

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Марко Р. Ивановић

**ПРИМЕНА НАПРЕДНИХ
ГЕОИНФОРМАТИЧКИХ МЕТОДА У
ВРЕДНОВАЊУ ГЕОЕКОЛОШКОГ
ПОТЕНЦИЈАЛА ТОПЛИЧКОГ ОКРУГА**

докторска дисертација

Београд, 2026

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF GEOGRAPHY

Marko R. Ivanović

**APPLICATION OF ADVANCED
GEOINFORMATIC METHODS IN THE
EVALUATION THE GEOECOLOGICAL
POTENTIAL OF THE TOPLICA DISTRICT**

doctoral dissertation

Belgrade, 2026

Ментор:

др Александар Ваљаревић, редовни професор
Универзитет у Београду – Географски факултет

Чланови комисије:

Датум одбране:

ИЗЈАВА ЗАХВАЛНОСТИ

Захваљујем се првенствено својој супрузи и породици на безрезервној подршци, стрпљењу, разумевању и помоћи током дуготрајног процеса израде ове дисертације. Ваше охрабрење и спремност да поделите све изазове на овом путу били су ми највећа снага и мотивација. Ви сте били разлог и ослонац свега што сам постигао.

Посебну захвалност дугујем својим родитељима, а нарочито свом оцу, без чије подршке, савета и стручног мишљења, овај рад не би био исти. Његова спремност да у тренуцима недоумица и двоумљења понуди драгоцене сугестије и другачији поглед на проблеме била је од непроцењивог значаја током читавог истраживачког процеса.

Велику захвалност упућујем и својем ментору на указаном поверењу и прилици да започнем, развијам и успешно приведем крају ово истраживање. Без Ваших стручних увида, значајних сугестија, конструктивних критика и корисних савета процес израде дисертације би био далеко тежи. Ваше знање, искуство и посвећеност представљали су ми драгоцену подршку током свих фаза израде дисертације.

ПРИМЕНА НАПРЕДНИХ ГЕОИНФОРМАТИЧКИХ МЕТОДА У ВРЕДНОВАЊУ ГЕОЕКОЛОШКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА ТОПЛИЧКОГ ОКРУГА

Сажетак: Топлички округ представља подручје у јужном делу Републике Србије које се одликује изразитом природном хетерогеношћу. Указивање на различитост специфичних облика и појава који се могу означити као геодиверзитет примарни је циљ ове дисертације. Већина геолокалитета позната је само уским научним круговима, док су за ширу јавност у потпуности непознати. Поједини су геотуристички анализирани и валоризовани, неки и више пута. Систематском анализом и вредновањем свих појава геодиверзитета на истраживаном простору дефинисана је вредност геоеколошког потенцијала Топличког округа у циљу развоја геотуризма. Истраживање је обухватило прелиминарну инвентаризацију геолокалитета, класификованих према примарном генетском пореклу, што је омогућило креирање специфичних база података. Количина података отежала је аналитички процес, у који су укључени само они геолокалитети за које се сматрало да поседују највећи геотуристички потенцијал. Издвојено је укупно 15 геолошко-геоморфолошких локалитета и пет локалитета хидрогеолошких карактеристика. Савремени нумерички методолошки приступи коришћени су за утврђивање квантитативно-квалитативних анализа садржаја, потенцијала и стања геонаслеђа. M-GAM (Modified Geosite Assessment Model) и SAM (Spa Assessment Model) базирају се на претходно спроведеним методолошким поступцима и теренским истраживањима. Методом интерполације – IDW (Inverse Distance Weighting) унапређен је аналитички приступ нумеричких модела. Адекватнија визуелизација нумеричких резултата олакшала је њихову интерпретацију. Потенцијал географских информационих система (ГИС) са мрежним анализама коришћен је у креирању ТИН мрежа. Генерисаним изохроним картама анализирана је доступност геолокалитета као иницијалног услова геотуристичког развоја. На основу специфичних изохроних карата удаљености дефинисани су геоеколошки и геотуристички потенцијали анализираних геолокалитета, што је омогућило и предвиђање рангова приоритета заштите. У крајњој фази коришћено је туристичко зонирање. Предложен је нов начин организације туризма у Топличком округу на основу спроведених истраживања, што је резултирало дефинисањем геотуристичких маршрута као начина адекватнијег и геоеколошки одрживијег коришћења геолокалитета Топличког округа.

Кључне речи: геодиверзитет, геонаслеђе, вредновање геолокалитета, Топлички округ, ГИС анализа, геостатистичка анализа, изохрона анализа, геотуристичко зонирање.

Научна област: Геонауке

Ужа научна област: Геопросторне основе животне средине

APPLICATION OF ADVANCED GEOINFORMATION METHODS IN ASSESSING THE GEOECOLOGICAL POTENTIAL OF THE TOPLICA DISTRICT

Abstract: The Toplica District represents an area in the southern region of the Republic of Serbia characterized by distinct natural heterogeneity. The primary objective of this dissertation is to highlight the diversity of specific forms and phenomena that can be categorized as geodiversity. While most geosites are known exclusively within narrow scientific circles, they remain entirely unfamiliar to the broader public. Only a select few have undergone geotourism analysis and valorization, in some instances repeatedly. Through a systematic analysis and evaluation of all geodiversity phenomena within the study area, the value of the geoecological potential of the Toplica District has been defined to facilitate geotourism development. This research encompassed a preliminary inventory of geosites, which were classified according to their primary genetic origin, thereby enabling the creation of specific databases. Given that the volume of data complicated the analytical process, the scope was narrowed to include only those geosites perceived to possess the highest geotourism potential. Consequently, a total of 15 geological-geomorphological sites and 5 sites with distinct hydrogeological characteristics were selected. Contemporary numerical methodological approaches were employed to conduct quantitative and qualitative analyses of the content, potential, and current state of the geoheritage. The Modified Geosite Assessment Model (M-GAM) and the Spa Assessment Model (SAM) are predicted upon previously implemented methodological procedures and extensive field research. Furthermore, the analytical approach of these numerical models was enhanced through the Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation method. Improved visualization of the numerical results facilitated their subsequent interpretation. The capabilities of Geographic Information Systems (GIS), incorporating network analyses, was utilised to generate isochrone maps through which the accessibility of the geosites was analyzed as a baseline prerequisite for geotourism development. These specific distance-based isochrone maps were used to define the geoecological and geotourism potential of the analyzed sites, which enabled the identification of protection priority ranks. In the final phase, tourism zoning was applied. A new model of tourism organization in the Toplica District is proposed based on the research conducted, resulting in the definition of potential geotourism itineraries as a method for a more appropriate and geoecologically sustainable utilization of the geosites within the Toplica District.

Keywords: geodiversity, geoheritage, geosite evaluation, Toplica District, GIS analysis, geostatistical analysis, isochrone analysis, geotourism zoning.

Scientific field: Geosciences

Scientific subfield: Geospatial and Environmental Science

САДРЖАЈ

1. УВОД.....	1
1.1 Предмет истраживања.....	2
1.2 Циљеви и задаци истраживања	5
1.3 Полазне хипотезе и научна оправданост тезе.....	7
1.4 Преглед досадашњих истраживања.....	8
2. ГЕОЕКОЛОГИЈА И ЖИВОТНА СРЕДИНА – ДЕФИНИСАЊЕ ТЕРМИНОЛОГИЈЕ ИСТРАЖИВАЊА	12
2.1 Геоеколошке детерминанте	14
2.2 Геодиверзитет и биодиверзитет	15
2.2.1 Системски однос геодиверзитета и биодиверзитета	18
2.2.2 Вредности и вредновање геодиверзитета.....	20
2.3 Геоеколошки потенцијал	21
2.4 Појам геонаслеђа у свету и Републици Србији	22
2.5 Инвентаризација геонаслеђа Републике Србије и Топличког округа	23
2.6 Геоконзервација и могућност за развој геотуризма.....	27
2.6.1 Концепт геоконзервације	28
2.6.2 Појам геотуризма	29
3. ПРИМЕНА ГЕОИНФОРМАТИКЕ У ЖИВОТНОЈ СРЕДИНИ.....	32
3.1 Концепт геоинформатике	32
3.2 Аналитички модели у геоеколошком истраживању	43
3.3 Геоинформатичке методе у вредновању природних потенцијала.....	45
3.4 Примена геоинформатичких метода за потребе идентификовања приоритетних подручја заштите	47
4. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА.....	50
4.1 Основне теоријске методе истраживања.....	50
4.2 Посебне методе истраживања животне средине	51
4.3 Методолошки приступ изради докторске дисертације.....	55
4.3.1 Методе статистичких анализа.....	56
4.3.1.1 Geosite Assessment Model (GAM).....	56
4.3.1.2 Modified Geosite Assessment Model (M-GAM).....	59
4.3.1.3 Spa Assessment Model (SAM).....	61

4.3.2	ГИС аналитичке методе	64
4.3.2.1	Inverse Distance Weighting (IDW).....	64
4.3.2.2.	Мрежне анализе – метода изохрона.....	66
5.	ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ И ГРАНИЦЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА.....	71
5.1	Границе Топличког округа	71
5.2	Саобраћајно-географски положај	74
5.3	Административна подела и демографске карактеристике	78
6.	АНАЛИЗА ПРИРОДНИХ ПОТЕНЦИЈАЛА ТОПЛИЧКОГ ОКРУГА.....	84
6.1	Геолошке карактеристике.....	84
6.2	Педолошка подлога	92
6.3	Геоморфолошке и морфометријске карактеристике.....	97
6.3.1	Макрогеоморфолошки облици рељефа	97
6.3.2	Мезорељефни и микрорељефни облици.....	101
6.3.3	Морфометријске карактеристике рељефа	104
6.3.3.1.	Хипсометријска анализа рељефа.....	105
6.3.3.2.	Нагиб рељефа.....	107
6.3.3.3.	Вертикална рашчлањеност рељефа.....	107
6.3.3.4	Анализа експозиције рељефа.....	109
6.4	Климатске карактеристике	113
6.4.1	Температура ваздуха	115
6.4.2	Осунчавање.....	117
6.4.3	Влажност ваздуха.....	118
6.4.4	Облачност	118
6.4.5	Падавине и појаве	119
6.4.6	Аридност климе	122
6.4.6.1.	Кишни фактор Ланга (KF).....	123
6.4.6.2.	Индекс аридности де Мартона (IDM).....	126
6.4.7	Ветрови	128
6.4.8	Класификација климата Топличког округа	129
6.5	Хидрографске карактеристике	130
6.5.1	Подземне воде	131
6.5.1.1.	Хидрогеолошке карактеристике.....	131
6.5.1.2.	Издани и извори.....	132

6.5.1.3.	Минералне и термоминералне воде.....	132
6.5.1.4.	Режим подземних вода Топличког округа.....	134
6.5.2	Површинске воде	135
6.5.2.1.	Речна мрежа.....	135
6.5.2.2	Слив реке Топлице.....	136
6.5.2.3.	Река Блаташница.....	138
6.5.2.4.	Пуста река.....	138
6.5.3	Режим река Топличког округа	139
6.5.4	Језера и акумулације.....	141
6.5.5	Морфометријске карактеристике речних сливова и речних токова	144
6.6	Биогеографске карактеристике и заштићена подручја	150
6.6.1	Флора.....	150
6.6.2	Фауна.....	153
6.6.3	Заштићена подручја Топличког округа	153
7.	РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА	162
7.1	Инвентаризација објеката геонаслеђа Топличког округа.....	163
7.2	Геолошко-геоморфолошки локалитети геонаслеђа	166
7.3	Хидрогеолошки локалитети геонаслеђа.....	200
8.	ГЕОИНФОРМАТИКА И НУМЕРИЧКЕ АНАЛИЗЕ У ФУНКЦИЈИ ВРЕДНОВАЊА ГЕОЕКОЛОШКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА ТОПЛИЧКОГ ОКРУГА	214
8.1	Вредновање геоеколошког потенцијала геолокалитета за потребе туризма и рекреације.....	215
8.1.1	М-GAM нумеричка анализа.....	215
8.1.2	М-GAM геостатистичка анализа	224
8.1.3	SAM нумеричка анализа	229
8.1.4	SAM геостатистичка анализа.....	234
8.2	Детерминисање рангова приоритета заштите	239
8.2.1	Изохрона анализа геолокалитета.....	240
9.	ПРЕДЛОГ АДЕКВАТНИЈЕ ГЕОТУРИСТИЧКЕ ОРГАНИЗАЦИЈЕ И КРЕИРАЊЕ АРХЕОЛОШКО-ГЕОЕКОЛОШКИХ МАРШУТА ГЕОДИВЕРЗИТЕТА ТОПЛИЧКОГ ОКРУГА	247
9.1	Туристичко зонирање и издвајање кластера у Топличком округу	247
10.	ЗАКЉУЧАК.....	258

11. ЛИТЕРАТУРА.....	260
12. СПИСАК ПРИЛОГА	279
13. СПИСАК СЛИКА	280
14. СПИСАК ТАБЕЛА	282
15. БИОГРАФИЈА.....	284

1. УВОД

Геоекологија представља научну дисциплину усмерену на проучавање свеукупног природно-географског комплекса Земљине површине уз посебно сагледавање међусобне повезаности, корелације и интеракције литосфере, педосфере, хидросфере, атмосфере и биосфере. Обухвата свеобухватно проучавање узајамног деловања животних заједница (биоценоза) и услова животне средине, чији је резултат формирање мозаично организованих природно-географских целина, односно специфичних предела (landscape, landschaft), омеђених топографским, хидрографским, геоморфолошким, геолошким и еколошким границама целина или фација (Troll, 1971, p. 44).

У савременом схватању, геоекологија се посматра као холистичка, примењена и интердисциплинарна наука, усмерена на квалитативно и квантитативно вредновање елемената предела и различитих предеоних целина. Петокомпонентни систем животне средине одликује се сталном међусобном повезаношћу и зависношћу, због чега је анализа његових појединачних компоненти основа истраживања геопростора.

Дефинисање и истраживање појединачних компоненти представља основни предуслов за проучавање геопростора. Геоеколошко вредновање природне околине једна је од примењених геоеколошких метода погодних за планирање оптималног управљања геопростором. Ефикасност управљања подразумева претходно анализирање свих геопросторних елемената. Поменуте компоненте заједно чине природни део географског простора. У спрези су са утицајем човека као антропогеног фактора који одређује начин коришћења истих, на датом подручју. Геоеколошко вредновање природне средине представља значајну методолошку основу за планирање и оптимално управљање геопростором, које подразумева претходну свеобухватну анализу геопросторних елемената. Природне компоненте географског простора истовремено су у интеракцији са антропогеним фактором, који у великој мери одређује начин њиховог коришћења и трансформације на одређеном простору.

Геоеколошки потенцијал неког подручја заснива се на анализи и вредновању геодиверзитета. Геодиверзитет се посматра као разноврсност геолошких, геоморфолошких и педолошких појава. Обухвата топографске и хидрографске елементе, као и физичке процесе који, у интеракцији са биодиверзитетом, формирају разноврсност локалних и регионалних просторних целина означених појмом „геолокалитет“. Овај појам у основи означава делове истраживаног простора који поседују специфичне природне и социо-економске вредности.

Геолокалитети представљају репрезентативне примере разноврсности географских услова и природних особености простора. Као елементи геонаслеђа, издвајају се и систематизују према својим јединственим вредностима, чиме се ствара основа за њихово вредновање и валоризацију. Листа систематизованих геолокалитета није коначна, већ омогућава њено континуирано ажурирање, допуну и унапређење. Утицај природних и антропогених фактора у геопростору истовремено указује на потребу примене одговарајућих практичних мера заштите геолокалитета, односно геоконзервације.

Геоинформатичке методе више од три деценије користе анализу, вредновање и заштиту природних потенцијала. Методе и технике географских информационих система (ГИС), даљинске детекције (енг. *Remote Sensing – RS*) и дигиталне обраде слика (енг. *Digital Image Processing – DIP*), интегрисане су у оквиру ове мултидисциплинарне научне области. Традиционални математички симулациони модели корисни су у предвиђању процеса у животној средини, али имају ограничене могућности у дефинисању узрочно-последичних веза и политици планирања. Информационе технологије кроз прикупљање и селекцију података, визуелизацију, софтверско моделирање, интегрисани са ГИС-ом и даљинском детекцијом, имплементирају резултате статистичког моделовања, што их чини изузетно

применљивим у решавању разних геопросторних питања. Дисциплине геоинформатике – просторне базе података и симулационо моделовање, подршка су ГИС-у и даљинској детекцији у аналитичким истраживањима и заштити животне средине. ГИС представља ефективан алат за складиштење, манипулацију и анализу. Ефикасан је у управљању комплексним просторним информацијама које су неопходне за визуелно представљање елемената геопростора.

Даљинска детекција обезбеђује велике количине геопросторних информација и пружа подршку моделовању и системским анализама у животној средини, нарочито у контексту мониторинга и мерења. Неке од предности коришћења ГИС-а и даљинске детекције у аналитичке сврхе односе се на:

- изграђивање система управљања геопростором;
- прикупљање и селекцију просторних података;
- детекцију намене земљишта;
- мониторинг постојећег стања и предикције будућих утицаја;
- формирање дигиталних катастарских природних и антропогених вредности са локацијским параметрима;
- методе и алгоритме у вредновању геолокалитета;
- топографску визуелизацију и мониторинг природних погодности геопростора;
- могућност креирања картографских анимација са акцентом на детерминанте геопростора.

Ефикасној анализи и просторном одлучивању претходи теоријско-методолошко сакупљање доступне литературе и просторних планова, како би се сагледало тренутно стање простора. Манипулисање подацима подразумева теренски обилазак географског простора у циљу прикупљања информација, детаљније анализе постојећег стања, компаративних анализа и стратешких процена. Податке добијене анализирањем и картирањем, неопходно је дефинисати унутар базе података на основу вредновања простора. Овакав приступ омогућује примену рачунарски подржаних, геоинформатичких метода и техника, које пружају могућност решавања комплексних геопросторних проблема и најефикаснијег коришћења датог геопростора. Као подршка геоинформатичким методама велики значај имају нумеричке и геостатистичке методе а њихова свеукупна интеракција даје бољи увид у добијене резултате.

1.1 Предмет истраживања

Докторска дисертација има за циљ анализу тренутног стања геоеколошког потенцијала и стратешке процене, подржане напредним геоинформатичким методама. Основно истраживање усмерено је на примену геоинформатичких метода у функцији вредновања, заштите и бољег коришћења геоеколошких вредности као основе развоја геотуризма. Истраживањем је обухваћен простор Топличког округа, који је смештен у долини реке Топлице, између 43°0'–43°4' северне географске ширине и између 21°4'–21°58' источне географске дужине (Ivanović et al., 2023, p. 3). У административно-регионалној подели, припада простору Јужне Србије. На истоку се граничи са Нишавским округом, на западу са Косовским и Косовскомитровачким округом, при чему западна граница уједно представља и административну границу са АП Косовом и Метохијом. Северну границу дели са Расинским, а јужну са Јабланичким округом. У његов састав улазе управно подручје Града Прокупља и три општине - Куршумлија, Блаце и Житорађа (Valjarević et al., 2018a, p. 131).

Посматрана регија припада планинско-котлинско-долинској макрорегији у оквиру мезорегије Јужне Србије. Источну границу чини простор Јужног Поморавља односно Нишко-алексиначка котлина, док се на западу простире ка југоисточним падинама Копаоника и подручју Малог Косова у сливу реке Лаб. Северна граница пружа се врховима Малог и Великог Јастрепца до Јанкове клисуре, која природно раздваја Топлицу од микрорегија Жупе и Расине. Јужни обод регије чине планински масиви Мајдана, Радана, Видојевице и Пасјаче, који представљају природну границу ка подручју Јабланице.

Саобраћајни значај регије заснива се на положају уз државни пут I-б реда Е-80, на правцу Ниш–Приштина, који се око 20 km источно од границе округа повезује са међународним аутопутем Е-75, односно Коридорима Х и Хс, најзначајним туристичким и транзитним правцем у Републици Србији.

Тектонска и морфогенетска структура Топличког округа је комплексна. Издавају се три геотектонске целине. Старе блоковске планине – Јастребац на североистоку и северу, планински систем Радан–Видојевица–Пасјача на југо-југозападу, доминантно су сачињене од стена Српско-македонске масе, која се пружа правцем северозапад-југоисток. На југозападу се јавља метаморфна основа сачињена од вулканских и вулканокластичних стена Лецког магматског комплекса, другог највећег у Републици Србији (Ivanović et al., 2023, p. 3). Западни и северозападни део Топличког округа изграђен је од стена метаморфне основе Копаоничког блока и гребена. На њиховом источном и југоисточном ободу јављају се вулканске пирокластичне стене. Западно од Српско-македонске масе пружа се источна Вардарска зона, представљена у виду уског офиолитског појаса. На простору округа издавају се две композитне долине. Басен Топлице са басеном Косанице представља депресију насталу дејством тектонских покрета праћених флувијалном ерозијом. Њени централни делови, били су током једног геолошког периода испуњени слатководним седиментима.

На простору Топличког округа преовладава умерено-континентална клима са утицајем степске, док западни и јужни делови имају одлике жупне климе. На основу климатских елемената овај геопростор оскудева падавинама и може се сврстати у семиаридна подручја.

У хидрографском смислу, већи део подручја Топличког округа подудара се са границама слива реке Топлице, највеће реке Топличког округа. Периферни делови округа – на северозападу (слив и пиратерија реке Блаташнице) припадају сливу реке Расине, а крајњи југоисточни делови припадају сливу Пусте реке. Најзначајнији водотокови слива Топлице су реке Косаница, Бањска, Луковска и Бресничка.

Поред природних водотокова на простору Топличког округа изграђено је и неколико мањих вештачких акумулација. Велики привредни значај има Брестовачко језеро, настало преграђивањем Пусте реке. Термоминерални извори Топличког округа представљају значајан туристички ресурс. Од бројних термоминералних извора, по којима је подручје и добило име, три су афирмисана као бањска лечилишта – Пролом бања, Луковска бања и Куршумлијска бања – док су остали мање познати и у мањој мери научно разматрани.

Топлички округ богат је шумским површинама. Посебно се издаваја значајан простор под заштитом. Шире подручје планинског масива Радана налази се у режиму заштите од 2017. године као парк природе. Подручје планине Јастрепца проглашено је парком природе 2024. године. Подручје Косаница–Ђавоља варош издвојено је као специјални геоморфолошки резерват природе због јединствених еколошких, биолошких, културних и естетских вредности. Бресничка слатина заштићена је као фрагилно и веома угрожено станиште, док је Споменик природе „Пребреза“ препознат као једно од најзначајнијих палеонтолошких налазишта на Балканском полуострву. Значајан просторни обухват заузимају и заштићена ловишта и риболовна подручја. Укупно посматрано, око 24,01% територије Топличког округа налази се под неким обликом заштите.

Истраживањем је обухваћен простор од 2231 km². Према прелиминарним резултатима пописа становништва из 2022. године (Републички завод за статистику Републике Србије, 2024), на посматраном простору евидентиран је 77.341 становник, а просечна густина насељености је 34,6 ст./km². Неравномерна просторна расподела становништва условила је већу концентрацију насељености у равничарским деловима округа, нарочито на подручју општине Житорађа, деловима општине Блаце, Града Прокупља и у градским центрима. Брдско-планинска подручја одликују се израженом депопулацијом и високим степеном просторне напуштености, који спада међу најизраженије у Републици Србији у односу на површину округа. Саобраћајно-географски положај Топличког округа оцењује се као повољан, уз изражене разлике у густини и квалитету саобраћајне инфраструктуре, посебно у планинским пределима Радана и Копаоника. Овакве просторне карактеристике условљавају да се привредни развој округа заснива пре свега на делатностима примарног сектора, нарочито на пољопривреди и шумарству, уз развој туризма и трговине.

Рељефна структура Топличког округа одликује се значајном разноврсношћу облика, при чему су изразити облици геодиверзитета настали као последица деловања ендогених и егзогених геоморфолошких процеса, уз утицај климатских фактора. Њихова интерпретација, валоризација и промоција могу у значајној мери допринети развоју геотуризма као посебног сегмента туристичке понуде овог подручја. Имајући у виду разноврсност и значај природних ресурса, простор Топличког округа поседује изражен развојни потенцијал. У том контексту, неопходно је спровести адекватно геоеколошко вредновање простора, издвојити најзначајније геолокалитете и обезбедити њихову заштиту од неадекватног управљања, како би се кроз планске развојне стратегије омогућило њихово рационално и одрживо коришћење.

Подручје Топличког округа је у досадашњем периоду научно истраживано и разматрано из више различитих дисциплина (Ракићевић, 1955а, стр. 99–105; Павловић, 1969, стр. 236–394; Илић, 1978, стр. 1–75; Рудић, 1978, стр. 1–196 ; Мађејка, 1985, стр. 1–145; Васовић, 1988, стр. 1–238; Radovanović, 1994, str. 1–160; Мађејка и сар., 1999, стр. 1–378; Урошевић, 2007, стр. 1–105; Timotijević, 2005, str. 1–154; Karamata, 2006, стр. 155–178; Вукоичић, 2014, стр. 1–248; Мартић Бурсаћ, 2017, стр. 1–423; Драгојловић, 2017, стр. 1–336; Стевановић, 2020, стр. 1–132).

Најобухватнија научна истраживања била су усмерена на геолошке и геоморфолошке аспекте овог подручја, што је последица комплексности геопростора. Остали геоеколошки аспекти животне средине истраживани су селективно и у знатно мањој мери. Климатолошка истраживања била су превасходно усмерена на сагледавање општих климатских карактеристика подручја, док локални климатски утицаји нису били детаљније разматрани. Хидрографске и хидрогеолошке одлике простора Топлице биле су предмет знатно обимнијих и детаљнијих истраживања, нарочито термоминералне појаве. Геоеколошке и геотуристичке анализе углавном су биле усмерене на вредновање три бањска центра и локалитета Ђавоља варош, при чему су примењивани и поједини геоинформатички модели. Истраживања релевантна за ову дисертацију из области палеогеографије, биогеографије, геотуризма и регионалног развоја била су мање заступљена и најчешће су се односила на појединачне локалитете. Развој савремених технологија условио је унапређење истраживачке методологије, па је примена ГИС метода и геотуристичких модела постала уобичајена у научним анализама током XXI века.

Јавила се научна потреба за свеобухватним, односно холистичким истраживањем овог простора. Препознавањем и издвајањем облика и појава, од којих је велики део само делимично познат широј јавности, отвара се могућност њихове валоризације. Кроз процес инвентаризације неопходно је издвојити локалитете са највећим природним потенцијалом, који се истичу научним, естетским, еколошким и употребним вредностима као и значајним геотуристичким потенцијалом. Холистички приступ омогућава детаљније проучавање ових

вредности, утврђивање мера заштите и спровођење њихове валоризације. Практична примена добијених резултата огледа се у дефинисању модела њиховог геотуристичког коришћења.

Геонаслеђе представља релативно нов појам у науци и пракси. Почетна фаза истраживања била је усмерена на анализу геодиверзитета и геонаслеђа као његовог посебно значајног сегмента, на основу којег је вреднован геоеколошки потенцијал простора. У оквиру истраживања извршено је прикупљање и дефинисање података о природним ресурсима Топличког округа. Основни циљ био је да се, на основу литературе, теренских истраживања, анализе и синтезе података, издвоје највреднији и најатрактивнији сегменти геонаслеђа овог подручја. Прикупљени подаци су систематизовани и анализирани, а локалитети инвентарисани. Истраживање је обухватило анализу геолошке и педолошке подлоге, геоморфолошких и морфометријских одлика, као и климатских, хидрографских, биогеографских и антропогеографских карактеристика простора, спроведена је морфометријска анализа рељефа и сливова применом дигиталног елевационог модела (ДЕМ). У оквиру истраживања спроведена је анализа антропогеографских карактеристика подручја као значајан фактор привредног развоја. Геоеколошки потенцијал истраживаног подручја вреднован је применом геоинформатичких метода, мултифункционалне ГИС анализе и метода даљинске детекције.

Геопросторном анализом остварују се бољи предуслови за сагледавање промена, дефинисање еколошки оптималних мера заштите, просторне и функционалне организације за потребе промоције, едукације и развоја геотуризма. Истраживања туристичког тржишта указују на велико интересовање светске и домаће јавности, као и туриста, за геонаслеђе - геолошке, геоморфолошке, хидролошке, хидрогеолошке и биогеографске елементе. Геолошке појаве и облици, попут кањона, клисура, стеновитих формација, разних геолошких профила и бројних других врста геолокалитета, представљају важан део туристичке понуде многих држава, нарочито оних које су ван већих туристичких праваца и токова и које кроз проширење туристичке понуде теже бољем позиционирању на регионалном и глобалном туристичком тржишту (Томић, 2022, стр. 243).

1.2 Циљеви и задаци истраживања

Основни циљ дисертације јесте да се квантитативном и квалитативном анализом изврши дефинисање Прелиминарног инвентара геонаслеђа истраживаног подручја. Просторни инвентар обухватио је све вредне и атрактивне сегменте геодиверзитета. Поједини сегменти већ су били научно обрађени, док су други неоправдано запостављени или занемарени. Применом постојећих метода и модела за туристичко вредновање анализирани су тренутно стање и потенцијал за развој геотуризма на основу естетских, пејзажних и туристичких вредности, аутентичности и доступности геолокалитета. Издвојени су локалитети са највећим потенцијалом за развој геотуризма и указано је на неопходност примене одговарајућих мера заштите. Посебно је наглашена потреба за њиховим функционалним оспособљавањем у туристичке сврхе, како би се омогућило њихово одрживо коришћење. Предложене су мере заштите (геоконзервације) усмерене ка унапређењу едукације и подизању свести шире јавности о рањивости и значају геонаслеђа као важног елемента животне средине. У завршном делу докторске дисертације извршена је синтеза процене укупних вредности геолокалитета кроз дискусију добијених резултата. Применом ГИС анализе и одговарајуће методологије унапређени су промотивни аспекти геодиверзитета, чиме је дат допринос развоју геотуризма овог подручја.

Главни циљ овог истраживања односи се на вредновање геоеколошког потенцијала применом адекватних геоинформатичких интегрисаних метода, комплементарних картографским, геоеколошким и геостатистичким методама. Аналитички приступ омогућио

је инвентарисање свих елемената геодиверзитета и њихово ефикасније функционално оспособљавање за потребе геотуристичке валоризације. Остали циљеви су:

- Идентификација и анализа геоеколошких елемената Топличког округа;
- Инвентаризација геодиверзитета и формирање геобазе података;
- Валидација напредних геоинформатичких метода и техника у функцији вредновања елемената геодиверзитета за потребе геотуризма;
- Анализа приоритетних подручја заштите и њихово картографско представљање кроз креирање туристичких маршрута;
- Картографско моделовање и визуелизација потенцијалних туристичких маршрута, као и дигитално картирање у функцији ефикаснијег коришћења и промоције геодиверзитета Топличког округа.

Основни задатак вредновања геоеколошког потенцијала истраживаног подручја обухватио је прикупљање и селекцију релевантне научне и стручне литературе, просторних и стратешких докумената, статистичких публикација и годишњака који се односе на посматрани геопростор. Поред тога, дефинисани су и следећи истраживачки задаци:

- Дигитализација и векторизација постојећих аналогних карата: топографских (крупноразмерних и средњеразмерних), геолошких, педолошких, геоморфолошких, хидрографских, биогеографских, демографских и инфраструктурних;
- Израда картографских основа за вредновање природних фактора применом дигиталног елевационог модела (ДЕМ) и анализа педолошких детерминанти на основу CORINE базе података;
- Обрада, анализа и компаративно поређење сателитских снимака Landsat, Sentinel и JAXA мисија, различитих серија, у циљу добијања поузданих просторних података и детаљнијег сагледавања карактеристика истраживаног подручја;
- Примена добијених података у вредновању геоеколошких вредности геоинформатичким методама за потребе туризма и рекреације;
- Идентификација приоритетних геолокалитета и предлагање мера геоконзервације;
- Систематизација података о геолокалитетима и њихова интеграција у географски информациони систем (ГИС);
- Креирање потенцијалних геотуристичких маршрута и интерактивних веб-карата у функцији развоја и промоције геотуризма;
- Презентовање резултата локалним самоуправама и стручним службама Топличког округа;

Задатак дисертације обухватио је израду прелиминарног инвентара геонаслеђа, у оквиру којег су издвојени локалитети са потенцијалом за геотуристичку валоризацију. Вредновање је засновано на анализи научних, естетских, пејзажних, туристичких, функционалних и других вредности, на основу којих се издвајени локалитети препознају као аутентични и специфични у односу на сродне појаве у непосредном и ширем окружењу. Истраживањем је извршена процена тренутног стања објеката геонаслеђа и указано је на неопходност примене мера заштите, као и њиховог функционалног оспособљавања ради адекватног и одрживог коришћења. Истакнуте су рањивост и вишеструки значај геонаслеђа као важног фактора развоја геотуризма. У циљу објективног сагледавања стања објеката геонаслеђа примењени су различити геоеколошки, геотуристички и геоинформатички методи, коришћени за процену од стране геоексперата. Добијени резултати детаљно су представљени и анализирани. У завршном делу рада, кроз дискусију резултата, извршена је

синтеза процене укупних вредности геолокалитета, уз сагледавање могућности њиховог даљег унапређења и развоја.

1.3 Полазне хипотезе и научна оправданост тезе

Полазна хипотеза (X_0) заснива се на ставу да простор Топличког округа није у довољној мери геоеколошки истражен и анализиран. Увидом у доступну научну литературу уочава се да су досадашња истраживања била усмерена само на поједине делове округа, при чему су неки простори анализирани и вредновани више пута, док значајан део територије није био предмет систематичних научно заснованих анализа. Бројни облици геонаслеђа на овом подручју недовољно су познати научној јавности или до сада нису били предмет научног разматрања. Полазећи од наведених чињеница, јавила се потреба да се Топлички округ у оквиру докторске дисертације сагледа као јединствена просторна целина, кроз анализу појединачних природних вредности које је неопходно детаљније истражити, адекватно валоризовати и заштитити.

Друга хипотеза (X_1) заснива се на ставу да примена геостатистичких података, аналитичког приступа и савремених геоинформатичких метода и техника омогућава ефикаснију синтезу података, научно утемељену анализу и вредновање геоеколошког потенцијала Топличког округа и идентификацију локалитета са највећим потенцијалом за развој геотуризма.

Из постављених основних хипотеза проистичу следеће подхипотезе:

- Геодиверзитет представља изузетно важан сегмент геопростора Топличког округа, са бројним облицима и појавама који захтевају примену мера геоконзервације;
- Топлички округ поседује велики геоеколошки потенцијал који је у недовољној мери искоришћен у односу на потенцијале;
- Разноврсна структура геолокалитета пружа изврсну основу за развој геотуризма као организованог облика њихове презентације и коришћења, док постојећи степен развоја геотуризма представља добру основу за његово даље унапређење;
- Изражен потенцијал и разноврсност форми геолокалитета и заштићених подручја, пружају основу да се овај простор предложи за проглашење геопарка, док рурални карактер предела и економски развој заснован на терцијарном сектору нарочито туризму указује на сличности са просторима који су већ стекли статус геопарка;
- Применом савремених геоинформатичких метода обезбеђено је свеобухватније и прецизније сагледавање геоеколошких елемената и аспеката истраживаног подручја;
- Аналитичке функције геоинформатике омогућиле су издвајање свих атрактивних локалитета геонаслеђа, уз могућност афирмације нових, недовољно познатих или потпуно неафирмисаних геолокалитета;
- Картографско моделовање и визуелизација омогућили су боље умрежавање свих геолокалитета у јединствен и сложен туристички производ.

У глобалним оквирима, актуелност геоеколошке и геотуристичке проблематике пружа пуно научно оправдање изради докторске дисертације као научноистраживачке форме, како у теоријском, тако и у практичном погледу. Научна оправданост ове тезе огледа се у чињеници да посматрани простор до сада није био довољно геоеколошки вреднован, иако располаже значајним геоеколошким потенцијалом високих вредности. Потребу за свеобухватним истраживањем простора Топличког округа додатно потврђују ограничен број досадашњих геоеколошких истраживања, као и недостатак релевантне уџбеничке и научне литературе.

Истраживања заснована на научним методама и савременим технологијама методолошки и технички су унапредила геопросторну анализу животне средине истраживаног подручја.

Геокологија се дефинише као мултидисциплинарна наука која проучава односе абиотских компоненти Земљине површине, просторно-временске промене настале деловањем природних и техногених фактора, као и њихов утицај на људско друштво (Trofimov, 2009, p. 205), због чега су физичкогеографски методи нашли значајну примену у процесу геоеколошког вредновања. Утврђивањем ових детерминанти на простору Топличког округа, савремене геоинформатичке методе представљају основу за изградњу ГИС база података, чиме се потенцијали и објекти геодиверзитета могу детаљније и прецизније сагледати.

Научни допринос интеграције геоинформатичких метода и теренских истраживања огледа се у научно утемељеном сагледавању стања геопростора, идентификацији геолокалитета и дефинисању предлога њиховог привредног коришћења, чиме се ствара основа за унапређење укупног привредног развоја овог подручја. У том контексту, тема докторске дисертације поседује национални, регионални и локални значај, који се огледа у свеобухватном сагледавању стања геопростора Топличког округа, издвајању његових посебно вредних делова, утврђивању мера заштите и дефинисању модела њиховог одрживог коришћења.

Примена геоинформатичких метода и аналитичких средстава значајно доприноси релевантности и егзактности резултата и пружа могућност њихове визуелне презентације. Њиховом применом идентификоваће се најатрактивнији делови посматраног геопростора и предложити мере геоконзервације. На основу различитих параметара, формираће се геотуристичке маршруте, усмерене ка унапређењу практичног развоја геотуризма. Очекивани резултати истраживања усмерени су ка утврђивању највреднијих природних потенцијала и њиховој научно утемељеној валоризацији ради уравнотеженог и одрживог коришћења. Тиме се пружа подршка локалном и регионалном развоју, уз допринос унапређењу геотуризма на националном нивоу.

1.4 Преглед досадашњих истраживања

Већина истраживача посматрано подручје анализирала је у оквиру ширих геопросторних целина, док се мањи број аутора, претежно у новијем периоду, усмеравао ка детаљнијем проучавању локалних и регионалних феномена. Примена модерних технологија иницирала је развој савремене методологије, те је употреба ГИС методологије и геотуристичких метода уобичајена у научним анализама током ХХИ века.

Најстарији подаци о проучавању општих физичко-географских карактеристика подручја Топлице налазе се у радовима Ј. Жујовића и Ј. Цвијића, као и у геоморфолошким проучавањима долине Топлице аутора С. Милојевића. У овим радовима јасно су дефинисане границе басена Топлице, који се сматрају везом између Егејског и Панонског језера. Према морфолошкој подели, Топличка котлина обухвата четири морфолошке јединице: Горњу Топлицу, Топличко-косаничку долину, епигенију Губетин–Прокупље и Доњу Топлицу (Radovanović, 1994, str. 1–2). Овако утврђена морфолошка регионализација задржала је научну релевантност и применљивост у савременим географским истраживањима.

Свеобухватни сиже дотадашњих истраживања подручја Топлице приказан је у монографској студији *„Топлички крај – мала енциклопедија Топлице“* (Мађејка и сар., 1999, стр. 1–378).

Континуирано су спровођена геолошко-геоморфолошка истраживања ширег геопростора Топлице. Везивана су за неколико геотектонских целина које перманентно заокупљају пажњу геолога и геоморфолога. Геолошку структуру ширег подручја Топлице чине Српско-македонска маса, Лецки магматски комплекс, подручје планине Копаоник и

офиолитски појас. Основна сазнања о карактеристикама овог сложеног простора, у оквиру истраживања ширих просторних целина, значајно су унапређена током друге половине XX века израдом низа детаљних геолошких, а потом и геоморфолошких карата, као и научних студија М. Зеремског. Опште смернице геодинамичког развоја Балканског полуострва, Српско-македонске масе и простора Динарида, у оквиру којих су разматрани и геолошко-геоморфолошки аспекти ширег подручја Топлице, заступљене су у радовима С. Карамате (Karamata et al., 1999, p. 173–177; Karamata, 2006, p. 155–178).

У студији посвећеној гранитима и кристаластим шкриљцима Јастрепца из 1929. године, С. Урошевић је први дефинисао северну границу терцијарног басена Топлице (Урошевић, 2007, стр. 11–20). Радови више аутора који су уследили поставили су темеље за даља истраживања магматизма и магматских стена планине Јастребац, чији периферни делови учествују у геолошко-геоморфолошкој структури Топличког округа.

Са геолошког и геоморфолошког аспекта, више аутора детаљније је истраживало подручје планине Радан и Лецког магматског комплекса (Јовановић i sar., 1972, стр. 165–177; Реџут, 1976, стр. 1–59). Новији радови, детаљније дефинишу поједине локалне делове овог подручја (Marton et al., 2013, p. 837–840).

Геолошки комплексно подручје Копаоника проучавано је у бројним научним и стручним радовима. Офиолитске формације у основи ширег подручја овог планинског венца предмет су опширних научно-стручних истраживања (Васовић, 1988, стр. 1–238; Robertson, Karamata & Šarić, 2009, p. 1–36; Petrović, 2015, стр. 1–131). Научна истраживања средином XX века, посвећена присутности и интензитету магматских интрузија југоисточних и источних обода Копаоника, периферно су обухватила и подручје Топличког округа. За разлику од планинских обода, који су привлачили значајну научну пажњу, геолошке и минералошке карактеристике Топличког неогеног басена и његових обода проучаване су само у једној монографској студији (Timotijević, 2005, стр. 1–154).

Геолошко-морфолошке специфичности Топличког неогеног басена утицале су на његов изузетан палеонтолошки значај. Палеогеографска истраживања спровођена су кроз неколико фаза. Прве студије последица су раних истраживања палеонтолошких локалитета Топлице током педесетих и шездесетих година прошлог века (Павловић & Обрадиновић, 1961, стр. 265–277). Сумирани су у палеонтолошко-стратиграфској студији „*Миоценски сисари Топличке котлине*“ М. Павловића (1969, стр. 269–394), као и у каснијим радовима овог истакнутог палеонтолога. Интересовање за палеонтолошке локалитете Топличког округа обновљено је почетком XXI века. Било је везано за детаљна истраживања локалитета Пребреза (Stefanović, 2003, стр. 77–84). У неколико радова постављала су се и питања презентације и заштите овог палеонтолошког локалитета (Стефановић & Мијовић, 2004, стр. 29–35), односно његове заштите и геоконзервације (Marković et al., 2012, p. 7–13). Остали палеонтолошки локалитети неогеног басена Топлице, иако документовани, нису обухваћени новијим истраживањима. Простор је истраживан у контексту палеоеколошких и палеоклиматских промена (Burazer et al., 2021, p. 406–424) и херпетофауне Србије (Ђурић, 2019, стр. 1–193).

Топлички округ је подручје интензивних ерозивних процеса условљених морфолошким специфичностима рељефа. Препознати кроз раније студије стања и процене степена ерозије, бројни примери распадања и денудације стена, дефинисани су у уџбенику „*Ерозивна геоморфологија I*“ (Мартиновић & Голубовић, 2004, стр. 1–366). Флувио-денудациони процеси препознати су и истраживани на подручју Ђаволје вароши (Ракићевић, 1955в, стр. 137–140; Лазаревић, 2010, стр. 1–115; Valjarević et al., 2015, p. 148–155) и насеља Плочник (Мартић Бурсаћ, 2017, стр. 1–423), који су означени као локалитети повећаног интензитета ерозије.

Старија педолошка истраживања Топличког округа врло су оскудна. Геопростор је углавном истраживан као део ширег географског подручја. Примена ГИС алата у знатној мери олакшала је анализу земљишног покривача. Применом CORINE Land Cover модела, анализирано је коришћење земљишта у Топличком округу (Драгојловић, 2022, стр. 81–83). Детаљније су анализиране и две општине – општина Прокупље (Valjarević et al., 2014, 1–8) и општина Куршумлија (Milanović et al., 2019, р. 119–129). Подручје Топличког округа анализирано је у погледу промене шумског покривача применом ГИС анализа и метода даљинске детекције (Valjarević et al., 2018a, р. 131–139).

Опште климатске карактеристике и рејонизација Топличког округа могу се сагледати на основу уџбеника и радова Д. Дукића, М. Милосављевића и Т. Ракићевића. У више радова спроведена су специфичнија истраживања и анализе климатских елемената. У раду „*Клима бања уже Србије*“, М. Мађејка (1985, стр. 1–145) конкретније дефинише поједине климатске карактеристике бањских центара Топлице. В. Стевановић (2020, стр. 1–132) истражујући „*Термоминералне изворе Топличког округа*“, детаљније анализира појединачне климатске услове овог подручја. Карактеристике делова подручја округа обухваћене су и радовима Р. Ивановића (Ивановић и сар., 2007, стр. 87–94; Ивановић и сар., 2011, стр. 83–99). Методолошки, аридност је анализирана у раду Gosić et al. (2025, р. 1–6) у којем је подручје Топлице посебно истакнуто у том погледу.

Иницијална истраживања сливова река у Топлици дефинисана су радовима Д. Дукића. Она су надограђена у радовима Т. Ракићевића – „*Режим реке Топлице*“ (Ракићевић, 1954, стр. 64–85) и „*Физичко-географске карактеристике слива Косанице*“ (Ракићевић, 1955b, стр. 29–46) – у којима се детаљније разматрају карактеристике рељефа и климе, питања водостаја, протицаја и привредног коришћења. Касније студије овог аутора детаљније анализирају хидрографију слива Топлице (Rakićević, 1969, стр. 51–62). Анализиране су и хидрографске карактеристике слива, водни биланс и отицај у сливу ове реке (Radovanović, 1994, стр. 1–155). Хидролошким особинама и водопривредним значајем Пусте реке бавио се Р. Илић (1978, 1–75), док су у оквиру хидрографске студије слива реке Расине дефинисане и основне карактеристике слива Блаташнице (Стричевић, 2015, 20–76).

Термоминерални извори Топличког округа поседују значајне хидрографске и геотуристичке предиспозиције. Истраживани су у радовима Т. Ракићевића и М. Мађејке, који су међу првима указали на њихову велику вредност (Rakićević, 1969, стр. 51–63; Мађејка, 1983. стр. 115–122; Мађејка, 2005, стр. 221–236). Допринос научном истраживању термоминералних и минералних извора Топличког округа пружили су и бројни други научници (Вукоичић, 2013, стр. 1–201; Petrović Pantić, 2014, стр. 1–199; Вукоичић, 2014, стр. 1–248; Стевановић, 2020, стр. 1–132). Научни допринос дат је и у радовима Valjarević et al. (2018b, р. 948–957) и Valjarević et al. (2021, р. 1–9), у којима се разматрају питања адекватнијег коришћења геотермалних потенцијала општине Куршумлија и будуће стратегије развоја њених обновљивих извора енергије.

Савременим проучавањима обухваћена су и биогеографска истраживања појединих делова Топличког округа, у којима се анализирају биогеографске карактеристике подручја Парка природе „Радан“ и састојина на подручју Споменика природе „Ђавоља варош“ (Petković i sar., 2000, стр. 323–347). Детаљније су проучавана и слатинска земљишта у сливу реке Топлице (Zlatković et al., 2019, р. 1425–1440; Zlatković, 2021, стр. 1–250).

Демографске карактеристике становништва као основе регионалног развоја подручја Топличког краја, првобитно су разматране у монографској студији В. Рудића „*Становништво Топлице*“ (Рудић, 1978, стр. 1–196). Новија истраживања указују на изражену депопулацију и миграционе процесе (Драгојловић, 2017, стр. 1–336; Živanović et al., 2022, стр. 1–20), као и на постојење великих депопулационих кластера на територији Топличког округа (Joksimović i sar., 2023, стр. 99–118; Joksimović, 2025. р. 1–18).

Примена геоинформатичких метода на подручју Топличког округа, везана је за неколико поља. У комбинацији са геостатистичким методама, ГИС алати су коришћени у анализи, вредновању и заштити појединачних локалитета геонаслеђа – Ђавоље вароши (Jonić, 2018, p. 113–125; Vukočić et al., 2021, p. 163–176), бањских туристичких центара (Valjarević et al., 2017, p. 7–16; Tomić & Košić, 2020, p. 1–12) и културног наслеђа у Топлици (Valjarević et al., 2019, p. 175–182). Морфометријске карактеристике Ђавоље вароши истраживане су и применом геоинформатичких техника (Valjarević et al., 2015, p. 148–155).

Геоинформатичке методе до сада нису биле шире примењиване на целокупној територији Топличког округа. У оквиру студија обухваћених овом дисертацијом, геоинформатички модели коришћени су за вредновање геодиверзитета Топличког округа. Анализа већег броја генетски разноврсних геолокалитета до сада је спроведена у свега две научне студије (Valjarević & Ivanović, 2022; Ivanović et al., 2023, p. 1–19), док су предлози њиховог коришћења у контексту геонаслеђа разматрани у ограниченом броју радова (Vukočić i sar., 2023, str. 57–66; Ristić et al., 2024, p. 1–28; Ivanović i sar., 2024, str. 479–487).

2. ГЕОЕКОЛОГИЈА И ЖИВОТНА СРЕДИНА – ДЕФИНИСАЊЕ ТЕРМИНОЛОГИЈЕ ИСТРАЖИВАЊА

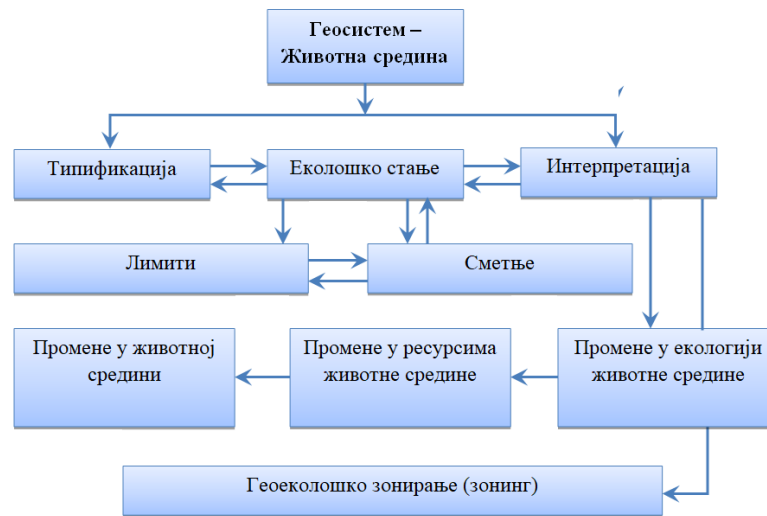
Дефинисање термилошке и теоријско-методолошке основе веома је значајно за будућа истраживања. Оно обухвата дефинисање појмова: геоекологије и животне средине; геоеколошких детерминанти које представљају предмет вредновања; геодиверзитета и биодиверзитета; геонаслеђа и проблематике инвентаризације; геоеколошког потенцијала; геоконзервације и могућности за развој геотуризма. Циљ је отклањање недоумица семантичке природе и пружање увода у проблематику истраживања.

Формулисање појма животне средине веома је сложено. Ради се о комплексном систему са бројним аспектима који отежавају прецизно дефинисање. Под појмом животне средине подразумева се целокупан систем природних и антропогених објеката и појава, који обухвата природне елементе (физичке, хемијске и биолошке факторе живљења), социјалне и вештачки створене елементе, тј. све оно што посредно или непосредно утиче на живот и делатност људи (Љешевић, 2010, стр. 84). Комплексност животне средине огледа се у сложености географског простора као физичко-материјалне целине, коју чини скуп географских појава, процеса и облика у међусобној интеракцији, повезаних квалитативно и квантитативно мерљивим показатељима. Конкретан географски простор представљен таквом целином и одређен једном основном одредницом – положајем, може се дефинисати као геосистем. Теоријска основа интерпретације концепта функционисања геосистема (**Слика 1**) интерпретирана је и унапређена, на основу истраживања других научника, кроз концепт „геосистем-окружење“ у раду аутора Kuznetsova & Lopatkin (2019, р. 2). Ови аутори истичу да се, имајући у виду биосоцијалну суштину човека, геосистеми посматрају двојачко – као еколошко односно природно окружење и људски хабитат који обезбеђује услове за опстанак човека као биолошке врсте, али и као ресурсна основа за развој привредних активности. Такав геосистем, дефинисан кроз физичкогеографску структуру, која је у прожимању са антропогеографском структуром тј. облицима људског деловања, ограничен је математичко-географским системом.

Хетерогена географска подручја, трансформисана деловањем човека у агрикултурне, техничке и урбане геосистеме, представљају пределе (пејзаже, ландшафте). Пределу настају као резултат интеракције природних и антропогених фактора. У тако дефинисаном смислу, предео (енг. *landscape*; рус. *ландшафт*) представља предмет проучавања геоекологије, која обухвата анализу еколошких процеса, праћење динамике промена у пределу, њихово вредновање и компаративну анализу, као и испитивање стабилности, хармонизације и одрживости предела на широкој еколошкој скали (Пецел и сар., 2015, стр. 33). Посматрано са географског аспекта, предео представља свеобухватну биофизичку компоненту чија је физиономија делимично или потпуно измењена под утицајем техносфере и урбаних система, што му даје специфична просторна и функционална обележја. Такве трансформације условљавају промене у структури, организацији и динамици предела, чинећи га сложеним предметом географских и геоеколошких истраживања.

Геоекологија се развијала на основу неколико становишта, која су научно утемељивана и примењивана током њеног развоја. Аутори Serrano & Ruiz-Flano (2007, р. 140) наводе неколико фаза кроз које је истраживање природног простора историјски прошло: а) конзерваторску – која је обухватала само најзначајније видљиве елементе природе; б) биолошку – која је укључивала само заштиту врста, а касније и екосистема; в) холистичку – усмерену на заштиту екосистема, укључујући станишта и пејзаже као видљиве елементе вишеструко повезане са живим бићима, човеком и абиотичким окружењем. Свеобухватно схватање геоекологије као научне дисциплине под окриљем географије почиње

промовисањем нових термилошких идеја немачког географа Карла Трола. Својим теоријским разматрањима поставио је научну основу геоекологије, те се с правом може сматрати једним од њених оснивача. Кроз термилошке расправе, Трол је тежио дефинисању научне области која би на свеобухватан начин обухватила проучавање геопростора у оквирима превасходно геонаучних дисциплина. Дотадашња геоеколошка истраживања заснивала су се на два основна концептуална приступа: географско-просторном, који почива на хоризонталној регионализацији Земљине површине и сагледавању хармоније природних феномена, и биолошко-функционалном, усмереном ка вертикалној анализи станишта (екотопа) у оквиру конкретне просторне целине (Пецељ и сар., 2015, стр. 29).



Слика 1. Шематска интерпретација геосистема животне средине (прилагођено на основу Kuznetsova & Lopatkin, 2019, p. 3).

Природну структуру геопростора чини геодиверзитет, који представља темељ развоја и одрживости биодиверзитета. Са циљем интеграције географског и биолошког приступа у проучавању простора, Трол је 1939. године увео термин „*Landshaftoekologie*“ (екологија ландшафта, односно предела). Приближно три деценије касније, у својим научним радовима, заменио је изворни немачки назив интернационално прихваћенијим термином „*Landscape ecology*“. Током седамдесетих година XX века, уочивши да се термин „*landshaft*“ различито тумачи у различитим језицима, Трол га замењује појмом „*geoecology*“, који је сматрао термилошки и концептуално прикладнијим (Holtmeier, 2015, p. 556). Тежио је елиминисању дуализма из географије, односно развоју јединствене географије која паралелно проучава природне и друштвене елементе (Стојановић и сар., 2011, стр. 115). Увођењем научно прецизнијег и теоријско-методолошки усклађенијег појма, Трол је геоекологију дефинисао као нову научну дисциплину, утемељену превасходно у географским, а потом и у биолошким наукама. Сматрао је да геоекологија проучава целокупан природно-географски садржај Земљине површине, водећи рачуна о комплементарној вези, корелацији и интеракцији литосфере, педосфере, хидросфере, атмосфере и биосфере. Реч је о проучавању целокупног деловања животних заједница (биоценоза) и животних услова околине, чији је резултат мозаик, односно природно-географске специфичности (Пецељ и сар., 2015, стр. 9).

Теоријском дефинисању појма и предмета истраживања геоекологије допринели су бројни аутори. Л. Миклош геоекологију дефинише као примењену науку о пределу и животној средини, човеку и другим организмима а њен основни циљ представља дефинисање еколошки оптималне просторне организације коришћења и заштите предела (Mamut, 2010,

str. 242). Аутори Bognar i sar. (2002, str. 5) ову дефиницију сматрају једном од најкомплекснијих у области геоекологије, односно екологије предела. Истовремено, они геоекологију одређују као интердисциплинарни науку која проучава односе човека и његовог животног простора, како природног тако и изграђеног. Савремена геоекологија има знатно шире значење и посматра се као компонентна и комплексна географска наука која проучава саморегулативне природне појаве и процесе у географском омотачу, са циљем сагледавања могућности ублажавања антропогених утицаја применом природних процеса (Пецељ и сар., 2015, стр. 10).

Паралелно са конституисањем геоекологије као научне дисциплине, развијани су и техничко-методолошки приступи вредновању предела. Научно утемељено вредновање подразумева идентификацију и анализу истраживаног предела, чиме се ствара основа за његово рационално управљање. Предео представља јединствену целину са природним и социокултурним компонентама међу којима пресудан значај имају биодиверзитет, геодиверзитет и културно наслеђе (Пецељ и сар., 2015, стр. 36). Аналитички поступци у геоекологији, условљени њеном интердисциплинарном природом, заснивају се на инвентаризацији и систематизацији као основним фазама научног истраживања. Посебно значајно место у савременим геоеколошким анализама има примена геоинформатичких метода, пре свега географских информационих система (ГИС) и даљинске детекције, који омогућавају свеобухватно сагледавање стања простора, анализу узрочно-последичних односа, дефинисање мера заштите и планирање будућег коришћења простора.

2.1 Геоеколошке детерминанте

Геоеколошке детерминанте могу се поистоветити са свим чиниоцима животне средине. Природни аспекти својим особеностима креирају специфичне услове који издвајају подручја и одређују природне услове који владају на одређеном подручју. Антропогени утицај представља неизоставни део животне средине, па се његовим деловањем креирају посебни аспекти животне средине који могу бити локалног, регионалног или глобалног карактера.

Геоеколошке детерминанте, односно геоеколошки фактори, представљају скуп појава и процеса у геопростору. Носиоци су различитих глобалних и локалних промена и могу бити природног и антропогеног порекла (Lješević et al., 2011, p. 93). Аутори Milinčić et al. (2013, p. 121–122) идентификују и диференцирају геоеколошке факторе према генетским (генези), квалитативним и квантитативним карактеристикама. Они их деле на физичкогеографске и антропогеографске факторе, при чему антропогеографски фактори укључују и анализу ефеката људских активности на вегетацију. Природни геоеколошки фактори на глобалном нивоу чине варијетете енергетских извора на планети Земљи, као што су гравитација, електромагнетизам, ротација Земље, космичка енергија генерисана деловањем Сунца и утицајем других небеских тела, нарочито гравитационом силом Месеца. На регионалном и локалном нивоу, природни геоеколошки фактори везани су за:

- геофизичке факторе – сеизмичност, вулканизам;
- морфологију терена – морфоструктуру и хипсометрију рељефа, правац и угао нагиба терена;
- геоморфолошке факторе – еолску ерозију, клизишта и друге денудационе процесе;
- климатске факторе – поплаве, суше и екстремне климатске догађаје;
- хидролошке факторе – колебање нивоа мора, режим површинских вода, флукуацију протицаја и водостаја у речним коритима, као и дистрибуцију и дебљину снежног и леденог покривача;

- педолошке факторе – тип и дебљину педолошких хоризоната, степен девастације и минералозна композиција земљишта;
- биогене факторе – степен покривености територије, тип вегетационог покривача, затрављеност и биолошку оптерећеност подручја (Lješević et al., 2011, p. 93).

У антропогеографске геоеколошке факторе убрајају се економске активности (пољопривреда и индустрија), саобраћај, насеља и комунална инфраструктура (Lješević et al., 2011, p. 93). Поред наведених, у антропогеографске факторе могу се сврстати и (Milinčić et al., 2013, p. 122):

- промена намене земљишта;
- деградација шума и пољопривредног земљишта, узрокована ерозионим процесима;
- изградња вештачких акумулација, која значајно утиче на промену микроклиматских услова (повећање влажности ваздуха, интензивирање испаравања и слично), као и на редистрибуцију постојећег биодиверзитета и појаву алохтоних врста флоре и фауне.

Кључни задатак савремених геоеколошких истраживања јесте утврђивање интеракције антропогених утицаја на природне процесе. На тај начин могу се објаснити односи између будућег демографског раста и економских активности, са једне стране, и повећаних потреба за енергијом, доступном водом, обновљивим и необновљивим изворима енергије, са друге стране (Милентијевић, 2021, стр. 21). Решавање проблема ових односа остварује се увођењем концепта активне заштите, односно одрживог коришћења ресурса, уз примену геоинформатичких технологија, нарочито ГИС-а и глобалног позиционог система (ГПС) (Стојановић и сар., 2011, стр. 117). Комплексна геоеколошка анализа односа природних услова и друштвених чинилаца обухвата неколико аспеката (Милентијевић & Пантелић, 2023, стр. 74):

- утицај климатских услова на живот и рад становништва;
- значај водних ресурса и потенцијала за различите људске потребе, као што су водоснабдевање, пољопривреда, индустрија, саобраћај, туризам и рекреација;
- утицај педолошких услова на пољопривредну производњу и егзистенцију становништва;
- однос биогених ресурса и антропогених утицаја.

Геоеколошко схватање пејзажа заснива се на интеракцији природних и антропогених фактора. Евалуација геоеколошког стања урбаних предела подразумева анализу физичкогеографских морфолошких јединица и друштвених модела њиховог коришћења (Serrano, 2017, p. 343). Анализа геоеколошких детерминанти у великој мери почива на примени ГИС-а и даљинске детекције. Значај ових метода огледа се у могућности израде топографских и тематских карата различитих просторних показатеља. Њиховом применом омогућава се сагледавање просторне дистрибуције и динамике промена у геопростору. Поред тога, ове методе омогућавају тестирање хипотеза, формулисање научних ставова и извођење закључака о деловању геоеколошких фактора у конкретном простору.

2.2 Геодиверзитет и биодиверзитет

Садржај овог поглавља заснован је на резултатима истраживања објављеним у форми оригиналног научног рада у часопису *Bulletin of Natural Sciences Research* (Ivanović M., 2024, str. 26–33).

Посматрано кроз призму холистичког принципа, природна структура предела може се посматрати као интеракција геодиверзитета и биодиверзитета. Уопштено, и у литератури често навођено становиште о односу геодиверзитета и биодиверзитета јесте да се геодиверзитет сматра абиотичким еквивалентом биодиверзитета (Crofts & Gordon, 2014, p. 61). Геодиверзитет представља абиотичку основу постојећем биодиверзитету, укључујући и човека, при чему абиотички елементи обезбеђују услове за развој живог света стварањем варијација топографских и климатских услова (Gray, 2013, p. 12). Структурне, квантитативне и квалитативне карактеристике биодиверзитета у значајној мери зависе од карактеристика, односно вертикалне структуре геодиверзитета, на којој је биодиверзитет заснован. Холистички приступ подразумева сагледавање природног окружења као целине, а не само његових појединачних делова. Посматрање природног окружења кроз призму холизма омогућава да се геодиверзитет свеобухватније дефинише и разуме, како у оквиру његове унутрашње структуре, тако и кроз интеракцију са биодиверзитетом (Ivanović, 2024, p. 26).

Даљинска детекција (RS) и географски информациони системи (ГИС) постају моћни алати за унос, уређивање, анализу, креирање и унапређење просторних података (Ivanović et al., 2023, p. 8). Њихова широка примена потврђена је у бројним истраживањима из различитих области биолошких и географских наука. Они могу представљати значајан инструмент за унапређење односа између два ентитета у оквиру природне структуре предела, при чему је њихов заједнички циљ заштита и конзервација природних вредности.

Термин „геодиверзитет“ први пут је употребљен у научним публикацијама у Немачкој и у Аустралији (Gray, 2008, p. 288). Веома брзо је прихваћен на глобалном нивоу, као израз настојања да се традиционално укореван биоцентрични приступ заштити животне средине замени научно утемељенијим холистичким приступом (Симић и сар., 2010, стр. 2).

Три су основна концепта везана за теорију геодиверзитета (Najwer et al., 2023, p. 89). Класична схватања еволуирала су кроз истраживачке радове аустралијских геолога и геоморфолога, који су термин геодиверзитет првенствено повезивали са циљевима геоконзервације. Настојали су да опишу разноликост неживе природе, односно рељефни или геоморфолошки диверзитет (Vasiljević, 2015, str. 13). Као резултат вишегодишњих континуираних истраживања, Аустралијска комисија за геонаслеђе дефинисала је геодиверзитет као опсег или разноврсности геолошких (стена), геоморфолошких (рељефних облика) и педолошких појава, склопова, система и процеса (Gray, 2008, p. 287).

У оквиру другог концепта, геодиверзитет је посматран као основа различитих анализа биодиверзитета, при чему се диференцијација абиотичког подсистема разматра колатерално, најчешће као помоћна варијабла. Трећи концепт одступа од класичне геолошке дефиниције геодиверзитета и обухвата шири спектар елемената, укључујући топографију, компоненте хидросфере и људске активности (Najwer et al., 2023, p. 89–90).

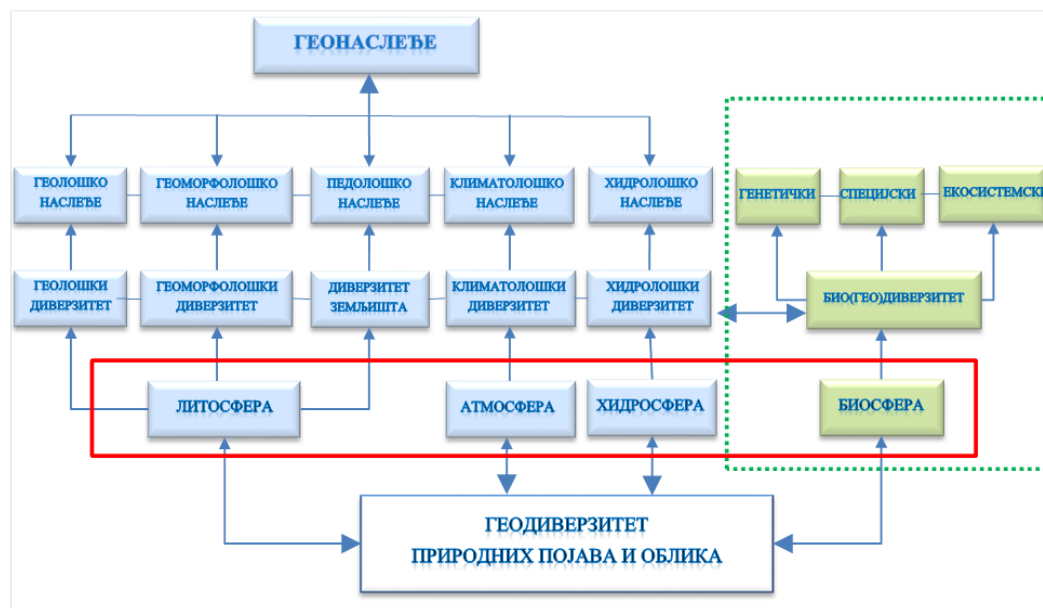
Почетак ХХИ века означио је велику експанзију покушаја дефинисања терминологије истраживања облика и форми, као и методолошког вредновања геодиверзитета. Аутори Boothroyd & McHenry (2019, p. 3) истичу да се чак 299 академских научних чланака односи на дефинисање геодиверзитета и његово вредновање. Ранији радови усмерени ка дефинисању појма геодиверзитета потицали су углавном од геолога, који су овај термин посматрали превасходно у контексту геологије и геоморфологије. Ограниченост таквих дефиниција подстакла је потребу за ширим сагледавањем овог комплексног појма, дефинисаног кроз географску разноврсност предела која није исказана искључиво геолошком грађом и морфолошким елементима и процесима (Новковић, 2008, стр. 37), већ обухвата и површинске воде, као и друге системе настале деловањем природних ендегених и егзогених процеса, као и људске активности.

Научне полемике дефинисања терминологије геодиверзитета довеле су до објављивања вероватно најчешће цитиране дефиниције. Ова, можда и најхолистичкија дефиниција (Najwer et al., 2023, p. 90), описује геодиверзитет као:

„природни опсег (разноврсност) геолошких (стене, минерали, фосили), геоморфолошких (рељефни облици, топографија, физички процеси), педолошких и хидролошких појава. Он укључује и њихове саставе, структуре, системе и доприносе пределу“ (Gray, 2013, p. 12).

Око 88% радова који дефинишу геодиверзитет, објављених у периоду од 1993. до 2019. године, подржава ову дефиницију или њене сличне варијанте (Boothroyd & McHenry, 2019, p. 5).

У настојању да унапреде дефиницију коју је у својим радовима промовисао М. Греј, многи аутори настојали су да поједине њене сегменте јасније дефинишу у различитим контекстима. У публикацији Ibanez & Brevik (2022, p. 2), термин „педодиверзитет“ истакнут је као део природног и културног наслеђа. На основу ранијих истраживања, аутори Panizza (2009, p. 33) и Reynard (2009, p. 9) уводе појмове „геоморфодиверзитета“ и „геоморфосајта“. Радови Ferrarin et al. (2014, p. 5935), Rosa et al. (2018, p. 873) и Gil-Marquez et al. (2021, p. 1) преферирају термин „хидродиверзитет“, док Doherty et al. (2021, p. 2) „топодиверзитет“ посматра као варијаблу геодиверзитета и биодиверзитета. С друге стране, Gray (2023, p. 24), термин геодиверзитет посматра као скраћеницу за „геонаучни диверзитет“, сматрајући да он не обухвата само геолошке појаве већ има и знатно шире значење.



Слика 2. Шематски приказ односа геодиверзитета и биодиверзитета (прилагођено на основу Симић и сар., 2010, стр. 4; Миљковић, 2018, стр. 14; Ivanović, 2024, str. 28).

Водећи се холистичким приступом јединственог и међусобно зависног система биогеодиверзитета, развијала се и полемика о предмету истраживања. Према М. Љешевићу (2002, стр. 19–27), геодиверзитет се састоји из две велике целине: геодиверзитета природних појава и облика и цивилизацијског геодиверзитета. Геодиверзитет природних појава и облика (Слика 2) представља предмет интересовања стручњака природних наука о Земљи.

Представљен је геолошким диверзитетом, геоморфолошким диверзитетом, климатским диверзитетом, хидролошким диверзитетом, диверзитетом земљишта и биогеодиверзитетом.

2.2.1 Системски однос геодиверзитета и биодиверзитета

Укупан однос између биодиверзитета и геодиверзитета може се посматрати кроз две основне категорије, односно нивоа односа. Прва категорија усмерена је на теоријски приступ њиховој интеракцији и дефинисана је кроз области преклапања и заједничког деловања у природном окружењу. Vasiljević (2015, str. 16–17) истиче да се биодиверзитет и геодиверзитет међусобно прожимају и указује на више подручја у којима геолошки ресурси и геодиверзитет утичу на биотичке ресурсе у којима се огледа суштина њиховог међусобног односа:

- Клима – климатски елементи могу на локалном нивоу утицати на морфологију геолошких облика и интензитет геоморфолошких процеса;
- Хидрологија – хидролошке карактеристике геопростора у великој мери су условљене геолошким и геоморфолошким особеностима. Од тих особености зависе површинска дренажа, развођа, водоносни слојеви, издани и извори;
- Земљиште – представља везу абиотичког и биотичког света. Његов састав и хемијске карактеристике директно су повезани са стенском подлогом. Последишно, дистрибуција бројних биљних врста зависи од минералошког и хемијског састава тла.
- Биогеографска дистрибуција – географска распрострањеност ареала флоре и фауне у знатној мери може бити повезана са геодиверзитетом. На распрострањење врста и миграционе правце често утиче површинска геоморфологија;
- Станишта – разноликост геолошких карактеристика и процеса обезбеђује готово бесконачан низ типова станишта, који се разликују према топографији простора, надморској висини, типу земљишта и другим особеностима.

Надморска висина и топографске карактеристике геопростора у значајној мери утичу на његов биодиверзитет. Надморска висина има значајан утицај на климатске услове, а у комбинацији са топографским карактеристикама значајно утиче и на хидрографске параметре терена, као и на промене у земљишном покривачу. Познато је да промене надморске висине условљавају измене у просторном распореду флоре и фауне, при чему долази до формирања специфичних станишта.

Сагласно наведеном, када се говори о преклапању двају еквивалентних система, може се закључити да је просторна дистрибуција тачка интеракције у којој се два система преклапају. Чињеница је да биодиверзитет и геодиверзитет представљају засебне системе, док је њихова додирна тачка дефинисана кроз просторну разноврсност и распрострањеност биодиверзитета. Тек у том контексту, биодиверзитет се може посматрати као део геодиверзитета (Љешевић, 2002, стр. 18). Просторна дистрибуција може се посматрати на два нивоа. Хоризонтална просторна распрострањеност подразумева ареал као географску површину, односно територију коју одређена појава захвата. Под утицајем надморске висине ареали се могу мењати и смењивати, што указује на просторну дистрибуцију у вертикалном смислу.

