4918683	238	III	3,81	7372417	4920383
193	III	1	7380584	4918697	239	III	1,69	7378334	4920396
194	III	1,19	7375066	4918674	240	III	3,5	7380097	4920378
195	III	1,25	7376101	4918763	241	III	1,06	7372882	4920554
196	III	1,13	7372375	4918806	242	III	2	7376313	4920513
197	III	2,81	7378596	4918778	243	III	1,38	7368624	4920572
198	III	1,38	7375193	4918707	244	I	2,31	7377240	4920500
199	III	4,06	7370617	4918816	245	III	2,25	7374940	4920569
200	III	1,44	7370181	4918959	246	III	1,19	7381406	4920678
201	III	4,31	7374513	4918824	247	III	1,25	7374179	4920780
202	III	2,63	7374943	4918913	248	III	1,06	7374704	4920802
203	III	1	7373052	4919072	249	III	1,13	7380261	4920793
204	III	1	7371298	4919083	250	II	1,25	7377181	4920763
205	III	1,19	7372001	4919203	251	III	2,06	7372437	4920869
206	III	2,25	7372466	4919160	252	III	1,69	7374972	4920942
207	III	1,19	7379570	4919184	253	III	2,13	7368806	4920931
208	III	1,13	7368733	4919318	254	II	1	7382650	4920983
209	III	1,38	7370430	4919324	255	III	2,94	7375765	4920878
210	III	1	7372206	4919300	256	III	5	7374522	4920889
211	III	1,25	7367588	4919359	257	III	1,38	7380326	4921013
212	III	1,81	7370902	4919363	258	III	2,31	7366241	4920989
213	III	2,88	7370006	4919339	259	III	1,13	7372075	4921275
214	III	1,25	7371239	4919509	260	III	1,19	7378123	4921293
215	II	1,13	7377335	4919528	261	III	3,5	7380213	4921233
216	III	1,06	7377920	4919545	262	III	1,63	7381573	4921302
217	III	1,44	7381305	4919503	263	III	1	7382492	4921402
218	III	1,44	7371063	4919571	264	I	1,69	7377111	4921370
219	III	1,06	7372752	4919638	265	III	1,5	7374860	4921420
220	II	1,06	7377288	4919692	266	III	2,31	7380617	4921519
221	III	1,19	7378674	4919756	267	III	1,5	7372872	4921534
222	III	1,19	7380563	4919732	268	III	1,13	7380983	4921699
223	III	1,31	7381876	4919829	269	III	2,75	7378902	4921689
224	III	1,19	7380407	4919830	270	III	1	7377900	4921772

225	III	1,63	7371244	4919932	271	II	2,06	7377228	4921747
226	III	1,19	7380245	4919960	272	III	2,69	7376235	4921854
273	II	1,38	7373111	4921826	319	III	4,56	7366469	4923767
274	III	1,56	7368146	4921865	320	I	2,06	7379516	4924008
275	III	1,13	7373869	4921868	321	III	1,06	7373255	4924064
276	III	2,44	7374183	4921793	322	III	1,13	7369075	4924104
277	III	1,31	7371546	4921903	323	III	1,44	7369491	4924095
278	III	1,56	7381232	4921915	324	II	3	7379382	4924268
279	III	1,38	7382194	4921934	325	III	2,13	7378893	4924336
280	III	1,75	7380763	4922058	326	I	1,63	7379327	4924500
281	III	1,44	7371792	4922080	327	III	2,06	7370085	4924619
282	III	1,06	7369582	4922182	328	III	1,06	7371158	4924698
283	III	2,19	7364987	4922150	329	I	1,5	7379179	4924634
284	III	2,13	7366205	4922187	330	III	2,56	7370492	4924567
285	III	2,13	7377107	4922235	331	II	1,56	7378604	4924936
286	III	1,13	7365618	4922269	332	II	1,5	7378370	4924965
287	II	1	7377627	4922378	333	III	1,19	7371456	4925216
288	III	1,88	7374170	4922602	334	I	2,88	7378175	4925176
289	III	1,63	7368227	4922647	335	III	1,31	7381485	4925396
290	II	3,81	7378720	4922728	336	III	8,44	7382450	4925325
291	I	1,31	7379990	4922722	337	II	1,94	7378322	4925425
292	II	8,19	7379226	4922709	338	III	1	7382175	4925497
293	III	1,62	7365945	4922801	339	III	2,5	7377252	4925488
294	III	1,31	7375326	4922847	340	III	1,31	7377001	4925518
295	III	1,19	7368607	4922866	341	III	1,13	7379072	4925657
296	II	6,19	7379750	4922716	342	III	3,13	7381783	4925604
297	I	1,75	7380117	4922821	343	III	5,31	7382792	4925554
298	III	8,19	7369148	4922802	344	III	1,06	7371457	4925801
299	III	2,13	7377351	4922900	345	III	1,75	7376449	4925733
300	III	1,19	7374956	4923044	346	III	1,56	7371341	4925875
301	III	1,94	7369864	4923214	347	III	2,5	7386156	4925839
302	III	1	7377578	4923247	348	III	1,25	7383240	4926138
303	III	3,75	7380708	4923190	349	III	1,19	7380014	4926431
304	III	1	7370042	4923356	350	I	2,31	7377981	4926594
305	III	1,31	7370474	4923341	351	I	8,06	7377807	4926679
306	III	5,44	7371984	4923206	352	II	1,31	7381351	4926890
307	III	5,87	7378046	4923263	353	III	1,31	7374171	4904376
308	III	1,38	7378370	4923435	354	III	2,19	7374313	4904626
309	I	3,25	7380228	4923206	355	III	1,56	7374236	4904949
310	III	3,13	7369531	4923350	356	II	1,19	7376797	4904949
311	III	1,38	7369998	4923533	357	III	2,31	7373766	4905127
312	III	1,19	7377993	4923574	358	II	1,25	7376884	4905238
313	III	1,06	7368180	4923748	359	III	4,81	7373276	4905250
314	II	1,56	7380053	4923746	360	III	3,38	7376106	4905337
315	I	3,94	7380464	4923773	361	III	2,5	7375514	4905367
316	III	1,31	7370517	4923868	362	III	1,5	7375071	4905434

317	III	1,44	7371674	4923913	363	III	2,94	7376464	4905520
318	I	1,06	7379739	4923901	364	III	2,5	7374589	4906519
365	III	1	7374000	4906814	411	III	2,56	7371981	4909999
366	II	1,63	7376253	4906790	412	II	1,63	7375367	4910072
367	III	1,56	7375150	4907177	413	II	1,75	7378123	4910098
368	III	2,87	7374115	4907160	414	II	3,06	7374421	4910142
369	III	1,19	7375424	4907266	415	II	1	7374541	4910286
370	III	1,13	7376203	4907303	416	II	1,31	7370711	4910298
371	III	1,19	7374141	4907423	417	II	1,19	7375227	4910307
372	III	1,88	7378663	4907426	418	II	5,94	7373998	4910304
373	III	3,12	7374456	4907563	419	II	6,06	7370541	4910233
374	III	10,63	7377543	4907541	420	II	3,5	7377559	4910302
375	II	1,06	7376417	4907761	421	III	1,38	7375587	4910424
376	II	2,25	7373168	4907659	422	II	1,19	7378187	4910427
377	III	1,37	7376794	4907832	423	II	1,44	7380190	4910407
378	III	1,31	7376307	4907959	424	III	2,56	7375859	4910416
379	III	3,19	7377139	4908039	425	II	1,06	7377798	4910458
380	III	2,06	7377768	4908126	426	III	1,19	7369834	4910520
381	III	2,13	7373204	4908340	427	II	1,25	7375288	4910491
382	III	2,25	7374180	4908600	428	III	1	7364691	4910559
383	II	2,87	7372576	4908817	429	III	1,63	7370371	4910520
384	II	1	7375575	4908881	430	II	1,19	7374594	4910548
385	III	2	7377590	4908945	431	II	2,13	7370749	4910540
386	III	1,38	7374664	4909005	432	III	2,31	7368924	4910622
387	III	1,19	7377315	4908999	433	II	2,56	7378872	4910539
388	III	1,19	7378535	4909016	434	III	2,06	7364578	4910686
389	III	1,06	7375087	4909061	435	III	3,13	7365046	4910652
390	III	1,5	7377022	4909035	436	II	1,19	7375082	4910669
391	III	1,75	7378022	4909042	437	II	2,62	7370050	4910601
392	III	1,63	7378438	4909238	438	II	1,31	7378780	4910763
393	II	1,38	7372007	4909269	439	III	1,25	7364826	4910763
394	III	3,5	7378877	4909211	440	II	1	7370150	4910816
395	III	2,5	7374384	4909271	441	III	1,63	7370331	4910790
396	II	4,19	7377495	4909275	442	III	2,69	7370542	4910719
397	II	4,25	7375364	4909315	443	II	2,06	7374458	4910821
398	III	1,06	7374233	4909417	444	II	1,31	7369957	4910861
399	II	1,13	7378150	4909547	445	II	1,19	7373998	4910873
400	III	2,88	7371618	4909607	446	III	1,25	7365640	4910900
401	II	2	7377884	4909657	447	III	1,25	7370716	4910853
402	II	1,25	7378104	4909695	448	II	12,87	7372612	4910724
403	II	2,69	7375582	4909723	449	III	1,31	7365822	4910977
404	II	5,69	7374898	4909678	450	II	1,5	7374825	4911043
405	II	3,56	7371422	4909826	451	III	3,44	7375395	4911047
406	III	4,31	7375168	4909785	452	III	1,63	7380197	4911075
407	III	3,5	7372176	4909873	453	III	1,12	7365981	4911113
408	II	1,25	7372954	4909974	454	III	10,19	7376867	4910984

409	II	2,06	7375135	4910044	455	II	1,19	7371045	4911232
410	II	1,44	7374190	4910086	456	III	1,31	7365799	4911292
457	III	3,56	7379471	4911232	503	II	2,13	7373137	4912613
458	II	1,25	7372858	4911350	504	III	8,56	7380635	4912466
459	III	1	7378350	4911388	505	III	1,25	7377545	4912725
460	III	3,56	7380162	4911313	506	III	1,06	7377858	4912729
461	III	5	7371645	4911384	507	II	1,56	7374430	4912770
462	III	1,06	7381663	4911517	508	III	6,37	7369817	4912673
463	III	2,44	7375919	4911521	509	III	1,44	7376721	4912861
464	III	1,5	7379801	4911494	510	III	7,13	7366550	4912766
465	III	2,5	7375232	4911532	511	III	2,69	7380817	4912833
466	III	1,25	7379643	4911595	512	III	1,25	7381111	4912936
467	III	1,06	7381321	4911585	513	III	4,94	7376037	4912885
468	III	3,94	7380686	4911547	514	III	1,19	7377388	4913002
469	III	2,44	7371953	4911548	515	III	2,06	7374466	4912973
470	III	1,88	7378963	4911625	516	II	2,75	7365290	4912978
471	III	1,19	7378410	4911652	517	III	1,81	7375355	4913038
472	III	1,63	7371172	4911749	518	III	1,94	7367596	4912997
473	II	3,5	7374969	4911621	519	II	2,44	7372959	4913034
474	III	1,75	7382110	4911748	520	III	3,06	7375706	4913057
475	III	2,19	7379478	4911737	521	III	1,06	7377935	4913127
476	II	3,19	7373495	4911762	522	III	1,31	7368976	4913242
477	III	2,56	7375878	4911784	523	III	1,81	7368800	4913235
478	III	3,81	7381053	4911858	524	III	1,56	7378952	4913322
479	III	1	7380431	4911941	525	III	2,63	7376420	4913308
480	III	2,56	7376000	4911967	526	III	1,81	7365946	4913400
481	III	4,62	7371713	4911867	527	III	2,13	7376037	4913357
482	III	2	7377521	4912031	528	I	1,19	7372107	4913390
483	III	3,94	7375763	4912103	529	III	2,81	7379151	4913343
484	III	1,5	7368744	4912159	530	III	9,31	7369947	4913219
485	II	1,94	7374388	4912126	531	III	2,88	7379893	4913373
486	II	1	7379170	4912175	532	III	1	7375306	4913536
487	III	1,75	7380113	4912241	533	III	2,69	7370231	4913425
488	III	1,88	7381268	4912236	534	III	1	7369114	4913589
489	III	2,31	7375640	4912326	535	III	1,81	7377288	4913615
490	III	1,75	7377496	4912321	536	II	2,13	7371940	4913678
491	III	1,19	7376359	4912377	537	III	11,38	7377907	4913593
492	II	1,25	7370795	4912363	538	III	5,19	7379262	4913614
493	III	2,31	7369842	4912381	539	III	3,94	7378691	4913718
494	III	1,63	7371488	4912406	540	III	2,13	7377764	4913838
495	III	1,25	7375791	4912486	541	II	1,38	7360763	4913899
496	III	2,25	7378065	4912472	542	III	1,13	7380294	4913868
497	III	1,44	7366501	4912459	543	III	1,25	7370273	4913951
498	III	15,31	7378692	4912115	544	III	1,06	7369151	4914001
499	III	1,38	7377010	4912539	545	II	2,12	7371704	4913924
500	III	1,44	7379319	4912511	546	III	1,06	7375776	4914018

501	III	1,69	7371613	4912593	547	III	1,13	7368279	4914004
502	III	5,94	7379069	4912439	548	III	2,31	7369653	4913992
549	III	1,81	7380551	4914003	595	III	1,75	7375728	4915235
550	III	1,5	7376128	4914068	596	III	3,19	7376050	4915201
551	III	17,75	7376813	4913673	597	III	5,94	7372105	4915221
552	III	1,63	7369391	4914062	598	III	3,31	7376435	4915245
553	III	1	7375220	4914098	599	III	1	7371472	4915411
554	III	3,81	7377232	4914025	600	III	1,31	7374627	4915367
555	III	1,19	7378460	4914090	601	III	1	7370234	4915453
556	II	3,5	7366129	4914067	602	III	1	7375089	4915395
557	III	2,19	7374980	4914108	603	III	1,38	7375366	4915463
558	III	1	7377530	4914220	604	III	1,19	7370549	4915489
559	III	1,69	7369466	4914209	605	III	3	7377703	4915389
560	III	2,31	7375448	4914206	606	III	2,38	7371253	4915536
561	III	3,38	7376429	4914261	607	III	1,63	7373511	4915505
562	III	2,06	7375085	4914247	608	III	1,5	7375176	4915557
563	III	2,06	7379001	4914300	609	III	1,13	7376557	4915544
564	III	1,31	7376195	4914361	610	II	2,94	7376360	4915587
565	III	1,25	7374974	4914386	611	III	4,06	7373843	4915679
566	III	1,25	7377385	4914350	612	III	4,56	7376803	4915705
567	III	2,75	7378776	4914367	613	III	3,69	7378481	4915670
568	III	2,5	7373942	4914377	614	III	2,69	7367021	4915707
569	III	1,69	7374259	4914330	615	III	2,06	7374271	4915798
570	III	1	7373681	4914466	616	III	8,44	7370737	4915677
571	III	3,25	7366798	4914331	617	III	3,06	7373236	4915758
572	III	1,88	7376503	4914531	618	III	2,75	7372776	4915848
573	II	2,06	7372280	4914520	619	III	1,63	7366636	4915888
574	III	1,44	7373558	4914568	620	III	1,87	7371139	4915882
575	III	14,88	7374524	4913957	621	III	1,06	7371398	4915924
576	II	1,13	7358049	4914636	622	III	3,75	7373571	4915867
577	II	2,63	7371938	4914561	623	III	1,13	7366799	4915972
578	II	1,5	7373108	4914678	624	III	7,56	7372501	4915747
579	II	2,5	7371686	4914724	625	III	1,75	7378528	4915911
580	III	3,06	7378609	4914665	626	III	1,38	7375932	4916078
581	III	1	7374184	4914848	627	II	3,25	7370873	4916011
582	III	3,06	7376485	4914830	628	III	4,5	7373281	4916021
583	II	2,19	7373650	4914841	629	II	2,19	7373823	4916079
584	III	1	7373969	4914878	630	III	3,69	7367636	4916001
585	III	1,13	7376804	4914871	631	III	1,38	7368708	4916108
586	III	12,19	7378222	4914648	632	III	5	7376694	4916025
587	III	1,69	7375581	4914899	633	III	1,75	7377906	4916080
588	III	2,81	7377912	4914873	634	III	1,13	7366788	4916132
589	III	7,25	7375257	4914763	635	III	1,38	7366451	4916193
590	II	1,63	7361647	4915088	636	III	6,06	7374940	4916034
591	II	1,38	7360372	4915209	637	III	5	7375323	4916057
592	III	2,75	7374754	4915141	638	III	3,81	7370351	4916125

593	III	1,38	7371805	4915240	639	III	1,56	7378035	4916188
594	III	3	7376897	4915155	640	III	3,25	7372112	4916182
641	III	1	7370064	4916258	687	III	1	7373753	4917055
642	III	1,25	7368852	4916230	688	II	2,81	7380869	4916970
643	III	1,94	7370592	4916220	689	III	1,44	7371097	4917065
644	III	1,13	7368638	4916292	690	III	3,25	7376336	4917107
645	III	1,5	7373440	4916300	691	III	3,56	7379487	4917040
646	III	2,06	7380456	4916289	692	III	5,56	7378572	4916969
647	III	2,19	7368057	4916228	693	III	1,94	7365726	4917156
648	III	1,44	7369732	4916378	694	III	1	7369381	4917178
649	III	2,94	7376365	4916325	695	III	1,63	7369723	4917160
650	III	1,5	7371061	4916406	696	III	1,75	7366703	4917243
651	III	5	7375158	4916384	697	III	1,12	7369557	4917265
652	III	13,62	7372585	4916345	698	III	1,06	7370558	4917323
653	II	1,56	7376970	4916521	699	III	1,75	7379407	4917329
654	III	3,69	7378097	4916471	700	III	1,56	7366459	4917355
655	III	2,94	7365825	4916445	701	III	1,25	7377760	4917389
656	III	5,5	7367518	4916400	702	II	1,44	7380806	4917378
657	III	1,13	7376319	4916628	703	III	1,88	7366759	4917436
658	III	3,44	7379448	4916588	704	III	1,38	7376434	4917407
659	II	1,06	7380521	4916598	705	III	1	7369480	4917461
660	III	3,19	7374629	4916564	706	III	1,25	7370864	4917529
661	III	2,88	7374339	4916598	707	III	10,25	7371152	4917381
662	III	4,06	7377785	4916462	708	III	1,81	7374402	4917519
663	III	1,38	7377078	4916658	709	III	2,19	7378336	4917459
664	II	2,88	7380358	4916679	710	III	1,31	7365924	4917551
665	III	1,5	7365815	4916683	711	III	4,56	7373412	4917467
666	III	5,44	7370932	4916638	712	III	1,69	7370538	4917582
667	II	1,94	7378792	4916699	713	III	1,25	7379278	4917551
668	III	2,75	7368826	4916676	714	III	1,69	7365630	4917603
669	III	12,25	7370349	4916574	715	III	1,63	7371559	4917695
670	III	1,06	7368665	4916715	716	III	12,38	7372506	4917553
671	III	2,19	7368224	4916787	717	II	1,06	7374083	4917729
672	II	1,75	7380911	4916794	718	III	2,5	7377323	4917665
673	III	1,13	7365390	4916810	719	II	1,19	7375449	4917744
674	III	2,44	7379191	4916803	720	III	2,25	7368864	4917668
675	III	2,06	7367954	4916916	721	III	1,06	7372643	4917832
676	III	1,19	7370103	4916872	722	III	1,19	7380912	4917852
677	III	1,75	7366516	4916905	723	III	1,69	7371099	4917897
678	III	2,69	7369761	4916916	724	III	1,44	7370689	4917933
679	III	7,62	7372684	4916776	725	III	2,44	7369041	4917921
680	III	6	7373972	4916839	726	III	1	7370408	4917984
681	III	9,5	7375856	4916666	727	III	1,88	7367929	4917965
682	II	2,94	7371928	4916901	728	III	5,38	7378993	4917892
683	III	4,13	7380159	4916928	729	III	1,56	7371400	4918054
684	III	1,06	7377820	4916889	730	III	20,13	7373657	4917867