Разлика између ова два еквивалентна система се огледа у комплексности на више нивоа. Број елемената геодиверзитета на одређеном простору често је много већи од броја биљних врста, при чему поједини елементи геодиверзитета варирају према саставу (типу) и процентуалном учешћу тих типова. Присутна је и проблематика класификације, упркос постојању међународних и националних класификационих система (Gray, 2023, p. 14).

Аутори Ibáñez & Brevik (2022, p. 3) само су неки од научника који указују на проблем класификације у истраживању геодиверзитета, истичући да, за разлику од биодиверзитета и диверзитета земљишта, не постоји универзална класификација у литологији и геоморфологији. Они такође наводе да истраживања која се баве геодиверзитетом не посвећују довољно пажње научној анализи и квантификацији површинских система на Земљи, као што је то случај у студијама које се баве биодиверзитетом. Без класификације и инвентаризације, квантификација геодиверзитета није могућа.

Друга категорија односа односи се на практични приступ. Она подразумева развој заједничких метода и техника за спровођење истраживања, анализа и евалуација у оквиру јединственог геоеколошког контекста. Основни циљ истраживања и евалуације геодиверзитета и биодиверзитета јесте њихова заштита и очување. Геодиверзитет поседује значајну еколошку вредност у подршци биодиверзитету и функционисању екосистема, због чега очување геолокалитета и геодиверзитета има фундаменталну улогу у заштити заштићених подручја као саставних елемената природе и природног наслеђа. У том контексту, геоконзервација представља кључни фактор у очувању живих врста и станишта, абиотичког оквира или „позорнице“, као и природних процеса, попут поплава, ерозије и акумулације наноса, који су неопходни за разноврсност станишта и функционисање екосистема (Crofts, 2019, p. 213).

Према мишљењу Zwolinski et al. (2018, p. 29–30), процес евалуације почиње класификацијом, односно идентификацијом појединачних ентитета или појава, након чега следи избор критеријума који утичу на избор метода и избор материјала - информација или дигиталних података. Досадашњи методолошки приступи научника били су усмерени на независно вредновање геодиверзитета, без значајнијег разматрања биодиверзитета (Tukiainen et al., 2023, p. 42). Сличан приступ присутан је и у вредновању биодиверзитета, при чему се примарно узима у обзир просторна дистрибуција, док се геодиверзитет, као његова кључна основа разматра у знатно мањој мери.

Ово отвара и проблем мерења, јер иако геодиверзитет представља укупност абиотичких компонената одређеног простора, процена његовог укупног богатства може бити изузетно сложен и временски захтеван процес. Из тог разлога, мерења се најчешће заснивају на анализи геолошких, топографских, хидролошких, педолошких и сателитских података на просторима мањег обухвата (Gray, 2023, p. 14). Поред наведеног, анализе могу обухватити и геоморфолошке и климатске појаве и облике, који такође представљају саставне елементе геодиверзитета. Вредновање геодиверзитета може бити квалитативно, кроз примену дескриптивних метода; квантитативно, применом индекса геодиверзитета, различитих метрика и статистичког моделирања, као и квалитативно-квантитативно, које подразумева комбинацију дигиталних и узрочно-последичних, односно релационих и експланаторних података (Zwolinski et al., 2018, p. 30).

Проблематика предмета истраживања геодиверзитета израженија је у односу на проблематику истраживања биодиверзитета. Основни проблем лежи у знатно већој комплексности геодиверзитета, што се непосредно одражава и на сложеност његовог вредновања.

Методе и технике даљинске детекције, ГИС-а и примена дигиталних елевационих модела (ДЕМ) имају значајну улогу у вредновању геодиверзитета, пружајући могућност унапређења и ревизије методолошких приступа. Примена геоинформатичких алата, метода и техника у значајној мери може допринети превазилажењу изазова у истраживању геодиверзитета и биодиверзитета, унапређујући процесе мерења, вредновања и интерпретације резултата. ГИС системи омогућавају складиштење великих количина просторно-временских података, што је условљено развојем рачунарских и геоинформационих технологија. Аутоматизација алгоритамих и софтверских процеса

скраћује време анализе и значајно унапређује процес вредновања. Као један од кључних резултата издваја се картографска визуализација просторне дистрибуције. Наведене карактеристике чине географске информационе системе (ГИС) незаменљивим алатом у просторној визуелизацији и анализи резултата бројних геостатистичких метода у савременим истраживањима животне средине, укључујући и анализе на макропросторном нивоу, чиме се значајно унапређује ефикасност истраживачког процеса.

Квантитативне процене геодиверзитета и биодиверзитета могу се спроводити теренским мерењима, нумеричким прорачунима, геопросторним анализама необрађених података (Zwoliński et al., 2018, p. 36). Различити типови података заснованих на даљинској детекцији и ГИС-у често се користе као извор информација о геодиверзитету. На пример, статистички заснован *Geosite Assessment Model* (GAM) и ГИС-базиран изохрони метод, коришћени су за процену геолокалитета у Топличком округу (Србија) у циљу развоја геотуризма (Ivanović et al., 2023, p. 7–14), док су ГИС и даљинска детекција у комбинацији са геостатистичким методама коришћени за идентификацију типова речних мрежа и промене граница речних сликова у Републици Србији (Valjarević, 2024, p. 13–18). Ови примери представљају ресурсно ефикасан начин квантификације геодиверзитета, али истраживање односа између геодиверзитета и биодиверзитета, као и идентификација и избор одговарајућих материјала и метода у складу са обимом и специфичним циљевима сваке студије, захтевају континуирано и пажљиво разматрање (Tukiainen et al., 2023, p. 35).

2.2.2 Вредности и вредновање геодиверзитета

Неколико аутора настојало је да истакне вредност геодиверзитета и образложи значај заштите и очувања геоекосистема. Растући научни интерес за геонаслеђе довео је до развоја бројних метода вредновања. Већина ових метода може се сврстати у неколико група које наглашавају различите вредности геодиверзитета. Рани модели вредновања били су усмерени пре свега на научне вредности. Са порастом интересовања у научним круговима препознати су и социокултурни аспекти геодиверзитета, услед чега су каснији модели вредновања проширени и на друге категорије вредности. Ови модели истичу потребу за заштитом и указују на потенцијалне претње, а обухватају вредновање социоекономских и геокултурних вредности, вредности управљања, квантитативних и квалитативних критеријума, као и еколошких, естетских, историјских, туристичких, културних и економских вредности (Ivanović et al., 2023, p. 2).

Примарно, геодиверзитет одликује есенцијална, односно суштинска вредност, ослобођена било какве утилитарне димензије, односно вредности саме по себи. Поред тога, геодиверзитет поседује и научну, функционалну, естетску, образовну, културну и економску вредност (Crofts & Gordon, 2014, p. 63). Проширујући ранију поделу, Gray (2013, p. 76) је предложио измењену класификацију вредности елемената геодиверзитета, у којој је издвојена чак 31 вредност, класификована у шест основних група:

- Интринзична (егзистенцијална) вредност – подразумева етичко уверење да било који ентитети (у овом случају геодиверзитет) поседују вредност сами по себи, а не због своје употребне вредности за човека;
- Културна вредност геодиверзитета – подразумева његов културни значај као дела фолклора и геомитологије (нпр. окамењени сватови Ђаволје вароши), археолошких и историјских вредности (археолошка налазишта), духовних вредности (верски споменици), или као дела просторне целине која физичко окружење чини смисленијим (Савићевац на брду Хисар);

- Естетска вредности – повезују се са чињеницом да геодиверзитет поседује визуелну, односно чулну привлачност као део физичког окружења. Односи се на амбијенталне вредности локалног предела који омогућавају активни одмор повезане са екотуризмом. Томе значајно доприносе медијски садржаји кроз промоцију активности, као што су шетња, пењање, тражење фосила, посете природњачким музејима, што геодиверзитет чини инспиративним;
- Економска вредност – исказује се у новчаним јединицама или кроз научну вредност, било да подразумева индустријску експлоатацију сировина или вредност фосилних остатака;
- Функционална вредност – омогућава функционалност геосистема (флувијални, лацијални, еолски, итд.) у екосистему, како биотичком тако и абиотичком (Gray, 2004, p. 126–132);
- Истраживачка и едукативна вредност – подразумева заштиту и конзервацију облика, појава и процеса ради будућих истраживања и едукације. Геодиверзитет има важну улогу у формалном и неформалном образовању о животној средини (геоeduкацији), које представља један од стубова геотуризма и има значајну улогу у геоконзервацији (Kubalíková & Coratza, 2023, p. 10).

У каснијем раду Gray (2018, p. 16) наглашава и додатну категорију вредности коју геодиверзитет поседује. Означава је као „услуге знања“ (енг. *knowledge services*) имајући у виду вредност коју постојећа сазнања о Земљи, њеној историји и науци о Земљи пружају друштву.

2.3 Геоеколошки потенцијал

Геоеколошки потенцијал подручја дефинише се као потенцијал за одржавање живота становништва. Он представља синтезу природног, односно природно-ресурсног потенцијала, степена антропогеног утицаја на природне комплексе и њихове отпорности на техногено оптерећење. Као резултат интеракције природе и друштва у процесу коришћења природних ресурса формира се геоеколошка ситуација, која представља својеврсни индикатор квалитета природног окружења друштва у конкретној просторно-временској ситуацији (Danylchenko et al., 2021, p. 14).

Примарни утицај у овој природно-друштвеној интеракцији има природно окружење, које одређује карактер коришћења простора и услове живота. У том контексту говори се о природно-ресурсном потенцијалу геопростора, који се дефинише кроз одрживо привредно коришћење специфичних облика, појава и процеса.

Оцена природног потенцијала захтева холистички приступ. Неопходно је извршити вредновање и анализу свих елемената геобиодиверзитета. То обухвата математичко-географски положај, геолошке и геоморфолошке карактеристике, као и педолошке, климатске, хидрографске и биогеографске одлике. Потребно је анализирати стање демографских ресурса и ниво привредног развоја.

Општи елементи животне средине пружају основни увид у карактеристике простора. Међутим, на основу њих није могуће извршити довољно прецизну процену природног потенцијала коришћења простора. Због тога је оправдано усмерити анализу на највредније делове простора, односно на мање или веће геопросторне целине које репрезентују укупну вредност подручја.

Такве целине издвајају се на основу специфичних карактеристика, које се систематизују, инвентаришу и штите, и означавају термином „геонаслеђе“. Елементи геодиверзитета и биодиверзитета могу се користити на два основна начина. Први

подразумева индустријску експлоатацију, односно коришћење као сировинског ресурса. Други, све значајнији, односи се на њихову примену у делатностима зависним од природних ресурса, као што је туризам, при чему се нагласак ставља на одрживо коришћење.

Вредновање геоеколошких потенцијала заснива се на комбиновању математичко-статистичких анализа и геоинформатичких метода. Ове методе представљају интегрални део евалуације предела. Технолошки развој омогућио је значајан напредак у анализи природних система. Примена геоинформатичких техника омогућава идентификацију, анализу и мониторинг природних и антропогених процеса, као и мерење, предвиђање и просторно-временско моделовање промена у окружењу.

Геоинформациони системи омогућавају примену квантитативних метода и напредних аналитичких техника. Обрада великих скупова података омогућава детаљнију анализу предела и ефикасније планирање његовог коришћења. Просторно-картографска подршка заснива се на геоеколошким анализама и представља начин организовања и визуелизације тематских података у оквиру полигеосистема.

Концепт полигеосистема омогућава проучавање геосистема као комплексних просторно-временских структура које обухватају природне и природно-антропогене компоненте. Такав приступ доприноси разумевању односа између природног и друштвеног система, као и анализи интеракција друштва и природног окружења и њихове просторно-временске диференцијације (Kuznetsova & Lopatkin, 2019, p. 2).

2.4 Појам геонаслеђа у свету и Републици Србији

У бројним научним радовима, термин геонаслеђа различито је тумачен. Ране дефиниције указивале су на геонаслеђе као саставни део геодиверзитета, сагледавале га преваходно кроз заштиту односно геоконзервацију. Новије дефиниције истичу геолокалитете као појединачне елементе и значајне саставне делове геонаслеђа, наглашавајући значај геоконзервације и њиховог одрживог коришћења кроз развој геотуризма.

Најсвеобухватнија дефиниција исказана је у ставу аутора Brosch & Semeniuk (2007, p. 62), који геонаслеђе сагледавају као:

„значајне геолошке феномене са магматским, метаморфним, седиментним, стратиграфским, структурним, геохемијским, минералошким, палеонтолошким, геоморфолошким, педолошким и хидролошким атрибутима, као и културно значајне локалитете. Без обзира на то да су на глобалном, међународном, регионалном, националном и локалном нивоу, оне пружају информације и увид у формирање и еволуцију Земље, као и у историју науке, те се могу користити у истраживачке и научне сврхе“.

У каснијем раду Brosch & Semeniuk (2019, p. 4–6), геонаслеђе посматрају као део широког међусобно повезаног система, дефинисаног кроз концепт „8G“. Концепт је заснован на прогресивном редоследу. Он повезује геологију (енг. *Geology*) и геонаслеђе (енг. *Geoheritage*). Обухвата идентификацију елемената са естетском, едукативном, туристичком, научном вредношћу. Њиховим издвајањем формирају се геолокалитети (енг. *Geosite*) и геопаркови (енг. *Geopark*). Развија се геоконзервација (енг. *Geoconservation*). Цео процес води ка геоуправљању (енг. *Geomanagement*), геоедукацији (енг. *Geoeducation*) и геотуризму (енг. *Geotourism*). Основу концепта чини осми „G“, односно геодиверзитет (енг. *Geodiversity*), који има важну улогу као подршка биодиверзитету и на локалном нивоу доприноси разумевању и управљању биодиверзитетом.

Како је тешко на општеприхваћен начин дефинисати „геонаслеђе“, оно се може представити као скраћена верзија термина „геолошко наслеђе“, али се посматра и као „геолошки и геоморфолошки диверзитет“. У оквирима ових абиотичких природних група, могу се дефинисати специфичне поткатегорије, као што су палеонтолошко (фосили), минералошко (минерали), петролошко (стене), педолошко (земљишта), геоморфолошко (рељефни облици) или хидрогеолошко (подземне воде) наслеђе. Остаци рударства (рударско наслеђе, некада означавано и као георударско наслеђе) на граници су између природног и културног наслеђа. Материјални (објекти, карте, извештаји, машине) и нематеријални (приче, песме, традиције) остаци везани за историју рударских активности су културна добра која сведоче о начинима на које су се ове активности одвијале у прошлости, и чине део георударског наслеђа. Остаци већ експлоатисаних стена или минерала који се још увек излажу, поседују посебан геолошки значај те се могу конзервирати, па би се и овај део рударског наслеђа могао сматрати још једном врстом геолошког наслеђа (Brilha, 2019, p. 1). Геонаслеђе може укључивати *in situ* и *ex situ* елементе (збирке геолошких узорака), са палеонтолошким, геоморфолошким, минералошким, петролошким или стратиграфским значајем (The European Association for the Conservation of Geological Heritage [ProGEO], 2017).

Неколико домаћих аутора такође је покушало да пружи своје виђење геонаслеђа. Новковић (2008, стр. 37) геонаслеђе терминолошки дефинише кроз специфичне појаве и облике издвојене из геодиверзитета. Оно се сагледава као географска разноврсност предела, исказана геолошком грађом, и морфолошким елементима и процесима, а може бити класификовано као геолошко, геоморфолошко, хидролошко и археолошко наслеђе.

Упоредо са међународним трендовима, савремени концепт геонаслеђа и политика управљања развијали су се и у Републици Србији. Научна истраживања еминентних стручњака током XX века допринела су издвајању бројних објеката геонаслеђа као значајних и вредних. Истовремено је синтетизовано научно знање о њима. Неки објекти предложени су за заштиту још од оснивања Завода за заштиту природе педесетих година XX века (Велика и Мала Рипалка, Пребрза, Ресавска пећина и други). Током времена, појединачне иницијативе стручњака из различитих области допринеле су систематизацији објеката геонаслеђа. Доношењем Закона о заштити животне средине 1991. године, уместо набрајања појединачних облика и појава, уведен је статус „споменик природе“ као функционални облик заштите. Тиме је створен предуслов за заштиту сложенијих и синтетисаних облика геонаслеђа. Све ове активности довеле су до формирања Националног савета за геонаслеђе Србије 1995. године.

Као последица ових активности, геонаслеђе је обухваћено и законском регулативом. Важећи Закон о заштити природе (Народна скупштина Републике Србије, 2022, члан 4) дефинише геонаслеђе као раритетне и репрезентативне геолошке, педолошке и геоморфолошке облике, појаве и процесе. Ови елементи издвојени су као посебне природне вредности од изузетног научног, културног, естетског и туристичког значаја, где геонаслеђе може бити покретно (*ex situ*) и непокретно (*in situ*).

2.5 Инвентаризација геонаслеђа Републике Србије и Топличког округа

Завршна фаза прикупљања података у геоекологији подразумева израду инвентара као једне од основних метода. Инвентаризација подразумева систематизацију тачака и површина, односно локалитета. Опсежна истраживања која се спроводе приликом геоеколошког вредновања простора резултирају прикупљањем велике количине података и информација о свим компонентама животне средине. Прикупљени подаци усклађују се са математичко-географским карактеристикама геопростора. Систематизација прикупљених информација представља основу за даљу анализу. Процес инвентаризације заснива се на информационим технологијама, чиме се формира јединствен катастар. Оваква методологија широко се

примењује у инвентарисању загађивача животне средине, као и геонаслеђа одређене територије.

Уређен инвентар пружа могућност картирања појава, затим обраде података и резултата, као и анализе свих чинилаца животне средине, нарочито геодиверзитета и геонаслеђа. Из овог разлога, примена даљинске детекције и ГИС-а постала је незаменљива метода у идентификацији и мониторингу геонаслеђа.

Почетак инвентаризације геонаслеђа у Србији везује се за оснивање Националног савета за геонаслеђе, формираног 1996. године, према препоруци ProGEO. Циљ је био селекција свих потенцијалних локалитета који су јединствени, необновљиви и од посебног значаја према научним, образовним, културним и економским вредностима. Ови локалитети уврштени су у прелиминарну листу геонаслеђа према класификацији елемената коју је предложила ProGEO асоцијација. Представници (репрезенти) геодиверзитета подељени су на (Миљковић, 2018, стр. 17–18):

- палеобиолошке – макро- и микрофауна, флора, трагови, биохемијски, строматолити;
- геоморфолошке – предели, пећине, вулкани, водопади, фјордови, циркови, карст;
- палеоеколошке – некадашњи климати, глобална седиментна геологија, фосилни индикатори;
- магматске, метаморфне и седиментне – петролошки, текстурни и структурни облици;
- стратиграфске – догађаји, секвенце, стратотипови горњих граница, интервал стратотипова, биозоне и објекти широког значења, палеомагнетски догађаји;
- минералошке – локалитети са јединственим појавама рудних минерала и минерализације;
- структурне – главне тектонске или гравитационе структуре;
- економске – свих типова, интрузиви, изливи, металична и неметалична лежишта, рудници и каменоломи;
- остале – историјске вредности и вредности значајне за развој геолошке науке.

Други важан догађај у инвентаризацији геонаслеђа Србије представља Други научни скуп о геонаслеђу Србије, одржан 2004. године у Београду. На овом скупу представљен је један од најзначајнијих резултата дотадашњих активности. Дефинисан је Прелиминарни инвентар објеката геонаслеђа Србије (Завод за заштиту природе Србије [ЗЗПС], 2005), који садржи прелиминарну листу од укупно 651 објекта геонаслеђа, подељених у 10 група и већи број подгрупа.

Ова листа указује да је геопростор Србије веома комплексан и изражено диференциран, са бројним облицима и појавама геодиверзитета различитог порекла. Ипак, заступљеност локалитета Топличког округа у Прелиминарном инвентару геонаслеђа Србије није велика (**Прилог 1**). Листом је обухваћено свега пет геолокалитета (**Табела 1**), што указује да овај геопростор још увек није довољно истражен.

Ђавоља варош наведена је у инвентару као споменик природе. Зоном заштите обухваћено је неколико објеката геонаслеђа различитих типова – петролошких, геоморфолошких и хидрогеолошких – лоцираних на релативно малом простору, што Ђавољу варош чини веома вредним геокомплексом. Тренутни степен заштите дефинисан је као специјални резерват природе (СРП), што ствара могућност да у будућности буде предложена као геопарк.

У Прелиминарни инвентар објеката геонаслеђа Србије, као вредни флувијални облици, сврстани су и геоморфолошки локалитети – тресава Блачко језеро, појава пиратерије у долини реке Блаташнице, као и епигеније реке Топлице на ободу Града Прокупља. Речне пиратерије и епигенијске долине настале су као последица геотектонских покрета током

геолошке прошлости и представљају изузетно ретке природне појаве. Нажалост, ниједан од ових локалитета још увек нема званичан статус заштите.

Табела 1. Објекти геонаслеђа Топличког округа обухваћени Прелиминарним инвентаром објеката геонаслеђа Србије.

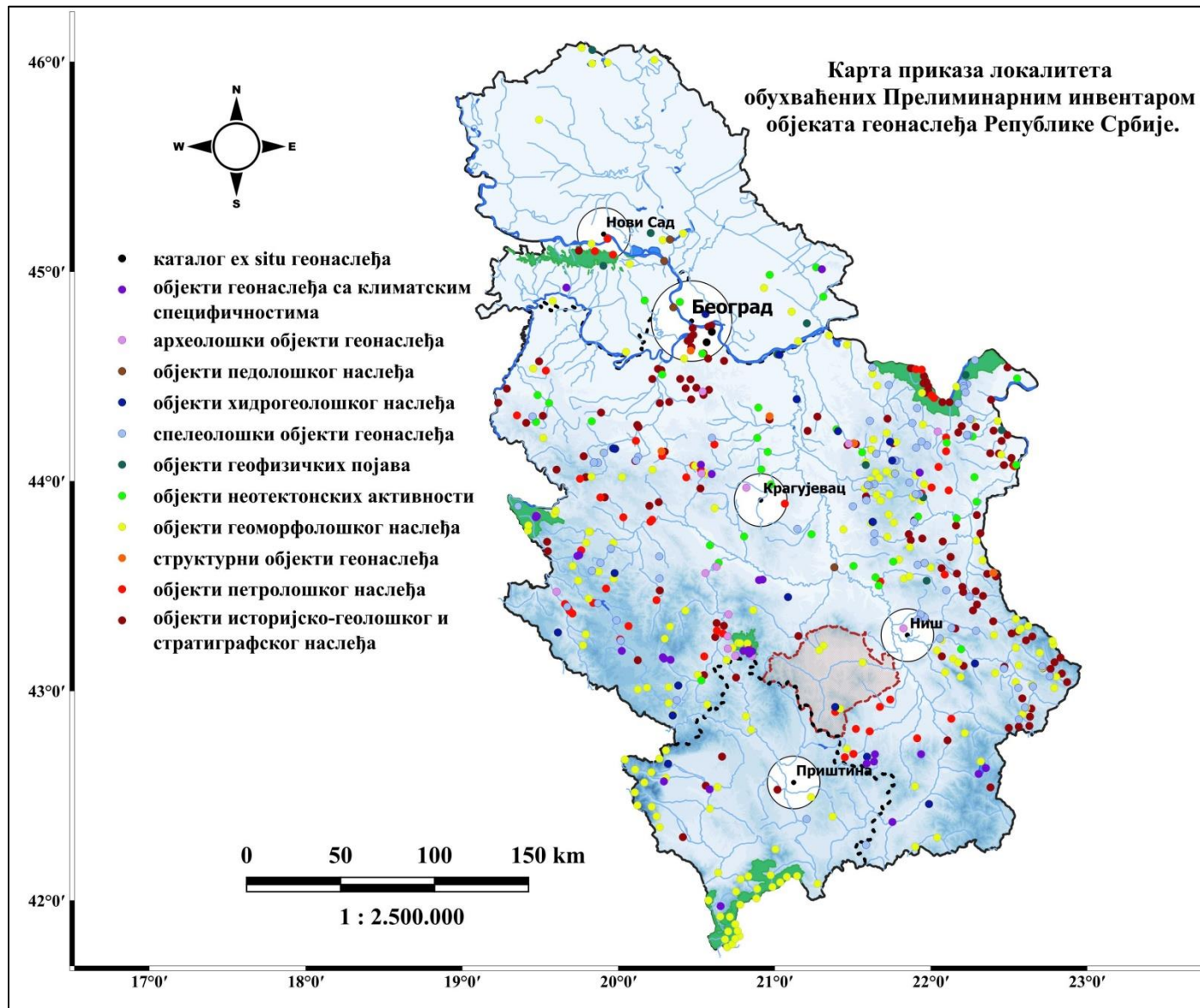
	објекат геонаслеђа	група и подгрупа у коју су сврстани	степен заштите
1.	Ђавоља варош	- објекти петролошког наслеђа – магматске и метаморфне стене - објекти геоморфолошког наслеђа – ерозивни облици рељефа - објекти хидрогеолошког наслеђа	Споменик природе
2.	Пиратерија Блаташнице	- објекти геоморфолошког наслеђа – флувијални рељеф	нема
3.	Хисар и Губа – епигеније Топлице	- објекти геоморфолошког наслеђа – флувијални рељеф	нема
4.	Тресава Блачко језеро	- објекти геоморфолошког наслеђа – тресаве	нема

Поред наведених, бројни локалитети на територији Топличког округа нису уврштени у допуну инвентара, иако су у научној и стручној литератури постојали накнадни предлози за њихово укључивање. Поједини облици и појаве геонаслеђа заштићени су на нивоу локалних самоуправа. Међутим, истраженост геолокалитета је углавном делимична, због чега њихова укупна вредност није у потпуности препозната нити адекватно валоризована. Сваки инвентар није дефинитиван нити коначан, већ је регистар који се континуирано мења, допуњује и надограђује. Након публикавања у неколико наврата су предлагане његове допуне.

Кроз научно-стручне публикације, предлагана је листа објеката геонаслеђа којима би се могао допунити инвентар. У часопису „Заштита природе“, у раду Гавриловић и сар. (2009, стр. 388–396), предложена је допуна инвентара хидролошким објектима, при чему ниједна од укупно 246 хидролошких појава предложених за проширење инвентара геонаслеђа није евидентирана на подручју Топличког округа. У раду Мијовић и сар. (2009, стр. 399–409) такође је спроведена ревизија хидрогеолошких појава и објеката обухваћених Прелиминарним инвентаром геонаслеђа Србије, полазећи од чињенице да је њихова заступљеност у овом регистру веома оскудна. Истраживања су се ослањала на претходна проучавања подземних вода Србије, уз примену савременијих приступа. У раду је евидентирано укупно 212 појава предложених као допуна, а неколико изузетно значајних хидрогеолошких локалитета идентификовано је и у Топличком округу:

- извор Бела Вода (код Прокупља) – маломинерализован; сврстан у ретку групу карстних извора у мермерима, мермерисаним кречњацима, калкшистима и калцитима; повећане издашности (10 l/s) и температуре ниже од 15 °C;
- извор Плочник (Прокупље) – извор сумпор-водоничних минералних вода ($t = 10,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{H}_2\text{S} = 19\text{ mg/l}$);
- извор Магово (Куршумлија) – угљенокиселе минералне воде ($t = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{CO}_2 = 1,40\text{ gr/l}$);
- извор Туларе (Прокупље) – угљенокиселе минералне воде ($t = 14,8 - 19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{CO}_2 = 1,30\text{ gr/l}$);
- извор Сува Чесма (Прокупље) – угљенокиселе минералне воде ($t = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{CO}_2 = 0,8\text{ gr/l}$);
- извор Вичка бања (Прокупље) – угљенокиселе минералне воде ($t = 21,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{CO}_2 = 0,40\text{ gr/l}$);
- извори Куршумлијске бање (Куршумлија) – термалне воде ($t = 37 - 68\text{ }^{\circ}\text{C}$);

ПРИЛОГ 1.



- извори Луковске бање (Куршумлија) – термалне воде ($t = 24 - 61\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- извори Пролом бање (Куршумлија) – термалне воде ($t = 26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Да је допуна инвентара геонаслеђа континуирани процес, потврђује и национална конференција са међународним учешћем, „ГеоморФорум 2023“. Овај научни скуп био је посвећен предлозима за проширење националног инвентара, при чему је кроз приложене радове образложена иницијатива за заштиту бројих индивидуалних геоморфолошких појава.

У Србији је до краја 2023. године регистровано и инвентарисано преко 1.000 објеката геонаслеђа који би требали да буду стављени под заштиту (Илић, 2023, стр. 17), категорисаних као споменици природе. Сасвим је извесно да ова листа објеката геонаслеђа није коначна, те да је број локалитета знатно већи. Међутим, многи од њих већ су обухваћени неких обликом просторне заштите – националним парковима, парковима природе, резерватима природе или предеоним целинама. Стога би они требали бити издвојени као засебне заштићене целине у оквирима тих већих просторних структура.

2.6 Геоконзервација и могућност за развој геотуризма

Дефинисање геодиверзитета и геонаслеђа, у први план издваја репрезентативне облике, појаве и процесе у којима је препозната научна и културна вредност, те као такви они морају бити предмет примене мера заштите. Ови елементи геонаслеђа дефинисани су термином „геолокалитет“ (енг. *geosite*; *geo* – земља + *site* – место, локалитет). У литератури се под овим термином примарно подразумева скраћени израз „геолошки локалитет“, али се његово значење проширује и на „геоморфолошки локалитет“.

Геолокалитети могу бити малих просторних димензија, при чему различите државе употребљавају различите термине, као што су споменик, тачка, локалитет или геотоп. Уколико су великих просторних димензија, означавају се као геопаркови, резервати или заштићена подручја. Без обзира на просторни обухват, изазивају велико научно и јавно интересовање, али се често одликују и великом рањивошћу. На националном нивоу, геолокалитети су део контекстуалних регионалних оквира, што значи да су услађени са међународним прописима и усклађени са *ProGEO* смерницама. Они су одабрани према специфичним улогама које имају у разумевању кључних догађаја у геолошкој историји. На тај начин привлаче интересовање туриста. Класификују се на стратиграфске, палеобиолошке, минералолошке, тектонске, вулканске и друге категорије (*ProGEO*, 2011), што је случај и у Републици Србији.

Схватање појма геолокалитета знатно је шире од саме категорије „специфичних облика геонаслеђа“. Док се геонаслеђе пре свега односи на ретке геолошке, геоморфолошке и педолошке феномене, процесе и формације, оно у ширем смислу обухвата и хидролошке, хидрогеолошке, као и климатске специфичности. Појам геолокалитета укључује и културне и археолошке локалитете, укључујући руднике, цркве, мостове и друге архитектонске објекте изграђених од локалних природних материјала. Њихова примарна улога огледа се у стварању комплексног културног пејзажа и унапређењу туристичког искуства. Тиме се повећавају укупан геотуристички потенцијал и интересовање јавности (Ivanović et al., 2023, p. 1–2). Овакви локалитети дефинишу се као *in situ*, што значи да се налазе у изворном природном окружењу. Насупрот њима, *ex situ* локалитети обухватају прикупљене и очуване природне артефакте и збирке унутар музејских инфраструктура. Већина објеката геонаслеђа у Републици Србији налази се *in situ*, док се само мањи део, попут минералолошких и палеонтолошких збирки, и језгара дубинских бушотина, чува *ex situ*, у музејским просторима (Ђуровић & Мијовић, 2006, стр. 6).

2.6.1 Концепт геоконзервације

Од самог почетка, концепт геоконзервације односио се на неопходну заштиту, очување и одрживо коришћење елемената геонаслеђа, при чему је геоконзервирање предлагано као примарна заштитна мера. Почетком XXI века, геоконзервација постаје општеприхваћен термин и систематско решење које обједињује геолошку, биолошку и геоморфолошку конзервацију – концепте који су претходно коришћени одвојено (Томић, 2016, стр. 21). Притом се геоконзервација не односи искључиво на пасивну заштиту. То је знатно шири појам који укључује адекватно одрживо управљање и скуп мера усмерених на доношење одлука о управљању геолокалитетима. Процес обухвата инвентаризацију и квантитативну процену, законску заштиту, конзервацију, интерпретацију и мониторинг локалитета (Brilha, 2019, р. 2). Бројни аутори понудили су своје дефиниције термина „геоконзервација“. Једно од најзначајнијих и најшире прихваћенијих мишљења, утемељено на релевантним претходним истраживањима, гласи:

„активност предузета са намером очувања и унапређења геолошких, геоморфолошких и педолошких облика, процеса и локалитета, укључујући пратеће промотивне активности и подизање свести јавности, као и евидентирање и чување података и узорака са оних облика и локалитета који су угрожени или оштећени“ (Prosser, 2013, р. 568).

Геоконзервација се односи и на низ других комплементарних активности, као што су санација геолокалитета и уређење туристичко-информативних стаза. Тиме се омогућава боља видљивост самих локалитета и јасније разумевање геопроцеса на терену. Она подразумева и адекватну презентацију садржаја, како на самим локалитетима, тако и унутар интерпретативних и визиторских центара. У том контексту, посебан значај имају детаљнија истраживања, као и континуирано објављивање стручних и научних публикација.

У зависности од типа геолокалитета, геоконзервација се може спроводити на различите начине. Аналогно геолокалитетима, може се спроводити на самом терену (*in situ*), када је реч о пасивној геоконзервацији. Активна геоконзервација примењује се изван оригиналног места проналаска (*ex situ*), у заштити разних палеонтолошких остатака, односно фосила. Сами циљеви геоконзервације у великој мери зависе од природе појава и процеса на локалитету, што непосредно утиче и на одабир конзервационих метода и техника.

Укључивању у неки од система просторне заштите претходи спровођење различитих система вредновања, који у својој основи захтевају инвентаризацију геонаслеђа и потпуно разумевање кључних локалитета које је потребно заштитити (ProGEO, 2011). Инвентаризација представља почетни корак у вредновању појединачних геолокалитета или група геолокалитета. Свака држава појединачно прописује и примењује системе вредновања, при чему може прилагођавати вредносне критеријуме и вредносне распоне у оквиру методолошког приступа. Процена се углавном заснива на оцени експерата, а често обухвата и нумеричке анализе, док примена различитих геоинформатичких метода и техника у последњим деценијама представља неизоставан део савремених поступака вредновања. На тај начин државе дефинишу локалитете од националног значаја.

Широм света постоји бројни различити приступи геоконзервацији на локалном и регионалном новоу. Њихов значај огледа се у локалном планирању и управљању заштићеним подручјима, чак и у случајевима када поједини локалитети не испуњавају уобичајене критеријуме као самостална заштићена подручја, већ представљају комплементарне вредности које доприносе укупној естетској и природној вредности подручја.

Један од приступа подразумева дефинисање територија са значајним геолошким наслеђем и одрживим стратегијама територијалног развоја (Brilha, 2018, p. 327), као и њихово међусобно умрежавање у облику геопаркова, у оквиру којих се истичу заштита и промоција вредности геодиверзитета и биодиверзитета. Геопарк обухвата локалитете са специфичним геолошким, минералошким, геофизичким, геоморфолошким, палеонтолошким или географским појавама (Томић, 2016, стр. 32), али може укључивати и локалитете од археолошког, еколошког, историјског или културног значаја (Brilha, 2018, p. 324). Таквим просторима управља се на основу холистичког концепта заштите. Током 2000. године, формирана је Европска мрежа геопаркова, која се континуирано ширила, тако да данас обухвата 113 геопаркова у 28 европских држава (European Geoparks Network [EGN], 2026), међу којима је и Национални парк и геопарк Ђердап у Србији. Развој геопаркова на другим континентима довео је до Мреже глобалних геопаркова 2004. године, коју данас чини укупно 213 геопаркова у 48 држава света (Unesco Global Geoparks Network [GGN], 2026).

2.6.2 Појам геотуризма

Термини геодиверзитет, геонаслеђе, геоконзервација и геотуризам налазе се у међусобној интеракцији, проистичу једни из других и практично су нераздвојни. Геотуризам представља релативно нови феномен заснован на дугогодишњој идеји, у оквиру којег је и даље присутна потреба за јасним дефинисањем кључних појмова (Томић, 2016, стр. 35). Последњих година дошло је до наглог пораста интересовања туризма за геолошке формације и пределе. Геонаслеђе и геотуризам представљају концепте посебно усмерене на разноликост геолошких и геоморфолошких облика и предела. Оба појма обухватају заштиту и очување ретких педолошких, геолошких и геоморфолошких феномена, процеса и формација, као и, у ширем смислу, културних и археолошких локалитета, рудника, цркава и мостова изграђених од камена или других природних материјала. Основни циљ је стварање комплексног културног пејзажа и унапређење туристичког искуства (Ivanović et al., 2023, p. 1–2).

Тиме се повећава геотуристички потенцијал локалитета и њихова улога у јавном ангажовању (Guerra & Lazzari, 2022, p. 1). Интерпретација, валоризација и промоција локалитета доприносе развоју геотуризма, пружајући туристима аутентично и препознатљиво искуство. Геотуризам представља алтернативни облик савременог туризма који обогаћује туристичку понуду и може допринети продужетку туристичке сезоне. Посебно је значајан у просторима са израженом хетерогеношћу геонаслеђа, као што је Топлички округ (Ivanović et al., 2023, p. 1). Геонаслеђе се може посматрати као важан геотуристички ресурс, јер доприноси одрживом развоју и бољем разумевању геолошких и геоморфолошких карактеристика. Истовремено, има важну улогу у едукацији и подизању свести о геоконзервацији и заштити предела (Valentini et al., 2022, p. 1). Геолокалитети поседују вишеструку вредност. Представљају туристичке мотиве са естетским, културним, научним и образовним значајем. Геотуризам подразумева посете овим локалитетима и представља један од најприкладнијих облика њиховог одрживог коришћења (Ivanović et al., 2023, p. 2). Очување природног наслеђа и повезаних културних вредности има кључну улогу. Основни циљеви су едукација, интерпретација и туристичка валоризација (Gordon, 2018, p. 2). Квалитативне и квантитативне методе процене геодиверзитета омогућавају израду планова геоконзервације, које помажу у идентификацији простора од посебног значаја и регулисању њиховог одрживог коришћења (Carrion-Mero et al., 2020, p. 2).

Иницијално помињање појма „туристичка геологија“ јавља се у геолошким извештајима на подручју Аустралије и Малезије. Све до раних деведесетих година XX века, термин „геотуризам“ није био ни дефинисан ни шире заступљен у научним публикацијама

(Hose, 2006, p. 1). У савременом смислу, геотуризам је најпре препознат у Великој Британији, пре свега од стране школских, универзитетских и музејских геолога (Hose, 2012a, p. 1–2). Њихов циљ је био да се геолошке структуре и напуштена рударска окна искористе у едукативне сврхе.

Пионирска научна дефинисања, истраживања и промоција модерног геотуризма јављају се у радовима Томаса Хоуза, који се бавио аспектима интерпретације геолошких и геоморфолошких локалитета. На тај начин туристима би се пружила могућност стицања знања и разумевања геолошких и геоморфолошких локалитета, изван оквира њиховог искључиво естетског доживљаја.

Геотуризам се анализира у широком приступу географског, социо-економског и културног контекста, под окриљем географског туризма (Стојановић & Стаменковић, 2008, стр. 54). Пратећи такав приступ, Pralong (2006, p. 20) описује геотуризам као нови облик туризма који користи природне пределе и заснива се на „имагинацији“ и „емоцији“. Он сматра да геотуризам представља мултиинтересну врсту туризма која на дидактичан и забаван начин користи природне локалитете и пејзаже. Геотуризам се промовише путем геомаркетинга, као облика комуникације која истражује временске и просторне димензије стена, минерала, фосила и геоморфолошких облика на Земљиној површини.

Почетком друге декаде ХХИ века, геотуризам се посматра као део знатно ширег концепта који обухвата не само природно окружење већ и окружење модификовано људском активношћу. Повезује се са екотуризмом, културним туризмом и авантуристичким туризмом, али није синоним ни за један од ових облика туризма (Dowling, 2011, p. 2). Геотуризам се све више издваја од екотуризма, који је првенствено базиран на природним вредностима. Не може се поистоветити ни са културним туризмом, већ се са њим преклапа само у неким аспектима. Истовремено, геолошке и геоморфолошке структуре погодне су за различите облике спортских и рекреативних активности, због чега геотуризам садржи и елементе авантуристичког туризма. Тежећи да на детаљнији начин представе геотуризам, Newsome & Dowling (2010, p. 4) сматрају да он представља:

„облик туризма природног подручја који је посебно фокусиран на геологију и предео, промовише туризам на геолокалитетима, очување геодиверзитета и разумевање наука о Земљи кроз уважавање и учење. То се постиже кроз самосталне посете геолошким објектима, коришћење геостаза и видиковаца, обиласке са водичем, геоактивности и центре за посетиоце геолокалитета“.

У каснијим радовима ови аутори геотуризам посматрају као облик одрживог туризма са примарним фокусом на доживљају геолошких карактеристика Земље, на начин који подстиче еколошко и културно разумевање, уважавање и очување. Такав приступ истовремено је користан за локалну заједницу, доприноси њеном развоју, промовише и интерпретира геонаслеђе и омогућава укључивање широког спектра различитих корисника и посетилаца (Dowling and Newsome, 2018, p. 8).

Базирајући се на ранијим интерпретацијама, као и на прихватању најадекватнијих аспеката нових приступа и литературе, Hose (2012b, p. 12–13) је увео нови „3G“ концепт тумачења модерног геотуризма. Овај концепт заснива се на геоконзервацији (енг. *geoconservation*), геоисторији (енг. *geohistory*) и геоинтерпретацији (енг. *geo-interpretation*). Уважавајући постулате овог концепта, Hose & Vasiljević (2012, p. 38–39) геотуризам сагледавају као:

„пружање интерпретативних садржаја и услуга на геолокалитетима, геоморфолокалитетима и окружујућој топографији, заједно са повезаним in-situ и ex situ артефактима, како би се у циљу њихове конзервације унапредили уважавање, едукација и научни рад за и од стране садашње и будуће генерације“

У овој дефиницији осликани су сви кључни аспекти и термилошке димензије концепта геотуризма. Она се често наводи као једна од најцеловитијих дефиниција геотуризма и једна је од најчешће цитиранијих у научној литератури (Vasiljević, 2015, str. 68; Томић, 2016, стр. 36; Ivanović et al., 2023, p. 2).

Савремено тумачење геотуризма подразумева и неопходан транспорт и саобраћајну инфраструктуру, приступачност, презентацију локалитета, водичке и друге пратеће услуге. Оне морају бити саставни део процеса планирања, управљања и укључивања геонаслеђа у ширу туристичку понуду геотуристичких дестинација.

Пет кључних принципа Dowling (2013, p. 66) сматра фундаменталним за геотуризам:

- геолошка заснованост, са фокусом на геолошке облике, појаве и процесе, односно геонаслеђе;
- економска одрживост, која доприноси развоју локалне заједнице и подстиче геоконзервацију;
- геолошка интерпретација, која подразумева едукацију и геоинтерпретацију као важне алате у креирању садржајног и пријатног туристичког доживљаја;
- укључивање локалних заједница које не доприносе само локалном становништву и животној средини, већ и унапређују квалитет туристичког искуства;
- задовољство туриста, кроз дефинисање профила геотуристе и креирање геотуристичких производа који ће задовољити њихове туристичке и друге потребе.

Геотуризам се може дефинисати као облик коришћења геолошких, геоморфолошких и културних локалитета који поседују значајне природне и културне вредности. Концепт геонаслеђа заснива се на његовом очувању и одрживом коришћењу, уз активно учешће локалног становништва (Ivanović et al., 2023, p. 2).

3. ПРИМЕНА ГЕОИНФОРМАТИКЕ У ЖИВОТНОЈ СРЕДИНИ

Управљање природним ресурсима, конзервација и активна заштита биогeодиверзитета, као и унапређење статуса угрожених елемената, захтевају свеобухватан приступ и добро разумевање географских сфера Земље. То се постиже континуираним праћењем животне средине, чиме се добијају подаци о тренутном стању и променама у окружењу, али и могућност предвиђања будућих процеса и утицаја.

Технике мониторинга захтевају ефикасну обраду, анализу и дистрибуцију просторно-временских података, чиме се унапређују традиционалне методе прикупљања информација и уводе напреднији приступи. Значајну улогу у том процесу има геоинформатика. Она користи геопросторне податке и савремена научно-технолошка достигнућа у циљу ефикаснијег управљања и одрживог коришћења простора. Геоинформациони системи не омогућавају само прикупљање података, већ и њихово складиштење, приступ, трансформацију и приказивање у различитим облицима, размерама и форматима (Zwoliński et al., 2018, p. 28).

Сам термин „геоинформатика“ релативно је нов. Настао је као сложеница од два термина: „гео“, односи се на Земљу, односно географију, и „информатика“ која подразумева обраду информација. Са семантичког становишта, геоинформатика се схвата као интердисциплинарна научна област заснована на повезивању географских и рачунарских научних дисциплина.

Иако је термин „геоинформатика“ научно уведен од стране П. А. Самуелсона у Шведској 1988. године (Krawczyk, 2022, p. 1), сматра се да ни данас не постоји глобално прихваћена дефиниција геоинформатике (Awange & Kiema, 2019, p. 24).

Године 1993. М. Ехлер формулисао је основне принципе геоинформатике као научне области, где геоинформатика интегрише четири дисциплине: фотограметрију, даљинску детекцију (RS), географске информационе системе (ГИС) и картографију. Она представља уметност, науку, технологију и практичну дисциплину која се бави прикупљањем, креирањем, складиштењем, обрадом, презентацијом и дистрибуцијом геоинформација (Ehlers, 2008, p. 22).

Геоинформатика не представља искључиво део географије, геодезије (енг. *surveying*) или информатике, већ самосталну научну дисциплину која се може сагледати као широко поље наука и технологија.

Као мултидисциплинарна област, она обједињује геопросторне анализе и моделовање, развој геопросторних база података и пројектовање информационих система. Кроз интеракцију човек-рачунар и примену жичних и бежичних мрежних интернет технологија, геоинформатика користи геокомпјутеризацију и геовизуелизацију у циљу анализе и интерпретације геоинформација (Awange & Kiema, 2019, p. 24).

3.1 Концепт геоинформатике

Типичне гране геоинформатике укључују геодезију, картографију, глобалне навигационе сателитске системе (ГНСС), даљинску детекцију, фотограметрију, географске информационе системе (ГИС) и веб-картографију (Awange & Kiema, 2019, p. 24). Поред тога, могуће је издвојити и сродне дисциплине, као што су геологија и остале географске дисциплине, остале природне науке, глобални позициони систем (ГПС) и геостатистику (Oledzki & Kwiatkowska, 2004, p. 324). Све ове дисциплине директно или индиректно утичу на практичну примену геоинформатике (Слика 3).

Према Конеспу (2003, р. 13), основу геоинформатике чини геопросторни информациони систем. Притом, аутор прави разлику између класичних просторних информационих система и савременог геопросторног концепта.

У прошлости су дисциплине попут геодезије, фотограметрије и картографије функционисале као засебне области, чији је примарни циљ био израда аналогних, штампаних карата. Савремени приступ заснива се на интеграцији различитих технологија. Глобални навигациони сателитски систем (ГНСС/ГПС), даљинска детекција, дигитална фотограметрија и ГИС омогућавају не само израду карата, већ и прикупљање, приказ, анализу и управљање растерским и векторским подацима. Ови процеси одвијају се интердисциплинарно и у функцији су шире друштвене заједнице (Слика 4).

Овакав концепт проистиче из чињенице да се геоинформатика и даље интензивно развија. Она се налази у простору интеракције између традиционалних дисциплина и савремених технологија. Традиционалне области обухватају информатику, географију, картографију, геодезију и аерофотограметрију. Савремене технологије укључују даљинску детекцију, дигиталну фотограметрију и глобалне навигационе сателитске системе (ГНСС). Значајну улогу имају и географски информациони системи (ГИС), инфраструктуре просторних података (енг. *Spatial Data Infrastructure – SDI*) и информационо моделирање објеката (енг. *Building Information Modeling – BIM*).



Слика 3. Шематски приказ концепта геоинформатике.

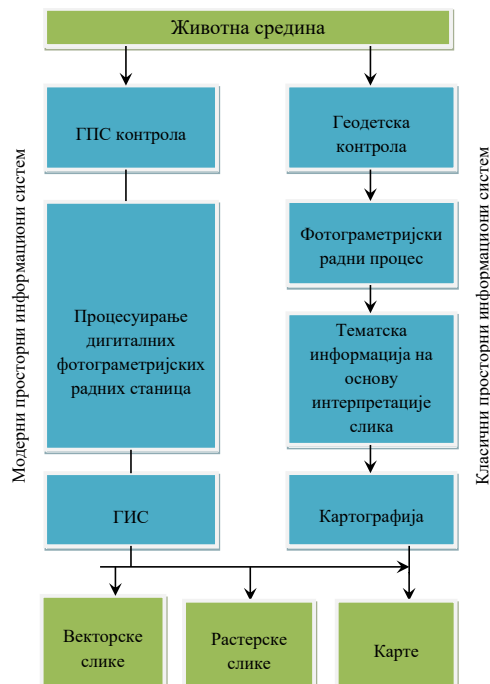
Развој геоинформатике тесно је повезан са развојем информационих технологија. Једна од највећих предности савременог концепта огледа се у могућности прикупљања података помоћу сателитских сензора, као и у примени 3Д фотограметрије. Они укључују и употребу беспилотних летилица (дронов) и мобилних уређаја (Krawczyk, 2022, р. 2). Кључну улогу у савременим геоинформатичким истраживањима имају даљинска детекција, ГНСС/ГПС, ГИС и дигитална обрада слика (енг. *Digital Image Processing – DIP*).

Примени геоинформатике у геопросторним анализама претходи прикупљање, обрада и трансформација података, који се односе на елементе, објекте и процесе у простору. Подаци

се прикупљају различитим методама, укључујући теренска истраживања, применом ГНСС технологије (укључујући и ГПС), даљинском детекцијом и дигиталном обрадом слика.

Прикупљени подаци се даље припремају, обрађују и трансформишу, након чега се интегришу у геопросторне базе података у којима се складиште и организују. ГИС и дигитална обрада слика представљају излазне компоненте система. Заснивају се на софтверским решењима која омогућавају анализу, интерпретацију и визуелизацију података. Истовремено, омогућавају управљање базама података, спровођење просторних анализа, моделовање и геовизуелизацију. Ови процеси имају кључну улогу у мониторингу и управљању животном средином. У оквиру ГИС-а користе се различити алати за организацију и интеграцију података, који омогућавају препознавање и визуелизацију просторних структура, образаца и процеса. ГИС се заснива на локацији, просторној дистрибуцији и међусобним односима елемената, а његова вредност расте са обимом и сложености проблема у животној средини (Шушњар, 2023, стр. 49).

Географски аспект геоинформатике огледа су у њеном подручју истраживања – географском простору односно географским сферама и њиховим међусобним односима. Заснива се на географски оријентисаним подацима, на основу којих се анализирају поједини делови географског простора. Улога информатичке компоненте произилази из потребе за управљање све бројнијим и сложенијим подацима у различитим пољима истраживања, док је познавање информатичких метода и техника предуслов за њихову обраду, анализу и визуелизацију.



Слика 4. Шема однос класичног наспрам савременог геоинформационог система (аутор према Копеспу, 2003, р. 14).

Глобални навигациони сателитски системи (ГНСС) представљају стандардни генерички термин за сателитске навигационе системе, међу којима је најпознатији Глобални позициони систем (ГПС). Основа сваког геопросторног и научног истраживања јесте прецизно одређивање положаја и навигацију, а примена ГНСС технологије омогућила је револуционарни напредак на овом пољу.

ГНСС се састоји од три основне компоненте. Свемирска компонента обухвата констелацију сателита који емитују сигнале ка Земљиној површини. Контролна компонента подразумева мрежу земаљских станица које прате рад сателита, врше контролу сигнала и обезбеђују корекције неопходне за прецизно позиционирање. Трећу, корисничку компоненту, чине електронски пријемници – ГПС уређаји, мобилни телефони и други навигациони уређаји, који примају сигнале и омогућују одређивање положаја, брзине и времена са високом прецизношћу (Стојковић, 2020, стр. 163).

Глобални позициони систем (ГПС) представља најстарији и најраспрострањенији ГНСС систем, чији развој датира још од шездесетих година XX века. Процес позиционирања заснива се на принципу трилатерације. Примљени сигнал омогућава одређивања положаја на основу географских координата – географске ширине (ϕ), географске дужине (λ) и надморске висине (z) на којој се уређај налази. На тај начин одређује се просторна позиција са малим одступањем. Положај је дефинисан у 3Д координатном систему у односу на референтни елипсоид WGS84 (Lješević & Živković, 2001, стр. 61).

За одређивање тродимензионалне локације неопходно је да најмање четири сателита буду изнад хоризонта, док прецизност позиционирања зависи од броја доступних сателита и њиховог тренутног положаја у орбити. Сигнал који ГПС сателит шаље ка пријемнику на Земљи садржи и информације о времену. Комбиновањем разлике између времена слања и пријема сигнала са брзином његовог простирања одређује се растојање између сателита и пријемника. Истовременим одређивањем растојања од већег броја сателита добија се тачна локација, чија номинална тачност износи око 15 m. Применом диференцијалних корекција тачност позиционирања може се повећати на дециметарски ниво (Стојковић, 2020, стр. 169).

ГПС систем представља једну од основних геопросторних техника прикупљања података, неопходних за просторну анализу природних ресурса. Он представља незаменљив алат у теренским истраживањима јер, у односу на аналогне технике картирања, омогућава аутоматско превођење локацијских података у дигитални векторски формат, као и њихово складиштење у уређајима ради касније интеграције у ГИС окружење.

Примена ГПС-а обухвата широк спектар активности повезаних са лоцирањем и навигацијом машина, радних система и беспилотних летилица у геоекологији, рударству, пољопривреди, саобраћају и другим областима. У процесу мониторинга животне средине ГПС има кључну улогу, посебно у инвентаризацији природних ресурса, идентификацији извора загађења и процени утицаја на природне системе. Притом, положај, време и брзина представљају основне параметре опсервације локалитета на којима се заснивају бројни научни модели и просторне анализе.

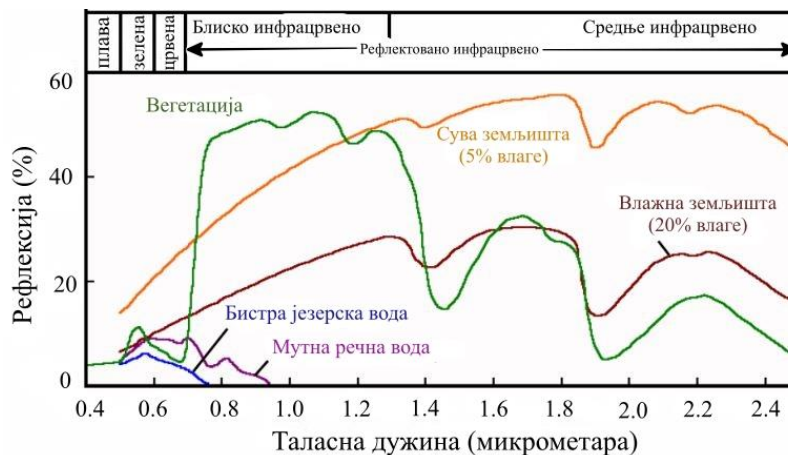
Даљинска детекција (RS) дефинише се као техника даљинског прикупљања растерских података на великим просторима, без непосредног физичког контакта са објектом истраживања (Kukrika, 2000, стр. 134). Истовремено, она се посматра и као наука, технологија и уметност добијања информација о објектима, појавама и процесима посредством сензора (Awange & Kiema, 2013, р. 111; Lillesand et al., 2015, р. 1). Представља специфичну методологију осматрања, мерења и анализе елемената животне средине. Добијени подаци и њихова интеграција омогућавају инвентаризацију природних ресурса, праћење промена у простору и анализу природних и антропогених процеса.

Електромагнетно зрачење које се рефлектује или емитује са Земљине површине региструје се у облику таласа различитих фреквенција и таласних дужина, при чему спектрални канали обухватају широк опсег електромагнетног спектра. Најкраће таласне дужине припадају краткоталасном (рентгенском) гама (γ) зрачењу (фреквенције до $0.03 \mu\text{m}$) и икс (x) зрачењу ($0.03 \mu\text{m}$ до $3 \mu\text{m}$). Њихова примена у даљинској детекцији ограничена је на детекцију радиоактивних честица. Насупрот томе, у истраживањима животне средине

најчешће се користе дуготаласни делови спектра. Они обухватају ултраљубичасти, видљиви, инфрацрвени и микроталасни део спектра. Видљиви део спектра (0,4–0,7 μm) обухвата три основне боје: црвену, зелену и плаву (енг. *RGB*), које људско око може да региструје. Инфрацрвени део спектра диференцира се на блиски (NIR), средњи (MIR) и далеки инфрацрвени спектар (FIR). Применљиви су у анализи вегетације, влажности земљишта, површинских температура и многих других параметара животне средине. Микроталаси се широко примењују у активним радарским системима, омогућавајући снимање независно од доба дана и већине атмосферских услова (Слика 5).

Сваки објект на Земљиној површини поседује јединствени спектрални потпис рефлексије или емисије електромагнетног зрачења, који је условљен његовим својствима, али и спољашњим факторима, као што су инсолација, климатски услови, стање атмосфере, влажност и тип земљишта, и други утицаји. На основу спектралних карактеристика могуће је вршити класификацију објеката и идентификацију промена на Земљиној површини.

Крајњи производ даљинске детекције представља снимак. Он може бити аналогни или дигитални. Дигитални снимци имају растерску структуру и могу се директно интегрисати у ГИС окружење. За њихову научну и практичну примену неопходни су анализа, дешифровање и интерпретација снимака, чиме се омогућава издвајање релевантних информација о објектима, појавама и процесима у простору.



Слика 5. Графички приказ спектралног отиска појединих типова материјала у природи (преуређено на основу Стојковић, 2020, стр. 97; Милановић и сар., 2020, стр. 179).

Квалитет снимака зависи од њихове резолуције. Разликују се просторна, спектрална, радиометријска и временска резолуција. Просторна резолуција одређује величину пиксела и креће се од 0,5 до 1000 m (Longley et al., 2015, р. 83). Спектрална резолуција зависи од броја и ширине спектралних канала, док радиометријска резолуција зависи од броја тонова, односно нивоа сивих нијанси. Временска резолуција се односи на учесталост снимања истог простора у одређеном временском периоду (Милановић и сар., 2020, стр. 25).

Даљинска детекција може се разликовати и према начину снимања и типу коришћених сензора. У том смислу разликују се сателитска, аерофотограметријска, термална, радарска и LiDAR детекција (Weng, 2010, р. 2). Према положају платформе са које се снимање врши, снимци могу бити терестички, аерофотоснимци или сателитски (Милановић & Љешевић, 2009, стр. 39).

Сателитска даљинска детекција користи сензоре постављене на летилицама и сателитима. Међу најпознатијим мисијама издвајају се Landsat, ESA Sentinel и Terra (NASA).

Ови системи омогућавају дугорочно и континуирано праћење Земљине површине, при чему се снимање врши у правилним временским интервалима.

Сателитски подаци омогућавају континуиран мониторинг природних процеса и промена у животној средини. Радарски сензори могу вршити снимање независно од облачности и доба дана, а у одређеним условима омогућују продирање сигнала кроз површински део педолошког покривача или вегетације. Ове карактеристике чине их посебно значајним за праћење, евидентирање и просторну визуелизацију природних елемената, појава и процеса.

Аерофотографија и фотограметрија представљају почетке даљинске детекције. Њихов значај је изузетан, јер су карте и планови дуго израђивани интерпретацијом аерофотоснимака. Ова метода и данас има широку примену и представља један од основних начина прикупљања геопросторних података.

Савремени системи користе дигиталне камере постављене у летилицама које лете на релативно малим висинама, чиме је омогућено прикупљање детаљних снимака и података (Стојковић, 2020, стр. 109). У прошлости је висока цена опреме значајно ограничавала примену ове методе. Данас се све више користе дронови и друге беспилотне летилице, што је допринело већој доступности и ефикасности прикупљања података. Истовремено, развој софтверских решења и аутоматизација обраде података, поједноставили су процес интерпретације и анализе снимака.

Крајем XX века аналитичку фотограметрију постепено је заменила дигитална фотограметрија, која обухвата унос, обраду и генерисање фотограметријских производа. Процеси су у великој мери аутоматизовани и стандардизовани, што омогућава бржу аеротриангулацију, ефикаснију обраду података и лакшу ревизију карата. Резултати дигиталне фотограметрије су дигитални елевациони модели (ДЕМ), батиметријски модели и ортофотоснимци. Ови подаци користе се за издвајање геообјеката, израду тематских карата и креирање 3Д просторних модела.

Термална даљинска детекција заснива се на регистрацији топлотног зрачења које емитује Земљина површина. Сваки објект емитује електромагнетну енергију различитог интензитета, а сензори региструју зрачење у термалном инфрацрвеном делу спектра (Lillesand et al., 2015, p. 41).

Табела 2. Основне боје термалног дела спектра и њихове таласне дужине (Милановић и сар., 2020, стр. 106).

Боја	Таласна дужина (nm)
Љубичаста	0.38 – 0.43
Плава	0.43 – 0.47
Цијан (плаво-зелена)	0.47 – 0.51
Зелена	0.51 – 0.56
Жута	0.56 – 0.59
Црвена	0.59 – 0.63
Магента	0.63 – 0.76

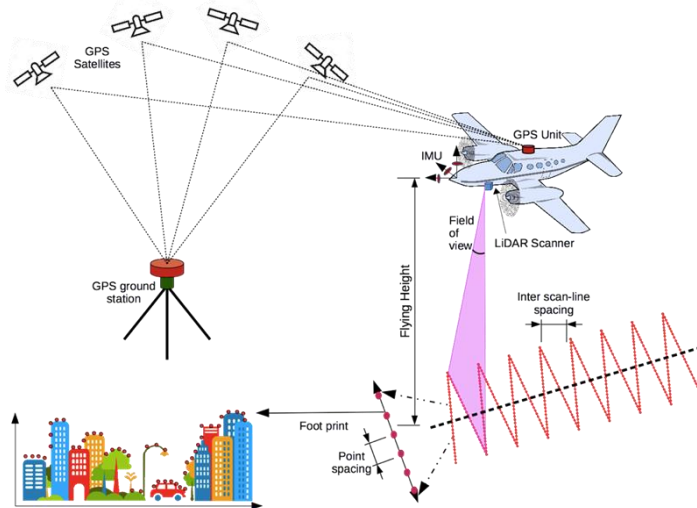
У анализама термалних снимака користе се панхроматски и мултиспектрални снимци. Панхроматски снимци су црно-бели и приказују температурне разлике у нијансама сиве боје. Светлији тонови означавају више температуре, док тамнији указују на ниже температуре. Ови снимци погодни су за анализу инфраструктуре, урбаних целина и просторних образаца (Милановић и сар., 2020, стр. 112). Мултиспектрални снимци користе више спектралних канала. Могу се приказати појединачно или комбиновано у оквиру различитих колор-

композита. Приказ се најчешће заснива на RGB систему (црвена, зелена и плава боја). Боје указују на разлике у температурама и својствима површина (**Табела 2**).

Комбиновањем различитих спектралних канала добијају се нове информације о истраживаном делу животне средине. Различите нијансе и тонови на снимцима могу указати на просторне промене, структуру површине, присуство одређених природних или антропогених елемената. Избор канала и њихових комбинација зависе од циљева истраживања. На пример, комбинација црвеног и зеленог канала погодна је за анализу рељефа, хидрографске мреже и урбаних структура (Милановић и сар., 2020, стр. 114).

Типови активне микроталасне даљинске детекције су *RaDAR* (енг. *Radio Detection and Ranging*) и *LiDAR* (енг. *Light Detection and Ranging*).

Производи *RaDAR* технологије добијају се мерењем рефлектоване енергије у микроталасном делу спектра и визуелно наликују црно-белој фотографији. У растерском су формату, односно састоје се од пиксела, а најчешће су панхроматски. Радарски снимци наглашавају разлике у храпавости површине, геометрији објеката и садржају влаге на Земљиној површини (Стојковић, 2020, стр. 120–124). Предност радарског снимања огледа се у могућности продирања сигнала кроз облаке, вегетацију, кишу, маглу, а делимично и кроз вегетацију. То је чини погодном технологијом за дефинисање ентитета мале енергије, као што су лед, снег или таласи. Данас се широко користе за генерисање дигиталних елевационих модела (ДЕМ). Један од најпознатијих глобалних дигиталних топографских модела добијен је снимањем радаром са спејс-шатла *SRTM* мисије (енг. *Shuttle Radar Topography Mission*).



Слика 6. Компоненте и поступак LiDAR ваздушног снимања (Lohani & Ghosh, 2017, p. 2).

Активним техникама даљинске детекције припада и *LiDAR* систем којим се прикупљају високопрецизни просторни подаци и израђују детаљни 3Д просторни модели. *LiDAR* интегрише више компоненти у јединствен систем. Обухвата ГПС/ГНСС навигациони систем за одређивање координата, као и инерцијалну мерну јединицу (IMU), која садржи акселерометар и жирокоп, и омогућава прецизно позиционирање оријентације сензора. Систем укључује и ласерски емитер и пријемник са фотодетекторима, као и прецизан сат и рачунарски систем за обраду података. Комбинацијом ових компоненти одређује се положај тачке на површини Земље са великом тачношћу (Милановић и сар., 2020, стр. 74). Резултат мерења представља велики број тачака са x , y и z координатама (Стојковић, 2020, стр. 126), на основу којег се формира прецизна тродимензионална мапа простора. *LiDAR* технологија

посебно је значајна у истраживањима тешко приступачних терена, јер омогућава прикупљање података без непосредног контакта са површином. Велики је значај у геоморфолошким, шумарским, хидролошким, археолошким и геоеколошким истраживањима, као и у изради 2Д и 3Д дигиталних модела рељефа (Слика 6).

Резултат мерења представља облак тачака геопросторних локација, који се даље може процесуирати и визуелизовати у облику тродимензионалних дигиталних тиф-модела природних и антропогених геоентитета са великим бројем атрибута. Таква количина прикупљених података и атрибутских информација захтева примену сложених алгоритама за обраду, због чега подаци у изворном облику нису погодни за директну анализу. Неопходно је спровести сложен процес филтрирања, поједностављења и класификације података. Основни циљ ових поступака је издвајање различитих типова површина и просторних карактеристика.

Одговарајући софтверски пакети омогућавају преклапање и обраду података применом TIN мреже (енг. *Triangulated Irregular Network*). Након процеса филтрирања добијају се дигитални модел висина (ДЕМ), различити тродимензионални модели и контурне карте високе просторне резолуције. Подаци се могу приказати у векторском облику, посредством TIN мреже, или растерском облику, кроз приказ интензитета рефлексије (Милановић и сар., 2020, стр. 76). Посебна предност LiDAR технологије огледа се у чињеници да су подаци геореференцирани од самог почетка, већ у фази прикупљања. То омогућава њихову директну интеграцију и примену у ГИС окружењу (Lillesand et al., 2015, p. 475).

LiDAR технологија има широку примену у истраживању животне средине јер омогућава прикупљање тродимензионалних података високе прецизности. Ваздушни LiDAR користи се за израду дигиталних модела терена (DTM). Иако обухватају релативно мање просторне површине, ови модели одликују се веома високом просторном резолуцијом и погодни су за анализу у ГИС окружењу. Једна од најзначајнијих предности LiDAR технологије јесте могућност издвајања површине тла без вегетационог покривача, односно раздвајање тла од других објеката у простору. Због тога се успешно примењује у батиметријским и археолошким истраживањима. Систем региструје више повратних сигнала, што омогућава идентификацију и издвајање различитих просторних елемената. То ову технологију чини погодном за моделовање поплавлених и опожарених подручја у шумарству, у анализи типова и структуре вегетације, као и мониторингу атмосфере.

Дефинисање *географских информационих система (ГИС)* представљало је изазов још од почетка њиховог развоја. ГИС свој концепт и теоријске основе црпи из бројних „улазних“ дисциплина, као што су географија, картографија, информатика, науке о животnoj средини, геодезија, архитектура, даљинска детекција, фотограмetriја, математика и статистика (Neuwood et al., 2011, p. 19; Новковић, 2022, стр. 8). Све ове дисциплине доприносе прикупљању геопросторних информација, као и несметаном функционисању система, чији је крајњи циљ картографска визуелизација простора.

Аутори Burrough & McDonell (1998, p. 24–25), дефинишу ГИС као моћан скуп алата за прикупљање, складиштење, претраживање, трансформацију и приказ просторних података из стварног света, у складу са потребама. Weng (2010, p. 21) посматра ГИС као интегрисани софтверски систем посебно дизајниран за рад са географским подацима и извршавање широког спектра задатака у обради података. Ови задаци обухватају унос, складиштење, претраживање, анализу и приказ података, као и бројне дескриптивне и аналитичке процесе.

Временом је дефинисање ГИС-а еволуирало од алата за аутоматско картирање и управљање подацима у раној фази развоја, преко напредне технологије за обраду и анализу просторних података, до савремене географске информационе науке – енгл. *GISc* (Weng, 2010, p. 21). Функционалне дефиниције ГИС-а наглашавају његову примену у различитим

окружењима за рад, са подацима који представљају географске феномене. Суштина ГИС-а огледа се у пружању подршке корисницима да слободно уносе геореференциране податке, спроводе њихову анализу на различите начине и презентују резултате у облику карата, графичких приказа и других визуелизација. То подразумева подршку за различите врсте координатних система и трансформације између њих, могућност анализе геореференцираних података, као и висок степен флексибилности у начину представљања информација, кроз избор тема, боја, симбола и коришћених медијума (Huisman & de By, 2009, p. 32).

Због тога се ГИС посматра као систем функционално интегрисаних компоненти, који обухвата рачунарски хардвер, одговарајући софтвер, мрежне и интернет технологије, просторне базе података и методолошке поступке, осмишљене за прикупљање, управљање, анализу и визуелизацију геопросторних података.

ГИС софтвер функционише на принципу картографских слојева – лејера (енг. *layer*), који кориснику омогућавају додавање и уклањање појединих ентитета са приказа карте. Тиме се побољшава визуелизација и анализа података. Лејери су засновани на концепту геопросторних база података, са просторним ентитетима и атрибутима. Они се могу трансформисати, кориговати и комбиновати у складу са потребама просторног моделовања и анализе.

Основа на којој почивају и ГИС и геоинформатика јесу геопросторни, односно географски оријентисани подаци, и информације које садрже географске просторне одреднице (референце) и атрибуте. Просторни атрибути представљају основну карактеристику која их, у функционалном смислу, издваја од информација у општем смислу. Атрибути их ближе одређују и основа су класификације према ентитетима. Геопросторни подаци могу бити интегрисани у растерском, векторском или објектно-оријентисаном формату.

Извори података и начини њиховог прикупљања могу се поделити у примарне и секундарне. Примарни подаци прикупљају се у дигиталном формату, и обухватају теренска мерења, сателитске снимке Земље и векторска мерења добијена геодетским инструментима и станицама за премер. Секундарни подаци обухватају дигиталне и аналогне изворе, као што су аерофотографије, аналогне карте и други картографски материјали, које се накнадно могу дигитализовати и векторизовати.

Као крајњи производ процеса картирања издвајају се картографска визуелизација, односно геовизуелизација. У оквиру ГИС-а, географска база података трансформише се у визуелни тематски приказ – карту, са циљем лакшег разумевања одређених карактеристика и појава на истраживаном подручју. Сам процес претварања геопросторних података у визуелни облик назива се геовизуелизација (Kumar et al., 2023, p. 77–78). Представља скуп техника и технологија које омогућавају визуелно истраживање, анализу, синтезу и презентацију геопросторних података, са посебним акцентом на технике тродимензионалног мапирања и просторно-временских анимација (Hernandez, 2007, p. 249).

Током последњих деценија, значајну улогу у мониторингу и анализи животне средине имају беспилотни аерофотограметријски системи, односно дронови (енг. *UAV*). Као иновативна технологија, она представља значајан технолошки искорак. У односу на класичне летилице, једноставнији су за примену и економичнији, због чега се често користе као допуна традиционалним методама прикупљања геопросторних информација. Посебно су погодни за истраживање мањих геопросторних целина, са којих могу прикупити податке високе просторне и геометријске тачности. Данас се сматрају незаменљивим инструментом у савременим мерењима и анализама животне средине, као и важним извором података за ГИС пројекте.

У основи, UAV технологија заснива се на управљању летилицом помоћу даљинског управљача или аутоматизованих навигационих система, док људски фактор представља незаобилазан елемент. Основне функције дрона су летење, навигација и прикупљање података. За навигацију и позициону тачност прикупљених података дрнови користе интегрисане ГПС системе, посредством којих примају сигнале са неколико сателита у орбити, најмање четири. На основу тих сигнала позиционирају се у простору према x , y и z координатама. У зависности од класе и намене, беспилотне летилице могу бити опремљене различитим типовима сензора и оптичких уређаја за прикупљање визуелних и других података из ваздуха. На тај начин омогућен је мониторинг различитих компоненти животне средине (Emimi et al., 2023, p. 80).

Дигитална обрада слика (енг. *Digital Image Processing*) представља технику полуаутоматизоване софтверске манипулације дигиталним или дигитализованим сликама које садрже различите геометријске дисторзије. Основни циљ овог поступка представља трансформација и анализа слика, укључујући и њихово превођење из 2Д у 3Д или мултидимензионални формат. Процес обраде слика обухвата више фаза:

- аквизиција (добивање података) – подразумева опсервацију и снимање слика камерама високе резолуције, као и њихово складиштење;
- предобрада слике – обухвата побољшање квалитета слике кроз унапређење контраста, оштрине, боје и других параметара, а посебно геореференцирање;
- сегментација – односи се на издвајање интересног подручја или објекта на снимку;
- презентација и дескрипција – визуелно представљање и опис издвојених елемената;
- анализа и интерпретација – тумачење добијених резултата и издвајање релевантних информација (Ektesabi & Kapoor, 2015, p. 56–57).

Процес интерпретације представља завршну фазу процеса обраде слика и једно од најзначајнијих питања у области даљинске детекције. Обухвата идентификацију и/или мерење различитих циљева или објекта на снимцима, са циљем издвајања корисних информација о њима (Awange & Kiema, 2013, p. 145). Интерпретација подразумева разврставање и анализу квалитативних (тематских и дескриптивних) података и квантитативних (метричких) информација о различитим објектима, процесима и елементима животне средине.

Спој даљинске детекције, ГИС-а и геотуризма представља један од најсавремених приступа у истраживању, заштити и презентацији геонаслеђа. Ове методолошке приступе одликује синергија којом се истраживање животне средине подиже на виши научни и технолошки ниво.

Традиционална истраживања геонаслеђа заснивала су се превасходно на теренском раду, током којег су идентификовани и анализирани поједини елементи геопростора. Такав приступ подразумевао је коришћење аналогних карата као основног средства просторне анализе. Данас примена даљинске детекције и ГИС-а убрзавају и унапређују читав процес истраживања. Ове технологије омогућују брзу идентификацију потенцијалних геолокалитета, анализу њихових карактеристика (распрострањења, структуре, стања), процену степена угрожености, као и дефинисање најадекватнијих начина њихове презентације и валоризације у геотуризму. У савременим геотуристичким концептима, овакав приступ често се обједињује термином „геоуправљање“ (енг. *geomanagement*), који подразумева интегрисано управљање геонаслеђем, његову заштиту, одрживо коришћење и туристичку презентацију.

Даљинска детекција обезбеђује широк спектар података кључних за визуелизацију, анализу и мониторинг геодиверзитета. Сателитски снимци омогућују регистровање великог броја елемената, чиме се стварају услови за примену мултиспектралних и хиперспектралних

анализа. Сваки објекти, појава и процес рефлектује спектрални потпис, на основу којег се може издвојити из околног природног окружења и класификовати. Различити минерали и стенски масиви различито рефлектују електромагнетно зрачење у односу на околну вегетацију или друге типове површина. На тај начин омогућава се картирање и анализа интрузивних маса и других геолошких структура, без непосредног теренског истраживања. Даљинска детекција омогућава и анализе динамичких процеса. Подручја која су периодично под водом, као што су баре, мочваре, слатине и тресаве, у знатној мери зависе од водостаја, због чега је њихов мониторинг од посебног значаја. Аналитичко поређење сателитских снимака примењује се у бројним методолошким приступима, као што су NDVI, NDWI, GNDVI, SAVI и други вегетациони индекси. Применом ових индекса могуће је анализирати стање и промене вегетације, влажности ваздуха, површину водног огледала и других утицаја природних и антропогених елемената на животну средину. Њима се може анализирати и туристичко оптерећење на геолокалитете, као што су степен ерозије, промене влажности земљишта, деградација и промене распрострањења живог света. На тај начин даљинска детекција представља важан инструмент у геоуправљању, заштити и одрживом коришћењу геонаслеђа.

LiDAR као револуционарна метода, омогућава сагледавање кроз вегетациони покривач и издвајање рељефа испод вегетације. На овај начин олакшана је идентификација скривених геоморфолошких објеката који су отежано уочљиви голим оком. Облак тачака као основни резултат снимања, пружа могућност израде прецизних 3Д модела, чиме се олакшава анализа квантитативних карактеристика и мониторинг геолокалитета. Ове процесе додатно је унапредила употреба дронова, пре свега због њихове ниске цене и високе резолуције снимака. Дронови омогућују снимање остенака, вертикалних профила стена, неприступачних литица или унутрашњости кањона и клисура. Генеришу снимке високе резолуције у 3Д моделе који се могу користити у научне сврхе, али и за креирање виртуелних туристичких промотивних садржаја.

Информације прикупљене методама даљинске детекције интегришу се у ГИС окружење ради спровођења напредних просторних анализа. Основно аналитичко средство ГИС софтвера представља дигитални модел терена (ДЕМ), који олакшавају визуелизацију рељефа. ГИС омогућује извођење основних морфометријских анализа, као што су хипсометрија, нагиб терена, експозиција и вертикална рашчлањеност. ГИС технике омогућују и идентификацију и визуелизацију речне мреже, што даље иницира анализу морфометријских карактеристика сликова и водотокова. Овакве анализе основа су спровођења и сложенијих просторних анализа, као што су мерење интензитета ерозије земљишта, вегетације и пошумљености тла, као и анализа педолошког састава. Овакве анализе могу бити веома значајне за геотуризам јер омогућавају пројектовање посетилачких стаза, дефинисање маршрута које заобилазе нестабилна подручја, оптимално позиционирање видиковаца и других туристичких садржаја.

Предност ГИС-а огледа се и у могућности преклапања различитих слојева података, као што су геолошки или хидролошки подаци, саобраћајна мрежа, мрежа заштићена подручја или насеља, чиме се пружају могућности спровођења мултикритеријумских анализа. Циљ ових методолошких поступака је дефинисање зона рањивости и степена угрожености, што их чини посебно значајним за анализу фрагилних подручја, нарочито геолокалитета, и визуелизацију подручја под различитим притисцима. На овај начин ствара се основа за доношење просторно-планских одлука.

Имплементација геоинформатичких метода има позитиван и директан утицај на развој геотуризма. Она олакшава идентификацију и валоризацију елемената геонаслеђа, док рано уочавање геоеколошких промена, као што су ерозија и дефорестација, доприноси

ефикаснијем спровођењу мера конзервације. Прикупљени и визуелизовани подаци користе се за израду прецизних научних катастар, тематских и туристичких карата, информативних табли и мобилних апликација. Поред тога, оптимизација туристичких рута и просторна анализа приступачности геолокалитета доприносе умањењу инфраструктурних трошкова и ефикаснијем управљању геотуристичким дестинацијама.

3.2 Аналитички модели у геоеколошком истраживању

Терминолошки, моделовање се односи на геопросторне моделе – представе реалног света са специфичним карактеристикама. Геопросторни модели представљају умањене представе, односно симулације процеса у одређеним деловима животне средине. У геоинформатици, модели се најчешће приказују у облику карата, дигиталних модела и других облика геовизуелизације. Процес моделовања обухвата више фаза. Најпре се дефинише циљ истраживања, након чега следи прикупљање, припрема и организација података, као и формирање геопросторних база података. У наредној фази бирају се одговарајући модели и методе анализе, које могу обухватити један или више лејера. Избор модела и аналитичких поступака директно утиче на ток истраживања и тумачење резултата.

ГИС представља дигитално окружење засновано на геопросторним базама података, у оквиру којег се формирају различити дигитални модели простора. У том контексту говори се о аналитичком моделовању. Једна од најважнијих функција ГИС-а јесте просторна анализа, која омогућава издвајање нових информација из постојећих просторних и атрибутских података. На тај начин могуће је добити одговоре на сложене проблеме у животној средини. Просторна анализа обухвата трансформацију, обраду и интерпретацију података, а њен циљ представља повећање информативне вредности података и унапређење процеса одлучивања. Она омогућава откривање образаца и неправилности које нису непосредно уочљиве (Kumar et al., 2023, p. 89). За процес аналитичког моделовања ГИС користи различите алате и технике, означене као аналитичке функције. Примена ових функција зависи од циља и контекста истраживања.

Аналитички модели могу се класификовати на различите начине. Они могу бити дескриптивни и прескриптивни, детерминистички и стохастички, дедуктивни и индуктивни. Такође, могу се класификовати према полазној тачки истраживања. Природни аналогни модели повезани су са природним процесима и применљиви су у различитим геопросторима и временским периодима. Често се користе за предвиђање утицаја различитих фактора (хазарда) на животну средину. Концептуални модели најчешће се изражавају у вербалној или графичкој форми, а њихов циљ представља описивање квалитативних и квантитативних интеракција у животној средини. У дигиталном ГИС окружењу модели могу бити статички, као што су топографске или аналитичке карте, и динамички, када укључују симулације и анимације које приказују промене у простору и времену (Chang, 2019, p. 404).

Када су подаци прикупљени, селектовани и организовани у оквиру адекватних геопросторних база података, сваки ГИС софтвер садржи велики избор функција за управљање операцијама и креирање аналитичких модела. Постоје бројни начини категоризације ових функција, које се могу разврстати у неколико група: а) модели који омогућавају мерења, упита и рада са лејерима; б) модели преклапања; в) модели суседства; г) модели конекција (Kumar et al., 2023, p. 91). Њихова примена разликује се у зависности од типова геопросторних података, односно услед различите структуре растерских и векторских података.

Прву групу чине аналитичке функције „мерења“ (енг. *measurement*), „упита“ (енг. *query*) и „рада са лејерима“, односно класификације (енг. *classification*). Ове функције

примењенљиве су како на растерским, тако и на векторским подацима. Њихов значај огледа се у могућности израчунавања дужина, обима и површина лејера, што их чини нарочито применљивим у обради и анализи слика добијених техникама даљинске детекције. Добијени резултати могу имати блага одступања у односу на стварне димензије, јер се векторски подаци састоје од правих линија, иако се оне појављују као криве, док су растерски ентитети приближни, јер су презентовани мрежом (енг. *grid*). Модели упита омогућавају селективно претраживање података из већ формираних и доступних ГИС база података (нпр. базе *OpenStreetmaps* – *OSM*), као и нових података добијених анализом, ради њиховог издвајања и преузимања. Класификација представља једну од варијацију упита, применљиву на растерским ентитетима, која омогућава корисницима да издвајањем или груписањем атрибута прилагоде елементе карте потребама анализе.

Другу групу аналитичких функција чине модели „преклапања“ (енг. *overlay*). Ово су једни од најчешће коришћених модела у ГИС окружењу. Комбиновањем топологије векторских и растерских података омогућава се интеграција више извора, односно лејера. Резултат ових операција може бити формирање новог јединственог лејера или издвајање заједничких елемената. Модели преклапања могу се реализовати на више начина. Основне операције су пресек, унија, разлика и комплементарност. Код векторских података примена ових модела подразумева комбиновање геометријских и атрибутивних података, при чему су обухваћени односи између тачака, линија и полигона. Код растерских података анализе се заснивају на пикселима, а најчешће се примењују тежинско сумирање и зонална статистичка анализа.

Трећу групу аналитичких функција чине модели „суседства“ (енг. *neighbourhood*). Они се дефинишу на основу међусобних односа просторних ентитета и њима суседних ентитета. Аналитички модели ове групе анализирају атрибуте и карактеристике простора у односу на позицију објекта анализе и врше различите просторне калкулације. У основи су статистички засновани. Могу се дефинисати на основу бројних геоинформатичких мерења, статистичких анализа (као што су збирна статистика, укључујући максимум, минимум, распон, укупну вредност, средње вредности, медијану, стандардне девијације) и табеларних приказа мерења, као што су већина, мањина и дисперзија (Kumar et al., 2023, p. 91). Модели суседства могу се разврстати у четири подтипа:

- Функције „филтрирања“ (енг. *filtering*) користе се за процесуирање слика добијених техникама даљинске детекције (Heywood et al., 2011, p. 179). Њихово дејство зависи од дистанце и/или правца у односу на одређену циљну тачку, чиме се формира подручје утицаја;
- бафер (енг. *buffering*) примењује се искључиво на векторски тип података, а заснива се на одређивању дистанце, односно близине. На тај начин дефинише се дводимензионално зонирани утицај око или дуж просторних ентитета у односу на суседне ентитете;
- функције „просторне интерполације“ (енг. *spatial interpolation*) односе се на моделе предвиђања непознате вредности коришћењем познатих вредности на географски одређеним локацијама суседних тачака у истраживаном подручју. Улога интерполације је попуњавање празнина између посматраних тачака, што резултира формирањем континуираних поља, као што су изолиније и вертикални профили. Овај подтип подразумева и примену бројних функција топографске анализе површина, које се могу генерисати из ДЕМ-а, од кога зависе начин и прецизност резултата. На овај начин могуће је спровести бројне анализе, као што су утврђивање правца и угла нагиба терена (у степенима или процентима), анализе промена нагиба терена, издужености падина, рашчлањености рељефа, осенчености рељефа, елевације,

попречних профила, 3Д приказа рељефа, утврђивање граница басена речних токова, као и анализе видљивости терена.

Четврту групу модела чине аналитичке функције „конекција“ (енг. *connectivity*), које се заснивају на прорачунима и визуелном представљању мрежа, као што су саобраћајнице, водотокови, електропроводови и слични просторни системи. Проблеми који се идентификују и анализирају овим моделима најчешће су транспортне природе, али се могу односити и на геоеколошке и геотуристичке проблеме. Ове функције углавном се примењују на векторским подацима, јер се мреже у суштини састоје од линијских примитива. Већина аутора издваја два основна облика ових функција. Функцијама суседства (енг. *contiguity*) анализирају се карактеристике просторно повезаних јединица, као што су речни токови или шумски појасеви, који се могу издвојити са сателитских снимака. Функције анализе мрежа (енг. *network analysis*) одређују оптималне путање применом одређених правила одлучивања, заснованих на варијаблама као што су минимално време, најкраће растојање, максимална корелација, капацитет и сличне варијабле.

Тип геоеколошке детерминанте и конкретан истраживачки проблем одређују избор модела. Сходно томе, бирају се одговарајући просторни аналитички модели и функције за њихову практичну примену.

3.3 Геоинформатичке методе у вредновању природних потенцијала

Примена геоинформатичких аналитичких функција зависи од избора метода вредновања геодиверзитета, од чега зависи и концепирање аналитичких модела. Истраживања природних потенцијала геодиверзитета обухватају више међусобно повезаних корака: идентификацију, инвентаризацију, узорковање, мерење, класификацију и анализу. У процес истраживања укључује се и процена грешке. Процедуре вредновања су делимично субјективне, јер се прилагођавају објекту или феномену који се анализира. Избор методологије зависи од циља истраживања, као и од знања и искуства истраживача. Савремена истраживања животне средине незамислива су без примене геостатистичких метода и геоинформатике, карте које приказују резултате анализе представљају неопходан део научних студија.

Даљинска детекција и ГИС постали су високо применљиви захваљујући значајном развоју њихових могућности и алата примењиваних на различитим нивоима. Они су се показали као ефикасан инструмент за праћење животне средине, као и користан скуп техника и технологија за прикупљање, обраду и управљање геопросторним подацима.

Примена геоинформационих система представљала је значајан методолошки искорак. Њихов развој омогућио је значајна унапређења у дефинисању концептуалног оквира за вредновање различитих аспеката животне средине. Примена ових технологија у вредновању предела омогућава широку употребу квантитативних метода и софистицираних техника, док обрада велике количине података пружа могућност детаљније анализе предела и планирања његовог коришћења. Просторно-картографска подршка базирана је на информационим геоеколошким анализама и представља начин организације, визуелизације и манипулације тематским просторним подацима у оквиру полигеосистема, применом ГИС технологија. На тај начин, кроз формирање концепта полигеосистема, могуће је проучавати геосистеме као сложене просторно-временске комбинације природних и природно-антропогених структура. Циљ овако дефинисаног концепта јесте решавање проблема односа између природног и друштвеног, односно проучавања интеракције друштва и природног окружења (Kuznetsova & Lopatkin, 2019, p. 2).

Велики број различитих методологија, које обухватају област геоекологије, геодиверзитета и животне средине уопште, публиковане су у различитим деловима света (Kubalikova et al., 2023, p. 2). Оне су последица развоја геоинформационих система као системске подршке истраживањима. Аутори Zwolinski et al. (2018, p. 29–30) истичу да методолошки процес анализе почиње класификацијом, односно издвајањем индивидуалних ентитета или феномена. Након тог следи селекција критеријума, који утичу на избор метода и података. Резултати вредновања приказују се картографски, док је визуелизација просторне дистрибуције омогућена развојем рачунара и геоинформационих технологија. На тај начин значајно је унапређен аналитички концепт.

Један од главних изазова представља избор одговарајућих метода и техника за вредновање и анализу, у складу са одговарајућим просторним и временским распоном. Методолошки приступи вредновања природних потенцијала разврставају се према поступку на основу којег се вредновање спроводи на: а) квалитативне; б) квантитативне; в) квалитативно-квантитативне методе (Zwolinski et al., 2018, p. 32).

Основа квалитативног вредновања геодиверзитета базира се на знању и искуству стручњака. Квалитативне методе су обично дескриптивне и погодне за различите врсте статистичких података, као што су номинални (алфа-нумерички) и ординални подаци, којима се одређују ненумерички појмови и омогућава рангирање вредности геодиверзитета. Методолошки приступи квалитативног вредновања геодиверзитета дефинирају се у зависности од фокуса истраживања. Према размери примене, могу бити веома општи, специфични или веома детаљни. Методе квалитативног вредновања обухватају три подгрупе: описно-документарне методе, експертске системе и методе засноване на вредностима и користима за човека (Zwolinski et al., 2018, p. 33).

Применом описно-документарних метода, анализа геодиверзитета заснива се на усменим и писаним описима, као и документарним материјалима (фотографије, скице, карте, дијаграми итд.). Оне омогућавају идентификацију специфичности проучаваног подручја. Методама које за вредновање примењују експертске системе, индивидуални истраживачи или експертске групе предлажу и примењују скале оцењивања (класификације) засноване на искуствима и примерима идентификованим у литератури. Ове методе су високо применљиве у инвентаризацији и класификацији геонаслеђа, нарочито уз примену геоинформатичких система. Трећа група квалитативних метода фокусира се на користи које човек може имати од абиотичке компоненте природе.

Методе квалитативног вредновања геодиверзитета имају и одређене недостатке. Пре свега, присутна је субјективност, која се односи на пристрасност експерата или експертских група. Резултати квалитативних метода често нису упоредиви за различита подручја истраживања, посебно у случајевима када постоје велике разлике у карактеристикама рељефа, што може значајно утицати на крајње вредности процене. Добијени резултати тешко се могу користити за свеобухватну процену геодиверзитета. У те сврхе неопходна је примена додатних методолошких поступака, при чему су се геоинформатичке методе показале као веома погодне (Zwolinski et al., 2018, p. 32–36).

Квантитативне методе вредновања имају широку примену. Заснивају се на једноставним алгоритмима, инструменталним мерењима и нумеричким прорачунима. Подаци се прикупљају теренским радом, мониторингом, даљинском детекцијом и применом статистичких модела. У анализама се користе и 3Д визуелизације. Вредновање се спроводи нумеричком анализом и геоинформатичким поступцима.

Постоје две основне подгрупе. Прва се заснива на индексима, док се друга заснива на алгебри карте (енг. *map algebra*). Индекси показују интензитет појава или својстава природне средине. Они омогућавају смањење количине података, као и једноставније поређење

результата. Примењују се на више начина, а један од приступа односи се на процену погодности простора за одређене активности (Serrano & Ruiz-Flaño, 2007, p. 5–6). Развијен је и велики број метода. Ханс-Кимстедов метод користи се за процену брдско-планинских терена погодних за рекреацију. Метод релативног вредновања рељефа (Bognar, 1990, str. 49–65) примењује се у туризму. Уз примену ГИС алата, индекси се све више користе за визуелизацију резултата. Значајну примену имају метод LANDEP и LCA, које доприносе планирању простора и управљању променама (Miklós & Špinerová, 2019, p. 2; Tudor, 2014, p. 8–14).

Картографска алгебра представља један од најчешће примењиваних квантитативних приступа. Заснива се на математичким и логичким операцијама над просторним подацима. Најчешће се примењује на растерским, али и на векторским подацима. Овим приступом израђују се тематске карте појединачних фактора, као што су карте литологије, педологије и морфометрије. Комбиновањем више лејера успостављају се нови просторни односи, а добијени резултати могу се додатно анализирати.

Квалитативно-квантитативне методе представљају хибриде засноване на квантитативним (дигиталним) подацима и узрочно-последичним, односно релационим и објашњавајућим подацима. Самим тим, тачност извора података сматра се фундаменталним предусловом њихове примене. Ова група метода представља једно од најнапреднијих и технички најпоузданијих решења за вредновање геодиверзитета, јер од тачности података у великој мери зависе резултати идентификације и квантификације појава и животне средине. На пример, од тачности ДЕМ-а зависиће и тачност морфометријских карактеристика рељефа, хидрографије, климатских елемената.

Вредновање свих аспеката животне средине не може се искључиво везати ни за једну од наведених методолошких група. Свака од њих поседује одређене предности и ограничења примене. Оне пружају различите резултате, било кроз статистичке параметре или визуелизацију, који у великој мери зависе од објективности приликом прикупљања података, избора методолошког приступа, спровођења процеса евалуације и субјективности која прати визуелизацију резултата. Као логичко решење намеће се примена компаративних метода, односно комбинација статистичких и ГИС-базираних методологија. Такви методолошки приступи имају све већу примену у истраживањима различитих аспеката животне средине, нарочито у геотуризму. Оне сам процес евауације чине објективнијим и прецизнијим, а резултате поузданијим и адекватнијим.

3.4 Примена геоинформатичких метода за потребе идентификовања приоритетних подручја заштите

Примена геоинформационих техника у заштити животне средине изузетно је широка. Она се може сагледати кроз неколико области: примену прикупљених података, дефинисање геоеколошких карактеристика подручја, идентификацију и организацију карактеристика објеката, појава и процеса, који су предмет истраживања. Примена основних и једноставних упита претходи трећој, завршној фази, која се односи на спровођење анализа и визуелизацију, са тежњом ка свеобухватнијој и квалитетнијој подршци процесу доношења одлука.

„Улазним“ техникама геоинформатике – даљинском детекцијом и ГПС-ом – прикупљају се „сирови“ подаци, који се касније, кроз интерпретацију, обрађују у процесу процесуирања снимака у ГИС окружењу. Они чине систем који Williams & McHenry (2020, p. 17) називају географском информационом технологијом (ГИТ).

Примена геоинформационих техника дефинисана је софтверским поступцима прикупљања, интерпретације сликовитих приказа и мерења елемената интереса на површини

Земље без непосредног контакта са њима. Комбинације аерофотоснимача, терестричких и сателитских снимача различитих појава на површини Земље (вегетације, земљишта, вода и других), користе се за дефинисање локацијских карактеристика и атрибута појава, као основе за инвентаризацију и анализу. Дефинисање објеката, појава и процеса представља основу аналитичких метода вредновања природних богатстава. У области заштите животне средине продукти даљинских истраживања, њихово дешифровање (интерпретација), као и резултати анализе и обраде, могу се користити за добијање великог броја информација о стању и квалитету животне средине, на основу четири основна елемента: процене и бележење података о терену, извор енергије, начин пријема података и сензора (Милановић и сар., 2020, стр. 49).

Геоинформационе технике олакшавају идентификацију и лоцирање различитих феномена, укључујући и елементе геонаслеђа као приоритетне зоне заштите. Основу ових поступака чини инвентаризација елемената геонаслеђа, која се заснива на информационим технологијама. На основу спроведене инвентаризације врши се вредновање геопростора. Геоеколошка истраживања обухватају прикупљање великог броја података из области педологије, геологије, геоморфологије, климатологије, хидрологије и биогеографије. Прикупљени подаци усклађују се са геопросторним карактеристикама подручја, са циљем њихове систематизације и анализе. Резултат представља формирање јединственог катастра.

ГИС има велики потенцијал у планирању и управљању туризмом (Kumar et al., 2023, p. 136). Користи се за идентификацију, одређивање граница, израду инвентара и анализирање информација. У великом броју случајева ГИС се користи и као средство подршке квалитативним или квантитативним методама у циљу анализе или планирања геотуризма. Омогућава приказ геонаслеђа у просторном контексту, док се подаци могу се презентовати путем карата, веб-сајтова и различитих апликација (Williams & McHenry, 2020, p. 18). Његова примена обухвата основне области: подршку у доношењу одлука, вредновање геолокалитета и планирање геотуризма. Систем геонаслеђе–геоконзервација–геотуризам заснива се на анализи природних и антропогених фактора кроз свеобухватно истраживање простора, са циљем издвајања највреднијих локалитета. ГИС има кључну улогу у поступцима геоконзервације, јер омогућавају анализу непотпуних или недоступних података, што непосредно утиче на доношење одлука о заштити и коришћењу простора.

Методе вредновања геотуристичког потенцијала дуго су биле претежно геостатистичке природе, а резултати су се изражавали нумерички. При томе је изостајала њихова картографска визуелизација, због чега је интерпретација резултата била ограничена.

Значајан допринос овом аспекту истраживања дали су аналитички модели и ГИС функције, као што су интерполација, бафер анализа и мрежне анализе. Оне значајно доприносе идентификацији приоритетних подручја заштите кроз зонирање, анализу утицаја и одређивање доступности. Мултикритеријумске анализе, засниване на квалитативним и квантитативним информацијама, данас имају широку примену. Користе се за избор оптималног решења на основу већег броја фактора (Geneletti & van Duren, 2008, p. 98). Оне омогућавају структурирање проблема и анализу осетљивости, уз побољшање транспарентности и визуелизације резултата (Greene et al., 2011, p. 413–414). Поједине мултикритеријумске анализе, методе АНР и MCDM коришћене су ради идентификације потенцијала и ограничења геотуризма (Singh et al., 2021, p. 1–15), предвиђања вредности геотуристичког потенцијала (Louz et al., 2023, p. 1–11), као и издвајања подручја у којима се очекује његова највећа вредност (Islam et al., 2025, p. 1–36). Технике даљинске детекције и ГИС-а примењиване су и у анализи морфометријских карактеристика Ђаволје вароши (Valjarević et al., 2015, p. 148–155). ГИС методе примењиване су и у комплекснијим истраживањима геолокалитета, најчешће као допунске методе већ афирмисаним

геостатистичким методолошким поступцима (Pál & Albert, 2023, p. 141–166; 2018, p. 1–13; Ivanović et al., 2023, p. 1–15). У анализе су често укључени и поступци зонирања и разне мрежне анализе, као стандардни просторно-планерски инструменти. Циљ ових приступа јесте да геостатистичке методе учине егзактнијим и учинковитијим, а добијене резултате прецизнијим.

ГИС визуелизација унапређује комуникацију резултата. Повезује институције, научну заједницу и јавност. Користе се виртуелни глобуси, 3Д модели и веб-ГИС платформе. Ове технологије олакшавају презентацију локалитета и приближавају простор корисницима. Уједно, унапређују туристичко искуство и подржавају геоконзервацију.

4. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

За потребе вредновања геоеколошког потенцијала подручја истраживања било је неопходно формирати методолошку основу кроз неколико фаза. Емпиријска фаза истраживања обухватала је примену основних теоријских метода истраживања и теренски рад, током којег су коришћени мерни инструменти. Кабинетска фаза обухватала је систематизацију, инвентаризацију и генерализацију прикупљених података, као и аналитичку обраду применом техника даљинске детекције и ГИС алата.

Примењени методолошки оквир обухвата примену основних теоријских и посебних метода истраживања животне средине, заснованих на принципима гносеологије и епистемологије, према класификацији М. Љешевића (2010, стр. 471–621). Избор и примена метода дефинисани су у складу са постављеним специфичним циљевима и задацима различитих фаза истраживања у оквиру дисертације.

4.1 Основне теоријске методе истраживања

Ова група метода односи се на примену различитих методолошких приступа (анализе, синтезе, класификације, генерализације, моделовања и др.) приликом избора одговарајућих варијабли, њиховог прикупљања, систематизације и класификације.

Просторна (географска) метода указује на предеону хетерогеност и просторно-географску хомогеност подручја, при чему су њоме обухваћени геолокалитети и друге додатне геотуристичке вредности.

Метод анализе подразумева разлагање сложене целине, као што је животна средина, на појединачне елементе и њихове саставне компоненте. Његов циљ је да елементе доведе на ниво погодан за детаљно истраживање. Анализа се може спроводити издвајањем појединих елемената, али и у оквиру целине, без њиховог раздвајања. Овај метод представља саставни део ГИС аналитичких функција и примењује се у анализи геоеколошког потенцијала, као и у управљању и заштити животне средине. *Елементарна анализа* служи за прикупљање и преглед доступних података и обухвата изворе националних институција, као и научне и стручне радове. Након тога следе процеси систематизације, генерализације и интерпретације података. *Анализа структуре* примењује се у проучавању геоеколошких детерминанти Топличког округа. *Каузална анализа* испитује међусобне односе и хијерархију елемената, са циљем утврђивања стања и погодности простора. *Генетска анализа* бави се пореклом и настанком појава, док *функционална анализа* испитује процесе и факторе који делују у простору. *Компаративна анализа* омогућава поређење појава и процеса, а *мерна анализа* служи за утврђивање разлика и вредности појединих објеката геонаслеђа. *Експериментална анализа* обухвата теренска истраживања и омогућава проверу стања геолокалитета непосредним увидом на терену.

Након појединачних аналитичких процеса, *метод синтезе* коришћен је за синтетизовање и холистичко сагледавање добијених резултата. Овај метод примењује се у процесу инвентаризације вредних природних ресурса Топличког округа. На основу инвентаризације формира се база података, која представља основу за примену ГИС функција и геостатистичког моделовања. Синтеза омогућава интегрално вредновање најзначајнијих геолокалитета. Примењује се у процени геоеколошког потенцијала, одређивању приоритета заштите, као и у зонирању и груписању елемената. Она представља основу њиховог одрживог и рационалног коришћења.

Класификација, као један од основних методолошких поступака вредновања геоеколошког потенцијала, подразумева систематизацију и разврставање објеката, појава и

процеса, како према њиховој генези, тако и према квантитативним својствима. Примењена је приликом идентификације и утврђивања просторног размештаја елемената животне средине, за потребе даљих анализа угрожености и вредновања природних потенцијала. Класификација ће се користити у категоризацији геолошких, геоморфолошких и педолошких карактеристика, као и у оквиру метода даљинске детекције и ГИС-а.

Статистички метод и статистичке анализе подразумевају квантитативно истраживање масовних појава. Они обухватају квантитативна обележја елемената које је могуће класификовати, систематизовати и анализирати, повезујући их са просторним и временским одредницама (Љешевић, 2010, стр. 478). Статистички и геостатистички метод примењени су у анализи свих детерминанти животне средине истраживаног простора:

- Природно-географске (климатске) карактеристике: температура ваздуха, термодромски квоцијент (према Кернеру), дистрибуција падавина и годишње колебање падавина (према Милосављевићу), кишни фактор (према Р. Лангу), кишни фактор Грачанина и индекс аридности (према де Мартону);
- Друштвено-географске карактеристике: просторна расподела становништва;
- Геотуристичке карактеристике: примена нумеричких аналитичких метода.

Заснивају се на прикупљеним подацима, статистичким годишњацима и резултатима анкетних истраживања. Компатибилни су са ГИС аналитичким моделима. У истраживању ће бити примењени бројни статистички показатељи, као што су статистичка интерполација, корелациона анализа и мултиваријантна анализа. Анализе ће се спроводити у софтверском пакету *IBM SPSS Statistics 20*, који омогућава унос података, њихову обраду и приказ резултата. Додатна обрада података вршиће се у оквиру пакета *Microsoft Office*.

Компаративна метода заснива се на упоређивању и омогућава уочавање сличности и разлика између појава, процеса или објеката. Као научни приступ, служи за доношење закључака на основу анализе њихових међусобних односа.

У оквиру статистичког метода користи се *кодификација*, која представља јединствен начин записивања алфанумеричких података у базама података. Кодификација представља основу *алгоритмизације*, односно процеса претварања улазних података у резултате, путем софтверског моделовања.

Метод моделовања у животној средини обухвата израду различитих типова модела. У истраживањима природних потенцијала најчешће се користе картографски модели, који приказују Земљу или њене делове помоћу математичких образаца и карата. Моделовање представља један од основних делова тематске картографије (Љешевић & Živković, 2001, стр. 17–18). Овај метод ће се у дисертацији примењивати у више фаза. Користиће се за приказ просторног распореда елемената животне средине, као и за геотуристичко вредновање Топличког округа.

4.2 Посебне методе истраживања животне средине

Према М. Љешевићу (2010, стр. 506), посебне методе истраживања животне средине, обухватају неколико група метода које, према својствима истраживачких поступака, могу бити директне (на лицу места) или даљинске. У зависности од проблематике истраживања, примењују се теренске или лабораторијске методе, мада се у савременим истраживачким поступцима ова два типа посебних метода често посматрају као интегрисан процес аналитичког деловања у животној средини.

Методне непосредног истраживања компоненти и комплекса животне средине, односно њених облика, појава и процеса, често се означавају као теренске методе и

представљају незаобилазан део географских и геоинформатичких истраживања. Као и у другим истраживањима, и у овом случају коришћене су у иницијалној фази прикупљања података.

Географско-еколошки метод представља основни метод истраживања геокомплекса и прошао је развојни пут од дескриптивне фазе до савремених експертских истраживања (Љешевић, 2010, стр. 507). Обухвата посматрање засновано на низу поступака и техника истраживања, чију основу чине научно посматрање, мерење, упоређивање, генерализација, картографска визуелизација и издвајање. Географско-еколошки метод примењиван је у свим фазама израде дисертације. *Метод дескрипције* коришћен је приликом описа просторних одлика Топличког округа и његових геоеколошких детерминанти, као и за квалитативни приказ научних чињеница. На тај начин омогућено је адекватно извођење судова и закључака у фази синтезе, као и у оквиру закључних разматрања. Овај методолошки приступ коришћен је и у поступцима мерења, одређивања тачности положаја и анализе теренских снимака, за потребе компарације и провере резултата картографског моделовања у односу на актуелно стање на терену. Овим је постигнута већа тачност резултата и остварена непосредна интеракција са предметом истраживања. Применом савремених теренских уређаја – дронова, ГПС уређаја, даљиномера и других преносивих инструмената – умањени су недостаци дескриптивних метода и повећана је тачност теренских истраживања.

Посебан значај има и *историјска метода*. У географским истраживањима овим методолошким приступом трага се за релевантном литературом и писаним документима који се односе на подручје истраживања. Она подразумева и проучавање фактографских, статистичких и картографских података, архивске грађе и других извора информација. Историјска метода пружа могућност сагледавања општих карактеристика подручја, као и специфичних појава и облика у простору истраживања. Делимично објашњава постојеће стање и омогућава извођење предикција будућег развоја.

Како би се подаци могли дигитално обрадити, током *теренских истраживања* спроведено је прикупљање података који представљају незаобилазан сегмент израде дисертације. Теренска истраживања су обухватила системско посматрање, као и анализу процеса и појава. За њихово аутоматско евидентирање и геореференцирање у истраживаном геопростору коришћени су фотоапарат, дрон, ГПС уређај и даљиномер. Теренска истраживања пружају могућност лоцирања појава и објеката на терену, одређивању њиховог положаја у географском координатном систему и надморске висине, утврђивању затеченог стања локалитета, као и фотографисања објеката истраживања. Теренска истраживања такође обухватају методолошке поступке статистичког карактера, међу којима су анкетирање и интервјуисање као технике прикупљања података.

Метод инвентаризације подразумева дефинисање и евидентирање свих елемената који могу бити предмет научног разматрања. Обухвата систематично прикупљање података кроз планирање, теренски рад, обраду података и извештавање. Од суштинског је значаја за прецизно утврђивање стварног стања. Инвентаризација обухвата директно пребројавање, мерење, синтезу, систематизацију и класификацију података. Она представља основу за визуелизацију елемената и примену аналитичких методолошких поступака.

Картографија поседује сопствени предмет истраживања – карту, као и сопствени метод који се заснива на специфичним принципима и законитостима. *Картографским методом* обухваћени су процес израде карата и процес спознаје стварности посредством карте. Овај метод има гносеолошки и семиотички смисао (Љешевић & Živković, 2001, стр. 10). Основни задатак картографског метода јесте свеобухватно истраживање и представљање комплексног геопросторног система. Он пружа могућност материјализације сазнања о реалном свету, графичко-визуелне интерпретације тих сазнања и трансформације

геопросторних информација у визуелне форме – карте и 2Д, 3Д, 4Д картографске моделе. Геоинформатичке технологије значајно су прошириле могућности геовизуелизације, чиме је повећана информативна вредност картографских модела. Истовремено су рационализовале поступак њихове израде и унапредиле њихов аналитички потенцијал (Јовановић & Живковић, 2020, стр. 422).

Дигитализација картографије условила је све већу потребу за геореференцираним информацијама и увела нове димензије анализе геопросторних података. Техником геореференцирања велики број хетерогених података интегрише се посредством њихових заједничких геопросторних веза. Геореференцирање омогућава њихову визуелизацију и анализу, што представља један од главних задатака картографије и ГИС-а. *Метод картографске визуелизације* користиће се за приказ резултата свих спроведених анализа, као и за приказ интегралног вредновања подручја истраживања.

Концепт генерализације незаобилазан је у картографском представљању и обухвата више поступака. Њихов заједнички циљ јесте утврђивање и наглашавање тематски значајних објеката и њихових атрибута, уз истовремено изостављање детаља и објеката који се понављају или су од мањег значаја за тематику истраживања. У картографији се првенствено користи *класификација*, која је условљена размером, атрибутима и вредностима атрибута група објеката који се класификују. Овај поступак генерализације подразумева типизацију према кластерима, односно груписање објеката у класе на основу њихових атрибутских вредности. Поступак *поједностављења* користи се ради истицања одређених атрибута и објеката, док се мање значајни елементи елиминишу. *Пренаглашавање*, као један од поступака генерализације, примењује се са циљем да се поједини елементи нагласе, односно прикажу увећано у складу са својим атрибутима, без елиминисања осталих, мање значајних елемената. У процесу визуелизације картографија користи језик карте – графичке и колоритне ознаке, односно симболе. *Симболизацијом* се елементи карте преводе у графичке симболе и постављају у визуелни контекст карте. Концепт генерализације обухвата и поступак *индуkcије*, који се примењује ради дефинисања међусобних односа елемената на карти (Robinson et al., 2009, p. 451–458).

Теледетекционе методе користе даљинске сензоре на сателитима и летелицама за осматрање и регистровање елемената и промена у животној средини, што их чини високо применљивим у истраживањима животне средине. Примењене су у интеракцији са *дигиталним картографским методом* ради израде дигиталних модела висина и анализе рељефних одлика, као и за прикупљање и анализу података о земљишном покривачу. У те сврхе коришћен је модерни ГИС софтверски пакет QGIS 3.40.11 Bratislava, као и екстензије GRASS GIS и SAGA GIS, намењени обради и анализи просторних и сателитских података.

Картографска метода у дисертацији заснива се на примени геоинформатичких метода, односно техника даљинске детекције, ГИС-а и дигиталне обраде слика. Примењиваће се у свим фазама израде дисертације. Обухвата картирање општих карактеристика подручја, као и положајних, физичко-географских и друштвено-географских обележја. Ова метода укључује евидентирање просторног размештаја природних ресурса и анализу њихових промена, као и идентификацију угрожених и заштићених подручја. Такође омогућава вредновање елемената геодиверзитета, идентификацију и рангирање површина погодних за развој одрживог геотуризма, које представљају значајну основу привредног развоја Топличког округа. У оквиру истраживања примењиваће се и додатне методе.

Метод *дигитализације* представља поступак превођења аналогних садржаја у дигитални облик. Примењиваће се кроз коришћење дигитализованих општегеографских карата – крупноразмерних, средњеразмерних и топографских карата различитих размера, као и тематских карата – геолошких, геоморфолошких, педолошких и хидрогеолошких и других.

Циљ је да се методом инвентаризације идентификује што већи број објеката који могу бити дефинисани као елементи геонаслеђа.

Након прикупљања просторних података и идентификације објеката, они су *методом векторизације* преведени у векторски формат. Истовремено су тополошки повезани са ентитетима у геопросторним базама података, у складу са прописаним тополошким односима. Подаци у ГИС-у били су просторно одређени у односу на референтни координатни систем. Само тако дефинисани могли су се користити у геопросторним анализама. У ту сврху примењен је *метод геореференцирања*.

Спроведени поступци дигитализације, теренских истраживања и инвентаризације били су непосредно повезани са *креирањем дигиталних релационих база података*. То је представљало основни предуслов за примену ГИС-а. Ова фаза била је најсложенија и временски најзахтевнија. Обухватала је креирање база података, њихово међусобно повезивање и унос статистичких података. Тако организовани и уређени подаци омогућили су спровођење геостатистичких анализа у ГИС окружењу.

Метод интерполације заснивао се на прикупљању просторних података и њиховој дигитализацији и векторизацији. Након тога, подаци су преведени у одговарајући координатни систем применом геореференцирања. Тако припремљени подаци били су погодни за инвентаризацију, складиштење у базама података и даљу просторну анализу. Њихова просторна дистрибуција приказана је картографским путем.

Бафер анализа представљала је поступак одређивања зона око просторних ентитета. Зоне су дефинисане на основу задате удаљености, чиме је утврђена зона утицаја појединих геоентитета. На тај начин, омогућена је анализа појава у њиховом окружењу. Бафер зоне формиране су око тачака, линија и полигона.

Метод зонирања примењен је у геоеколошким истраживањима и заснивао се на издвајању просторних целина према њиховој намени, укључујући и геотуристичку намену. Туристичко зонирање било је засновано на географским и туристичким принципима, као и на примени аналитичких алата. Обухватало је инвентаризацију, дефинисање методолошког оквира и спровођење поступка зонирања. Зонирање је одражавало карактеристике простора, али је истовремено укључивало и одређени степен субјективности. У процесу су коришћени природни, социоекономски и културни фактори. На основу њих дефинисане су туристичке зоне различитих типова, при чему је ГИС имао улогу основног аналитичког и картографског алата.

Туристичко зонирање представља универзални методолошки принцип поделе територије према природним и туристичким ресурсима који представљају предуслов за формирање квалитетног регионалног туристичког производа (Mirzekhanova & Debelaia, 2015, р. 284). Специфичност туристичког зонирања огледа се у примени географских принципа туристичких маршрута и приступачности локалитета. Оно представља начин повезивања туристичких тачака у оквиру „рутног туризма“, као вида мобилног, односно динамичког туристичког кретања на геоеколошки одрживим принципима. Маршрута представља основни алат туристичког зонирања, док зонирање представља шири ниво просторне организације туристичких активности (Zugianov & Zugianova, 2021, р. 109–110). На тај начин формирају се локални и интеррегионални туристички системи, кластери и туристичке области, који одражавају географске и историјске карактеристике територије.

Примена ГИС моделовања у животној средини обухвата поједностављену репрезентацију и симулацију процеса, појава или система применом одговарајућег ГИС софтвера. Кроз имплементацију математичко-статистичких модела у интерпретацији структурних односа и процеса у животној средини, геоинформатичке методе примењиване су за:

- анализу положајних, природних и друштвених карактеристика подручја;
- анализу морфометријских карактеристика посредством ДЕМ-а;
- аналитичко моделовање ради идентификације површина угрожених ерозивним процесима;
- анализу хидрографске мреже;
- анализу климатских карактеристика;
- анализу биогеографских карактеристика и заштићених подручја;
- инвентаризацију и анализу геодиверзитета и објеката геонаслеђа;
- примену геостатистичких аналитичких модела;
- вредновање доступности геолокалитета применом изохроних карата;
- евалуацију геоеколошког потенцијала за развој геотуризма;
- дефинисање зона развоја геотуризма и презентацију геотуристичких рута;
- презентацију парцијалних и синтезних резултата вредновања геоеколошког потенцијала Топличког округа.

У раду су примењиване и бројне истраживачке технике за прикупљање, анализу и обраду података:

- ГПС уређај и дрон ради прикупљања података на терену;
- ГИС алати за припрему, обраду, моделовање, визуелизацију и анализу података;
- мултиспектрална анализа сателитских снимака у аналитичке сврхе.
- геостатистичко моделовање;
- картографска визуелизација;
- дигитална картографска анализа;
- анкетирање.

4.3 Методолошки приступ изради докторске дисертације

Током израде дисертације примењене су опште и посебне методе у више међусобно повезаних фаза.

У првој фази коришћене су историјска метода и анализа релевантне литературе, докумената и карата. Паралелно су тим спроведена су теренска истраживања. Прикупљени су просторни подаци, утврђени положаји локалитета и евидентирано њихово стање. Спроведена су и анкетирања и интервјуи, што је омогућило примену геостатистичких анализа. На основу прикупљених података формиране су почетне ГИС базе података.

У другој фази примењене су картографска и аналитичко-синтетичка метода. Извршено је картирање геолокалитета и анализа просторних карактеристика Топличког округа. Коришћени су ГИС, дигитални елевациони модели и технике даљинске детекције, што је омогућило издвајање и систематизацију објеката геонаслеђа. На крају ове фазе спроведена је инвентаризација и формирана јединствена база података.

Трећа фаза обухватила је вредновање геонаслеђа. Примењене су квантитативне и квалитативне методе вредновања. Локалитети су класификовани у две групе. Геолошки и геоморфолошки локалитети анализирани су применом GAM и M-GAM модела, док су хидрогеолошки локалитети вредновани SAM методом. Обрада података извршена је у софтверским пакетима *IBM SPSS Statistics* и *Microsoft Excel*. ГИС анализе додатно су унапређене применом интерполације методом инверзне удаљености (IDW), ради прецизније и прегледније визуелизације резултата.

У четвртој фази примењене су напредне ГИС анализе. Коришћене су мрежне анализе и TIN модели, а израђене су и изохроне карте доступности. На основу добијених резултата дефинисани су приоритети заштите и издвојене зоне погодне за развој геотуризма.

Пета фаза је усмерена на примену добијених резултата. У оквиру ове фазе дефинисани су модели одрживог коришћења геолокалитета, а предложене су и туристичке маршруте, као и примена интерактивних карата. На тај начин омогућена је практична примена резултата у развоју геотуризма.

4.3.1 Методе статистичких анализа

Методе евалуације животне средине обухватају квалитативно-квантитативно оцењивање. Оне подразумевају процену вредности појединих елемената природне средине и њихово међусобно упоређивање, како би се добио одговор о њиховој погодности за одређене привредне активности. Валоризација има посебан значај у утврђивању оптималне намене појединих територија и предузимању одговарајућих мера санације, унапређење и уређења простора, што се у значајној мери поклапа са циљевима просторног планирања (Љешевић, 2010, стр. 571).

Дисертација је обухватила вредновање, односно евалуацију геопросторне погодности комплекса животне средине Топличког округа на основу групе критеријума. Основни циљ био је издвајање оних елемената који се могу оценити као посебно вредни, на основу којих је могуће утврдити геоеколошки потенцијал подручја. Анализирани критеријуми пружили су основу за дефинисање начина геотуристичког коришћења ових елемената.

Тренутно стање развоја геотуризма утврдиће се квантитативном проценом геолокалитета. У ту сврху коришћени су GAM и M-GAM методи, намењени вредновању геолошких и геоморфолошких локалитета. Нумеричка SAM метода примениће се у анализи хидрогеолошких локалитета. Обе методе упоредиве су са геостатистичким анализама које се спроводе у ГИС софтверским окружењима.

Методе евалуације заснивају се на стручном мишљењу геоексперата. Подаци су прикупљени анкетама и теренским истраживањима. Циљ представља утврђивање тренутних услова и туристичке вредности геолокалитета. Добијени нумерички подаци приказују образовне и естетске вредности, степен заштите и туристичку погодност локалитета. Они указују на њихове предности и недостатке, а истовремено издвајају области које је потребно унапредити и локалитете којима треба посветити већу пажњу.

4.3.1.1 Geosite Assessment Model (GAM)

Основни индикатори вредновања дефинисани GAM методологијом представљени су у раду Vujičić et al. (2011, p. 366–372). Она представља једну од најкомплекснијих метода вредновања, развијену као комбинација више афирмисаних метода, са одређеним модификацијама. GAM меџел устаљена је и научно верификована метода која је вишеструко примењивана у великом броју стручних и научних публикација (Valjarević et al., 2017, p. 9–10; Pal & Albert, 2018, p. 1–5; Vukoičić et al., 2020, p. 9–17; Petrović, 2025, p. 213–224), а примењена је и у вредновању геолокалитета Топличког округа (Ivanović et al., 2023, p. 7–9).

Статистичким калкулацијама GAM методе претходи анкетно истраживање, којим се прикупљају мишљења геоексперата одабраних према тематици истраживања и познавању истраживаног геопростора. У оквиру анкетног истраживања експерти нумеричким вредностима вреднују сваки од субиндикатора (**Табела 3**).

Табела 3. Анализирани индикатори и субиндикатори GAM и M-GAM модела.

Индикатори/Субиндикатори	Опис
Главне вредности (MV)	
Научна/Едукативна вредност (VSE)	
Реткост ($SIMV_1$)	Број идентичних локалитета у непосредном окружењу.
Репрезентативност ($SIMV_2$)	Дидактичке и "школске" карактеристике локалитета на основу његовог сопственог квалитета и опште конфигурације.
Истраженост локалитета ($SIMV_3$)	Број публикација у признатим часописима, мастер, магистарске и докторске тезе као и друге публикације.
Ниво интерпретације ($SIMV_4$)	Могућности интерпретације геолошких и геоморфолошких процеса, појава и облика.
Пејзажна/Естетска вредност (VSA)	
Видиковци ($SIMV_5$)	Број видиковаца доступних пешачким стазама. Сваки мора пружати поглед из различитог угла и налазити се мање од 1 km од локалитета.
Површина ($SIMV_6$)	Целокупна површина локалитета. Сваки локалитет се разматра у квантитативном односу са другим локалитетима.
Пејзаж и природа у околини ($SIMV_7$)	Квалитет панорамског погледа, присуство воде и вегетације, одсуство оштећења проузрокованог од стране човека, близина урбаног подручја, итд.
Уклапање локалитета у околину ($SIMV_8$)	Степен контраста с природом, контраст боја, облика, итд.
Заштита (VPr)	
Тренутно стање ($SIMV_9$)	Тренутно стање геолокалитета.
Ниво заштите ($SIMV_{10}$)	Локалитет заштићен од стране локалних или регионалних удружења, националних или међународних институција.
Осетљивост ($SIMV_{11}$)	Ниво осетљивости геолокалитета/Подложност природном или антропогеном оштећењу.
Носећи капацитет ($SIMV_{12}$)	Одговарајући број посетилаца на локалитету у исто време који неће угрозити тренутно стање геолокалитета.
Додатне вредности (AV)	
Функционалне вредности (VFn)	
Пристапачност (SI_{AV_1})	Могућности за приступ локалитету
Додатне природне вредности (SI_{AV_2})	Број додатних природних вредности у кругу од 5 km (укључујући и друге геолокалитете)
Додатне антропогене вредности (SI_{AV_3})	Број додатних антропогених вредности у кругу од 5 km
Близина емитивних центара (SI_{AV_4})	Близина емитивних центара
Близина важних путева (SI_{AV_5})	Близина важних путева у кругу од 20 km
Додатне функционалне вредности (SI_{AV_6})	Паркинг, бензинске пумпе, ауто сервис итд.
Туристичке вредности (VTr)	
Промоција (SI_{AV_7})	Ниво промотивних активности.
Организоване посете (SI_{AV_8})	Годишњи број организованих посета геолокалитету.
Близина визиторских центара (SI_{AV_9})	Близина визиторских центара геолокалитету.
Интерпретативне табле ($SI_{AV_{10}}$)	Интерпретативне карактеристике текста и графичког материјала, квалитет, величина и уклапање у окружење.
Број посетилаца ($SI_{AV_{11}}$)	Годишњи број посетилаца
Туристичка инфраструктура ($SI_{AV_{12}}$)	Ниво додатне инфраструктуре за посетиоце (пешачке стазе, места за одмор, канте за отпатке, тоалети итд.)
Водичка служба ($SI_{AV_{13}}$)	Уколико постоји, ниво стручности, знање страних језика, интерпретативне вештине итд.
Услуге смештаја ($SI_{AV_{14}}$)	Услуге смештаја у близини локалитета
Ресторатерске услуге ($SI_{AV_{15}}$)	Ресторатерске услуге у близини локалитета

Анализа геолокалитета применом ове методологије подразумева вредновање кроз две групе вредности, односно индикатора. Прву групу чине Главне научне вредности (MV), које

су дефинисане на основу природних карактеристика геолокалитета. Оне се састоје од три групе индикатора: научно/образовних вредност (VSE), сценских/естетских вредности (VSA) и заштитних вредности (VPr), са укупно 12 равномерно распоређених субиндикатора. За сваки геолокалитет геоексперт оцењују сваки субиндикатор, једном од следећих нумеричких вредности: 0,00; 0,25; 0,50, 0,75 или 1,00 (**Табела 4**). Укупан збир ове три групе индикатора даје коначану вредност индекса Главних вредности:

$$MV = VSE + VSA + VPr = \sum_{i=1}^{12} SIMV_i \quad \text{где је} \quad 0 \leq SIMV_i \leq 1 \quad (1)$$

где SIMVi представља субиндикаторе Главних вредности (MV), при чему је $i = 1, \dots, 12$.

Табела 4. Нумерички параметри анализираних индикатора и субиндикатора GAM и M-GAM модела.

Оцене (0.00-1.00)					
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
$SIMV_1$	Уобичајена појава	Регионална	Национална	Међународна	Јединствена
$SIMV_2$	Нема	Ниска	Средња	Висока	Највиша
$SIMV_3$	Нема	Локалне публикације	Регионалне публикације	Националне публикације	Међународне публикације
$SIMV_4$	Нема	Средњи ниво процеса али тежак за објашњавање људима ван геолошке струке	Добар пример процеса али тежак за објашњавање људима ван геолошке струке	Средњи ниво процеса али лак за објашњење просечног посетиоцу	Добар пример процеса и лак за објашњење просечног посетиоцу
$SIMV_5$	Нема	1	2 до 3	4 до 6	Више од 6
$SIMV_6$	Мала	-	Средња	-	Велика
$SIMV_7$	-	Слаба вредност	Средња	Висока	Највиша
$SIMV_8$	Не уклапа се	-	Неутрално	-	Уклапа се
$SIMV_9$	Тотално уништен (као резултат активности човека)	Веома оштећен (као резултат природних процеса)	Средње оштећен (са очуваним суштинским геоморфолошким особинама)	Благо оштећен	Неоштећен
$SIMV_{10}$	Незаштићен	Заштићен на локалном нивоу	Заштићен на регионалном нивоу	Заштићен на националном нивоу	Заштићен на међународном нивоу
$SIMV_{11}$	Без могућности "опоравка" (са могућношћу потпуног губитка)	Висока (може се лако оштетити)	Средња (може се оштетити природним или људским активностима)	Ниска (може се оштетити само људским активностима)	Не може се озбиљније оштетити
$SIMV_{12}$	0	0 до 10	10 до 20	20 до 50	Више од 50
SI_{AV}_1	Неприступачан	Ниска (само пешке уз посебну опрему и стручне водиче)	Средња (бициклом и другим сличним превозним средствима)	Висока (аутомобилом)	Највиша (аутобусом)
SI_{AV}_2	Нема	1	2 до 3	4 до 6	Више од 6
SI_{AV}_3	Нема	1	2 до 3	4 до 6	Више од 6
SI_{AV}_4	Више од 100 km	100 до 50 km	50 до 25 km	25 до 5 km	Мање од 5 km
SI_{AV}_5	Нема их у близини	Локални пут	Регионални пут	Национални пут	Међународни пут
SI_{AV}_6	Нема	Ниске	Средње	Високе	Највише
SI_{AV}_7	Нема	Локална	Регионална	Национална	Међународна
SI_{AV}_8	Нема	Мање од 12 годишње	Од 12 до 24 годишње	Од 24 до 48 годишње	Више од 48 годишње
SI_{AV}_9	Више 50 km	Од 50 до 20 km	Од 20 до 5 km	Од 5 до 1 km	Мање од 1 km
SI_{AV}_{10}	Нема	Ниског квалитета	Средњег квалитета	Високог квалитета	Највишег квалитета
SI_{AV}_{11}	Нема	Низак (мање од 5000)	Средњи (од 5001 до 10 000)	Висок (од 10 001 до 100 000)	Највиши (више од 100 000)
SI_{AV}_{12}	Нема	Низак ниво	Средњи ниво	Високи ниво	Највиши ниво
SI_{AV}_{13}	Нема	Слабог квалитета	Средњег квалитета	Високог квалитета	Највишег квалитета
SI_{AV}_{14}	Више од 50 km	25–50 km	10–25 km	5–10 km	Мање од 5 km
SI_{AV}_{15}	Више од 25 km	10–25 km	10–5 km	1–5 km	Мање од 1 km

Другу групу чине Додатне вредности (AV), које се односе на процену туристичко-функционалног положаја геолокалитета. Оне се састоје од две групе индикатора – функционалних вредности (VF_n) и туристичких вредности (VTr), са укупно 15 субиндикатора, неједнако распоређених на шест функционалних и девет туристичких субиндикатора (**Табела 3**). Следећи исти принцип вредновања, примењен је поступак сумирања субиндикатора ради добијања укупне вредности индекса Додатних вредности:

$$AV = VFv + VTr = \sum_{j=1}^{15} SIAV_i \quad \text{где је} \quad 0 \leq SIAV_i \leq 1 \quad (2)$$

где SIAV_i представља субиндикаторе Додатних вредности (AV), при чему је $i = 1, \dots, 15$.

Пратећи дефиницију GAM методологије, збир вредности две групе индикатора представља укупну вредност за сваки геолокалитет:

$$GAM = MV + AV \quad (3)$$

За графички приказ укупних резултата евалуације креирана је матрица подељена на девет поља, са по 80 квадратића у сваком пољу. X-осу чине Главне вредности (MV), у распону од 1 до 12, док Y-осу чине Додатне вредности (AV), у распону од 1 до 15. На X оси главне линије мреже имају вредност четири (једна оцена заузима два квадратића, нпр. поље Z₁₁ по X оси има 8 квадратића), док на Y оси имају вредност пет (нпр. поље Z₁₁ по Y оси има 10). У зависности од коначног резултата, сваки геолокалитет позиционира се у одговарајуће поље матрице, на основу чега се утврђује његова „туристичка вредност“. На пример, уколико је локалитет оцењен оценом 8 за Главне вредности а вредношћу 5 за Додатне вредности, укупан збир индикатора износи 13 од максимално могућих 27 поена. У том случају локалитет се позиционира се у Z₂₂ поље матрице, што указује на средњи ниво Главних и Додатних вредности.

Овакав тип евалуације квантитативног је карактера и указује на општу вредност геолокалитета, било да је реч о научној и/или туристичкој вредности. Његова примена у различитим студијама случаја, најчешће на локалитетима геолошког и геоморфолошког карактера, показала се изузетно апликативном. Међутим, GAM модел није подједнако примењив за све типове геолокалитета, нарочито за поједине хидролошке и хидрогеолошке објекте, који захтевају специјализоване приступе вредновању.

Ради бољег сагледавања добијених вредности, стандардни дескриптивни распон оцена (низак, умерен, висок), предвиђен методологијом, благо је модификован. Аутори Ivanović et al. (2023, р. 8) умерени ниво деле на „умерено-низак“ и „умерено-висок“, са циљем јаснијег истицања тенденције геолокалитета ка нижем или вишем нивоу туристичких вредности.

4.3.1.2 Modified Geosite Assessment Model (M-GAM).

Методологија овог модела вредновања геолокалитета дефинисана је у раду Tomić (2011, р. 104–106). Модел је касније унапређен од стране аутора Tomić & Božić (2014, р. 1043–1047), након чега је примењиван у бројним научним публикацијама (Tomić et al., 2014, р. 6–8; Božić & Tomić, 2015, р. 537–539; Jonić, 2018, р. 116–120; Vukoičić et al., 2018, р. 619–625; Pal & Albert, 2018, р. 1–5; Vukoičić et al., 2021, р. 170–173; Pal & Albert, 2021, р. 4–8; Marjanović et al., 2023, р. 277–281; Brđanin et al., 2025, р. 5–8).

Према ауторима, овај модел заснива се на методологији GAM модела, уз задржавање исте структуре индикатора и субиндикатора. Развијен је као надоградња основног модела са циљем добијања још објективнијих резултата вредновања. Основна разлика између GAM и

M-GAM модела огледа се у томе што M-GAM полази од претпоставке да сви индикатори и субиндикатори немају једнак значај приликом процене вредности геолокалитета, што није предвиђено оригиналним GAM моделом. Из тог разлога уводи се фактор важности (Im):

$$Im = \frac{\sum_{k=1}^K IV_k}{K} \quad (4)$$

где IV_k представља нумеричку оцену сваког геоексперта за појединачни субиндикатор, док K означава укупан број стручњака који су учествовали у анкетирању. Фактор важности има вредност у распону од 0,00 до 1,00. Укључивање стручњака спроведено је анкетом. Сваки испитаник оцењивао је значај (Im) свих 27 субиндикатора из GAM табеле.

Фактор важности (Im) пружа могућност стручњацима да изразе своје мишљење о значају сваког субиндикатора, односно да процене колико је поједини субиндикатор важнији у односу на друге приликом вредновања геолокалитета. За коначну вредност фактора важности (Im) сваког субиндикатора узима се средња вредност оцена свих стручњака. Затим се тако добијена вредност множи са оценом геолокалитета за одговарајући субиндикатор у оквиру GAM модела (ГЛ1 до ГЛ15).

Укључивање посетилаца, односно туриста, додатно повећава објективност резултата. Фактор важности пружа и посетиоцима могућност да изразе своје мишљење о значају сваког субиндикатора у моделу. Посетиоци их оцењују на исти начин као што су и стручњаци оцењивали субиндикаторе Главних и Додатних вредности. Процес вредновања од стране геотуриста вршило се путем анкетног истраживања. Оно је обухватило 294 валидна анкетна листа и реализовано је у периоду од октобра 2025. године до средине јануара 2026. године. Испитаници су били туристи и познаваоци локалитета на простору Топлице.

Од сваког испитаника тражено је да оцени важност (Im) свих 27 субиндикатора M-GAM модела вредностима у распону од 0,00 до 1,00. То значи да је сваком субиндикатору додељивана једна од следећих нумеричких вредности: 0,00; 0,25; 0,50; 0,75 или 1,00. Након тога израчуната је просечна вредност за сваки субиндикатор, која представља његову коначну вредност фактора важности.

Добијена вредност затим се множи са вредношћу коју су дали стручњаци (такође од 0,00 до 1,00), а који одражава тренутно стање и вредност одговарајућег субиндикатора. Овај поступак примењује се на сваки субиндикатор у моделу, након чега се добијене вредности сабирају у складу са M-GAM једначином. На тај начин добијају се објективнији и поузданији коначни резултати вредновања, захваљујући укључивању фактора важности (Im).

На овај начин се добија модификована GAM једначина:

$$M - GAM = Im (GAM) = Im(MV + AV) \quad (5)$$

Према M-GAM једначини, фактор важности (Im) множи се са оценом стручњака у GAM моделу. Поступак се примењује на сваки субиндикатор. Због тога су вредности M-GAM субиндикатора увек једнаке или мање од GAM вредности (Tomić & Božić, 2014, p. 1047).

Да би геолокалитет био кандидат за геонаслеђе, мора поседовати изражену специфичност и реткост. Те карактеристике могу бити значајне на локалном, регионалном, националном или међународном нивоу. Због тога је неопходно учешће стручњака у процесу вредновања. Геоексперти процењују значај локалитета на основу јасно дефинисаних критеријума, оцењујући његове научне, едукативне, пејзажне и функционалне вредности.

Нису све вредности подједнако значајне. M-GAM модел омогућава да се истакне релативни значај појединих субиндикатора у укупној оцени и рангирању геолокалитета. Улога посетилаца постаје значајна тек након спроведене валоризације локалитета. Пре тога,

приоритет имају заштита и очување геолокалитета, засновани на његовој репрезентативности, реткости и степену угрожености. Тек након тога следи његова туристичка употреба (Миљковић, 2018, стр. 266).

M-GAM модел укључује и мишљење посетилаца. Њихови ставови могу значајно утицати на уређење локалитета, пре свега у погледу инфраструктуре, функционалности, интерпретације и квалитета туристичких услуга (Tomić & Božić, 2014, p. 1047).

4.3.1.3 Spa Assessment Model (SAM)

Принцип вредновања SAM модела заснива се на истој методолошкој основи као и GAM модел. За потребе SAM модела, индикаторске групе и њихови субиндикатори измењени су и прилагођени предмету вредновања, односно хидрогеолошким објектима.

Један од недостатака GAM модела огледа се у томе што се свим субиндикаторима додељује једнак значај. Тај недостатак превазиђен је увођењем фактора важности (I_m) у M-GAM модел. Стога је фактор значаја задржан и у методолошком приступу SAM модела. Увођењем фактора важности у процес вредновања, сваком субиндикатору додељена је различита тежина, односно значај, на основу субјективног мишљења и осећаја посетилаца. На тај начин задржао се висок степен објективности резултата.

Значај SAM модела огледа се у већем ступњу коришћења фактора важности (I_m), чија је методологија дефинисана у раду Tomić & Košić (2020, p. 3–7), приликом вредновања Копаничко-јастребачке групе бања. Том приликом, вредновањем је обухваћен и део хидрогеолошких локалитета Топличког округа. Према ауторима, вредновање се заснива на двема групама индикатора са већим бројем субиндикатора, које су дефинисали геоексперти и геотуристи.

Прву индикаторску групу чине Природне вредности (NV), које обухватају шест субиндикатора означених ознакама SINV 1–6:

1. Терапеутска вредност термоминералних вода бање – односи се на број различитих типова обољења и медицинских стања која се могу лечити кроз различите облике терапија;

2. Употребна вредност вода – обухвата различите начине њиховог коришћења, као што су лечење, грејање, пиће, флаширање и друге намене;

3. Искоришћеност термоминералних извора – односи се на степен њиховог коришћења и могућност практичне примене;

4. Бројем искоришћених извора – вреднује се удео извора који су у употреби (сви, више од пола, мање од пола или мање од четвртине укупног броја извора);

5. Температура воде – односи се на температурне групе према којима се воде бања могу класификовати. За класификовање коришћена је стандардизована подела објављена у публикацијама Станковић (2000, стр. 75–76) и Вукоичић (2023, стр. 92). Према овој класификацији издвојено је четири група вода: хладне минералне воде (еквивалентне води за пиће); хипотермалне (20–34 °C); хомеотермалне (34–38 °C); и хипертермалне (више од 38 °C);

6. Хемијски састав – односи се на број различитих минералних група које вода бање садржи. Коришћена је класификација према којој су термоминералне воде подељене на осам типова: алкалне, алкално-муријатичне, муријатичне, гвожђевите, сумпорне, јодиране и радиоактивне воде (Tomić & Košić, 2020, p. 4).

Другу група индикатора чине Туристичке вредности (TV), који обухватају 12 субиндикатора обележених ознакама SITV 1–12. Прва два субиндикатора односе се на спортско-рекреативне могућности, као и на стручност медицинског особља и квалитет здравствене неге. Они су оцењени као кључни елементи који унапређују квалитет

туристичког доживљаја бањских дестинација. Преостали субиндикатори дефинишу квалитет туристичког производа и употпуњују доживљај бањског подручја. Они се односе на квалитет смештајних и угоститељских објеката, додатну туристичку инфраструктуру, природне и културне вредности у окружењу, квалитет саобраћајне инфраструктуре, маркетиншке и промотивне активности, као и допринос локалној заједници. Њихов значај је велики за укупан развој и конкурентност сваке туристичке дестинације.

Процес вредновања састоји се из два дела. У првом делу сваки од вреднованих локалитета оцењује се према појединачним субиндикаторима дефинисаним SAM моделом. Вредновање спроводе геоексперти, који сваки субиндикатор оцењују вредностима од 1 до 4 (Табела 5).

Табела 5. Анализирани индикатори и субиндикатори SAM модела (Tomić & Košić, 2020, p. 5).

Главни индикатори / Суб-индикатори	Објашњење вредности оцена			
<i>Природне вредности (NV)</i>				
Терапеутска вредност бањских термоминералних вода (колико различитих врста медицинских стања и болести се лечи различитим врстама терапије) (SINV1)	1 – један или два услова	2 – три услова	3 – четири или пет услова	4 – више од пет услова
Употребна вредност воде (у које сврхе се може користити - грејање; флаширање и пиће; лечење - балнеотерапија; рекреативне сврхе - базени и сауне; производња електричне енергије) (SINV2)	1 – једна или две сврхе	2 – три сврхе	3 – четири сврхе	4 – више од четири сврхе
Коришћење термоминералних извора (да ли се користе за све за шта би могли да се користе) (SINV3)	1 – ниска искоришћеност	2 – средња искоришћеност	3 – висока искоришћеност	4 – пуно искоришћење
Број коришћених извора (у зависности од броја тренутно коришћених извора) (SINV4)	1 – мање од 1/4	2 – мање од половине	3 – половина или више	4 – сви
Температура воде (колико различитих температурних група припадају воде бање) (SINV5)	1 – једна група	2 – две групе	3 – три групе	4 – четири групе
Хемијски састав (колико различитих хемијских група се могу сврстати воде бање према садржају растворених минерала) (SINV6)	1 – једна или две групе	2 – три групе	3 – четири или пет група	4 – више од пет група
<i>Туристичке вредности (TV)</i>	Објашњење вредности			
Могућности за спорт и рекреацију (постојање спа и велнес програма, спортских терена, базена и сличних садржаја) (SITV1)	1 – Ниска	2 – Средња	3 – Висока	4 – Одлично
Стручност медицинског особља и квалитет неге (SITV2)	1 – Ниска	2 – Средња	3 – Висока	4 – Одлично
Квалитет смештајних објеката и услуга у хотелу (SITV3)	1 – Ниска	2 – Средња	3 – Висока	4 – Одлично
Квалитет услуге у ресторану (SITV4)	1 – Ниска	2 – Средња	3 – Висока	4 – Одлично
Бањско окружење и околна инфраструктура (паркинг, туристичка сигнализација, пешачке стазе, одморишта, канте за смеће, тоалети) (SITV5)	1 – Ниско	2 – Средње	3 – Високо	4 – Одлично
Додатне природне вредности (број додатних природних вредности у радијусу од 50 km) (SITV6)	1 – 1	2 – 2 до 3	3 – 4 до 6	4 – Више од 6
Додатне културне вредности (број додатних културних вредности у радијусу од 50 km) (SITV7)	1 – 1	2 – 2 до 3	3 – 4 до 6	4 – Више од 6
Близина емисивних центара (SITV8)	1 – више од 200 km	2 – 200 до 100 km	3 – 100 до 50 km	4 – Мање од 50 km
Близина важних путних мрежа (значај саобраћајница у радијусу од 20 km) (SITV9)	1 – Локални	2 – Регионални	3 – Национални	4 – Међународни
Маркетиншке и промотивне активности (ниво и број промотивних ресурса) (SITV10)	1 – Локални	2 – Регионални	3 – Национални	4 – Међународни
Допринос локалној заједници (стварање нових радних места, нове могућности за локално пословање) (SITV11)	1 – Мали	2 – Средњи	3 – Велики	4 – Изузетни
Погодност за посебне потребе (могућности организовања разних догађаја/конференција) (SITV12)	1 – Ниједан	2 – Ниска	3 – Средња	4 – Висока

У другом делу, кључни елемент вредновања SAM методом представља фактор важности (Im). За разлику од M-GAM модела, у којем се фактор важности заснива и на ставовима геоексперата, SAM модел укључује само ставове посетилаца. Посетиоци су подељени у две групе према сврси посете, на рекреативне и здравствене туристе. Оваква

подела чини процес вредновања прецизнијим. Сваки испитаник оцењује значај појединачних субиндикатора путем анкетног истраживања. Према SAM методологији, сваки од 18 субиндикатора вреднује се оценама од 0,00 до 1,00 (0,00; 0,25; 0,50; 0,75 или 1,00). Фактор важности (Im) израчунава се према једначини (Tomić & Božić, 2014, p. 1047):

$$Im = \frac{\sum_{k=1}^K IV_k}{K} \quad (6)$$

где IV_k представља нумеричку оцену сваког посетиоца за појединачни субиндикатор, док K означава укупан број анкетираних посетилаца. Фактор важности има вредност од 0,00 до 1,00. Вредност 0,00 означава најмањи, а вредност 1,00 највећи значај субиндикатора.

Након оцењивања, израчунава се укупна вредност фактора важности за сваки субиндикатор, а затим се дели укупним бројем испитаника. На тај начин добија се његова просечна вредност. Калкулација се спроводи одвојено за рекреативне туристе (Im_1) и здравствене туристе (Im_2). Добијене вредности фактора важности множе се са оценама које су геоексперти доделили сваком геолокалитету (од 1 до 4). Резултат представља коначну вредност појединачног субиндикатора.

Након тога сабирају се све вредности субиндикатора, чиме се добија укупан збир Природних вредности (NV):

$$NV = \sum_{i=1}^n Im_i^* NV_i \quad (7)$$

односно укупан збир Туристичких вредности (TV):

$$TV = \sum_{j=1}^n Im_j^* TV_j \quad (8)$$

где Im_i представља вредност фактора важности за сваки од шест субиндикатора Природних вредности ($i = 1, \dots, 6$), док Im_j представља вредност фактора важности за сваки од 12 субиндикатора Туристичких вредности ($j = 1, \dots, 12$).

Пратећи дефиницију SAM методологије, збир вредности две групе индикатора представља укупан резултат за сваки геолокалитет:

$$SAM = NV + TV \quad (9)$$

По узору на GAM и M-GAM методологију, за графички приказ резултата креирана је SAM матрица. X-осу чине Природне вредности (NV), у распону од 0 до 24, док Y-осу чине Туристичке вредности (TV), у распону од 0 до 48. Матрица је подељена на девет поља (Z_{ij} ; $i, j = 1, 2, 3$), а њена структура заснована је на резултатима евалуације. Главне линије мреже постављене су на интервалима од 8 јединица на X-оси и 16 јединица на Y-оси.