685	III	1,75	7365190	4916983	731	III	1,88	7381182	4918025
686	III	1,5	7368571	4916967	732	III	1	7369984	4918128
733	III	1	7373294	4918100	779	I	2,06	7377165	4918854
734	III	1,06	7377605	4918143	780	III	1,31	7379527	4918967
735	III	1,31	7367123	4918178	781	III	2,94	7380013	4918746
736	III	8,13	7373030	4917920	782	III	1,06	7371404	4919004
737	III	4,31	7375633	4918063	783	III	4	7372052	4918990
738	III	1,06	7372283	4918223	784	III	1	7381361	4919119
739	III	3,81	7376275	4918158	785	III	1,19	7365369	4919153
740	III	5,69	7364969	4918202	786	III	1,5	7373407	4919120
741	III	1,25	7374123	4918200	787	I	1,19	7377293	4919170
742	III	1,25	7378939	4918286	788	III	9	7380438	4918824
743	III	1,38	7380120	4918230	789	III	1	7373300	4919231
744	II	1,19	7376807	4918323	790	III	2,06	7380421	4919219
745	III	5,81	7380621	4918194	791	III	1,88	7379498	4919173
746	III	10,81	7368708	4918197	792	III	5	7371720	4919204
747	III	3,81	7372092	4918300	793	III	1,19	7370432	4919402
748	III	1	7370019	4918405	794	III	4,5	7369940	4919274
749	III	1,13	7370207	4918422	795	III	1,69	7371410	4919395
750	III	2,19	7367897	4918437	796	III	1,12	7377878	4919411
751	III	1,31	7369077	4918396	797	III	1,06	7367790	4919417
752	III	3,31	7375995	4918396	798	III	1,38	7368366	4919381
753	III	1,75	7377685	4918410	799	III	2,88	7381597	4919378
754	III	1,56	7372529	4918512	800	III	2,94	7369164	4919372
755	III	1,63	7371916	4918536	801	III	2	7380459	4919494
756	III	1,63	7378713	4918509	802	II	3,63	7372760	4919450
757	III	1,56	7374990	4918530	803	III	1,88	7378193	4919542
758	III	2,31	7376863	4918540	804	III	2,81	7378751	4919467
759	II	1,13	7369197	4918596	805	III	1,69	7376659	4919596
760	III	16,31	7370913	4918337	806	III	2,94	7377023	4919436
761	II	1,06	7373776	4918589	807	I	1,69	7377282	4919476
762	III	1,31	7370007	4918593	808	III	1,38	7381952	4919640
763	III	1	7381473	4918564	809	III	4,44	7372119	4919507
764	III	3,38	7370536	4918644	810	III	20,13	7380935	4918873
765	III	1,88	7378356	4918640	811	III	1	7377058	4919752
766	II	2,13	7371158	4918685	812	I	1,44	7379009	4919670
767	III	1,63	7374268	4918682	813	I	1,25	7377266	4919810
768	III	1,06	7379090	4918686	814	III	3,44	7369725	4919824
769	III	2,31	7364474	4918743	815	III	8,37	7381810	4919812
770	III	8	7379788	4918495	816	II	2,25	7368688	4919866
771	III	5,88	7375416	4918571	817	III	1,75	7379826	4919848
772	III	1,19	7371831	4918786	818	III	1,19	7368398	4919939
773	III	2,44	7376036	4918808	819	III	1,06	7369583	4919930
774	III	2,19	7374627	4918797	820	III	7,13	7378547	4919846
775	III	1,5	7378186	4918814	821	III	1,13	7370401	4919988
776	III	3,38	7378884	4918816	822	III	1,56	7369856	4920061

777	II	1,31	7379416	4918921	823	III	1,44	7377018	4920077
778	II	5,69	7372900	4918884	824	III	2,13	7378624	4920104
825	II	1,94	7377667	4920113	871	III	1,63	7379527	4921138
826	III	1,31	7367646	4920211	872	III	1,06	7373996	4921210
827	III	1,13	7373672	4920208	873	III	1	7373539	4921389
828	III	1,19	7381981	4920201	874	III	3,94	7377958	4921326
829	III	7,12	7370729	4920028	875	III	1,38	7381439	4921347
830	III	3,87	7371400	4920146	876	III	2,06	7366067	4921356
831	III	1,19	7374132	4920281	877	III	1,25	7368085	4921415
832	III	1,06	7368408	4920267	878	III	1,13	7375535	4921381
833	III	1,31	7378548	4920299	879	I	1,5	7377206	4921403
834	I	4,13	7378945	4920117	880	III	2,19	7380338	4921412
835	III	4,06	7368881	4920213	881	I	2,06	7379181	4921334
836	III	21,44	7381359	4919860	882	III	1,56	7380116	4921443
837	III	1,38	7371502	4920341	883	III	1	7363859	4921556
838	III	2,06	7372974	4920275	884	III	1,13	7377815	4921582
839	III	1,19	7366006	4920431	885	III	1,81	7378219	4921570
840	II	1,06	7377201	4920352	886	III	2	7372591	4921552
841	III	1,06	7370685	4920438	887	III	3,69	7375091	4921532
842	III	1,25	7378436	4920409	888	III	1,38	7381003	4921589
843	II	1,94	7369438	4920408	889	III	1,19	7372943	4921599
844	III	2,75	7372647	4920472	890	III	1,25	7378055	4921626
845	III	3,75	7374589	4920436	891	II	4,06	7368607	4921496
846	III	21,19	7380317	4919984	892	III	1,25	7373855	4921651
847	II	1,25	7381071	4920489	893	III	1,38	7380402	4921695
848	III	1	7373317	4920514	894	III	1,31	7381401	4921735
849	III	1,06	7374212	4920551	895	II	1,44	7374988	4921768
850	III	1,5	7374011	4920591	896	III	2,69	7374024	4921799
851	III	1,56	7374811	4920595	897	II	1,94	7382097	4921774
852	III	2,94	7370285	4920586	898	III	6,5	7363295	4921780
853	III	1	7378270	4920652	899	III	1,38	7365794	4921849
854	III	1,94	7373504	4920689	900	II	1,69	7377292	4921811
855	III	1,19	7369413	4920751	901	III	2,19	7364446	4921825
856	III	3,06	7372167	4920692	902	III	1,25	7373055	4921866
857	II	1,5	7377127	4920666	903	III	3,81	7366049	4921893
858	III	1,88	7374077	4920833	904	III	1,81	7369977	4921931
859	III	1,06	7375635	4920858	905	III	1,25	7381620	4921919
860	II	1,38	7381823	4920811	906	I	1,25	7379682	4922008
861	II	3,81	7382347	4920806	907	III	1,69	7382346	4922024
862	II	1,75	7381318	4920890	908	III	1,06	7366349	4922123
863	II	1,38	7374295	4920974	909	III	2,25	7373501	4922057
864	III	2,25	7366147	4920964	910	III	1,31	7376076	4922115
865	III	1,81	7372975	4921029	911	III	1,44	7380541	4922101
866	III	1,81	7369225	4921013	912	II	1,56	7379494	4922155
867	III	1	7377720	4921066	913	III	5,06	7364915	4922090
868	II	1,63	7374706	4921116	914	III	1,56	7365481	4922225

869	III	1,25	7376220	4921091	915	III	4,88	7375289	4922167
870	II	5,87	7382708	4920980	916	III	1,25	7368154	4922266
917	III	6,31	7376963	4922338	963	III	1,13	7372349	4924043
918	I	2,19	7379845	4922381	964	III	4,63	7373510	4923974
919	III	1,81	7374197	4922428	965	III	1	7368381	4924086
920	II	1,25	7381175	4922435	966	III	1	7370313	4924200
921	III	1,37	7373368	4922463	967	III	2,38	7369182	4924157
922	I	1,13	7379357	4922529	968	II	2	7381568	4924192
923	III	2,81	7368908	4922526	969	II	1,13	7382372	4924214
924	III	1,88	7369273	4922531	970	III	1,19	7378715	4924245
925	III	1,44	7374659	4922568	971	II	1,25	7368513	4924219
926	III	1,5	7369053	4922613	972	III	2,69	7369600	4924256
927	III	2,56	7373953	4922589	973	II	1,31	7379495	4924376
928	III	1,19	7375130	4922686	974	II	1,75	7381800	4924347
929	III	1,88	7370921	4922684	975	II	1,06	7370227	4924455
930	III	3	7376526	4922657	976	III	1,56	7372459	4924456
931	I	2,38	7378482	4922722	977	I	1,38	7379547	4924541
932	III	1,13	7366031	4922813	978	III	2,56	7371468	4924556
933	III	1,31	7371937	4922840	979	II	3,44	7369160	4924476
934	III	2,88	7375462	4922814	980	III	2,94	7370622	4924716
935	I	1,38	7379869	4922902	981	II	1,06	7371443	4924793
936	III	4,44	7369388	4922802	982	III	1,13	7371578	4924818
937	III	1,38	7371548	4923008	983	II	1,56	7379932	4924807
938	III	1,25	7373213	4923028	984	III	2,19	7370010	4924800
939	III	1,44	7377942	4923091	985	II	1,06	7379555	4924814
940	III	8,5	7377597	4922982	986	II	1,63	7379332	4924806
941	III	1,06	7369299	4923202	987	II	4,87	7368850	4924852
942	III	1,81	7370429	4923261	988	I	1,56	7378327	4924906
943	III	2,19	7376388	4923258	989	II	1,13	7383042	4924928
944	III	3,5	7368602	4923241	990	III	1,38	7370845	4925026
945	II	1,31	7371697	4923299	991	II	1,19	7379966	4925077
946	III	1,13	7369203	4923369	992	III	1,19	7371544	4925181
947	III	1,75	7372097	4923387	993	II	1,06	7379524	4925161
948	III	1	7372911	4923397	994	III	1,31	7377678	4925236
949	III	1,88	7379482	4923321	995	III	3,56	7382564	4925195
950	II	1,37	7365400	4923397	996	II	2,63	7385819	4925195
951	III	2,88	7376726	4923520	997	II	1,19	7386578	4925293
952	III	1,38	7378655	4923480	998	II	2,5	7379751	4925257
953	III	2,69	7368261	4923596	999	III	1,19	7371015	4925381
954	III	1,69	7376245	4923600	1000	III	1,31	7377073	4925365
955	III	3	7378895	4923633	1001	I	1,81	7385321	4925320
956	I	1,94	7380529	4923642	1002	III	1,19	7381602	4925374
957	III	1,13	7368317	4923743	1003	II	3,06	7383677	4925312
958	III	1,38	7372355	4923747	1004	III	1,63	7371591	4925400
959	III	1,25	7371710	4923838	1005	II	4,38	7380531	4925306
960	I	1,13	7379968	4923929	1006	III	1,06	7385351	4925499

961	II	5,06	7381375	4923771	1007	I	1,81	7378590	4925404
962	III	7,25	7369611	4923708	1008	III	1,44	7381768	4925505
1009	I	2,19	7378263	4925505	1055	III	1,38	7373427	4905086
1010	III	1	7376375	4925641	1056	III	2,5	7374371	4905044
1011	II	1,56	7380909	4925528	1057	III	1	7373720	4905297
1012	III	1,38	7371378	4925653	1058	III	2,94	7373177	4905314
1013	III	1,38	7385624	4925689	1059	III	1,25	7373493	4905529
1014	III	1,19	7386628	4925689	1060	III	3,25	7374428	4905543
1015	III	1,31	7371197	4925839	1061	III	6,56	7373789	4905562
1016	II	1,5	7380732	4925813	1062	III	1,63	7373544	4905913
1017	III	3	7378023	4925877	1063	III	2,13	7373190	4906165
1018	III	1,94	7382306	4925989	1064	II	1,56	7374894	4906276
1019	III	3,63	7382948	4925934	1065	II	1,94	7376447	4906746
1020	II	1,31	7384863	4925980	1066	III	3,5	7377708	4906813
1021	III	1,44	7382541	4926079	1067	III	1	7374553	4906856
1022	III	1,13	7386294	4926147	1068	III	1,25	7375954	4907095
1023	III	1,06	7381313	4926201	1069	II	6,94	7377359	4907024
1024	III	1,94	7385866	4926200	1070	III	3,06	7373555	4907115
1025	III	1,13	7385650	4926276	1071	III	2,56	7375227	4907128
1026	III	1,81	7382226	4926296	1072	III	4,94	7377627	4907290
1027	II	1	7383853	4926341	1073	III	1	7375247	4907447
1028	III	2,25	7386134	4926408	1074	III	5,81	7378099	4907560
1029	III	1	7386306	4926450	1075	II	1,81	7373080	4907794
1030	III	1,06	7377298	4926514	1076	III	3,31	7377582	4907805
1031	II	2,5	7379910	4926469	1077	III	7,63	7378541	4907791
1032	III	3,44	7382331	4926597	1078	II	1,56	7377764	4907869
1033	III	1,69	7385787	4926633	1079	III	1,5	7377456	4908016
1034	III	4,38	7382810	4926608	1080	III	5,69	7376864	4907899
1035	II	1,38	7379855	4926693	1081	III	1	7378559	4908111
1036	III	1,56	7383538	4926747	1082	III	1,19	7378710	4908128
1037	II	1,13	7378476	4926854	1083	III	5,25	7378499	4908299
1038	III	1	7378931	4926841	1084	III	1,81	7378633	4908541
1039	III	1,13	7386351	4926796	1085	II	5	7375906	4908561
1040	I	1,38	7377702	4926856	1086	III	2,63	7373770	4908740
1041	II	1,69	7379195	4926811	1087	III	4,81	7374743	4908761
1042	III	1,25	7381510	4927093	1088	II	1,13	7372353	4909078
1043	III	1,44	7384598	4927082	1089	II	3,87	7375572	4909007
1044	III	4,88	7385187	4927023	1090	III	9,38	7378404	4909097
1045	II	5,37	7380865	4927138	1091	III	9,38	7371243	4909093
1046	III	1,31	7384797	4927467	1092	II	2,31	7374153	4909302
1047	III	1,62	7374138	4904074	1093	II	2,19	7373939	4909504
1048	III	4,75	7375359	4904069	1094	II	8,5	7371888	4909424
1049	III	1,38	7374208	4904822	1095	I	1,63	7377045	4909563
1050	III	1,63	7373084	4904847	1096	II	1,75	7374383	4909591
1051	II	1,88	7374529	4904801	1097	II	1,56	7376581	4909637
1052	III	7,25	7376789	4904773	1098	II	7,38	7373450	4909608

1053	III	3	7372823	4904965	1099	II	4,75	7371454	4909674
1054	III	3	7373733	4904946	1100	I	2	7377731	4909696
1101	III	1	7378889	4909697	1147	II	14,31	7371744	4911081
1102	III	1,13	7377397	4909724	1148	III	1,44	7377951	4911284
1103	II	3	7377934	4909803	1149	III	2,56	7376681	4911264
1104	II	6,06	7375349	4909805	1150	II	1,25	7380500	4911301
1105	II	13,56	7374778	4909607	1151	III	3,75	7370553	4911280
1106	III	7,06	7376065	4909868	1152	III	1,19	7368616	4911395
1107	II	1,75	7377829	4910081	1153	II	9	7370198	4911045
1108	II	7,75	7372961	4910060	1154	III	1,5	7377740	4911368
1109	II	1,13	7378283	4910150	1155	III	1,25	7370399	4911456
1110	II	2,81	7373641	4910159	1156	III	1,69	7369900	4911472
1111	II	16,38	7374986	4909796	1157	III	1,88	7378379	4911540
1112	I	9,75	7376920	4910019	1158	II	2,75	7382080	4911540
1113	I	2,5	7376368	4910189	1159	II	1,5	7376671	4911603
1114	III	3,63	7380316	4910223	1160	II	2,25	7379327	4911606
1115	III	1,06	7379202	4910455	1161	I	1	7373180	4911659
1116	II	2	7370565	4910435	1162	II	1,75	7368721	4911705
1117	II	4,31	7374170	4910459	1163	II	1,19	7373724	4911759
1118	II	8,38	7375031	4910318	1164	III	1,19	7376315	4911794
1119	II	3,81	7377215	4910374	1165	II	12,38	7371309	4911596
1120	II	17,13	7370990	4910126	1166	II	1	7365684	4911867
1121	II	1,56	7374751	4910504	1167	II	1,37	7373870	4911917
1122	II	1,63	7369950	4910524	1168	II	1	7373552	4911995
1123	III	1,75	7380438	4910532	1169	III	1,5	7376551	4911975
1124	III	4,25	7364629	4910624	1170	II	3,38	7379670	4911926
1125	III	2,12	7365170	4910640	1171	II	2,44	7374765	4911925
1126	II	2	7374354	4910606	1172	II	1,56	7366667	4911970
1127	II	15,19	7372779	4910450	1173	III	1,94	7370839	4912002
1128	I	1,63	7378663	4910651	1174	II	1,75	7374367	4911966
1129	III	1,81	7375687	4910675	1175	III	1,13	7381218	4912108
1130	III	1,44	7376884	4910702	1176	II	2,69	7375278	4912074
1131	II	1,13	7374489	4910708	1177	II	2,69	7380883	4912078
1132	II	1,31	7379552	4910755	1178	II	12,5	7367654	4911884
1133	III	1,88	7364712	4910809	1179	II	1,31	7368374	4912133
1134	II	3,75	7372164	4910794	1180	III	1,13	7371094	4912189
1135	II	1,88	7374090	4910712	1181	II	2,5	7379136	4912080
1136	III	1,19	7373695	4910811	1182	II	1,87	7372501	4912227
1137	III	7,25	7376410	4910861	1183	II	1,06	7376640	4912257
1138	III	1	7376997	4911048	1184	II	3,69	7378972	4911990
1139	II	8,06	7380647	4910880	1185	III	1	7375716	4912269
1140	III	1,81	7379557	4910998	1186	II	1,5	7376479	4912259
1141	III	2,81	7380939	4911040	1187	II	2,25	7370800	4912260
1142	I	2,31	7379883	4910940	1188	III	1,06	7376254	4912335
1143	III	1,06	7373796	4911171	1189	III	1,13	7379208	4912272
1144	III	2,25	7377456	4911213	1190	II	1,81	7374460	4912330

1145	II	6,31	7373524	4911138	1191	III	1,81	7367786	4912271
1146	II	1,94	7379175	4911248	1192	II	2,19	7369086	4912260
1193	II	4,44	7373072	4912303	1239	III	1,19	7367891	4913519
1194	II	1,44	7374801	4912327	1240	III	13,94	7369279	4913245
1195	III	2	7375741	4912432	1241	I	4,19	7372087	4913430
1196	II	2,56	7370679	4912393	1242	III	2,5	7375622	4913494
1197	III	2,06	7378655	4912439	1243	III	1,25	7377591	4913524
1198	II	1,19	7379891	4912501	1244	III	1,19	7380577	4913620
1199	II	2,19	7380302	4912398	1245	III	4,75	7378677	4913506
1200	II	1,31	7365282	4912568	1246	III	9,94	7368546	4913530
1201	I	1,19	7374894	4912563	1247	III	3,94	7369457	4913669
1202	II	6,25	7379542	4912423	1248	III	1,19	7377122	4913694
1203	II	2,69	7373300	4912611	1249	III	7,44	7367581	4913491
1204	III	4,38	7374394	4912604	1250	II	1,38	7372036	4913767
1205	III	1,19	7375084	4912672	1251	III	1,06	7369861	4913774
1206	III	5,75	7369356	4912515	1252	II	1,69	7360748	4913750
1207	III	3,06	7369643	4912719	1253	II	9,06	7371537	4913688
1208	II	1,44	7380291	4912742	1254	III	1,88	7375351	4913779
1209	II	1,38	7365315	4912781	1255	III	2,69	7367248	4913779
1210	III	1,06	7381033	4912849	1256	III	1,25	7378306	4913835
1211	III	2	7377847	4912834	1257	III	2,06	7369581	4913878
1212	III	1,81	7377296	4912882	1258	III	1,25	7370248	4913890
1213	III	1,38	7367392	4912913	1259	III	7,06	7380395	4913738
1214	III	3,75	7368169	4912850	1260	II	2,19	7366243	4913872
1215	III	1,63	7368347	4912950	1261	II	2,31	7378917	4913806
1216	III	1,44	7368649	4912958	1262	III	1,88	7368848	4913905
1217	II	1,31	7378886	4912933	1263	III	2,13	7369836	4913945
1218	III	6,5	7369688	4912975	1264	II	3,19	7380847	4913738
1219	II	2,94	7371478	4913009	1265	III	2,13	7366551	4913913
1220	III	1,81	7374448	4913060	1266	III	1,19	7376553	4913959
1221	III	2,69	7370817	4913030	1267	II	2,44	7371529	4914004
1222	III	1,38	7375388	4913119	1268	II	1,25	7360583	4914038
1223	III	15,69	7370129	4912655	1269	III	1,25	7370220	4914059
1224	III	1,06	7375046	4913189	1270	III	2,25	7378127	4914008
1225	III	5,63	7368488	4913137	1271	II	2	7361284	4914166
1226	III	4,5	7377953	4913123	1272	II	1,31	7365626	4914203
1227	III	1,69	7368865	4913206	1273	III	4,88	7375748	4914228
1228	III	2,62	7374205	4913204	1274	III	1,19	7377909	4914260
1229	II	4,56	7379575	4913169	1275	III	3,13	7378568	4914244
1230	III	1,19	7369111	4913385	1276	III	1,81	7366892	4914468
1231	III	2,69	7376652	4913372	1277	III	4,25	7373223	4914329
1232	III	1,56	7369672	4913380	1278	III	1,75	7374644	4914471
1233	III	5,81	7374538	4913304	1279	III	1	7378592	4914563
1234	III	1,06	7378442	4913395	1280	I	1,5	7373003	4914597
1235	III	1,75	7375041	4913408	1281	III	6,56	7376238	4914481
1236	II	5	7380258	4913303	1282	III	1,44	7377720	4914581

1237	III	2,88	7370326	4913410	1283	III	2,25	7374546	4914580
1238	II	2,06	7377222	4913423	1284	III	7,62	7375083	4914402
1285	I	1	7372228	4914756	1331	II	2	7371602	4915970
1286	I	1,5	7372544	4914758	1332	II	1	7375047	4915967
1287	II	1,19	7376214	4914731	1333	II	1,63	7371900	4915952
1288	II	1,06	7377648	4914739	1334	II	1,44	7372705	4915957
1289	II	2,5	7373492	4914744	1335	II	1,25	7371286	4915955
1290	III	1	7378505	4914738	1336	II	3,31	7372164	4915959
1291	I	2,88	7371835	4914778	1337	III	1,44	7378042	4915958
1292	II	2,75	7367791	4914804	1338	III	1,13	7374222	4915989
1293	I	2,31	7371098	4914835	1339	III	1,5	7370735	4916024
1294	III	2,06	7376255	4914889	1340	II	2,94	7378138	4915839
1295	III	1,19	7377491	4914864	1341	III	1,19	7365749	4916107
1296	III	2,13	7376699	4914897	1342	III	1,25	7366855	4916095
1297	II	1,38	7378558	4914911	1343	II	1,75	7373978	4916116
1298	III	1,5	7366182	4914917	1344	III	1,13	7367271	4916190
1299	III	3	7374743	4914924	1345	III	1,13	7367747	4916185
1300	III	5,19	7375901	4914852	1346	III	1,63	7368922	4916140
1301	II	1,44	7368163	4915041	1347	II	1,69	7371397	4916192
1302	II	2,19	7373720	4915010	1348	III	7,25	7366408	4916094
1303	III	5,19	7368512	4915021	1349	III	1	7377906	4916248
1304	II	2,81	7371879	4915026	1350	III	2,56	7368194	4916222
1305	III	6,69	7375577	4915016	1351	II	3,25	7371762	4916240
1306	II	1,13	7374519	4915171	1352	II	1,63	7378222	4916221
1307	III	1,19	7366676	4915181	1353	III	2,31	7370127	4916290
1308	II	2	7374589	4915111	1354	III	1,25	7369234	4916364
1309	III	5,56	7376211	4915116	1355	III	1,19	7368866	4916432
1310	III	1,69	7365505	4915287	1356	III	1,38	7367845	4916499
1311	III	2,44	7370974	4915270	1357	III	2,31	7373988	4916478
1312	III	4	7371886	4915296	1358	III	1,81	7370107	4916501
1313	II	1,5	7372849	4915415	1359	III	1,69	7370976	4916472
1314	III	3,06	7375328	4915359	1360	III	1	7368978	4916588
1315	II	1,19	7375591	4915385	1361	II	1,56	7375035	4916587
1316	II	2,63	7373617	4915501	1362	II	2	7369796	4916523
1317	III	1,38	7377557	4915539	1363	III	1,5	7368433	4916610
1318	III	1,63	7377784	4915637	1364	II	4,31	7380160	4916575
1319	III	1,38	7377334	4915681	1365	III	1,31	7365389	4916685
1320	II	1,38	7377068	4915726	1366	III	1,13	7365889	4916685
1321	II	5,31	7372282	4915571	1367	II	1	7372052	4916706
1322	III	1,19	7371623	4915788	1368	II	1,5	7372305	4916714
1323	III	1,75	7374412	4915792	1369	II	8,81	7378764	4916574
1324	II	1,13	7370693	4915857	1370	III	1,56	7365261	4916791
1325	II	1,06	7372374	4915858	1371	II	2,63	7369390	4916763
1326	III	1,19	7366740	4915866	1372	III	1,5	7377900	4916759
1327	II	6,25	7375835	4915812	1373	III	1,31	7367772	4916848
1328	II	3	7378332	4915682	1374	III	2,44	7365112	4916807

1329	II	3,69	7373821	4915852	1375	III	1,19	7368535	4916852
1330	III	1,69	7369191	4915947	1376	I	1,38	7379751	4916795
1377	II	9,5	7380831	4916696	1423	II	4,5	7371200	4917816
1378	III	4,56	7367196	4916840	1424	II	2,25	7372351	4917778
1379	II	4,63	7372269	4916871	1425	II	1,69	7368554	4917846
1380	II	1,31	7377433	4916898	1426	II	1,31	7368732	4917839
1381	II	5,06	7371754	4916876	1427	II	2	7377548	4917855
1382	II	1,44	7380151	4917063	1428	III	1	7376234	4917972
1383	II	1	7369636	4917061	1429	III	1,25	7365636	4917986
1384	II	6,44	7376452	4916908	1430	I	1,06	7376849	4917963
1385	I	1,19	7379928	4917076	1431	I	1,56	7379439	4917950
1386	II	1,87	7369222	4917041	1432	II	6,5	7368032	4918031
1387	III	3,13	7366430	4917062	1433	III	2,44	7380583	4918052
1388	III	1,25	7371689	4917136	1434	III	1,81	7367079	4918111
1389	I	2,69	7375506	4917106	1435	II	2,06	7372420	4918130
1390	II	2,88	7375190	4917036	1436	I	1,81	7376840	4918075
1391	III	2	7365005	4917161	1437	III	1,38	7368766	4918134
1392	III	1,19	7366832	4917176	1438	II	4,12	7374037	4918111
1393	II	2,56	7374468	4917147	1439	III	1,13	7377768	4918231
1394	II	1,06	7376701	4917183	1440	III	4,94	7371350	4918230
1395	III	1,63	7369971	4917240	1441	II	1	7365205	4918259
1396	II	13,56	7380749	4917109	1442	II	1,19	7373351	4918263
1397	III	7,19	7378000	4917129	1443	II	11,5	7379613	4918170
1398	III	1,56	7378359	4917346	1444	II	1,13	7373919	4918408
1399	III	2	7373047	4917317	1445	III	1,69	7372628	4918440
1400	I	1,69	7375853	4917302	1446	III	7,19	7366054	4918414
1401	III	1,44	7376553	4917356	1447	I	1,06	7379202	4918511
1402	III	1,06	7367293	4917420	1448	II	1,37	7371578	4918570
1403	III	2,06	7372616	4917431	1449	III	2,81	7368798	4918501
1404	II	1,63	7374325	4917419	1450	II	1,88	7369246	4918534
1405	II	7,19	7377063	4917335	1451	III	3,94	7370555	4918539
1406	III	1,5	7366898	4917472	1452	III	1,06	7372660	4918574
1407	III	1	7379325	4917463	1453	III	1,19	7376831	4918620
1408	III	1,63	7364901	4917477	1454	II	2,81	7369703	4918570
1409	II	1,31	7373214	4917479	1455	II	1,31	7375935	4918605
1410	II	1,19	7372022	4917498	1456	III	6,44	7364603	4918406
1411	III	1	7366213	4917567	1457	III	1	7368080	4918656
1412	II	2,88	7377984	4917599	1458	III	1,44	7371509	4918724
1413	I	4,75	7379877	4917482	1459	II	2,56	7371978	4918803
1414	II	2,69	7369200	4917621	1460	III	1	7379063	4918839
1415	III	3,81	7377474	4917649	1461	III	3,5	7369532	4918841
1416	III	2,06	7365577	4917661	1462	III	4,12	7364917	4918765
1417	I	1	7376191	4917695	1463	II	1,75	7371780	4918938
1418	II	2,38	7372007	4917705	1464	III	1,81	7374805	4918919
1419	II	1,81	7373150	4917688	1465	III	1,06	7378983	4918971
1420	III	1,19	7376880	4917764	1466	III	6,06	7379645	4918708



1421	II	2	7375510	4917723	1467	II	1,25	7376728	4919023
1422	I	1,19	7376406	4917814	1468	II	1,25	7377914	4919069
1469	III	1,06	7365260	4919092	1515	III	1,25	7370740	4920334
1470	III	2,38	7370187	4919117	1516	III	2,63	7365723	4920325
1471	II	9,19	7372463	4918935	1517	II	160,75	7381339	4918558
1472	III	3,69	7378366	4919135	1518	II	4,88	7377449	4920296
1473	II	1,25	7378921	4919185	1519	III	18,25	7380789	4920162
1474	III	1,88	7378138	4919229	1520	II	1	7380986	4920552
1475	III	4,06	7373725	4919231	1521	III	1,13	7374687	4920576
1476	II	6,5	7379353	4919192	1522	III	1,06	7365863	4920582
1477	III	2,31	7375886	4919506	1523	II	4,87	7375271	4920581
1478	III	1,06	7370386	4919564	1524	III	1,5	7364994	4920625
1479	III	2	7379846	4919481	1525	II	2,44	7369736	4920586
1480	III	1,69	7366050	4919567	1526	II	1,69	7375676	4920641
1481	III	1,19	7375655	4919552	1527	III	1,06	7381799	4920663
1482	III	2,06	7369254	4919522	1528	II	2,06	7381998	4920590
1483	III	3,38	7376462	4919574	1529	III	1,19	7365102	4920755
1484	I	8,88	7377164	4919072	1530	III	1,5	7375280	4920816
1485	II	1,19	7370130	4919634	1531	II	2,06	7375922	4920814
1486	III	2,31	7373542	4919535	1532	II	2,75	7382528	4920809
1487	II	103,06	7380331	4918806	1533	II	3,5	7377525	4920675
1488	II	1	7368202	4919694	1534	III	2,94	7373674	4920827
1489	II	1,06	7369399	4919701	1535	II	2,13	7380316	4920893
1490	III	1,81	7375839	4919693	1536	III	1,69	7376570	4920950
1491	III	1,13	7376554	4919735	1537	II	5,81	7382208	4920742
1492	III	1	7377997	4919714	1538	III	1,5	7365068	4920946
1493	III	1	7369830	4919816	1539	III	1,5	7372230	4920971
1494	III	1	7371373	4919767	1540	II	2,44	7376179	4920925
1495	III	1	7379727	4919772	1541	II	1,56	7381857	4920909
1496	III	5,5	7380057	4919824	1542	III	1,06	7364789	4920993
1497	II	2,06	7378304	4919896	1543	II	2	7374203	4920963
1498	III	1,5	7366098	4919980	1544	II	1,69	7374695	4921021
1499	I	1,94	7377371	4919869	1545	III	4,13	7368454	4921047
1500	II	1,19	7377152	4919986	1546	II	1,19	7369693	4921089
1501	II	1,38	7377881	4920088	1547	II	4,25	7380043	4920859
1502	II	1	7380034	4920127	1548	II	1	7380578	4921086
1503	III	1,25	7371123	4920124	1549	II	10,69	7381491	4920828
1504	III	2,06	7376160	4920121	1550	II	2,06	7377297	4921062
1505	II	2,19	7378095	4920077	1551	II	1,19	7381819	4921138
1506	III	1,81	7364750	4920145	1552	III	1,31	7373711	4921133
1507	III	3,94	7374757	4920115	1553	II	2,63	7376005	4921083
1508	I	1,19	7378889	4920090	1554	II	1,13	7380718	4921126
1509	I	1,13	7379042	4920138	1555	III	3,63	7366967	4921079
1510	III	1,06	7368814	4920183	1556	II	1,19	7377016	4921157
1511	III	30,31	7381078	4919743	1557	II	3,31	7383142	4921170
1512	II	1,38	7374082	4920325	1558	II	4,31	7373500	4921224

1513	III	4,19	7380477	4920204	1559	II	3,44	7379929	4921261
1514	III	5,12	7369971	4920260	1560	II	19,06	7381010	4920914
1561	II	1,06	7379679	4921373	1607	III	1,56	7366962	4922700
1562	II	3,5	7380948	4921333	1608	III	2,69	7376108	4922739
1563	III	2,69	7364722	4921393	1609	III	5,75	7369342	4922659
1564	II	2,38	7368816	4921373	1610	II	1	7380672	4922758
1565	II	12,19	7382115	4921301	1611	II	1,81	7373972	4922759
1566	II	1,13	7382974	4921436	1612	III	1,44	7377714	4922788
1567	II	1	7377363	4921470	1613	II	1,94	7380217	4922707
1568	III	12,5	7364234	4921291	1614	II	3,19	7378223	4922818
1569	II	1,13	7382394	4921521	1615	III	1	7366058	4922888
1570	III	1,06	7373048	4921540	1616	III	1,44	7376063	4922897
1571	II	11,75	7372449	4921357	1617	I	1,44	7381341	4922878
1572	II	1,13	7368961	4921689	1618	III	5,31	7376882	4922858
1573	II	1,69	7374750	4921675	1619	III	1,62	7379156	4922949
1574	III	3,12	7376055	4921692	1620	III	4,06	7369634	4922907
1575	II	1,81	7368648	4921721	1621	III	1,13	7376997	4922993
1576	II	1,5	7368464	4921743	1622	III	3,25	7372382	4922971
1577	III	1,25	7363435	4921845	1623	III	1,31	7366433	4923133
1578	III	6,75	7363833	4921713	1624	III	1,19	7368544	4923101
1579	II	1,63	7381523	4921795	1625	III	2,87	7373340	4923118
1580	II	2,88	7375834	4921835	1626	II	1,25	7373966	4923064
1581	III	3,44	7365179	4921906	1627	III	1	7375387	4923172
1582	III	1,25	7365365	4921975	1628	III	1,19	7380997	4923173
1583	II	3,88	7373775	4921837	1629	III	1,5	7371626	4923215
1584	III	1,75	7375484	4921965	1630	II	1,88	7379196	4923233
1585	I	1,75	7379484	4921903	1631	II	3,81	7370201	4923165
1586	III	2,06	7376078	4922012	1632	II	2,13	7377926	4923245
1587	III	9	7365829	4921885	1633	II	4,44	7379777	4923227
1588	III	2,62	7364802	4922042	1634	II	2,37	7378780	4923293
1589	III	5,25	7373017	4921998	1635	III	1,06	7375202	4923330
1590	I	1,75	7377270	4921994	1636	II	1,69	7380560	4923409
1591	III	1,81	7372835	4922054	1637	III	1,88	7375958	4923502
1592	II	1,13	7375713	4922124	1638	II	3,31	7379632	4923449
1593	III	2,25	7376630	4922259	1639	II	1,06	7378567	4923595
1594	III	2	7372668	4922244	1640	III	2,12	7374010	4923679
1595	I	2	7377530	4922279	1641	II	1	7374853	4923672
1596	III	2,19	7368065	4922309	1642	I	13,06	7380896	4923510
1597	III	1,06	7368215	4922283	1643	II	4,81	7378270	4923617
1598	II	2,38	7368405	4922218	1644	III	2,25	7371556	4923776
1599	II	1,06	7372527	4922351	1645	III	1,06	7372561	4923757
1600	I	1,44	7379727	4922320	1646	I	2,25	7380715	4923853
1601	III	2	7381059	4922427	1647	III	11,44	7373445	4923745
1602	I	1	7378681	4922495	1648	I	1,94	7380450	4923926
1603	III	2,06	7381200	4922391	1649	I	2,94	7379895	4923995
1604	III	2,31	7376527	4922525	1650	III	3,25	7373723	4924001

1605	III	1,06	7376664	4922642	1651	III	2,38	7366575	4924035
1606	II	1,13	7376319	4922650	1652	III	1,94	7370382	4924063
1653	III	1,69	7377630	4924053	1699	II	1,38	7377498	4925159
1654	II	1	7379964	4924150	1700	II	2,56	7384047	4925177
1655	II	1,31	7380832	4924121	1701	II	19,31	7379554	4924897
1656	II	1,5	7382628	4924157	1702	I	2,12	7378664	4925217
1657	III	1,25	7373443	4924129	1703	I	6,5	7385612	4925150
1658	II	4	7380448	4924143	1704	II	1,31	7370074	4925248
1659	III	1	7369647	4924206	1705	II	1,13	7384533	4925342
1660	II	3,62	7381599	4924157	1706	III	1,56	7387217	4925307
1661	II	1,44	7380342	4924303	1707	III	1,94	7377245	4925368
1662	II	1,38	7385217	4924327	1708	II	5,25	7379149	4925299
1663	II	1,94	7377919	4924274	1709	II	6,06	7382974	4925202
1664	II	1,13	7369161	4924319	1710	III	1,38	7386815	4925395
1665	II	2,56	7381359	4924316	1711	I	1,94	7385425	4925358
1666	II	1,13	7381578	4924432	1712	II	15,63	7383647	4925156
1667	II	3,88	7381908	4924338	1713	II	1,94	7372731	4925458
1668	III	1	7369258	4924459	1714	II	1,88	7384535	4925505
1669	III	1,94	7376757	4924424	1715	II	6,69	7384795	4925294
1670	II	3,5	7380105	4924466	1716	I	5,38	7385200	4925332
1671	II	1,56	7383515	4924567	1717	II	2	7371002	4925529
1672	II	1,25	7384340	4924570	1718	I	1,75	7385606	4925476
1673	III	1,31	7372565	4924588	1719	I	1,56	7386140	4925550
1674	II	2,25	7381715	4924506	1720	III	1,63	7386981	4925553
1675	II	1	7368780	4924702	1721	II	1,31	7381024	4925610
1676	II	1,44	7369228	4924635	1722	II	2,31	7382229	4925592
1677	II	1	7378883	4924683	1723	II	1,25	7383220	4925586
1678	III	1,44	7368940	4924731	1724	I	1,69	7378269	4925624
1679	III	1,56	7377705	4924762	1725	II	3,19	7383061	4925464
1680	II	8,69	7385500	4924729	1726	II	1,94	7384329	4925630
1681	III	1,44	7368751	4924851	1727	II	1,25	7379309	4925718
1682	III	2,88	7377016	4924795	1728	III	2,75	7381810	4925718
1683	I	1,63	7378324	4924813	1729	II	2	7383981	4925699
1684	II	1,37	7379998	4924855	1730	I	9,38	7385861	4925549
1685	III	1,25	7385589	4924898	1731	II	2,81	7385120	4925706
1686	II	1,81	7381662	4924944	1732	II	1,06	7371074	4925745
1687	II	1,06	7384346	4924958	1733	III	1,38	7371515	4925760
1688	III	3,56	7369332	4924913	1734	III	2,69	7387137	4925685
1689	I	3,19	7372464	4924833	1735	II	3,19	7383585	4925715
1690	II	1,75	7381263	4924990	1736	II	1,56	7383795	4925808
1691	III	1,31	7377432	4925010	1737	II	1,38	7384682	4925808
1692	I	1,19	7385049	4925030	1738	I	1,25	7385888	4925838
1693	II	4,69	7384718	4924899	1739	II	3,56	7378027	4925728
1694	III	2,25	7370283	4925016	1740	III	1,81	7381273	4925838
1695	II	2,69	7379118	4925056	1741	III	2,56	7376983	4925809
1696	I	1,31	7386167	4925052	1742	II	1,81	7385241	4925906

1697	III	1,5	7380110	4925110	1743	II	4,31	7379697	4925819
1698	II	3	7372850	4925089	1744	I	3,06	7372384	4925919
1745	III	9,13	7377649	4925754	1791	II	16,5	7379360	4926585
1746	III	3,5	7386583	4925821	1792	II	1,44	7382008	4926976
1747	II	1,38	7383988	4925907	1793	II	30,25	7381240	4926530
1748	II	62,44	7380586	4925502	1794	III	1	7385056	4926973
1749	II	4,06	7384534	4926011	1795	III	6,88	7385879	4926902
1750	III	2,38	7377236	4925971	1796	III	2,31	7385633	4927002
1751	II	1,38	7383819	4926024	1797	I	1,69	7381300	4927248
1752	II	5,13	7384911	4925919	1798	III	1,75	7384081	4927253
1753	I	2	7378364	4926002	1799	III	1	7384523	4927370
1754	II	1,19	7376811	4926101	1800	I	2,75	7381457	4927403
1755	III	3,81	7382687	4926021	1801	III	1,5	7384857	4927403
1756	III	4,19	7377445	4926051	1802	III	1,56	7375149	4903986
1757	II	5	7379933	4926086	1803	III	6,31	7374465	4904052
1758	II	4,44	7386053	4926139	1804	III	6	7375671	4904182
1759	II	1,37	7380285	4926176	1805	III	1,31	7377074	4904845
1760	III	5,5	7381845	4926109	1806	II	3,5	7374368	4904838
1761	I	1,56	7378091	4926203	1807	II	50,31	7374905	4904714
1762	II	2,5	7383723	4926139	1808	III	2,62	7375138	4905320
1763	II	6	7378521	4926002	1809	III	1,38	7374527	4905661
1764	II	1,56	7378713	4926308	1810	III	2,44	7374898	4905705
1765	II	1,69	7379675	4926319	1811	III	2,06	7374332	4905817
1766	III	8,44	7382350	4926182	1812	III	1,13	7374144	4906046
1767	II	2,69	7384221	4926226	1813	III	1,88	7374814	4906387
1768	I	6,5	7385513	4926119	1814	III	1,25	7376539	4906583
1769	III	2,56	7386459	4926275	1815	III	3,31	7376097	4906856
1770	II	1,44	7378924	4926448	1816	I	3,19	7377243	4907173
1771	III	2,69	7384145	4926468	1817	III	1,06	7372768	4907338
1772	III	1,75	7382951	4926479	1818	I	10,44	7377047	4907726
1773	II	6,81	7383837	4926420	1819	II	45,5	7376847	4908389
1774	III	3,25	7385775	4926452	1820	III	1,62	7376613	4908744
1775	III	1,25	7386415	4926576	1821	II	7,94	7377642	4908686
1776	II	3,63	7380499	4926526	1822	II	2,69	7374492	4908829
1777	III	2,75	7381313	4926622	1823	III	4,31	7376877	4908809
1778	II	3,56	7384904	4926556	1824	II	100	7378150	4907801
1779	III	2,88	7376905	4926646	1825	II	1,44	7372731	4909049
1780	III	3,31	7386193	4926598	1826	I	3,56	7372470	4909067
1781	III	9,5	7382628	4926539	1827	I	8,63	7373851	4909017
1782	III	1,19	7381480	4926784	1828	II	4,63	7375187	4909175
1783	III	2,44	7382193	4926704	1829	II	17,06	7376145	4909160
1784	III	1	7382683	4926844	1830	I	12,88	7375790	4908988
1785	II	5,44	7379764	4926623	1831	I	3,94	7372209	4909390
1786	III	1,25	7382499	4926858	1832	II	8	7371554	4909372
1787	II	9,69	7379061	4926720	1833	I	15,25	7377128	4909295
1788	II	9,87	7377497	4926683	1834	II	1,81	7375368	4909558