Сваки геолокалитет позиционира се у одређено поље матрице, на основу чега се одређује његова туристичка вредност. SAM модел предвиђа две позиције за сваки локалитет: једну на основу оцена рекреативних туриста, а другу на основу оцена здравствених туриста. Овакав приступ омогућава прецизнију квантитативну евалуацију хидрогеолошких локалитета.

Као и код GAM модела, ради бољег сагледавања добијених вредности, стандардни дескриптивни распон оцена (низак, умерен, висок) благо је модификован. Умерени ниво подељен је на умерено-низак и умерено-висок, чиме је омогућено јасније уочавање тенденције геолокалитета ка нижим или вишим нивоима туристичких вредности (Ivanović et al., 2023, p. 8).

4.3.2 ГИС аналитичке методе

Геостатистичке анализе и процесуирање података спроведени су коришћењем софтверског пакета QGIS 3.40.11 Bratislava (*Quantum Geographical Information System*). У оквиру софтверског пакета, за обраду података и геопросторне анализе примењен је SAGA GIS (*System for Automated Geoscientific Analyses*).

Примењени су поступци дигитализације, векторизације и геореференцирања. Коришћена је растерска мрежа са геореференцираним координатама, док су границе Топличког округа дефинисане у векторском формату. Оне су повезане са локацијама геолокалитета путем .csv датотека припремљених у програму *Microsoft Excel*. За анализу је коришћен SRTM DEM просторне резолуције 30 m. У ГИС окружењу извршено је издвајање (енг. *clip*) подручја истраживања према границама Топличког округа. За потребе геостатистичког моделовања примењена је метода интерполације *Inverse Distance Weighting* (IDW) (Ivanović et al., 2023, p. 8).

На основу просторног распореда геолокалитета и резултата статистичких вредновања креирани су површински растери, који омогућавају бољу визуелизацију просторне расподеле вредности. Након рекласификације растера, коришћен је додатак *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) за анализу класа и површина утицаја геолокалитета.

Сви наведени поступци заснивају се на принципима геопросторне статистике и примењују се у евалуацији простора Топличког округа за потребе геотуризма. Овај приступ омогућава анализу просторних образаца и њихово поређење са теоријским моделима (Шушњар, 2024, стр. 26). Методе геопросторне статистике представљају специјализован облик статистичке анализе и користе се за интерпретацију геореференцираних података уз примену ГИС алата. У изради дисертације примењене су у:

- просторним интерполацијама – метода инверзног пондерисања растојања (*Inverse Distance Weighting – IDW*) примењена је за креирање растерске дистрибуције климатских параметара и визуелизацију вредности геолокалитета добијених GAM, M-GAM и SAM методама;
- триангулационим неправилним мрежама (*Triangulated Irregular Network – TIN*) – примењеним за креирање растерских вредности и дигиталног елевационог модела рељефа (DEM);
- изохроним анализама – растерски базираним, примењеним са циљем дефинисања просторно-временских модела приступачности и доступности геолокалитета.

4.3.2.1 Inverse Distance Weighting (IDW)

Метод интерполације заснива се на просторним подацима који за посматрану локацију обезбеђују посматрану вредност. Представља поступак прогнозирања вредности атрибута у произвољној локацији, на основу мерења извршених у познатим тачкама које су у оквиру истог полигона, односно одређеног подручја истраживања. Користи се за претварање података из форме тачкастих опажања у непрекидна поља, чиме се омогућава поређење просторних карактеристика узоркованих овим мерењима са просторним карактеристикама других просторних ентитета. Непрекидна поља добијена интерполацијом могу се представити изолинијама (изоплетама), дискретним правилним гридовима или неправилним елементима. Структуре података које се том приликом користе су правилни гридови (растерске слике), контурне линије или неправилне триангулационе мреже (TIN). Ови начини приказа често се комбинују ради јасније визуелизације, потпунијег уочавања и перцепције.

Атрибути прогнозирани интерполацијом изражавају се онако како су мерени или као индикаторске функције које се могу оценити. Ове индикаторске функције дефинишу вероватноћу да се дата вредност може појавити у класи или је вредност изван граничних вредности. Методе интерполације представљају стандардан метод картографских приказа (Borrough & McDonnell, 1998, p. 130–131).

Постоји више метода интерполације, али је у дисертацији приоритет дат IDW методу. Она припада локалним детерминистичким методама просторне интерполације. IDW представља једну од најчешће коришћених метода за израду карата просторне расподеле вредности. Једноставна је за примену и заснива се на претпоставци да се утицај познатих вредности смањује са повећањем удаљености од непознате тачке. Метода комбинује принципе суседности Тисенових полигона и постепених промена тренд-површи. Она омогућава претварање дискретних мерења у континуалну просторну дистрибуцију. У ГИС окружењу користи се за креирање растерских површина из тачкастих података, и пружа јасан и прегледан приказ просторне расподеле вредности.

У великој мери користи се за мапирање просторне расподеле променљивих. Представља егзактну и конвексну методу интерполације која је погодна за континуалне моделе просторне варијације. Заснована је на локацијски одређеним вредностима добијеним са познатих локација, које се користе за процену вредности посматране променљиве, на новим неизмереним локацијама. Основни принцип IDW интерполације јесте коришћење пондерисане линеарне комбинације скупа узоркованих тачака. Притом се тежина сваке тачке одређује на основу њене удаљености од локације за коју се врши процена вредности. IDW се ослања на две статистичке и математичке методе, како би се креирале површине и израчунала предвиђања неизмерених тачака (Khouni et al., 2021, p. 5). Поједностављено, метода обрађује скуп узоркованих тачака ($L_1, L_2, \dots, L_n$) и на основу њих израчунава вредност за нову локацију L (Paul i Agusti, 2018, p. 108).

IDW полази од претпоставке да свака мерена тачка има локални утицај на посматрану локацију, која се смањује са повећањем растојања. Заснива се на претпоставци да оближње вредности више доприносе интерполираним вредностима него удаљена посматрања. Веће тежине дају се тачкама најближим локацији предвиђања, а тежине се смањују у функцији удаљености где је локална варијабилност дистанце изузетно значајна. Што су тачке ближе интерполираној локацији, њихов утицај је већи. Тако се тачка удаљена 1 km од интерполиране локације сматра значајнијом од оне удаљене 2 km (Heuwood et al., 2011, p. 198). Ова метода сматра се посебно погодном за дисперзију груписаних тачака (кластера) у локалном простору, какви су истраживани геолокалитети.

Поред тога, IDW омогућава предикције. За предвиђање вредности у било којој неизмереној локацији користиће се измерене вредности из њеног окружења, при чему њихов допринос зависи од удаљености од посматране локације. Метод одликују једноставност примене, јасна и ефикасна интерпретација резултата, интуитивност и карактеристичан „bull’s eye“ ефекат (Ivanović et al., 2023, p. 8).

Метода IDW интерполације коришћена је у анализи GAM вредности само у публикацији Ivanović et al. (2023, p. 9). У области туризма, ова метода је, уз ГИС имплементацију, коришћена у процени и зонирању туристичког потенцијала руралних подручја (Dona & Pora, 2013, p. 134–137), планирању одрживог туризма (Aminu et al., 2015, p. 6527–6529), евалуацији туристичке погодности издвојених мочвара и влажних станишта у Румунији (Lupei et al., 2017, p. 5–8), анализи друштвене мреже *Instagram* за потребе туриста у Монтевидеу, Уругвај (Paul i Agusti, 2018, p. 108–112), мапирању емоција у урбаним подручјима (Shoval et al., 2018, p. 38–40), процени просторне дистрибуције туристичког климатског индекса у провинцији Фарс у Ирану (Masoudi, 2021, p. 2–7), поређењу

пројектоване и перципиране слике туристичких дестинација у Сенегалу (Paul i Agusti, 2022, p. 2041–2045), као и у зонирању туристичких потенцијала у Индији (Raha & Deb, 2025, p. 103–113).

Општа формула IDW методе интерполације је (Shepard, 1968, p. 518):

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i z_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i}, \quad \omega_i = \frac{1}{d_i^p} \quad (2)$$

где Z представља интерполисану вредност; z_i познату вредност у тачки; n укупан број познатих вредности коришћених у интерполацији; d_i дистанцу између познате и интерполисане тачке; p представља вредносни параметар где се тежински коефицијент смањује како се дистанца између интерполираних тачака повећава; вредносни параметар је експонент растојања између тачака, дефинисан најчешће коришћеном вредношћу a у пракси се најчешће користи вредност = 2 (Милентијевић, 2021, стр. 41).

Приликом истраживања, добијене нумеричке вредности индикатора M-GAM и SAM модела за сваки геолокалитет коришћене су за конверзију у просторне вредности применом IDW методе. На тај начин, креирани су растери који омогућавају визуелизацију интерполисане просторне расподеле вредности. Укупни резултати M-GAM и SAM вредновања биће приказани коришћењем добијених растера, чиме је омогућена боља визуелизација туристичких вредности геолокалитета и анализа просторне дисперзије нумеричких вредности. Након рекласификације површинских растера, применом додатака *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) извршена је анализа класа и мерење површина гравитационих утицаја истраживаних геолокалитета у креираном растерском приказу.

4.3.2.2 Мрежне анализе – метода изохрона

Могућности примене ГИС-а у просторном планирању, просторној организацији и развоју туризма су велике. Планирање туризма захтева прикупљање, обраду и анализу просторних података. Све локације и њихове међусобне везе анализирају се у просторном контексту, а ГИС омогућава спровођење таквих анализа и пружа подршку процесу туристичког планирања. ГИС има широку примену у туризму. Користи се за инвентаризацију туристичких ресурса, њихову анализу и евалуацију, картографску визуелизацију и планирање туристичког развоја. Омогућава одређивање локација, анализу доступности и креирање туристичких рута (Ivanović i sar., 2024, str. 480). Упркос широком спектру примене ГИС-а у сфери туризма, његова употреба у сложеним просторним анализама и даље је релативно ограничена и занемарљива (Lepetiuk et al., 2023, p. 167).

Савремена истраживања све више истичу значај доступности туристичких атракција. Анализа доступности представља важан сегмент туристичког планирања и процеса доношења одлука. Заснива се на анализи саобраћајне мреже, мобилности туриста и мерењу доступности од специфичних интересних тачака (Ivanović i sar., 2024, p. 480).

Геолокалитети представљају значајне ресурсе за плански развој туризма. Велики део методолошких приступа евалуације геолокалитета усмерен је на њихову јединственост која је наглашена. Међутим, и „допунске“, односно техничке карактеристике, као што је приступачност, заслужују посебну пажњу, јер утичу на употребну вредност и могућност испољавања њихових јединствених особина. Туристичка приступачност геолокалитета, односно могућност да се они посете, доживе, посматрају, опишу, опијају, истражују и узоркују, од суштинског је значаја за њихову естетску, функционалну, истраживачку, едукативну и употребну вредност. Доступност није важна само за посетиоце и геотуристе,

већ и за научнике, студенте и стручњаке, којима геонаслеђе представља стручну преокупацију (Mikhailenko et al., 2021, p. 1080). У стручној и научној литератури често се дефинишу два облика приступачности туристичких тачака. Први се односи на транспортну приступачност, која обухвата транспортне могућности и транспортну удаљеност, док други подразумева физичку приступачност, односно начин досезања ових тачака у односу на карактеристике рељефа, педолошки састав или вегетациони покривач (Warowna et al., 2016, p. 4).

У методологијама GAM, M-GAM и SAM приступачност представља важан субиндикатор везан за физичку могућност доласка до геолокалитета. Оцењује се као квалитативна и нумеричка карактеристика која захтева дескрипцију. Везана је за приступне саобраћајнице, безбедност и физичке способности посетилаца.

Иако поседује значајан аналитички потенцијал, ГИС приступ знатно се ређе користи у анализи приступачности. Моделовање приступачности у ГИС-у заснива на мрежним анализама. Мреже представљају системе међусобно повезаних линијских ентитета са тачкама укрштања (чворовима), посредством којих се остварује њихова конекција. У ГИС окружењу многи векторски ентитети, као што су саобраћајнице или речни токови, могу се представљати у мрежном облику.

Један од важних приступа у оквиру мрежних анализа приступа је метода изохроних карата. Оне приказују зоне једнаке просторно-временске доступности, и пружају представе о гравитационим зонама које су геометријске и реалне (Савић, 1969, стр. 177). Заснивају се на методу изолинијског картографисања повезаним са израдом изополигона, који се формирају на основу просторних анализа и интерполационих поступака. Примењују се у просторном планирању, анализама приступачности и дефинисању туристичких рута.

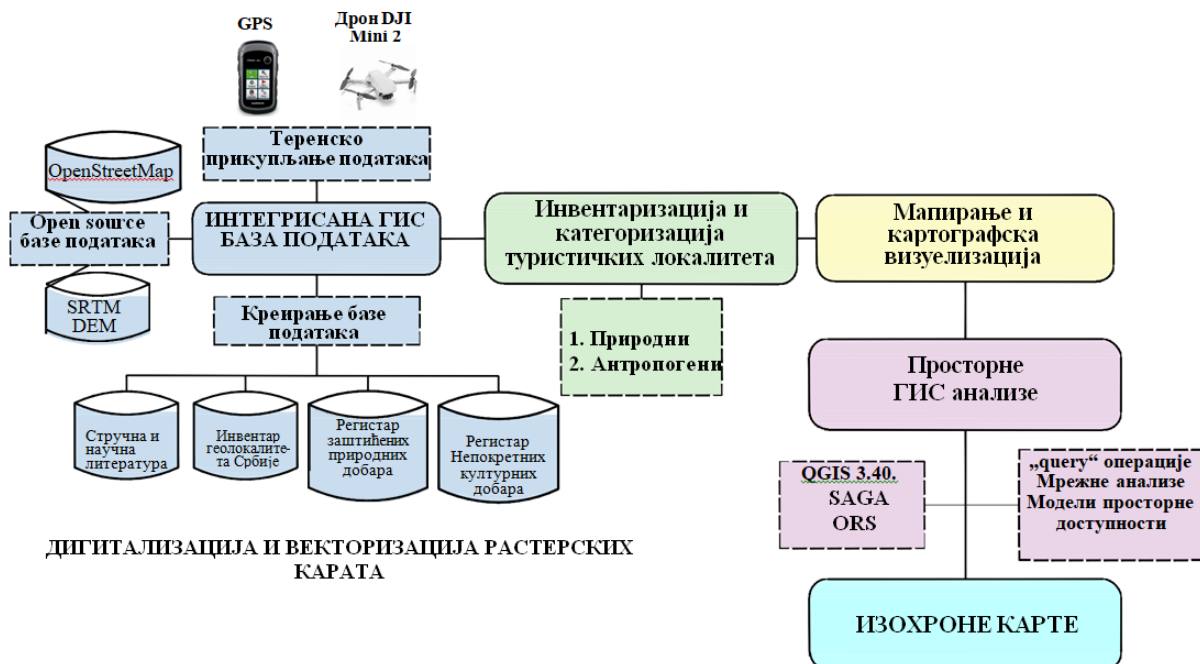
Туристички приступ изохроних карата заснива се на претпоставци да приступачност представља критеријум који примарно и пресудно утиче на туристичку подобност. Управљање геотуристичким ресурсима и туристичко оспособљавање геолокалитета у великој мери су повезани са овим критеријумом. Неприступачни локалитети захтевају значајна инфраструктурна улагања, што може утицати на економску оправданост њиховог туристичког коришћења. Изохроне карте омогућавају анализу гравитационих зона и приступачности кроз временску дистанцу. Оне анализирају простор и тачке интереса, као што су туристичка инфраструктура, туристичке атракције и геолокалитети, као и њихове међусобне просторно-временске односе (Ivanović et al., 2023, p. 9).

Савремена истраживања користе ГИС и изохроне моделе у планирању туризма. Они се примењују у анализи туристичких рута, доступности и зонирању туристичких подручја. ГИС алати чине поступак картографске визуелизације значајно поједностављеним. Изохрона метода користи ГИС базирану саобраћајну мрежу за анализу саобраћајне приступачности геолокалитета, одређивањем њиховог просторно-временског домета.

У овој дисертацији, као идејно-методолошки приступ изохроној анализи геолокалитета, примењен је ГИС-базиран приступ “15-minutes neighbourhoods”. Овај приступ је иницијално научно верификован и примењиван у анализи пешачке доступности, временског домета и креирању изохроних карата урбаних подручја Парме (Zazzi et al., 2018, p. 89–92; Barbara et al., 2021, p. 6–12) и Бреше (Rossetti et al., 2020, p. 6–8). У условима Топличког округа примењен је у анализи доступности геолокалитета и туристичких локалитета у урбаном подручју Града Прокупља (Ivanović i sar., 2024, str. 481–485). Концепт се заснива на креирању зона доступности у оквиру дефинисаних временских интервала, при чему се као основни интервал користи временски период од 15 минута. Основни методолошки приступ прилагођен је условима Топличког округа, при чему су у обзир узети

различити облици кретања, као што су пешачење и различити облици моторизованих саобраћајних средстава.

Изохрона анализа заснива се на саобраћајној мрежи као основи аналитичког моделовања. За њено спровођење неопходна је квалитетна геопросторна база података. Мрежни атрибути морају укључивати максималну и просечну брзину кретања, категорију саобраћајница, нагиб путева, присутност семафоризованих раскрсница, сужења, мостова, тунела и друге елементе који могу утицати на временски оквир путовања. Резултати анализе у великој мери зависе од тачности и ажурираности улазних података. Ограничења могу настати због нестандардних фактора из реалног окружења, као што су радови на путу, обилазнице, саобраћајне незгоде и других фактора, али и због непотпуних или неажурних података. Анализа истовремено укључује и просторне податке о туристичким и геотуристичким локалитетима, који представљају циљне анализе приступачности (Слика 7).



Слика 7. Шематски приказ изохроног методолошког приступа (преуређено на основу Ivanović i sar., 2024, str. 482).

За потребе дисертације, у примени концепта „15-minutes neighbourhoods” коришћен је ГИС софтверски пакет QGIS 3.40.11 Bratislava, као и екстензије GRASS GIS и SAGA GIS. На тај начин извршена је синтезација, визуелизација и картографски приказ геолокалитета и изохроних зона са 15-минутним временским интервалима.

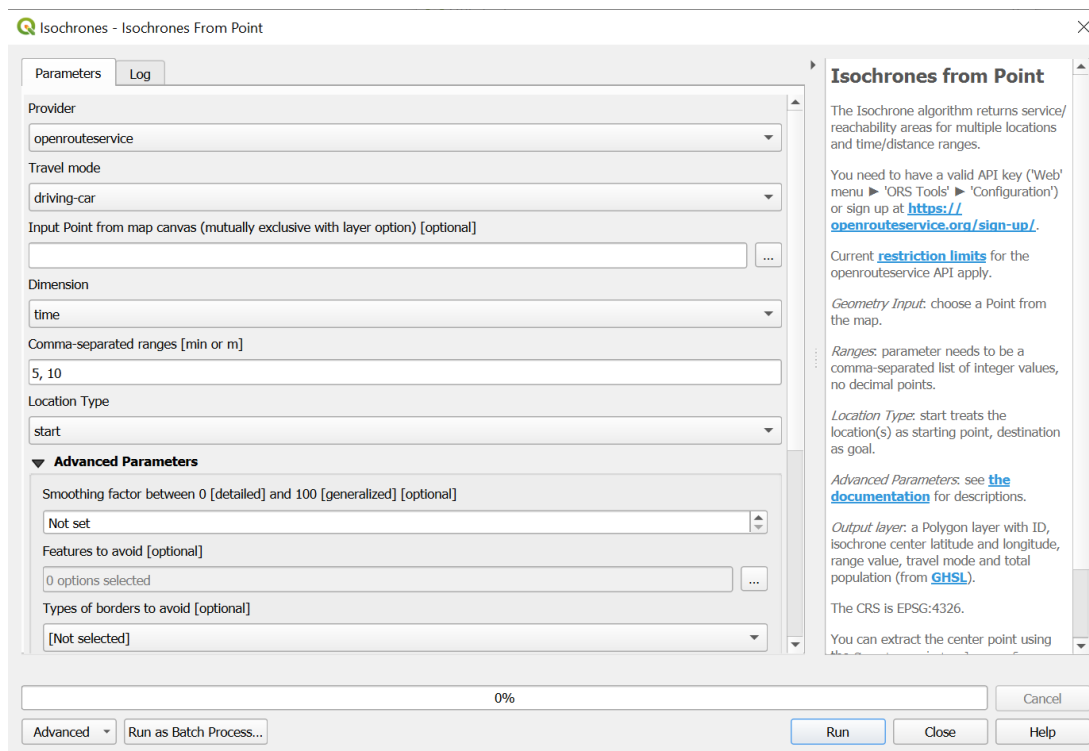
Креирање геопросторних база података представља дуготрајан и захтеван процес. Због тога Новковић (2022, стр. 113) препоручује коришћење већ формираних и уређених векторских база података са платформе *OpenStreetMap* (OSM). Ова платформа је отвореног формата, поуздана и компатибилна са QGIS софтвером.

У складу са тим, за формирање саобраћајне мреже Топличког округа коришћене су специфичне „query” операције над OSM подацима. На тај начин креирана је векторска карта саобраћајне мреже, погодна за анализу и визуелизацију туристичких садржаја и њихове просторно-временске дистрибуције. Преузета база података није била у потпуности комплетна, због чега је допуњена подацима са сајта ЈП „Путеви Србије д.о.о.” (Путеви Србије, 2026). На тај начин обезбеђени су услови за примену изохроног модела.

За израду изохроних карата постоји више приступа. У раду је коришћена платформа *OpenRouteService* (ORS), заснована на OSM подацима и компатибилна са QGIS софтвером. ORS представља бесплатан API сервис отвореног кода, развијен од стране Хејделбершког института за геоинформационе технологије (HeiGIT). Платформа је доступна путем веб-сајта (*OpenRouteService*, 2026), као и кроз QGIS додатак *ORS Tools*. Њихова синергија у ГИС софтверу омогућава генерисање дводимензионалних (2D) изохроних зона на основу геопросторних података.

Приликом креирања изохрона, ORS алгоритам дозвољава подешавање различитих параметара у складу са потребама анализе (**Слика 8**). Корисник сам дефинише параметре који се односе на почетну (задату) тачку, врсту транспортног средства, начин генерисања изохрона (на основу времена путовања или пређене дистанце), распона изохроних зона и додатних подешавања параметара.

Генерисање изохроних зона израчунава се за сваки сегмент мреже. Као основу алгоритам користи просечна ограничења брзине и друге атрибуте саобраћајне мреже, као што су тип и категорија саобраћајница, нагиб пута, врста коловозне подлоге и додатна саобраћајна ограничења (сужења, једносмерне улице и сл.). Посебна предност алгоритма огледа се томе у примени променљивих брзина, прилагођеним карактеристикама саобраћајне инфраструктуре. Алгоритам сагледава и „фактор кашњења“ (пешачке прелазе, семафоризоване раскрснице, зелене површине), који су непроменљиви односно ретко променљиви. Оваквим приступом обезбеђује се реалније моделовање и постиже се висока прецизност. Грешка у позиционирању изохроних зона је минимална и износи до око 2 метра.



Слика 8. Подешавање параметара ORS сервиса у QGIS 3.40.11 софтверу.

OpenRouteService има одређена ограничења. Тачност генерисаних изохроних зона у великој мери зависи од квалитета и ажурности *OpenStreetMap* базе података. Брзине кретања које алгоритам користи су моделоване и не одражавају увек стварне услове. Алгоритам не

узима у обзир тренутно стање саобраћаја, укључујући саобраћајне незгоде, радове на путу, саобраћајна загушења, привремене застоје или неповољне временске услове и природне катастрофе. Због тога изохроне зоне представљају процену, а не стварно стање у реалном времену.

Присутна су и одређена техничка ограничења сервиса, који се пре свега односе на број бесплатних API захтева. Међутим, број захтева доступан по једном API кључу довољно је велики и омогућава спровођење исцрпних истраживања. API кључ се може и надоградити у случају да број бесплатних захтева није довољан.

Циљ анализе јесте да се употребом векторске саобраћајне мреже, утврди приступачност геолокалитета, на основу које се процењује њихова погодност за туристичке посете. На тај начин изохроне карте служе као основа за ефикасније планирање и организацију геотуризма у Топличком округу. Оне омогућавају рационалнију организацију туристичких активности и боље управљање туристичким ресурсима. На основу резултата анализе, геолокалитети ће бити класификовани према доступности. Разликују се високо доступни, умерено-високо доступни, умерено-ниско доступни, ниско доступни и недоступни локалитети. Свакој категорији доделиће се одговарајући вредносни ранг.

5. ГЕОГРАФСКИ ПОЛОЖАЈ И ГРАНИЦЕ ИСТРАЖИВАНОГ ПОДРУЧЈА

Топлички округ добио је име по реци Топлици и географској субрегији Топлица. И река и регија назване су по бројним термоминералним изворима – топлицама. Назив потиче од старословенског придева „топал“, који указује на основну природну одлику овог простора. Данашња Куршумлија некада је такође носила назив Топлица (Рудић, 1978, стр. 7). Најранији помен овог подручја забележен је у повељама византијског цара Василија II из 1020. године, издатим након победе над Самуилом (Стевановић, 2020, стр. 10–11).

Са административним седиштем у Граду Прокупљу, Топлички округ представља један од 29 управних округа Републике Србије. Просторно припада мезорегији Јужна Србија и обухвата већи део географске субрегије Топлица (Павловић, 2019, стр. 168). Према физичкогеографским обележјима, представља планинско-котлинско-долинску микрорегију (Ivanović et al., 2023, p. 3).

Источну границу чини долина Јужне Мораве, док се на западу простиру југоисточни делови Копаоничких планина. Северна граница прати највише врхове Великог и Малог Јастрепца, а јужна граница највише делове планинског система Радан-Видојевица-Пасјача (Ivanović et al., 2023, p. 3).

Субрегија Топлица се у великој мери поклапа са границама слива реке Топлице, око 73% (Стевановић, 2020, стр. 11). Најнижи део тока ове реке, код њеног ушћа у Јужну Мораву, припада Нишавском округу. Део области Добрич, иако припада субрегији Топлица, такође не улази у састав Топличког округа. Округ не обухвата ни изворишни део реке Топлице на падинама Копаоника. Са друге стране, у његов састав улази део слива реке Расине, укључујући већи део тока реке Блаташнице до Јанкове клисуре у општини Блаце. Округу припада и горњи део слива Пусте Реке са вишим делом акумулације Брестовац.

5.1 Границе Топличког округа

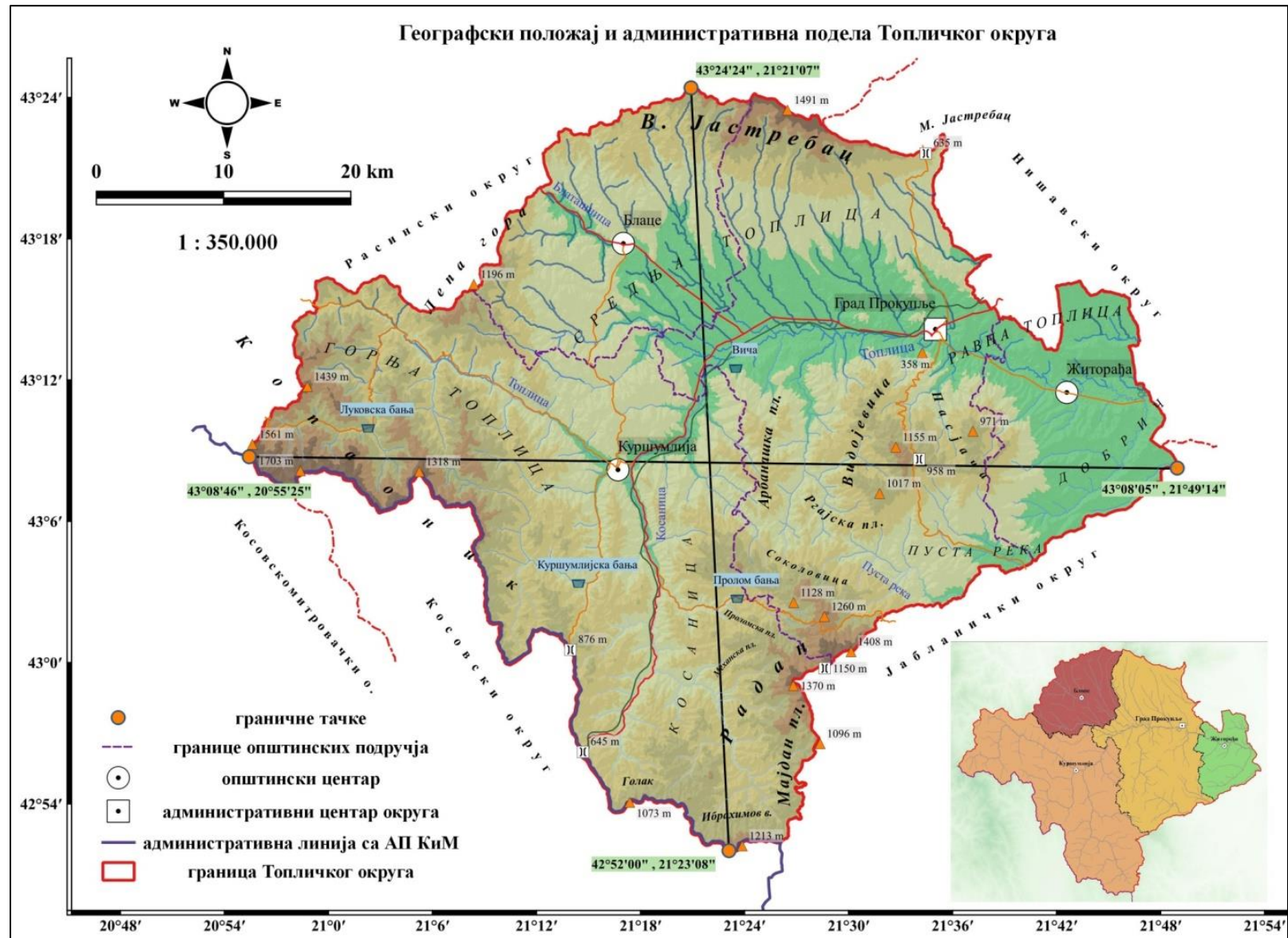
Према административној подели Републике Србије, Топлички округ припада Јужној Србији и граничи се:

- на истоку и североистоку са Нишавским округом (СО Алексинац, СО Мeroшина и СО Дољевац);
- на западу са Косовскомитровачким округом (СО Лепосавић);
- на северу и северозападу са Расинским округом (Град Крушевац и СО Брус);
- на југу са Јабланичким округом (Град Лесковац, СО Бојник и СО Медвеђа);
- на југозападу са Косовским округом (СО Подујево) (**Прилог 2**).

Математичко-географски положај одређен је на основу геореференцираних топографских карата размера 1:25.000, 1:50.000 и 1:100.000, као и помоћу ГИС софтвера QGIS 3.40.11 Bratislava. Најисточнија тачка Топличког округа налази се на координатама 43°08'05" с.г.ш. и 21°49'14" и.г.д., у долини Пусте Реке у општини Житорађа, западно од села Доњи Дреновац, на надморској висини од око 220 m. Најзападнија тачка округа налази се на координатама 43°08'46" с.г.ш. и 20°55'25" и.г.д., у рејону врха Чардак 1561 m н.в. на Копаонику, на тромеђи Косовскомитровачког, Расинског и Топличког округа. Ваздушна удаљеност између ове две тачке износи око 73,03 km.

Најсевернија тачка налази се на координатама 43°24'24" с.г.ш. и 21°21'07" и.г.д., северозападно од врха Гаврануша 1130 m н.в., једног од највиших врхова Великог Јастрепца. Најјужнија тачка налази се на координатама 42°52'00" с.г.ш. и 21°23'08" и.г.д., у рејону врха

ПРИЛОГ 2.



Ибрахимов вис 1213 m н.в., на граници са територијом АП Косова и Метохије. Ваздушна удаљеност између северне и јужне тачке износи око 60,07 km (**Прилог 2**).

У географском смислу, Топлички округ и субрегија Топлица деле се на више микрорегионалних целина. Западни, планински подкопаонички део округа, узводно од Куршумлије, назива се „Горња Топлица“ или „Тесна Топлица“ (Рудић, 1978, стр. 10). Често се као засебна целина издваја подручје Косанице у сливу истоимене реке. У централном делу округа, између Куршумлије, Блага и Прокупља, простире се „Средња Топлица“, а у источном делу округа низводно од Прокупља, „Равна“ или „Широка Топлица“. Она чини интегрални део микрорегије Добрич, који захвата источни део округа. Југоисточни део округа обухвата и део територије микрорегије Пуста Река, у горњем делу слива истоимене притоке Јужне Мораве, која гравитира Лесковачком пољу.

Северна граница Топличког округа полази од тромеђе Косовскомитровачког, Расинског и Топличког округа на врху Чардак 1561 m н.в., према североистоку до врха Треска 1439 m н.в., пресеца изворишну челенку реке Топлице и северно од села Трећак на кратко мења правац према истоку. Даље поново мења правац ка североистоку, креће се врховима Лепе Горе (Пожар) и највишег врха ове планине – Црне чуке 1196 m н.в., а затим пресеца долину Блаташнице у Јанковој клисури до врха Караула 849 m н.в. Потом опет мења правац ка истоку и наставља билом Великог Јастрепца, односно развођем Расине и Топлице. Источно од врха Велика Ђулица 1491 m н.в. налази се тромеђа Расинског, Нишавског и Топличког округа.

Источна граница почиње на поменутој тромеђи и пружа се у правцу североистока до превоја Грebaц 635 m н.в., одакле скреће према југу. Код села Југбогдановац, источно од Прокупља, пресеца државни пут I-б реда бр. 35 (Е-80) Ниш–Прокупље–Приштина. Задржавајући генерални правац север–југ, кроз равничарско подручје Добрича код Дољевца пресеца долину Топлице, а затим источно од села Брестовац (СО Лесковац) наставља до тромеђе Нишавског, Јабланичког и Топличког округа.

Јужна граница генерално се пружа правцем североисток–југозапад. Почиње у Добричу, на поменутој тромеђи, и наставља се преко коте 309, јужно од села Злата. Затим прелази у Пусторечки крај, северно од села Брестовац (СО Бојник), и пресеца Брестовачку акумулацију. Наставља јужно од села Драги Део, преко била планине Радан и највишег врха Шопот 1408 m н.в., а затим се креће развођем реке Косанице (слив Топлице) и Гајтанске реке (слив Јабланице). Од Соколовог виса 1370 m н.в. на планини Радан, мења правац према југу и преко Мајдан планине 1096 m н.в., долази до тромеђе Косовског, Јабланичког и Топличког округа у рејону Ибрахимовог виса 1213 m н.в. – најјужније тачке Топличког округа.

Западна граница прати границу територије АП Косово и Метохија. Почиње на Ибрахимовом вису и креће се према северозападу преко врха Голак 1073 m н.в. Наставља истим смером, пратећи развође реке Косанице (слив Топлице) и реке Лаб (слив Ситнице). Код села Мердара налази се истоимени превој на 645 m н.в. Од њега граница прво мења правац ка северу до другог превоја Преполац 876 m н.в., на кратко скреће према југозападу, па наставља ка северу обилазећи изворишну челенку Бањске реке, притоке Топлице. У наставку западна граница задржава североисточни правац преко врхова Кула 1013 m н.в., Мадљика 1318 m н.в. и Тумба 1488 m н.в. Продужава развођем Луковске реке (слив Топлице) и реке Лаб до врха Пилатовица 1703 m н.в. – највише тачке Топличког округа. Западна граница се завршава северозападно од Пилатовице, протежући се до врха Чардак 1561 m н.в., чије шире подручје представља вододелницу сливова Топлице, Лаба, Расине и Ибра.

5.2 Саобраћајно-географски положај

Територија Топличког округа одувек је представљала важно транзитно подручје за бројне народе, од праисторије до данашњих модерних путника и туриста. Сваки од ових народа доносио је и део свог културног наслеђа, обичаја и веровања. Овим простором пролазили су трговци, путописци, занатлије, рудари, авантуристи, као и освајачи у својим ратним походима. Најстарији пронађени остаци људских заједница, стари око 5000 година, припадају Старчевачкој култури. Откривени су на археолошким налазиштима Плочник и у селу Вича, између Куршумлије и Прокупља. Ови налази потврђују транзитни значај овог подручја.

Данашњи путни правци у великој мери прате трасе успостављене током римског периода. Територијом данашњег Топличког округа пролазио је значајан трговачки друм *Via de Ragusi* (Дубровачки друм). Повезивао је Јадранско и Црно море. Полазио је из Дубровника преко Пријепоља. Код Новог Пазара рачвао се на два крака која су се завршавала у Константинопољу као крајњем одредишту. Источни крак прелазио је преко Копаоника, улазио у Топличку котлину и настављао ка Нишу, где се спајао са путем *Via Militaris*. Јужни крак водио је преко Косовске Митровице и Подујева, такође ка Топличкој котлини. Оба крака спајала су се у Топлици, због чега је Прокупље још тада представљало важну саобраћајну раскрсницу.

Поред Дубровачког друма, значај су имали и други путеви из римског периода. *Via de Zenta* (Зетски пут) повезивао је Скадар са Косовском котлином преко Призрена и укључивао се на јужни крак Дубровачког пута. Постојао је и пут из Љеша који се преко Липљана повезивао са овом мрежом. Остаци римског наслеђа очувани су у виду терми, цевовода, утврђења и рударских археолошких локалитета, нарочито у околини Царичиног града (*Justiniana Prima*). Многи од ових локалитета археолошки су неистражени и туристички недоступни, а неки од њих обухваћени су и савременим границама Топличког округа.

Каснији владари, Срби и Османлије, наставили су да користе постојеће правце, али су истовремено градили и нове путеве. Један од значајнијих био је Босански пут, који је повезивао Сарајево са Новим Пазаром, и даље користио јужни крак Дубровачког друма. Данас саобраћајно-географски положај округа одређују неколико важних путних праваца и железничка траса. Посебан значај има близина аеродрома у Нишу (око 30 km) и Приштини (око 90 km).

Иако округ не лежи непосредно на главним међународним саобраћајним правцима, његов положај је повољан. Отвореност према долини Јужне Мораве, превоји Мердаре и Преполоц, као и Јанкова клисура, омогућавају добру саобраћајну повезаност.

Укупна дужина путне мреже износи 1189,62 km. Око 47% путева није асфалтирано или је лошег квалитета. Државни путеви I реда чине 84,37 km, путеви II реда 250,35 km, а општински путеви 854,9 km (Драгојловић, 2022, стр. 80).

У односу на међународне саобраћајне правце, округ има периферни положај. Главну саобраћајницу представља државни пут I-б реда бр. 35, део правца Е-80 Ниш–Приштина. Ова траса пролази кроз округ у дужини од око 64 km и повезује Прокупље и Куршумлију. Око 20 km источно налази се аутопут Е-75 (Коридор X и Xс), најважнија транзитна рута у Србији (Ivanović et al., 2023, p. 3). Истовремено, у изградњи је и међународна саобраћајница више категорије (I-а реда, ДП А12), у дужини од 76,3 km. Повезана је са Коридором X и сматра се да ће додатно унапредити саобраћајну повезаност Топличког округа.

На државни пут I-б реда бр. 35 надовезује се и правац I-б реда бр. 38 Крушевац–Блаце–Белољин. Он улази у округ кроз Јанкову клисуру и повезује се са трасом Ниш–Приштина. Код Крушевца се укључује на Моравски коридор (А5), део међународног правца

Е-761. Поред главних путева, саобраћајну мрежу чине и бројни локални и регионални путни правци:

- шест државних путева II-а реда:
 - бр. 212 Блажево–Мерћез–Куршумлија (дужине 35 km кроз Топлички округ);
 - бр. 214 Блаце–Куршумлија–превој Преполоац (дужине 20 km);
 - бр. 216 превој Грebaц–Прокупље–Житорађа–Дољевац (дужине 35 km);
 - бр. 226 Прокупље–превој Бели Камен–Злата (дужине 35 km);
 - бр. 228 Рударе–Пролом–Власово–превој Гајтанска врата (дужине 23 km);
 - бр. 229 Власово–Добра Вода–Брестовац–Бојник (дужине 7 km);
- пет државних путева II-б реда:
 - бр. 414 Мерћез–Луково–Лепосавић (дужине 23 km кроз Топлички округ);
 - бр. 415 Прокупље–Мала Плана–Блаце (дужине 35 km);
 - бр. 417 превој Грebaц–Мерошина (кроз Топлички округ дужине 3 km);
 - бр. 418 Прокупље–Пејковац–Дољевац (дужине 17 km);
 - бр. 419 Злата–Житорађа (дужине 17 km);
- велики број некатегорисаних путева
- железничка траса бр. 223 Ниш (Дољевац)–Прокупље– Кастрат (Куршумлија)–Мердаре–Косово Поље (**Прилог 3**).

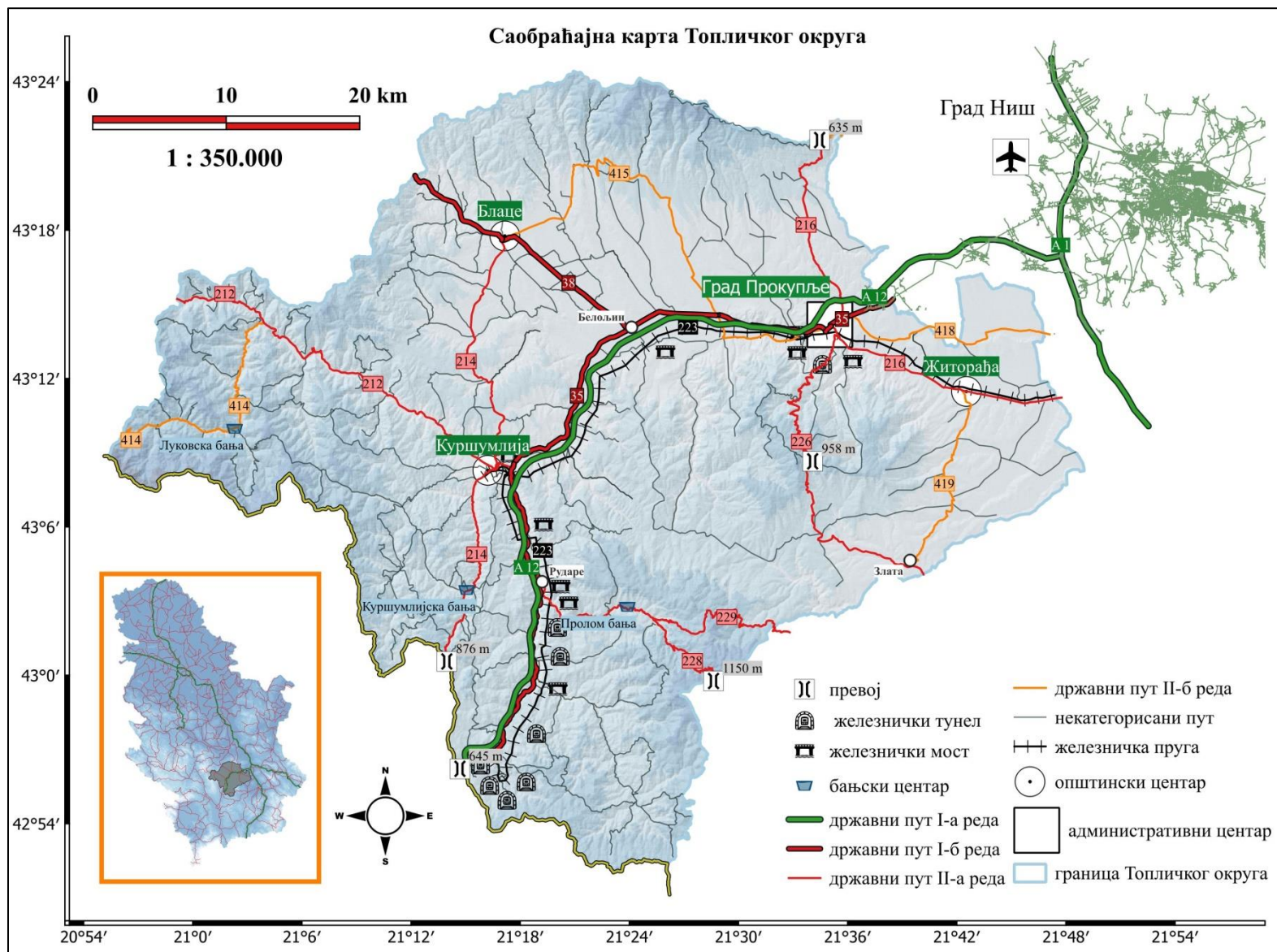
Велики напредак у саобраћајној повезаности овог округа и регије са остатком Србије омогућен је изградњом железничке пруге Прокупље–Дољевац 1925. године и њеним продужетком за Куршумлију, Приштину и Косово Поље 1948. године. Њене карактеристике и туристички значај анализирани су у раду (Ristić et al., 2024, p. 4–18). Аутор дисертације био је члан експертског тима ангажованог на изради наведеног рада, а његов допринос огледао се у теренском истраживању, картографској визуелизацији и ГИС анализи.

Реч је о једноколосечној регионалној неелектрификованој железничкој линији (бр. 223), која пролази трасом Ниш (Дољевац)–Прокупље–Кастрат (Куршумлија)–Мердаре–Косово Поље, са одвојком (бр. 222) Куршумлија–Кастрат. Железница повезује три локалне просторне јединице (општине) у Топличком округу – Житорађу, Прокупље и Куршумлију. Пролази кроз 35 насеља, укључујући и два урбана центра – Прокупље и Куршумлију, са укупном популацијом од 46.722 становника (60% становништва округа), и индиректно повезује више од 200 насеља у широј зони. Све споменуте локалне просторне јединице класификоване су као руралне области, а према Уредби о утврђивању јединствене листе за развој локалних јединица самоуправе Републике Србије, сврстане су у категорију неразвијених и изузетно неразвијених/опустошених (Ristić et al., 2024, p. 5).

Историјски посматрано, ова железничка траса служила је као важна стратешка веза, повезујући Косово и Метохију са Паневропским коридором X и олакшавајући повезивање два регионална центра, Приштине и Ниша (Vukočić i sar., 2023, str. 63). Тренутно стање железничке трасе условило је њену затвореност. Њен значај за привредни и туристички развој Топличког округа, као и потенцијалне туристичке маршруте, изузетан је.

ГИС анализом (користећи се QGIS растерског калкулатора) утврђено је да траса укупно савладава висинску разлику од око 633 m. Траса почиње на равничарском терену. Најнижа тачка на траси налази се у микрорегији Добрич, на 197 m н.в. Након сужења код Прокупља, наставља кроз Средњу Топлицу до Плочника, упоредо са друмском трасом I-б реда бр. 35 и планираном трасом пута I-а реда A12. Након Плочника пролази кроз брежуљкасте, а затим и кроз захтевније брдско-планинске пределе, суочавајући се са стрмијим успоном који се савладава честим и дугачким серпентинама у облику слова „S“. Због тога израчунати коефицијент кривудавости пруге износи 1,58. Након Куршумлије, траса пролази кроз подручје Косанице све до тунела Мердаре, који представља највишу тачку на

ПРИЛОГ 3.



траси од 830 m н.в. (Ristić et al., 2024, p. 16). Максимална дозвољена брзина износи 60 km/h (Vukočić i sar., 2023, str. 59). Техничке карактеристике железничке трасе, које доприносе њеној атрактивности, приказане су у **Табели 6**.

Трасу карактеришу честа кривудања, успони, бројни тунели и мостови, као и живописан природни амбијент, што доприноси њеној атрактивности. Теренским мерењима и ГИС софтвером утврђено је да траса укупне дужине 84 km пролази кроз девет тунела (укупне дужине приближно 4593 m) и 30 мостова (укупне дужине приближно 913 m). Од укупног броја мостова дуж пружне трасе, њих 12 прелази веће реке, док 18 прелази мање реке и потоке. Изграђени од различитих материјала, претежно челика или камена, ови мостови доприносе живописности пејзажа. Посебно се издваја величанствени камени мост између Косаничке Раче и Дегрмена, са четири велика камена лука, често називан „вијадукт“ (Ristić et al., 2024, p. 15).

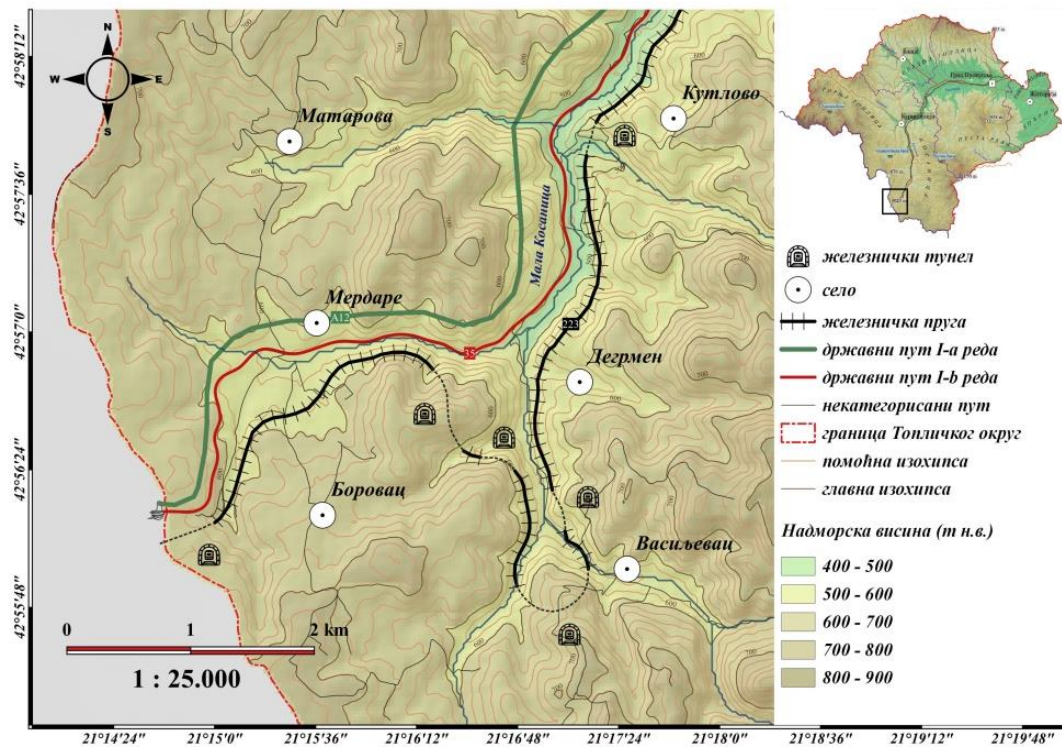
Табела 6. Техничке карактеристике железничке трасе кроз Топлички округ (преуређено на основу Ristić et al., 2024, p. 16).

Техничке карактеристике трасе	Резултати на основу ГИС анализе
укупна дужина железничке трасе	84 km
број тунела	9
укупна дужина тунела	~4593 m (5.47 % трасе)
број мостова	30
укупна дужина мостова	~913 m (1.09 % трасе)
кривудаост трасе (коефицијент кривудаости)	1.58
најнижа тачка на траси	197 m н.в.
највиша тачка на траси	830 m н.в.
разлика у надморској висини коју траса превазилази	633 m н.в.

Већина тунела и мостова концентрисана је на деоници између Куршумлије и Мердара (осам тунела), док један тунел пролази кроз брдо Хисар у Прокупљу. У крајњем делу трасе, у насељима Васиљевац и Мердаре, пруга је најатрактивнија. Овде формира карактеристичну „осмицу“ проласком кроз четири тунела, који се налазе у непосредној близини (**Слика 9**). Један од њих – „кружни тунел“, дуг преко 800 m, пролази кроз планинску масу, при чему траса прави заокрет од 180 степени, што га чини најатрактивнијом знаменитошћу за путнике и туристе. Следећи тунели, називани „Мали Боровац“ и „Велики Боровац“, међусобно су удаљени само око 200 m. Траса се завршава тунелом „Мердаре“, дугим 1,9 km, изграђеним у чврстој стени, који пролази испод административне линије између АП Косова и Метохије и централне Србије (Ristić et al., 2023, p. 15).

Међутим, током оружаних сукоба на КиМ 1999. године, тунел "Мердаре", који је кључан за повезивање Топличког округа са подручјем КиМ, био је затрпан и у таквом стању налази се и данас. Железнички саобраћај био је обустављен, а накнадно је теретни и путнички саобраћај ограничен на руту Ниш (Дољевац)–Мердаре. И такав често је прекидан због радова на одржавању и поправци железничке инфраструктуре. Такође, поплаве које су округ задесиле 2020. године, оштетиле су одређене делове железнице, узрокујући повремене прекиде у железничком саобраћају. Тренутно је железница ван функције, без оперативних железничких услуга. Иако инфраструктура може изгледати запуштено и уруштено, теренска истраживања потврђују да возови и даље могу саобраћати на већем делу трасе. Основна саобраћајна сигнализација је на месту, а мостови и тунели су структурно здрави и функционални, али њихово функционисање изискује макар делимичну реконструкцију и модернизацију трасе како би се обезбедила њена употреба и у будућности. До сада се то није

догодило, па железница од почетне изградње 1925. године није прошла ниједну значајнију реконструкцију, већ је спровођено само текуће одржавање.



Слика 9. Карта завршног дела железничке трасе кроз Топлички округ (прилагођено на основу Ristić et al., 2023, p. 15).

Постојећи плански документи предвиђају њену модернизацију и електрификацију, али ови планови нису реализовани ни после деценије од њиховог усвајања. У стању у каквом се данас налази, железничка траса не може имати већи индустријски значај, али зато поседује велики туристички потенцијал, што је научно и потврђено. У свом истраживању трасе, Ristić et al., (2023, p. 23) обухватили су велики број туристичких локалитета, међу којима се неки који се могу окарактерисати као објекти геонаслеђа. То отвара могућност вредновања железничке трасе у сврху развоја туризма и геотуризма, по узору на сличне примере у свету и у Републици Србији. Вредновање може обухватити и велики број геолокалитета (који нису били обухваћени претходном анализом), чиме би се проширила туристичка понуда, повећала атрактивност трасе и временски и просторно дефинисали обиласци дуж трасе. Такође, железничке станице и помоћни објекти дуж трасе представљају аутентично архитектонско и културно наслеђе, са занимљивим и оригиналним дизајном. По узору на оне које су већ адаптиране (станице у Прокупљу и Плочнику), уз пажљиву адаптацију, они поседују потенцијал да се развију у значајне туристичке атракције и мале музеје дуж планиране руте.

5.3 Административна подела и демографске карактеристике

Топлички округ простире се на површини од 2.231 km² (Ivanović et al., 2023, p. 3), што га сврстава међу мање округе у Републици Србији (налази се на 25. је месту од укупно 29 округа). Административно је подељен на четири административне целине – територију Града

Прокупља (седиште округа) и три општине: Куршумлију, Блаце и Житорађу (**Прилог 4**) (Ivanović et al., 2023, p. 3).

Територија Града Прокупља налази се у средишњем делу округа. Захвата површину од 759 km² (око 34% површине округа) (**Табела 7**). Пописом из 2022. године утврђено је да је имала 38.054 становника што значи да је густина насељености 50,13 ст./km². Град Прокупље чини урбано градско насеље и још 106 сеоских насеља.

Општина Куршумлија захвата западни део округа, дуж територије АП Косовом и Метохијом. Представља највећу административну целину Топличког округа, површине 952 km² (око 42,7% округа). Осим насеља Куршумлија, овој општини припада још 89 сеоских насеља. Према попису из 2022. године, на овој територији живело је свега 15.823 становника, па је густина насељености јако мала, износила је свега 16,6 ст./km².

Општина Блаце захвата северни део округа. Простире се на површини од 306 km² (око 13,7% територије округа). Према попису из 2022. године, у општини Блаце живело је 9.682 становника, па је густина насељености износила 31,6 ст./km². Осим Блага, општину чини још 39 сеоских насеља.

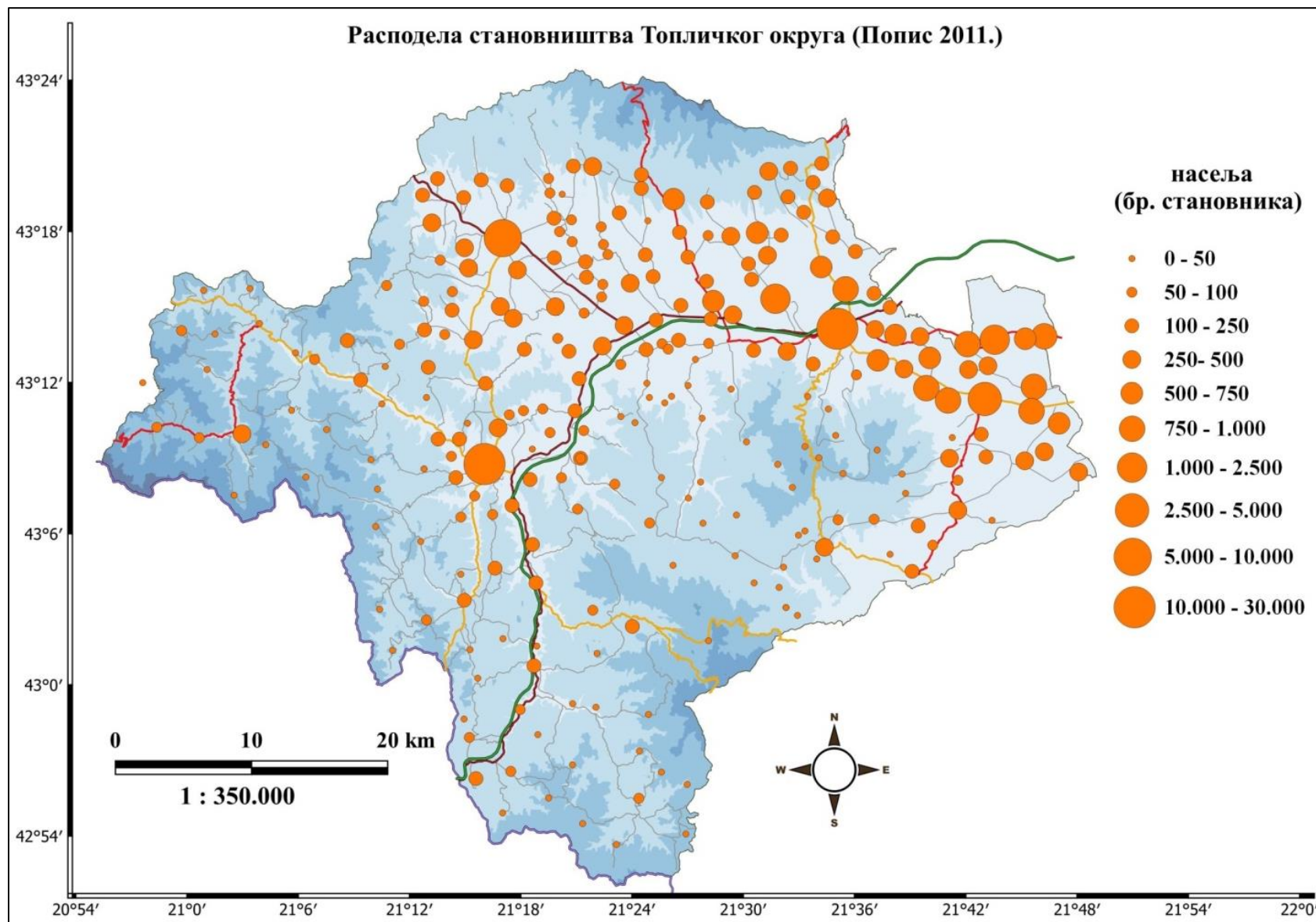
Општина Житорађа налази се у крајњем источном делу Топличког округа. Претежно је равничарска и својим положајем гравитира Јужном Поморављу. Захвата површину од 214 km², што чини око 9,6% округа. Осим насеља Житорађа, општину чини још 29 сеоских насеља. Према попису из 2022. године, живело је 13.782 становника, па је густина насељености највећа у округу и износила је 64,6 ст./km².

Табела 7. Општи географски подаци Топличког округа (извор: РЗС, 2026).

Територија	Површина (km ²)	Број становника 2011.	Број становника 2022.	Густина насељености 2011. (ст./km ²)	Густина насељености 2022. (ст./km ²)	Умањење становника (%)
Град Прокупље	759	44.419	38.054	58,5	50,13	-14,3
СО Куршумлија	952	19.213	15.823	20,2	16,6	-17,6
СО Блаце	306	11.754	9.682	38,4	31,6	-17,6
СО Житорађа	214	16.368	13.782	76,5	64,4	-15,8
Топлички округ	2.231	91.754	77.341	41,1	34,6	-15,7

Резултати пописа указују на континуирано смањење броја становника. Према попису из 1953. године, Топлички округ је имао 149.421 становника. Према попису из 2011. године, на овој територији живело је 91.754 становника, па је густина насељености била веома мала, свега 41,1 ст./km² (Републички завод за статистику РС, 2014, стр. 135). Резултати пописа из 2022. године указују на даље смањење броја становника. У Топличком округу живи свега 77.341 становник (РЗС, 2026), а густина насељености износи само 34,6 ст./km². Ови резултати указују на континуирани процес депопулације становништва, са тенденцијом даљег смањења. Демографска слика овог округа уклапа се у опште демографске токове Републике Србије

ПРИЛОГ 4.



Основна демографска карактеристика јесте депопулација, са индексом од свега 88,8, што га сврстава у сам врх округа са најизраженијим демографским опадањем у Републици Србији¹

Нису све општине округа једнако захваћене депопулацијом. Највише становника „изгубиле“ су општине Блаце и Куршумлија, а најмање Град Прокупље. Депопулација је израженија у руралним срединама округа.

Депопулација је последица негативног природног прираштаја. Он је у опадању од 1953. године, а од 1981. године постаје негативан. Према попису из 2011. године, износио је – 9,0‰ (Драгојловић, 2022, стр. 49). Тренд опадања настављен је и у наредном периоду. Према резултатима пописа из 2022. године, просечан природни прираштај износио је -10,1‰ (РЗС, 2026). У истој години највећи пад забележен је у општини Блаце (-15,1‰). Следе Житорађа (-12,5‰) и Куршумлија (-10,6‰), док је најмањи негативан прираштај забележен у Граду Прокупљу (-7,7‰).

Табела 8. Удео урбаног и руралног становништва Топличког округа по попису из 2022. године (према РЗС, 2026).

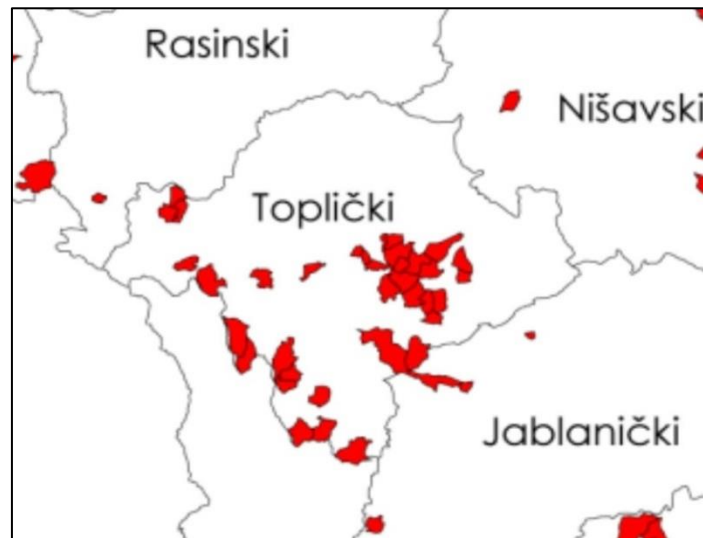
	Укупан број	%	Градско становништво	%	Сеоско становништво	%
Округ	77.341	100	41.314	53,4	36.027	46,6
Блаце	9.682	100	4.865	50,2	4.817	48,8
Житорађа	13.782	100	-	-	13.782	100
Куршумлија	15.823	100	11.822	74,7	4.001	25,3
Прокупље	38.054	100	24.627	64,7	13.427	35,3

Миграције сеоског становништва ка општинским центрима и већим градовима, пре свега Нишу и Крушевцу, веома су изражене. Као последица тога, расте број градског становништва, а смањује се број сеоског становништва. Просечан удео градског становништва износи 53,4%. Општина Житорађа има 100% сеоског становништва и представља потпуно рурално подручје (**Табела 8**). Највећи удео градског становништва има општина Куршумлија (74,7%), док у Граду Прокупљу он износи 64,7% (**Табела 8**). Према попису из 2011. године, мали број сеоских насеља бележио је тренд пораста становништва. То су углавном приградска насеља или насеља са повољним саобраћајним положајем: Ново Село и Бела Вода (Прокупље), Пролом, Мердаре, Марковиће и Доња Микуљана (Куршумлија), Зладовац (Житорађа) и Доња Решица (Блаце) (Драгојловић, 2022, стр. 44).

Према попису из 2022. године, чак 30 сеоских насеља на територији Куршумлије и Прокупља имало је свега неколико становника или је било без становника. Аутори Valjarević et al. (2018a, р. 134), указују да је у периоду између два пописа становништва (2002-2011. године) чак седам насеља на територији Града Прокупља потпуно изгубило становништво. У два научна рада (Živanović et al., 2022, р. 6; Joksimović i sar., 2023, стр. 109), установљено је чак 16 депопулисаних или напуштених катастарских јединица у Топличком округу. Исти аутори утврдили су да овај округ има и највећу депопулисану површину. Чак 12,8% територије округа „изгубило“ је становништво у периоду 1990-2018. године, са посебно израженом хомогенизацијом катастарских јединица дуж административне границе са КиМ и у планинским пределима Видојевице, Пасјаче и Радана (**Слика 10**).

¹Индекс 100 показује да се број становника између два пописа није мењао. Добија се као количник броја становника по попису из 2011. године и броја становника претходног пописа – 2002. године, помножен са 100.

Последица ових процеса јесте смањење обрадивих површина, које су замењене шумским површинама и природним ливадама. М. Joksimović (2025, р. 9), од укупно 13 депопулационих кластера у Србији, издваја чак три на подручју Топличког округа – Видојевица-Радан, Куршумлија-север и Куршумлија-југ. Ови кластери дефинишу се као браунфилд подручја са растућим коефицијентом еколошке стабилности, у којима се преплићу депопулација становништва, различити нивои заштите простора и интензивирање експлоатације минералних сировина. Појединачно посматрано, највећи кластер на територији Србије налази се на планинском подручју Видојевице, Пасјаче и Радана, у оквиру Топличког и Јабланичког округа. Захвата простор катастарских општина 42 насеља, површине 338,2 km², на којем живи 367 становника (1,1 ст./km²), са високим уделом старог становништва (Joksimović i sar., 2023, str. 109).



Слика 10. Депопулисане/напуштене катастарске јединице у Топличком округу (преуређено на основу Živanović et al., 2022, р. 8).

Привредне карактеристике Топличког округа у корелацији су са демографским карактеристикама. На основу компаративне анализе друштвеног развоја општина у Републици Србији, једино Град Прокупље на територији Топличког округа припада III групи развијености (60–80% републичког просека), док општине Куршумлија, Блаце и Житорађа припадају IV групи (испод 60% републичког просека) (Драгојловић, 2022, стр. 159).

Привредни развој Топличког округа текао је кроз неколико фаза. У периоду после Другог светског рата, Топлички округ био је захваћен постепеним повећањем броја становника, интензивним процесима индустријализације и деаграризације. Последица тих процеса била је велика прерасподела становништва на релацији село-град, са фокусом на радно активно становништво. У овом периоду убрзане индустријализације, отварања су бројна предузећа чија се производња углавном базирала на сировинској основи из њихове околине.

Према подацима из 1981. године, у привредној структури доминирао је број запослених у секундарном сектору. У Прокупљу (тада на подручју општине), 57% становништва било је запослено у индустрији, док је 40% било запослено у терцијарно-квартарном сектору. У Куршумлији је 62,8% становништва било запослено у индустрији, док је 33% било запослено у терцијарно-квартарном сектору. У секундарним делатностима у општини Блаце 1980. године било је запослено 60% становништва (РЗС, 2014).

Међутим, деведесете године прошлог века биле су погубне за велики број индустријских предузећа, како у целој Србији, тако и у Топличком округу. Период техничко-технолошког заостајања, приватизације и транзиције значајно је изменио привредну структуру. Смањени су производни капацитети и удео запослених, тако да је данас индустријски сектор знатно ослабљен, односно скоро га и нема. Од великих предузећа у округу издвајају се „Симпо-ШИК“ и „Пролом вода“. Уопштено посматрано, у савременим условима привређивања целим привредним сектором доминирају мала и средња предузећа, чији удео континуирано расте.

Данас је Град Прокупље насеље са најразвијенијим терцијарно-квартарним сектором у којем је запослено 71% економски активног становништва. У секундарном сектору, према подацима из 2011. године, запослено је око 27%, док је у примарном сектору запослено свега 2% становништва.

Терцијарно-квартарни сектор значајно је развијен и у општини Куршумлија. У њему је запослено око 60% економски активног становништва. Уједно је и туристички најразвијенија општина Топличког округа. Током 2023. године укупан број гостију износио је 44.088, а број остварених ноћења 232.137, што чини 91% туристичког промета округа (РЗС, 2024). Основу туристичког развоја чине три бањска центра – Пролом бања, Луковска бања и Куршумлијска бања, као и заштићена природна подручја – Ђавоља варош и Парк природе Радан, којима управља предузеће а.д. „Планинка“. У секундарном сектору у овој општини, према подацима из 2011. године, запослено је око 36%, док је у примарном сектору запослено свега 4% становништва.

Слична структура присутна је и у општини Блаце, са најразвијенијим терцијарно-квартарним сектором (68%). У секундарном сектору, према подацима из 2011. године, запослено је око 27%, али је он базиран на прехранбено-прерађивачкој индустрији (Драгојловић, 2022, стр. 159–169).

За разлику од осталих нодалних центара Топличког округа, једино општина Житорађа никада није постала значајнији индустријски центар. Једино је општинско седиште у Топличком округу, и једно од ретких таквих у Републици Србији, које није дефинисано као урбано подручје. Поседује изразит рурални карактер. Истовремено, представља демографски најстабилније подручје, са равномерно распоређеним становништвом у општинском центру и сеоским насељима. Доминантно учешће примарног привредног сектора, у којем је запослена већина активног становништва, чини општину Житорађа привредно најслабије развијеним подручјем Топличког округа. Карактер рељефа и педолошки састав чине ово подручје изузетно погодним за пољопривредну производњу, којом се бави већина становништва. О пољопривредном карактеру геопростора ове општине сведочи и историјски назив целог подручја – Добрич. Остале привредне гране, међу њима и туризам, веома су мало заступљене у привредној структури ове општине.

6. АНАЛИЗА ПРИРОДНИХ ПОТЕНЦИЈАЛА ТОПЛИЧКОГ ОКРУГА

Холистички приступ изучавању геосистема подразумева идентификацију и анализу његових интегралних компоненти. Циљ је разумевање унутрашње структуре, као и утврђивање генезе и физичких својстава изучаваног геопростора. Љешевић (2010, стр. 69) истиче да геосферу чине појединачне, физички издвојене структуре. Miklós et al. (2019, p. 26–30) деле их на примарне и секундарне. Примарне структуре чине природни елементи геопростора, док секундарне представљају елементе настале деловањем човека на примарне структуре.

У дисертацији су анализирани елементи примарне структуре: геолошка подлога, рељеф и његове морфометријске карактеристике, педолошке особине, хидрографски и климатски елементи, као и биогеографске компоненте – флора и фауна. Секундарна структура развија се на примарној и обухвата вегетацију и земљишни покривач, распоред становништва, привредну структуру и инфраструктуру. Ови елементи налазе се у међусобној интеракцији. Примарни елементи, кроз процес валоризације, постају природни потенцијали који представљају основу материјалног и друштвеног развоја. Због тога се полазиште валоризације заснива на анализи геоеколошких компоненти.

6.1 Геолошке карактеристике

Територија Топличког округа прошла је кроз бурна геолошка дешавања, слично као и Балканско полуострво. Због тога је формиран сложен геолошки састав стена, које се разликују по постанку, старости и физичко-хемијским особинама.