1789	II	1,19	7380553	4926927	1835	II	6,56	7372499	4909460
1790	II	1	7384570	4926911	1836	I	8,25	7374805	4909488
1837	I	2,13	7377704	4909604	1883	II	5,56	7370962	4911729
1838	II	2,81	7375950	4909641	1884	I	4,19	7367320	4911795
1839	I	2,94	7378016	4909602	1885	II	1,56	7371392	4911867
1840	I	2,44	7378364	4909823	1886	I	6,19	7379970	4911816
1841	I	16	7377109	4909792	1887	III	1,38	7366777	4911968
1842	I	2,38	7377645	4909886	1888	II	1,75	7375407	4911977
1843	II	7,19	7374326	4909798	1889	III	1,44	7367051	4912105
1844	II	1,69	7374934	4909969	1890	III	1,13	7371014	4912122
1845	II	1,81	7371238	4910021	1891	III	1	7376209	4912130
1846	II	3,69	7370846	4910023	1892	I	6,69	7373059	4912088
1847	III	1,19	7371865	4910084	1893	II	4,31	7379043	4912059
1848	II	1,81	7374891	4910108	1894	II	1,69	7367728	4912219
1849	I	1,56	7377934	4910146	1895	II	15,94	7377966	4912071
1850	II	1,5	7371106	4910174	1896	III	1,69	7369192	4912238
1851	I	1,19	7379848	4910216	1897	II	1,31	7381443	4912346
1852	I	4,19	7378893	4910187	1898	II	7,06	7379648	4912382
1853	I	8,19	7377076	4910294	1899	II	2,69	7372465	4912423
1854	II	1,63	7369934	4910459	1900	II	15,81	7375125	4912310
1855	I	1	7380698	4910539	1901	II	2,63	7370626	4912583
1856	II	24,19	7376412	4910226	1902	II	2,25	7378578	4912543
1857	I	18,31	7378499	4910244	1903	III	1,25	7367716	4912650
1858	III	1,56	7371750	4910622	1904	I	6,31	7371102	4912516
1859	II	2,94	7377445	4910639	1905	III	1	7369066	4912709
1860	I	3,31	7379911	4910757	1906	III	1	7370050	4912788
1861	I	2,56	7380577	4910906	1907	II	21,5	7370471	4912375
1862	II	11,13	7380992	4910781	1908	III	3,25	7367970	4912783
1863	III	1,31	7375903	4910963	1909	II	1,38	7378806	4912831
1864	II	9,5	7377668	4910944	1910	I	8,19	7380080	4912790
1865	III	5,13	7371971	4910918	1911	II	18,25	7376433	4912565
1866	I	37	7373262	4910529	1912	II	1,75	7378434	4912812
1867	II	8,38	7370472	4911007	1913	II	1	7380427	4912861
1868	II	1,06	7381492	4911179	1914	II	3,56	7371477	4912857
1869	I	2,63	7379778	4911124	1915	III	2,06	7370578	4912933
1870	I	1,06	7373351	4911226	1916	II	4,19	7379032	4912879
1871	II	1,75	7378222	4911269	1917	II	10,94	7378203	4912792
1872	I	4,19	7379999	4911226	1918	III	1,44	7368115	4913104
1873	I	4,06	7374739	4911316	1919	III	1,13	7370313	4913122
1874	III	1,31	7378141	4911542	1920	II	2,94	7378831	4913075
1875	I	1,69	7373165	4911517	1921	I	16,62	7372231	4912870
1876	II	6	7376703	4911517	1922	III	1	7376194	4913225
1877	II	6,31	7379177	4911456	1923	II	1,81	7377065	4913221
1878	III	5	7372143	4911500	1924	I	2,12	7374090	4913201
1879	II	2,19	7373689	4911675	1925	III	1,69	7368350	4913295
1880	I	3,56	7374523	4911601	1926	II	3,88	7375081	4913312

1881	III	1,19	7375381	4911738	1927	III	2,5	7367336	4913339
1882	II	1,81	7379596	4911769	1928	III	2,69	7368126	4913335
1929	II	22,13	7377162	4913170	1975	II	1,25	7368419	4915193
1930	III	3,69	7378710	4913327	1976	III	2,69	7377503	4915183
1931	I	1,5	7371916	4913417	1977	II	1,13	7367279	4915400
1932	I	10,63	7372444	4913160	1978	III	1,5	7375992	4915407
1933	I	9,38	7380553	4913365	1979	I	1,62	7372948	4915444
1934	II	5,63	7379643	4913428	1980	I	3,56	7370985	4915425
1935	II	2,31	7378479	4913540	1981	I	2,62	7371450	4915520
1936	III	1,62	7367554	4913615	1982	II	6,69	7377900	4915485
1937	II	18,06	7371363	4913487	1983	I	14,63	7374192	4915370
1938	II	1,88	7378904	4913643	1984	II	10,37	7375571	4915559
1939	II	2	7371691	4913756	1985	I	3,44	7371259	4915731
1940	II	1	7370481	4913825	1986	II	21,13	7371932	4915614
1941	III	1,56	7368631	4913845	1987	I	7,37	7376084	4915786
1942	II	9,69	7374959	4913698	1988	II	1,19	7376488	4915903
1943	III	1,69	7368985	4913811	1989	II	3,44	7377999	4915826
1944	II	1,06	7377107	4913874	1990	II	2,37	7378097	4916012
1945	I	2,31	7371366	4913877	1991	III	1,94	7367407	4916055
1946	II	25,56	7376045	4913722	1992	II	8,75	7371432	4916083
1947	II	1,25	7378066	4913963	1993	II	1,81	7367680	4916254
1948	I	1,06	7370710	4914063	1994	II	7,31	7378335	4916066
1949	I	8,62	7380777	4913812	1995	III	1,5	7368067	4916353
1950	III	1,31	7367495	4914198	1996	III	3,63	7374022	4916366
1951	II	1,31	7371891	4914333	1997	I	2	7379897	4916355
1952	I	2,62	7370825	4914316	1998	I	3,19	7374470	4916488
1953	III	1,19	7373261	4914444	1999	II	1	7380663	4916563
1954	II	3,31	7370623	4914478	2000	I	1,25	7375365	4916640
1955	II	10,69	7378090	4914231	2001	II	1,5	7366664	4916805
1956	II	8,69	7377630	4914461	2002	I	1,13	7371622	4916811
1957	II	1,38	7368095	4914738	2003	II	3,88	7366273	4916859
1958	II	15,5	7375855	4914547	2004	II	1,81	7377400	4916945
1959	II	3,13	7367204	4914812	2005	I	1,5	7369550	4917028
1960	II	1,75	7367546	4914849	2006	II	4,13	7375030	4916950
1961	II	7,94	7368698	4914748	2007	I	4,19	7375625	4916921
1962	II	1,19	7375859	4914898	2008	I	3,56	7379608	4916863
1963	II	2,69	7377640	4914862	2009	II	1,38	7372316	4917126
1964	I	1,81	7370970	4914889	2010	II	1,13	7372079	4917160
1965	III	2,5	7377244	4914913	2011	I	3,25	7371597	4917073
1966	II	4,38	7368006	4914923	2012	I	2,94	7380388	4917148
1967	II	4,06	7368342	4914928	2013	II	1,44	7376561	4917215
1968	I	2,13	7371110	4915004	2014	III	3,25	7368133	4917266
1969	II	2,19	7372023	4915059	2015	I	5,5	7375510	4917285
1970	III	1,63	7368953	4915057	2016	II	1,19	7376644	4917332
1971	I	4,06	7371558	4915036	2017	II	2,69	7381446	4917252
1972	I	23	7372552	4914905	2018	II	6,19	7372114	4917335

1973	III	1,19	7361284	4915145	2019	III	1,06	7374908	4917476
1974	II	1	7365695	4915163	2020	I	3,94	7377335	4917362
2021	I	4,13	7376100	4917402	2067	III	1,56	7376425	4919768
2022	II	5,06	7381148	4917305	2068	I	2	7379567	4919768
2023	III	1,69	7368625	4917626	2069	I	5,25	7377529	4919665
2024	II	4,25	7381331	4917589	2070	I	2,19	7379120	4919783
2025	II	1,13	7375631	4917767	2071	III	2,25	7375468	4919860
2026	I	11,13	7375948	4917678	2072	III	1,94	7365820	4919954
2027	II	3,31	7380342	4917863	2073	I	4,88	7378841	4919856
2028	I	19	7378109	4917695	2074	III	1	7367056	4920034
2029	I	2,5	7368918	4917950	2075	III	1,44	7374849	4920051
2030	III	1,25	7372051	4917986	2076	II	1,38	7373286	4920113
2031	III	2,56	7365041	4917968	2077	III	1,25	7376015	4920199
2032	I	1,19	7376955	4918001	2078	II	1,19	7381807	4920164
2033	III	1,38	7372245	4918113	2079	I	1,13	7378138	4920197
2034	III	5	7372751	4918095	2080	I	1,75	7373421	4920240
2035	I	6,19	7376520	4917973	2081	II	1,81	7365375	4920290
2036	II	1	7380295	4918255	2082	I	10,62	7379252	4920137
2037	III	1,38	7373910	4918341	2083	III	2,31	7376927	4920410
2038	I	2,25	7370045	4918489	2084	I	4,75	7378702	4920306
2039	II	1,38	7381261	4918492	2085	I	4	7377368	4920403
2040	III	2,31	7373433	4918508	2086	II	1,38	7381924	4920541
2041	I	1,81	7379135	4918544	2087	I	2	7377293	4920780
2042	III	6,44	7372469	4918537	2088	I	1	7379927	4920914
2043	I	1,31	7377202	4918596	2089	II	1,5	7377019	4920972
2044	II	1,19	7372614	4918749	2090	III	2,62	7363643	4921083
2045	II	5,56	7373089	4918634	2091	II	2,38	7373544	4921098
2046	II	2,75	7369703	4918719	2092	II	1,31	7381948	4921132
2047	III	1	7374741	4918777	2093	I	3,38	7378961	4921012
2048	I	55,56	7379844	4917676	2094	II	1,63	7375563	4921199
2049	II	2,63	7373802	4918940	2095	I	6,25	7379316	4921065
2050	I	1,69	7377280	4918859	2096	II	3,19	7381154	4921154
2051	II	1,88	7365283	4918948	2097	I	1,75	7368928	4921325
2052	II	1,5	7376314	4918989	2098	III	1,19	7377491	4921332
2053	I	10,56	7376964	4918687	2099	II	1,63	7373409	4921388
2054	II	1,31	7377476	4918990	2100	II	2,31	7375337	4921375
2055	I	1,81	7373525	4919058	2101	III	1,06	7366943	4921443
2056	II	1,44	7381549	4919053	2102	II	1,88	7381800	4921420
2057	I	3,81	7371880	4919000	2103	I	1,31	7381463	4921555
2058	II	4,75	7372207	4919013	2104	II	3,81	7373145	4921588
2059	II	1,56	7379806	4919101	2105	I	3,94	7379123	4921610
2060	I	2,94	7379117	4919061	2106	I	4,06	7377011	4921563
2061	I	1,06	7377399	4919236	2107	II	1,31	7375868	4921757
2062	III	1,25	7365238	4919281	2108	I	1,88	7379782	4921935
2063	I	1,31	7373749	4919302	2109	I	5,12	7377444	4921856
2064	I	2	7379236	4919327	2110	I	5,5	7379394	4921951

2065	II	1,38	7374684	4919636	2111	II	4,56	7375566	4922054
2066	III	2,63	7375950	4919728	2112	I	3,56	7379979	4922112
2113	I	1,5	7379708	4922234	2159	I	1,75	7384046	4924687
2114	II	1	7368467	4922352	2160	II	2,56	7382902	4924687
2115	I	1,44	7382211	4922407	2161	II	1,06	7372476	4924733
2116	I	6,06	7378744	4922431	2162	III	1,63	7369710	4924770
2117	I	1,25	7378337	4922480	2163	I	2,75	7383703	4924811
2118	I	3,63	7377749	4922379	2164	III	2,06	7385387	4924795
2119	II	1,25	7376363	4922590	2165	I	1,5	7372632	4924847
2120	II	1,13	7381578	4922750	2166	II	3,69	7381607	4924862
2121	II	5,81	7375811	4922690	2167	I	1,69	7384229	4924929
2122	I	6,44	7377663	4922587	2168	III	3,5	7369331	4924839
2123	II	3,75	7376697	4922760	2169	I	1	7385909	4924930
2124	I	1,88	7380368	4922784	2170	I	1,81	7378979	4925014
2125	III	2,25	7367203	4922841	2171	I	1,31	7385595	4925068
2126	III	1,13	7372229	4922876	2172	I	9,31	7383583	4924992
2127	II	1,31	7375002	4922884	2173	II	1,75	7377432	4925106
2128	II	1,13	7375804	4923038	2174	II	1,63	7380775	4925182
2129	III	1,69	7378343	4922987	2175	II	2,81	7381256	4925164
2130	I	4,63	7381178	4922924	2176	I	5,13	7370131	4925076
2131	III	1,63	7363602	4923122	2177	I	2,13	7386017	4925238
2132	III	1,25	7372506	4923143	2178	I	11,81	7384184	4925286
2133	I	1,88	7380910	4923091	2179	II	1,63	7378797	4925345
2134	II	30,81	7379103	4923094	2180	III	1	7386941	4925419
2135	II	1,63	7375445	4923236	2181	I	1,5	7372768	4925416
2136	II	1,25	7377835	4923328	2182	I	10	7378052	4925096
2137	II	2,06	7376134	4923300	2183	II	2,5	7383143	4925319
2138	I	3	7380516	4923271	2184	II	1	7387259	4925441
2139	I	1,63	7381132	4923277	2185	I	26,06	7385016	4925112
2140	II	3,56	7378370	4923549	2186	I	1,5	7385667	4925529
2141	I	1,69	7379738	4923536	2187	II	2,13	7379899	4925541
2142	I	1,38	7380890	4923598	2188	I	1,5	7378182	4925633
2143	II	1,75	7373948	4923638	2189	II	3,56	7383417	4925585
2144	II	1,5	7379400	4923678	2190	I	1,19	7386184	4925647
2145	III	2,5	7373433	4923753	2191	I	1,56	7371138	4925694
2146	I	1,13	7380258	4923975	2192	II	1,38	7381240	4925713
2147	II	3,13	7381651	4924059	2193	II	3,19	7384675	4925624
2148	II	1,31	7380916	4924127	2194	II	1,56	7380972	4925796
2149	II	1,44	7377948	4924159	2195	I	2,5	7378720	4925766
2150	II	1,19	7381951	4924201	2196	II	7	7385254	4925773
2151	II	1,75	7380632	4924296	2197	II	2,31	7380444	4925799
2152	I	1,88	7383165	4924457	2198	I	1,63	7385695	4925928
2153	I	12,06	7379295	4924033	2199	III	1,75	7386649	4925923
2154	II	8,5	7381398	4924540	2200	II	2,69	7380830	4926007
2155	II	1,31	7385490	4924599	2201	I	3,37	7378293	4925894
2156	II	1,31	7380964	4924609	2202	II	1,13	7381518	4926074



2157	II	1,06	7381242	4924688	2203	II	5,56	7381272	4926011
2158	II	2,81	7382422	4924605	2204	II	5,06	7383498	4925975
2205	II	1,06	7379567	4926246					
2206	II	1,94	7378893	4926316					
2207	I	14,69	7383991	4925939					
2208	II	1	7380536	4926377					
2209	II	7,31	7381743	4926293					
2210	I	1,13	7384226	4926424					
2211	I	8,19	7384808	4926281					
2212	I	1,31	7378291	4926415					
2213	I	9,38	7377690	4926353					
2214	II	2	7381140	4926495					
2215	II	2,25	7379695	4926638					
2216	II	6,19	7380528	4926657					
2217	I	3,62	7378230	4926718					
2218	II	2,31	7382040	4926874					
2219	I	10	7379660	4926915					
2220	II	2,69	7380254	4926980					
2221	II	4	7380996	4926877					

Највећа заступљеност елементарних ерозионих површина (ЕЕП) је уочена на површинама под смеђим земљиштима на кречњаку (смеђе рудо земљиште на кречњаку) и кисело смеђим земљиштима на шкриљцима (смеђе скелетоидно земљиште на шкриљцима). Најмања заступљености ЕЕП је утврђена на површинама под киселим смеђим земљиштима на граниту (смеђе скелетоидно кисело земљиште на граниту) и делувијалном земљишту (алувијално-делувијалним наносом) (табела 4.20.).

Табела 4.20. Заступљеност елементарних ерозионих површина на појединим типовима земљишта

Нова номенклатура	Стара номенклатура	Површина (km <sup>2</sup> )
Алувијално земљиште (Флувисол), песковито	Алувијални нанос песковити	4,58
Делувијално (колувијално) земљиште, еутрично, са превагом земљишног материјала, алувијално-делувијално	Алувијално - делувијални нанос	0,45
Илимеризовано земљиште (Лувисол), псеудоглејно	Еродирано - параподзоласто земљиште	3,22
Псеудоглеј	Параподзол (псеудоглеј)	5,58
Камењар литосол	Скелет (камењар)	1,49
Кисело смеђе земљиште, типично, на пешчару	Смеђе кисело земљиште на пешчару	4,89
Смеђе земљиште на кречњаку, типично	Смеђе рудо земљиште на кречњаку	26,37
Кисело смеђе земљиште, типично, на граниту, средње скелетно	Смеђе скелетоидно кисело земљиште на граниту	0,28
Кисело смеђе земљиште, типично, на шкриљцима, средње скелетно	Смеђе скелетоидно земљиште на шкриљцима	17,83
Смоница, средње дубока	Смоница еродирана (плитка)	4,99
		69,68

Највећа заступљеност ЕЕП је уочена на агрошумском мозаику и на комплексима обрадивих површина, уколико се користи класификација према CORINE Land Cover бази података. Најмања површинска заступљеност ЕЕП је идентификована на дисконтинуалном урбаном подручју и на површинама мешовитих шума (табела 4.21.). На површинама под четинарским шумама нису издвојене елементарне ерозионе површине.

Табела 4.21. Заступљеност елементарних ерозионих површина на издвојеним CLC класама

CLC код	CLC класа	Површина (km <sup>2</sup> )
112	Дисконтинуално урбано подручје	0,03
211	Обрадиве површине	13,41
231	Пашњаци	0,41
242	Комплекси обрадивих површина	18,74
243	Агрошумски мозаик	29,95
311	Лишћарске шуме	5,67
312	Четинарске шуме	0
313	Мешовите шуме	0,13
321	Природне ливаде	0,33
324	Шибљаци	1,01
	Укупно	69,68

Највећа заступљеност елементарних ерозионих површина је уочена на сливним површинама водотокова Завлачице, Коларуше и Мојковачке реке, а најмања на сливовима Сипуље и Радаља (табела 4.22.).

Табела 4.22. Заступљеност елементарних ерозионих површина на издвојеним сливовима

ID слива	Слив	Површина		
		Слив (km <sup>2</sup> )	ЕЕП (km <sup>2</sup> )	ЕЕП (%)
6	Коренита (спајање са Ступничком реком)	65,36	1,39	2,13
7	Ступничка река	18,47	0,68	3,68
9	Церница (спајање са Завлачицом)	70,11	0,03	0,04
11	Крлаган	32,46	2,71	8,35
12	Сипуља	14,85	0	0
13	Раковица	13,53	0,47	3,47
16	Церница (улив у Јадар)	110,63	4,01	3,62
17	Серница (спајање са Малом реком)	85,78	4,01	4,67
18	Коренита (спајање са Троношом)	31,49	1,39	4,41
20	Завлачица (улив у Церницу)	12,88	3,99	30,98
22	Ликодра (улив у Јадар)	217,31	47,01	21,63
23	Конјушица	19,06	0,02	0,1
25	Равнајица	12,08	3,34	27,65
28	Мојковачка река	76,11	21,6	28,38
30	Радаљ	47,08	0,01	0,02
31	Коларуша	29,65	8,88	29,95
33	Пецка	88,44	0,8	0,9
35	Церовица	14,85	3,79	25,52
37	Баставска река	34,02	8,1	23,81
38	Чађавица	34,33	2,62	7,63
42	Кржава	12,44	0,97	7,8
44	Борањска река	46,23	0,2	0,43
49	Богоштица	35,75	8,03	22,46
51	Узовничка река	30,82	0,44	1,43
54	Подстењска река	20,2	0,63	3,12
55	Соколска река	24,11	1,69	7,01

## 5. Дискусија

### 5.1. Квалитативно-квантитативна методологија за детерминацију ерозионих подручја

Ерозија земљишта је природан процес и представља један од доминантних узрока деградације земљишта. Анализа проблематике ерозионих процеса резултирала је појавом великог броја различитих метода, модела и техника за процену губитака земљишта (Abdulkadir et al., 2019). За потребе ове докторске дисертације, примењене су две методе за процену интензитета ерозије земљишта: Метод потенција ерозије (МПЕ) и Ревидирана универзална једначина губитака земљишта (RUSLE). Ове методе су препознате у легислативи Републике Србије у оквиру „Правилника о националној листи индикатора заштите животне средине“ („Службени гласник РС“, 2011), као део инструмената за процену стања земљишног простора. Методологија за израчунавање степена угрожености земљишта од ерозије описана је у оквиру тематске целине земљиште, односно кроз индикатор Ерозија земљишта (притисци). МПЕ је већ 50 година саставни део инжењерско-пројектанске праксе у Републици Србији, која се бави заштитом земљишта и уређењем бујица (Ристић et al., 2018; Ristić et al., 2019). RUSLE је један од глобално најкоришћених метода у проблематици деградације земљишта и препоручена је од стране European Commission's Joint Research Centre (Panagos et al., 2015). Структура оба метода, посебно у ГИС окружењу, је погодна за међусобну хармонизацију и деривацију „хибридних просторних ентитета“, као комплексних база података, што доприноси креацији „универзалног“ модела за идентификацију ерозионих процеса преко изражајних одредница МПЕ и RUSLE.

Географски информациони систем (ГИС), представља скуп софтверских алата за управљање просторним подацима, односно систем за интегрисање, складиштење, уређивање, анализу и приказивање просторних података (Kukrika, 2000). За потребе овог истраживања формиране су две базе података: аналитичка (нулта) и синтезна (операбилна) база. Формирање аналитичке (нулте) базе подразумева систематско прикупљање, складиштење, обраду и анализу релевантних просторних података. Прикупљени подаци, потребни за анализу процеса ерозије земљишта и површинског отицаја, приказани су у формату нумеричке (климатски параметри), векторске (административне јединице, хидрографска мрежа, начин коришћења земљишта) и растерске (геолошки и педолошки услови средине, дигитални модел терена) базе података. Сви скупови просторних података који су потребни за моделирање процеса ерозије и површинског отицаја конвертовани су у растерски облик димензије пиксела од 100 m. У оквиру аналитичке (нулте) базе формиран су слојеви елементарних сливних површина (ArcHydro модел), губитака земљишта (МПЕ и RUSLE) и површинског отицаја (SCS метода). Синтезна база представља конгломерат информација о сливним површинама, губицима земљишта и потенцијалу за генерисање површинског отицаја, које су добијене у оквиру аналитичке базе, у функцији просторне и квантитативне идентификације ерозионих подручја. У оквиру синтезне базе, дефинисана је методологија за издвајање ерозионих подручја, која су класификована у циљу што бољег сагледавања проблема. Презентација података у синтезној бази представљена је кроз векторску базу података.

„Законом о водама“ („Службени гласник РС“, 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 и 95/2018) је дефинисано да јединице локалне самоуправе у оквиру своје територије дефинишу ерозиона подручја и спроводе одређене мере и радове на заштити од ерозије и бујичних поплава. „Методологија за израду планова за проглашење ерозионих

подручја“, као нижи подзаконски акт, такође прописује да се ерозиона подручја издвајају у оквиру територије јединице локалне самоуправе. „Закон о локалним самоуправама“ („Службени гласник РС“, 129/2007, 83/2014, 101/2016 и 47/2018) под појмом општина (локална самоуправа) подразумева основну територијалну јединицу, која је дефинисана границама катастарских општина. Јединицама локалне самоуправе, кроз законске и подзаконске акте, су дефинисане надлежности и одговорности које се односе на заштиту земљишта од ерозије и бујичних поплава. Према важећој законској регулативи, *Планови за проглашење ерозионих подручја* и *Оперативни планови за одбрану од поплава на водотоковима II реда* се реализују за територије јединица локалних самоуправа. Посматрајући ерозионе процесе као један од предуслова за настанак бујичних поплава може се закључити да бављење овим процесима и појавама искључиво у територијалном контексту административне јединице (општине) није у потпуности оправдано.

Ерозиони процеси који се јављају на територији једне локалне самоуправе могу имати утицај и на друге, суседне, административне јединице. Приликом дефинисања угрожености територије локалне самоуправе (општина/град) неопходно је сагледати проблем на ширим предеоним размерама и дефинисати природне границе (сливне површине), које се налазе и гравитирају предметној територији. Уже истраживано подручје у овој докторској дисертацији јесте територија општине Крупањ (340,47 km<sup>2</sup>), као основна територијална јединица са надлежностима локалне самоуправе. Шире истраживано подручје представља природну, топографску границу дефинисану системом сливних површина (1.085,80 km<sup>2</sup>) које гравитирају или остварују неке од просторних релација са територијом општине Крупањ.

Клима, геолошки и педолошки услови, топографија и нарочито интензивне промене у начину коришћења земљишта на истраживаном подручју, чине средину која је осетљива на генезу и деловање ерозионих процеса, као и брзог површинског отицаја. Највиша тачка ширег истраживаног подручја се налази на Соколској планини, са 937 m изнад нивоа мора (врх Рожањ), а најнижа је у алувијалној равни реке Јадар (зона улива реке Корените у Јадар), са 119 m. На ужем истраживаном подручју највиша тачка је врх Кошутња стопа (924 m) на планини Јагодња, а најнижа је на ушћу Ликодре у Јадар (насеље Завлака) и износи 154 m. Просечан нагиб терена на ширем истраживаном подручју износи 16,66%, док за територију општине Крупањ износи 20,75%. Просечни нагиби терена ( $I_{sr}$ ) на издвојеним сливним површина крећу се у распону од 13,74% (слив реке Равнајице) до 37,38 % (слив Велике реке). На ужем истраживаном подручју највећи нагиби терена су регистровани на сливовима река Кржава ( $I_{sr}=31,78\%$ ), Чађавица ( $I_{sr}=29,78\%$ ) и Богоштица ( $I_{sr}=27,42\%$ ), односно, у горњим деловима слива реке Ликодре. Како се нагиб падина повећава, тако кинетичка енергија и транспортни капацитет површинског отицаја расту, а смањује се отпорност земљишта на ерозионе процесе.

Климатске карактеристике су анализиране на основу података мерења са локалних и регионалних метеоролошких станица. Средња годишња температура ваздуха за шире истраживано подручје износи 10,84°C, док за уже истраживано подручје, територију општине Крупањ, износи 10,79°C. Средња годишња количина падавина за шире истраживано подручје износи 910,92 mm, док за општину Крупањ износи 931,36 mm. Подручје општине Крупањ је у прошлости било изложено појави деструктивних бујичних поплава и интензивних ерозионих процеса, нарочито маја 2014. године (Костадинов et al., 2014).

Истраживано подручје се налази у Јадранском тектонском блоку. Сложене је геолошке грађе коју чини 19 стенских формација, стратиграфски везаних за палеозоик, мезозоик

и кенозоик. Најзаступљеније су стенске масе палеозојске старости (око 58% истраживаног подручја), док су најмање заступљене стене из периода квартара (око 4%). Генерално, најеродибилнији литолошки типови, поред кварталних растреситих седимената (алувијум, делувијум) су флиш и серицитско-хлоритски шкриљци.

Доминантна својства земљишних творевина су обрађена коришћењем података из доступних литературних извора. Детерминисано је 14 типова земљишта, од којих су три најзаступљенија и заузимају две трећине површине ширег истраживаног подручја: кисело смеђе земљиште; смеђе земљиште на кречњаку и псеудоглеј. Псеудоглејна земљишта имају изражену еродибилност и мали инфилтрационо-ретенциони капацитет, услед чега долази до појаве брзог површинског отицаја. На ужем истраживаном подручју, доминанти типови земљишта су смеђе земљиште на кречњаку (39,93%) и кисело смеђе земљиште (29,01%). Алувијални нанос има изражену еродибилност посебно током периода великих вода.

Начин коришћења земљишта има велики утицај на развој ерозионих процеса и најбоље илуструје степен антропогеног утицаја. На основу обраде података из базе CORINE Land Cover утврђено је да шуме (лишћарске, четинарске и мешовите) заузимају 44,57% (479,26 km<sup>2</sup>) површине ширег истраживаног подручја, агрошумски мозаик 30,28% (325,60 km<sup>2</sup>), комплекс обрадивих површина 16,70% (179,55 km<sup>2</sup>), обрадиве површине 5,38% (57,90 km<sup>2</sup>) и шибљаци 1,82% (19,57 km<sup>2</sup>). Остале класе начина коришћења (дисконтинуално урбано подручје, пашњаци, природне ливаде, подручја са оскудном вегетацијом, градилишта) заузимају свега 1,25% (5,54 km<sup>2</sup>) од укупне површине ширег истраживаног подручја. На ужем истраживаном подручју највише су заступљене шуме 156,79 km<sup>2</sup> (46,06%), затим агрошумски мозаик 112,77 km<sup>2</sup> (33,14%), комплекси обрадивих површина 39,27 km<sup>2</sup> (11,53%), док остале класе CORINE land cover номенклатуре заузимају површину од 31,52 km<sup>2</sup> (9,27%). Тип вегетационог покривача има велику улогу у заштити земљишта од ерозије и превенцији настанка површинског отицаја. Површине под обрадивим земљиштем показују највећу сензитивност на ерозионе процесе, за разлику од површина под шумском и травном вегетацијом. На истраживаном подручју се јављају појасеви сладуново-церових, китњакових и грабових, као и букових шума. У погледу пољопривреде преовлађује воћарска производња, док је ратарство организовано на мањим индивидуалним поседима.

Дефинисање сливних подручја представља једну од кључних активности током процеса мапирања, процене и класификације ерозионих подручја. Вододелнице сливова се могу детерминисати мануелно, помоћу топографских карата или (полу)аутоматски, применом специјализованих софтвера за обраду дигиталног модела терена (Ozdemir, Bird, 2009). Аутоматизовано издвајање сливних површина је почело интензивније да се користи са појавом јавно доступних база података, превасходно DEM-а (дигитално-елевациони модел терена) различите детаљности. Методологија аутоматског издвајања сливова састоји се од неколико узастопних и међусобно условљених корака: прикупљање и обрада DEM-а, генерисање токова, дефинисање прагова и делинеација сливних површина. За потребе овог истраживања коришћен је дигитални модел терена који је креирала агенција Copernicus за територију Европске Уније (<https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1>). Важан корак при детерминисању вододелница представља елиминација вештачких депресија које се могу јавити у изворном DEM-у (Jenkins, Mccauley, 2006). Под изворним DEM-ом се подразумева тродимензионални приказ терена који је део глобалних база података а није "прошао" примарну обраду неопходну за хидролошке и псамолошке анализе. На истраживаном подручју издвојено је 55 сливних површина, у дијапазону од A=12,08 km<sup>2</sup> (река

Равнајица) до  $A=853,93 \text{ km}^2$  (Јадар). Приликом издвајања сливних површина дефинисан је просторни “праг” (реални минимум), односно најмања регистрована површина слива,  $A=10 \text{ km}^2$ . На рекама Јадар, Ликодра, Коренита и Церница „постављено“ је више профила (тачке за разграничење сливних површина), на местима улива већих притока. Тако је, на пример, на реци Јадар издвојено 12 профила. За сваку издвојену сливну површину дефинисане су основне физичко-географске карактеристике, које су даље употребљене као релевантни параметри за процену интензитета ерозије земљишта и потенцијала за генезу површинског отицаја.

Процена губитака земљишта на истраживаном подручју обављена је применом Методе Потенцијала Ерозије (МПЕ). Интензитет ерозије земљишта је изражен коефицијентом ерозије  $Z$ , као и вредностима продукције и проноса ерозионог материјала на истраживаном подручју. Вредности коефицијента  $Z$ , у оквиру ширег истраживаног подручја, се крећу до  $Z=2,36$ , док је просечна вредност  $Z=0,210$ , што истраживано подручје сврстава у категорију слабе ерозије. Највеће просечне вредности коефицијента  $Z$  регистроване су на подручјима са оскудном вегетацијом, где се јављају ерозиони процеси из категорије јаке ерозије ( $Z=0,84$ ). Поред оскудне вегетације, ерозиони процеси из категорије средње ерозије су забележени на обрадивим површинама ( $Z=0,54$ ) и деловима дисконтинуалног урбаног подручја ( $Z=0,53$ ). Најмање просечне вредности се јављају на површинама које су покривене четинарским ( $Z=0,06$ ) и лишћарски шумама ( $Z=0,07$ ) и припадају категорији врло слабе ерозије. Анализа типова земљишта и коефицијента ерозије  $Z$ , указује да се највеће просечне вредности јављају на алувијалним наносима ( $Z=0,66$ ) где је идентификована категорија средње ерозије. Тип земљишта на коме су заступљени ерозиони процеси из категорије врло слабе ерозије, јесте параподзоласто земљиште, са просечном вредношћу коефицијента ерозије  $Z=0,05$ . Специфична годишња продукција ерозионог материјала на ширем истраживаном подручју износи  $W_{sp}=435,71 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$ , док укупна продукција ерозионог материјала износи око  $W=475.000 \text{ m}^3$  годишње. Подручја са оскудном вегетацијом имају највећу специфичну годишњу продукцију ерозионог материјала од  $W_{sp}=3.050,79 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$ , следе обрадиве површине ( $W_{sp}=1.251,17 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$ ) и делови дисконтинуалног урбаног подручја ( $W_{sp}=1.208,72 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$ ). Најмања специфична продукција ерозионог материјала регистрована је на површинама под четинарским ( $W_{sp}=33,59 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$ ), лишћарским ( $W_{sp}=97,16 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$ ) и мешовитим шумама ( $W_{sp}=141,54 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$ ), као и шибљацима ( $W_{sp}=197,66 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$ ). Површине прекривене алувијалним наносом имају специфичну годишњу продукцију ерозионог материјала  $W_{sp}=1.698,65 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$  и дају 19% од укупно продукованог ерозионог материјала на ширем истраживаном подручју.

Просечна вредност коефицијента ерозије  $Z$  на ужем истраживаном подручју износи  $Z=0,187$ , а максималне вредности достижу  $Z=2,36$ . Највећа средња вредност коефицијента ерозије  $Z$  регистрована је на обрадивим површинама ( $Z=0,47$ ), а најмања на подручју под четинарским шумама ( $Z=0,02$ ). Најмања просечна вредност коефицијента ерозије  $Z$  уочена је на киселом смеђем земљишту на граниту ( $Z=0,06$ ), док је највећа вредност забележена на песковитом алувијалном наносу ( $Z=0,66$ ). Специфична годишња продукција ерозионог материјала на ужем истраживаном подручју износи  $W_{sp}=383,06 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$ , док укупна продукција ерозионог материјала износи око  $W=130.000 \text{ m}^3$  годишње. Специфична годишња продукција ерозионог материјала на површинама под шумом (сви типови шума) има најмање вредности ( $W_{sp}=91,09 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$ ) и продукује 11% ерозионог материјала од укупне продукције на ужем истраживаном подручју. Обрадиве површине имају специфичну годишњу продукцију ерозионог материјала од  $W_{sp}=1.106,33 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$ , док је укупна продукција  $W=24.691$

$\text{m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$ , што представља око 19% од укупне годишње продукције на ужем истраживаном подручју. Површине прекривене алувијалним наносом имају специфичну годишњу продукцију ерозионог материјала од  $W_{sp}=1.768,32 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$  и дају 18% од укупно продукованог ерозивног материјала на територији општине Крупањ.

Средње вредности коефицијента ерозије  $Z$ , на издвојеним сливним површинама, крећу се у распону од  $Z=0,06$  до  $Z=0,36$ . На сливним подручјима река Равнајице ( $Z=0,36$ ), Цернице ( $Z=0,34$ ) и Мале реке ( $Z=0,34$ ) забележене су највеће средње вредности коефицијента ерозије  $Z$ . Најмање средње вредности коефицијента ерозије  $Z$  се јављају на сливовима река Трноше ( $Z=0,06$ ), Велике реке ( $Z=0,06$ ) и Борањске реке ( $Z=0,07$ ). Специфична годишња продукција ерозионог материјала на издвојеним сливним површинама креће се у распону од  $W_{sp}=75,82 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$  (река Равнајица) до  $W_{sp}=745,33 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$  (Велика река). На сливу реке Јадар, који има површину  $A=853,93 \text{ km}^2$ , специфична годишња продукција ерозионог материјала износи  $W_{sp}=506,84 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$ , док укупна продукција ерозионог материјала има вредност  $W=432.805 \text{ m}^3$  годишње.

Применом ерозионог модела RUSLE на ширем истраживаном подручју, утврђен је средњи годишњи губитак земљишта  $A=12,54 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ , док укупни годишњи губитак земљишта износи око 1,36 милиона тона годишње. На подручју под лишћарским шумама, које заузимају 43,64% ширег истраживаног подручја, идентификован је просечан губитак земљишта  $A=4,25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ . Агрошумски мозаик покрива површину од 30,21% ширег истраживаног подручја и на овим површинама су детерминисани средњи годишњи губици земљишта  $A=16,14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ . Највећи средњи годишњи губици земљишта забележени су на подручјима са оскудном вегетацијом ( $A=435,52 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ ), док су најмањи на површинама под четинарским шумама ( $A=0,94 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ ). Највећи средњи годишњи губици земљишта регистровани су на алувијалном земљишту песковитом ( $A=28,74 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ ) и на средње дубоким смоницама ( $A=24,09 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ ), док су најмање вредности уочене на киселом смеђем земљишту на граниту ( $A=1,95 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ ) и илимеризованом земљишту ( $A=2,69 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ ).

На ужем истраживаном подручју, применом RUSLE модела, утврђен је средњи годишњи губитак земљишта  $A=12,46 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ , док укупни годишњи губитак земљишта износи око 420.000 t годишње. Највећи средњи годишњи губици земљишта на територији општине Крупањ регистровани су на подручјима која се налазе под природним ливадама ( $A=62,71 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ ) и обрадивим површинама ( $A=30,37 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ ), док су најмање вредности утврђене на подручјима под четинарским шумама ( $A=1,21 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ ). Најзаступљенији тип земљишта на ужем истраживаном подручју је смеђе земљиште на кречњаку, са средњом вредношћу губитака земљишта  $A=9,93 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ . Највеће средње вредности годишњих губитака земљишта јављају се на алувијалном земљишту песковитом ( $A=34,85 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ ), а најмање на киселом смеђем земљишту на граниту ( $A=1,27 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ ).

Средњи годишњи губитак земљишта према RUSLE, на издвојеним сливним површинама, износи од  $A=1,28 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$  (река Трноша) до  $A=28,63 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$  (река Царинка). Сливови који директно гравитирају току Дрине, имају вредности средњих годишњих губитака земљишта од  $A=5,77 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$  (река Радаљ) до  $A=17,73 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$  (Боринска река). На сливу реке Јадар просечни губитак земљишта по RUSLE методу износи  $A=5,77 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ .



Ерозиона подручја представљају површине које се одликују израженим степеном осетљивости према развоју ерозионих процеса. Идентификовање ерозионих подручја захтева процену стања и перспектива развоја процеса ерозије земљишта, што је обављено применом МПЕ и RUSLE модела. Циљ је да се на основу одабраних метода изврши мапирање ерозије земљишта како би се нашли заједнички елементи и критеријуми за детектовање и класификацију ерозионих подручја. На основу представљених резултата истраживања, предложена је методологија за идентификацију ерозионих подручја која подразумева следеће кораке, унутар којих се формирају посебне синтезне (операбилне) базе података:

- 1) израда геопросторне базе података о губицима земљишта,
- 2) идентификовање ерозионих површина/подручја,
- 3) израда геопросторне базе података о јачини ерозионих процеса и
- 4) класификација издвојених ерозионих подручја.

Карта губитака земљишта представља основну базу података при детерминацији ерозионог статуса истраживаног подручја. Анализом специфичних фактора који доводе до развоја ерозионих процеса (клима, топографија, геолошка подлога, типови земљишта, начин коришћења земљишта) добија се просторна дистрибуција губитака земљишта на територији јединице локалне самоуправе (општине). У представљеној методологији за идентификацију ерозионих подручја, процена ерозионих губитака земљишта примарно се врши применом RUSLE, који је препознат у стратегијама ЕУ о заштити земљишта, као и у легислативи Републике Србије. Излазни резултат представља графички приказ геопросторне базе података у форми Карте губитака земљишта (Карта ерозије земљишта), са просторном резолуцијом од 100 метра, односно, најмања просторна јединица на којој се анализира ерозија земљишта износи један хектар.

Идентификовање ерозионих подручја представља други корак у примењеној методологији. Карта ерозије представља просторну базу података, која даје информације о количини еродираног земљишног материјала са одређене површине. Да би се идентификовала ерозиона подручја на основу Карте ерозије земљишта, неопходно је дефинисати праг „дозвољене“ јачине ерозионих процеса на истраживаном подручју. Природни степен ерозије земљишта, на основу вишегодишњег истраживања на подручју Србије (тзв. „геолошка“ или „природна“ ерозија) износи 2 тоне по хектару годишње (Ђоровић, 2005). На основу наведеног, под ерозионим подручјима се могу сматрати површине чија годишња продукција ерозионог материјала превазилази вредност  $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ . Међутим, ерозиона продукција често надмашује вредност од  $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  годишње, чак и на површинама где у прелиминарној анализи нема видљивих трагова деловања ерозионих процеса. Ако би се усвојио наведени критеријум, као доња граница за проглашење ерозионог подручја, око 35% територије општине Крупањ би морало бити проглашено за ерозионо подручје. Сходно томе, аналитичким поступком се вреднују следећи критеријуми који представљају основ за усвајање доње границе губитака земљишта:

- својства плувиометријског и температурног режима;
- доминантне карактеристике локалног рељефа (нагиби падина и корита водотокова, висинске разлике, густина хидрографске мреже, облик слива);
- својства геолошке подлоге;
- карактеристике типова земљишта (дубина, гранулометријски састав, инфилтрационо-ретенциони капацитет);

- структура и квалитет вегетационог покривача;
- степен урбанизације (густина путне мреже, учешће непропусних површина);
- вредности ерозионе продукције и проноса наноса;
- потенцијал за појаву бујичних поплава.