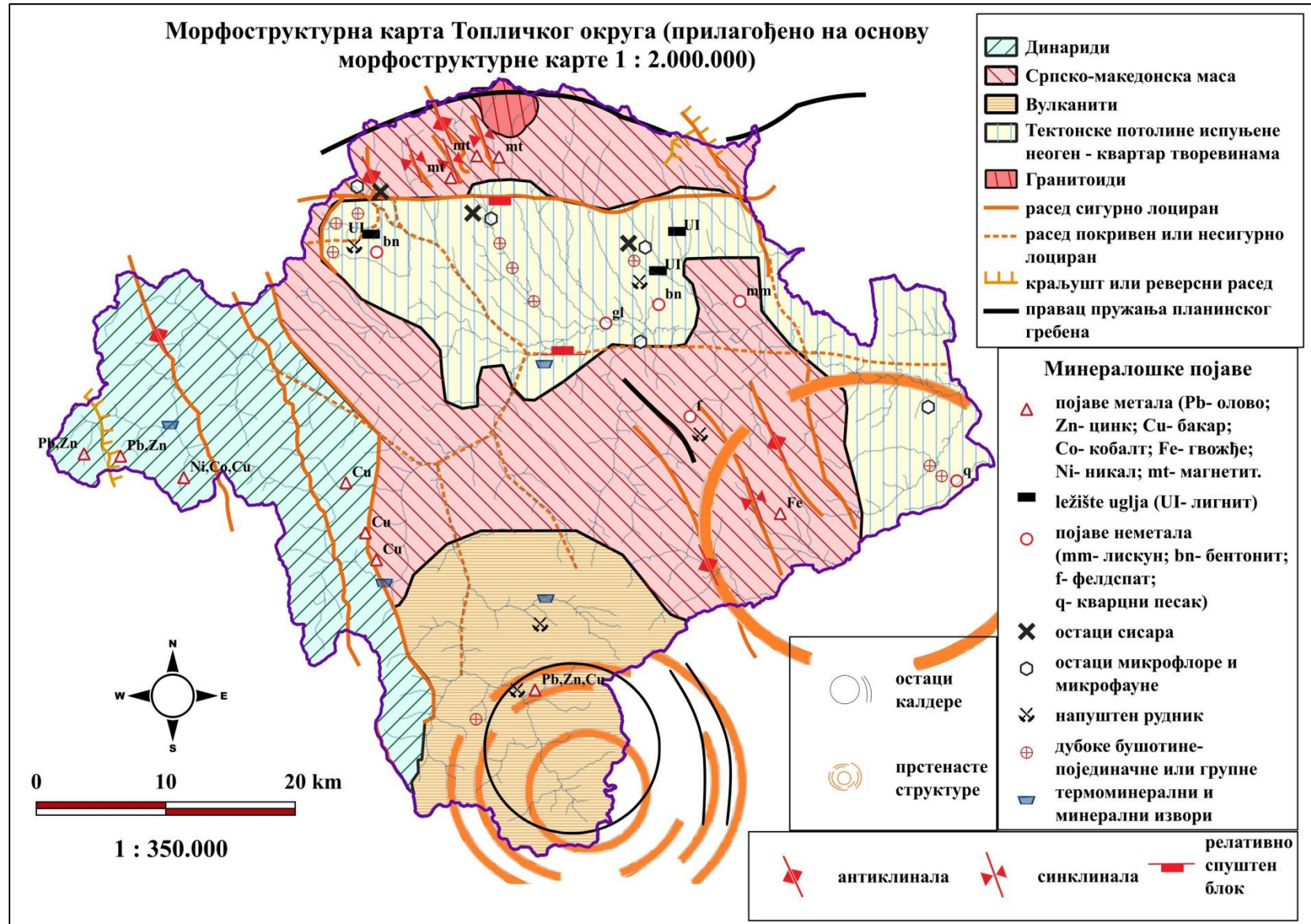
У **Прилогу 5.** приказани су најважнији морфоструктурни облици ове територије. Карта је израђена на основу више извора. Коришћени су подаци Геолошког информационог систем Србије – ГеолИСС (Министарство рударства и енергетике, 2026) и рад Menković et al. (2018, p. 7).

Тектоно-морфогенеза простора Топличког округа веома је сложена (Ivanović et al., 2023, p. 3). На овом простору сучељава се неколико геотектонских јединица. На северозападу се налази теран Вардарске зоне (Унутрашњи Динариди), док просторно већи, средишњи и источни делови округа припадају терану Српско-македонске масе (старо Родопско копно).

Вардарска зона представља најсложенију област Балканског полуострва, а у Топличком округу захвата територију у изворишном делу реке Топлице, на падинама Копаоника. Она представља веома сложен ров-синклиноријум централне јужне Србије, тектонски укљештен између Српско-македонске масе, на истоку и Динарида на западу (Menković et al., 2018, p. 6).

Копаонички блок, а према томе и делови Топличког округа, припада Источној (интерној) вардарској подзони. Вардарска зона представља прелаз између Динарида на западу и Српско-македонске масе на истоку. Пружа се од Вршачких планина на северу до Дојрана у Северној Македонији на југу. Према Robertson et al. (2009, p. 9–10), Српско-македонска маса навучена је преко Источне вардарске подзоне. Обе јединице леже преко Централне вардарске зоне и Копаоничке јединице. Вардарска зона представља појас шава. Састоји се углавном од офиолита и стена акреционог меланжа (Petrović, 2015, str. 11). У Србији се издваја офиолитски комплекс Куршумлије. Према Karamata et al. (1999, p. 174), у оквиру композитног терана Вардарске зоне издвајају се Копаонички блок и гробен.

ПРИЛОГ 5.



Ова јединица представља реликт одвојен од Дринско-ивањичког терана. Копаонички блок већински граде базне метаморфне стене, углавном филити и мермери. Прекривене су олиго-миоценским вулканским стенама: латитима, кварцлатитима и дацит-андезитима (Karamata, 2006, p. 170–171).

У геолошком и тектонском смислу, ово је одувек био веома активан простор, па у грађи ове зоне учествују стене различитих петрографских карактеристика. Значајно распрострањење имају седименти флиша, који се јављају у појасевима ширине од стотину метара до неколико километара, готово целом дужином Вардарске зоне (Menković et al., 2018, p. 6). Заступљени су и офиолитски меланж ($\beta\beta\text{J}$) са ултрамафитима (O), кречњаци (J_3), као и пробоји терцијарних гранитоида (Г, J, K) и вулканита ($\alpha\alpha\text{qN}$, ΘN) (**Прилог 6**). Офиолити и стене меланжа готово су целом дужином прекривени слојевима кредних седимената на западу и метаморфним стенама Српско-македонске масе на истоку. Овај појас састављен је од континенталних и океанских јединица, укључујући тријаске и јурске офиолите (Karamata, 2006, p. 157–159). У петролошком саставу доминирају габрови, дијабази, дијабазни дајкови и подређени гранити. Пилоу лаве, примарни и реседиментовани хијалокластити, ретки базалтни сливови и остаци интрузивног комплекса такође су присутни (Petrović, 2015, str. 15).

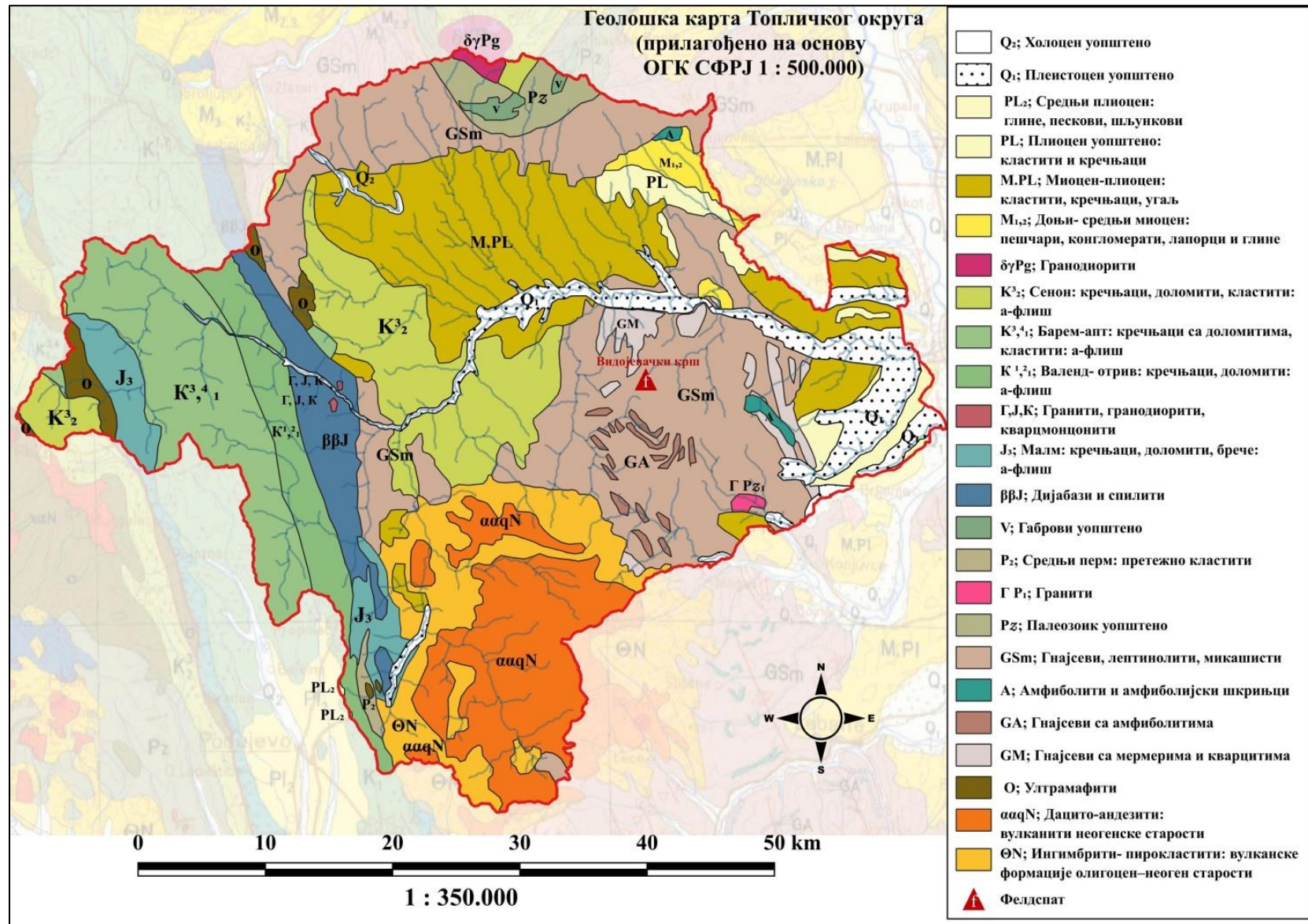
Српско-македонска маса (старо Родопско копно) смештена је између Карпато-балканида на истоку и Вардарске зоне на западу. Захвата целокупни источни и централни део територије Топличког округа. То је геотектонски најстарије копно на Балканском полуострву, формирано током палеозоика, пре око 520 милиона година. Дуго је представљало велико острво у праокеану Тетис. Херцинском орогенезом дошло је до разламања Родопског копна и стварања данашњих громадних планина и котлина између њих. Основу ове стабилне масе представљају прекамбријске метаморфне стене, углавном гнајсеви и шкриљци средњег и високог кристалинитета, повремено прожети биотитом, кварц-фелдспатом, микашистом и мермером. Ове стене чине основу свих планина Топличког округа – Великог и Малог Јастрепца, Радана, Видојевице, Соколовице, Пасјаче и других, као и котлина између њих – Косаничке, Топличке и других мањих.

Топличка (и Косаничка) котлина формирала се током олиго-миоцена као интерпланинска тектонска депресија (Burazer et al., 2021, p. 407), са правцем пружања североисток-југозапад. Формирана је под утицајем интензивних тектонских кретања (смицања, подизања и раседа), након чега је уследила флувијална ерозија. Централни део области испуњен је неогеним и квартарним слатководним седиментима, са органогено-мочварним наслагама и савременом холоценском фауном у околини Блаца (Malešević i sar., 1974, str. 36). Ободне делове хорстова и ровова-котлина Српско-македонске масе по правилу контролишу морфолошки јасно изражене разломне структуре, дуж којих се издижу или спуштају поједини блокови, односно морфоструктуре (Menković et al., 2018, p. 9). На дну котлина углавном доминирају акумулације флувијалног и еолског материјала, обликоване израженим дејством ерозивних активности, које су у Топличком округу и данас јако присутне и обликују раније створене рељефне облике.

На овом простору вулканска и сеизмичка активност биле су интензивне и оставиле су бројне рељефне трагове као и велики број минералних и термалних вода. На појединим подручјима, Српско-македонска маса интродована је гранитоидом (βyPG) на подручју Великог Јастрепца или вулканитима ($\alpha\alpha\text{qN}$, ΘN) на подручју Радана. Ову територију није заобишла ни маринска фаза током које су створене насlage различитих седимената ($\text{M}_{1,2}$, M.PL , PL , Q_1 , Q_2) (**Прилог 6**).

Простор Топлице познат је и као „златоносни прстен Топлице“. Наиме, злато је откривено у јужној подгорини Јастрепца, у зони Лецког магматског комплекса и северно од ушћа Топлице у Јужну Мораву, што заиста чини прстен који окружује Топлицу.

ПРИЛОГ 6.



Злато је пронађено и унутар округа: у реци Топлици на потезу од села Златари до Куршумлије, у близини села Горња Бресница и другим локалитетима. Реч је о изразито златоносном подручју које захвата површину од неколико стотина квадратних километара (Вујиновић & Теофиловић, 1977, стр. 28).

Геолошка еволуција Топличког округа може се пратити од палеозоику до садашњости. У горњем палеозооку, на простору некадашњег океана Тетис, дошло је до издизања старог Родопског копна. Ово копно представљало је велико издужено острво и пружало се од Панонског басена на северу до Мале Азије на југоистоку. Централно језгро налазило се у јужној Бугарској, у области Родопа. Херцинском орогенезом ово копно је разломљено. Дуж раседа издигнуте су планине – хорстови различите висине, док су истовремено спуштене котлине. Ова појава позната је као шаховска структура рељефа. У Топличком округу тада су издигнуте планине Велики и Мали Јастребац, на северу округа. Такође, формиран је низ планина на десној страни слива реке Топлице: Радан, Пасјача, Соколовица и Видојевица. Истовремено су спуштене Топличка и Косаничка котлина, као и више мањих котлина.

Основу овог дела Топличког округа чине кристаласти шкриљци и метаморфне стене прекамбријске и палеозојске старости. Ове стене су знатно еродирани деловањем егзогенних агенаса, а каснијим геолошким процесима углавном су прекривене млађим наслагама. Преовлађују ситнозрни гнајсеви (GSm, GM, GA), који изграђују Видојевицу и Пасјачу. На западу се простиру до Соколовице. Главни минерали су кварц, лискун и фелдспат, док су споредни гранат, турмалин, амфибол и епидот (Ракић и сар., 1973, стр. 14). У овим гнајсевима јављају се и појаве гвоздене руде. Пример представља подручје северно од Житног потока (Ракић и сар., 1973, стр. 37).

У шкриљцима се јављају мање површине мермера и масе пегматита. Мермери се налазе и у изворишту Блчанке, на југозападним падинама Великог Јастрепца, код села Попова. Ове стене налазе се у оквиру зоне гнајсева који граде Велики и Мали Јастребац. Заступљени су биотитско-мусковитски и амфиболитски гнајс. Биотитско-мусковитски гнајс је сиве боје, слојевит и плочасто се цепа. Амфиболитски гнајс је таман, слојевит и ломи се без јасно израженог цепања (Урошевић, 2007, стр. 57–63). Пегматити се јављају у виду сочива и већих маса. Налазе се на Видојевичком кршу и у зони Коњарника. Крупна сочива присутна су и на падинама Пасјаче, у темену антиклинале Житног потока и на Голој Чуки. Сматра се да су настали током варисцијског плутонизма. На Видојевичком кршу пегматити граде конкордантно тело дуго неколико километара. Окружени су претежно фелдспатом. У рељефу се истичу као крупни остеоњаци.

На југоисточним падинама Великог Јастрепца, у рејону Главне Карауле према Пребрези, наилази се на велику зону микашиста изграђених од биотита, мусковита и кварца (Урошевић, 2007, стр. 24–25). У простору између Куршумлије и Куршумлијске Бање, као и у доњем току Косанице, јавља се серија зелених шкриљаца горњег кристаласог комплекса. Ове стене су седиментно-вулканогеног порекла и метаморфисане су до фације зелених шкриљаца.

Почетком мезозоику, током тријаса, океан Тетис и даље је постојао, али је на овим просторима био подељен Родопским копном. Западно од овог великог копна налазиле су се Динарска и Алпска, а источно Карпатско-балканска водена област. Углавном су то била плитка мора у којима су се таложиле моћне насlage седимената, пре свих кречњака. У тектонском смислу, ово је био дуг период релативног мировања. Он се наставио и током јуре, без великих тектонских поремећаја, али са повременим вулканским активностима. Крајем мезозоику, током креде, започели су снажни орогени покрети, означавајући почетак алпске орогенезе. Родопско копно се додатно разломило. На западу почињу да се издижу Алпи и Динариди, а на истоку Карпато-балканиди. Разламање Родопског копна одвијало се у

различитим правцима. Дуж раседа додатно су се издигле планине – хорстови, котлине су се још више спустиле, док се вулканска активност интензивирала.

На простору Топличког округа тријаске творевине нису пронађене. Из јуре су констатоване следеће стене: дијабази, долерити, спилити, дијабаз-рожначка формација, серпентинити и серпентинисани перидотити, као и мања формација спрудних кречњака горње јуре. Кредне стене представљене су серијама флиша турон-сенона и флиша мастрихтско-данског ката горње креде. Из јуре су заступљени нормалин и албит-дијабази, а ређе спилити, долерити и дијабази са кварцом (Урошевић и сар., 1973, стр. 25). У виду уске траке, од Куршумлијске Бање на југу до реке Расине на северу, са највећом ширином у рејону Куршумлије, протежу се дијабазне партије стена које су јасно ограничене раседима и на западу и на истоку.

Дијабаз-рожначка формација горње јуре (офиолитски комплекс Куршумлије) представља уску зону која се пружа западно од Куршумлије до Преполца, на југоисточним падинама Копаоника. Офиолитски комплекс Куршумлије прекривен је кредним седиментима на западу, а на истоку је у тектонском контакту са метаморфним стенама Српско-македонске масе. Рељеф је веома рашчлањен, јер ове стене граде неколико виших врхова гребена дуж административне линије са Косовом и Метохијом – Оштро Копље (1789 m), Муслинац (1725 m) и друге.

Серпентинити и серпентинисани перидотити протежу се у виду уске траке дуж раседне зоне између Копаоничког антиклинаријума и Топличке синклинале. Они су део копаоничких метаморфита. На западу су, према Копаонику, ограничени раседом меридијанског правца, док су на истоку у контакту са дијабаз-рожначком серијом и флишом горње креде.

Спрудни кречњаци горње јуре створени су седиментацијом у плитком басену. У Топличком округу захватају сасвим мали изолован простор западно од Куршумлије. Почињу бречастим кречњацима, који навише прелазе у беле спрудне кречњаке, местимично мермерасте. Изграђују гребен Треске, на тремеђи села Сеоце, Радуже и Штава. Кречњаци Треске нормално леже преко флиша горње креде. Статиграфски припадају алб-ценоманском кату. То су једри, масивни, светлосиви кречњаци, већином здружени а у нижим деловима бречасте, чак и конгломератични (Урошевић и сар., 1973, стр. 27).

Флиш турон-сенона простире се у пространој зони источно од Копаоничког масива, као део велике флишне зоне која се протеже од Подујева на југу до Гледићких планина, у зони шумадијског кредног флиша. Стратиграфски припадају сенону. У већем делу флишне серије пронађена је веома бројна микрофауна. Флишна серија почиње вапновитим пакетом који чине лапоровити кречњаци и кречњачке брече. Лапоровити кречњаци су мале дебљине и чине најнижи део пакета. Кречњачке брече јављају се у облику банака дебelih до 1 m. Састоје се од незаобљених одломака мермера, пелитоморфних кречњака и, подређено, рожнаца (Урошевић и сар., 1973, стр. 29).

Флиш мастрихтско-данског ката простире се у уској зони на крајњем западу округа, на источним падинама Копаоника. Простране партије овог флиша налазе се и на простору између Куршумлије на западу и Белољина на истоку, са обе стране реке Топлице. На десној страни Топлице ове стене граниче се са андезитима и туфовима Соколовице, као и са гнајсевима Видојевице. Овај флиш представља део Српско-македонске масе. Слојевит је, пружа се правцем ССЗ – ЈИ, а састоји се углавном од пешчара и лапораца.

Током кенозоика дошло је до крупних промена рељефа. Алпска орогенеза, започета у креди, наставила се и доживела своју најизразитију фазу. Издигнути су венци Алпа, Динарида и Карпата. Истовремено са орогеним покретима јавили су се и епирогени, што је имало за последицу колебање нивоа воде у морским басенима. Тако је у еоцену Тетис

захватао простор сличан оном из периода горње креде, док је непосредно пре тога био сведен на узан простор Јадранске геосинклинале. Такво стање омогућило је изразиту седиментацију и стварање моћних наслага. Током олигоцена поново је дошло до значајније регресије. Тетис се свео на простор данашњег Средоземног мора, док је Балканско полуострво било углавном без морског покривача. У овој епохи орогени покрети су се интензивирали и достигли свој максимум. Између истакнутих контура Алпа, Карпата и Динарида, дошло је до додатног разламања. У новонастале и додатно продубљене тектонске депресије током миоцена и плиоцена продрла је слана вода, која се касније претворила у слатку воду.

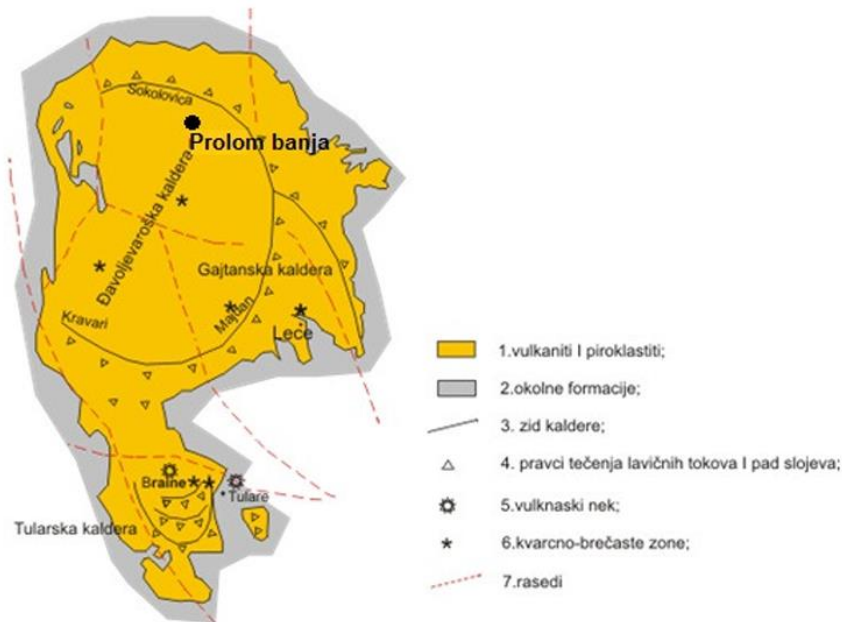
Велики залив Панонског мора, односно Панонског језера, захватао је и простор данашње долине Велике и Јужне Мораве. Од овог залива одвајали су се бочни заливи. Један од њих био је и Топлички залив, на простору данашње Топлице. Воде овог залива биле су преко превоја Преполац у вези са Егејским језером, односно његовим заливом Косовским језером. Топличко-косаничко неогено језеро било је у вези и са Лесковачким језером, преко језероузине између планина Радан и Видојевица. Веза је постојала и са Крушевачким заливом, преко Јанкове клисуре. Највиши ниво овог језера достигао је до 760 m надморске висине (Мартић Бурсаћ, 2017, стр. 26). Истовремено, сматра се да је централна језерска равна лежала на око 380 m надморске висине (Ракићевић, 1969, стр. 53). Током горњег плиоцена језеро се повукло, а данашње реке усекле су своја корита у ове језерске седimente.

Седиментација се одвијала током дугог временског периода, од I-медитерана све до доњег плеистоцена, када је дефинитивно завршена (Ракић и сар., 1976, стр. 33). Седименти су представљени конгломератима, пешчарима и, ређе, песковитим лапорцима, са карактеристикама континенталних и језерских фација. Фација континенталних седимената одликује се укрштеном и хаотичном стратификацијом, присуством сочива, крупноћом и незаобљеношћу састојака, слабом сортираношћу, као и интензивно црвеном бојом, углавном хидролискунског типа. Пешчари су крупнозрни, конгломератични и веома лискуновити. Приобалску језерску фацију карактеришу добро изражена слојевитост, боља сортираност материјала, као и појава хоризонталне стратификације. У конгломератима су, поред одломака пешчара пореклом из флиша, запажени кристаласти шкриљци и гранодиорити Јастрепца, серпентинити и зелене стене. Пешчари су таблоичасти до плочасти, добро сортирани и веома лискуновити. Цементна маса је глиновита, хидролискунског типа.

Језерски седименти миоценске старости откривени су на неколико локација дуж јужне подгорине Великог Јастрепца. Највећи простор захватају северно од Блаца, од села Чучале на западу до Велике Плана на истоку. Ови седименти прате се западно и јужно од Блаца. Заузимају мање површине јужно од Белољина, на десној обали Топлице, као и у доњем току Топлице. Велики комплекс језерских седимената у источној подгорини Пасјаче ограничен је током Топлице. На основу фауне, седименти Пребрезе сврстани су у сармат. Одликују се присуством два пакета: јединице пешчара, конгломерата и глина, односно јединице лапораца, глина и пескова. Код Дољевца преовлађују лапоровите глине и лапорци. Лапорци представљају једре стене са пелитоморфном основном карбонатном материјом. Песковите и лапоровите глине јављају се у облику слојева са оштрим доњим границама и смењују се са песковима, односно пешчарима (Ракић и сар., 1973, 25–26).

У горњем олигоцену дошло је до интензивне вулканске активности. На простору планине Радан постојао је стратовулкан са три велике калдере – Гајтанском, Ђавољоварошком и Туларском (**Слика 11**). Највећа је калдера Ђавоље вароши, са пречником од око 25 km. Каснијим тектонским покретима и ерозивним радом егзогених агенаса оне су разорене и данас су тешко уочљиве (Лазаревић, 2010, стр. 36). Грађа саме калдере веома је сложена. Унутрашњост првобитне вулканске коме, односно старије калдере, испуњена је формирањем и растом три нове мање калдере. Оне су распоређене у Ђавољој вароши, Иван

кули и Краварима. Најбоље очувани делови вулканске коме налазе се на Соколовици на северу, односно на Марковом вису на југу. Гајтанска калдера је најстарија и од ње је очуван само источни део на Петровој гори. Туларска калдера је најмања, вероватно и најмлађа, јер је најбоље очувана.



Слика 11. Скица Лецког магматског комплекса са зидовима очуваних калдера (Petrović Pantić, 2014, str. 33).

Целокупна вулканска активност током олигоцена условила је формирање Лецког магматског комплекса. Ово је други по величини вулкански комплекс у Србији, површине око 700 km². Спада у најпространије вулканске комплексе у Србији (Ivanović et al., 2023, p. 3). Вулканска активност започела је изливима амфиболских андезита, након чега је уследила фаза снажног експлозивног вулканизма. Тиме су створене огромне количине пирокластичног материјала, након чега су формиране нове масе андезита (Petrović Pantić, 2014, str. 31).

Андезити су углавном лоцирани у средишњем делу комплекса и могу бити амфиболски и пироксенски. Пироксенски андезити су млађи и захватају северне делове масива, у горњем току Косанице и Проломске реке. Осим планине Радан, андезити изграђују и централне делове Соколовице и Мајдан-планине. У области око Пролом Бање и Механе појављују се хидротермално измењени андезити. Алтерација се огледа у силификовању, хлоритизацији, серицитизацији, каолинизацији и другим променама (Petrović Pantić, 2014, str. 31). Осим андезита, срећу се и дацити, а ређе пропицити и трахити. На ободу „чистих“ андезита јављају се вулканогено-седиментне стене, представљене пре свега туфовима. Ове стене су велике моћности, дебљине до 210 m, што јасно указује на карактер вулканске активности. У овој зони местимично се јављају кварцне и кварцно-бечасте жице, широке и до неколико десетина метара (Лазаревић, 2010, стр. 38), док су туфови углавном заступљени у виду сочива. У грађи Лецког магматског комплекса андезити учествују са око 50% (Petrović Pantić, 2014, str. 33), док андезитски пирокластички чине око 40% (Miladinović et al., 2024, p. 3).

На територији Топличког округа могу се издвојити и велике површине изграђене од миоплиоценских седимената: конгломерата, шљунка, песка и глине. Ове стене захватају простор на левој страни слива Топлице, од Блаца на западу до алувијалне равни Јужне

Мораве на истоку. Серија је изграђена претежно од шљункова и пескова, али се на многим местима, поред вишеструког смењивања основних литолошких чланова, запажају сочива или танки прослојци песковитих глина, глиновитих пескова, па чак и правих глина. Просечна дебљина седимената износи око 80 m (Ракић и сар., 1973, стр. 29).

Најмлађе стене представљају седименти у алувијалним равнинама топличких река, као и седименти настали аблационим процесима на брдским падинама. Алувијални седименти карактеришу се правилним распоредом геолошких чланова у вертикалном профилу. На скоро свим профилима, у подини леже шљункови или пескови фације корита. Преко њих леже разне прашинасте стене поводњске фације: суглине, супескови, лесолике глине и друге (Ракић и сар., 1973, стр. 30).

Топлички округ налази се у централном делу веома активне Средоземно-трансазијске сеизмичке зоне, односно између две сеизмичке зоне Србије – Копаоничке на западу и Јужноморавске на истоку.

Западни део округа је сеизмички активнији. Обухвата Копаоничку трусну зону са честим земљотресима, од којих су неки били велике јачине. У овој зони могу се очекивати земљотреси магнитуде од 6,2 до 6,3 степени Рихтерове скале. То одговара интензитету од око VIII степени Меркалијеве скале. Епицентри се најчешће јављају у околини села Блажева, Ђерекара, Мерћеза и Горњих Левића.

Најјачи и најразорнији земљотрес догодио се 18. маја 1980. године. Његов епицентар налазио се у наведеном подручју. Магнитуда је износила 5,8 степени Рихтерове скале, док је интензитет достигао 8,6 степени Меркалијеве скале. Сврстава се међу пет најјачих земљотреса у Србији у последњих сто година. Након главног удара уследила је серија накнадних потреса, која је трајала неколико година. Током тог периода забележено је више од 60.000 потреса различите јачине (Petrović & Manojlović, 2003, str. 133–134).

Од 1893. до 1980. године регистровано је 106 земљотреса јачине VIII степени Меркалијеве скале. Ови земљотреси имали су 75 жаришта на ширем копаоничком простору. У периоду од 1980. до 1984. године забележено је око 7.000 земљотреса. Од тога је 4.350 било јаче од III степена Меркалијеве скале. Други по снази земљотрес догодио се 7. септембра 1984. године у 2:45 часова. Његова јачина износила је 8,5 степени Меркалијеве скале (Васовић, 1988, стр. 18).

6.2 Педолошка подлога

Карактеристике земљишта, као што су квалитет, састав, дубина, структура, текстура и водно-физичка својства, зависе од више фактора и услова формирања. Овај генетски приступ развоја земљишта утемељио је Василиј Докучајев. На основу тог приступа формулисани су факторски модели формирања земљишта, који представљају општеприхваћене педолошке одреднице.

Земљиште је производ матичне стене, рељефа и климатских услова. Важну улогу имају и организми који у њему живе. Међу педогенетским факторима посебно се издваја време. За формирање земљишног покривача одређене дубине потребан је дуг временски период. Дужина тог периода зависи од особина стенске подлоге и других фактора.

Педолошки састав често настаје под доминантним утицајем једног фактора. Таква земљишта називају се моногенетским. У већини случајева земљишта се формирају заједничким деловањем више педогенетских чинилаца, односно фактора (Бачевић и сар., 2024, стр. 145), од којих је један изразито доминантан, односно опредељујући. Сваки фактор утиче на поједине особине земљишта, а њихово заједничко деловање одређује тип земљишта. Таква земљишта називају се полигенетским. Нека земљишта настају у специфичним

климатским условима и називају се климатогеним, док су друга везана за одређене облике рељефа и називају се топогеним. Минерални састав земљишта директно зависи од састава подлоге на којој се формира.

На подручју централне и јужне Србије још увек није спроведено потпуно картирање педолошког покривача, али је на основу постојећих података могуће оквирно приказати заступљеност типова земљишта на овом подручју (Zlatković, 2021, str. 41).

Физичко-географске карактеристике Топличког округа условљавају развој земљишног покривача. На овој територији изражен је висок степен педодиверзитета. Присутна је велика разноликост типова и варијетета земљишта. Хетерогеност земљишног покривача последица је разноврсног геолошког састава, морфометријских карактеристика и различитих климатских услова. Преовлађују земљишта на метаморфитима и кисела смеђа земљишта на метаморфним и еруптивним стенама. Значајно су заступљене смонице, дистрична смеђа и еутрична смеђа земљишта, као и ранкери и алувијална земљишта. Остали типови имају мање распрострањење. За приказ просторне дистрибуције земљишта у Топличком округу (**Прилог 7**) коришћена је Педолошка карта СФРЈ размере 1 : 1.000.000.

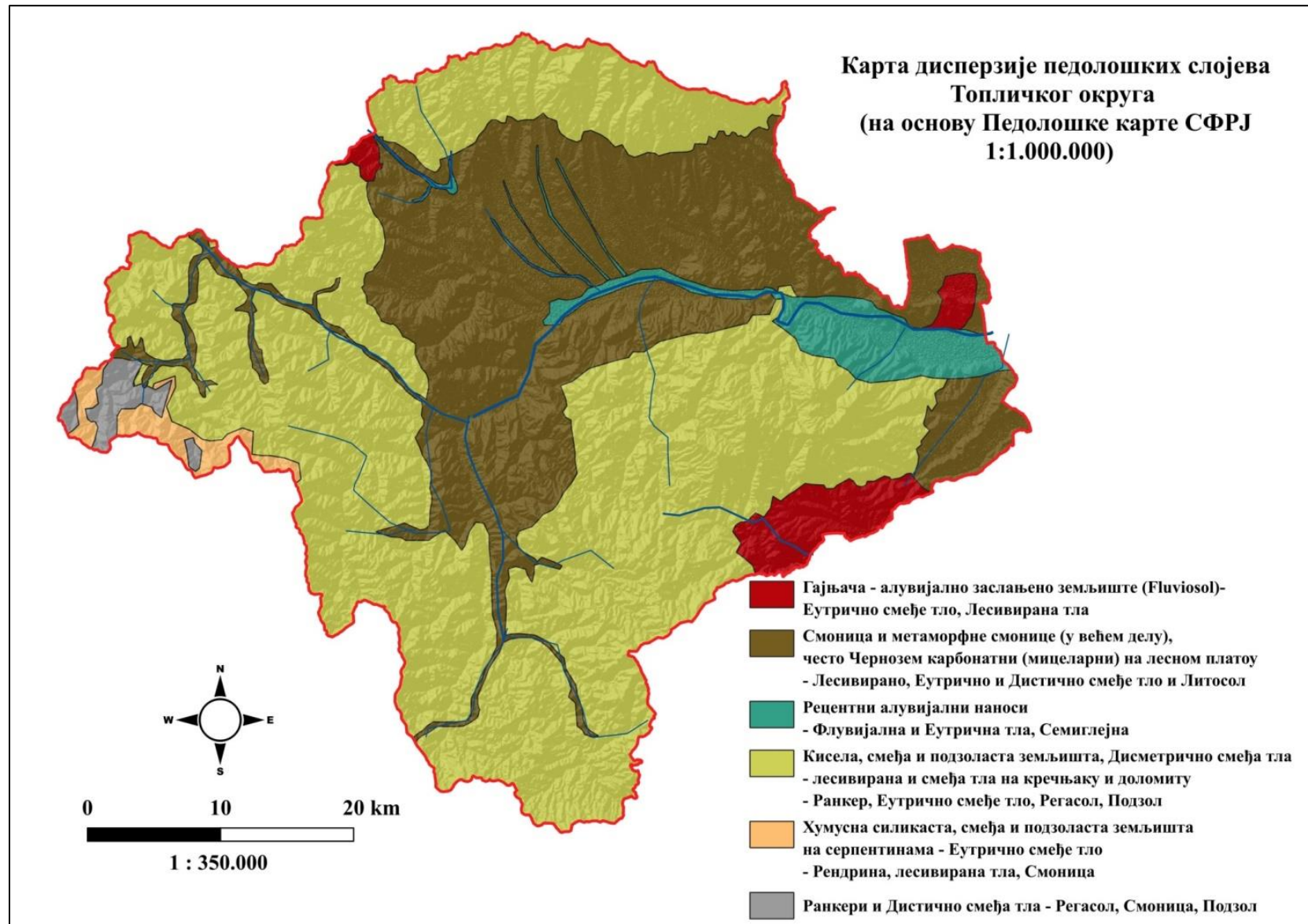
Смонице (вертисоли) су топогена и хидрогена земљишта. Представљају један од најплоднијих типова земљишта у Србији. Настају на дну или терасама некадашњих језера, на терцијарним седиментима. Веома су специфична земљишта. Под утицајем падавина постају лепљива и подложна повећавању запремине – бубрењу, па постају тешка за обраду. У условима недостатка падавина, односно суше, запремина им се смањује, услед чега се у њима појављују пукотине.

На територији Топличког округа смонице захватају знатне површине. Заступљене су углавном посмеђене и некарбонатне смонице. Према текстурној класи, то су глиновите иловаче или глинуше. Најчешће су средње дубоког и дубоког солума, са лакшим механичким саставом. Смоница је у Топличком округу често просторно повезана са черноземом и доминантна је у централном делу округа. На левој страни долине Топлице, између речне долине и планине Јастрепца, формирана је на језерским терасама под утицајем климатских и топографских услова. Већи комплекси смонице налазе се у северном делу округа, између Белољина и Блага. Услед специфичних карактеристика неогеног супстрата и вегетације, смоница се најчешће јавља у асоцијацији са огајњаченом смоницом и гајњачом.

Веће површине огајњачене смонице налазе се у источном делу округа, у општини Житорађа и Прокупљу, на левој страни доњег тока Топлице. Између села Тмаве и Велике Плана јављају се смонице у процесу огајњачавања, са фрагментима еродираних смоница у алувијално-делувијалним земљиштима, при ушћима и дуж токова већих притока Топлице (Драгојловић, 2017, стр. 65). Мањи комплекси смоница заступљени су и у долини Косанице и око горњег тока Топлице (Стевановић, 2014, стр. 125). Ова смоница образована је у истим климатским условима, али на другачијој подлози – андезиту.

Основна морфолошка карактеристика смонице је црна боја, која потиче од високог садржаја хумуса и органске материје. Смоница је лепљива, јер припада глиновитим земљиштима. Формира се на глиновитим супстратима богатим колоидним честицама. Према грађи припада хумусно-акумулативним земљиштима. Карактерише је добро развијен хумусни хоризонт. Профил је типа А-АС-С, са постепеним прелазом ка дубљим слојевима. Дубина хумусног слоја у Топличком округу варира. На појединим локалитетима достиже око 90 cm, што омогућава дубоку обраду и повољне услове за пољопривредну производњу (Стевановић, 2020, стр. 64). У равничарским деловима дубина слоја нешто је већа, док је на нагнутим теренима слој смонице плићи због ерозије, којом се односи најактивнији и најплоднији део земљишта.

ПРИЛОГ 7.



Смоница се сматра веома плодним, али и тешким земљиштем за обраду. Одликују је велика кохезија и висок механички отпор, услед специфичног механичког састава.

Неповољне је грудвасте структуре и хидрофилног карактера, што потиче од високог садржаја глине. Карактеришу је и висок капацитет апсорпције воде, као и нестабилна пољопривредна производња. То је земљиште које се оцењује као потенцијално врло плодно, јер се применом мелиоративних мера његова плодност може значајно увећати.

Гајњаче (еутрично смеђе земљиште) народни је назив за смеђе шумско земљиште. То је збијено, глиновито и веома плодно земљиште. Углавном је заступљено у семихумидним областима са сушним летима и средњом годишњом температуром од 10 до 12 °C. Јавља се на местима где је количина падавина већа него у подручјима под черноземом. Спада у типска земљишта руменкасте до црвене боје, у зависности од садржаја једињења гвожђа или алуминијума.

У Топличком округу формирала се под утицајем специфичних климатских, геолошких, топографских и других фактора. У многим деловима слива Топлице развила се као секундарна творевина на лесу, лапорцу, као и на језерским и речним седиментима. (Стевановић, 2014, стр. 126). Развијена је као последица крчења листопадних храстових шума, чиме је добијено квалитетно земљиште за воћарску и виноградарску производњу.

Разни варијетети и подтипови гајњаче чести су у Топличком округу. Обично су измешани са другим типовима земљишта. Веће површине налазе се у северном делу Топличке котлине, у околини Благаца, као и источно од Прокупља, где је гајњача формирана на језерским седиментима. На јужном ободу Топличког округа распрострањена је гајњача на шкриљцима. Овај тип је плићи и има слабије производне могућности. Јавља се и у општини Куршумлија, на Копаонику и Радану. Под утицајем појачаног влажења и ерозије формиране су лесивирана и еродирана гајњача.

Гајњача има профил грађе типа А-В-С. Слојеви се разликују по боји и саставу. Реакција земљишта је неутрална или слабо кисела. Садржај хумуса је средњи или низак. Мањи је на површинама под шумском вегетацијом, а већи на обрадивом земљишту. Гајњача се сматра релативно плодним земљиштем, а њена плодност може се повећати применом агромилиоративних мера (Стевановић, 2020, стр. 66).

Алувијално земљиште (флувисол) је растресито земљиште које настаје уз обале река таложењем поплавног материјала. Припада хидроморфним и слабо развијеним земљиштима. Често долази до засићења водом услед атмосферских, подземних и поплавних вода. Ова земљишта немају јасно развијене хоризонте, већ слојеве нанетих седимената.

Флувисол је на територији Топличког округа заступљен у централном и источном делу. Често је измешан са семиглејем. У средњем току Топлице јавља се у мањем обиму, док је у доњем делу слива знатно распрострањенији.

У централном делу округа преовлађује бескарбонатни песковито-иловасти флувисол. Простире се у средњем току Топлице, између Пљочника и Прокупља. Низводно од Прокупља, према Јужној Морави, јављају се два подтипа. Први је бескарбонатни песковито иловасти флувисол средње дубине. Развијен је у доњим токовима Југбогдановачке и Црнатовачке реке, као и дуж Топлице. Најизраженији је у атарима села Пејковца, Самариновца и Држановца. Други је карбонатни глиновити флувисол велике дубине. Највише је заступљен у атарима села Јасенице, Вољчице и Житорађе.

Флувисоли се одликују великом хетерогеношћу. Разликују се по дужини и ширини речне долине, дубини профила и механичком саставу. Разлике постоје и у минералошким, хемијским и физичким особинама, због чега се разликују и њихове пољопривредне вредности. Састоје се од муља, глине, песка и шљунка. Материјал потиче из горњих токова река. Профил је типа А-С, са честим смењивањем слојева различитог састава. У Србији, у

средњим и доњим токовима река, преовлађују прашкасте иловаче и глинуше. У горњим токовима доминирају песковити и шљунковити наноси. Хемијске особине зависе од састава подлоге са које је материјал донет. Карбонатни алувијум има неутралну до слабо алкалну реакцију, док бескарбонатни има слабо киселу реакцију.

Псеудоглеј се најчешће образује у областима са количином падавина већом од 800 mm годишње. Уколико рељефни и геолошки услови омогућавају накупљање горњих подземних вода, јавља се и у областима са 600 до 700 mm падавина годишње. Формирање ове врсте земљишта иницира прекомерно влажење, односно суфицит површинских вода, што се јавља најчешће при равном или благо нагнутом рељефу, у семихумидним и хумидним поднебљима. Његов геолошки супстрат може бити различит, од миоценских, плиоценских и квартарних глина, иловача и пескова, до пешчара, шкриљаца и еруптивних стена као што су андезит, дацит и габро (Стевановић, 2014, стр. 127).

Механички састав и хемијске особине овог земљишта, зависе од геолошког састава супстрата, порекла непропустљивог хоризонта, дубине на којој се он налази и од динамике смењивања суве и влажне фазе. У складу с тим, се и његова морфологија значајно разликује. На дилувијалним терасама изграђеним претежно од глиновитих и глиновито-шљунковитих седимената присутни су веома дубоки псеудоглејеви киселе реакције. На пешчарима, шкриљцима, андезиту и другим еруптивним стенама брдско-планинског и планинског рељефа, плићег су профила и киселије реакције од оних формираних на терцијарним седиментима.

На територији Топличког округа ово земљиште просторно обухвата највише делове Видојевице и Пасјаче, као и простор југозападно од Блага, у рејону Церовице (Стевановић, 2020, стр. 67).

Овај тип земљишта одликује се скромним количинама макроелемената, фосфора и калијума. Агротехничким мерама обраде земљишта неопходно је њихово уношење ради побољшања производних карактеристика земљишта.

Еутрично и дистрично смеђе земљиште представљају шумска земљишта знатно скромнијих продуктивних могућности. Формира се крчењем шума под утицајем брежуљкастог и брдско-планинског рељефа као основног фактора. Погодна су за пашњаке и ливаде, делимично за екстензивну производњу култура које успевају на вишим надморским висинама. Главне особине су акумулација хумуса, сиромаштво базама и изражена киселост.

Еутрична смеђа земљишта образују се на еруптивним стенама (андезит, дијабаз, дацит-андезит), и најчешће на флишној формацији, посебно ако на површини не избија пешчар. Најзаступљенија су на простору планине Радан. Дистрична земљишта јављују се на пешчарима, гнајсу, микашисту, филиту, аргилошистима, а делимично и на глинцима (Стевановић, 2020, стр. 66).

Ово је један од најраспрострањенијих типова земљишта на подручју Топличког округа. Мање површине заузима на северном ободу Топличке котлине, у горњем току Блаташнице и на падинама Јастрепца. Знатно већи комплекси налазе се на планинама јужног обода Топличке котлине – Радану, Видојевици и Соколовици. Под утицајем рељефа, ова земљишта имају плитак до средње дубок профил. Дубљи профили развијени су на блажим падинама, док су на стрмијим теренима профили плићи.

Хумусно-силикатна земљишта (ранкери) образују се на силикатним супстратима – најчешће на еруптивним и метаморфним стенама, али и на карбонатним субстратима и лапорцу. Распрострањена су на већини планина у Србији, и то на надморским висинама изнад 1000 m, мада се могу наћи и на нижим надморским висинама (Стевановић, 2020, стр. 69).

То су плитка земљишта, најчешће дубине до 20 cm, са профилем А-В. Формирају се у планинским пределима изнад 800 m, па је оштра планинска клима један од пресудних

фактора за формирање и одржавање овог типа земљишта. Педогенетском еволуцијом лагано прелазе у смеђа земљишта. Према механичком саставу, хумусно-силикатна земљишта најчешће су иловаче и песковите иловаче. На њима се успешно развија шумска и ливадска вегетација, а користе се и за узгој воћа, винове лозе и појединих пољопривредних култура.

Због велике распрострањености еруптивних и метаморфних стена у Топличком округу, ранкери су чест тип земљишта. Највише су заступљени у брдско-планинским деловима округа, посебно на подручју општине Куршумлија и територије Града Прокупља, док се мање површине јављају и на Јастрепцу.

Земљишта на серпентинитима и кречњацима су у мањој мери заступљена у Топличком округу, углавном у вишим деловима Копаоника, где геолошка подлога представља доминантан фактор његовог формирања. На његову генезу, динамику и еволуцију значајан утицај имају и карактеристике рељефа, климатски услови и вегетација.

Ова земљишта се јављају као литосоли и црнице. Код литосола је изражен утицај матичне стене. Због тога више подсећају на рендзине него на ранкере и смеђа земљишта. Црнице су плитка и растресита земљишта. Подложне су ерозији ако нису прекривене вегетацијом. Најчешће су под травнатим покривачем. Оба типа имају ниску природну плодност. Најчешће се користе као шуме, ливаде и пашњаци.

Изражен педодиверзитет условио је и разноликост квалитета земљишта. На територији Топличког округа нису заступљена земљишта I бонитетне класе, док су све остале класе заступљене у мањем или већем обиму. У вишим планинским пределима, са израженијим нагибима рељефа, формирају се земљишта IV–VII бонитетне класе и скромнијих продуктивних могућности. На брдовитим и брежуљкастим пределима, као и на ободима планина, јављају се гајњаче и квалитетнија земљишта, II и III бонитетне класе. У котлинама и речним долинама преовлађују земљишта II до IV бонитетне класе – гајњаче, смонице, алувијална земљишта и друга.

6.3 Геоморфолошке и морфометријске карактеристике

Снажним тектонским покретима, пре свега раседањем, створени су основни макрооблици рељефа – планине и котлине (**Прилог 2**). Каснијим дуготрајним деловањем егзогених агенаса, иницијални рељеф претрпео је велике промене. На тај начин настали су специфични и ретки геоморфолошки објекти (мезорељефни и микрорељефни облици) који у Топличком округу представљају изванредну основу за привредни развој, а нарочито за развој геотуризма и других облика туризма.

6.3.1 Макрогеоморфолошки облици рељефа

Макрооблици рељефа у Топличком округу настали су као последица снажних тектонских покрета, пре свега раседањем током херцинске и алпске орогенезе. Притом су се издигле планине, а између њих спустиле су се котлине. Интензиван вулканизам током терцијара учествовао је у обликовању крупних рељефних облика. Ово је нарочито изражено на подручју планина Копаоника, Јастрепца и Радана. Котлине заузимају значајан део простора Топличког округа. Највећа је Топличка котлина, која је на западу повезана са мањом Косаничком (Рачанском) котлином.

Топличка котлина има овалан облик. Издужена је правцем исток–запад. Дужа оса износи око 30 km, а краћа око 10 km. Површина котлине износи приближно 679 km². Настала је разламањем Српског кристаластог језгра. Утиснута је између громадних планина – Јастрепца на северу и планина Радана, Соколовице, Арбанашке, Видојевице и Пасјаче на југу.

На западу је ограничавају обронци Копаника и Лепе Горе. На истоку је широко отворена према долини Јужне Мораве, док је од Добрича одвојена ниском косом која повезује Јастребац и Пасјачу. У морфолошком погледу, дели се на два неједнака дела – већи северни и мањи јужни. Река Топлица је условна граница између њих.

Током геолошке прошлости, котлина је прошла кроз језерску фазу развоја. О томе сведоче абразиони облици на ободу и језерски седименти на дну. Лакустријски карактер огледа се у постојању централне језерске равни. Она је делимично измењена ерозијом, али је и даље уочљива. Боље је очувана у северном делу котлине. У атару села Међухана јасно се уочава контакт неогене равни Топлице и хорста Јастрепца. Тај контакт повезан је гредом горњокредног топличког флиша. Притоке Топлице, које извиру на падинама Јастрепца, усекле су плитка корита у дно котлине. На тај начин централна раван рашчлањена је у дуге гредице. Оне су готово паралелне и благо нагнуте према Топлици у правцу северозапад–југоисток. Дно котлине је благо заталасано и испресецано речним долинама. Са њега се издижу мања узвишења: Губа 341 m н.в., Хисар 358 m н.в., Боровњак 361 m н.в., Шанац 423 m н.в., Умац 472 m н.в. и друга.

Косаничка котлина настала је снажним раседањима у различитим правцима. Дуж једног од тих раседа – Лубничког раседа кроз који протиче Проломска река, јавља се и Пролом бања. Дуж другог раседа формирана је мања Рачанска котлина кроз коју протиче река Косаница. Између раседа остала је андезитска пречага у виду хорста која затвара ову котлину. Трансгресијом Панонског језера, вода се из Топличког језера преливала преко ове пречаге и доспевала у Косаничку, односно Рачанску котлину, чиме је формирано Косаничко језеро, као део већег Топличког језера.

Око 70% рељефа Косанице вулканског је порекла (Министарство Грађевинарства, Саобраћаја и Инфраструктуре [МГСИ], 2017), а касније је измењено флувио-денудационом ерозијом, о чему сведоче добро очуване вулканске купе: Голак, Мачја стена, Матаровачки вис, Иван кула, Комесија, Трпежанска главица, Велики чукар, Бранково кале, Лубнички вис, Дешишки вис и Краварска глава. Последице вулканизма огледају се и у геолошким карактеристикама ове области. Она је богата различитим минералним сировинама, нарочито лискуном, фелдспатом и гвожђем, оловом, цинком, сребром и златом.

Добрич је заталасана висораван, омеђена речним токовима Јужне Мораве на истоку и обронцима Јастрепца на северу. Благо је нагнута ка истоку и испресецана притокама Јужне Мораве и Топлице – Југбогдановачком реком, Крајковачком реком и Црнатовачком реком. На југу највећи део развођа простире се према долини Пусте реке. На западу обод Добрича чине источни обронци Пасјаче и ниске косе изграђене од кристаластих шкриљаца и неогених седимената.

Осим ових већих котлина, у Топличком округу може се издвојити и неколико мањих котлина. Мањих димензија је Бањска котлина, у којој је смештена Куршумлијска Бања. Обликована је ерозивним дејством Бањске реке у алб–ценоменским лапорцима, кречњацима и пешчарима. Дуга је око 600 m, а широка око 300 m. Простире се на надморској висини од 442 m (Павловић, 2019, стр. 171).

Треба издвојити и синклиналу Злате, која је данас просечена током Златске реке. Простире се између антиклинала Житног потока и Пасјаче (**Прилог 5**). У њеном језгру налази се гранитоидни факолит изграђен од ортогнајса, који као споредни минерал садржи цирконе у виду ситних зрна (Ракић и сар., 1973, стр. 18). Она представља саставни део Пусторечке котлине, чији горњи део административно припада Топличком округу.

У рељефном смислу, Пусторечка котлина представља интегрални део Лесковачке котлине. Према Р. Илићу (1978, стр. 22), Пуста река представља најстарију котлинску реку у Лесковачкој котлини. Брдско-планински део тока Пусте реке, до села Славника, чији атар

представља границу Топличког и Јабланичког округа, просечен је у кристаластим шкриљцима Видојевице и Пасјаче.

Други тип макрогеоморфолошких облика рељефа чине планине, које оивичавају територију Топличког округа.

Копаоник је најмасивнија планина у Србији. Део је великог планинског система који још чине планине Жељин, Столови и Гоч. Сам Копаоник пружа се од реке Јошанице и превоја Караула на северу, до долине реке Косанице на југу. Западну границу чини ток Ибра, а на истоку је Јанковом клисуром одвојен од Јастрепца. У овим оквирима, пружа се у дужини од око 82,5 km и ширини од око 63 km, односно захвата простор површине око 2765 km² (Стевановић, 2020, стр. 29). Некада је сматран делом старе Родопске масе, али по савременим геолошким схватањима, око 70% простора ове планине припада Динаридима (Васовић, 1988, стр. 15).

Топличком округу припадају југоисточни делови ове планине. Топличка подгорина Копаоника одвојена је од централног била административном границом са Расинским округом. Она се протеже од висова Пилатовице 1703 m н.в. и Чардака 1567 m н.в., развођем Блажевске и Штавске реке, преко виса Треска 1439 m н.в., до краја Трећак. Овде пресеца долину реке Топлице, чија изворишна челенка, административно не припада Топличком округу. У Магову се ослања на Лепу Гору, која у ширем смислу припада копаоничком подгору.

Јужну границу Копаоника тешко је одредити, па постоје различита мишљења. Према Васовићу (1988, стр. 5–6), Копаоник се на југу простире до долина Косанице и Мале Косанице, дуж којих пролази транзитни правац. Топлички део ове планине на западу је ограничен административном линијом према Косову и Метохији, која иде преко два важна превоја – Преполац 876 m н.в. и Мердаре 645 m н.в., као и висова Тумбе 1488 m н.в. и Мадљике 1318 m н.в., до већ поменутог виса Пилатовице. Топличка подгорина је позната и по великом броју термоминералних извора, међу којима се истичу они у Луковској и Куршумлијској бањи.

На Копаонику постоји дванаест локалитета са изузетним биљним, животињским и геоморфолошким реткостима. У нижим деловима доминира букова шума, а у вишим смрча и јела. Због својих природних вредности, 1981. године проглашен је националним парком. И поред изражених природних потенцијала ниједан део топличког дела Копаоника није заштићен, што представља велики пропуст у области заштите природе.

Лепа гора представља крајње источни део подгорја Копаоника, чији се главни масив простире западно од ње. Ова широка и пространа планина ограничена је током Топлице са западне и јужне стране, Блаташницом на североистоку и Расином на северозападу. Од Јастрепца је одваја Јанкова клисура. За ову огромну планину, која припада Српско-македонској маси, користи се и назив Пожар (Пожара), по једном од њених највиших врхова. Највиши врх је Црна чука 1196 m н.в. Геолошки састав је разноврстан. Присутни су дијабази, серпентинисани перидотити, кристаласти шкриљци и кречњаци, од којих су изграђени и највиши врхови.

Јастребац, чијим се билом протеже северна граница Топличке котлине и Топличког округа, представља масивну планину огромног порекла. Западни део ове планине је виши и назива се Велики Јастребац, чији је највиши врх Ђулица 1492 m н.в. Источни део ове планине је нижи и означава се као Мали Јастребац, чији је највиши врх Купињак 946 m н.в. Раздваја их превој Грebaц 635 m н.в. Велики Јастребац је од Копаоника на западу одвојен Јанковом клисуром, док се на истоку обронуци Малог Јастрепца стрмо спуштају према долини Јужне Мораве.

Велики Јастребац је типична хорст-планина. Издигао се између Топличке котлине на југу, Крушевачке котлине на северу и Нишко-алексиначке котлине на истоку. Пружа се лучно, општим правцем пружања је ЗЈЗ–ИСИ, у дужини од око 36 km, а највећа ширина износи око 20 km. Изграђен је углавном од старих метаморфних стена, док подножје чини флиш горње креде и еоцена. Највиши делови ове планине интродовани су гранитоидима и габрима. На централном билу истиче се неколико врхова: Гаврануша 1130 m н.в., Ђулица 1492 m н.в., Поглед 1481 m н.в., Страцимир 1394 m н.в. и други. Мали Јастребац је, такође, хорст, али знатно нижи од Великог Јастрепца. Општи правац пружања прати правац пружања Великог Јастрепца, у дужини од око 10 km. Изграђен је претежно од кристаластих шкриљаца прекамбријске старости. Врхови не прелазе 1000 метара надморске висине.

Јастребац је једна од најшумовитијих планина Србије. Доминирају буква, храст, граб, јела, бор и друге врсте шумског дрвећа. Природну реткост представља брезова шума. Од 2024. године заштићен је као парк природе.

Планина Радан је по висини највиша и по простирању највећа планина на јужним границама Топличког округа. Највиши врх је Шопот 1408 m н.в. Изразита вулканска активност током терцијара условила је да кристаласти шкриљци, који чине основу, буду прекривени дебелим слојем андезита, дацита и њихових пирокластита, а касније измењени дејством ерозије. На тај начин су формирани интересантни и ретки облици вулканског рељефа. Општи правац пружања Радана је СЗ–ЈИ, у дужини од око 8 km, од села Власа до села Ображде. Издигао се између Арбанашке планине на северозападу, Пауновог брда на североистоку, Големог рида на истоку и Петровца на југозападу. Превоји Велика и Мала Гајтанска врата 1150 m н.в., деле Косаницу од Горње Јабланице. Ова планина богата је рудама, о чему сведоче стари римски ископи, али и велики рудник олова и цинка Леце. Због изузетног богатства флоре и фауне, Радан је проглашен парком природе на површини од 466 km².

Видојевица доминира јужним ободом Топличке котлине. Пространа, шумовита, средње висока планина, пружа се правцем север–југ, дужином од око 18 km, док је њена највећа ширина око 15 km. Највиши врх је Бандера 1155 m н.в., а од осталих треба издвојити Троглав 802 m н.в., Жижница 789 m н.в., Миладински вис 909 m н.в., Чука 985 m н.в., Видојевички камен 989 m н.в. и друге. Ограничена је током реке Топлице на северу, током Арбанашке реке на западу, док јужну границу чини ток Статовачке реке. Видојевица се ниским побрђем проширила и на северну обалу реке Топлице. Ту се издижу висови Умац 470 m н.в., Хисар 358 m н.в., Боровњак 361 m н.в., Велика Губа 339 m н.в., Падински брег 324 m н.в., Хумка 337 m н.в., Шанац 442 m н.в. и други. Као и остале планине јужног обода, изграђена је од кристаластих шкриљаца. Простор на врху Видојевице означен је као једно од најмрачнијих места у Србији, што је искоришћено за изградњу астрономске опсерваторије.

Пасјача је најисточнија планина на јужним границама Топличког округа. Од Видојевице је раздваја превој Бели камен 958 m н.в., мада се може сматрати да Видојевица и Пасјача представљају јединствен планински масив. Ипак, Пасјача се протеже од долина Растовничке, Бучинске и Коњувске реке на западу до приближно линије Житорађа–Студенац–Злата на истоку. Протеже се општом правцем север–југ, дужином око 17 km, а у правцу запад–исток око 10 km. Одликује се благим падинама прекривеним густом шумом. Највиши врх је Пасјачки вис 971 m н.в., који се издиже са заталасане површи висине између 800 и 850 m. Од осталих висова истичу се Орлов вис 917 m н.в., Кодра 894 m н.в., Кале 862 m н.в. и други. У основи је изграђена од кристаластих шкриљаца који представљају под некадашњег Лесковачког језера.

Ргајска планина пружа се општим правцем СЗ–ЈИ. Простире се југозападно од Видојевице, од које је одваја долина Мрљачке реке. На југу благо пада према Житном потоку

и долини Пусте реке, а на западу је ограничена током Пестишке реке. Највиши врх је Јованова глава 1017 m н.в. Планина је прекривена густом шумом, у којој доминира цер, који чини око 30,7% шумског фонда. Буква чини око 28,8%, а сладун око 22,2%. Остатак чине мешовите шумске заједнице са мањим састојинама црног бора (ЈП „СрбијаШуме“, 2017).

Соколовица се простире између Проломске реке на југу, Косанице на западу, Каменичке реке на северозападу и Грабовничке реке на истоку. Према Топлици се благо спушта, док су јужне и западне падине веома стрме. Пружа се правцем СЗ–ЈИ, у дужини од око 10 km, са максималном ширином од око 8 km. То је заталасана површ висине од 850 до 900 m са које се издижу врхови – Соколовац, највиши врх (1260 m н.в.), затим Соколов крш 1115 m н.в., Радуловац 1050 m н.в. и други. Планина је богата густом шумом храста, букве и других врста дрвећа. На њој се налази истоимено ловиште површине око 800 ha. Године 1987. основано је прихватилиште за муфлонску дивљач, површине око 26 ha, а 1997. године формирано је узгајалиште крупне дивљачи „Милошева вода“ на површини од око 466 ha.

Арбанашка планина наставља се на Соколовицу. Дуга је око 4 km правцем запад–исток, а широка око 5 km правцем север–југ. Благо је нагнута према северу, а стрмија према југу. Највиши врх је Вијагор 1128 m н.в., док неколико висова премашује 1000 метара надморске висине – Бубањ 1009 m н.в., Марково брдо 1086 m н.в., Бојовско брдо 1012 m н.в. Механска планина добила је назив по селу Механе, које се налази на њеним северним падинама. Простире се између Бањске реке на југу и Проломске реке на северу. Дуга је око 8 km и широка око 5 km. Највиши врх је Малињак 962 m н.в. Он се издиже са благо заталасане површи висине око 900 m. Пружа се правцем југозапад–североисток.

Проломска планина налази се источно од Механске планине. Пружа се меридијанским правцем у дужини од око 7 km и ширини од око 2,5 km. Највиши врх је Соколов вис 1370 m н.в. Масив се простире између Пролом Бање и села Пролом, до планине Радан. На северу допире до долине Проломске реке. Издужен гребен наставља се до превоја Гајтанска врата, који је одваја од Радана. У литератури се наводи да је део планине Радан. У подножју, на јужним падинама, налази се Ђавоља варош.

Мајдан планина пружа се лучно правцем североисток–југозапад у дужини од око 13 km. Највиши врх је Вратница Јанковића 1096 m н.в., у североисточном делу. Назив указује на рудно богатство које је експлоатисано још у античком и средњовековном периоду. Захвата изворишни део Велике Косанице.

Југозападни обод Топличког округа чини низ масива дуж административне линије са АП Косово и Метохијом. Они раздвајају Мало Косово на западу од Мале Косанице на истоку. Превој Брвеник одваја их од планине Гољак. Међу најистакнутијим врховима су Голак 1073 m н.в., јужно од превоја Мердаре и Ибрахимов вис 1213 m н.в., нешто јужније. Мајдан планина на истоку, Ибрахимов вис на југу и Голак на западу, ограничавају изворишни део Велике Косанице.

6.3.2 Мезорелефни и микрорелефни облици

Првобитни, тектонски облици рељефа су дејством падавина, ветрова, температуре, речних токова и других агенаса преобликовани, док су истовремено формиран и микрорелефни облици. Међу процесима доминирају флувијална ерозија и акумулација, као и вулканизам и денудација. Остали процеси су слабије заступљени. Облици настали абразијом, крашком и еолском ерозијом углавном су уништени током дуге континенталне фазе развоја рељефа.

Флувијални рељефни облици представљени су фосилним облицима – речним долинама и речним терасама, као и рецентним облицима рељефа: речним коритима, речним острвима и плавинама.

Карактер речних долина условљен је рељефом. У планинским пределима речне долине имају клисурасте карактеристике, а поједине су и кањонског типа. У средњем, а нарочито у доњем току присутне су нормалне долине са приближно подједнако заступљеним дубинским и бочним усецањем. Долине су композитног карактера, састављене су од узастопних проширења и сужења. Често су полигенетске, полиморфне и полифазне. Равничарски рељеф подстиче бочно усецање, што за последицу има изражено меандрирање. Изразитим меандрирањем захваћен је део средњег тока Топлице у Губетинском пољу и цео доњи ток ове реке.

Посебан тип речних долина су епигеније. Епигенетске долине нису ретке у свету и нашој земљи. Реткост је да се на кратком растојању, на истом водотоку јави више од једне епигеније. То је карактеристично за долину Топлице, у којој се јављају две епигеније. Једна се налази у Прокупљу, код брда Хисар, а друга је нешто низводније, код брда Губа.

Река Топлица је пре 600.000 година почела да формира своју речну мрежу по дну некадашњег језера. Брзо је усецала своје корито у готово водоравним слојевима глине, лапорца и жућкасте иловаче. Тај процес трајао је све док није достигла тврђе стене из прејезерске фазе. Након тога, усецање се успорило. Масив Јастрепца на северу повезан је пречагом од шкриљаца са масивима Видојевице и Пасјаче на југу. Пречага је постављена попречно на ток Топлице и била је прекривена језерским седиментима. Процесима ерозије оголићена је, а данас се уочава као низ узвишења, међу којима су и Хисар и Губа. Топлица је пробила ова узвишења и усекла своје корито. Тако су настале сутеске које представљају ртне епигеније (Radovanović, 1994, str. 53). У ранијим радовима Јована Цвијића наводи се да је епигенија Губе ивична. Овај феномен захтева детаљнија истраживања.

Клисури и кањони карактеристични су за горње токове Топлице и њених притока. Најдужа и најупечатљивија је клисура Топлице. Пружа се дуж целог горњег тока и позната је под називом Тесна Топлица. Почиње код села Судимље, у општини Брус, у Расинском округу. Са мањим проширењима протеже се готово до Куршумлије. Дуга је око 35 km.

Луковска река је од Лукова до Мерћеза усекла клисуру дугу око 12 km. Њене притоке, Штаvsка и Требињска река, формирале су кањонске долине (Милинчић & Љешевић, 1994, стр. 34).

Долина Бањске реке, између Куршумлијске Бање и Куршумлије, има облик клисури. Дуга је око 9 km. Њене притоке, Жегровачка и Тачевска река, усекле су још дубље долине које се приближавају кањонском типу.

Река Косаница пробија се између Радана на југу и Копаоника на северу. Од Мердара до Куршумлије формирала је дугу и живописну клисуру. На појединим местима стране су стрме и готово вертикалне.

Река Блаташница је изградила Јанкову клисуру, између Копаоника на западу и Јастрепца на истоку. Укупне је дужине 5,5 km, од села Цепница до села Равни. Само крајњи источни делови ове клисури административно припадају Топличком округу.

Барбатовачка река је у изворишном делу свог тока, све до Горњег Гргура, издубила до 350 m дубоку клисуру, која на више места има изглед кањона (Стевановић, 2020, стр. 34–35).

Од осталих флувијалних облика рељефа треба издвојити речне терасе. Оне су ретке, односно слабо су сачуване. Проучавајући геоморфологију Топлице, Ј. Цвијић, С. Милојевић, а касније и други геоморфолози и географи, установили су да се на овој територији, у горњем току Топлице, може издвојити серија од пет тераса: I (1–3 m), II (8–12 m), III (23–31 m), IV (65–70 m) и V (94–102 m). Ова серија евидентирана је на потезу од Куршумлије до Плочника.

Најнижа тераса (I) изражена је низводно од села Крчмара, на обе стране долине као тераса широког темена. Тераса II усечена је претежно на левој страни долине, у алувијалним глинама. Остале терасе су ужег темена и стеновите. Највиша тераса евидентирана је између Барлова и Плочника (Мартић Бурсаћ, 2017, стр. 39–40). Сличне терасе евидентирани су и у доњем току, између Прокупља и ушћа у Јужну Мораву. Град Прокупље лежи на једној од њих, на висини од 20 до 27 m.

Сличне терасе утврђене су и у сливу Косанице. У средњем току издвојене су четири терасе. Прва је на висини од 4 до 5 m, друга на висини од 20 до 27 m, трећа на висини од 47 до 60 m, а четврта на висини од 95 до 112 m.

У сливу Топлице уочавају се и рецентни рељефни облици настали флувијалном ерозијом и акумулацијом. Представљени су меандрима, речним острвима и плавинама. Река Топлица у доњем току, низводно од Прокупља, усеца своје корито у меке језерске седimente Добрича. Како је пад речног корита веома мали, јавља се изразито меандрирање. Низ од три меандра налази се код села Лукомира, а меандрирање је присутно и код Дољевца. Меандрирањем је захваћен и доњи део средњег тока, у Губетинском пољу, где су присутни остаци мртваја. Најинтересантнији је меандар у самом Прокупљу, око брда Хисар, који одваја средњи и доњи ток ове реке.

Речна острва су малих димензија, а многа су и периодична, односно појављују се тек при малим водостајима, док их средње и велике воде потпуно прекривају. Углавном се јављају у доњем току јер транспортна моћ Топлице у том сектору слаби па долази до акумулације донетог материјала.

Плавине су карактеристичне за горњи ток Топлице, узводно од Куршумлије, и за горње делове сливова Косанице и Пусте реке. Једна већа плавина налази се код села Жуч, а вероватно највећа у сливу Топлице је она на Лубничкој реци, десној притоци Косанице. И друге притоке у сливу Косанице на својим ушћима формирају мање или веће плавине, нарочито Прекорађска река, Ћачки поток, Средњи поток, Орловачки поток и Војнићки поток (Ракићевић, 1955а, стр. 31).

Вулкански рељефни облици су у значајној мери присутни на територији Топличког округа. Терцијарни вулканизам створио је Лецки магматски комплекс, који је међу најпространијим у нашој земљи. Последице овог вулканизма на рељеф Топличког округа огледају се у остацима разорених калдера и палеовулканских купа о којима је већ било речи у одељку о геологији. Деловањем температурних колебања, ветра, падавина, сунчевог зрачења, механичких разарања многе су преобликоване у остеојаче и друге палеовулканске облике.

Купаста узвишења несумњиво представљају некадашње еруптивне главице. Највише их је на простору Лецког магматског комплекса, у сливу Косанице. Чак око 70% слива ове реке изграђено је од вулканских стена. Вулканске купе се најчешће јављају у низовима различитих праваца, а ређе као усамљени облици (Ракићевић, 1955а, стр. 31). Постоји више десетина купа, а многе немају ни назив. Група од пет купа, међу којима се издвајају Голак и Ибрахимов вис, налази се у сливу Мале Косанице. Већи број купа јавља се и у околини села Дегрмен на Копаонику. Купа Матаровски вис 761 m н.в., има паразитску купу на западној страни. Изнад села Секирача налази се купа Зуб. Код насеља Превој јавља се низ од три купе. Западно од Косанице налазе се Лубнички вис 626 m н.в. и Дешишки вис 756 m н.в. На Радану, Соколов вис 1370 m н.в. представља двогубу купу са два слична врха, пружена правцем североисток–југозапад.

Најупечатљивији висови су Иван кула 886 m н.в. и Бранкова кула 811 m н.в., на којима су пронађени остаци средњовековних утврђења.

Вулканска активност постојала је и на Копаонику. О томе сведоче палеовулканске купе Рајићева гора, Кркина чука и Угљарски крш. Њихови врхови су оголићени, стрми и без вегетације. Данас имају облик остењака.

Денудациони облици рељефа настају дејством падавина и других спољашњих фактора. Кишне капи разарају површину стена, док вода односи материјал ка водотоцима, где се он таложи. Најпознатији рељефни облик у Топличком округу је Ђавоља варош. Представља скуп стубова од палеовулканског материјала обликованих ерозијом. Данас је заштићена као споменик природе. Сличан локалитет је Страшна прљуша. Геолошки је старији, али су облици на њему слабије очувани.

Денудациони процеси присутни су у целом округу. У брдско-планинским пределима јављају се јаружење и формирање дубодолина. Ови процеси су посебно изражени у горњем делу слива Топлице и на падинама Копаоника и Јастрепца. Поједине јаруге имају велике димензије. У долини Ђачког потока забележена је јаруга широка 4 до 6 m и дубока око 3 m. Ракићевић (1955, стр. 30–31), данас вероватно додатно продубљена. Интензивна ерозија захватила је велике површине. Главни узрок томе је непланска и прекомерна сеча шума.