У складу са наведеним критеријумима и природним карактеристикама општине Крупањ, предлаже се усвајање доње граница губитака земљишта од  $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{god}^{-1}$ . Дакле, површине које имају годишњи губитак од преко  $5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  треба да буду идентификоване и проглашене као елементарне ерозионе површине, односно, ерозионо подручје.

Класификација идентификованих ерозионих подручја представља четврти, завршни корак у методологији за проглашење ерозионих подручја. У овом кораку потребно је дефинисати јачину ерозионих процеса, који се јављају у оквиру идентификованих ерозионих подручја, и формирати базу података са два тематска слоја: идентификована ерозиона подручја и просторна дистрибуција коефицијента ерозије  $Z$ . Просторна дистрибуција коефицијента ерозије  $Z$ , добија се применом МПЕ. Коефицијент ерозије  $Z$  омогућава категоризацију ерозионих процеса на територији општине/града, а самим тим и на идентификованим ерозионим подручјима. Ерозиона подручја су подељена у три класе на основу критеријума који су приказани у табели 5.1.

Табела 5.1.: Класификација ерозионих подручја

Ерозиона класа	Опис ерозионе класе	Коефицијент ерозије $Z$
I	Интензивна	$>0,7$
II	Умерена	$0,4-0,7$
III	Потенцијална	$0,1-0,4$

На територији општине Крупањ (уже истраживано подручје) идентификовано је 2.221 елементарних ерозионих површина, које имају укупну површину  $A=69,68 \text{ km}^2$  (20,45% од укупне површине општине). Елементарне ерозионе површине на ужем истраживаном подручју крећу се у распону величина од  $A=1 \text{ ha}$  до  $A=160,75 \text{ ha}$ . На основу јачине ерозионих процеса, који се јављају на територији општине Крупањ, ерозиона подручја су подељена у три класе и то: прва класа (подручја интензивне ерозије) заузима  $A=9,93 \text{ km}^2$  (239 јединичне површине); друга класа (подручја умерене ерозије) заузима  $A=27,25 \text{ km}^2$  (679 јединичне површине); трећа класа (подручја потенцијалне ерозије) заузима  $A=32,50 \text{ km}^2$  (1.303 јединичне површине).

Анализом издвојених сливова на територији јединице локалне самоуправе (општина Крупањ) и елементарних ерозионих површина, детерминисана су ерозиона подручја. Слинови на којима је забележен велики број елементарних ерозионих површина, односно, њихова површина заузима више од 5% укупне површине слива, проглашавају се за ерозиона подручја. На територији општине Крупањ 12 сливова је проглашено за ерозионо подручје. Највећа заступљеност елементарних ерозионих површина забележена је на сливовима реке Завлачице (30,98% од укупне површине слива), Коларуше (29,95% од укупне површине слива), Мојковачке река (28,38% од укупне површине слива), Равнајице (27,65% од укупне површине слива) и Церовице (25,52% од укупне површине слива). Река Ликодра је такође проглашена за ерозионо подручје, јер се у оквиру њене сливне површине (заузима 93% територије општине) налази 7 подсливова који су проглашени за ерозиона подручја.

Идентификација елементарних ерозионих површина и ерозионих подручја на основу приказане методологије пружа реалан и актуелан увид у просторну распрострањеност и класификацију површина које су доминантно угрожене ерозионим процесима на територији локалне самоуправе. Информациони склоп новоформиране базе података о елементарним ерозионим површинама и ерозионим подручјима представља саставни део просторно-планске и инжењерско-пројектантске документације. „Закон о водама“ (члан 61) прописује да јединице локалне самоуправе, за потребе новелирања планова управљања водама, евидентирају и достављају надлежним органима све промене стања ерозије на њиховој територији. Сходно томе, као саставни део методологије је креиран и образац (формулар) (табела 5.2.), који јединица локална самоуправа попуњава формирајући једну форму катастра ерозионих површина/подручја. Образац садржи опште информације о локацији, информације које су добијене студијским, теренским и стручним активностима, као и фотодокументацију елементарних ерозионих површина, односно, ерозионог подручја.

Табела 5.2. Предлог форме обрасца о ерозионој површини/подручју на територији општине/града

<b>ОБРАЗАЦ бр. 1.</b>		
<b>А</b>	Студијска колекција података	Редни број ерозионе површине/подручја
<b>Б</b>	Теренска колекција података	
<b>В</b>	Стручна обрада података	
<b>А</b>		
Студијска колекција података		
Општи подаци		
Општина		
Катастарска општина		
Катастарска/е парцела/е (број)		
Сливно подручје		
Координата центроида ерозионе површине/подручја		<b>X</b>
		<b>Y</b>
Информације о ерозионј површини/подручју		
Површина		ha
Нагиб терена		%
Надморска висина		mm m
Експозиција		
Средња годишња висина падавина		mm
Средња годишња температура ваздуха		С
Геолошка подлога		
Тип земљишта		

Начин коришћења земљишта и земљишног простора			
Датум обраде података			
Одговорни обрађивач (мастер инжењер)		име и презиме	
		ПОТПИС	
<b>Б</b> Теренска колекција података			
Локација (ближи опис локације ерозионе површине/подручја)			
<b>Анализа ерозионих процеса (видљивих трагова ерозије)</b>		<b>Начина коришћења земљишта</b>	
Површина без видљивих трагова ерозије		Обрадиво земљиште (оранице)	
10% угрожено ерозионим процесима		Шума	
10-30% угрожено ерозионим процесима		Пашњак	
30-50% угрожено ерозионим процесима		Ливаде и вишегодишње пољопривредне културе	
50-80% угрожено ерозионим процесима		Деградиране шуме и шикаре	
80-100% угрожено ерозионим процесима		Воћњаци и виногради	
<b>Шума</b>		Потпуно гола земљишта (голети, камењари)	
Састојина лишћара		<b>Обрадиво земљиште (оранице)</b>	
Састојина лишћара и четинара		Тип културе:	
Састојина четинара		Начин обраде:	
<b>НАПОМЕНЕ:</b>			

**Фотографије:**

Датум обраде података

Одговорни обрађивач  
(инжењер)

име и презиме

ПОТПИС

**В Стручна обрада података**

**Предложене противерозионе мере и радови**

**Биолошки радови:**

**Биотехнички радови:**

**Технички радови:**

**Административне мере:**

Датум обраде података	
Одговорни обрађивач (инжењер са лиценцом 375)	име и презиме
	ПОТПИС

## 5.2. Идентификација ерозионих подручја у функцији превенције бујичних поплава

Бујичне поплаве представљају једну од најраспрострањенијих природних непогода на територији Републике Србије (Ristić et al., 2013). Ерозија земљишта смањује инфилтрационо-ретенциони капацитет земљишта што за резултат има повећање површинског отицаја који се манифестује кроз учесталију појаву, пре свега бујичних, поплава. Деструкција земљишног покривача (деградација шумских површина, неодговарајуће агротехничке мере) и повећање непропусних површина (урбанизација) смањују инфилтрацију и ретенцију атмосферских падавина, што доводи до повећања интензитета и запремине брзог површинског отицаја (C. Li et al., 2018). Основни циљ докторске дисертације јесте идентификација подручја која су угрожена ерозионим процесима (ерозиона подручја), што омогућује и детерминацију површина које су изворишне зоне за формирање брзог површинског отицаја, односно, бујичних поплава.

Процена осетљивости подручја на генезу површинског отицаја представља важан корак приликом креирања стратегије интегралног управљања сливовима, кроз призму заштите од ерозије и првенције бујичних поплава (Jain, Srinivasulu, 2004). Постоји већи број метода за процену осетљивости подручја (сливова) на формирање површинског отицаја (Satheeshkumar et al., 2017). За потребе ове докторске дисертације, осетљивост истраживаног подручја на генезу површинског отицаја је утврђена коришћењем SCS методе, етаблиране у научним истраживањима и инжењерској пракси. SCS модел због своје флексибилности, једноставности и могућности примене у различитим условима, представља један од најкоришћенијих поступака за процену могућности настанка површинског отицаја (Adham et al., 2014). Број криве отицаја (CN), као саставни део SCS методе, описује потенцијал неког подручја за генезу површинског отицаја. Што је већа вредност CN, то је већи потенцијал за формирање површинског отицаја (Rientjes, 2004). Интегрисане геопросторне информације о начину коришћења земљишта и типовима земљишта, употребљене су за дефинисање броја криве отицаја на истраживаном подручју.

Анализиране су вредности броја криве отицаја (CN), како би се извршила категоризација сливних површина кроз критеријум њихове осетљивости на појаву површинског отицаја, односно, на генезу бујичних поплава. Ерозиони процеси умањују инфилтрационо-ретенциони капацитета земљишта, што за последицу има повећање вредности CN и пораст запремине површинског отицаја. На истраживаном подручју, слив Велике реке има најмању средњу вредност CN (59,54) што указује на мали потенцијал за формирање површинског отицаја, за разлику од слива реке Равнајице, која има средњу вредност броја криве отицаја CN=81,42.

Јачина везе између интензитета ерозионих процеса, који су представљени репрезентативним вредностима коефицијента ерозије  $Z_{sr}$  (одређене применом МПЕ), и потенцијала за формирање брзог површинског отицаја, који је исказан репрезентативним вредностима броја криве отицаја CN (према SCS), показује значајну линеарну зависност (коефицијент корелације  $R=0,82$ ). Анализа је показала да су на сливовима са малим потенцијалом за формирање површинског отицаја забележене мале вредности коефицијента ерозије, односно мала продукција ерозионог материјала. Средње вредности коефицијента ерозије на сливним површинама крећу се у дијапазону од  $Z_{sr}=0,06$  (Велика река) до  $Z_{sr}=0,36$  (река Равнајица), док је док је просечна специфична продукција ерозионог материјала у распону од  $W_{sp}=75,82 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$  (Велика река) до  $W_{sp}=745,33 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{god}^{-1}$  (река Равнајица).

На територији општине Крупањ (уже истраживано подручје) средње вредности броја криве отицаја CN, на издвојеним сливним површинама, крећу се у распону од CN=60,05 (Борањска река) до CN=81,42 (река Равнајица).

Комбинацијом информација о сливним површинама, ерозионим процесима и вредностима броја криве отицаја CN, добија се нови слој који пружа информације о сензитивности сливних површина на појаву површинског отицаја. На ужем истраживаном подручју (територија општине Крупањ), сливови река Равнајице, Цернице, Сипуље и Завлачице показују највећи потенцијал за генезу интензивног површинског отицаја, односно, за формирање бујичних поплава.

\* \* \*

Суштинска повезаност феномена ерозије земљишта и површинског отицаја истиче значај просторне дистрибуције “критичних” зона у брдско-планинским пределима, унутар којих долази до најјаче продукције ерозионог материјала и формирања брзог површинског отицаја. Резултати истраживања указују на неопходност реализације интегралног приступа у процесу планирања и уређења сливних површина, које су идентификоване као сензитивне за појаву и развој деградационих процеса. Предложена методологија даје истраживачке путање и процедуре за карактеризацију, мапирање и квалификацију категорија ерозионих процеса на различитим организационим нивоима, пре свега локалним и регионалним, као и оквир у процесу израде просторно-планске документације. Додатни значај истраживања се огледа у датим смерницама за идентификацију ерозионих подручја, коришћењем различитих ерозионих модела, који обједињују потребе инжењерске праксе у Србији и извештавања према телима Европске Уније и Уједињених Нација. У том контексту, поред научног значаја дисертације, резултати истраживања својим нивоом апликативности доприносе пракси заштите од ерозије и превенције бујичних поплава.



## 6. Закључак

Ерозија земљишта представља природан процес који је компонента сложених, непрекидних геоморфолошких промена. Комплексност овог механизма и његово функционисање на различитим просторним нивоима чини га посебно сензитивним према антропогеним утицајима и текућим климатским флукуацијама. Употреба метода моделирања је један од основних приступа који се већ деценијама користи за процену актуелног или потенцијалног нивоа деградације земљишног простора, односно, појаве различитих категорија ерозије земљишта. Примена метода моделирања захтева калибрацију одабраног модела, нарочито кроз призму локалних услова животне средине.

Анализом актуелне законске регулативе и просторно-планских докумената, уочено је да феномен ерозије, као доминантан фактор деградације земљишта и предуслов за појаву бујичних поплава, није адекватно заступљен. Спорадично и необавезујуће помињање проблематике ерозије земљишта, у оквиру различитих законских аката, довело је до елиминације или парцијалне заступљености овог феномена у политикама за очување и унапређење стања животне средине. Утврђено је да највећи потенцијал за институционализацију проблематике ерозије земљишта има актуелни „Закон о водама“, кроз детерминацију ерозионих подручја, која су део карте, односно, базе података о интензитетима ерозионих процеса. Закон предвиђа да се применом научно-стручних техника формализују методолошки кораци за идентификацију ерозионих подручја, што је основни истраживачки мотив ове дисертације. „Правилник о Националној листи индикатора заштите животне средине“ је дао оквирне смернице за одабир репрезентативних метода, у складу са традиционалном инжењерско-пројектантском праксом у Србији, као и потребама идентификације и извештавања о ерозионим процесима према европским стандардима. На основу наведеног, коришћени су Метод Потенцијала Ерозије (МПЕ) и Ревидирана универзална једначина губитака земљишта (RUSLE), као аналитички инструменти за процену ерозионог статуса истраживаног подручја.

Законска регулатива, као и механизми финансирања планских и уређивачких активности, су условљени административно-територијалном поделом Србије. Идентификација ерозионих подручја и њиховог утицаја на генезу бујичних поплава, обављена је на ширем просторном нивоу, који је детерминисан системом сливних површина, од значаја за одређену административну целину, односно, јединицу локалне самоуправе. Територија општине Крупањ је дефинисана као истраживано подручје, због израженог присуства еродираних површина и потенцијала за генезу бујичних поплава. Природне карактеристике општине Крупањ (топографија, геолошки и педолошки услови, начин коришћења земљишта), климатски услови и развијена хидрографска мрежа, указују на потенцијал за генезу бујичних поплава, што је експлицитно потврђено маја 2014. године. Деструкција природних или природи блиских просторних елемената (шуме, ливаде, градске зелене површине) на територији општине, довела је до појаве елементарних ерозионих површина, односно, ерозионих подручја као већих просторних ентитета.

Применом ArcHydro модела уз коришћење дигиталног модела терена издвојено је 55 елементарних сливних површина, које су дефинисале природну границу, односно шире истраживано подручје општине Крупањ: шира граница заузима површину од 1085,80 km<sup>2</sup>, док граница општине обухвата 340,47 km<sup>2</sup>. ArcHydro модел омогућава обједињавање специфичних просторних информација, на основу којих се формира база

геопросторних и временских података, са свим важним идентификационим елементима издвојених сливних површина. Поред овога, поменути модел омогућује креирање катастра сливних површина са детерминисаним физичко-географским карактеристикама. Формирање две међусобно условљене базе података, аналитичке (нулте) и синтезне (операбилне), омогућује стварање репрезентативне представе о ерозионом статусу истраживаног подручја, што је увод у израду просторно-планске и техничке документације за заштиту од ерозије и превенцију бујичних поплава, као интегралних елемената концепта очувања и унапређења животне средине.

Резултати добијени применом МПЕ и RUSLE показују да велике губитке земљишта имају подручја са оскудном вегетацијом, док су најмање вредности забележене на површинама под четинарским шумама. Највеће средње вредности годишњих губитака земљишта јављају се на алувијалном земљишту песковитом, а најмање на киселом смеђем земљишту на граниту. Површине прекривене алувијалним наносом имају највећу специфичну годишњу продукцију ерозионог материјала ( $W_{sp}=1.698,65 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^2 \cdot \text{god}^{-1}$ ).

Истакнут је значај и дефинисана методологија идентификације “критичних” зона у брдско-планинским пределима, кроз сложен, фазни поступак. Елементарне ерозионе површине (ЕЕП) представљају изворишне зоне ерозионог материјала и брзог површинског отицаја, док њихова просторна заступљеност на нивоу већем од 5% површине предметног слива, уз интензитет ерозије исказан губицима земљишта који су већи од  $5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ , успоставља критеријум за детерминацију ерозионог подручја (ЕП). Просторна дистрибуција елементарних ерозионих површина и детерминисаних ерозионих подручја захтева свеобухватан приступ у процесу планирања и уређења сливних површина, кроз детаљну анализу свих релевантних природних и антропогених чинилаца, како би се креирала репрезентативна просторно-планска, урбанистичка и техничка документација.

Предложеном методологијом омогућена је идентификација, мапирање и класификација ерозионих подручја. Повезаност процеса ерозије земљишта и потенцијала за појаву површинског отицаја, утицала је на препознавање и издвајање површина које продукују највеће количине ерозионог материјала у специфичним типовима предела, а истовремено су изворишне зоне за формирање брзог површинског отицаја. Резултати истраживања указују на неопходност идентификације угрожених површина унутар издвојених сливова, како би се најадекватније реализовао процес интегралног планирања и уређења деградираних површина. Методологија омогућава анализу ерозионих процеса у оквиру дефинисаних административних (општина, градова, управних округа, региона) или природних граница (сливови потока, речица, река). Применом предложених истраживачких путања и процедура, на територији општине Крупањ, идентификовано је 2.221 елементарних ерозионих површина које имају укупну површину  $A=69,68 \text{ km}^2$ , што је касније омогућило издвајање ерозионих подручја. Резултати истраживања су показали да се највише ерозионих подручја јавља на површинама које се користе за пољопривредну производњу. Поред овога, дат је и предлог форме обрасца који ће бити елементарни документ „каталога“ деградираних површина, као полазишне основе за детерминацију ерозионих подручја, израду просторно-планске и техничке документације за заштиту земљишта од ерозије и превенцију бујичних поплава.

## 7. Литература

- Abdulkadir, T. S., Muhammad, R. U. M., Wan Yusof, K., Ahmad, M. H., Aremu, S. A., Gohari, A., Abdurrasheed, A. S. (2019). Quantitative analysis of soil erosion causative factors for susceptibility assessment in a complex watershed. *Cogent Engineering*, 6(1), 1594506. <https://doi.org/10.1080/23311916.2019.1594506>
- Adham, M. I., Shirazi, S. M., Othman, F., Rahman, S., Yusop, Z., Ismail, Z. (2014). Runoff potentiality of a watershed through SCS and functional data analysis technique. *TheScientificWorldJournal*, 2014, 379763. <https://doi.org/10.1155/2014/379763>
- Alewell, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Panagos, P. (2019). Using the USLE: Chances, challenges and limitations of soil erosion modelling. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(3), 203–225. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.05.004>
- Alfieri, L., Bisselink, B., Dottori, F., Naumann, G., de Roo, A., Salamon, P., Wyser, K., Feyen, L. (2016). *Earth's Future Global projections of river flood risk in a warmer world*. <https://doi.org/10.1002/2016EF000485>
- Alves Sobrinho, T., Oliveira, P. T., Rodrigues, D., Ayres, F. (2009). Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. *Engenharia Agrícola*, 30, 46. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000100005>
- Amiri, F., shariff, rashid, Tabatabaie, T. (2012). *Monitoring Land Suitability for Mixed Livestock Grazing Using Geographic Information System (GIS)*. <https://doi.org/10.5772/47939>
- Ananda, J., Herath, G. (2003). Soil erosion in developing countries: A socio-economic appraisal. *Journal of Environmental Management*, 68, 343–353. [https://doi.org/10.1016/S0301-4797\(03\)00082-3](https://doi.org/10.1016/S0301-4797(03)00082-3)
- Arc Hydro Tools-Tutorial*. (2009). [www.esri.com](http://www.esri.com)
- Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., Williams, J. R. (1998). Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development. *Journal of the American Water Resources Association*, 34(1), 73–89. <https://doi.org/10.1111/j.17521688.1998.tb05961.x>
- Arnold, Jeffrey G, Allen, P. M., Bernhardt, G. (1993). A comprehensive surface-groundwater flow model. *Journal of Hydrology*, 142(1), 47–69. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-1694\(93\)90004-S](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-1694(93)90004-S)
- Bakker, M., Govers, G., Kosmas, C., Vanacker, V., Oost, K., & Rounsevell, M. (2005). Soil erosion as a driver of land-use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 105, 467–481. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.07.009>
- Barman, D., Mandal, S., Bhattacharjee, P., Ray, N. (2013). *Land Degradation: Its Control, Management and Environmental Benefits of Management in Reference to Agriculture and Aquaculture*.
- Bathurst, J. C. (2002). Physically-based erosion and sediment yield modelling: the SHETRAN concept. In W. Summer E. D. Walling (Eds.), *In Modelling erosion sediment transport and sediment yield* (pp. 47–67). UNESCO.
- Behzadfar, M., DJUROVIC, N., Simunic, I., Filipovic, M., Spalevic, V. (2014). *Calculation of soil erosion intensity in the s1-6 watershed of the shirindareh river basin, Iran*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3575.7127>
- Bennett, N. D., Croke, B. F. W., Guariso, G., Guillaume, J. H. A., Hamilton, S. H., Jakeman, A. J., Marsili-Libelli, S., Newham, L. T. H., Norton, J. P., Perrin, C., Pierce, S. A., Robson, B., Seppelt, R., Voinov, A. A., Fath, B. D., Andreassian, V. (2013). Characterising performance of environmental models. *Environmental Modelling & Software*, 40, 1–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.09.011>
- Beskow, A., Grimberg, K. B., Bott, L. C., Salomons, F. A., Dantuma, N. P., Young, P. (2009). A Conserved Unfoldase Activity for the p97 AAA-ATPase in Proteasomal Degradation.

- Journal of Molecular Biology*, 394(4), 732–746.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmb.2009.09.050>
- Beven, K. (2012). Rainfall-Runoff Modelling . In *The Primer* . John Wiley and Sons .  
<https://doi.org/10.1002/9781119951001>
- Bhuyan, S. J., Kalita, P. K., Janssen, K. A., Barnes, P. L. (2002). Soil loss predictions with three erosion simulation models. *Environmental Modelling & Software*, 17(2), 135–144.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(01\)00046-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1364-8152(01)00046-9)
- Blanco-Canqui, H., & Lal, R. (2010). Soil and Water Conservation. In *Principles of soil conservation and management* (pp. 1–19). [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8709-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8709-7_1)
- Blinkov, I. (2014). An Approach for Conversion of Erosion Data Produced by EPM Method in Weight Measure. In Ed.: Miodrag Zlatic; & S. Kostadinov (Eds.), *Challenges: Sustainable Land Management - Climate Change, Advance in Geoecology 43* (pp. 109–119). Catena Verlag.
- Boix-Fayos, C., Martínez-Mena, M., Arnau-Rosalén, E., Calvo-Cases, A., Castillo, V., & Albaladejo, J. (2006). Measuring soil erosion by field plots: Understanding the sources of variation. *Earth-Science Reviews*, 78(3), 267–285.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.05.005>
- Borga, M., Anagnostou, E., Blöschl, G., Creutin, J. (2011). Flash flood forecasting, warning and risk management: the HYDRATE project. *Environmental Science & Policy*, 14, 834–844.
- Borga, M., Boscolo, P., Zanon, F., & Sangati, M. (2007). Hydrometeorological Analysis of the 29 August 2003 Flash Flood in the Eastern Italian Alps. *Journal of Hydrometeorology*, 8, 1049–1067.
- Bossard, M., Feranec, J., O'ahel', J. (2000). *CORINE land cover technical guide - Addendum 2000 Corine Land Cover—Technical Guide*.  
[https://www.eea.europa.eu/publications/tech40add/at\\_download/file](https://www.eea.europa.eu/publications/tech40add/at_download/file).
- Bou Kheir, R., Cerdan, O., Abdallah, C. (2006). Regional soil erosion risk mapping in Lebanon. *Geomorphology*, 82(3), 347–359.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.05.012>
- Boulomytis, V., Zuffo, A., Gireli, T. (2017). Watershed spatial discretization for the analysis of land use change in coastal regions. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 23, 101–114.  
<https://doi.org/10.1590/S1982-21702017000100007>
- Bradshaw, C., SODHI, N., Peh, K., Brook, B. (2007). Global Evidence that Deforestation Amplifies Flood Risk and Severity in the Developing World. *Global Change Biology*, 13, 2379–2395. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01446.x>
- Bryan, R. B. (2000). Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope. *Geomorphology*, 32(3), 385–415. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00105-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00105-1)
- Büttner, George, Feranec, J., Jaffrain, G., Steenmans, C., Gheorghe, A., Lima, V. (2002). *Corine land cover update 2000 Technical guidelines*. <http://www.eea.eu.int>
- Büttner, György, Kosztra, B. (2017). *CLC2018 Technical Guidelines*. European Environment Agency (EEA), Technical Report
- Camarasa, B. A. M., Segura, B. F. (2001). Flood events in Mediterranean ephemeral streams (ramblas) in Valencia region, Spain. *CATENA*, 45(3), 229–249.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(01\)00146-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0341-8162(01)00146-1)
- Cerdan, O., Govers, G., Le Bissonnais, Y., Van Oost, K., Poesen, J., Saby, N., Gobin, A., Vacca, A., Quinton, J., Auerswald, K., Klik, A., Kwaad, F. J. P. M., Raclot, D., Ionita, I., Rejman, J., Rousseva, S., Muxart, T., Roxo, M. J., Dostal, T. (2010). Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. *Geomorphology*, 122(1), 167–177.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.06.011>

- Cerdan, O., Le Bissonnais, Y., Govers, G., Lecomte, V., van Oost, K., Couturier, A., King, C., Dubreuil, N. (2004). Scale effect on runoff from experimental plots to catchments in agricultural areas in Normandy. *Journal of Hydrology*, 299(1), 4–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.02.017>
- Chen, L., Tian, H., Fu, B., Zhao, X. (2009). Development of a new index for integrating landscape patterns with ecological processes at watershed scale. *Chinese Geographical Science*, 19(1), 37–45. <https://doi.org/10.1007/s11769-009-0037-9>
- Chow, V. T., Maidment, D. R., Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company.
- De Cesare, G., Portner, N., Schleiss, A., Boillat, J.-L. (1998). *Modelling of erosion and sedimentation based on field investigation in Alpine hydropower schemes*.
- de Guenni, B. L., Cardoso, M., Goldammer, J., Hurtt, G., Mata, L. J., Ebi, K., House, J., Valdes, J., & Norgaard, R. (2005). Regulation of Natural Hazards: Floods and Fires. *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends*, 441–454.
- de Vente, J., Poesen, J. (2005). Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: Scale issues and semi-quantitative models. *Earth-Science Reviews*, 71(1–2), 95–125. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2005.02.002>
- de Vente, J., Poesen, J., Bazzoffi, P., Van Rompaey, A., Verstraeten, G. (2006). Predicting catchment sediment yield in Mediterranean environments: The importance of sediment sources and connectivity in Italian drainage basins. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31, 1017–1034. <https://doi.org/10.1002/esp.1305>
- DeBarry, P. A. (2004). *Watersheds: Processes, Assessment and Management*. Wiley. <https://books.google.rs/books?id=TvlRAAAAMAAJ>
- Desmet, P., Govers, G. (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51, 427–433.
- Dragicevic, S., Filipovic, D., Kostadinov, S., Ristic, R., Zivkovic, N., Andjelkovic, G., Abolmasov, B., Secerov, V., Djurdjic, S. (2011). Natural Hazard Assessment for Land-use Planning in Serbia. *Int. J. Environ. Res*, 5(2), 371–380.
- Dwarakish, G. S., Ganasri, B. P. (2015). Impact of land use change on hydrological systems: A review of current modeling approaches. *Cogent Geoscience*, 1(1), 1115691. <https://doi.org/10.1080/23312041.2015.1115691>
- Emmanouloudis, D., Christou, O., Filippidis, E. (2003). Quantitative estimation of degradation in the Aliakmon river basin using GIS. *Erosion Prediction in Ungauged Basins: Integrating Methods and Techniques*, 234.
- Emmanouloudis, D., Filippidis, E. (2002). A quantitative estimation model of mountainous watershed degradation. *Kick-off Workshop on IAHS, Decade of Prediction in Ungauged Basins (PUB) -Hydrological Science on Mission, Brazil*.
- Environment Agency. (2007). *Environment Agency Review of 2007 summer floods*. [www.environment-agency.gov.uk](http://www.environment-agency.gov.uk)
- Eswaran, H., Lal, R., Reich, P. F. (2001). Land degradation: An overview. In *Response to Land Degradation* (Vol. 16). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429187957-4>
- Ristić, R. et al. (2011). *Project of the “blue-green” corridor revitalization in the city area of Belgrade (example of the Muddy stream watershed)*.
- Ristić, R. et al. (2012). *Blue-green corridors - research into possibilities of revitalization of the Jelezovački stream watershed and surrounding forest areas*.
- European Commission. (2006). *COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Thematic Strategy for Soil Protection*. <http://terrestrial.eionet.eu.int/CLC2000/docs/publications/corinescreen.pdf>.

- Fanetti, D., Vezzoli, L. (2007). Sediment input and evolution of lacustrine deltas: The Breggia and Greggio rivers case study (Lake Como, Italy). *Quaternary International*, 173–174, 113–124. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.quaint.2007.02.008>
- FAO. (1988). *Soil Map of the World, Revised legend*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, International Soil Reference and Information Centre, Rome (115).
- Flanagan, D. C., Ascough, J. C., Nearing, M. A., Lafren, J. M. (2001). The Water Erosion Prediction Project (WEPP) Model. In *Landscape Erosion and Evolution Modeling* (pp. 145–199). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0575-4\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0575-4_7)
- Folly, A., Bronsveld, M. C., Clavaux, M. (1996). A knowledge-based approach for C-factor mapping in Spain using Landsat TM and GIS. *International Journal of Remote Sensing*, 17(12), 2401–2415. <https://doi.org/10.1080/01431169608948780>
- Foster, G. R., McCool, D., Renard, K., Moldenhauer, W. (1981). Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *Journal of Soil and Water Conservation*, 36, 355–359.
- García-Ruiz, J. M., Lana-Renault, N., Beguería, S., Lasanta, T., Regüés, D., Nadal-Romero, E., Serrano-Muela, P., López-Moreno, J. I., Alvera, B., Martí-Bono, C., Alatorre, L. C. (2010). From plot to regional scales: Interactions of slope and catchment hydrological and geomorphic processes in the Spanish Pyrenees. *Geomorphology*, 120(3), 248–257. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.03.038>
- Gavrilović, S. (1966). *Izrada metodike za klasifikaciju erozionih procesa i kartiranje erozionih područja I faza*. Institut “Jaroslav Černi.”
- Gavrilović, S. (1972). *Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji*. Časopis Izgradnja (specijalno izdanje).
- Ghimire, S. (2013). Application of a 2D Hydrodynamic Model for Assessing Flood Risk from Extreme Storm Events. In *Climate* (Vol. 1, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/cli1030148>
- Gisladottir, G., Stocking, M. (2005). Land degradation control and its global environmental benefits. *Land Degradation & Development*, 16(2), 99–112. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ldr.687>
- Gobin, A., Jones, R., Kirkby, M., Campling, P., Govers, G., Kosmas, C., Gentile, A. R. (2004). Indicators for pan-European assessment and monitoring of soil erosion by water. *Environmental Science & Policy*, 7(1), 25–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsci.2003.09.004>
- Grimm, M., Jones, R., Rusco, E., Montanarella, L. (2003). *Soil Erosion Risk in Italy: a revised USLE approach*. European Soil Bureau Research Report No. 11, EUR 20677 EN, (2002), 28pp. Office for Official Publication of the European Communities, Luxemburg.
- Gruber, S., Peckham, S. (2009). Chapter 7 Land-Surface Parameters and Objects in Hydrology. In *Developments in Soil Science* (Vol. 33, pp. 171–194). [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)00007-X](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00007-X)
- Haan, C. T., Johnson, H. P., Brakensiek, D. L., Engineers, A. S. of A. (1982). *Hydrologic modeling of small watersheds*. American Society of Agricultural Engineers.
- Hao, Z., Wang, J., Li, L., Gourgley, J. J. (2011). *Stream Guiding Algorithm for Deriving Flow Direction from DEM and Location of Main Streams*.
- Hashim, G. M., Wong, N. C. (1988). Erosion from steep land under various plant covers and terrains. In T. H. Tay, A. M. Mokhtaruddin, & A. B. Zahari (Eds.), *Steepland agriculture in the humid tropics*. . MARDI/Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur: 424–61.
- Heymann, Y., Steenmans, C., Croissille, G., Bossard, M. (1994). *CORINE Land Cover. Technical Guide*. Office for Official Publications of the European Communities.
- Huang, M., Jin, S. (2019). A methodology for simple 2-D inundation analysis in urban area using SWMM and GIS. *Natural Hazards*, 97(1), 15–43. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03623-2>
- Hurni, H. (1985). *Erosion-productivity-conservation systems in ethiopia*. 654–674.

- IUCN. (2015). *Degradation Neutrality: implications and opportunities for conservation, Technical Brief 2nd Edition*.
- Jain, A., Srinivasulu, S. (2004). Development of effective and efficient rainfall-runoff models using integration of deterministic, real-coded genetic algorithms and artificial neural network techniques. *Water Resources Research*, 40(4).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2003WR002355>
- Jenkins, D., Mccauley, L. (2006). GIS, SINKS, FILL, and disappearing wetlands: unintended consequences in algorithm development and use. In *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1145/1141277.1141342>
- Jeon, H., Kang, J. (2020). GIS Based Assessment and Design for Areas Vulnerable to Soil Disasters: Case Study of Namhyeun-dong, South Korea. In *Sustainability* (Vol. 12, Issue 6). <https://doi.org/10.3390/su12062516>
- Jiongxin, X., Yunxia, Y. (2005). Scale effects on specific sediment yield in the Yellow River basin and geomorphological explanations. *Journal of Hydrology*, 307(1), 219–232.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.10.011>
- Johnston, R., Smakhtin, V. (2014). Hydrological Modeling of Large river Basins: How Much is Enough? *Water Resources Management*, 28(10), 2695–2730.  
<https://doi.org/10.1007/s11269-014-0637-8>
- Jørgensen, S. E., Fath, B. D. B. T.-D. in E. M. (Eds.). (2011). Series Editors. In *Fundamentals of Ecological Modelling* (Vol. 23, p. ii). Elsevier.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53567-2.00014-4>
- Kalinderis, I., Sapountzis, M., Stathis, D., Tziaftani, F., Kourakli, P., Stefanidis, P. (2009). The risk of sedimentation of artificial lakes, following the soil loss and degradation process in the wider drainage basin. Artificial lake of Smokovo case study (Central Greece). In *International Conference LANDCON 0905 "Global Change-Challenges for soil management-from degradation-through soil and water conservation-to sustainable soil management."*
- Khosrowpanah, S., Heitz, L., Wen, Y., Park, M. (2007). *Developing a GIS-based Soil Erosion Potential Model for the Ugum Watershed, Technical Report No. 117*. University of Guam water & environmental research institute Of the western pacific uog Station, Mangilao, Guam 96923. <http://www.weriguam.org/docs/reports/117.pdf>
- Kilibarda, M., Protic, D., Nestorov, I. (2010). Application of Google Maps API service for creating web map of information retrieved from CORINE land cover databases. *Glasnik Srpskog Geografskog Društva*, 90, 103–114. <https://doi.org/10.2298/GSGD1004103K>
- Kim, Y. (2014). *Soil Erosion Assessment using GIS and Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)* (M. David R. (Ed.); CE 394K GI). University of Texas at Austin.
- Kirkby, M. J., Le Bissonais, Y., Coulthard, T. J., Daroussin, J., & McMahon, M. D. (2000). The development of land quality indicators for soil degradation by water erosion. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 81(2), 125–135.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00186-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00186-9)
- Kirkby, M., Jones, R. J. A., Irvine, B., Gobin, A., Govers, G., Cerdan, O., Van Rompaey, A., Le Bissonais, Y., Daroussin, J., King, D. (2004). Pan-European soil erosion risk assessment. *The PESERA Map, Version 1 october 2003*, 1.
- Knežević, M., Đorđević, A., Košanin, O., Miletić, Z., Golubović, S., Pekeč, S., Životić, L., Nikolić, N., Žarković, M. (2011). *Usklađivanje nomenklature osnovne pedološke karte sa WRB klasifikacijom*. Univerzitet u Beogradu Šumarski fakultet.
- Knijff, J. Van Der, Jones, R. R. J. a., Montanarella, L., Van der Knijff, J. M. (1999). Soil erosion risk assessment in Italy. *Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, EUR 19022(EN)*, 32 pp.  
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Soil+Erosion+Risk+Assessment+in+Italy#0>

- Knisel, W. G. (1980). *CREAMS: a field scale model for Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems [USA]*.
- Kostadinov, S., Dragovic, N. (2013). Check dams in the torrent control practice in small mountainous catchments. *Check Dams, Morphological Adjustments and Erosion Control in Torrential Streams*, 63–88.
- Kostadinov, S., Zlatic, M., Dragicevic, S., Novković, I., Košanin, O., Petrovic, A. M., Lakicevic, M., D., M. (2014). Anthropogenic influence on erosion intensity changes in the Rasina river watershed - Central Serbia. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23, 254–263.
- Kosztra, B., Büttner, G., Hazeu, G., Arnold, S. (2017). *Updated CLC illustrated nomenclature guidelines*. European Environment Agency, Service Contract No 3436/R0-Copernicus/EEA.57441 T; D3.1 – Part 1
- Kraemer, C., Panda, S. (2009). *Automating archydro for watershed delineation*.
- Kukrika, M. (2000). *Geografski informacioni sistemi*. Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet.
- Lal, R. (2003). Soil erosion and the global carbon budget. *Environment International*, 29, 437–450. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(02\)00192-7](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00192-7)
- Letcher, R., Jakeman, A. J. (2005). Types of Environmental Models. *Encyclopedia of Life Support Systems*.
- Li, C., Liu, M., Hu, Y., Shi, T., Zong, M., Walter, M. T. (2018). Assessing the Impact of Urbanization on Direct Runoff Using Improved Composite CN Method in a Large Urban Area. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/ijerph15040775>
- Li, Z. (2014). Watershed modeling using arc hydro based on DEMs: a case study in Jackpine watershed. *Environmental Systems Research*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1186/2193-2697-3-11>
- Lincoln, T. (2007). Flood of data. *Nature*, 447, 393. <https://doi.org/10.1038/447393b>
- M., P. V., & H., H. R. (1996). Runoff Curve Number: Has It Reached Maturity? *Journal of Hydrologic Engineering*, 1(1), 11–19. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(1996\)1:1\(11\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(1996)1:1(11))
- Maidment, D. R. (1993). *Handbook of Hydrology, 1st Edition*.
- Maidment, D. R., Morehouse, S. (2002). *Arc Hydro : GIS for water resources* (D. R. Maidment (Ed.); illustrate). ESRI, Inc., 2002.
- Merritt, W. S., Letcher, R. A., Jakeman, A. J. (2003). A review of erosion and sediment transport models. *Environmental Modelling & Software*, 18(8), 761–799. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(03\)00078-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1364-8152(03)00078-1)
- Merz, B., Kreibich, H., Schwarze, R., Thielen, A. (2010). Review article “Assessment of economic flood damage.” *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10(8), 1697–1724. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-1697-2010>
- Mishra, S. K., P., S. V. (1999). Another Look at SCS-CN Method. *Journal of Hydrologic Engineering*, 4(3), 257–264. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1084-0699\(1999\)4:3\(257\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1084-0699(1999)4:3(257))
- Mishra, S. K., Singh, V. P. (2003). *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology* (Vol. 42). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-0147-1>
- Morgan, R. P. C. (2001). A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan–Morgan–Finney model. *CATENA*, 44(4), 305–322. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(00\)00171-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0341-8162(00)00171-5)
- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil Erosion and Conservation, 3rd Edition*. National Soil Resources Institute, Cranfield University. <https://doi.org/http://doi.org/10.1002/9781118351475.ch22>, 2005
- Morgan, R. P. C., Quinton, J., Smith, R. E., Govers, G., Poesen, J., Auerswald, K., Chisci, G., Torri, D., Styczen, M., Folly, A. J. V. (1998). *The European Soil Erosion Model (EUROSEM): documentation and user guide*.