Абразиони облици рељефа данас су слабо очувани. Кратка језерска и дуга континентална фаза, довеле су до њиховог уништавања. У Топличкој котлини издвојена су четири абразиона нивоа. Они се налазе на висинама од 520 до 560 m, од 610 до 640 m, око 730 m и од 800 до 850 m. Најнижи ниво широк је 5 до 7 km. Простире се од Барбатовачке реке до Куршумлије и делом залази у долину Косанице (Ракићевић, 1955a, стр. 30–31). Остаци су уочени и у Рачанској котлини и у сливу Мале Косанице. Највиши ниво, на висини од око 760 m, забележен је на Бранковој кули и код села Механе (Radovanović, 1994, str. 41–45). У северном делу Топличке котлине, на падинама Јастрепца, ови облици су слабије изражени. Идентификована су четири нивоа на висинама од 540 m, од 600 до 630 m, око 700 m и око 840 m (Ракићевић, 1955a, стр. 30–31).

Крашки облици рељефа су ретки. Кречњачке површине су мале и не омогућавају развој типичног краса.

Еолски облици настали су током постјезерске фазе. Ветар је из долине Јужне Мораве и са дна некадашњег језера разносио ситан материјал, који се таложио на местима слабије снаге ветра. Тако су настале насlage леса код Дољевца, јужно од Азбреснице и у Јовановачком потоку. У профилу се издвајају три жућкаста хоризонта и две тамније зоне. Ове насlage припадају вирмском периоду старости (Стевановић, 2020, стр. 38).

6.3.3 Морфометријске карактеристике рељефа

Значај морфометријских карактеристика рељефа огледа се у сагледавању основних карактеристика којима се рељеф одређеног геопростора одликује. Идентификација хипсометријских карактеристика, нагиба терена, експозиције и вертикалне рашчлањености рељефа представља основу дефинисања утицаја осталих елемената и процеса у природној средини. Овакве анализе засноване су на примени метода дигиталног картирања и коришћењу дигиталног елевационог модела, чиме се постиже тачност, концизност и динамичност визуелизације рељефа.

Морфометријска анализа спроведена је на основу ТИН модела генерисаног коришћењем SRTM DEM-а резолуције 30 m, као и дигиталног модела површи (DSM). Коришћењем SAGA екстензије у QGIS софтверу анализиран је дигитални елевациони модел.

6.3.3.1 Хипсометријска анализа рељефа

За приказ висинске зонираности Топличког округа (**Прилог 8**), коришћена је скала произвољне дебљине слоја еквидистантности и полихроматска скала боја, у комбинацији са методом осенчености рељефа (енг. *hillshade*) ради адекватније визуелизације. За висинске распоне коришћена је подела коју је предложио Јовановић (2017, стр. 51–53).

Резултат анализе представљају број пиксела и укупна површина (m²) коју они захватају у оквиру сваког хипсометријског појаса. Даљим прорачунима добијене су површине изражене у квадратним километрима и процентима површине Топличког округа (**Табела 9**). Коришћењем алгорита *Zonal statistics* у QGIS софтверу израчунати су статистички параметри растерског лејера за пикселе чија се локација подудара са анализираним површином векторског лејера.

Анализом хипсометријске карте Топличког округа уочава се константни раст рељефа од истока ка западу. Доминантно место заузима рељеф средњих висина, односно брдско-планинског (200–500 m н.в.) и ниско-планинског (500–1000 m н.в.) карактера. У дистрибуцији хипсометријских појасева ове категорије заузимају укупно 93,15% рељефа. Од тога заступљенији је рељеф ниско-планинског карактера, који заузима 55,05%, док рељеф брдско-планинског карактера заузима 38,1%.

Површине низијског рељефа су веома мале. Захватају 0,53 km², односно 0,02% површине округа. У том простору налази се тачка на којој река Топлица напушта границе округа. То је уједно и најнижа тачка Топличког округа, са надморском висином од 196 m.

Табела 9. Дистрибуција површина према хипсометрији.

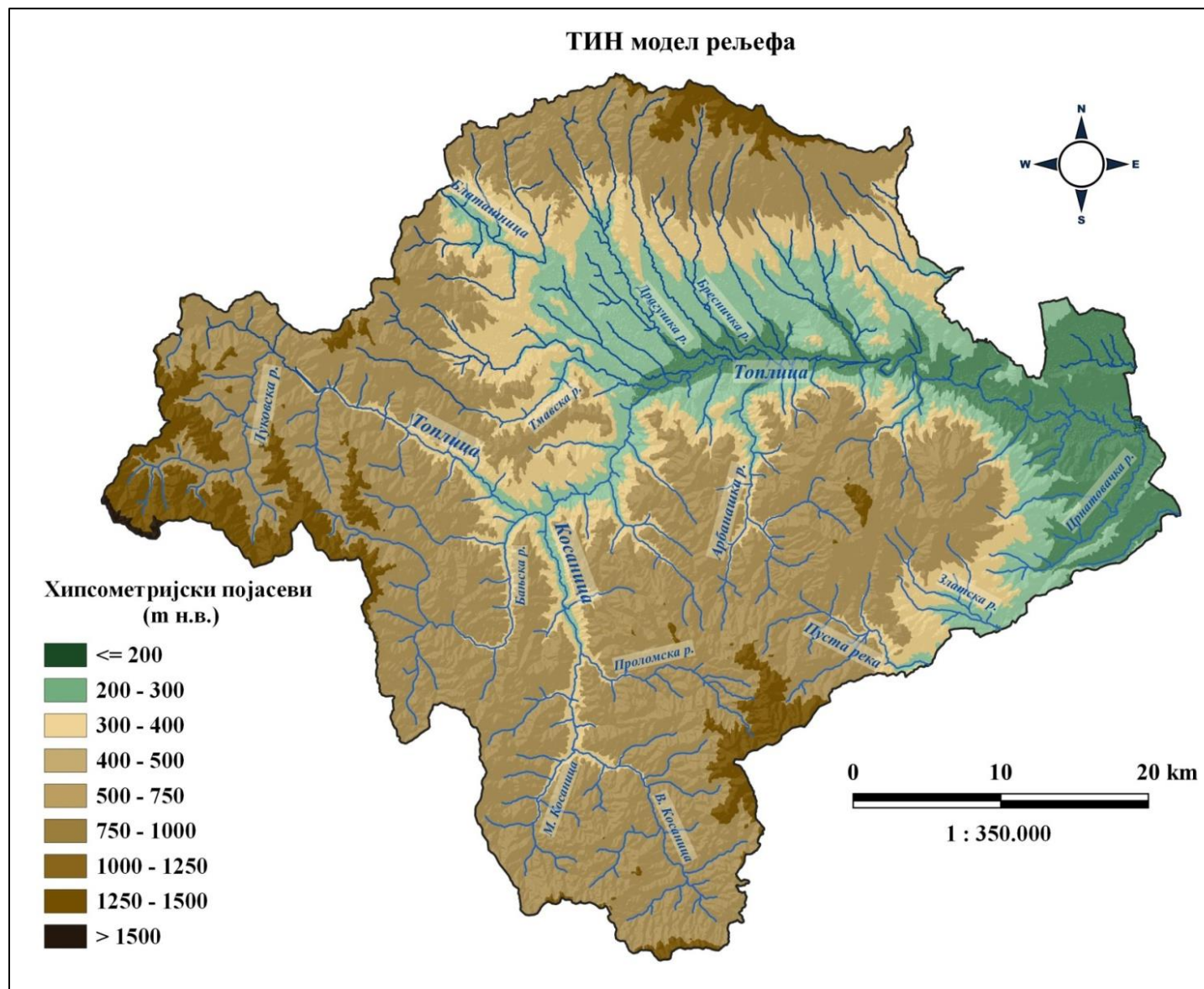
надморска висина (m)	површина (km ²)	проценат површине (%)	категорија рељефа
< 200	0,53	0,02	низијски рељеф
200-300	189,43	8,49	брдско-планински рељеф (38.1 %)
300-400	301,69	13,52	
400-500	359,07	16,09	
500-750	780,40	34,98	нископланински рељеф (55,05 %)
750-1000	447,76	20,07	
1000-1250	128,73	5,77	средње-планински рељеф (6.83 %)
1250-1500	23,43	0,94	
1500 >	2,74	0,12	

Планински простори на висинама од 1000 до 1500 m н.в. припадају рељефу средњепланинског типа. Они заузимају 6,83% територије округа. Највећи део овог простора чини рељеф до 1250 m н.в. Површине изнад те висине су мале и заузимају нешто више од 1% територије. Налазе се у крајњим западним деловима округа.

На планинском делу Копаоника налази се врх Пилатовица, 1703 m н.в. То је једна од највиших тачака ове планине и уједно највиша тачка Топличког округа.

Посебна одлика рељефа округа је велика релативна висина. Висинска разлика између најниже и највише тачке износи 1507 метара.

ПРИЛОГ 8.



6.3.3.2 Нагиб рељефа

Нагиб терена представља вертикални угао који заклапа површина терена са хоризонталном равни (Манојловић & Драгићевић, 2021, стр. 63). Показује степен промене висине терена у односу на просторни положај (Новковић, 2022, стр. 101). Мерења и анализа нагиба терена извршени су према категоријама које је дефинисао Vognar (1992, str. 180).

За прорачун нагиба терена коришћен је QGIS алгоритам *Slope*, заснован на дигиталном моделу рељефа. Примењен је Хорнов алгоритам ради веће тачности. Резултат је растерски слој нагиба, који је даље класификован по категоријама.

ГИС анализа простора Топличког округа издваја пет категорија нагиба рељефа (**Прилог 9**), са максималним вредностима већим од 47°. Најстрмије падине, са нагибима већим од 32°, заступљене су са 1,87%. Просторно су везане за поједине гребене и одсеке Копаника у западном делу округа и Радана на његовим јужним границама.

Према дистрибуцији нагиба рељефа (**Табела 10**), највећу површину заузимају знатно нагнути терени са 44,76%, а затим нагнути терени са 30,18%. Ова расподела последица је доминације брдско-планинског рељефа и стрмих речних долина у горњим токовима река.

Табела 10. Дистрибуција нагиба рељефа Топличког округа.

нагиб терена (°)	површина (km ²)	проценат површине (%)	категирија нагиба
0-2	161,64	7,24	заравњен терен
2-5	355,41	15,93	благо нагнут терен
5-12	673,48	30,18	нагнут терен
12-32	998,74	44,76	знатно нагнут терен
32-55	41,75	1,87	врло стрме падине

Благо нагнути терени заступљени су у већој мери, са 355 km², што чини 15,93% територије. Углавном су везани за више делове Средње Топлице, Добрича и Пусте Реке. Такви терени погодују воћарским и виноградарским културама.

У нижим деловима значајније су заступљени заравњени и благо нагнути терени, који чине 7,24% површине округа. Територијално се односи на подручје испод изохипсе од 300, односно обухватају најниже делове округа. Овакав рељеф обухвата алувијалне равни, речне наносе, рецентне и палеотерасе Топлице, као и њених притока у средњем и доњем току. Присутан је у већем делу Добрича. Ова подручја одликује погодност за пољопривредну производњу, нарочито за ратарске културе.

6.3.3.3 Вертикална рашчлањеност рељефа

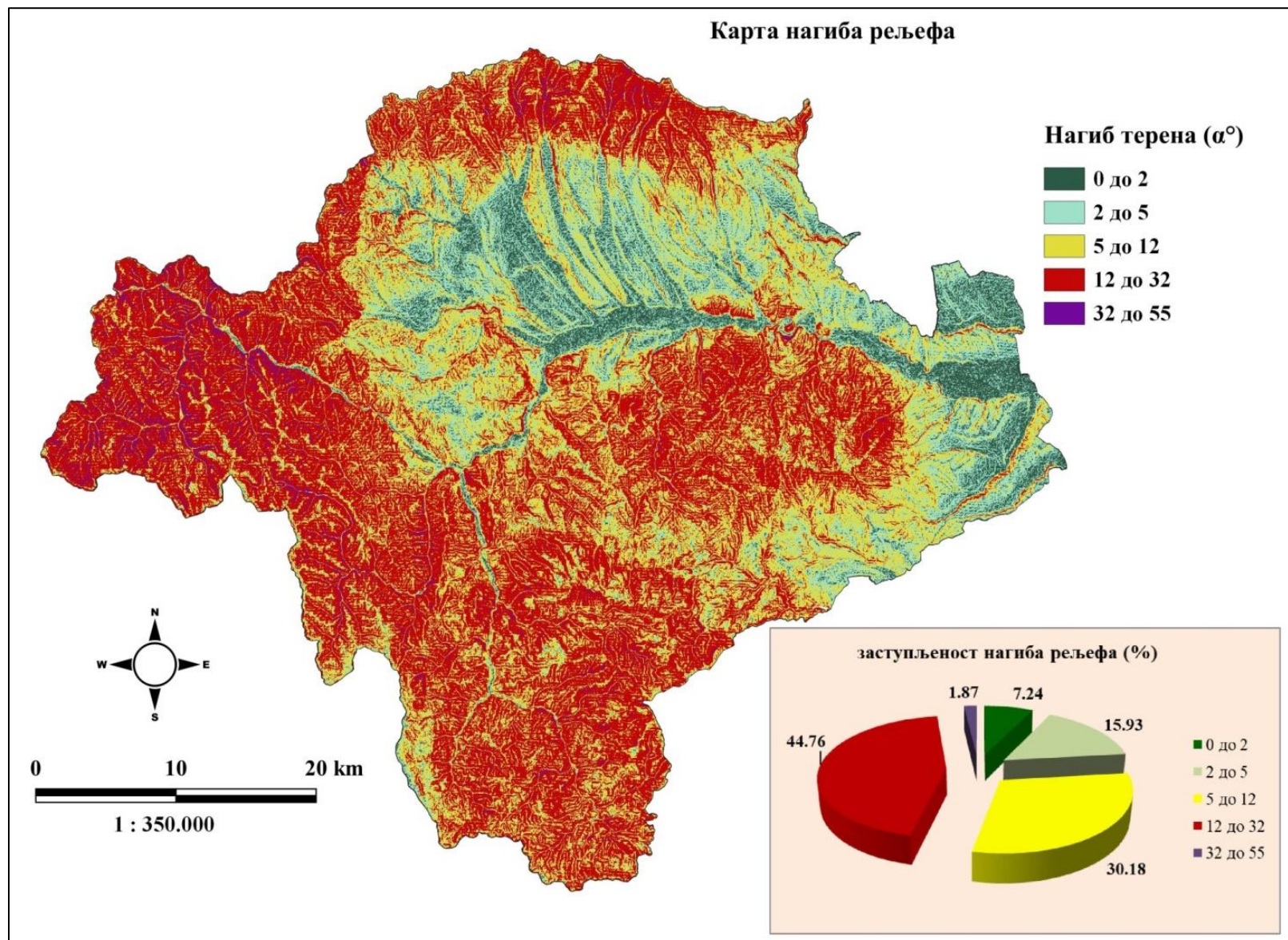
Овај морфометријски показатељ, означен и као „енергија рељефа“, подразумева параметар вертикалне рашчлањености рељефа (Манојловић & Драгићевић, 2021, стр. 57). Представља потенцијалну енергију одређеног терена који се дефинише кроз разлику апсолутних висина највише и најниже тачке унутар посматране површине.

За израчунавање вертикалне рашчлањености рељефа примењује се формула (Шушњар, 2024, стр. 75):

$$Vr = \Delta h / P \quad (11)$$

где је $\Delta h = H_2 - H_1$ а P површина посматране територијалне једнице, изражена у m/km².

ПРИЛОГ 9.



На локалном нивоу вертикална рашчлањеност рељефа условљена је специфичностима литолошког састава терена и количином воде на њему. Сматра се значајним показатељем интензитета егзогених ерозивних процеса. У рељефу веће енергије већа је и вероватноћа појачане ерозије. Терени ниске енергије одликују се малим разликама у надморској висини те представљају области интензивирани акумулације. Ипак, деловање физичко-географских фактора утиче да ли ће овакво стање заиста и бити. У зависности од њих, већа енергија се може подударати са интензитетом ерозије. Зато овакве карте у пракси, приказују предиспозицију рељефа ка процесу ерозије, односно акумулације.

У анализи вертикалне рашчлањености рељефа Топличког округа коришћена је категоризација коју је предложио Vognar (1992, стр. 181). Према овој категоризацији рељеф је дефинисан кроз шест категорија. QGIS алгоритми примењивани су на ДЕМ-у, преко кога је креирана матрица (енг. *grid*) са пољима површине 1 x 1 km. Тиме је терен рашчлањен ради лакше и прецизније анализе. Добијени резултат дефинише рашчлањеност рељефа за свако поље, чиме је формирана карта у виду матрице пиксела. Категорије рељефа су премерене са циљем дефинисања дистрибуције вертикалне рашчлањености рељефа (**Табела 11**).

Табела 11. Дистрибуција површина према категоријама вертикалне рашчлањености Топличког округа

вертикална рашчлањеност (m/km ²)	површина (km ²)	проценат површине (%)	категорија вертикалне рашчлањености рељефа
0–5	0	0	заравњен рељеф
5–30	56,56	2,53	слабо рашчлањене равнице
30–100	543,7	24,37	слабо рашчлањен рељеф
100–300	1451,3	65,05	умерено рашчлањен рељеф
300–500	178,4	7,99	веома рашчлањен рељеф
>500	1,01	0,04	изразито рашчлањен рељеф

Резултати показују да се на простору Топличког округа може издвојити пет категорија рашчлањености рељефа (**Прилог 10**). Минимална вертикална рашчлањеност износи 7 m/km². Везана је за најниже делове округа у долини реке Топлице. Максимална вредност достиже 548 m/km². Јавља се на највишим деловима Копаоника и Јастрепца.

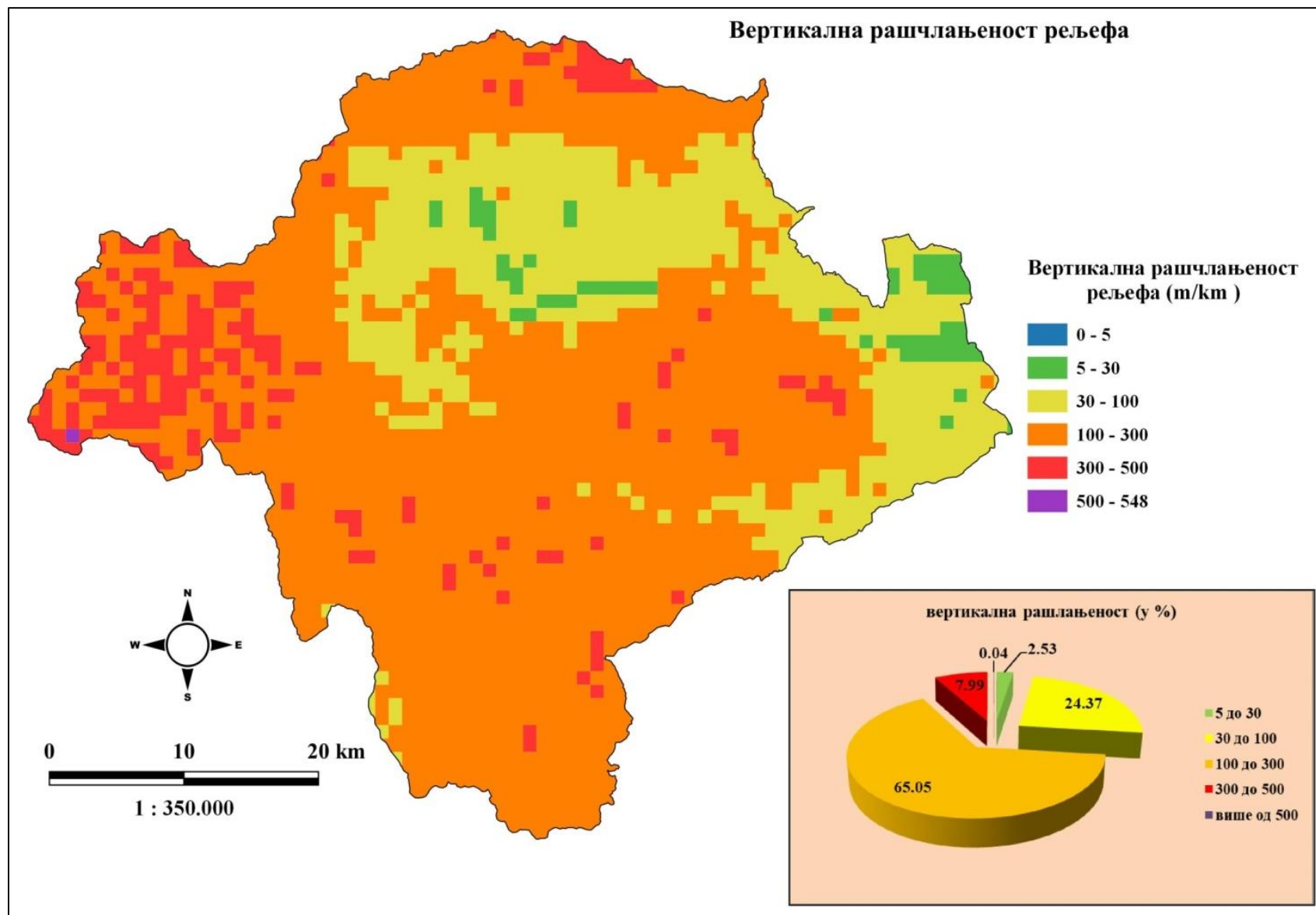
Највећу површину заузима умерено рашчлањен рељеф. Простире се на 1451,3 km² и учествује са 65,05%. Значајно је заступљен и слабо рашчлањен рељеф, са укупном површином 543,7 km² и уделом од 24,37%. Ова расподела одговара доминацији брдско-планинског и ниско-планинског рељефа.

Веома рашчлањен рељеф заузима 7,99% површине, поклапа се са средњепланинским појасом. Слабо рашчлањен рељеф заступљен је са 2,53%, што указује на мали удео равничарских површина испод 300 m н.в. Најмању површину заузима изразито рашчлањен рељеф. Простире се на 1,01 km² и учествује са 0,04% и јавља се на подручју Пилатовице 1703 m н.в. на Копаонику и Страцимира 1394 m н.в. на Јастрепцу.

6.3.3.4 Анализа експозиције рељефа

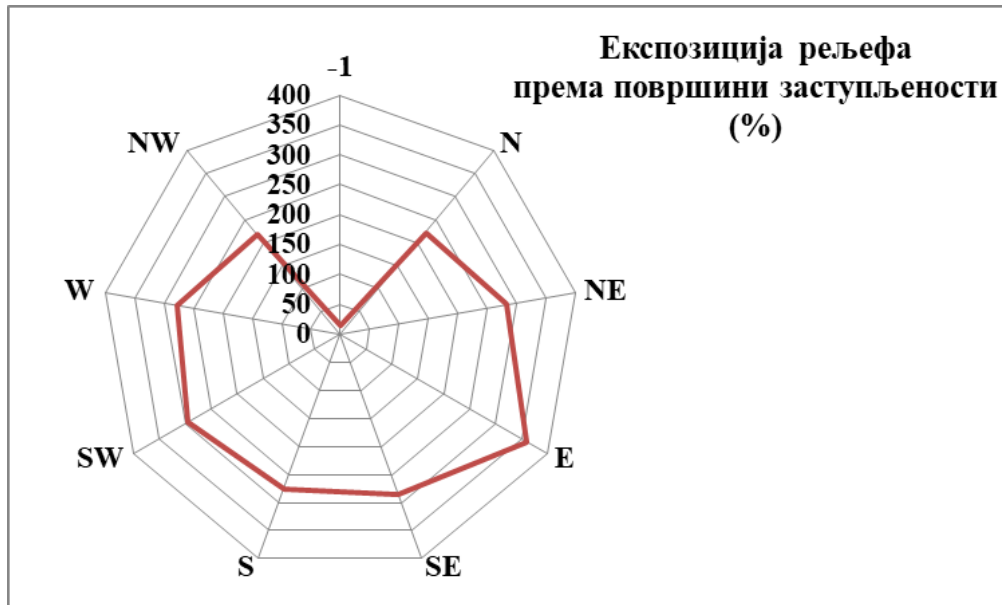
Експозиција представља положај површине терена у односу на стране света (Манојловић & Драгићевић, 2021, стр. 67). Оријентација се најчешће изражава у степенима азимута. Експозиција индиректно утиче на природне услове и процесе. Њен утицај остварује се преко трајања и интензитета сунчевог зрачења, температуре ваздуха, количине падавина, и

ПРИЛОГ 10.



задржавање снежног покривача. Сви ови фактори утичу на интензитет ерозивних и акумулативних процеса.

Експозиција има велики значај за пољопривреду. Најповољнији су терени окренути ка југу. Источне и западне експозиције су мање погодне. Северне експозиције су најмање погодне за пољопривредну производњу, јер су често у сенци. Са друге стране, северне експозиције имају значајну туристичку вредност. Посебно су погодне за зимске облике туризма, јер омогућавају дуже задржавање снежног покривача.



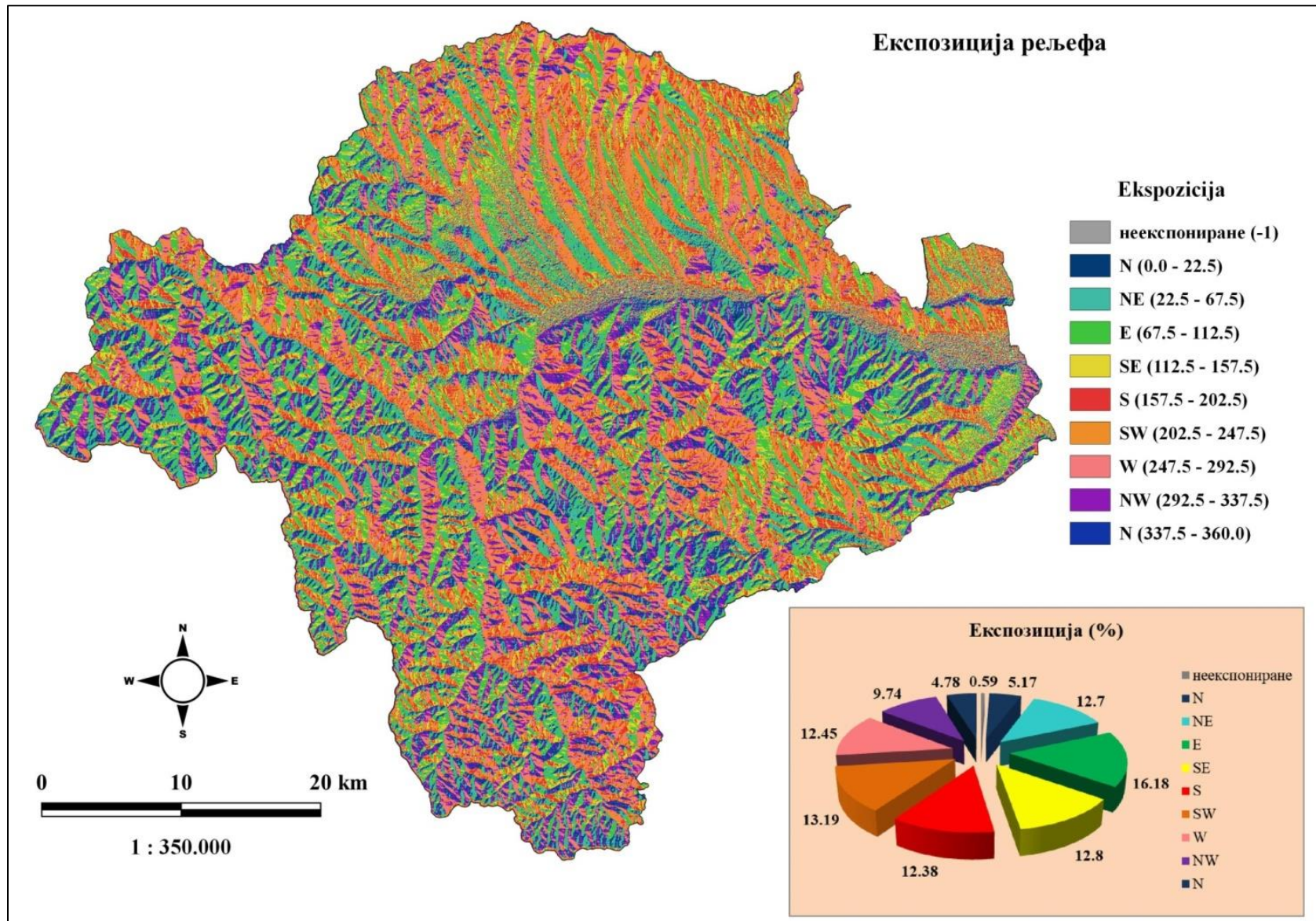
Слика 12. График учешћа експозиције рељефа Топличког округа

Код равних терена и површина са врло малим нагибом одређивање експозиције нема већи значај. Такви терени означавају се као неекспонирани. У пракси се експозиција најчешће дели на четири основне стране света: север, исток, југ и запад. За детаљнију анализу користе се и међуправци, као што су североисток, југоисток, југозапад и северозапад. Азимут од 0° и 360° означава правац севера (Јовановић, 2017, стр. 86–87). Неекспонирани терени означавају се азимутом -1.

Табела 12. Дистрибуција површина према експозицији рељефа.

категорије експозиције	азимут (°)	површина (km ²)	проценат површине (%)
неекспонирани	-1	13,27	0,59
0 – 22,5	N	115,32	5,17
22,5 – 67,5	NE	283,40	12,7
67,5 – 112,5	E	361,06	16,18
112,5 – 157,5	SE	285,77	12,8
157,5 – 202,5	S	276,13	12,38
202,5 – 247,5	SW	294,46	13,19
247,5 – 292,5	W	277,77	12,45
292,5 – 337,5	NW	217,45	9,74
337,5 - 360	N	106,71	4,78

ПРИЛОГ 11.



Ова класификација коришћена је у картографском приказу и анализи експозиције на територији Топличког округа (**Прилог 11**). На основу ДЕМ-а, ГИС алгоритмом дефинисано је и приказано девет праваца азимута. Први и девети представљају правац севера, док посебну категорију чине неекспониране површине рељефа. Анализа показује да се вредности експозиције крећу од 0° до 359,6°, и да су неједнако распоређене. Долина реке Топлице представља главну морфолошки целину која раздваја експониране површине Топличког округа.

На простору северно од реке Топлице и у југоисточном делу округа доминирају топле експозиције. Оне на нивоу целог округа учествују са више од 40% површине (**Слика 12**). Обухватају топло оријентисане падине Јастрепца и Лепе Горе, као и област Пусте Реке. У планинским пределима Копаоника, Радана, Соколовице и Видојевице, јужно и југозападно од долине Топлице, преовлађују хладне експозиције. Њихово учешће у укупној површини округа износи око 32%.

На читавом простору северно од реке Топлице, као и у југоисточном делу округа (Пуста Река), скоро у потпуности доминирају топле експозиције, које и иначе у целом округу преовлађују са више од 40% учешћа (**Слика 12**). Овај део округа обухвата топло оријентисане падине Јастрепца и Лепе Горе. Насупрот њима, у планинским просторима Копаоника, Радана, Соколовице, Видојевице и других планина јужно и југозападно од долине Топлице, у великој мери заступљене су хладне експозиције, које у округу укупно учествују са око 32%.

Појединачно посматрано, највеће учешће имају источно експонирани терени. Заузимају 361,06 km², односно 16,18% укупне површине Топличког округа (**Табела 12**). Западно експонирани терени простиру се на 277,77 km² и учествују са 12,45%.

Јужно експонирани терени, који се сматрају топлим, знатно су заступљенији од северних. Обухватају правце југ, југоисток и југозапад. Појединачно учешће сваке од ових експозиција износи између 12% и 14%. Површине које заузимају крећу се од 280 до 300 km². Највеће учешће у овој групи имају југозападно експонирани терени са 13,19%. Ови простори имају повољније термичке услове и значајни су за пољопривреду и насељавање.

Најмање учешће имају северно експонирани терени, који припадају хладним експозицијама. Североисточно експонирани терени нешто су заступљенији и учествују са 12,7%. Северни и северозападни терени заузимају између 9 и 10% површине округа. Ови простори су хладнији, са мањим осунчавањем и дужим задржавањем влаге и снежног покривача.

У оквиру округа присутне су и неекспониране површине. Оне заузимају 0,59% територије и односе се на равне терене и површине са веома малим нагибом.

6.4 Климатске карактеристике

Опште климатске особине одређене локације или дела Земљине површине зависе од комплекса климатских фактора односно климатских модификатора (Милосављевић, 1990, стр. 6). Они утичу на просторну и временску варијабилност климатских елемената. У случају Топличког округа, преовлађујући утицај имају његов географски положај у Републици Србији, на Балканском полуострву и у Европи, као и орографски услови на подручју истраживања и у његовом непосредном окружењу.

Топлички округ налази се између 42°52'00" и 43°24'24" северне географске ширине. Овакав положај у јужном делу северне хемисфере условљава значајну количину сунчевог зрачења током године. Због тога су изражени термички контрасти између годишњих доба и формира се умерено-континентални термички режим.

Територија округа обухвата централни део Балканског полуострва. Удаљеност од мора је релативно мала, али њихов утицај није значајан. Јадранско море удаљено је око 200 km, Егејско 300 до 320 km, а Црно више од 400 km (Мађејка, 1985, стр. 36). Између мора и округа простиру се високи планински венци који спречавају продор влажних ваздушних маса. Због тога је утицај маритимности слаб, а континенталност изражена.

Климатске прилике одређене су положајем у европском деформационом пољу. На ово подручје утичу Азорски и Сибирски антициклон, као и Исландска и Средоземноморска депресија. Ови барички центри условљавају честе промене времена. Током зиме доминирају продори хладног ваздуха, док лети преовлађују стабилнији услови и топлије ваздушне масе. Средоземни циклони имају посебан значај. Најчешће се формирају у Ђеновском заливу, северној Италији и области Егејског и Тиренског мора. Њихово кретање одређује распоред падавина. Током пролећа и раног лета јавља се максимум падавина. Крајем јесени и почетком зиме јавља се секундарни максимум. Овакав режим падавина типичан је за континенталне области са умереним утицајем Медитерана.

Рељеф има кључну улогу у модификацији климе. Висинска разлика од 196 до 1703 m н.в. условљава значајне локалне климатске разлике. Са порастом надморске висине температура опада, а количина падавина се повећава, што доводи до издвајања више климатских појасева. До 600 m н.в. доминира котлинска клима са топлим летима и хладнијим зимама. У овом климатском појасу јављају се честе температурне инверзије и магле. Између 600 и 1200 m н.в. развија се субпланинска клима са свежијим летима и већом количином падавина. Изнад 1200 m н.в. јавља се планинска клима са кратким летима и дугим снежним зимама.

Планински венци имају улогу природних баријера. Копаоник и Јастребац заустављају продор влажних ваздушних маса са северозапада, што условљава мању количину падавина у Топличкој котлини него на њиховим северним падинама. Истовремено, ове планине штите котлину од хладних ветрова, што доприноси стварању блаже и топлије климе. Јужне планине такође утичу на климатске услове, али у мањој мери. Источни део округа отворен је према долини Јужне Мораве, што омогућава продор сувљих и топлијих ваздушних маса из правца Нишко-алексиначке котлине. Због тога је у овом делу округа изражена аридност.

Табела 13. Основни подаци о метеоролошким станицама (преуређено према Стевановић, 2020, стр. 39–40).

	мет. станица	статус	г. ширина (φ)	г. дужина (λ)	апс. висина
1.	Житорађа	П	43° 11'	21° 43'	220
2.	Прокупље	К	43° 14'	21° 36'	265
3.	Петровац	П	43° 20'	21° 35'	485
4.	Горња Јошаница	П	43° 21'	21° 22'	500
5.	Блаце	К	43° 18'	21° 18'	395
6.	Куршумлија	О	43° 07'	21° 15'	384
7.	Пачарађа	П	43° 14'	21° 05'	480
8.	Штава	П	43° 10'	20° 58'	850
9.	Дегрмен	П	42° 57'	21° 18'	630
10.	Иван Кула	П	42° 57'	21° 25'	615
11.	Пролом	П	43° 02'	20° 25'	640
12.	Пасјача	П	43° 09'	21° 38'	830
13.	Блажево	К	43° 14'	20° 56'	880
14.	Крушевац	О	43° 34'	21° 21'	166
15.	Ниш	О	43° 20'	21° 54'	202
16.	Лесковац	О	42° 59'	21° 57'	230

(О – опсерваторија, К – климатолошка станица, П – падавинска станица).

Локални фактори, као што су експозиција и нагиб терена, додатно утичу на климатске услове. Јужно експониране падине примају више сунчевог зрачења и погодније су за пољопривреду. Северно оријентисане падине су хладније и дуже задржавају снежни покривач.

Анализа климатских карактеристика Топличког округа заснива се на подацима главних метеоролошких станица, које у континуитету функционишу, а налазе се у Куршумлији, Прокупљу и Блацу. Ови подаци допуњени су мерењима са девет падавинских станица, које континуирано функционишу и после 2010. године, а њихови подаци јавно су доступни. У аналитичке сврхе, ради добијања поузданијих резултата, укључена је и станица Блажево, у непосредној близини округа, док су сви подаци упоређивани са подацима са главних метеоролошких станица у Крушевцу, Нишу и Лесковцу. Ова мрежа омогућава детаљну анализу просторне и временске расподеле климатских елемената. Њихов размештај на територији Топличког округа приказан је у **Табели 13**.

Коришћени су подаци за најновији стандардни климатолошки период (1991–2020). На станицама за које није постојала целовита временска серија или је долазило до прекида у раду, извршена је редукција података на исти број година (Милосављевић, 1990, стр. 204–210).

6.4.1 Температура ваздуха

Температура ваздуха је најзначајнији климатски елемент. Представља непосредан производ дејства Сунчевог зрачења и радијације Земљине површине, односно израчивања земљишта. Вредности средњих месечних температура ваздуха у Топличком округу уобичајене су за умерене географске ширине. Најтоплији месеци су јул и август, са незнатним међусобним разликама. Средње месечне температуре највише су у Прокупљу (21,7 °C), док су вредности у Куршумлији и Блацу, од 20,7 °C до 20,8 °C, приближно једнаке (**Табела 14**). Најхладнији месец је јануар, са просечним температурама тек нешто нижим од 0 °C, док су у Куршумлији оне чак и позитивне. Према средњим годишњим температурама, најтоплији је централни део округа, у долини реке Топлице (Прокупље, 11,1 °C). У најнижим пределима, на периферији округа, температуре се крећу између 10 °C и 11 °C (Куршумлија 10,8 °C и Блаце 10,6 °C).

Табела 14. Средње месечне и годишње температуре ваздуха по станицама у (°C) на територији Топличког округа за период 1991–2020 (на основу Републички хидрометеоролошки завод Р. Србије, 2026).

	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	Год.
Куршумлија	0,2	2,1	6,0	10,8	15,2	18,9	20,7	20,5	15,8	11,1	6,2	1,6	10,8
Прокупље	-0,2	1,6	6,4	11,1	16,0	19,7	21,7	21,6	16,5	11,6	6,2	1,5	11,1
Блаце	-0,1	1,5	5,6	10,8	15,3	18,8	20,8	20,7	15,8	10,8	5,9	0,8	10,6
Блажево	-0,5	0,5	3,9	8,4	12,7	16,3	18,1	18,3	13,9	9,7	5,2	0,5	8,9
Крушевац	0,5	2,7	7,1	12,2	16,8	20,7	22,4	22,2	17,2	11,9	7,0	1,8	11,9
Ниш	0,9	3,1	7,5	12,6	17,2	21,1	23,1	23,1	18,0	12,6	7,4	2,3	12,4
Лесковац	0,2	2,4	6,9	11,8	16,4	20,4	22,3	22,0	16,8	11,5	6,4	1,7	11,6

Средње годишње температуре показују јасну рејонизацију климе према надморској висини. Котлинску климу одликује средња годишња температура већу од 10 °C, која у Прокупљу прелази 11 °C. Субпланинска клима има ниже вредности. У Блажеву средња годишња температура износи мање од 9 °C. У високопланинским пределима Копаоника

средња годишња температура износи 4,1 °C. На основу средњих годишњих температура ваздуха, Топличка котлина свежија је за више од 1 °C у односу на суседне котлине (**Табела 14**). У поређењу са ранијим осматрањима, у периоду 1931–1990 (Станојевић, 2001, стр. 33–34), средња годишња температура ваздуха у Блацу и Куршумлији у просеку је виша за око 0,5 °C, док је у Прокупљу нижа за око 0,3 °C.

Годишња амплитуда температуре није значајније изражена. Највећа је у Прокупљу и износи 21,9 °C. У Куршумлији износи 20,5 °C, а у Блацу 20,9 °C. Ове вредности указују на умерено-континенталну климу, коју одликује годишња амплитуда која остаје испод 23 °C.

На основу података прикупљених из метеоролошких годишњака (РХМЗС, 2026) дефинисане су вредности средњих годишњих температура ваздуха (**Табела 15**), на основу којих је приказана просторна дистрибуција средњих годишњих температура ваздуха (Прилог 12-а). У њој се уочавају одређене правилности и разлике. Просечне годишње температуре ваздуха правилно опадају од истока према западу. Тако, изотерма од 11,5 °C карактерише крајње источне делове округа, док изотерма од 11 °C одликује северне, централне, јужне и источне делове. У просторном смислу она захвата највећу површину. Западни делови се одликују нешто нижим температурама ваздуха и ограничени су изотермама у интервалу од 10,5 °C до 9,5 °C, што се објашњава модификаторским утицајем орографије. Масив Копаоника, својим положајем и надморском висином, утиче на термички режим овог дела Топличког округа.

Табела 15. Средње годишње температуре ваздуха на територији Топличког округа за период 1991–2020 (на основу прорачуна).

година	Прокупље	Блаце	Куршумлија	Блажево	Ниш	Крушевац	Лесковац
1991	10,0	9,1	9,3	7,6	10,7	10,2	10
1992	11,2	12,3	10,3	8,9	11,9	11,4	11
1993	11,3	9,5	9,7	8,7	11,6	10,8	10,9
1994	12,2	11,2	11	9,8	13,1	12,4	12,2
1995	10,6	9,9	9,8	8,2	11,7	11,1	10,9
1996	10,3	9,5	9,8	7,9	11,3	10,8	10,9
1997	10,3	9,6	9,6	8,1	11	10,7	10,4
1998	10,9	10,3	10	8,8	12	11,5	11
1999	11,2	10,5	10,6	9,1	12	11,7	11,4
2000	12,0	11,2	11,1	9,9	13	12,9	12,2
2001	11,4	10,5	10,8	8,9	12,3	11,9	11,4
2002	11,7	10,8	11,2	9,5	12,6	12,2	11,6
2003	11,4	10,4	10,5	8,7	12,3	11,9	11,3
2004	11,0	10,1	10,4	8,5	11,9	11,6	11,3
2005	10,3	9,6	9,7	7,9	11,2	10,9	10,4
2006	10,8	10,1	10	8,7	11,8	11,4	10,9
2007	12,3	11,6	11,5	9,8	13,5	12,7	12,5
2008	11,7	11,3	11,2	9,7	13,2	12,6	12,2
2009	11,3	11,1	11,1	9,5	12,7	12,7	11,9
2010	11,5	11,1	11,2	9,4	12,7	12,0	12,2
2011	10,6	10,7	10,5	9,6	12,2	11,5	11,2
2012	11,5	11,4	11,5	10,1	13,1	12,5	12
2013	12,5	11,7	11,6	9,0	13,3	12,6	12,4
2014	11,7	11,6	11,6	9,0	13,1	12,4	12,3
2015	11,5	11,4	11,4	8,9	13	12,4	12,2
2016	10,7	10,5	11,3	8,7	12,6	12,0	11,9
2017	10,9	10,7	11,2	8,6	12,9	12,4	11,8
2018	11,2	11,1	11,6	8,9	13,6	12,7	12,4
2019	11,6	11,4	12	9,3	13,8	13,2	12,8
2020	11,0	10,9	11,4	8,8	12,9	12,4	12,1

Термодромски квоцијент (по Кернеру) показује степен термичке континенталности климе. Овај климатски индекс представља однос разлике средњих годишњих температура

октобра и априла према годишњој амплитуди температуре на основу једначине (Petrović, 2007, str. 80):

$$TK = (T_x - T_{iv}) \times 100 / T_{ag} \quad (12)$$

где T_x представља средњу температуру октобра, T_{iv} средњу температуру априла, док T_{ag} представља годишњу амплитуду температуре.

Уколико ТК износи више од 15%, клима се сматра маритимном, а ако је ТК нижи од 15%, она је континенталног карактера. У случају екстремне континенталности термодромски квоцијент може бити и негативан. У Топличком округу вредности термодромског квоцијента показују изражену континенталност (**Табела 16**), али не и екстремну.

Општа карактеристика високих планина јесте израженија маритимност климе, што се уочава и на примеру станице у Блажеву у подножју Копаоника. На овој станици је вредност термодромског квоцијента највећа, износи 7,3, што показује континенталност климе, уз знатан удео маритимних утицаја.

Табела 16. Вредности термичког квоцијента на територији Топличког округа за период 1991–2020 (на основу прорачуна).

станица	ТК	станица	ТК
Куршумлија	1,5	Блаце	0,5
Прокупље	2,3	Блажево	7,3
Крушевац	-1,4	Ниш	0
Лесковац	-1,4		

Вредности апсолутних температура, такође, нису велике. Апсолутни минимум температуре забележен је 25.01.1963. У Прокупљу износио је -26,5 °С, у Куршумлији је било -23,5 °С. Апсолутни максимум забележен је 24.07.2007. године. У Прокупљу је измерено 43,5 °С, у Блацу 42,3 °С, а у Куршумлији 42,8 °С. Истог дана у Нишу је забележен апсолутни максимум од 44,2 °С.

Апсолутна амплитуда температуре највећа је у Прокупљу и износи 70 °С, у Блацу износи 64,1 °С, док је у Куршумлији 66,3 °С. Према томе, најекстремнији термички услови присутни су у Прокупљу, а најумеренији у Блацу.

6.4.2 Осунчавање

Осунчавање се прати једино на станици у Куршумлији, и то као дужина трајања Сунчевог сјаја – инсолација. Према измереним вредностима, Куршумлија годишње има тек мало више од 2000 часова, тачније 2016,5 часова, што чини свега 43,3% од укупно 4.160 часова потенцијалног осунчавања за географску ширину од 43°. Најдуже трајање Сунчевог сјаја забележено је у летњим месецима, од јуна до септембра, са максимумом у јулу од 289,2 часа, али је релативно осунчавање највеће у августу, чак 66,1%. Најкраће осунчавање јавља се у зимским месецима, од новембра до априла, са минимумом у децембру од 67 часова односно 23,9% од потенцијалног осунчавања (РХМЗС, 2026). Очигледно је да је дужина трајања сунчевог сјаја у директној вези са облачношћу, што ће бити приказано у анализи овог климатског елемента. Сличне месечне вредности су и у суседним котлинама.

6.4.3 Влажност ваздуха

Влажност ваздуха анализирана је на основу релативне влажности измерене на станицама унутар округа и у његовој непосредној околини. Овај климатски елемент има велики значај јер, заједно са температуром и ветром, утиче на физиолошки осећај човека. Ваздух се сматра веома сувим када је релативна влажност мања од 55%. У распону од 55% до 74% сматра се сувим, док је умерено влажан у распону од 75% до 90%. Веома влажан је када вредности прелазе 90% (Дукић, 1976, стр. 129).

Релативна влажност ваздуха има обрнут годишњи ток у односу на температуру ваздуха. У топлијем делу године, релативна влажност има ниже вредности, и обрнуто. Средња годишња релативна влажност ваздуха на територији Топличког округа креће се у границама од 75% у Блацу, до 77,1% у Прокупљу (**Табела 17**), што указује на то да је на годишњем нивоу влажност ваздуха на доњој граници умерене влажности.

Највлажнији су зимски месеци. Максимум је у децембру, са вредностима од 80% до 85%. Најсувљи су летњи месеци. Минимум је у августу у којем је релативна влажност ваздуха нижа од 70%. У истом месецу, минимум у Нишу износи 60,3%. То значи да се у овим месецима ваздух може окарактерисати као сув, а дужина тог периода може бити и до шест до седам месеци, односно од марта до септембра.

Табела 17. Средња месечна и годишња релативна влажност ваздуха у (%) за период 1991–2020 (на основу РХМЗС, 2026).

	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	Год
Курумлија	82,5	78,8	73,4	71,1	75,1	75,0	71,6	71,8	76,9	80,7	82,1	83,9	76,9
Прокупље	82,1	79,3	72,0	73,0	75,7	75,0	72,4	69,7	71,3	82,6	82,1	83,7	77,1
Блаце	82,5	79,4	73,1	69,7	73,1	72,6	70,7	69,5	65,0	81,2	81,7	83,8	75,2
Блажево	83,3	77,8	73,8	69,6	73,4	74,6	72,2	70,7	75,6	75,6	77,3	80,5	75,4
Крушевац	84,1	78,7	71,7	70,4	73,3	71,0	68,2	68,1	72,8	78,2	80,5	84,8	75,2
Ниш	79,1	73,3	65,3	63,0	66,0	64,6	60,6	60,3	66,8	73,5	76,5	80,3	69,1
Лесковац	81,6	76,1	69,0	67,6	69,8	66,9	63,8	64,3	71,1	76,7	79,7	83,1	72,5

Може се закључити да се најмања релативна влажност бележи у Нишу и Лесковцу. Прокупље има нешто веће вредности у пролећним месецима, док је у Блацу забележена значајна осцилација релативне влажности током јесењих месеци, са наглим повећањем вредности доласком позне јесени и зиме.

6.4.4 Облачност

Град Прокупље нема метеоролошку станицу на којој се мери облачност, као ни Блаце и Житорађа. Стога су подаци добијени пројекцијама и интерполацијама.

Облачност је важан климатски елемент јер утиче на Сунчево зрачење и израчивање Земљине површине, односно на биланс зрачења. Годишњи ток облачности обрнуто је пропорционалан годишњем току осунчавања. У месецима када је облачност повећана, смањује се осунчаност, и обрнуто. Такав је случај и на станицама у Топличком округу (**Табела 18**).

Најоблачнији су зимски и јесењи месеци. Децембар је на свим метеоролошким станицама најоблачнији, са вредностима од 6,5 у Прокупљу до 7,2 у Блацу. Уочљиво је да Блажево има најмању децембарску облачност, са вредношћу 6,4. Најмања облачност јавља се током лета, са минимумом у августу, која се креће од 2,8 у Прокупљу до 3,3 у Блацу.

Годишња облачност није велика, може се сматрати умереном. Најмању просечну годишњу облачност има Прокупље, са вредношћу 4,6, а највећу Блаце, са вредношћу 5,3.

Табела 18. Средња месечна и годишња облачност за период 1991–2020 (на основу РХМЗС, 2026).

	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	Год
Куршумлија	6,5	6,4	5,7	5,6	5,4	4,4	3,5	3,2	4,7	5,3	6,1	6,8	5,3
Прокупље	5,8	5,4	4,8	4,9	4,5	3,6	3,2	2,8	3,9	4,8	5,3	6,5	4,6
Блаце	6,8	6,3	5,8	5,5	4,9	3,9	3,5	3,3	4,6	5,3	6,1	7,2	5,3
Блажево	6,2	6,2	6,0	5,9	5,7	5,0	4,2	3,8	4,9	5,3	6,0	6,4	5,5
Крушевац	6,7	6,2	5,6	5,5	5,3	4,3	3,5	3,1	4,4	5,1	6,0	7,1	5,2
Ниш	6,7	6,4	5,9	5,7	5,5	4,4	3,6	3,2	4,7	5,2	6,2	7,1	5,4
Лесковац	6,8	6,4	6,0	5,9	5,7	4,7	3,7	3,2	4,6	5,2	6,2	7,3	5,5

Средњи број ведрих дана (облачност мања од 2) представља још један показатељ климатских прилика. Највећи број ведрих дана има Прокупље (101), где је уједно забележена и најмања просечна облачност (4,6). Остали делови округа имају знатно мањи број ведрих дана: Куршумлија 82,4, а Блаце 76,7.

6.4.5 Падавине и појаве

Падавине у Топличком округу анализиране су на основу података са 16 метеоролошких станица различитог ранга (**Табела 13**). Ради објективније слике о плувиометријском режиму, изабрано је девет које реално репрезентују падавинске услове, водећи рачуна да сви делови округа буду покривени, како просторно тако и према надморској висини. Поред три метеоролошке станице вишег реда – Куршумлије, Прокупља и Блага – узете су у обзир и станице у непосредној околини округа, Блажево, као и три станице у суседним котлинама. Надморска висина свих станица креће се од 220 m у Житорађи до 850 m у Штави, што представља висинску разлику од 630 m.

Просторни распоред падавина показује уску зону уз реку Топлицу са веома малом годишњом количином падавина, мањом од 600 mm (**Табела 19**). Ова зона представља наставак сличне зоне у Нишкој котлини. Ниш прима око 614 mm падавина годишње, док се ка западу количина падавина смањује. У Прокупљу она износи 567,9 mm. Ова зона пружа се долином Топлице до подручја Белољина.

Табела 19. Средње месечне и годишње количине падавина на територији Топличког округа за период 1991–2020 (на основу Стевановић, 2020, стр. 48–50; РХМЗС, 2026).

	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	Год.
Житорађа	47,2	44,7	47,4	57,3	61,8	47,2	49,9	42,5	50,9	52,4	59,7	62,7	623,7
Прокупље	41,1	39,2	40,2	53,0	55,7	44,6	49,2	42,4	48,2	50,1	49,8	54,4	567,9
Петровац	48,8	49,5	53,7	64,1	67,6	60,2	41,6	41,9	55,0	52,9	56,0	63,8	655,1
Г. Јошаница	72,3	62,5	67,2	82,4	82,1	59,5	57,7	49,7	63,1	57,2	67,1	81,4	796,2
Блаце	42,8	41,7	56,1	58,3	74,8	60,9	61,7	40,6	55,4	55,8	54,3	54,2	656,6
Куршумлија	44,7	44,2	56,1	57,2	71,9	59,9	68,9	45,7	54,8	57,1	51,7	58,7	670,9
Пачарађа	49,5	44,2	59,2	63,1	78,9	81,6	71,6	46,7	67,7	59,1	56,0	61,5	739,1
Штава	61,2	58,2	73,3	79,0	98,1	84,6	82,9	62,5	68,6	75,5	71,3	60,7	875,9
Дегрмен	44,6	43,5	57,8	65,4	74,9	62,2	65,3	42,2	58,6	63,4	56,2	56,8	690,9
Иван Кула	43,2	46,5	64,5	66,1	70,8	65,6	69,2	48,3	59,3	58,8	51,8	59,9	704,0
Пролом	57,5	59,5	70,2	72,6	80,1	64,4	68,6	48,4	63,7	62,9	62,7	74,4	785,0
Пасјача	47,8	46,3	54,9	62,8	48,1	57,1	49,8	49,0	58,0	55,2	51,0	64,9	644,9
Блажево	52,6	50,0	69,1	70,1	95,0	92,2	77,6	67,2	73,3	69,2	70,4	62,9	849,6
Крушевац	43,5	42,7	53,6	59,9	70,8	70,8	65,2	48,5	49,6	55,4	49,3	53,6	662,9
Ниш	42,9	39,0	47,6	55,9	69,8	57,6	49,4	43,9	49,0	55,8	49,0	53,9	613,8
Лесковац	46,2	45,5	52,1	62,8	69,4	61,7	51,2	45,1	52,2	60,7	55,5	58,2	660,6

На њеним рубовима количина падавина расте и креће се између 600 и 700 mm. У Житорађи износи 623,7 mm, у Петровцу 655,1 mm, у Блацу 656,6 mm, а у Куршумлији 670,9 mm. У овој зони налази се и Пасјача, где на висини од 830 m годишње падне 644,9 mm падавина. Ово подручје припада широј сушној зони југа Србије. У Лесковачкој котлини годишња количина падавина износи око 660 mm, а у самом Лесковцу око 598 mm (Ивановић и сар., 2007, стр. 89).

Брдскопланински делови округа примају између 700 и 800 mm падавина. Ту спадају подножје Јастрепца, где Горња Јошаница прима 796,2 mm, затим ниже планине на јужном ободу котлине, где Иван кула има 704 mm, а Пролом 785 mm. У Горњој Топлици станица Пачарађа бележи 739,1 mm падавина.

Планински делови округа примају више од 800 mm падавина. То су виши делови Јастрепца, Копаоника и планински систем на јужном ободу округа. У Штави се измери 875,9 mm, а у Блажеву 849,6 mm.

Годишња количина падавина директно зависи од положаја планинских венаца. Централни и најнижи делови округа налазе се у кишној сенци. Просечна годишња количина падавина за цео округ износи око 726 mm (Павловић, 2019, стр. 174). Ова количина падавина распоређена је на релативно мали број дана. У Прокупљу има око 97,2 кишна дана годишње. У Куршумлији их је 126,3, а у Блацу 125. Суседне котлине имају више од 130 дана са падавинама. У Блажеву је број кишних дана 134,4, што је релативно мало с обзиром на надморску висину. Падавине су најчешће у мају и децембру. Најређе се јављају у августу.

Табела 20. Годишње суме падавина на територији Топличког округа за период 1991–2020 (на основу прорачуна).

Година	Прокупље	Блаце	Куршумлија	Блажево	Ниш	Крушевац	Лесковац
1991	499,0	615,1	617,6	806,7	573,3	605,2	590,9
1992	515,0	616,0	605,9	797,6	493	552,5	537,6
1993	417,2	629,5	475,8	657,9	453,5	441,5	475,1
1994	456,1	577,2	556,6	788,5	435	511,2	489,5
1995	733,3	853,6	792,9	1058,9	634,1	713,8	746,6
1996	638,4	635,7	663,3	972,2	658,6	680,0	687,4
1997	471,6	598,5	521,8	729,8	591,3	590,8	605,6
1998	682,2	579,2	622,6	907,6	550,7	587,8	790
1999	585,8	729,1	678,3	951,1	617,8	739,4	718,2
2000	380,5	458,4	419,8	605,2	385,6	385,1	424,8
2001	594,8	721,9	660,8	979,0	662,3	744,6	636,6
2002	627,1	773,9	736,9	891,4	662,4	677,1	705,7
2003	455,4	565,6	582,6	814,1	547,4	477,9	582,2
2004	689,2	743,9	770,4	954,1	756,3	700,4	718,3
2005	723,8	765,5	703,3	864,5	731	808,2	760,5
2006	608,5	644,6	685,8	874,0	620,4	651,1	720,5
2007	581,8	649,2	748,4	799,7	600,2	744,6	696,5
2008	592,2	610,1	667,9	804,4	619,2	659,1	572,8
2009	653,4	672,5	758	857,6	710,6	745,2	822,9
2010	755,4	667,6	934,93	940,2	677,7	753,0	751,5
2011	401,2	332,7	934	739,1	411,9	486,1	405,1
2012	538,1	599,4	529,9	717,9	631,2	658,1	613,2
2013	475,4	550,9	604,2	753,5	581,8	603,4	575,9
2014	728,7	1005,5	968,3	1008,5	950,2	986,4	899,2
2015	618,2	690,5	727	849,3	587,8	615,7	700,5
2016	764,8	849,1	806,9	1071,8	771	933,1	810,4
2017	555,5	593,2	786,1	727,3	608,5	578,3	722,7
2018	590,2	616,8	793,9	805,4	645,8	799,1	777,8
2019	595,9	670,8	580,2	844,7	516,5	587,9	589,9
2020	689,1	762,8	742,8	895,6	730	866,9	715,2

У посматраном периоду јављале су се и изразито сушне и веома влажне године. Сушна је била 2000. година, када је у Прокупљу пало свега 380,5 mm падавина. Године 2011.

у Бלאцу је пало само 332,7 mm падавина. По количини падавина издвајају се 2010. година, када је у Прокупљу пало 755,1 mm, и 2016. година, када је у Бלאцу пало 849,1 mm падавина.

На основу података преузетих из метеоролошких годишњака Републичког хидрометеоролошког завода Србије (РХМЗС, 2026), извршена је анализа годишњих сума падавина (**Табела 20**). На основу тих вредности приказана је просторна дистрибуција падавина у Топличком округу (**Прилог 12-б**). Анализа обухвата период од 1991. до 2020. године и омогућава уочавање просторних разлика и основних закономерности у распореду падавина. Годишња сума падавина показује јасан пораст од источних ка западним деловима округа. У источном делу, посебно у околини Прокупља, издваја се зона са најмањим количинама падавина, где годишње вредности износе око 600 mm. Овај део округа припада најсупљим подручјима Топлице и представља наставак сличне зоне присутне у Нишкој котлини. Централни, северни и јужни делови округа обухватају појас у којем се годишња количина падавина креће између 650 и 700 mm. Ова зона има највеће просторно распрострањење и представља прелаз између сувљих источних и влажнијих западних делова округа.

Највеће количине падавина јављају се у западним, периферним деловима округа. Овде вредности достижу и прелазе 800 mm. Повећање количине падавина у овом делу последица је орографског утицаја Копаоника и других планинских масива. Планине представљају баријеру за влажне ваздушне масе, што доводи до појачаног излучивања падавина на њиховим падинама. Максимална годишња сума падавина износи 875,9 mm, док минимална вредност износи 587,8 mm. Ови подаци указују на изражену просторну неуједначеност падавина.

Основна карактеристика плувиометријског режима Топличког округа јесте релативно равномерна расподела падавина током године. Ипак, у годишњем ходу падавина уочавају се периоди са нешто већим или мањим количинама падавина.

На већини метеоролошких станица максимум падавина јавља се у мају. На мањем броју станица максимум је забележен у децембру, док је на једној станици забележен у априлу. То указује на то да је пролећни максимум падавина доминантан, што представља основно обележје континенталног плувиометријског режима.

У источном делу округа, који је отворен према долини Јужне Мораве и Лесковачкој котлини, максимум падавина јавља се у децембру. Ова појава указује на већи утицај медитеранских циклона који доносе падавине током касне јесени и зиме. Због тога овај део округа показује одређене одлике медитеранског режима падавина.

Минимум падавина најчешће се јавља у фебруару. На појединим станицама минимум је забележен у августу, док се ређе јавља у јулу и јануару. Оваква расподела указује на сезонске разлике у количини падавина, али без изражених екстрема.

На основу годишњег хода падавина може се закључити да се на простору Топличког округа не може издвојити јединствен плувиометријски режим. Источни делови округа показују одређене одлике медитеранског режима, са максимумом падавина у децембру и минимумом током летњих месеци. Са друге стране, већи део округа има одлике континенталног режима, са максимумом у пролећним месецима и минимумом у зимском периоду.

Равномерност расподеле падавина током године потврђују и вредности релативног годишњег колебања падавина. Оне указују да су сезонске разлике умерене и да не долази до изразито великих осцилација у количини падавина. Овакве карактеристике падавина имају значајан утицај на водни режим, пољопривреду и укупан природни систем Топличког округа. Вредности релативног годишњег колебања падавина добијају се према једначини (Милосављевић, 1990, стр. 233):

$$R = (H_1 - H_2)/H \times 100 (\%) \quad (13)$$

где је H_1 висина падавина највлажнијег месеца, H_2 висина падавина најсувљег месеца, а H годишња сума падавина.

Може се рећи да релативно годишње колебање падавина на територији Топличког округа није велико (**Табела 21**). Његова најмања вредност забележена је у Прокупљу и Пасјачи и износи 2,9%, а највећа у Блацу 5,2%, што указује да се на подручју Топличког округа запажају знатно ниже вредност овог индекса. Запажа се да централни и јужни делови округа имају равномернију расподелу падавина у односу на падине Јастрепца и Копаоника.

Специфичне климатске појаве нису реткост у Топличком округу. Према подацима климатских годишњака (РХМЗС, 2026), снег представља редовну појаву, најчешће зими, мада је у Блажеву регистрован и у мају. У подножју Копаоника је чешћи (у Блажеву и Куршумлији више од 30 дана годишње), у подножју Јастрепца нешто ређи (Блаце 29,4 дана), а најређе пада у долини Топлице – мање од 20 дана годишње.

Магла је честа појава у Топличком округу. Највише магловитих дана јавља се у долини Топлице, посебно у Прокупљу, где износи 37,6 дана годишње. Ова вредност је знатно већа у односу на остале делове округа и суседне котлине. У подножју Копаоника магла је ређа и јавља се око 18,4 дана годишње. У осталим деловима округа број магловитих дана износи око десет годишње. Магла је најчешћа у хладнијем делу године, док је током лета ретка појава.

Табела 21. Релативно годишње колебање падавина у Топличком округу за период 1991–2020 (на основу прорачуна).

Станица	H_1	H_2	H	R
Житорађа	62,7	42,5	623,7	3,3
Прокупље	55,7	39,2	567,9	2,9
Петровац	67,6	41,6	655,1	4,0
Г.Јошаница	82,4	49,7	796,2	4,1
Блаце	74,8	40,6	656,6	5,2
Куршумлија	71,9	44,2	670,9	4,1
Пачарађа	81,6	44,2	739,1	5,1
Штава	98,1	58,2	875,9	4,6
Дегрмен	74,9	42,2	690,9	4,7
Иван Кула	70,8	46,5	704,0	3,5
Пролом	80,1	48,4	785,0	4,0
Пасјача	64,9	46,3	644,9	2,9
Блажево	95,0	50,0	849,6	5,3
Крушевац	70,8	42,7	662,9	4,2
Ниш	69,8	39,0	613,8	5,0
Лесковац	69,4	45,1	660,6	3,7

Град се јавља веома ретко. У Куршумлији и Блажеву бележи се око 1,5 дана годишње са појавом града. У Блацу је још ређи и јавља се око 1,0 дана годишње. У Прокупљу је готово занемарљив, са свега 0,2 дана годишње.

6.4.6 Аридност климе

Суша је климатска појава изазвана недостатком воде, која наноси значајну штету како економским тако и неекономским секторима у многим деловима света. Суша се може јавити у свим климатским регионима (Gosić et al., 2025, р. 2). Познавање степена аридности климе од великог је значаја за бројне привредне делатности. То се, пре свега, односи на

пољопривреду, водне ресурсе, саобраћај и туризам. Ове делатности директно утичу на стање животне средине и укупан економски развој (Croitoru et al., 2013, p. 597–598). У климатолошкој пракси примењује се више метода за процену суше. Најчешће се користе кишни фактор Ланга, кишни фактор Грачанина и индекс аридности де Мартона.

6.4.6.1 Кишни фактор Ланга (KF)

Године 1915. Роберт Ланг је у климатологију увео кишни фактор као показатељ степена влажности неке територије, односно аридности климе. Он се добија као однос годишње суме падавина и средње годишње температуре ваздуха, према једначини (Gosić et al., 2025, p. 5):

$$KF = R_{srg}/t_{srg} \quad (14)$$

где је: R_{srg} - средња годишња сума падавина; t_{srg} - средња годишња температура ваздуха

Према Лангу, кишни фактор који има вредност 40–60 означава области степа и савана, односно аридну климу док кишни фактор који има вредност 60–100 означава области слабих шума и хумидне климе (Šegota, 1988, p. 312). Грачанин (1950) је одредио месечне вредности кишног фактора као однос месечне количине падавина и средње месечне температуре ваздуха, према једначини (Gosić et al., 2025, p. 5):

$$KF_m = R_{srm}/t_{srm} \quad (15)$$

где је: R_{srm} – средња месечна висина падавина; t_{srm} - средња месечна температура ваздуха.

Класификација климата према Лангу и класификација климата према кишном фактору Грачанина дата је у **Табели 22**.

Табела 22. Класификација климата према Лангу (KF) и Грачанину (KFm) (на основу Gosić et al., 2025, p. 5).

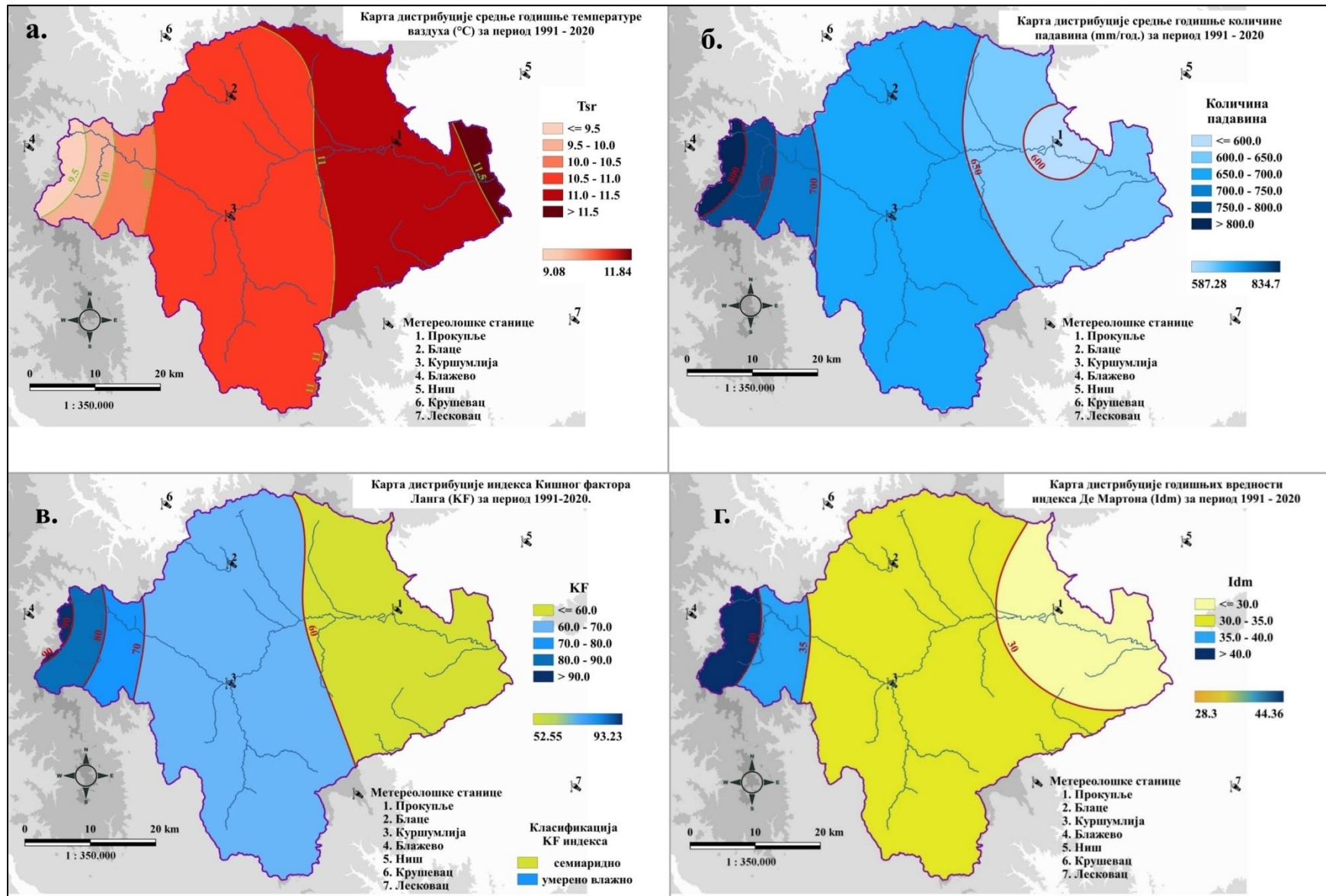
KF	Класификација климата	KFm	Класификација климата
>160	влажна	< 3,3	аридна
160 - 100	умерено влажна	3,3 - 5	семиаридна
100 - 60	умерено топла	5 - 6,6	семихумидна
60 – 40	семиаридна	6,6 – 13,3	хумидна
40 - 20	аридна	>13,3	перихумидна
20 - 0	пустињска		

Према годишњим вредностима (**Табела 23**), може се рећи да централни делови округа – Прокупље (KF = 51,2) као и три суседне котлине имају одлике семиаридне климе, док остали делови округа имају слабо изражену хумидност.

Месечне вредности кишног фактора (**Табела 23**) показују да је аридност климе значајно изражена. Централни делови подручја истраживања показују аридне и семиаридне услове у периоду од априла до октобра, што се поклапа са вегетационим периодом. Наведено, у фенолошком аспект и аспект вегетационог покривача, представља неповољну околност.

У централном делу Топлице, аридни и семиаридни услови присутни су чак седам месеци у години, од априла до октобра. У осталим деловима Топлице аридност се јавља у четири до пет месеци. Остали месеци показују умерену хумидност, док су зимски месеци перихумидни. Орографски виши предели округа током целе године су полувлажни до изузетно влажни.

ПРИЛОГ 12.



Табела 23. Просечне годишње суме и месечне вредности Кишног фактора (KF) у Топличком округу за период 1991–2020 (на основу прорачуна).

	J ²	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	Год.
Куршумлија	-	21,0	9,4	5,3	4,7	3,2	3,3	2,2	3,5	5,1	8,3	36,7	62,1
Прокупље	-	24,5	6,3	4,8	3,5	2,3	2,3	2,0	2,9	4,3	8,0	36,3	51,2
Блаце	-	27,8	10,0	5,4	4,9	3,2	3,0	2,0	3,5	5,2	9,2	67,8	61,9
Блажево	-	100	17,7	8,3	7,5	5,7	4,3	3,7	5,3	7,1	13,5	-	95,5
Крушевац	-	15,8	7,5	4,9	4,2	3,4	2,9	2,2	2,9	4,7	7,0	29,8	55,7
Ниш	-	12,6	6,3	4,4	4,1	2,7	2,1	1,9	2,7	4,4	6,6	23,4	49,5
Лесковац	-	18,9	7,6	5,3	4,2	3,0	2,3	2,0	3,1	5,3	8,7	34,2	56,9

За потребе ГИС анализе коришћени су статистички прорачуни дефинисаних годишњих вредности за период осматрања 1991–2020, који су приказани у **Табели 24**. На основу ових података приказана је просторна дистрибуција вредности кишног фактора Ланга на подручју Топличког округа (**Прилог 12-в**).

Табела 24. Просечне годишње вредности Кишног фактора Ланга у Топличком округу за период 1991–2020 (на основу прорачуна).

Година	Прокупље	Блаце	Куршумлија	Блажево	Ниш	Крушевац	Лесковац
1991	49,9	67,6	66,41	106,1	53,75	59,3	59
1992	46,0	50,1	58,73	89,6	41,49	48,5	48,9
1993	36,9	66,3	49,14	75,6	39,18	40,9	43,6
1994	37,4	51,5	50,49	80,5	33,21	41,2	40
1995	69,2	86,2	81,05	129,1	54,43	64,3	68,6
1996	62,0	66,9	68,03	123,1	58,15	63,0	63,4
1997	45,8	62,3	54,17	90,1	53,59	55,2	58,5
1998	62,6	56,2	62,05	103,1	46,02	51,1	71,6
1999	52,3	69,4	63,84	104,5	51,38	63,2	63
2000	31,7	40,9	37,71	61,1	29,59	29,8	34,7
2001	52,2	68,7	61	110,0	53,92	62,6	55,8
2002	53,6	71,7	65,94	93,8	52,5	55,5	60,6
2003	39,9	54,4	55,44	93,6	44,66	40,2	51,3
2004	62,7	73,6	73,78	112,2	63,38	60,4	63,7
2005	70,3	79,7	72,88	109,4	65,46	74,1	72,8
2006	56,3	63,8	68,47	100,5	52,5	57,1	66,1
2007	47,3	55,9	65,08	81,6	44,57	58,6	55,8
2008	50,6	54,0	59,5	82,9	47,09	52,3	47
2009	57,8	60,6	68,08	90,3	56,06	58,7	69,2
2010	65,7	60,1	83,48	100,0	53,19	62,7	61,6
2011	37,8	31,1	88,95	77,0	33,76	42,3	36,2
2012	46,8	52,6	46,08	77,0	48,18	52,6	51,1
2013	38,0	47,1	52,09	83,7	43,74	47,9	46,4
2014	62,3	86,7	83,47	112,1	72,53	79,5	73,1
2015	53,8	60,6	63,77	95,4	45,22	49,7	57,4
2016	71,5	80,9	71,41	123,2	61,19	77,8	68,1
2017	51,0	55,4	70,19	84,6	47,17	46,6	61,2
2018	52,7	55,6	68,44	90,5	47,49	62,9	62,7
2019	51,4	58,8	48,35	90,8	37,43	44,5	46,1
2020	62,6	70,0	65,16	101,8	56,59	69,9	59,1

У просторној расподели Ланговог кишног фактора издвајају се практично два диференцирана рејона аридности. Источна половина Топлице показује услове семиаридности ($KF \leq 60$). Значајан део централних, као и јужни и западни делови округа припадају умерено

²За месеце чија је средња месечна температура блиска 0 °C или негативна, не рачуна се месечни кишни фактор.

влажној зони ($KF \geq 60$). Највиша вредност KF индекса износи 93,23, док је минимална вредност 52,55.

6.4.6.2 Индекс аридности де Мартона (I_{DM})

Аридност климе се често одређује и помоћу де Мартоновог индекса аридности. Као и код кишног фактора, и код овог индекса одређује се годишња и месечна вредност. Годишње вредности добијају се једначином (Croitoru et al., 2013, p. 599; Gosić et al., 2025, p. 4):

$$I_{DM} = \frac{P}{T+10} \quad (16)$$

а месечне вредности:

$$I_{DM} = 12P_m/T_m + 10 \quad (17)$$

где су P и T годишње суме падавина (у mm) и средња годишња температура ваздуха (у °C), P_m представља збир падавина на месечном нивоу (у mm); T_m представља средњу температуру ваздуха на месечном нивоу (у °C).

Према класификацији индекса де Мартона (I_{DM}) (Croitoru et al., 2013, p. 601) ако је:

$I_{DM} < 10$ – клима је аридна	$28 \leq I_{DM} < 35$ – хумидна клима
$10 \leq I_{DM} < 20$ – клима је семиаридна	$35 \leq I_{DM} < 55$ – веома хумидна клима
$20 \leq I_{DM} < 24$ – клима је медитеранска	$I_{DM} > 55$ – екстремно хумидна клима
$24 \leq I_{DM} < 28$ – клима је семихумидна	

Према класификацији де Мартона, граница аридности одређује се вредношћу индекса 20. Предел са годишњом вредношћу индекса мањом од 20 сврставају се у аридне области. Предел са вредношћу вишом од 20 припадају хумидним областима. Иста подела важи и за месечне вредности овог индекса. На основу просечних месечних и годишњих температура и количине падавина израчунате су вредности индекса суше де Мартона. Оне су приказане у **Табели 25**.

Табела 25. Просечне месечне и годишње вредности индекса аридности де Мартона (I_{DM}) у Топличком округу за период 1999–2020 (на основу прорачуна).

	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	Год.
Куршумлија	52,6	43,8	42,1	33,0	34,2	24,9	26,9	18,0	25,5	32,5	38,3	60,7	36,0
Прокупље	50,3	41,0	29,4	30,1	25,7	18,0	18,6	16,1	21,8	27,8	36,9	56,8	31,0
Блаце	51,9	43,5	43,2	33,6	35,5	25,4	24,0	15,9	25,8	32,2	41,0	60,2	36,0
Блажево	66,4	57,1	59,6	45,7	50,2	67,9	33,1	28,5	36,8	42,1	55,6	71,9	52,0
Крушевац	49,7	40,3	37,6	32,4	31,7	27,7	24,1	18,1	21,9	30,4	34,8	54,5	33,6
Ниш	47,2	35,7	32,6	29,7	30,8	22,2	17,9	15,9	21,0	29,6	33,8	52,6	30,7
Лесковац	54,4	44,0	37,0	34,6	31,5	24,4	19,0	16,9	23,4	33,9	40,6	59,7	35,0

Према приказаним вредностима индекса аридности закључује се:

- на целој територији Топличког округа годишње вредности индекса аридности показују благу хумидност – шумовите степске области;
- најмања вредност индекса суше забележена је у централном делу округа, односно у Прокупљу – 32,0, док остали делови округа имају нешто више вредности 36,0;
- са повећањем надморске висине повећава се и хумидност;

- у Прокупљу се јављају три сушна летња месеца, са минимумом у августу од 16,1;
- у осталим деловима округа сушан је само август;
- најнижа месечна вредност је у Блацу. У августу износи 15,9;
- сличне вредности су и у три суседне котлине.

На основу просечних годишњих вредности индекса аридности (**Табела 26**) дефинисана је његова просторна дистрибуција (**Прилог 12-г**), на основу које се могу донети одређени конкретни закључци. Знатан део територије Топличког округа припада категорији хумидне климе (централни, северни, јужни и југоисточни делови подручја истраживања).

Табела 26. Просечне годишње вредности за индекс аридности де Мартона у Топличком округу за период 1991–2020 (на основу прорачуна).

Година	Прокупље	Блаце	Курумлија	Блажево	Ниш	Крушевац	Лесковац
1991	24,9	32,2	32	45,8	27,7	30,0	29,5
1992	24,3	27,6	29,8	42,2	22,5	25,8	25,6
1993	36,9	32,3	24,2	35,2	21	21,2	22,7
1994	20,5	27,2	26,5	39,8	18,8	22,8	22
1995	35,6	42,9	40,1	58,2	29,3	33,8	35,8
1996	31,4	32,6	33,6	54,3	30,9	32,7	33
1997	23,2	30,5	26,6	40,3	28,1	28,5	29,8
1998	32,6	25,8	31,1	48,3	25,1	27,3	37,6
1999	27,6	35,6	32,9	49,8	28	34,1	33,6
2000	17,3	21,6	19,9	30,4	16,7	16,8	19,1
2001	27,8	35,2	31,7	51,8	29,7	34,0	29,7
2002	28,9	37,2	34,8	45,7	29,3	30,5	32,6
2003	21,3	27,7	28,4	43,5	24,6	21,8	27,3
2004	32,8	37,0	37,7	51,6	34,5	32,4	33,7
2005	35,7	39,1	35,8	48,3	34,5	38,7	37,2
2006	29,3	32,1	34,3	46,7	28,4	30,4	34,5
2007	26,1	30,1	34,8	40,4	25,6	32,8	31
2008	27,3	28,6	31,5	40,8	26,7	29,2	25,8
2009	30,7	31,9	35,9	44,0	31,3	32,8	37,6
2010	35,1	31,6	44,1	48,5	29,8	34,2	33,9
2011	19,5	16,1	45,6	37,7	18,6	22,6	19,1
2012	25,0	28,0	24,6	38,7	27,3	29,2	27,9
2013	21,1	25,4	28	39,7	25	26,7	25,7
2014	33,6	46,6	44,8	63,1	41,1	44,0	40,3
2015	28,8	32,3	34	44,9	25,6	27,5	31,6
2016	36,9	41,4	37,9	57,3	34,1	42,4	37
2017	26,6	28,7	37,1	39,1	26,6	25,8	33,2
2018	27,8	29,2	36,8	42,6	27,4	35,2	34,7
2019	27,6	31,3	26,4	43,8	21,7	25,3	25,9
2020	32,8	36,5	34,7	47,6	31,9	38,7	32,4

Периферни, западни предели су хумидни и екстремно хумидни, што се објашњава орографским приликама, односно утицајем суседних планина. Источни и североисточни крајеви су најариднији, иако је и даље реч о хумидним условима. Ипак, хумидност је слабије изражена у односу на претходно наведене области Топлице. Најмање вредности индекса аридности де Мартона износе 28,3, што указује на границу хумидног и семихумидног климата. Класе медитеранске, семиаридне и аридне климе нису детектоване. Највеће вредности индекса износе 44,36, што је одлика веома хумидног климата.

6.4.7 Ветрови

У погледу ветровитости Топличког округа постоје изражене разлике. Западни делови округа истичу се великом чеистином ветрова, односно, малим бројем тишина. Са друге стране, централни и источни делови округа одликују се мањом ветровитошћу, односно већим бројем дана тишине.

Запажа се да и орографија има важну улогу у формирању „руже ветрова“. У западном делу округа најчешћи је јужни (209%) и југозападни ветар (181%), а најређи су западни (23%) и источни ветар (47%). У Куршумлији би се очекивало да најчешћи ветрови долази са северозапада, али очигледно је да масив Копаника ублажава продор хладних ваздушних маса из северног квадранта. Долина доњег тока Топлице и превој Преполоц усмеравају ваздушна струјања ка Куршумлији, па ветрови најчешће дувају из правца југа и југозапада. У Прокупљу је најчешћи северозападни (98%), док је у Блацу доминантан западни ветар, са учесталошћу 208% (Табела 27-А).

Табела 27. А – честина ветрова и тишина по правцима у %; **Б** – средња брзина ветрова по правцима у m/s, за Топлички округ у периоду 1991–2020 (Стевановић, 2020, стр. 53–55; РХМЗС, 2026).

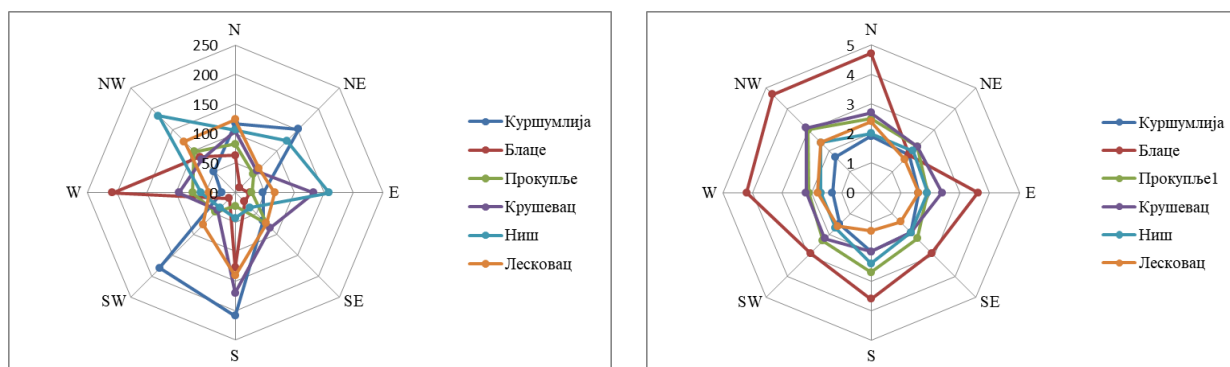
А									
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
Куршумлија	117	152	47	67	209	181	23	51	153
Блаце	63	11	25	22	127	14	208	85	445
Прокупље¹	82	44	28	74	23	47	72	98	533
Крушевац	105	52	133	84	170	42	95	80	239
Ниш	106	124	159	36	43	36	58	184	254
Лесковац	124	57	67	74	141	77	44	122	294
Б									
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Год.
Куршумлија	1,9	1,8	1,6	1,9	2,0	1,5	1,3	1,7	1,7
Блаце	4,7	1,8	3,6	2,9	3,6	2,9	4,2	4,7	3,6
Прокупље¹	2,5	2,2	1,9	2,2	2,7	2,3	2,1	3,0	2,4
Крушевац	2,7	2,2	2,4	1,9	2,0	2,2	2,2	3,1	2,3
Ниш	2,0	2,0	1,9	1,9	2,4	1,7	1,7	2,4	2,0
Лесковац	2,4	1,6	1,6	1,4	1,3	1,6	1,8	2,4	1,8

¹ Због престанка мерења период осматрања је 1981–2010

Постоје значајне разлике у брзини ветра између појединих делова округа. У Куршумлији су ветрови чеисти, али слаби. Средња брзина ветра износи 1,7 m/s. У Прокупљу је средња брзина већа и износи 2,4 m/s, док је у Блацу највећа и достиже 3,6 m/s (Табела 27-Б). У овим деловима ветрови су ређи, али снажнији.

Најчешћи ветрови су уједно и најбржи. У Куршумлији доминира јужни ветар са средњом брзином од 2,0 m/s. У Прокупљу је најбржи северозападни ветар са 3,0 m/s. У Блацу највеће брзине достижу северни и северозападни ветрови, са 4,7 m/s. Према учесталости ветрова и појави тишина, централни и источни делови округа, односно дно Топличке котлине, имају одлике жупне климе.

Подаци показују да масив Копаника заклања Куршумлију од продора хладних ваздушних маса из северног квадранта (Слика 13). Због тога преовлађују јужни и југозападни ветрови мањих брзина. У Блацу су чеисти западни ветрови, који су уједно и снажни. Северни и северозападни ветрови су ређи, али достижу велике брзине.



Слика 13. Графички приказ: лево – честин ветрова у m/s (на основу Табеле 27-Б).

6.4.8 Класификација климата Топличког округа

Вредности климатских елемената у Топличком округу јасно указују на издвајање три климатске зоне у оквиру умерено-континенталне климе: котлинско-долинска, субпланинска и високопланинска.

Котлинско-долинска клима заступљена је у најнижим деловима округа, до надморске висине од око 600 m. Обухвата долину реке Топлице и дно Топличке котлине. У источном делу ове климатске зоне налази се Добрич. Ова зона представља део климатске зоне Нишко-алексиначке и Лесковачке котлине, која се одликује високим температурама и мањим количинама падавина.

Средња годишња температура износи од 10 °C до око 11 °C. У Прокупљу достиже 11,1 °C. Максимум температуре ваздуха јавља се у јулу, када вредности прелазе 20 °C, а у Прокупљу достижу 21,7 °C. Минимум је у јануару и износи око -0,2 °C. Централни и источни делови округа су топлији, док су западни и северни нешто свежији.

Средње зимске температуре су позитивне. Јесен је топлија од пролећа али је разлика мала, што указује на слаб утицај маритимности. Апсолутне температуре показују велике екстреме. Највише вредности прелазе 40 °C, док је најнижа измерена температура износила -26,5 °C. Тропски дани су редовна појава и има их око 50 годишње. У Прокупљу се у августу бележи у просеку око 17 тропских дана. Мразних дана има мање од 100 годишње. Највише их је у јануару око 24, док у периоду од јуна до септембра изостају.

Котлинско-долинска клима одликује се великом осунчанашћу током године од око 2000 часова, као и малом облачношћу. У Прокупљу има више од 100 ведрих дана годишње. У августу је готово сваки други дан ведар, са врло малом облачношћу.

Падавине су значајна одлика овог подручја. Планински венци Копаоника и Јастрепа задржавају већи део влаге на наветреним падинама, па до Топличке котлине доспева мања количина падавина. Због тога годишња сума падавина износи мање од 600 mm, што овај простор сврстава међу најсушније у Србији. Падавине се излучују током малог броја дана. Просечан број дана са падавинама је мањи од 100. У појединим годинама јављају се изразито сушни услови. Пример је 2000. година, када је у Прокупљу забележено свега 380,5 mm падавина.

Плувиометријски режим има одлике континенталног средњоевропског типа. Према вредностима кишног фактора, ово подручје показује одређене елементе степске и саванске климе.

Ову климатску зону карактерише мали број снежних дана, мање од 20 годишње у Прокупљу. Истовремено се јавља већи број магловитих дана, више од 30 годишње. Појава града је ретка. Ветрови су чести, али релативно слаби. У Прокупљу је велики удео тишина, 533%, а средња брзина ветра износи 2,4 m/s .

Субпланинска клима заступљена је на висинама од 600 до 1200 m. Обухвата подгорине Копаоника, Јастрепца, Радана, Видојевице и других планина. За анализу су коришћени подаци са станице Блажево, која се налази на 880 m н.в. Ову климу одликују ниже температуре ваздуха и већа количина падавина. Средња годишња температура ваздуха износи око 9 °C, што је за око 2 °C мање у односу на котлинско-долинску климу. Најтоплији месец је август, а најхладнији јануар. Негативне средње месечне температуре јављају се само у јануару. Јесен је топлија од пролећа за око 1,5 °C, што указује на нешто израженији утицај маритимности.

Број тропских дана је знатно мањи и износи око четири годишње. Број мразних дана је такође мањи него у појединим нижим пределима, што се објашњава појавом температурне инверзије. Облачност је нешто већа.

Годишња количина падавина креће се од око 700 mm до око 850 mm. Пасјача представља изузетак, јер на висини од 830 m прима око 645 mm падавина, што је значајно мање у односу на околна подручја. Ова планина се издваја и по годишњем распореду падавина, јер се максимум јавља у децембру, док је на већини станица забележен у мају.

Субпланинска клима припада хумидним климатским типовима. Број снежних дана већи је него у котлинским деловима. Магловитих дана има мање, а појава града је слична као у Куршумлији. Високопланинска клима заступљена је на висинама изнад 1200 m. Обухвата највише делове Копаоника, Јастрепца, Радана и других планина. Климатске карактеристике утврђене су на основу података са метеоролошке станице Копаоник.

Средња годишња температура ваздуха је око 4 °C. Највиша је у августу и износи 13,6 °C, а најнижа у јануару -4,5 °C. Четири месеца имају негативне средње температуре ваздуха. Тропски дани се не јављају, а број мразних дана прелази 160 годишње. Јесен је знатно топлија од пролећа, што указује на израженији утицај маритимног ваздуха .

Број облачних дана износи око 120 годишње. Количина падавина прелази 1000 mm, а падавине се јављају током више од 170 дана годишње. Број снежних дана већи је од 90, а магловитих од 170. Ветрови су чешћи и јачи него у нижим пределима.

Према климатској рејонизацији, Топлички округ простире се на два климатска рејона, Нишко-лесковачком и Копаоничком (Ракићевић, 1980, стр. 35–36). Према Стојсављевић (2015, стр. 151–154), на територији округа могу се издвојити два температурна региона – Копаонички и Топлички, као и две прелазне зоне – Лепа Гора и Радан. Копаонички климатски рејон обухвата и више делове Јастрепца и планине јужног обода округа. До 1200 m заступљена је субпланинска, а изнад те висине планинска клима. Нишко-лесковачки климатски рејон обухвата ниже делове округа – долину Топлице, дно Топличке котлине и Добрич. Ово је најтоплији и најсушнији део Србије (Радиновић, 1981, стр. 310–312).

6.5 Хидрографске карактеристике

Општа хидролошка оцена Топличког округа може се сматрати негативном. На великом делу територије округа заступљене су сиромашне и локалне издани из којих се дренирају извори мале издашности. Веће количине подземних вода јављају се у алувионима Топлице и Јужне Мораве. Површински водотоци су бројни, али се одликују релативно малим количинама воде у коритима. Реке Топличког округа имају изразито бујичарски карактер са великим осцилацијама водостаја и протицаја. Источни део округа, област Добрича, прима

мале годишње количине падавина и спада у најсушније пределе Републике Србије. Са хидролошког аспекта, значајну вредност представља велики број термалних, минералних и минерализованих извора и излива. Управо по овој особини област је и добила назив Топлица.

6.5.1 Подземне воде

Подземне воде у Топличком округу одликију се великом разноврсношћу која је преваходно условљена геолошким особинама подлоге. Геолошки састав, геоморфолошке и климатске карактеристике условили су појаву бројних изворишта различитих карактеристика и издашности. Посебно су бројни минерални и термоминерални извори вода.

6.5.1.1 Хидрогеолошке карактеристике

Територија Србије је подељена на шест хидрогеолошких јединица и шест хидрогеолошких типова водоносних средина (Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Р. Србије [МПШВ], 2001). Територија Топличког округа простира се на две хидрогеолошке јединице – подручјима Западне Србије и Средишње Србије. У оквиру ових подручја, на територији Топличког округа, може се издвојити неколико типова водоносних средина.

Водонепропусне и слабоводопропусне водоносне средине обухватају стене дијабазројне формације, флиша, кристаластих шкриљаца и других. Захватају знатне површине у зони Српско-македонске масе и Вардарске зоне, узводно од Куршумлије, са обе стране реке Топлице. Издани су слободне и формирају се у кори распадања. Као последица вулканизма током терцијара, карактерише их појава термалних, минералних и минерализованих извора. По типу, то су пукотинске издани, из којих се, по правилу, дренају извори мале издашности од 0,05 до 1,1 l/s. Локално се могу појавити и извори веће издашности, до 3 l/s.

ДУБИНА (m)	ЛИТОЛОШКИ ПРОФИЛ	ЛИТОЛОШКИ ОПИС
00.50	~ ~ ~	ХУМИФИЦИРАНА ГЛИНА
01.60	~ ~ ~	ПЕСКОВИ ЈАКО ЗАГЛИЊЕНИ СРЕДЊЕЗРНИ
07.20	~ ~ ~	КРУПНОЗРНИ ПЕСКОВИТИ ШЉУНАК МЕСТИМИЧНО ЗАГЛИЊЕН ОБЛУТЦИ НА 3.5-4.5 m ДУБИНЕ У ПОДИНИ ВИШЕ ПЕСКОВА
09.20	~ ~ ~	ЛАПОРОВИТА ГЛИНА

Слика 14. Литолошки профил станице подземних вода Житорађа (Републички хидрометеоролошки завод Републике Србије, 2024б).

Водонепропусне и слабоводопропусне стене чине серпентинити, магматити, лапоровити кречњаци и друге. Изграђују југоисточни део округа, односно планински систем Радан–Видојевица–Пасјача. Присутне су и у средишњем делу слива Топлице са обе стране тока, као и у северном делу округа на јужним падинама Јастрепца. У овим стенама јавља се пукотински тип издани из којих се дренира велики број извора мале издашности. Изузетно, локално се може формирати значајнија издан са издашнијим изворима. И у оквиру ове хидрогеолошке средине терцијарни вулканизам условио је појаву термалних, минералних и минерализованих извора.

Кластично невезане и слабовезане стене неогена углавном се простиру на широком простору северно од реке Топлице, све до подножја Јастрепца. Ово су седименти језерског порекла наталожени током језерске геолошке фазе. Одлика ових стена је високо учешће глине која је непропусна, што ствара услове за формирање артерске и субартерске издани поред већ присутних пукотинских и интергрануларних издани. Њихов литолошки састав чине пескови, слабо везани пешчари и шљунковити пескови са прослојцима глине.

Невезане кластичне квартарне стене речног и језерског порекла захватају подручје Добрича. То је у ствари алувијална равна Топлице и Јужне Мораве. У њима се формира интергрануларна, слободна субартерска издан. Литолошки састав ове водоносне средине чине шљункови, песковити шљункови, шљунковити пескови и местимично пескови са знатном примесом глине (**Слика 14**). Издани се често налазе на малој дубини, до 3 m.

6.5.1.2 Издани и извори

На већем делу територије Топличког округа геолошки састав је неповољан за формирање издани. Подземне воде задржавају се у пукотинама стена и дају изворе мале издашности, али локално и издашније изворе. На појединим локалитетима присутни су кречњаци и мермери, у којима се формирају издашније подземне воде, као што су извори у Вичи и Плочнику. Квартарни и неогени седименти доњег дела слива Топлице омогућавају формирање издашнијих издани, из којих се бушењем могу обезбедити веће количине подземне воде. У западном, планинском делу округа током терцијара одвијала се интензивна вулканска активност, што је условило појаву термалних, минералних и минерализованих извора. На појединим од ових извора развиле су се бање – Куршумлијска Бања, Луковска Бања и Пролом Бања.

6.5.1.3 Минералне и термоминералне воде

Топлички округ представља геопростор са израженом концентрацијом минералних и термалних извора. Они су последица бурне геолошке прошлости и интензивне терцијарне вулканске активности. Називи појединих извора јасно указују на њихове особине, као што су Црвено врело, које отиче Црвеним слаповима у Жуту реку, затим Ђавоља вода, Жута бара и Црвена вода. Број извора није сталан. Неки временом пресушују, док се нови појављују. Ипак, издваја се тринаест локација (Стевановић, 2020, стр. 56–57) на којима су концентрисани извори термоминералних вода. Они се могу груписати у неколико хидротермалних зона. Јастребачко хидротермално чвориште и хидротерме Лецког магматског комплекса припадају Српском кристалоном језгру, док извори Копаоника чине Копаоничко хидротермално чвориште.

Куршумлијска Бања налази се дванаест километара југозападно од Куршумлије. Она је једна од најстаријих и најпознатијих бања у Србији. Њене воде коришћене су још у античком периоду и током средњег века. Прва испитивања лековитих својстава спроведена су

крајем XIX века, док су детаљнија истраживања извршена средином XX века. Извори су груписани у малој котлини Бањске реке, на надморској висини од око 440 m. Подручје је изграђено од кристаличних шкриљаца и вулканских стена. Котлина је настала спуштањем дуж раседа, што је омогућило избијање већег броја извора термалне и минералне воде. На малом простору јавља се шест различитих типова вода. Бања је дуго била запостављена, али су смештајни капацитети обновљени и данас поново функционише као лечилиште.

Температура воде у Куршумлијској Бањи варира. Најчешће се креће између 37 °C и 59 °C, а локално може достићи и више вредности. Издашност извора је променљива и зависи од тектонских процеса. Воде припадају хидрокарбонатно-натријумском типу.

Луковска Бања је највиша бања у Србији и налази се на надморској висини од 681 m. Смештена је у горњем току Луковске реке, испод планинског венца Копаоника. На релативно малој површини јавља се око тридесет извора велике издашности. Истраживањима спроведеним у другој половини XX века утврђена је укупна издашност од око 100 l/s (Мађејка, 1983, стр. 116). Температура воде креће се од 24 °C до 65 °C, а присутни су и хладни минерални извори погодни за пиће.

Пролом Бања налази се у сливу Проломске реке, у подножју Соколовице, на око 630 m н.в. На овом простору постоје две групе извора. Главно извориште налази се у центру бање, док је друго у селу Пуповци. Температура воде на оба изворишта износи око 28 °C (Вукоичић, 2014, стр. 47). Истражним бушењем добијене су додатне количине воде температуре од 26 °C до 34 °C (Стевановић, 2020, стр. 78). Посебна вредност ових вода је њихова мала тврдоћа, што их чини погодним за лечење обољења бубрега и мокраћних путева.

Поред бањских извора, значајни су и бројни мањи извори минералних вода. Извор Магово налази се на обронцима Лепе Горе, у истоименом селу. Температура воде износи 13 °C, а издашност је мала (Вукоичић, 2013, стр. 41). Вода припада хидрокарбонатно-натријумском типу ($\text{HCO}_3\text{--Na}$), са садржајем раствореног CO_2 од 1,40 gr/l (Мијовић и сар., 2009, стр. 405). Користи се локално за пиће.

Вичка бања, позната и као Топлички кисељак, има дугу традицију коришћења. Представља најиздашнији извор Топличке групе у Јастребачком хидротермалном чворишту (Костић, 1979, стр. 88). Вода је алкална и температуре око 23 °C. Издашност извора је значајна и износи око 15 l/s (Мартић Бурсаћ, 2017, стр. 35).

У непосредној близини локалитета Ћавоља варош јављују се два извора. Ћавоља вода представља скуп извора мале издашности, температуре око 11 °C, али веома изражене киселости. Вредност рН износи свега 1,5 (Лазаревић, 2010, стр. 46). Није погодна за пиће, али се локално користи у медицинске сврхе. У истом подручју налази се и Црвено врело, чија вода садржи повећану количину гвожђа и има карактеристичну боју. Мале је издашности, а веома изражене киселости.

У оквиру Топличке групе Јастребачког хидротермалног чворишта истичу се два извора угљенокиселе минералне воде. Извор Барутана код села Плочник је неуређен извор мале издашности (0,03 l/s) и температуре од 10,5 °C (Стевановић, 2020, стр. 89). Користи се за лечење кожних и очних обољења. На дуг период експлоатације указују остаци римских терми између села Баце и Плочник. Сува чесма представља извор разбијеног типа на јужним падинама брда Умац, издашности 0,2 l/s и температуре воде од 24 °C. Спада у акратопеге, што значи да поседује знатно вишу температуру воде од средње годишње температуре ваздуха (Rakićević, 1969, str. 57).

Постоје и извори локалног значаја. Бела вода је извор у истоименом селу око 3 km западно од Града Прокупља. Представља пукотински излазни извор на раседној линији правца ЗСЗ–ИЈИ (Rakićević, 1969, str. 57). Сврстан је у ретку групу карстних извора повећане

издашности (10 l/s) и температуре ниже од 15 °C (Мијовић и сар., 2009, стр. 401). Извор Туларе припада угљенокиселим минералним водама и налази се у истоименом селу на територији Града Прокупља, са карактеристикама готово идентичним осталим угљенокиселим изворима Топличке групе. Будим бања представља извориште са водом $\text{HCO}_3\text{--Na}$ типа појачане минерализације, мале издашности и температуре око 12 °C (Стевановић, 2020, стр. 93–94). Локално се користи и лековито блато.

Салевића извор налази се у близини Пролом Бање и представља део њене туристичке понуде. Жута бара је извор у сливу Проломске реке са водом значајне минерализације. Оба извора су $\text{SO}_4\text{--Ca}$ типа, са повишеним садржајем натријума и са ниском температуром воде, од 8 °C до 11 °C (Стевановић, 2020, стр. 97–98). Сува чесма је извориште разбијеног типа са водом $\text{HCO}_3\text{--Na}$ типа, температуре 24 °C и издашности 0,2 l/s. Спада у акратотерме, и то у хипотерме (Ракићевић, 1969, стр. 57). Налази се у непосредној близини истоименог слатинског подручја. Слана чесма у Прокупљу представља потенцијални ресурс за будућу експлоатацију минералних вода.

Постоје и мањи испитани извори, као што су Слана вода у селу Бублица и слани извор у Ранковој Реци, Ломнички кисељак и Слани извор у селу Барлово. Посебно се издваја Смрдићко врело, група делимично испитаних извора са повећаним садржајем сумпора. Њихово уређење довело је до промена у квалитету подземних вода у околини, што је утицало на њихову употребу.

Сви ови извори представљају значајан природни ресурс Топличког округа. Они имају велики хидрогеолошки, туристички и привредни значај и представљају важан потенцијал за будући развој региона.

6.5.1.4 Режим подземних вода Топличког округа

Режим подземних вода у изданима формираним у компактним стенама искључиво зависи од падавина, односно од падавинског режима. Ово правило важи и за воду у изданима у алувионима река али у мањој мери. У овим изданима постоји чврста хидраулична веза са најближим речним токовима тако да режим подземних вода зависи не само од падавина већ и од водостаја најближих река.

Организовано мерење нивоа подземних вода у Топличком округу врши се само у алувиону Топлице, низводно од Града Прокупља, па ће се режим подземних вода анализирати на основу података сталних мерења са две станице – Дољевац и Житорађа, за период 1991–2020. године (Табела 28).

Станица подземних вода Дољевац (ЗНП 533) почела је са радом 01.07.1988. године. Налази се у алувијалним квартарним седиментима Топлице, на координатама 42°12'10" с.г.ш и 21°50'10" и.г.д., на удаљености од 30 m од реке, на надморској висини од 194,83 m, док се кота „0“ налази на 195,68 m н.в.

Станица подземних вода Житорађа (ЗНП 540) почела је са радом такође 01.07.1988. године. Налази се у алувијалним квартарним седиментима Топлице, на координатама 43°11'43" с.г.ш. и 21°43'01" и.г.д., на удаљености од 90 m од тока реке, на надморској висини од 211,76 m, док се кота „0“ налази на 212 m н.в.

Табела 28. Средњи месечни новои подземних вода на станицама Дољевац и Житорађа за период 1991–2020 (РХМЗС, 20246).

станица	Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д
Дољевац	519	506	483	506	527	523	532	539	539	537	529	521
Житорађа	388	377	356	353	366	388	402	414	415	413	405	396

Режим подземних вода на овим станицама анализиран је на основу редовних мерења пијезометрима. Статистичком обрадом добијене су средње вредности дубине подземних вода за сваки месец у години. На основу средњих месечних нивоа подземних вода уочава се да су оне на обе станице најплиће у пролеће. У Дољевцу се најмања дубина јавља у марту и износи 483 cm, док се у Житорађи јавља у априлу и износи 353 cm. Овај максимум нивоа подземних вода последица је пролећних падавина, топљења снежног покривача и повишеног водостаја Топлице и Јужне Мораве у том периоду. Након пролећног максимума подземне воде се постепено повлаче на већу дубину. Током лета задржавају релативно стабилан ниво, уз мање осцилације. У јесен и зиму долази до постепеног подизања нивоа ка површини, све до новог пролећног максимума. Годишње осцилације нивоа подземних вода нису велике, што указује на релативно стабилан режим.

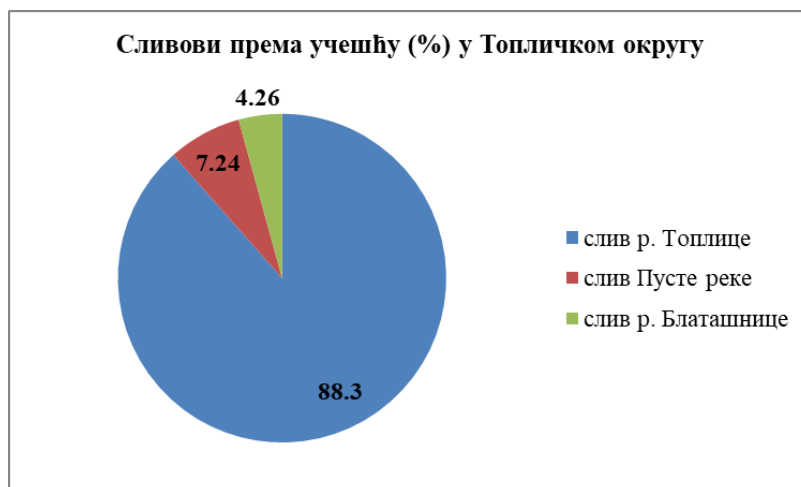
Просечна дубина до нивоа подземних вода у Дољевцу износи 521 cm, а у Житорађи 389 cm. У посматраном периоду највиши ниво у Дољевцу забележен је 10. марта 2018. године и износио је 280 cm. У Житорађи је максимум забележен 30. марта 2015. године и износио је 217 cm. Највећа дубина до нивоа подземних вода у Дољевцу забележена је 5. септембра 1991. године и износила је 585 cm. У Житорађи је највећа дубина измерена 30. августа 2000. године и износила је 495 cm.

6.5.2 Површинске воде

На површинске воде значајно утичу орографске карактеристике и геолошки састав подлоге. Речна мрежа је разграната. Чине је речни сливови са специфичним карактеристикама и одликама континенталног плувиометријског режима.

6.5.2.1 Речна мрежа

Речну мрежу Топличког округа чине три речна слива (**Прилог 13**). Највећи део територије – 88,3%, дренира се кроз готово целокупан слив реке Топлице. Воде округа одливају се и кроз већи део слива реке Блаташнице, десне притоке Расине (4,26% територије), као и кроз мањи део слива Пусте реке, леве притоке Јужне Мораве, која дренира 7,24% територије округа (**Слика 15**).



Слика 15. Графички приказ заступљености сливова у (%) на подручју Топличког округа (на основу прорачуна).

Формирање речне мреже на територији округа почело је почетком постјезерске фазе. Повлачењем Топличког језера, по његовом дну почело је формирање речних токова, које су усекле своја корита у дебеле наслаге језерских седимената. Током језерске фазе, све реке су биле кратког тока. Постепеним повлачењем језера њихови токови су се продужавали. Потпуним повлачењем језера реке су добиле садашњу дужину и постепено формирале данашњу речну мрежу. Процес формирања токова пратила је појава два хидролошко-геоморфолошка феномена. Топлица је усекла своје корито тако да су настале две епигеније, док је Блаташница пробила своје развође у Јанковој клисури и пиратерисала Суводолску реку.

Река Топлица представља леву притоку Јужне Мораве. Њено извориште налази се на источним падинама Копаника, на надморској висини од 1664 m н.в. Улива се у Јужну Мораву код Корвинграда, на 184 m н.в. То значи да укупан пад њеног тока износи 1480 m. У свом току дугом 130,3 km прима велики број притока које заједно граде слив површине око 2203,2 km² (Табела 33).

6.5.2.2 Слив реке Топлице

Слив Топлице може се поделити на горњи, средњи и доњи део. Горњи део слива обухвата простор од изворишта до ушћа реке Косанице. Средњи део слива почиње ушћем Косанице и просторе се до Града Прокупља, док доњи део слива обухвата ток Топлице низводно од Града Прокупља, све до улива у Јужну Мораву.

Горњи ток Топлице налази се у микрорегији Горња или Тесна Топлица. Простире се на површини од око 986 km², што чини 44,47% укупне површине слива Топлице (Вукоичић, 2014, стр. 36). Овај део слива територијално је подељен између Топличког и Расинског округа.

Река Топлица настаје спајањем два изворишна крака. Леви (главни) крак је Ђерекарска река односно Ђерекаруша. Њено извориште је разуђено и састоји се од више сталних потока и речица. Они извиру на источној страни Копаника, на широком подручју Пилатовица–Небеске столице–Панчићев врх, на надморској висини која се креће од 1700 до преко 2000 m. Најдужи је поток Дубока, који настаје од више сталних извора у подножју Панчићевог врха. Значајна је и Запланинска река, која такође настаје од већег броја извора на висини од око 1700 m н.в., а код села Судимље, на око 1650 m н.в., спаја се са Блажевском реком, која такође настаје од бројних сталних потока и речица на истом простору.

Десни изворишни крак Топлице – Луковска река, извире на простору испод врха Пилатовица, на Великим ливадама на око 1250 m н.в. Низводно од изворишта протиче кроз село Штаву па се још назива и Штавска река. Низводно од извора Луковске бање прима Требињску реку, након чега тече под именом Луковска река. У близини села Мерћез, код места „Толик“, на око 510 m а.в., два изворишна крака се спајају и теку под именом Топлица (Radovanović, 1994, str. 7).

Кроз целу Горњу Топлицу ова река је изградила дубоку и уску клисуру живописног изгледа. Речно корито је уско, плитко и испуњено великим каменим блоковима, што најбоље сведочи о њеном бујичном карактеру. Широко је у просеку до 10 m, а дубоко до око 1 m, са великим падом у овом сектору од 12,3‰ (Radovanović, 1994, str. 103). Планским решењима предвиђено је да се уска и дубока клисура прегради браном код села Селова, са циљем формирања истоимене вештачке акумулације. Нажалост, осим изграђене бране, ова акумулација и после четрдесетак година није формирана. Низводно од потенцијалне акумулације Топлица улази у котлину у којој је смештена Куршумлија. У овом граду прима значајну притоку – Бањску реку. Ова десна притока Топлице дуга је око 22 km. Настаје код

Куршумлијске Бање, на око 450 m н.в., спајањем Буњачке реке и Преполачког потока (Вукоичић, 2014, стр. 38). Горњи део слива Топлице завршава се на ушћу Косанице.

Косаница је најдужа и најзначајнија притока Топлице. Улива се у Топлицу са десне стране, око 1,5 km низводно од Куршумлије. То је хладна планинска река, дуга нешто више од 39 km, са просечном температуром воде од 14,1 °C (Табела 29). Настаје спајањем Велике Косанице и Мале Косанице, које извиру на широком простору планина Мајдан, Голак и Ибрахимов вис. Спајају се код засеока Саставак (село Рача). Мала Косаница настаје од Мердарског потока и више других мањих водотокова. Велика Косаница се формира од знатно више водотокова, а у свом току прима и знатно више притока. Највећа и најдужа притока Косанице је Проломска река, која извири на око 1390 m н.в., на северним падинама планине Радан. На свом току протиче кроз Пролом Бању. Њене термоминералне воде греју воду Проломске реке, што утиче на то да она има вишу температуру воде у односу на Косаницу (Табела 29).

Табела 29. Абиотички фактори Косанице и Проломске реке (JP“Srbijašume“ & РМФ Univerziteta u Kragujevcu, 2021).

Физички и хемијски параметри			
Параметар	Јединице	вредности за Косаницу	вредности за Проломску р.
Температура воде	°C	14,1	15
Електропроводљивост	μS/cm ³	720	420
pH	0-14	8,45	8,9
Концентрација кисеоника	mg/l	12,1	9,39
Сатурација кисеоника	%	123,4	100,9
Тврдоћа воде (CaCO ₃)	mg/l	360	260

Средњи део слива Топлице обухвата ток од ушћа Косанице до Града Прокупља. У овом делу долина се шири, падине су блаже, а корито достиже ширину од 20 до 25 m и дубину од око 1,5 m, местимично и више. Дужина овог дела тока износи око 43 km. Код Плочника река мења свој карактер. Из уске долине улази у алувијалну раван Средње Топлице. Планински ток прелази у равничарски, са благим меандрирањем, нарочито у Губетинском пољу. У овом делу прима више притока. Са леве стране издвајају се Барбатовачка река, Драгушка и Бресничка река. Са десне стране значајне су Арбанашка река, као и мање Губетинска и Водичка река.

Пад средњег тока Топлице износи 2,6‰, што је знатно мање у односу на горњи део тока (Radovanović, 1994, str. 103). Притоке су релативно дуге, али имају слабо развијену речну мрежу и нестабилан водни режим. Сиромашне су водом, па се до места Белољин формира чак 80% укупног протицаја Топлице. При великим водама корито низводно од овог места не може да прихвати сав доток, па долази до изливања реке (Стевановић, 2020, стр. 60). Средњи део тока условно се завршава епигенијским сужењем код брда Хисар.

Доњи део слива Топлице дуг је око 31,6 km и простире се од Прокупља до ушћа у Лужну Мораву код Корвинграда. Последњих 6,6 km тока налази се у Нишавском округу. Код Прокупља река обилази узвишење Хисар, кроз које је усекла своје корито, а затим улази у широку алувијалну раван Добрича. У овом делу корито је широко до 25 m и дубоко до 2 m. Топлица има карактер типичне равничарске реке са бројним меандрима. Корито је плитко, па при обилним падавинама и наглом топљењу снега често долази до изливања реке и плавлена околног терена. Пад тока је мали и износи 1,3‰ (Radovanović, 1994, str. 103). Од притока у доњем делу најзначајније су Југбогдановачка река са леве стране, као и Растовничка и Црнатовачка река са десне стране.

Просечна ширина слива Топлице износи 18,4 km. Највећа ширина је 61,5 km и јавља се између коте Лаз на Јастрепцу и Мокре Гаће на планини Мајдан. Слив има лепезаст облик, али је изражено асиметричан (Radovanović, 1994, str. 100–101). Десна страна је развијенија и обухвата површину од 1398,1 km², док лева страна има површину од 805,1 km². Коефицијент асиметрије износи 1,73 (**Табела 33**).

6.5.2.3 Река Блаташница

Топличком округу припада и део слива Расине, односно део слива Блаташнице, њене десне притоке.

Блаташница извире на западним падинама Јастрепца, као Поповичка река, на надморској висини од 1068 m. У горњем току прима више мањих притока, а након улива Врбовачког потока добија назив Блаташница. У почетном делу тока тече правцем северозапад–југоисток, што указује на то да би природно припадала сливу Топлице. Код Блаца она нагло мења правац тока и скреће ка северозападу. Пробија Јанкову клисуру и на територији Расинског округа улива се у Расину, на надморској висини од 292 m.

Ова појава указује на хидролошки феномен речне пиратерије. Блаташница је пробила развође, усекла клисуру и продрла у суседни слив. Том приликом преузела је горњи ток некадашње притоке Топлице – Суводолске реке. Постојање адаптационог лакта у току реке и њених притока јасно указује на овај процес. Низводно од места пиратерије јавља се сува долина старог тока Суводолске реке (Petrović & Manojlović, 1997, str. 354).

Блаташница је релативно мала река. Дуга је 28,2 km, а површина њеног слива износи 110,84 km² (**Табела 33**). Позната је по наведеном феномену пиратерије, као и по тресави Блачко језеро, који су заштићени као део геонаслеђа Србије. У еколошким круговима позната је и по енормној загађености њених вода. Под утицајем индустријских и комуналних отпадних вода из Блаца, воде ове реке су често беличасте боје и изузетно непријатног мириса, уз веома сиромашан или потпуно одсутан водени свет. Ово је нарочито изражено током летњих месеци, услед ниског водостаја. Од укупне површине слива Блаташнице, на територији Топличког округа налази се 95,1 km², односно 87,9% (**Табела 33**).

6.5.2.4 Пуста река

Крајњим југоисточним деловима Топличког округа припада и део слива Пусте реке. Он обухвата део горњег тока Пусте реке, од њеног изворишта до акумулације Брестовац, затим већег дела слива Златске реке, укључујући и Златску акумулацију, као и слив Дреновачког потока.

Пуста река настаје код села Доњи Статовац, спајањем више малих водотокова који дренирају источне падине Радана. Главни изворишни крак извире испод врха Вијагор, на надморској висини од 1353 m. Пуста река се улива у Јужну Мораву, на 196 m н.в., низводно од села Пуковац. Ушће Пусте реке је свега десетак километара узводно од ушћа Топлице у Јужну Мораву.

Укупна дужина главног тока реке износи 67,9 km, од чега се 17,3 km налази на територији Топличког округа (**Табела 33**). Пуста река је изградила своје корито по дну некадашњег Лесковачког језера, у северном делу Лесковачке котлине, и најстарија је котлинска река у овој котлини (Илић, 1978, стр. 22). Једна је од највећих сушица у Србији и има изразит бујични режим тока (Станковић, 1989, стр. 99).

Горњи ток Пусте реке, који припада Топличком округу, има изразит планински карактер. Долина је уска и клисураста, пад речног тока велики, а корито испуњено крупним

каменим блоковима, што указује на бујични режим. Током интензивног топљења снега и јаких падавина река нагло надлази. Носи велике количине материјала, покреће стенске блокове и често се излива из корита. Током летњих суша протицај се значајно смањује, а повремено долази и до пресушивања.

Због оваквог режима, код села Горњи Брестовац, на прелазу из планинског у котлински део тока, изграђена је брана од каменог набачаја. Формирана је акумулација Брестовац, чији се горњи део налази на територији Топличког округа. Основна намена акумулације јесте ублажавање поплавних таласа и регулисање протицаја. Поред тога, служи за водоснабдевање насеља низводно, као што су Бојник, Дољевац и део Лесковца, као и за наводњавање пољопривредних површина.

Укупна површина слива Пусте реке износи 559,24 km². Од тога Топличком округу припада 161,64 km², односно 28,9% (**Табела 33**). Најзначајније притоке су Каменичка река са десне стране и Златска река са леве стране.

Златска река је највећа лева притока Пусте реке. Настаје спајањем више мањих токова који дренају јужне падине Видојевице и Пасјаче. До села Злата носи назив Добродолска река, а у доњем току назива се Коњувска река. У Пусту реку улива се код села Доње Коњувце. Ток Златске реке пружа се правцем северозапад–југоисток. Одликује се великим падом од 3,69‰, малим коефицијентом развитка од 1,15 (Илић, 1978, стр. 23) и ниском температуром воде од 11,2 °C (**Табела 30**).

Табела 30. Абиотички фактори Добродолске (Златске) реке (ЈР“Srbijašume“ & РМФ Univerziteta u Kragujevcu, 2021).

Физички и хемијски параметри		
Параметар	Јединице	Вредности
Температура воде	°C	11,2
Електропроводљивост	μS/cm ³	610
pH	0-14	8,28
Концентрација кисеоника	mg/l	11,85
Сатурација кисеоника	%	114,9,
Тврдоћа воде (CaCO ₃)	mg/l	320

6.5.3 Режим река Топличког округа

За одређивање режима река Топличког округа коришћени су подаци Републичког хидрометеоролошког завода о протицају за период од 1991. до 2020. године.

На реци Топлици анализирани су подаци са три хидролошке станице: Пепељевац на горњем току, Прокупље на средњем току и Дољевац на доњем току. За Пусту реку коришћени су подаци са станице Пуковац, која се налази у близини ушћа у Јужну Мораву. На Блаташници нема хидролошких станица. Подаци о протицају добијени су посредно, на основу зависности отицаја од средњих падавина (Стричевић, 2015, стр. 226).

Хидролошка станица Пепељевац налази се на граници горњег и средњег тока Топлице, низводно од ушћа Косанице, на 69,5 km од ушћа Топлице у Јужну Мораву. Са радом је почела 1935. године. Од 2003. године мерења се обављају дигиталним путем.

Хидролошка станица Прокупље налази се на граници средњег и доњег тока Топлице, на 31,5 km од ушћа у Јужну Мораву. Основана је 1928. године. Од 1964. године користи се лимниграф. Поред протицаја и водостаја, мере се температура воде, прате ледене појаве и контролише квалитет воде.

Хидролошка станица Дољевац налази се на 2,5 km од ушћа Топлице у Јужну Мораву. Својим подацима обухвата цео слив реке. Са радом је почела 1922. године. Од 2004. године мерења се обављају дигиталним путем. Прате се протицај, водостај, ледене појаве и квалитет воде.

Хидролошка станица Пуковац на Пустој реци налази се на 4,7 km од њеног ушћа у Јужну Мораву. Основана је 1922. године. У почетку су мерења вршена водомерном летвом, а од 1980. године користи се лимниграф.

На основу података (**Табела 31**), највећи протицаји на свим станицама јављају се током марта. Повишени су и током фебруара, а задржавају се и током априла. Може се закључити да се велике воде јављају током раног пролећа, са максимумом у марту, што је последица отапања снега на нижим планинама и пролећних киша. Протицаји се затим континуирано смањују. Најмање вредности на свим станицама достижу крајем лета и почетком јесени, у периоду август–септембар, са врло малим протицајима и током октобра. Ниски протицаји последица су високих летњих температура, мале количине падавина, као и великог испаравања, при чему се залихе воде акумулиране током пролећног периода брзо исцрпљују. Током новембра и децембра протицај се постепено повећава и тај раст траје током целе зиме, све до пролећног максимума.

Табела 31. Средњи месечни и годишњи протицаји за период 1991–2020 (РХМЗС, 2024а; Стричевић, 2015, стр. 226).

Ј	Ф	М	А	М	Ј	Ј	А	С	О	Н	Д	Год
Пепељевац			Топлица				F – 986 km ²					
6,42	9,98	16,28	16,03	9,36	5,31	2,71	1,88	1,91	2,24	4,16	6,03	6,86
Прокупље			Топлица				F – 1774 km ²					
7,70	13,0	26,06	17,76	10,67	7,25	3,59	2,22	2,12	2,92	4,94	6,87	8,76
Дољевац			Топлица				F – 2052 km ²					
8,61	12,80	21,94	21,76	12,20	7,39	4,07	2,79	2,51	3,07	5,08	7,32	9,13
Пуковац			Пуста река				F – 561 km ²					
1,69	3,01	4,20	2,93	1,54	0,94	0,48	0,43	0,39	0,42	0,78	1,21	1,51
Блаташница			Расина				F – 110,84 km ²					
0,77	1,12	1,48	1,40	1,10	0,74	0,46	0,28	0,27	0,31	0,44	0,66	0,75

Према распореду средњих месечних вредности протицаја током године (**Табела 31**), реке Топличког округа имају плувионибални режим континенталне варијанте. Оне се одликују веома нестабилним протицајима, што их сврстава у групу типичних бујичних токова. Ова особина јасно се уочава и кроз анализу екстремних протицаја према подацима доступним у годишњацима РХМЗС (2024а).

У периоду од 1991. до 2020. године, на на ВС „Пепељевац“ екстремни максимални протицај измерен је 19.04.2014. године и износио је 265 m³/s. Екстремни минимални протицај измерен је 30.08.2007. године, и износио је 0,253 m³/s. Ово је најнижи забележен протицај на овој станици. Однос екстремних протицаја је висок и износи 1060, а однос апсолутних протицаја је још изразитији и износи 1872.

На ВС „Прокупље“, максимални протицај забележен је такође 19.04.2014. године, и износио је 371 m³/s. Минимални протицај регистрован је 01.09.2012. године, када је износио 0,299 m³/s. Њихов однос износи 1241, док је однос апсолутних протицаја знатно већи, износи 6880.

На ВС „Дољевац“ максимални протицај забележен је 20.04.2014. године и износио је 279 m³/s. Минимални протицај забележен је 05.09.2015. године са само 0,205 m³/s. Однос

ових вредности, који износи 1361, веома је изражен, али је однос апсолутних протицаја још већи и износи 5380.

На ВС „Пуковац“, на Пустој реци, екстремни максимални протицај забележен је 04.03.2018. године, када је износио $107 \text{ m}^3/\text{s}$, док је екстремни минимални протицај забележен 06.08.2013. године и износио је само $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$. Због тога је распон између екстремних вредности изузетно велики, чак 107.000. У овом случају, сматра се да је река пресушила, а таква појава десила се и током августа 1952. године.

Овакви односи максималних и минималних протицаја карактеристични су за бујичне, неуређене токове са израженим интензитетом ерозије у сливу.

Специфични отицај представља прерачунату вредност измерених протицаја по јединици површине слива. Зато је то и један од најбољих показатеља водности одређене територије. Као и протицај, зависи од многих чинилаца, али су надморска висина слива и расчлањеност рељефа од пресудног значаја.

Ова појава се јасно уочава на примеру реке Топлице. Горњи ток има највећи специфични отицај и износи $7,0 \text{ l/s/km}^2$. У средњем току он је мањи и износи $4,9 \text{ l/s/km}^2$. У доњем току је најмањи и износи $4,4 \text{ l/s/km}^2$ (РХМЗС, 2024а). Разлог лежи у разликама у надморској висини. Горњи ток развија се у планинским пределима Копаоника и Радана, док се средњи и доњи ток налазе у нижим областима. Годишњи ток специфичног отицаја прати годишњи ток протицаја. Највеће вредности јављају се у марту, а најмање у септембру. На Пустој реци ниске вредности задржавају се и у октобру. На Топлици је и август веома сиромашан водом. Током лета и у првој половини јесени специфични отицај и протицаји углавном су мали.

Према националним водопривредним документима (МПШВ, 2001; НСРС, 2017-3, члан 4.2), највећи специфични отицај имају високи делови Копаоника и износи од 10 до 20 l/s/km^2 . На Радану је нешто мањи и износи од 8 до 10 l/s/km^2 . У нижим пределима вредности опадају. Најмањи специфични отицај имају дно долине Топлице и доњи ток реке до ушћа у Јужну Мораву. Ту се вредности крећу од 1 до 2 l/s/km^2 .

Највише воде имају високи делови Копаоника, односно изворишни део слива Топлице. Подгорина и планине на десној страни слива имају мању водност. То су Радан, Соколовица и Видојевица. У горњем току Топлице формира се просечан протицај од $6,86 \text{ m}^3/\text{s}$. На површини од 986 km^2 то даје специфични отицај од $7,0 \text{ l/s/km}^2$. Горњи ток учествује у укупном протицају са око 75%. Средњи ток је знатно сиромашнији водом. На станици Прокупље измерен је просечан протицај од $8,76 \text{ m}^3/\text{s}$. Када се од укупног протицаја одузме вредност измерена на узводној станици, остаје свега $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$. То је количина воде која се формира у средњем делу слива. Специфични отицај у овом делу износи око $2,4 \text{ l/s/km}^2$. Доњи део тока има још мању водност. Укупни протицај на станици Дољевац износи $9,13 \text{ m}^3/\text{s}$. Од тога доњи део слива учествује са само $0,37 \text{ m}^3/\text{s}$. На површини од 278 km^2 то даје специфични отицај од $1,3 \text{ l/s/km}^2$ (РХМЗС, 2024а).

Сличне вредности има и слив Пусте реке. Просечан специфични отицај износи $2,7 \text{ l/s/km}^2$, за цео слив. У доњем делу је још мањи. Слив Блаташнице има сличан годишњи ток протицаја. Ипак, он је нешто воднији од слива Топлице. Просечан специфични отицај износи $6,93 \text{ l/s/km}^2$. Ове вредности одговарају вредностима карактеристичним за горњи ток Топлице (РХМЗС, 2024а).

6.5.4 Језера и акумулације

Хидрографску мрежу Топличког округа употпуњује већи број природних и вештачких језера. Њихова основна одлика су мале димензије и ограничен привредни значај. Најчешће се

налазе у шумовитим планинским пределима. Многа су порибљена, па имају значајну спортско-рекреативну функцију и потенцијал за развој других активности.

Природна језера у округу малих су димензија и углавном су периодична. Због тога их је прикладније назвати локвама, иако су у народу позната као језера. Већина је младог постанка, слабо истражена и непосредно зависна од количине падавина. Ова језера помиње више аутора (Општина Прокупље, 2010а; Вукоичић, 2014, стр. 14–15; Стевановић, 2020, стр. 57–58), али уз ограничене податке. Међу њима издвајају се:

- Радојичино језеро, налази се код Пупавачких ливада, испод Соколовог крша, на око 900 m н.в., на Соколовици;
- Бачијско језеро у атару села Власово, око 5 km источно од Пролом Бање;
- Проломско језеро, на око 710 m н.в., око 3 km источно од Пролом Бање. Дугачко је 62 m, а широко 32 m;
- Игришко језеро, на узвишењу Алиловица;
- Безимено језеро на Соколовици, као и језеро испод Соколовог крша.

Заједничко овим хидрографским објектима је да су периодичног карактера и да су везани за подручје Соколовице, Арбанашке планине и Проломске планине, Видојевице и Пасјаче. Проблем детаљнијег истраживања ових локви је њихова периодичност, јер током лета пресушују, што научна истраживања везује искључиво за период новембар–април, који је климатски неповољнији. Некада су она коришћена и током испаше, као и за напајање стоке, која је одржавала вегетацију под контролом и чинила да језера не постану затрављена. Услед изразите депопулације, сточни фонд је минимално присутан на овим просторима, па језера нестају под утицајем вегетације. Све то у знатној мери отежава њихово истраживање.

Један од примера је и Мало Бубличко језеро (**Слика 16**), које се налази у атару села Бублица, на јужним падинама Пасјаче, изнад Брестовачког језера. Налази се на 43°03'45" с.г.ш и 21°35'16" и.г.д., на око 580 m н.в. Као и претходно наведена језера, привременог је карактера, и као такво је означено на ТК 1:25.000, секција Ниш 3-3. Мале је површине (око 0,41 ha), неправилног облика и снабдева се искључиво атмосферском водом. На основу димензија језерског басена, максимална површина воденог огледала износи око 125 x 160 m, са дубином од око 1 m, која се достиже током априла, након пролећних киша. Након тог периода језеро постепено пресушује, претвара се у затрављену мочвару, да би почетком лета у потпуности пресушило.



Слика 16. Мало Бубличко језеро током априла (извор: Николић З.).

Најзначајнија и највећа водена површина природног порекла у Топличком округу је Блачко језеро. Ово језеро представља тресаву. Најстарије је по постанку и налази се у завршној еволутивној фази. Смештено је у северозападном делу округа, у непосредној близини Блага, на око 385 m н.в. Дугачко је око 800 m, широко око 200 m и захвата површину од 12 ha (Станковић, 2005, стр. 172). Због густе хидрофилне вегетације, која прекрива готово целу површину језера, веома је тешко одредити његове тачне димензије, као и обалску линију, која скоро да и не постоји, јер је читава околина језера замочварена.

Језеро је ерозивно-флувијалног порекла. То је у ствари остатак некадашњег речног тока, настао након пиратерије Блаташнице. Налази се у адаптационом лакту који Блаташница образује на периферији Блага. И његов облик указује на такво порекло – благи лук који подсећа на мртвају код других река. Блачко језеро је типичан пример ишчежавања једног лимнолошког објекта. Процес еутрофикације толико је унапредовао да се може рећи да се оно налази у фази преласка у мочвару. Ова тресав део је Инвентара геонаслеђа Србије и инвентарисана је као хидрогеолошки објекат.

Вештачка језера имају знатно већи привредни значај. Њихова основна намена је водоснабдевање, а у мањој мери имају и туристичко-рекреативну функцију.

Брестовачко језеро је највећа акумулација Топличког округа. Налази се на граници Топличког и Јабланичког округа. Територији Града Прокупља припада узводни, односно горњи део акумулације, док доњи низводни део припада општини Бојник. Формирано је на току Пусте реке, на око 312 m н.в., у подножју планине Радан. Због околних села, у чијим се атарима налази, називају се и Бојничко, Бубличко или Магашко. Од Бојника је удаљено 12 km, а од Прокупља 34 km.

Настало је крајем седамдесетих година XX века, преграђивањем Пусте реке, са првенственим циљем водоснабдевања градова Бојник и Лебане, као и спречавања поплава, којима је Пуста река веома склона. Брана је од каменог набачаја, висине око 30 m и дужине око 330 m. Акумулација је максималне дужине 2,8 km, максималне ширине око 500 m, највеће дубине 28 m, док је просечна дубина око 12 m. Максимална површина воденог огледала је 0,08 km² (JP“Srbijašume“ & PMF Univerziteta u Kragujevcu, 2021). Због својих карактеристика и значаја обухваћена је заштитним подручјем Парка природе Радан, као подручје посебне намене у режиму заштите II степена, укупне заштићене површине 41,78 km², од које Топличком округу припада 17,67 km² (МГСИ, 2014). Ова акумулација представља и једно од заштићених риболовних подручја у зони ПП Радан. Вода температуре око 20 °C (Табела 32) погодна је за све врсте ихтиофауне.

Табела 32. Абиотички фактори средњег дела Брестовачког језера (JP“Srbijašume“ & PMF Univerziteta u Kragujevcu, 2021).

Физички и хемијски параметри			
Параметар	Јединице	Вредност за 2017.	Вредност за 2018.
Температура воде	°C	26,5	17
Електропроводљивост	µS/cm ³	118	310
pH	0-14	8,29	7,76
Концентрација кисеоника	mg/l	9,8	8,85
Сатурација кисеоника	%	102,5	95,2
Тврдоћа воде (CaCO ₃)	mg/l	60	60

Златска акумулација настала је преграђивањем Златске реке, леве притоке Пусте реке, узводно од села Злата, у непосредној близини регионалног пута Бојник–Житни Поток–Прокупље. Формирана је у подножју узвишења Златско Кале, потврђеног археолошког локалитета из византијског периода. Иако се налази у непосредној близини Бојника, оно

административно припада Граду Прокупљу и Топличком округу. Акумулација се налази на око 330 m н.в. Дугачка је око 300 m, а широка до 150 m.

Бресничко језеро формирано је 1975. године на јужним падинама Великог Јастрепца, око 627 m н.в., североисточно од Града Прокупља, на око 2 km узводно од села Горња Бресница. Акумулација је створена преграђивањем Бресничке реке, леве притоке Топлице. Изворишни део ове реке налази се испод гребена који повезује врхове Стражимир и Ђулицу. Она је представљала прелазно решење водоснабдевања Прокупља, до изградње знатно веће акумулације Селове, која још увек није завршена. Осим водоснабдевања, њена улога је и задржавање наноса, као и регулисање водног режима, односно ублажавање великих и повећање малих вода. Гравитациона насута брана са глиненим језгром висока је 33,1 m, а дугачка око 230 m. Тако је створена акумулација површине 12,6 km², дужине око 1 km и дубине до 28 m (Град Прокупље, 2021, стр. 89–90).

Растовничко језеро је формирано 1984. године на северозападним падинама Пасјаче, око 3 km југоисточно од Прокупља. Код села Растовница преграђена је истоимена река, на око 516 m н.в., приближно 400 m узводно од њеног ушћа у Топлицу. Брана је висока 21 m, а формирана акумулација дугачка је око 2 km и дубока од 15 до 18 m (Град Прокупље, 2021, стр. 90–91). Намена акумулације је водоснабдевање Града Прокупља.

Придворичко језеро формирано је на јужној подгорини Великог Јастрепца, десетак километара северно од Блаца, на надморској висини око 552 m. Део је Парка природе Велики Јастребац. Преграђивањем Придворичке реке у њеном изворишном делу, формирано је језеро приближне површине 87 ha. Акумулација се налази у изузетно лепом природном амбијенту, у потпуности окружена густом шумом. Главно је извориште за снабдевање водом општине Блаце. Овај део Јастрепца значајан је по лежиштима гвожђа, магнетита и мангана. Током периода ниског водостаја повећава се концентрација тешких метала у језерској води, што отежава њено пречишћавање. Ове промене утичу и на биљни свет у околини, који тада уместо зелене поприма пепељасту боју.

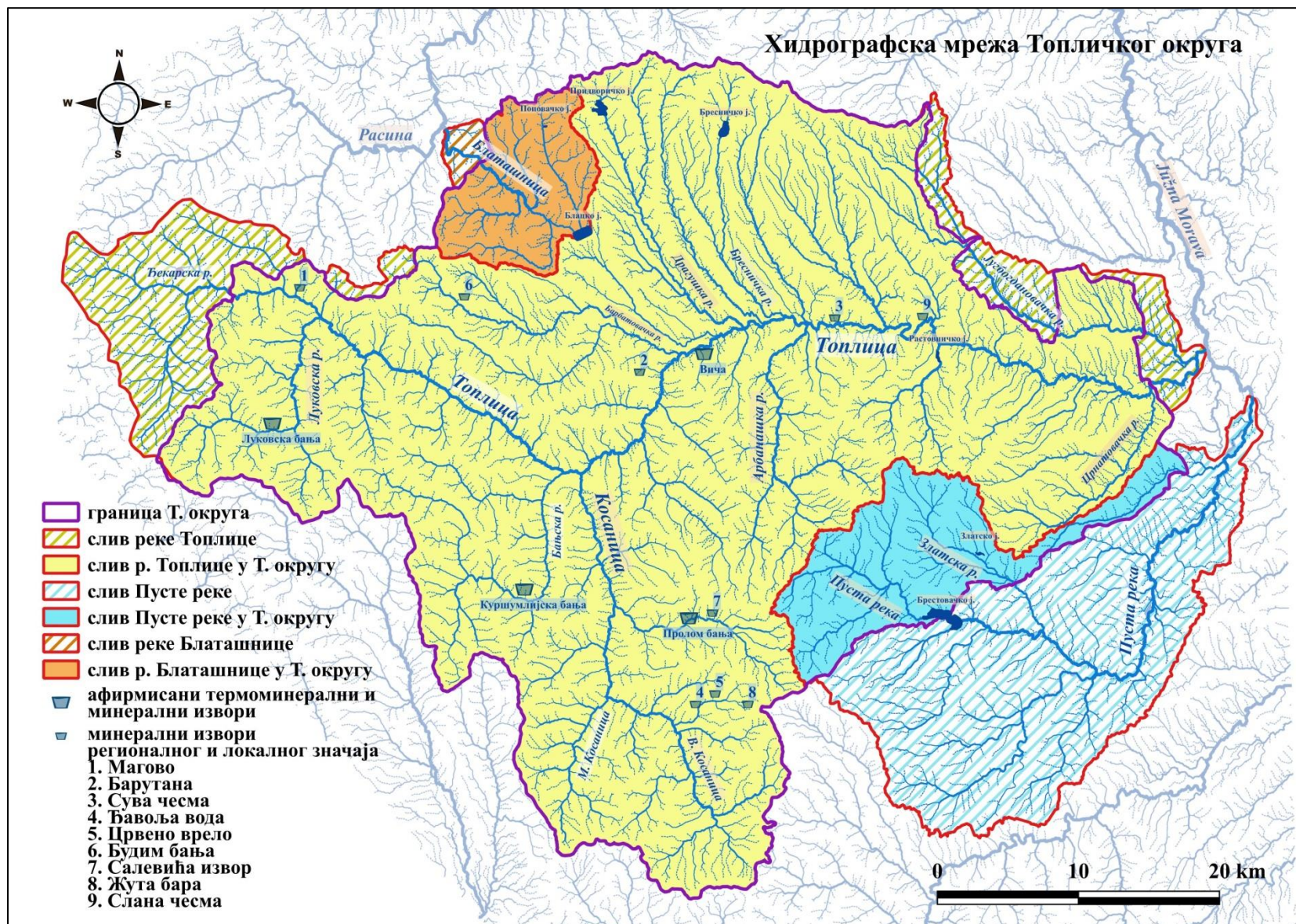
Акумулација Попова формирана је 1964. године, у изворишном делу Блаташнице, у долини Поповичке реке, око 6 km северно од Блаца. Акумулација је део подручја заштите Парка природе Велики Јастребац. Њена вода користи се за водоснабдевање насеља општине Блаце. Брана је хомогена земљана са перапетним зидом на круни бране. Висока је 7 m са запремином акумулације 25.000 m³ и сливом површине око 4 km² (ЈП „СрбијаШуме“, 2025, стр. 15). Акумулација је дуго била замуљена, а брана оронула, тако да је представљала опасност. Запуштена акумулација повремено је изазивала поплаве у насељима низводно (Општина Блаце, 2006). Након санације језеро је поново функционално.

Проблем недостатка воде за насеља и индустрију у Топличком округу присутан је дуго. Као могућа решења предвиђена је изградња акумулација Зебница и Селова. Планови за ове објекте постоје већ деценијама, али нису у потпуности реализовани. На реци Топлици изграђена је брана Селова, али акумулација није формирана у планираном обиму. У сливу Пусте реке планирана је изградња још две акумулације – Брестовац 2 и Магаш. За ове пројекте постоји одговарајућа планска документација.

6.5.5 Морфометријске карактеристике речних сливова и речних токова

Незаобилазан део проучавања хидрографије неког подручја су морфометријска анализа сливног подручја и морфометријска анализа карактеристика речних токова. Њиховом применом стварају се услови за дефинисање специфичних фактора који утичу на подложност

ПРИЛОГ 13.



сливова и водотокова ерозивним и плавним процесима. За анализу ових карактеристика користиће се хидрографска мрежа. У претходним поглављима дефинисани су и остали фактори који могу утицати на интензитет хидрографских процеса – геолошке, геоморфолошке и климатске карактеристике. Хидрографска мрежа, која ће бити коришћена у морфометријској анализи сливова и водотокова (**Прилог 13**), генерисана је на основу дигиталног елевационог модела (ДЕМ), просторне резолуције 30 m, помоћу софтверског пакета QGIS 3.40.11 Bratislava. За дефинисање линија токова примењен је SAGA алгоритам „Fill sink (Wang & Liu)“. Као допунски материјал у анализи хипсометријских карактеристика, коришћене су и топографске карте размера 1:50.000 – листови Куршумлија, Ниш, Лесковац, Подујево, Крушевац и Нови Пазар.

На основу ДЕМ-а, издвојени су речни токови и дефинисана сливна подручја који гравитирају простору Топличког округа. Како би се стекла реалнија слика удела речних сливова у просторном обухвату подручја истраживања, анализа је обухватила комплетне сливове река, који су потом издвојени уз назначавање делова сливова који се преклапају са границама Топличког округа.

За потребе идентификације морфометријских особености коришћени су показатељи хипсометријских карактеристика рељефа у сливовима – како у целини, тако и у делу који припада Топличком округу. Анализиране су и морфометријске карактеристике сливова: дужина развођа, густина хидрографске мреже, површина слива, коефицијент облика слива, просечна ширина слива и коефицијент асиметрије слива. Морфометријске карактеристике водотокова дефинисане су на основу хипсометријских тачака (кота), дужине главних водотокова, укупног и просечног пада речног корита, коефицијента развијености, као и коефицијента кривудавости тока. Традиционални метод мерења морфометрије сливова и водотокова заснива се на примени курвиметара – инструмента за мерење дужина на аналогним топографским картама. Коришћењем географских информационих система (ГИС), мерења се заснивају на векторизацији података и аутоматизацији мерења, чиме се целокупна анализа чини знатно лакшом, бржом и прецизнијом. Примена ГИС-а у анализи водотокова и сливова данас је широко распрострањена. Због карактеристика које поседује, ГИС је у новијим истраживањима примењен у анализи карактеристика сливова Семберије (Шушњар, 2024, стр. 115–124), као и у анализи одрживости речне мреже Србије као основе стратегије управљања водама (Valjarević et al., 2026, стр. 1–24).