- Myronidis, D., Emmanouloudis, D., Stathis, D., Stefanidis, P. (2009). Integrated flood hazard mapping in the framework of the E.U. directive on the assessment and management of flood risks. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(1), 102–111.
- Nearing, M., Pruski, F., O’Neal, M. R. (2004). Expected Climate Change Impacts on Soil Erosion Rates: A Review. *Journal of Soil and Water Conservation*, 59.
- Nestorov, I., Protić, D. (2006). Implementation of the CORINE Land Cover project in Serbia and Montenegro. *Geodetska Služba*, 35(105), 25–29.  
<http://grafar.grf.bg.ac.rs/handle/123456789/116>
- Norbiato, D., Borga, M., Degli Esposti, S., Gaume, E., Anquetin, S. (2008). Flash flood warning based on rainfall thresholds and soil moisture conditions: An assessment for gauged and ungauged basins. *Journal of Hydrology*, 362(3), 274–290.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.08.023>
- O’Callaghan, J. F., Mark, D. M. (1984). The extraction of drainage networks from digital elevation data. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 28(3), 323–344.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0734-189X\(84\)80011-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0734-189X(84)80011-0)
- Orr, A. L., Cowie, V. M., Castillo Sanchez, P., Chasek, N. D., Crossman, A., Erlewein, G., Louwagie, M., Maron, G. I., Metternicht, S., Minelli, A. E., Tengberg, S., Walter, S. (2017). *How to cite this document: Framework for Land Degradation Neutrality. A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification.*
- Ozdemir, H., Bird, D. (2009). Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods. *Environmental Geology*, 56(7), 1405–1415. <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1235-y>
- Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Klik, A., Rouseva, S., Tadić, M. P., Michaelides, S., Hrabalíková, M., Olsen, P., Aalto, J., Lakatos, M., Rymaszewicz, A., Dumitrescu, A., Beguería, S., Alewell, C. (2015). Rainfall erosivity in Europe. *Science of the Total Environment*, 511, 801–814. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.008>
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K. (2015). A New European Slope Length and Steepness Factor (LS-Factor) for Modeling Soil Erosion by Water. *Geosciences*, 2015, 117–126.  
<https://doi.org/10.3390/geosciences5020117>
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E., Montanarella, L. (2015). Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. *Land Use Policy*, 48, 38–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.021>
- Panagos, P., Karydas, C. G., Gitas, I. Z., Montanarella, L. (2012). Monthly soil erosion monitoring based on remotely sensed biophysical parameters: a case study in Strymonas river basin towards a functional pan-European service. *International Journal of Digital Earth*, 5(6), 461–487. <https://doi.org/10.1080/17538947.2011.587897>
- Peeters, I., Van Oost, K., Govers, G., Verstraeten, G., Rommens, T., Poesen, J. (2008). The compatibility of erosion data at different temporal scales. *Earth and Planetary Science Letters*, 265(1), 138–152. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.09.040>
- Perović, V., Životić, L., Kadović, R., Đorđević, A., Jaramaz, D., Mrvić, V., Todorović, M. (2013). Spatial modelling of soil erosion potential in a mountainous watershed of South-eastern Serbia. *Environmental Earth Sciences*, 68(1), 115–128. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1720-1>
- Petraš, J., Kuspilić, N., Kunštek, D. (2005). Some experience on the prediction of suspended sediment concentrations and fluxes in Croatia. *Proceedings of Symposium S1 Held during the Seventh IAHS Scientific Assembly at Foz Do Iguacu*, 179–184.  
<https://www.bib.irb.hr/205755?rad=205755>
- Pimentel, D. (2006). Soil erosion: A food and environmental threat. In *Environment, Development and Sustainability* (Vol. 8, Issue 1, pp. 119–137). Springer.  
<https://doi.org/10.1007/s10668-005-1262-8>

- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., Blair, R. (1995). Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science*, 267(5201), 1117–1123.  
<http://www.jstor.org/stable/2886079>
- Pimentel, D., Kounang, N. (1998). Ecology of soil erosion in ecosystems. *Ecosystems*, 1(5), 416–426. <https://doi.org/10.1007/s100219900035>
- Protić, D., Nestorov, I. (2009). *CORINE kartiranje zemljišnog pokrivača u Srbiji*. Građevinska knjiga.
- Psomiadis, E. (2016). Flash flood area mapping utilising SENTINEL-1 radar data. *Proc.SPIE*, 10005. <https://doi.org/10.1117/12.2241055>
- Renard, K., Foster, G. . R., Weesies, G., Mccool, D., Yoder, D. (1997). *Predicting soil erosion by water : a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*.
- Renard, K. G., Freimund, J. R. (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157(1), 287–306.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-1694\(94\)90110-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0022-1694(94)90110-4)
- Renschler, C. S., Harbor, J. (2002). Soil erosion assessment tools from point to regional scales - The role of geomorphologists in land management research and implementation. *Geomorphology*, 47(2–4), 189–209. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00082-X](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00082-X)
- Rientjes, T. H. M. (2004). Inverse modelling of the rainfall-runoff relation . In *a multi objective model calibration approach* . Delft University Press .
- Ristic, R. (2003). Vreme kašnjenja oticaja na bujičnim slivovima u Srbiji . *Glasnik Sumarskog Fakulteta*, 87, 51–65. <https://doi.org/10.2298/gsf0387051r>
- Ristic, R. (2006). Vreme koncentracije na bujičnim slivovima u Srbiji . *Glasnik Sumarskog Fakulteta*, 93, 7–21. <https://doi.org/10.2298/gsf0693007r>
- Ristić, R., Ljujić, M., Despotović, J., Aleksić, V., Radić, B., Nikić, Z., Milčanović, V., Malušević, I., Radonjić, J. (2013). Reservoir sedimentation and hydrological effects of land use changes- case study of the experimental Dičina river watershed. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 8(1), 91–98.
- Ristic, R., Macan, G. (1997). The impact of erosion control measures on runoff processes. In *Human Impact on Erosion and Sedimentation* (Issue 245). IAHS Publ.
- Ristić, R., Nikić, Z. (2007). Održivost sistema za vodosnabdevanje srbije sa aspekta ugroženosti erozionim procesima. *Vodoprivreda*, 225–227(0350–0519), 47–57.
- Ristić, R., Polovina, S., Malušević, I., Radić, B., Milčanović, V., & Ristić, M. (2017). Disaster risk reduction based on a GIS case study of the Čadavica River Watershed. *South-East European Forestry*, 8(2), 99–106. <https://doi.org/10.15177/see-for.17-12>
- Ristić, R., Radić, B., Miljanović, V., Trivan, G., Ljujić, M., Letić, L., Savić, R. (2013). Blue-green corridors as a tool for mitigation of natural hazards and restoration of urbanized areas: A case study of belgrade city. *Spatium*, 504(30), 18–22.  
<https://doi.org/10.2298/SPAT1330018R>
- Ristić, R., Radić, B., Vasiljević, N., Nikić, Z. (2011). *Land use change for flood protection - a prospective study for the restoration of the river Jelašnica watershed [Serbia]* (F. A. O. of the UN (Ed.); Issue 103, pp. 115–130). <http://glasnik.sfb.bg.ac.rs/pdf/103/07.pdf>
- Roca, M., Martín-Vide, J. P., Moreta, P. J. M. (2009). Modelling a torrential event in a river confluence. *Journal of Hydrology*, 364(3–4), 207–215.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.10.020>
- Roose, E. (1977). *Application of the universal soil loss equation of Wischmeier and Smith in West Africa* (D. J. Greenland, R. Lal (Eds.)). Soil conservation and management in the humid tropics.

- Samanta, R. K., Bhunia, G. S., Shit, P. K. (2016). Spatial modelling of soil erosion susceptibility mapping in lower basin of Subarnarekha river (India) based on geospatial techniques. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(2), 99. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0170-2>
- Satheeshkumar, S., Venkateswaran, S., Kannan, R. (2017). Rainfall–runoff estimation using SCS–CN and GIS approach in the Pappiredipatti watershed of the Vaniyar sub basin, South India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3(1), 24. <https://doi.org/10.1007/s40808-017-0301-4>
- Singh, G., Babu, R., Chandra, S. (1981). Soil loss prediction research in India. Central Soil and Water Conservation Research and Training Institute Bulletin. *Bulletin No. T12/D9*.
- Polovina, S., Radić, B., Ristić, R., Milčanović, V. (2016). Spatial and temporal analysis of natural resources degradation in the Likodra River watershed. *Glasnik Šumarskog fakulteta*, 114, 169-188 PT-Article. <https://doi.org/10.2298/GSF1614169P>
- Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M., Vuković, T. (1985). *Klasifikacija zemljišta Jugoslavije. Posebno izdanje Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine*. Odjelo prirodnih i matematičkih nauka.
- Spalevic, V., Behzadfar, A., Tavares, A., Moteva, M., Tanaskovik, V. (2016). Soil loss estimation of s7-2 catchment of the shirindareh watershed, iran using the river basin model. *International Journal AgroFor*, 1(1), 113–120. <https://doi.org/10.7251/AGRENG1601113S>
- Stefanidis, P., Myronidis, D., Sapountzis, M., Stathis, D. (1998). The torrent “Sklitrho” in Florina. Torrential Environment and torrent control system. *Scientific Annals. Torrential Environ-Ment and Torrent Control System. Scientific Annals of Forestry and Natural Environment Department, Aristotle University of Thessaloniki*, MA(2), 1275–1942.
- Stefanović, M., Gavrilović, Z., Bajčetić, R. (2014). *Lokalna zajednica i problematika bujičnih poplava*. Organizacija za evropsku bezbednost i saradnju, Misija u Srbiji.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M. M. B., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. M. (2013). *Climate Change 2013 The Physical Science Basis Summary for Policymakers Technical Summary Frequently Asked Questions Part of the Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Edited by*.
- Stocking, M. (2006). *Land degradation as a global environmental issue: a synthesis of three studies commissioned by the global environment facility to strengthen the knowledge base to support the land degradation focal area (Prepared by the Scientific and Technical Advisory Panel)*.
- Subramanya, K. (2008). *“Engineering Hydrology,” 3rd Edition*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Tanasijević, Đ., Jeremić, M., Filipović, Đ., Aleksić, Ž., Nikodijević, V., Antonović, G., & Spasojević, M. (1963). *Pedološke karte Krupanj 1,2,3,4; Zvornik 2; Šabac 3; Loznica 4*. Institut za proučavanje zemljišta Topčider - Beograd, Zavod za Kartografiju “Geokarta” - Beograd.
- Tanasijević, Đorđe, Antonijević, G., Aleksić, Ž., Pavićević, N., Filipović, Đ., Spasojević, M. (1966). *Pedološki pokrivač zapadne i severozapadne Srbije*. Institut za proučavanje zemljišta Topčider - Beograd, Zavod za Kartografiju “Geokarta” - Beograd.
- Tefera, B., Sterk, G. (2010). Land management, erosion problems and soil and water conservation in Fincha’a watershed, western Ethiopia. *Land Use Policy*, 27(4), 1027–1037. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2010.01.005>
- Tessema, S. M. (2011). *Hydrological modeling as a tool for sustainable water resources management: a case study of the Awash River Basin*. Licentiate dissertation, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm.

- Tosic, R., Dragicevic, S., Lovrić, N. (2012). Assessment of soil erosion and sediment yield changes using erosion potential model – case study: Republic of Srpska (BiH). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7, 147–154.
- USDA-NRCS, (U.S. Department of Agriculture, N. R. C. S. (2004). Hydrologic soil-cover complexes."Chapter 9. *National Engineering Handbook: Part 630 Hydrology*.
- USDA-SCS. (1972). No Title. In *SCS National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology. Chapter 10, Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall* (pp. 10.1–10.24). US Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, DC,.
- Van der Knijff, J. M., Jones, R. R. J. a., Montanarella, L. (2000). Assessment in Italy Soil Erosion Risk. EUR 19044 EN. *Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities*.  
[https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB\\_Archive/serae/GRIMM/italia/eritaly.pdf](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/serae/GRIMM/italia/eritaly.pdf)
- Van Rompaey, A. J. J., Verstraeten, G., Van Oost, K., Govers, G., Poesen, J. (2001). Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(11), 1221–1236. <https://doi.org/10.1002/esp.275>
- Verheijen, F., Jones, R. J. A., Rickson, R., Smith, C. J. (2009). Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. *Earth-Science Reviews*, 94, 23–38.  
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.02.003>
- Wang, G., Gertner, G., Singh, V., Shinkareva, S., Parysow, P., Anderson, A. (2002). Spatial and temporal prediction and uncertainty of soil loss using the revised universal soil loss equation: a case study of the rainfall–runoff erosivity R factor. *Ecological Modelling*, 153(1), 143–155. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(01\)00507-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-3800(01)00507-5)
- Wang, N., Chu, X. (2020). A New Algorithm for Delineation of Surface Depressions and Channels. *Water*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/w12010007>
- Wei, W., Chen, L., Fu, B., Huang, Z., Wu, D., Gui, L. (2007). The effect of land uses and rainfall regimes on runoff and soil erosion in the semi-arid loess hilly area, China. *Journal of Hydrology*, 335(3), 247–258.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.11.016>
- Wei, W., Chen, L., Yang, L., Fu, B., Sun, R. (2012). Spatial scale effects of water erosion dynamics: Complexities, variabilities, and uncertainties. *Chinese Geographical Science*, 22(2), 127–143. <https://doi.org/10.1007/s11769-012-0524-2>
- White, R. E. (2005). *Principles and Practice of Soil Science: The Soil as a Natural Resource, 4th Edition*.
- Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1965). *Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains, Guide for selection of practices for soil and water conservation*. Agriculture Handbook No. 282, Agricultural Research Service, U. S. Dept. of Agric, Washington DC.
- Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. *Agriculture Handbook No. 537, 537*, 285–291.
- Wu, T., Li, J., Li, T., Sivakumar, B., Zhang, G., Wang, G. (2019). High-efficient extraction of drainage networks from digital elevation models constrained by enhanced flow enforcement from known river maps. *Geomorphology*, 340, 184–201.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.04.022>
- Yair, A., Raz-Yassif, N. (2004). Hydrological processes in a small arid catchment: scale effects of rainfall and slope length. *Geomorphology*, 61(1), 155–169.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2003.12.003>
- Young, R., Onstad, C., Bosch, D., Anderson, W. (1989). AGNPS: A Non-Point-Source Pollution Model for Evaluating Agricultural Watersheds. *Journal of Soil and Water Conservation*, 44.

- Zapata, F. (2003). The use of environmental radionuclides as tracers in soil erosion and sedimentation investigations: recent advances and future developments. *Soil and Tillage Research*, 69(1), 3–13. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00124-1](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00124-1)
- Zemljic, M. (1971). Calculation of sediment load. Evaluation of vegetation as anti-erosive factor. *Proceedings of Theinternational Symposium Interpraevent, Villach, Austria, II*, 379–391.
- Zhang, L., O'Neill, A. L., Lacey, S. (1996). Modelling approaches to the prediction of soil erosion in catchments. *Environmental Software*, 11(1), 123–133. [https://doi.org/10.1016/S0266-9838\(96\)00023-8](https://doi.org/10.1016/S0266-9838(96)00023-8)
- Zhang, X., Cao, W., Guo, Q., Wu, S. (2010). Effects of landuse change on surface runoff and sediment yield at different watershed scales on the Loess Plateau. *International Journal of Sediment Research*, 25(3), 283–293. [https://doi.org/10.1016/S1001-6279\(10\)60045-5](https://doi.org/10.1016/S1001-6279(10)60045-5)
- Ziadat, F., Taimeh, A. (2013). Effect of rainfall intensity, slope, land use and antecedent soil moisture on soil erosion in an arid environment. *Land Degradation & Development*, 24. <https://doi.org/10.1002/ldr.2239>
- Ackemrman, C. W., Corinth, L. R. (1961). *An Experience equation for evaluating of the sediments, Illinois*.
- Антић, М., Јовић, Н., & Авдаловић, В. (1980). *Педологија*. Научна књига.
- Вучићевић, Д. (1995). *Уређење бујичних токова - Приручник за бујичаре*. Друштво бујичара - Београд.
- Гајић, М., Вујадиновић, С. (2007). Термички режим на простору Јадра. *ЗБОРНИК РАДОВА – Географски Факултет Универзитета у Београду: Свеска LV*, 29–38. [https://doi.org/51.582\(497.11\)](https://doi.org/51.582(497.11))
- Драгићевић, С., Новковић, И., Милутиновић, М. (2009). Промене интензитета ерозије на територији општине Зајечар. *Гласник Српског Географског Друштва*, 89(4), 3–16. <https://doi.org/10.2298/GSGD0904003D>
- Ђорђевић, А., Кнежевић, М., Томић, З., Голубовић, С., Оњија, А., Животић, Љ., Николић, Н. (2011). *Методологија за систематско праћење квалитета и стања земљишта у Републици Србији*. Универзитет у Београду Пољопривредни факултет.
- Ђоровић, М. (1984). Одређивање хидролошке групе земљишта при дефинисању отицаја у методи SCS. *Водопривреда*, 87, 57–60.
- Ђоровић, М. (2005). *Водна и еолска ерозија земљишта*. Унија биолошких научних друштава Југославије, ЈДПЗ, Подкомисија за конзервацију земљишта и вода.
- Кадовић, Р. (1999). *Противерозиони агроекосистеми – Конзервација земљишта*. Универзитет у Београду Шумарски факултет.
- Костадинов, С. (2008). *Бујични токови и ерозија*. Универзитет у Београду Шумарски факултет.
- Костадинов, С., Ристић, Р., Драговић, Н., Кадовић, Р., Златић, М., Кошанин, О., Никић, З., Јанић, М., Милчановић, В., Радић, Б., Грујовић, Д., Миљковић, П. (2014). *Хидролошко-хидрауличка студија о узроцима поплава на подручју крупња маја 2014. Године*. Универзитет у Београду Шумарски факултет.
- Лазаревић, Р. (1983). *Карта ерозије СР Србије 1:500.000 - тумач*. Институт за шумарство и дрвну индустрију.
- Лазаревић, Р. (2009). *Ерозија у Србији*. Желнид АД БЕОГРАД.
- Мустафић, С., Костадинов, С., Манојловић, П. (2008). Угроженост акумулације “Завој” ерозивним процесима – методолошки, сазнајни и заштитни аспект. *Гласник Српског Географског Друштва*, 88(1), 29–42. <https://doi.org/10.2298/GSGD0801029M>
- Петровић, А. (2014). Фактори настанка бујичних поплава у Србији (докторска дисертација) [Универзитет у Београду, Шумарски факултет]. In *Универзитет у Београду*. <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/6277>

- Радић, Б. (2014). Ерозија као фактор деградације предела у скијашким центрима Србије (докторска дисертација), Универзитет у Београду, Шумарски факултет.  
<https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/6276>
- Ристић, Р., Радић, Б., Половина, С., Милчановић, В., Малушевић, И. (2018). *Стручни елементи нацрта за Правилник о садржини и начину израде карте ерозије, Шумарски факултет, Београд, Министарство заштите животне средине Републике Србије.*
- Ристић, Ратко, Малошевић, Д. (2011). *Хидрологија бујичних токова.* Универзитет у Београду Шумарски факултет.
- Тошић, Р., Драгићевић, С. (2012). Иновирање методологије за одређивање коефицијента ерозије (Z), Гласник српског географског друштва. *Гласник Српског Географског Друштва*, 92(1), 11–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.2298/GSGD1201011T>
- Закон о просторном плану Републике Србије од 2010. до 2020. године, („Службени гласник РС“, бр. 88/2010)
- УРЕДБУ о утврђивању Водопривредне основе Републике Србије, („Службени гласник РС“, бр. 11/2002)
- Извештај о стању животне средине у Републици Србији за 2007 годину, 2008, Министарство животне средине и просторног планирања - Агенција за заштиту животне средине (SEPA)
- Национални програм заштите животне средине, 2009
- Закон о заштити земљишта од ерозије и уређењу бујица, („Службени гласник НРС“, бр. 36/1954)
- Закон о заштити земљишта од ерозије и уређењу бујица („Службени гласник НРС“, бр. 4/1960)
- Закон о заштити животне средине, („Службени гласник РС“, бр. 135/2004, 36/2009, 72/2009, 43/2011, 14/2016, 76/2018, 95/2018)
- Уредба о садржини и начину вођења информационог система заштите животне средине, методологији, структури, заједничким основама, категоријама и нивоима сакупљања података, као и садржини информација о којима се редовно и обавезно обавештава јавност („Службени гласник РС“, број 112/2009)
- Правилник о Националној листи индикатора заштите животне средине („Службени гласник РС“, број/2011)
- Законом о водама („Службени гласник РС“, 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 и 95/2018)
- Законом о заштити земљишта („Службени гласник РС“, број 112/2015)
- Уредбом о систематском праћењу стања и квалитета земљишта („Службени гласник РС“, број 88/2020)
- Закон о пољопривредном земљишту („Службени гласник РС“, 62/2006, 65/2008, 41/2009, 112/2015, 80/2017, 95/2018)
- Закон о шумама („Службени гласник РС“, 30/2010, 93/2012, 89/2015, 95/2018)
- ЗАКОН о смањењу ризика од катастрофа и управљању ванредним ситуацијама („Службени гласник РС“, 87/2018)

## БИОГРАФИЈА

Вукашин Милчановић је рођен 30. августа 1983. године у Ужицу, где је завршио основну школу, а средњу „Шумарску школу” је завршио у Краљеву. Основне студије на Шумарском факултету у Београду је уписао 2002. године (смер за Заштиту од ерозије и уређење бујица), где 2011. године уписује докторске студије (студијски програм Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса). Након уписа докторских студија ангажован је на више пројеката науке Шумарског факултета. Године 2011. године је запослен на Шумарском факултету у звању стручног сарадника, а 2012. године изабран у звање асистента и ангажован је на научном пројекту под називом: „Истраживање климатских промена и њиховог утицаја на животну средину: праћење утицаја, адаптација и ублажавање“. Од априла 2018. године запослен је на месту стручног сарадника у високом образовању за ужу научну област: Ерозија и конзервација земљишта и вода. Током досадашњег рада, са својим професорима и колегама, објавио је 13 радова у научним часописима, од чега 3 у часописима са SCI листе. Учествовао је на изради 35 пројеката и студија, као одговорни пројектант или пројектант сарадник. Организовао и учествовао је на више научних конференција и стручних скупова.

Члан је следећих националних и међународних организација: WASWAC-а (Светска организације за конзервацију земљишта и вода), Удружење бујичара Србије и Инжењерске коморе Србије (лиценца бр. 375039715).

# Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: Букашин Милчановић

Број индекса: 2011/3

## Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

### **„Развој методологије за идентификацију ерозионих подручја као елемент система у превенцији бујичних поплава ”**

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



# Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Вукашин Милчановић  
Број индекса: 2011/3  
Студијски програм: Еколошки инжењеринг у заштити земљишних и водних ресурса  
Наслов рада: Развој методологије за идентификацију ерозионих подручја  
као елемент система у превенцији бујичних поплава  
Ментор: др Ратко Ристић, редовни професор  
Универзитета у Београду Шумарског факултета

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

**„ Развој методологије за идентификацију ерозионих подручја**

**као елемент система у превенцији бујичних поплава”**

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)

**2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)**

3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.

Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

**Потпис аутора**

У Београду, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.