У анализи средње висине сливова (H_{sr}) коришћена је формула (Урошев, 2007, стр. 32):

$$H_{sr} = \frac{f_1 H_1 + f_2 H_2 + \dots + f_n H_n}{F} \quad (18)$$

где су: $f_1, \dots, f_n$ – површине између изохипси (km^2); $H_1, \dots, H_n$ – средње надморске висине између изохипси (km); F – површина слива (km^2).

Густина хидрографске мреже (D) може се израчунати применом више образаца. Према Нојмановом обрасцу, густина речне мреже добија се као однос укупне дужине водотока на одређеној територији и површине посматране територије, односно слива (Dukić, 1962, стр. 37):

$$D = \frac{\Sigma L}{F} \quad (19)$$

где D представља густину хидрографске мреже у km/km^2 ; ΣL – укупна дужина свих водотокова на неком простору (km); F – укупна површина дате територије (слива).

Прорачун густине хидрографске мреже предложио је и Аполов (D_A), према коме се овај показатељ добија рачунањем количника површине територије (слива) и укупне дужине свих водотокова у сливу (Шушњар, 2024, стр.115–116):

$$D_A = \frac{F}{\sum L} \quad (20)$$

где је F – површина слива у km^2 , а $\sum L$ укупна дужина свих водотокова (у km). Ова вредност изражава се у километрима (km) и представља показатељ просечне дужине пута коју падавинска вода прелази до сталних водотокова

Поред густине хидрографске мреже, значајни показатељи хидролошких услова јесу и морфометријске карактеристике слива и водотока на датом простору. Својства слива анализирају се кроз анализу површине слива (F), коефицијента облика слива (A), просечне ширине слива (B) и коефицијента асиметрије слива (K_a).

Коефицијент облика слива (A) рачуна се према обрасцу (Gavrilović, 1972, str. 61)

$$A = \frac{S}{L(\pi+2)} = 0,195 \times \frac{S}{L} \quad (21)$$

где S представља дужину развођа (у km), а L дужину слива по матици главног тока. Овај показатељ сматра се значајним индикатором појаве великих вода. Елипсоидне сливове карактеришу мале разлике између ниских и високих вода, при чему до појаве високих вода долази постепено. Сливови који су обликом ближи кружном одликују се изразитим разликама између високих и ниских вода, а до пораста високих вода долази нагло.

Просечна ширина слива (B) представља хидролошки значајан индикатор. Веће вредности овог параметра указују на то да ће, при једнаким осталим условима, концентрација отицаја бити спорија, па ће се високе воде формирати постепеније, дуже трајати и показивати мање разлике у односу на ниске воде. Насупрот томе, мање вредности просечне ширине слива условљавају бржу концентрацију отицаја, наглији праст водостаја, краће трајање високих вода и израженије разлике између високих и ниских вода. Просечна ширина слива израчунава се према обрасцу (Dukić, 1962, стр. 44–51):

$$B = \frac{F}{L} \quad (22)$$

где је F – површина слива (у km^2); L – дужину реке (у km).

Коефицијент асиметрије слива (K_a), користи се за проучавање услова формирања великих вода у сливу, насталих као последица падавина и топљења снега на левој или десној страни слива. Посебно је значајан код већих речних сливова код којих постоји неравномерна расподела површина са обе стране главног водотока. Израчунава се према формули (Урошев, 2007, стр. 32):

$$K_a = \frac{F_l}{F_d} \text{ или } \frac{F_d}{F_l}; \quad K_a > 1 \quad (23)$$

при чему F_l представља површину левог дела слива у односу на главни водоток, а F_d површину са десног дела слива. Коефицијент асиметрије већи од 1 указује на изражену асиметричност слива и могућност неравномерне концентрације отицаја, што у одреженим условима може утицати на формирање поплавних таласа.

Морфометријске карактеристике водотока сагледавају се и кроз показатеље укупног и просечног пада речног тока, коефицијент развијености тока и коефицијент кривудавости тока.

Укупан пад речног тока (J) представљен је формулом (Урошев, 2007, стр. 34):

$$J = h_1 - h_2 \quad (24)$$

односно разликом између надморске висине изворишта (h_1) и надморске висине ушћа (h_2).

Просечан пад речног тока (J_{sr}) представља количник укупног пада и дужине реке. Изражава се у јединицама m/km или у промилима (‰). Израчунава се према формули (Урошев, 2007, стр. 34):

$$J_{sr} = \frac{J}{L} \quad (25)$$

где је J – укупан пад речног тока (m), а L – најкраће растојање између изворишта и ушћа.

Коефицијент развијености тока (K_r) представља однос стварне дужине реке (L) и најмање могуће дужине истог водотока, односно дужине праве дужи која повезује извор и ушће реке (L_{min}). Израчунава се према обрасцу (Рајчевић & Црногорац, 2017, стр. 79):

$$K_r = \frac{L}{L_{min}} \quad (26)$$

Сличан показатељ је Коефицијент кривудавости (развијености) речног тока (K_v), који представља однос стварне дужине главног тока (L) и дужине праве линије која повезује најудаљеније тачке слива на вододелници (L_s), израженог у km . Израчунава се према обрасцу (Урошев, 2007, стр. 34):

$$K_v = \frac{L}{L_s} \quad (27)$$

Резултати ГИС анализе речне мреже Топличког округа, према свим анализитаним параметрима, приказани су у **Табели 33**.

Речну мрежу Топличког округа чине три речна слива. Два припадају речном систему Јужне Мораве, слив Топлице и слив Пусте реке, док слив Блаташнице припада сливу Расине и ширем систему Западне Мораве.

Највећи део површине Топличког округа чини слив Топлице, са уделом од 88,2%. Истовремено, са територије округа одводњава се 89,4% укупне површине слива Топлице. Остатак слива припада Расинском и Нишавском округу. Оваква територијална расподела условљава разлика у минималним, максималним и средњим надморским висинама слива.

Слична ситуација присутна је и у сливу Блаташнице. Са територије Топличког округа одводњава се 87,9% њене сливне површине. Изворишни и средњи део тока налазе се у округу, док доњи део припада Расинском округу, што утиче на релативно високу средњу надморску висину слива. Удео слива Блаташнице у укупној површини речне мреже Топличког округа износи 4,25%.

Слив Пусте реке има сложенију просторну структуру. У оквиру Топличког округа налази се 28,9% њене укупне површине. Тај простор није јединствен, већ је подељен на три издвојене целине. Обухвата горњи ток Пусте реке са делом акумулације Брестовац, затим већи део слива Златске реке, као и слив Дреновачког потока у доњем току. Ове целине заједно одводњавају 7,23% територије Топличког округа.

За анализу хидролошких услова посебно су значајни густина речне мреже, облик слива, његова просечна ширина и асиметрија. Ови параметри указују на карактер отицања вода и потенцијалну подложност сливова поплавним процесима.

Просечне густина речни мрежа река на територији Топличког округа износи 1,64 km/km². Ова вредност указује на умерено развијену мрежу ($D = 1-2 \text{ km/km}^2$), типичну за брдско-планинске пределе (Gavrilović, 1972, str. 68). Слив Пусте реке благо одступа од ове вредности, али у граничним вредностима категорије.

Табела 33. Резултати морфометријске анализе сливова и водотокова (на основу прорачуна).

Слив		р. Топлица		Пуста река		р. Блаташница	
		слив у целости	под. истраж.	слив у целости	под. истраж.	слив у целости	под. истраж.
површина слива (F)	F (km ²)	2203,2	1969,97	559,24	161,64	110,84	95,1
	удео (F) од укупне површ. слива (%)	100	89,4	100	28,9	100	87,9
	учешће слива у површ. подг. истраж. (%)	-	88,2	-	7,23	-	4,25
хипсометријске одлике слива (m н.в.)	мин н.в.	184	196	196	217 (310* ¹)	292	334
	макс. н.в.	1664	1651	1353	1353	1068	1068
	средња н.в. (H _{sr})	924	923,5	774,5	785 (831,5* ²)	680	701
морфометријске одлике слива	L (km)	130,3	113,5	67,9	17,3	28,2	22,9
	ΣL (km)	3643,78	3272,95	830	238,4	180,59	163,09
	D (km/km ²)	1,65	1,65	1,48	1,45	1,63	1,63
	D _A	0,6	0,6	0,67	0,68	0,61	0,61
	A	0,48	-	0,42	-	0,37	-
	B	16,9	17,3	9,06	-	4,15	3,93
	K _a	1,73	-	1,38	-	1,58	-
морфометријске одлике водотокова	J	1480	1455	1157	1043	776	734
	J _{sr} (‰)	11,3	12,8	16,7	60,36	27,5	32,1
	K _r	1,55	1,71	1,85	1,47	3,49	3,27
	K _v	1,61	1,58	1,76	-	1,85	1,49

*¹најнижа тачка главног тока Пусте реке у Топличком округу налази се на 310 m н.в.. Слив Пусте реке у Топличком округу обухвата и друге токове – Златску реку и Дреновачки поток чија су речна корита на нижој надморској висини. Узимајући у обзир и ове притоке, најнижа тачка слива Пусте реке на територији Топличког округа износи 217 m н.в., на ушћу Дреновачког потока.

*²Имајући у виду претходно наведено и средња надморска висина слива се креће од 831,5 m (главни ток Пусте реке) до 785 m (слив на територији Топличког округа).

„-“, без прорачуна

Густина мреже (D_a) указује и на просечну дужину пута коју вода прелази до водотока. Веће вредности означавају спорије површинско отицање. На његове вредности утичу геолошке карактеристике, рељеф, климатске карактеристике, као и антропогени фактори. Сви анализирани сливови имају сличне релативне вредности вог показатеља, што указује на њихов сличне хидролошке карактеристике.

Коефицијент облика слива утиче на брзину концентрације воде. Добијене вредности указују на релативно компактне и заобљене сливове, што повећава ризик од наглог формирања високих вода. Највећи потенцијал има слив Топлице, а најмањи Блаташнице.

Ширина слива (B) утиче на трајање и динамику високих вода. Слив Топлице има најповољније карактеристике у погледу постепеног формирања великих вода. Вредности Пусте реке су нешто неповољније, док је слив Блаташнице најмање повољан.

Коефицијент асиметрије слива (K_a) показује распоред површина са леве и десне стране. Код Топлице десна страна је скоро два пута већа. Код Пусте реке та разлика је мања.

Код Блаташнице је већа лева страна, што је последица геолошке грађе и карактеристика рељефа.

Изворишта већине река налазе се на надморским висинама већим од 1000 m. Због тога су њихови горећи токови брзи и са уским долинама. Равничарски карактер имају само водотокови у Добричу. Иако постоји значајан хидролошки потенцијал, он је недовољно искоришћен.

Укупни пад тока (J) највећи је код Топлице, а најмањи код Блаташнице. Међутим, просечан пад је највећи код Пусте реке. У делу слива који припада Топличком округу ова вредност је изразито висока. То указује на велики хидроенергетски потенцијал, али и на нестабилан режим воде. Блаташница има умерен просечан пад, који се смањује после Јанкове клисуре. Топлица има најмањи просечан пад, али је он релативно уједначен дуж већег дела тока.

Коефицијенти развијености и вијугавости тока (K_r и K_v), указују на карактер отицања и морфолошку развијеност речних токова. Најповољније вредности има Топлица, док су оне најмање повољне код Блаташнице. То указује на већу склоност наглог формирања високих вода.

6.6 Биогеографске карактеристике и заштићена подручја

Посебност геолошке подлоге, рапчлањеност и друге особености рељефа, као и климатске и хидрографске специфичности, одразиле су се и на биодиверзитет, односно флору и фауну Топличког округа.

6.6.1 Флора

Карактеристика живог света Топличког округа огледа се у чињеници да ова територија обухвата простор на контакту балканских фитогеографских провинција које се међусобно преплићу. Западни део округа под утицајем је влажније илирске провинције која обухвата шире подручје Динарида. Остатак округа припада територији источне, сувље мезијске фитогеографске провинције, заступљене у јужној и југоисточној Србији и Бугарској. Условну границу ових провинција представља река Ибар. Ипак, због утицаја надморске висине, у вегетацији се уочава њихово преплитање, нарочито на Копаонику. Због тога је биљни свет овог подручја богат и разноврстан, а његова географска распрострањеност веома сложена.

На територији Топличког округа, могу се наћи разноврсни облици биљних заједница на релативно малом простору. Присутне су зоне поплавних, мочварних и хидрофилних шума, затим зоне термофилних храстових шума, као и зона мезофилних букових шума. Уочава се и присуство фригофилних четинарских шума, све до појаса полегле жбунасте четинарске вегетације и планинских сувата. На појединим локалитетима јављају се и заједнице типичне мочварне вегетације као и вегетације слатина.

Према процени, укупна површина под шумама Топличког округа износи око 103.985 ha, што чини приближно 46,6% његове територије. Највећу шумовитост има општина Куршумлија, око 58%. Ова општина убраја се међу најшумовитије у Републици Србији. Покривеност шумским површинама територије Града Прокупља износи око 28,39%, што је блиско просечној вредности за Републику Србију. Остале општине, услед карактеристика рељефа, имају малу шумовитост, општина Блаце 11%, а општина Житорађа само 3%. (Драгојловић, 2017, стр. 68).

Применом ГИС-а и метода даљинске детекције утврђено је да просечна пошумљеност на нивоу Топличког округа износи 57,7%, док просечна густина шумског покривача износи

882 стабла/ha. Највећа пошумљеност забележена је у општини Куршумлија око 950 km², при чему густина шумског покривача достиже 1106 стабала/ha. На територији Града Прокупља пошумљено је 927 km², док густина шумског покривача износи око 927 стабала/ha. У општине Блаце пошумљено је око 306 km², а густина шумског покривача износи око 598 стабала/ha. Најмања пошумљеност заступљена је у општини Житорађа, са око 214 km² под шумом, док густина шумског покривача износи 141 стабло/ha (Valjarević et al., 2018a, p. 136).

Према карактеристикама флоре, на територији Топличког округа могу се издвојити четири еколошко-вегетацијска рејона: Копаоник са подгорином, планински систем Радан–Видојевица–Пасјача и суседне планине, Јастребац са подгорином, као и котлински делови Топлице и Добрича.

Копаоник се истиче једним од најразноврснијих флористичких састава на Балканском полуострву. На простору ове планине преплиће се неколико балканских фитогеографских провинција. Ова планина представља крајње источно подручје илирске фитогеографске провинције. Досадашња истраживања показују да високопланинска флора Копаоника обухвата 825 врста и подврста, што чини око једне петине флоре Србије. У односу на ендемску високопланинску флору Балканског полуострва, око 11,9% ендемита забележено је на Копаонику (Остојић и сар., 2018, стр. 180–181). Ипак, већина истраживања спровођена су на подручју националног парка, док су у осталим деловима планинског масива она знатно ређа. Посебно су ретка у јужним деловима овог планинског масива. Стога је присуство неких од ендемичних и субендемичних врста на овим деловима Копаоника врло вероватно.

Велика висинска разлика између подножја и врхова, као и величина и рашчлањеност планинског масива, условили су зоналност климе, а самим тим и зонални распоред вегетације. У најнижим деловима, на топлим и сувим стаништима, развијене су термофилне храстове шуме. Прате их шибљаци, шикаре и ливаде. Изнад ове зоне, на висинама од 1000 до 1500 m, јављају се планинске букове шуме, које садрже и бројне друге дрвенасте и жбунасте врсте, као и траве и маховине. У вишим деловима развијају се мешовите лишћарско-четинарске шуме, најчешће букве, јеле и смрче. Изнад 1500 m н.в. присутне су тамне четинарске шуме, углавном. У зависности од подлоге и експозиције јављају се заједнице смрче, јела и црњуша, које су карактеристичне за Копаоник. Највиши вегетацијски појас чини субалпска жбунаста вегетација, где доминирају клека, боровница и субалпска смрча. На влажним местима јавља се и ушата врба. На највишим деловима Копаоника развијени су алпски и субалпски пашњаци.

На Копаонику јављају се и азоналне и интразоналне заједнице. Посебно се издвајају тресаве и камењари. На камењарима расте рунолист као глацијални реликт. Анализа флоре показује да од укупног броја заједница преовлађују зељасте, док је мање шумских, што указује на дуготрајан антропогени утицај на вегетацију.

Други еколошко-вегетацијски рејон чине планине јужног обода Топличког округа, односно планински систем Радан–Видојевица–Пасјача.

Флора планине Радан и истоименог парка природе обухвата 751 биљну врсту, што представља значајан део флоре Балканског полуострва флоре Србије. Присутни су и бројни ендемити и субендемити, а око 26 врста сматра се угроженим. Укупно је издвојено 28 биљних заједница. Поред шумске вегетације, веома су развијене и зељасте уједнице на ливадама и пашњацима. Посебан значај имају заједнице развијене на андезитским стенама и сипарима. Радан и околне планине познати су по великом броју лековитих биљака. Забележено је 118 врста, од којих су многе ретке и заштићене (Randelović i sar., 2005, стр. 79).

Зонални распоред вегетације јасно је изражен и у овом рејону. До 800 m н.в. доминирају заједнице сладуна и цера. У овој зони јавља се и китњак, али у мањем обиму. Ове заједнице су у значајној мери деградиране. На источним падинама развијају се реликтне

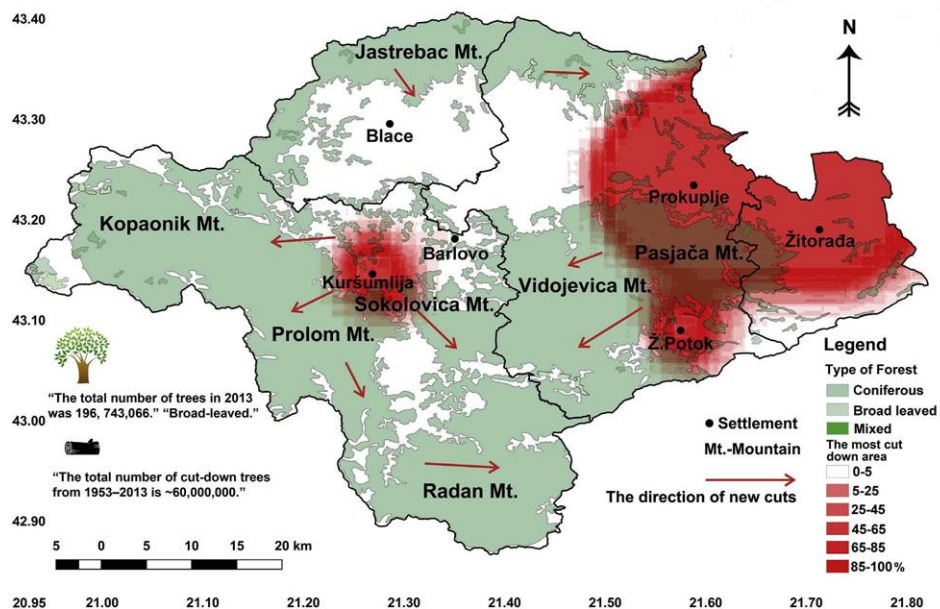
заједнице мечје леске и кавкаске липе. Изнад 800 m н.в. присутне су заједнице јавора и граба, док се изнад 900 m н.в. простиру заједнице планинске букве. Због великог биодиверзитета, на овом простору успостављени су различити режими заштите.

Видојевицу и Пасјачу такође карактерише јасно изражена вертикална зоналност вегетације. Најнижи појас чине ксеротермофилне шуме сладуна и цара, а изнад њих простире се појас китњакових и грабових шума. Највиши појас чине букове и буково-четинарске шуме.

Већину шума чине лишћарске врсте. Најзаступљеније врсте су цер, буква, сладун и китњак. Од четинара се јављају смрча, црни бор, дуглазија и боровац.³

Планински масив Великог и Малог Јастрепча чини трећи еколошко-вегетацијски рејон на територији Топличког округа. Сматра се једним од најшумовитијих планинских подручја у Србији и на Балканском полуострву, што је један од разлога проглашења Парка природе „Велики Јастребац“. Око 88% шумског фонда чине заједнице букве, цара, сладуна, китњака. Посебно су значајне заједнице букве са планинским јавором, грабом, китњаком и јелом. На највишем планинском појасу заступљене су четинарске шуме белог и црног бора, боровца и дуглазије¹, док су јела и смрча заступљене у мањој мери. Јастребац је такође препознатљив по бројним врстама ливадског и лековитог биља, као и по шумским плодовима.

У котлинским деловима Топличког округа, дуж речних токова, присутне су хидрофилне шуме меких лишћара, пре свега врбе, тополе и иве. Близина антропогено измењених простора чини их подложним деградацији. Шумски појасеви су окружени затрављеним површинама и ораницама. Ван шумских појасева јавља се и делимично измењена степска вегетација. Мањи делови овог еколошко-вегетацијског рејона налазе се под заштитом, пре свих Бресничкијка слатина, као и неколико споменика природе ботаничког карактера. И поред већег значаја, слатина Сува чесма још увек чека званични акт заштите. Мочварна вегетација јавља се на простору тресаве Блочног језера и дуж већих речних токова.



Слика 17. Простори интензивирани деградације шумског покривача у Топличком округу (извор: Valjarević et al., 2018a, p. 138).

³ Дуглазија представља високи, егзотични четинар, сличан јели. Боровац или Вајмутов бор представља алохтону, брзорастућу, украсну врсту бора. Обе врсте пореклом су из Северне Америке. Код нас су се масовно користиле за пошумљавање голети, као и у парковима.

Основна карактеристика шумских подручја Топличког округа је њихово континуирано смањивање, како по распрострањењу, тако и према квалитету стабала. Неконтролисана сеча, крчење шума ради добијања обрадивог земљишта, климатске промене и загађење атмосфере, само су неки од узрока смањења шумске вегетације.

На територији Топличког округа, пре 1953. године детектовано је око 250 милиона стабала, док је 2013. године њихов број износио 196.743.066, односно 882 стабла по хектару. То значи да је у периоду од 1953. до 2013. године, посечено више од 50 милиона стабала, а чак око 56.000 ha површине је огољено (Valjarević et al., 2018a, p. 136). Највећу деградацију претрпеле су шумске површине на територији Града Прокупља и у општини Житорађа (Слика 17), док ни остали делови округа нису били поштеђени. Један од главних узрока ових промена представља експлоатација шума за потребе дрвне индустрије, која је и данас један од основних покретача привреде Топличког округа.

6.6.2 Фауна

Фауна Топличког округа је, као и флора, разноврсна и богата. Повољни природни услови, климатски услови, рашчлањен рељеф и разноврстан биљни свет омогућили су развој великог броја животињских врста. На овом простору живе бројне врсте сисара, гмизаваца, водоземаца, риба, птица и инсеката. Међу њима су заступљене и ендемске, реликтне и ретке врсте.

Богатство фауне може се сагледати кроз више показатеља. На Копаонику је евидентирано 138 врста дневних лептира, што чини око 70% укупног броја у Србији и скоро половину врста Балканског полуострва. Горњи токови Топлице, Косанице и Пусте реке представљају станишта салмонидних врста риба, међу којима се издваја поточна пастрмка. Присутно је и више ендемских врста ихтиофауне, као што је двопругаста уклија. Парк природе „Радан“ и Парк природе „Велики Јастребац“ важна су станишта ретких и угрожених врста сисара и птица. Међу птицама се издвајају црна рода, сури орао, орао кликташ и патуљаста орао. Од сисара, на Радану посебан значај има присуство македонске волухарице, ендемске врсте. У оквиру овог заштићеног подручја евидентирано је 107 врста птица, што чини око 30% укупног броја у Србији, као и 45 врста сисара.

Ипак, утицај човека довео је до смањења бројности појединих врста. Неке су нестале, а неке су доведене до граница опстанка. Међу њима су рис, медвед, дивља мачка и сиви соко.

6.6.3 Заштићена подручја Топличког округа

Територија Топличког округа истиче се бројем заштићених подручја, њиховим природним вредностима и различитим нивоима заштите. То указује на висок степен природног диверзитета и изражене географске специфичности. Демографска депопулација у округу довела је до смањења интензитета привредних активности. Због тога су поједини простори остали релативно очувани, што је омогућило њихову законску заштиту. Основни циљ заштите је очување предела, флоре и фауне, и спречавање прекомерне експлоатације природних ресурса, посебно шума.

Законодавство Републике Србије предвиђа заштиту подручја са израженим природним вредностима и очуваним пределима. Тренутно је мање од 9% територије државе под неким обликом заштите, са тенденцијом даљег повећања овог удела. Заштићена подручја сврставају се у седам категорија. То су строги резерват природе, специјални резерват природе, национални парк, споменик природе, заштићено станиште, предео изузетних одлика и парк природе. Поред тога, законодавственим оквиром обухваћена су и еколошки значајна

подручја, као и еколошки коридори. Они су део ширих система заштите природе, као што су Natura 2000, Емералд мрежа и Национална еколошка мрежа. Њихов циљ је очување станишта и дивљих врста флоре и фауне. Еколошка мрежа Србије обухвата 101 подручје и заузима око 20,93% територије државе (Завод за заштиту природе Србије [ЗЗПС], 2026).

Нека подручја у Србији имају и међународни значај. Она су обухваћена различитим међународним споразумима и програмима заштите, као што су Емералд мрежа, Рамсарска конвенција и програми заштите ИВА, ИРА и РВА, као и кроз активности UNESCO-а.

Емералд мрежа представља регионалну еколошку мрежу од међународног значаја. Представља еколошки умрежена подручја од посебног значаја за заштиту природе и представља основу за примену европских прописа у овој области. Усклађена је са принципима мреже Natura 2000. У Србији је предложена листа која обухвата 61 подручје од значаја за Емералд мрежу. У оквиру ње издвојена су 43 међународно значајних подручја за птице (ИВА), 61 међународно значајна подручја за биљне врсте (ИРА), и 40 међународно значајних подручја за дневне лептире (РВА) (Група аутора, 2024, стр. 124).

У Топличком округу више од 24,01% територије налази се под различитим степенима заштите (**Прилог 14**). Највећи део те површине обухватају Парк природе „Радан“ и Парк природе „Велики Јастребац“ (**Табела 34**).

Парк природе „Радан“ законом је заштићен од 2024. године (Народна скупштина, 2024-4, члан 1), са циљем очувања изузетних природних вредности и значајних локалитета. Обухвата претежно брдско-планинско подручје на којем су издвојени бројни локалитети природних вредности, сврстани у прву, другу или трећу категорију заштите, у државној и јавној својини. Надморска висина се креће од око 280 m н.в. источно од села Брестовца, до 1408 m н.в. на врху Шопот, највишем врху Радана. Подручје се одликује очуваним шумским екосистемима и присуством бројних ендемских и реликтних врста флоре и фауне.

Парк природе „Радан“ простире се на територији два округа – Топличког и Јабланичког. Од укупне површине до 41.312,66 ha, Топличком округу припада 21.697,41 ha односно 58,52%. При томе, територија општине Куршумлија обухвата 36,09% укупне површине заштићеног подручја, док територија Града Прокупља обухвата 22,43% (МГСИ, 2014). У оквиру заштићене целине издвојено је неколико подручја посебне намене: Споменик природе „Бавоља варош“, уже заштићено подручје Радан, акумулација и извориште Брестовачко језеро, као и непокретно културно добро Царичин град на територији општине Лебане. У оквиру ужег заштићеног подручја дефинисан је већи број локалитета.

Локалитети обухваћени првим степеном заштите су „Пролом“, „Рипиводе–Радан грeben“ и „Петровац“. Њихова укупна површина износи 951,11 ha, што чини 4,01% заштићеног подручја. Биодиверзитет ових локалитета чине реликтне шуме китњака, цера и грабића са храстом и црним грабом, као и бројне ретке и угрожене биљне и животињске врсте.

Од осталих локалитета треба издвојити: локалитет „Рударе–Девојачки крш“, значајан са фаунистичког аспекта; „Соколовица“ на истоименој планини, са доминантним шумским екосистемима; „Беговића гроб“, на коме се налазе станишта ретких врста лишјајева *Candelaria concolor* и *Rhizocapron badioatrum*; стене „Соколовог виса“ представљају станишта новооткривених врста *Sempervivum relaborii* и *Jovibarba heuffelii*, уврштених у Црвену листу флоре Србије; „Арбанашка планина–Радан“ у централном делу заштићеног подручја, са очуваним шумским екосистемима; као и локалитет „Брестовац“ са горњим током Пусте реке, који се одликује присуством водене флоре и ретких врста ихтиофауне.

Флора Радана броји 751 биљну врсту из 91 фамилије и 369 родова, што представља око 10 % флоре Балканског полуострва и око 22% флоре Србије (Остојић и сар., 2020, стр. 17). Чак 26 врста могу се сматрати ендемитима. Радан и околне планине одликују се густим

шумама и ливадама обраслим лековитим биљем. Овде расту реликтне шумске заједнице са мечјом леском (*Corylus colurna L.*) и кавкаском липом (*Tilia concarsika Rupr.*) (Динић и сар., 2014, стр. 27).

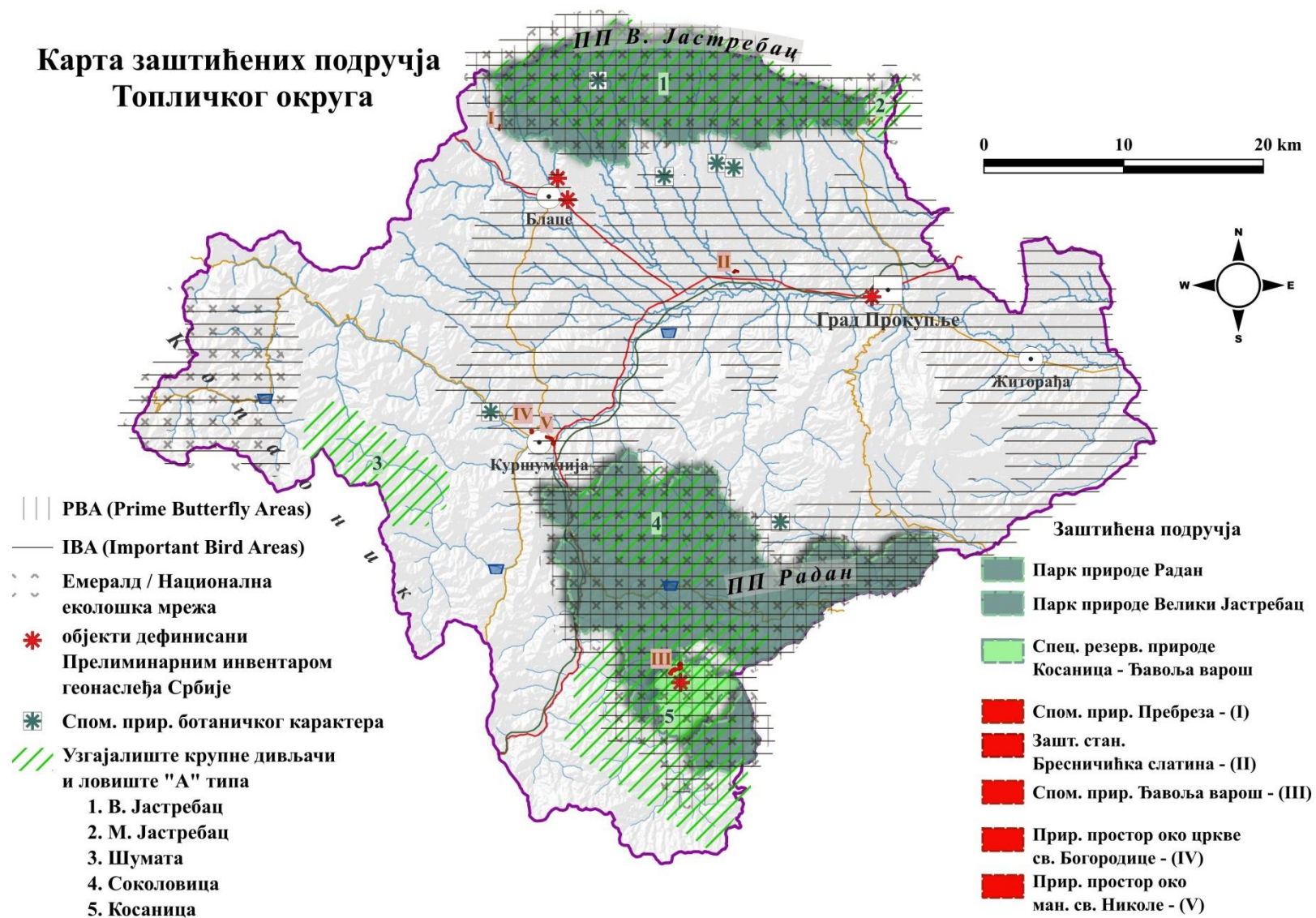
Табела 34. Заштићена подручја Топличког округа.

заштићено подручје	административне јединице Топличког округа	површина у Топличком округу (ha)	удео Топличког округа у укупној површини (%)	година акта заштите	управљачки орган
Парк природе					
ПП Радан	Прокупље, Куршумлија	21.697,41	52,52	2017	ЈП „СрбијаШуме“
ПП Велики Јастребац	Прокупље, Блаце	15.496,96	39,56	2024	ЈП „СрбијаШуме“
Специјални резерват природе					
СРП Косаница – Ђавоља Варош	Куршумлија	2.241,27	100	1995	Завод за заштиту природе Србије
Споменик Природе – објект геонаслеђа					
СП Ђавоља Варош	Куршумлија	34,42	100	1995	а.д. „Планинка“ Куршумлија
СП Пребреза	Блаце	0,86	100	2025	ЈКП „Блаце“, Блаце
Заштићено станиште					
ЗС Бресничичка слатина	Прокупље	4,23	100	2018	ЈП „Хамеум“
Природни простор око непокретног културног добра					
ППНКД око црв. св. Богородице	Куршумлија	14,0878	100	1987	општина Куршумлија
ППНКД око ман. св. Николе	Куршумлија	13,4489	100	1987	општина Куршумлија
Споменик природе ботаничког карактера					
СП Церови код Ђушиног гроба	Блаце	0,1152	100	2021	ЈП „СрбијаШуме“
Јованов храст запис	Прокупље	0,0336	100	2003	Град Прокупље
Здравињски цер запис	Прокупље	0,0504	100	2003	Град Прокупље
Стабло ораха	Прокупље	0,0609	100	2003	ЈП „СрбијаШуме“
Храст Цара Лазара	Куршумлија	0,1666	100	2003	општина Куршумлија
Димков храст запис	Прокупље	0,0336	100	2014	Град Прокупље
локалитети Прелиминарног Инвентара Геонаслеђа Србије					
Ђавоља Варош	Куршумлија	67	100	1995	а.д. „Планинка“ Куршумлија
Пиратерија Блаташнице	Блаце	-	100	-	-
Хисар и Губа- епигеније Топлице	Прокупље	-	100	-	-
Тресава Блацко језеро	Блаце	-	100	-	-
Заштићено узгајалиште крупне дивљачи и ловиште					
Велики Јастребац	Прокупље, Блаце	11.650	око 40	1995	ЈП „СрбијаШуме“
Мали Јастребац	Прокупље	2.990	око 35	1995	ЈП „СрбијаШуме“
Соколовица	Куршумлија, Прокупље	15.745,66	100	1995	ЈП „СрбијаШуме“
Шумата	Куршумлија	21.088	100	1995	ЈП „СрбијаШуме“
Косаница*	Куршумлија	66.944,82	100	1995	ЛУ „Соко“- Куршумлија
Драгомиравац*	Блаце	26.297,64	100	1995	ЛУ „Блаце“
Арбанашка*	Прокупље	21.391,26	100	1995	ЛУ „Житорађа“
Топлица*	Прокупље, Житорађа	61.474	100	-	ЛУ „Прокупље“

* - ловишта отвореног типа

ПРИЛОГ 14.

Карта заштићених подручја Топличког округа



Орнитофауна броји 102 врсте, од којих су 70 гнездачица. Међу значајним врстама птица издвајају се сури орао (*Aquila chrysaetos*), једна од највећих грабљивица у Србији, и воденкос (*Cinclus cinclus*), чије је станиште на току Косанице. Простор парка природе насељава око 45 врста сисара. Осим већ поменуте македонске волухарице, значајне су и врсте крупних сисара, као што су европски јелен, срна и дивља свиња. Реке и потоке на подручју ПП „Радан“ насељавају аутохтоне врсте ихтиофауне: поточна пастрмка (*Salmo trutta*) двопругаста уклија (*Alburnoides bipunctatus*), поточна мрена (*Barbus balcanicus*) и кркуша (*Gobio gobio*), које су присутне и у Брестовачком језеру. Значајне су и бројне врсте инсеката, гмизаваца и водоземаца.

Парк природе „Радан“ представља подручје од посебног значаја за очување природе (ASCI), део је Емералд мреже, као и ИВА, ИРА и РВА мрежа, што указује на изузетну еколошку вредност овог подручја.

Туризам, пољопривреда и шумарство представљају доминантне привредне активности. Ово је изразито депопулисан простор са недовољно развијеном путном мрежом, што је позитивно утицало на очуваност екосистема и еколошки статус подручја, али и на низак ниво привредне активности. Последњих десетак година значајна су улагања у туристичку и саобраћајну инфраструктуру, пре свега у области рекреативног и ловног туризма. Вредност парка додатно повећавају бројни геолокалитети, међу којима се посебно издвајају Ђавоља варош и Пролом бања.

Парк природе „Велики Јастребац“ проглашен је 2024. године (Народна скупштина, 2024-3, члан 1), на већем делу простора Великог и Малог Јастрепа. Заштићено је подручје од међународног и националног, односно изузетног значаја, са утврђеним режимима заштите I, II и III степена.

Укупна површина парка износи 39.175,76 ha и подељена је између територија Расинског, Топличког и Нишавског округа. Од тога Топличком округу припада 15.496,96 ha, односно 39,56% заштићене површине. Територија Града Прокупља обухвата 7.016,37 ha (17,91%), док општина Блаце обухвата 8.480,59 ha (21,65%). Највишим степеном заштите обухваћена су два локалитета, од којих локалитет „Ђулица–Поглед“ већим делом припада територији Топличког округа (око 55,1%).

Заштићено подручје испресецано је великим бројем водотокова, на којима је формирано и неколико мањих акумулација, од којих Бресничко, Растовничко и језеро Попова припадају Топличком округу.

У заштићеном простору евидентирано је 10 строго заштићених и 57 заштићених биљних врста, 10 строго заштићених и 18 заштићених врста гљива, 84 строго заштићених и 14 заштићених врста птица, једна строго заштићена и пет заштићених врста ихтиофауне, једна строго заштићена врста рака, девет строго заштићених и једна заштићена врста водоземаца, шест строго заштићених и две заштићене врсте гмизаваца, као и 28 строго заштићених и пет заштићених врста ентомофауне (Народна скупштина, 2024-3, члан 2).

Јастребац се истиче као једна од најшумовитијих планина Србије и Балкана. Основа заштите овог подручја управо је велика распрострањеност мезофилних букових и ксенофилних храстових шума, са импозантним састојинама брезе и планинског јавора, као и храста и цера у нижим пределима, те смрче и јеле на највишим планинским деловима. Међу ендемичним и реликтним биљним врстама издваја се десетак врста из породице орхидеја, велики број лековитих биљних врста, као и велики ареали планинског јавора (*Acer heldreichii* Orph.) и лаворолисаног јеремичка (*Daphne laureola* L.). Међу значајним животињским врстама издвајају се орао кликташ (*Clanga pomarina*), планински детлић (*dendrocopos leucopos*), поточна пастрмка (*Salmo trutta*), и поточна мрена (*Barbus balcanicus*). Ово подручје насељава око 33 врста сисара.

На делу заштићеног подручја који не припада Топличком округу, на локалитету Прокоп, установљено је Емералд подручје са режимом заштите првог степена. Локалитети који се делимично налазе на територији Топличког округа повезани су кроз мрежу Natura 2000 и Националну еколошку мрежу. Локалитети Мали Јастребац и Јастребац означени су као подручја од значаја за очување станишта и врста европског значаја (pSCIs), док је локалитет Топлица издвојен као подручје за заштиту птица (pSPAs). На подручју Парка природе „Велики Јастребац“ евидентирано је 15 дрвенастих врста које се налазе на листи TBFRA 2000. Међу њима је једна ендемична и две реликтне врсте. Ово подручје има потенцијал да буде укључено у UNESCO програм „Човек и биосфера“ као резерват биосфере (Ристић, и сар., 2024, стр. 23).

Подручје планине Копаоник заштићено је још 1981. године као национални парк, површине 11.969 ha, ради очувања високопланинске флора, која обухвата око 20% флоре Србије, при чему су многе врсте уписане на међународне црвене листе. Овакав диверзитет флоре заступљен је и ван граница националног парка и праћен је диверзитом фауне – сисара, птица, риба, гмизаваца, инсеката, нарочито дневних лептира. Многе од ових врста су аутохтоне.

На основу диверзитета орнитофауне, НП „Копаоник“ је још 1997. године укључен у мрежу ИВА подручја. Фауна дневних лептира међу најбогатијим је на Балканском полуострву. Забележено је 138 врста дневних лептира, што чини 47,5% укупне балканске фауне. Значајан број ових врста обухваћен је програмом Natura 2000. Међутим, детаљна истраживања спровођена су само на ужем подручју националног парка, док остатак Копаоника и суседних планина није довољно истражен.

Крајњи западни делови Топличког округа – шира подручја масива Треске и Пилатовице, као и околних планинских подручја, заштићени су као део Емералд, Natura 2000, ИВА и РВА мреже Копаоника. Представљају станишта бројних сисара, птица и инсеката из рода *Carabus*, који се сматрају ендемитима. Ови делови Топличког округа у будућности могу бити основа за детаљнија биогеографска истраживања и успостављање додатних нивоа заштите.

Специјални резерват природе „Косаница–Ђавоља варош“ установљен је као шире заштићено подручје око централног локалитета, Споменика природе „Ђавоља варош“. Овај редак и вредан геокомплекс обухвата ретке геоморфолошке феномене – земљане пирамиде (главутке), хидрогеолошке појаве – минералне изворе, као и антропогене локалитете – остатке старих рудокопа. Заштићен је Уредбом о заштити споменика природе „Ђавоља варош“ (Народна скупштина, 1995, члан 1.). Ужа заштићена површина самог геокомплекса износи 0,67 km², односно 67 ha, и обухваћена је режимом заштите првог, другог и трећег степена у оквиру СРП „Косаница–Ђавоља варош“ (ЗЗПС, 1995). Шире заштићено подручје обухвата површину од 34,42 ha. Геокомплексом управља а.д. „Планинка“ из Куршумлије. Локалитет је обухваћен Прелиминарним инвентаром геонаслеђа Србије.

Геокомплекс Ђавоља варош представља најатрактивнији део великог Лецког магматског комплекса, у оквиру Ђавољварошке калдере некадашњег мегавулкана. Специфичност геокомплекса представља појава главутака – укупно 202 фигуре различитих облика и димензија. Заштитом су обухваћена и два хладна, екстремно кисела и високо минерализована извора који такође представљају раритет због својих ретких хидрохемијских особина. Присуство рудних лежишта на ширем подручју Радана потврђују остаци делимично истражених остатака средњовековних рудокопа.

Укупна површина СРП „Косаница – Ђавоља варош“ износи 2.241,27 ha, односно 22,41 km². У целости се налази на територији општине Куршумлија (ЗЗПС, 1995). Другим степеном заштите извојена су два локалитета: „Вучје јазбине–Соколов вис“ који захвата шире подручје

двогубог врха – палеовулканске купе Соколов вис, и „Иван кула“ који обухвата масив палеовулканске купе са остацима делимично истраженог средњовековног утврђења на њеном врху.

СРП „Косаница–Ђавоља варош“ налази се на Прелиминарној листи за упис на UNESCO Листу светске природне баштине још од 2002. године, а 2009. године номинована за упис на исту листу.

Споменик природе „Пребреза“ обухвата палеонтолошки локалитет површине око 0,86 ha (ЗЗПС, 2008). Откривен је 1958. године и представља најпознатији и најдетаљније истражен локалитет у јужној подгорини Јастрепца. Његова научна и еколошка вредност препозната је 2009. године, када је заштићен као природно добро од изузетног значаја треће категорије (Народна скупштина, 2009, члан 3). Каснијим актима површина заштите проширена је на око 0,92 ha. Целокупно подручје данас се налази под режимом заштите другог степена.

Локалитет се налази на југозападним обронцима Великог Јастрепца, у долини Глувог потока, у катастарској општини Пребреза, око 3 km северозападно од Блаца. Просторно се налази на граници Парка природе „Велики Јастребац“, али није обухваћен његовом зоном заштите. Њиме управља јавно комунално предузеће из Блаца. Простире се правцем север-северозапад и захвата обе обале Глувог потока. Дужина локалитета износи око 300 m низводно од извора Студенац, док шири заштићени простор обухвата профиле у дужини од око 415 m и приобално земљиште ширине од 5 до 20 m (Маринчић, 2025, стр. 21–22).

У слојевима средњег миоцена, старим између 16 и 10 милиона година, пронађени су бројни фосилни остаци сисара. Због разноврсности и очуваности фосила, ово налазиште сматра се једним од најзначајнијих у региону. Његова вредност огледа се и у могућности праћења миграција животиња са простора Европе, Африке и Азије. У време алпске орогенезе ово подручје представљало је копно, што је омогућило интензивне миграције и појаву нових врста. Међу налазима су и врсте које се први пут јављају у Европи, као што су претеча газеле (*Hipsodontus serbicum Pavlović*) и миоценска хијена (*Precocuta miocenica Pavlović & Thenius*) (Маринчић, 2025, стр. 29–33).

Због мале површине, овај локалитет није уврштен у категорије највишег нивоа међународне заштите. Ипак, уз спровођење адекватних мера заштите, постоји могућност његовог укључивање у међународне програме очувања геонаслеђа, нарочито ProGEO. Посебно се истиче потенцијал за укључивање у европске иницијативе за заштиту геолошког наслеђа.

Заштићено станиште „Бресничичка слатина“ налази се око 13 km западно од Прокупља. Због свог значаја и угрожености, ово подручје је 2018. године стављено под заштиту. Успостављени су режими заштите другог и трећег степена. Заштићено подручје има површину од 4,23 ha, од чега се 1,03 ha налази у режиму заштите другог степена. На овом простору забележен је висок диверзитет биљних и животињских врста. Евидентирано је 70 таксона виших биљака из 25 фамилија и 54 рода. Присутно је и шест врста водоземаца, седам врста гмизаваца и 32 врсте птица. Међу бројним халофитним врстама издвајају се балкански ендемити. То су далматински лук (*Allium guttatum ssp dalmatinum*) и слатински цвет (*Limonietum gmelini*) (Слика 18). Обе врсте су ретке и угрожене. Далматински лук уписан је у Црвену књигу флоре Србије (Скупштина Општине Прокупље, 2018, став 2, члан 1–14).

Бресничичка слатина представља типичан пример централнобалканских слатина. Због својих карактеристика сврстана је у ретка и осетљива станишта. Издвојена је као Емералд подручје и потенцијално станиште мреже Natura 2000 (Zlatković, 2021, стр. 217). У близини се налази и слатинско подручје Сува чесма. Овај локалитет је делимично истражен и дуго је био

изложен деградацији услед екстензивне пољопривреде. Поступак заштите покренут је 2010. године (Општина Прокупље, 2010а, стр. 36).

Статус заштите у Топличком округу обухвата и природне просторе око непокретних културних добара (ППНКД) у Куршумлији. То су манастир Светог Николе и црква Свете Богородице. Оба локалитета заштићена су као споменици културе од изузетног значаја (Народна скупштина, 2013, члан 4.5, став, 4.5.2) са заштићеним природним простором који их окружују.

ППНКД око манастира Светог Николе налази се на платоу код ушћа Бањске реке у Топлицу. Представља најстарију задужбину Стефана Немање. Изграђен је крајем XII века. Фреске су данас очуване само делимично. Манастир је дуго био запуштен, а обновљен је почетком XX века. Простор око манастира обухвата површину од око 13,45 ha. Подељен је на три зоне заштите (ЗЗПС, 2026).



Слика 18. Ендемичне халофитне врсте Бресничичке слатине: лево – слатински цвет; десно – далматински лук (преуређено на основу Ступарушић, 2020).

ППНКД око цркве Свете Богородице захвата шири простор око ушћа Косанице у Топлицу. Заштићени простор обухвата остатке храма и касноантичке базилике. Ове целине су просторно раздвојене, али су обједињени заједничким режимом заштите. И ово подручје има зоне заштите различитог степена.

На територији Топличког округа заштићено је више споменика природе ботаничког карактера. Најзначајнији је локалитет „Церови код Ђушиног гроба“, који обухвата простор око три стара стабла цера. Она се истичу својим димензијама и развијеним крошњама. Представљају остатак некадашњих шумских заједница. Поред овог локалитета, заштићено је и више појединачних стабала. Међу њима су Јованов храст, Здравински цер, стабло ораха у Великој Плани и Храст цара Лазара. Ови објекти имају значајну природну и културну вредност.

ПРЕЛИМИНАРНИМ ИНВЕНТАРОМ ГЕОНАСЛЕЂА СРБИЈЕ заштићено је више локалитета на подручју Топличког округа. Међу њима је и је Ђавоља варош заштићена као споменик природе. Инвентар обухвата и више геолошких и геоморфолошких појава на релативно малом простору – Блачко језеро и пиратерију у долини реке Блаташнице, као и две појаве епигеније на реци Топлици у близини Прокупља. Ови локалитети још увек немају формални статус заштите.

Посебан облик заштите представљају узгајалишта високе дивљачи и заштићена ловишта. Она могу бити отвореног или затвореног типа. Заштићеним ловиштима А типа управља ЈП „Србијашуме“, док се о јавним ловиштима Б типа старају локална ловачка удружења.

Ловиште „Велики Јастребац“ је ловиште А типа, основано 1995. године. Простире се на више од 29.000 ха. Већи део се налази на подручју ПП „Велики Јастребац“, а део ловишта налази се и у Топличком округу. Карактеришу га планински рељеф и присуство крупне дивљачи.

Ловиште „Мали Јастребац“, А типа, такође је основано 1995. године. Простире се на око 8.700 ха. Највећи део површине покривен је шумама. Присутне су срне, дивље свиње и зечеви.

Ловиште „Соколовица“ налази се на подручју истоимене планине. Ово ловиште А типа обухвата више од 15.000 ха. Већи део површине налази се у заштићеној зони Парка природе Радан. На овом простору формирано је и узгајалиште европског јелена „Милошева вода“. Основано је 1997. године. Већина површине покривена је шумом.

Ловиште „Шумата“ налази се у подгорини Копаоника. Установљено је 1994. године. Карактерише га планински рељеф и мања бројност дивљачи. Лов је делимично ограничен због специфичног положаја.

Поред ових, постоји више ловишта Б типа. То су Косаница, Драгомировац, Арбанашка и Топлица. Она имају различите природне карактеристике и различите врсте дивљачи. На подручју округа постоје и заштићена риболовна подручја. Она се налазе у оквиру Паркова природе „Радан“ и „Велики Јастребац“. У њима је дозвољен рекреативни риболов, осим у зонама са највишим степеном заштите.

7. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Резултати истраживања указују на изразиту хетерогеност природних карактеристика Топличког округа, која је пре свега последица комплексних тектонско-морфогенетских процеса. Топлички округ представља простор прожимања више терана, односно геотектонских јединица. Централни и источни делови округа припадају старом Родопском копну, односно терану Српско-македонске масе, која представља једну од најстаријих копнених целина Балканског полуострва. Током херцинске орогенезе ова маса је разломљена, што је довело до формирања грамадних планина на северу и југу округа, као и интермонтаних депресија – Топличке и Косаничке котлине. Ободи котлина одликују се стрмим падинама и израженим хипсометријским разликама између планинских врхова и котлинског дна.

Централни делови котлина накнадно су испуњени неогеним и квартарним слатководним седиментима. Геоморфолошке јединице, формиране интензивним тектонским покретима, додатно су модификоване деловањем плувијалне ерозије, која и данас има значајну улогу у обликовању рељефа. На крајњим северним деловима у подручју Великог Јастрепца и његовим јужним деловима у подручју Лецког магматског комплекса, Родопско копно интродуковано је гранитоидима и вулканитима, што указује на присуство остатака некадашње вулканске и сеизмичке активности.

Западни део округа припада Копаоничком блоку, који је део Источне вардарске подзоне, и представља прелазну геотектонску област између Динарида на западу и Српско-македонске масе на истоку. Посебан значај има офиолитски појас, који се пружа правцем север–југ, са највећом ширином у близини Куршумлије.

Геотектонска сложеност условила је и хетерогеност геолошке и педолошке грађе. Основу Српско-македонске масе чине кристаласти шкриљци и метаморфне стене (гнајсеви), уз појаве гвоздене руде, као и значајне концентрације мермера и пегматита у јужним деловима, односно мермера и микашиста у северним деловима округа. На западу и југозападу преовлађују седиментно-вулканогене творевине, често захваћене метаморфизмом.

Као последица постојања некадашњег океана Тетиса, присутни су седименти јурске старости (дијабази, долерити, спилити, серпентинити), као и кредни седименти (флиш, лапоровити кречњаци и кречњачке брече). У централним деловима округа седименти су повезани са неогеном језерском фазом и представљени су конгломератима, пешчарима и лапорцима континенталних и језерских фација.

У складу са геолошком структуром формирана је и педолошка структура, у којој доминирају смонице (посмеђене и некарбонатне), местимично измешане са черноземом. На подручјима на којима је дошло до крчења шума, посебно на Копаонику и Радану, у већој мери су присутне гајњаче, најчешће лесивиране и еродиране.

Климатске карактеристике дефинисане су општим климатским условима Балканског полуострва и специфичностима рељефа. Клима се може окарактерисати као умерено-континентална, са израженим утицајем аридности, због чега се Топлички округ може сврстати у субаридна подручја. Просторна варијабилност климатских елемената огледа се у смањењу средњих годишњих температура ваздуха од истока ка западу, уз истовремено повећање количине падавина, што је у непосредној вези са орографским условима. Вредности Ланговог кишног фактора и де Мартоновог индекса аридности показују да су западни делови округа хумидни, а највиша планинска подручја и екстремно хумидна, док су источни делови означени као семиаридни.

Хидрографска мрежа је разграната и обухвата три основна слива. Слив реке Топлице, са Косаницом, заузима највећи део територије округа. Горњи ток карактеришу уске речне

долине и велики падови, што условљава формирање клисура, док је доњи ток равничарског типа, са израженим меандрирањем и мањим бројем притока. Специфична морфолошка појава је епигенија код Хисара. Слив реке Блаташнице, који припада ширем сливу Расине, одликује се појавама речне пиратерије, адаптационих лаката и напуштених меандара, који су данас очувани у облику тресава. Део округа припада и сливу Пусте реке, чији је горњи ток бујичног карактера, са акумулацијом Брестовац, која има регулациону функцију. Овај простор је уједно и део Парка природе „Радан“.

Топлички округ представља подручје преклапања више хидротермалних зона, са бројним термалним и минералним изворима који припадају Копаоничком, Јастребачком и Лецком хидротермалном систему.

Специфични природни услови допринели су високом степену биогеографске разноврсности. Еколошко-вегетацијском рејонизацијом могуће је издвојити више подручја са специфичним биогеографским карактеристикама. Богатство флоре и фауне, као и очуваност шумских екосистема, огледају се у чињеници да је 24,01% територије под неким видом заштите, са потенцијалом за његово даље проширење. Значајан фактор очувања биодиверзитета представља и депопулација становништва, која је довела до смањења антропогеног притиска и делимичне регенерације природних екосистема.

Комплексност и хетерогеност подручја истраживања омогућиле су идентификацију бројних, структурно различитих појава, облика и процеса, који се према својим специфичностима издвајају од околине. Издвојени су бројни геолошки, педолошки, палеонтолошки, геоморфолошки, хидрогеолошки и биогеографски локалитети, који се могу дефинисати као елементи геонаслеђа. Они представљају основне вредности на основу којих је могуће вредновати геоеколошки потенцијал Топличког округа. Вредност неких од њих већ је препозната и они су дефинисани као објекти геонаслеђа. Неки су правним актима заштићени, било као појединачни локалитети, природни простори или делови ширих заштићених подручја. Међутим, већи део дефинисаних локалитета су мање познати научној и стручној јавности, а многи су и потпуно непознати. Сходно томе, већина нема никакав статус заштите. Поједини локалитети су и научно валоризовани, применом неке од статистичких, геоеколошких или ГИС метода и техника.

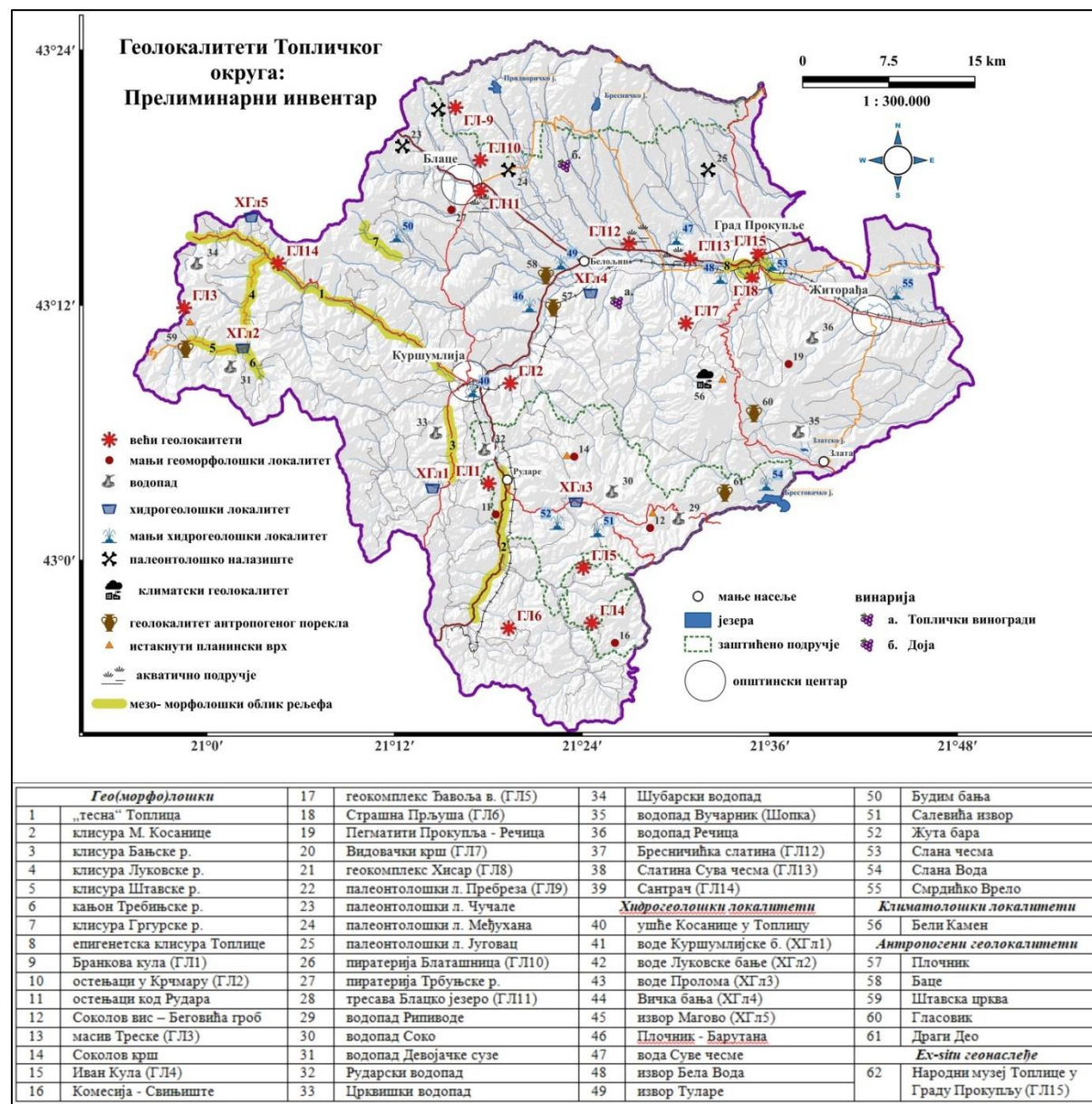
Након разврставања и описа њихових карактеристика, они могу бити предложени за инвентаризацију, односно као допуна Прелиминарном инвентару геонаслеђа Србије и као геотуристичка основа развоја Топличког округа. Често се истиче да је овај вид туризма скромно развијен на територији целе Србије. Његова основна функција јесте промовисање природних и друштвених вредности геонаслеђа, њихова заштита и одрживо коришћење, што се поклапа са циљевима и задацима ове докторске дисертације.

7.1 Инвентаризација објеката геонаслеђа Топличког округа

Кроз поступак инвентаризације дефинисан је велики број потенцијалних локалитета који би се, према својим карактеристикама, могли сврстати у локалитете геонаслеђа. Акценат дисертације заснива се на издвајању, дефинисању и анализи елемената геодиверзитета, на основу којих ће бити могуће проценити геоеколошки потенцијал Топличког округа. Ови специфични облици представљају основу геотуристичког развоја, па се након њиховог дефинисања, могу предложити за упис у Прелиминарни инвентар геонаслеђа Србије, као и за дефинисање начина њиховог коришћења.

У оквиру два палеовулканска подручја, у рељефу Лецког магматског комплекса и топличке подгорине Копаоника, издвојен је значајан број морфолошки сличних геолокалитета, које чине стенски масиви и јасно дефинисане еруптивне главице (Кркина

ПРИЛОГ 15.



чука, Угљарски крш, Голак, Мачја стена, Матаровачки вис, Иван кула, Комесија, Трпежанска главица, Велики чукар, Бранково кале, Лубнички вис, Дешишки вис, Краварска глава, Соколовица, Марков вис и други). Њихова вредност превасходно се огледа у доприносу естетским карактеристикама палеовулканских пејзажа у ширем простору. На нивоу појединачних локалитета издваја се релативно мањи број оних са израженијим научним и туристичким значајем.

Специфичности геопростора условиле су и присуство бројних хидрографских појава чији називи садрже атрибуте „жути“, „црвени“ или „слани“, што указује на специфичне, често недовољно истражене, минералашке карактеристике вода. Ови локалитети су, након извршене класификације, изузети из даље анализе.

Применом наведених теоријско-методолошких поступака формиран је прелиминарни скуп геолокалитета. База података обухвата укупно 62 геолокалитета (**Прилог 15**), за које су дефинисане географске координате, степен заштите и основне карактеристике. Селекција је извршена на основу аутентичности и специфичних морфолошких, генетских и геоеколошких одлика, те као такви, уз додатна стручна и научна истраживања, могу бити предложени за допуну Прелиминарног инвентара геонаслеђа Србије. На терену су, за потребе евидентирања и позиционирања локалитета, коришћени беспилотна летилица „DJI Mini 2“, ГПС уређај, као и мобилне апликације.

За потребе дисертације, на основу дефинисане прелиминарне листе, спроведена је и додатна класификација. Списак потенцијалних геолокалитета показао се, за потребе детаљнијег описа и анализе у дисертацији, као преобиман. Део пронађених геолокалитета показао се као мање значајан, тешко доступан или недоступан, као и малих димензија, па су такви локалитети елиминисани за потребе нумеричких и геостатистичких модела.

Број геолокалитета је смањен, груписањем према локацији и сличности генезе, при чему су вредновани заједно.

Део геолокалитета биће разматран и у секундарном контексту, као елементи постојеће или потенцијалне геотуристичке понуде, у оквиру просторно блиских и доминантнијих геолокалитета. Тиме је омогућен прелазак на наредну фазу истраживања, која подразумева синтезу геолокалитета.

У оквиру овог поступка геолокалитети су најпре просторно дефинисани, након чега су они који се налазе у непосредној близини груписани и интерпретирани као јединствене функционалне целине. Притом, издвојени су само локалитети чије се карактеристике могу сматрати репрезентативним, односно они који поседују значајан потенцијал за даље коришћење.

На крају, због комплексности поступка анкетања, одабрано је 20 геолокалитета за потребе вредновања. За сваки локалитет сачињен је детаљнији извештај о његовим карактеристикама. Снимљене су и фотографије сваког посећеног локалитета. Тако дефинисани геолокалитети класификовани су у две основне групе (**Табела 35**).

Прву групу чине локалитети који су у основи геолошко-геоморфолошки, али су у тесној вези са сродним географским дисциплинама, пре свега педологијом и палеонтологијом, при чему се њихове карактеристике делимично преклапају и са хидрографским и биоегеографским обележјима. За анализу ове групе примењује се одговарајућа методологија намењена геолошко-геоморфолошким локалитетима.

Другу групу чине локалитети са доминантно израженим хидрогеолошким карактеристикама, за које се примењује специфична методологија прилагођена њиховим функционалним и генетским особинама.

Табела 35. Одабрани геолокалитети Топличког округа.

геолошко-геоморфолошки локалитети			
ГЛ1	Бранкова кула	ГЛ9	палеонтолошки локалитет Пребреза
ГЛ2	остењаци у селу Крчмаре	ГЛ10	пиратерија Блаташнице
ГЛ3	кречњачки масив Треске	ГЛ11	Блачко језеро
ГЛ4	Иван кула	ГЛ12	Бресничихка слатина
ГЛ5	геокомплекс Ђавоља варош	ГЛ13	Сува чесма
ГЛ6	Страшна прљуша	ГЛ14	Сантрач
ГЛ7	Видовачки крш	ГЛ15	ex situ геонаслеђе – Народни музеј Топлице
ГЛ8	геокомплекс Хисар		
хидрогеолошки локалитети			
ХГл1	Куршумлијска бања	ХГл4	Вичка бања
ХГл2	Луковска бања	ХГл5	Магово
ХГл3	Пролом бања		

7.2 Геолошко-геоморфолошки локалитети геонаслеђа

Бранкова кула (ГЛ1)

Геолокалитет је делимично истражен и налази се у северозападном делу Лецког магматског комплекса. Обухвата изразите изданке стубасто лучених хорнблендно-пироксенских андезита, који формирају компактну зидну структуру на палеовулканској главици Бранкова кула, на 811 m н.в. Сам „зид“ представља издужени појас, приближно оријентисан правцем североисток–југозапад, развијен на северозападним падинама палеовулканске главице, на надморској висини од око 727 m, у атару села Рударе. Локалитет је удаљен приближно 3,5 km западно од насеља, односно око 12 km јужно од Куршумлије, и налази се у оквиру заштићеног подручја Парка природе „Радан“.



Слика 19. Бранкова кула (Ivanović et al., 2023, p. 5).

Приступ геолокалитету је знатно отежан. До села Рударе долази се државним путем I-б реда Е-80, након чега се наставља локалним земљаним путем лошег квалитета, од села Рударе у правцу села Превој и даље ка Куршумлијској Бањи. На другом километру овог пута одваја се шумска стаза која води ка врху Бранкове куле. Дужина пешачке стазе износи приближно 1,2 km. На терену су евидентирани радови на адаптацији наведеног локалног пута, што ће значајно олакшати приступ геолокалитету.

Због неприступачности терена и густе шумске вегетације, геолокалитет је доступан искључиво пешачењем. Кретање подразумева пролазак кроз густо растиње, што без адекватне оријентације и стручног вођења може представљати ризик за индивидуалне посетиоце. До недавно локалитет није био адекватно обележен туристичком сигнализацијом, што је додатно ограничавало његову посећеност. У новијем периоду уочени су одређени помаци у том погледу.

С обзиром на наведена ограничења, посета геолокалитету препоручује се искључиво уз ангажовање стручног водича, док је интерпретативна инфраструктура тренутно сведена на ограничен број информативних елемената, углавном у зони насеља Рударе.

На ОГК 1:100.000 – лист Куршумлија, Malešević i sar. (1974, str. 15–16), дефинисали су магматску секвенцу ширег подручја као вишеструке међуслојеве лавичних токова и пирокластичног материјала и издвојили два различита петрографска типа лавичних фација: амфиболски и амфиболско-пироксенски андезит (**Слика 19**).

Kostić et al. (2017, p. 55) у својим вулканолошким истраживањима потврђују присуство ових петрографских варијетета, али на другачији начин интерпретирају односе присутних вулканских фација. Амфиболски андезити (αh), изливени током првог вулканског догађаја у оквиру Лецког магматског комплекса, као кохерентне и аутокластичне лавичне фације, које су убрзо након ерупције претрпеле прераду и поновно таложење, што се може видети на бројним наслагама кршевитог материјала и, у мањој мери, лавинских наслага на широком потезу од Бранкове куле до села Рударе (**Слика 20**). Ове вулканокластичне фације прекривене су продуктима другог догађаја, представљеним хорнблендно-пироксенским андезитом (αhpy). Ове стене су се изливале као кохерентне или аутобречиране лаве, а ређе као поново таложене вулканокластичне насlage. Плитка интрузија ових лава, слична дајку, која показује импресивно стубасто лучење, откривена на Бранковој кули, очигледно пресеца вулканску серију хорнблендских андезита насталих током првог догађаја. Хорнблендно-пироксенски андезити, датирани методом U–Pb на цирконима, указују на старост од 32,67 Ma (Kostić et al., 2017, p. 55).

Зид на Бранковој кули представља сегмент знатно шире геолошке формације која се пружа у виду појаса приближно оријентисаног правцем запад–исток. Ова формација се простире од Бранкове куле, преко подручја Рударе, до околине Пролом Бање, где су такође уочене плочасто лучене формације хорнблендно-пироксенских андезита.

Стубасто лучени хорнблендно-пироксенски андезитни зид на Бранковој кули обухвата формацију дужине око 100 m. Висина зида варира од приближно 1 m до више од 10 m. Структура је изграђена углавном од петоугаоних стубова, просечног пречника око 30 cm. Генетски посматрано, ова формација представља плитку магматску интрузију налик дајку, при чему су стубови међусобно раздвојени системом пукотина и прелома насталих услед скупљања магме током процеса хлађења.

Према локалном предању, на простору Бранкове куле налазе се остаци средњовековног утврђења којим је управљао Бранко Младеновић, отац Вука Бранковића, по коме је локалитет и добио назив. Постојање археолошких остатака делимично је потврђено досадашњим истраживањима, али без јасно дефинисаних резултата. Ипак, поједини аутори указују на то да природна формација андезитног зида може представљати основу некадашњег утврђења.



Слика 20. Исецак геореференциране геолошке карте ширег подручја са локацијом Бранкове куле (прилагођено на основу OGK SFRJ, Kuršumlja, 1:100.000).

Постоје и индиције да је овај зид у прошлости био знатно дужи. Наиме, археолошка истраживања показала су да је специфичан андезитни материјал, веома сличних структурних карактеристика, регистрован на археолошким локалитетима дуж долине Топлице, што упућује на могућност његове историјске експлоатације. Детаљнија геолошка и археолошка истраживања могла би пружити прецизније одговоре о пореклу, распрострањености и културно-историјском значају овог локалитета.

Остењаџи у селу Крчмаре (ГЛ2)

Овај геолокалитет налази се око 2 km југоисточно од центра Куршумлије. Село Крчмаре представља део ширег урбаног подручја Куршумлије. Смештено је на ободу Куршумлијске котлине, око 500 m од ушћа Косанице у Топлицу. Од државног пута I-б реда Е-80, геолокалитет је удаљен око 300 m, али се до њега стиже неуређеним земљаним путем.

Флиш је густа морска секвенца турбидита и гравитационих масених токова, уклопљена у навучене и набране појасеве растућег орогеног појаса (Einsele, 2000, p. 210). Да би неки сегмент био препознат као флиш, насlage морају поседовати одговарајуће литолошке и седиментационе карактеристике. Реч је првенствено о постепеном таложењу суспендованог материјала, од дубоководних турбидита ка плитководним шкриљцима, глинама, муљевима и пешчарима. Флиш је врло хетерогена геолошка творевина коју могу чинити разноврсни материјали: различите врсте пешчара, брече, конгломерати, различите врсте кречњака, а понегде и туфови и пирокластички. У основи флишке секвенце најчешће се срећу крупнозрнасти седименти, брече и конгломерати.

У овим формацијама нису развијене дијаклазе, али су присутне прслине, дијастоме и брахиклазе, дуж којих се одвија селективно распадање глиновитих и других мање отпорних литолошких партија. У случајевима када су ове дисконтинуалне структуре нагнуте супротно од топографске површине, процес распадања је интензивнији дуж дијастома, што условљава формирање поткапина, надстрешница и стреха. Диференцијална ерозија флишних

седимената, посебно у слојевима који одступају од главних топографских површина, доводи до формирања специфичних рељефних облика. У условима када се процес распадања одвија са више страна у убраном флишу, настају морфолошки облици као што су стубови, купе, столови, печурке, „пластови сена“, камаре, изоловани природни мостови и каменита мора (Мартиновић & Голубовић, 2004, стр. 130–131).

Изразити примери оваквог рељефа, насталог селективним распадањем горњокредних флишних бреча и конгломерата у оквиру такозваног топличког флиша, уочени су у селу Крчмаре код Куршумлије (Malešević i sar., 1974, str. 25–26). Ови облици су у локалној традицији познати као „Марини окамењени стогови“.



Слика 21. Остењаци код села Крчмаре: а) Шиљак; б) Чуचाвац; в) Камал (Ivanović et al., 2023, p. 5).

Најупечатљивији међу њима су Шиљак, познат и као Оштри камен или Шиљати камен (**Слика 21-а**), Чуचाвац (**Слика 21-б**) и Камал (**Слика 21-в**), док је присутан и већи број мањих стена које својим обликом подсећају на главе, пречника до 1,5 m. Шиљак, који се у народу назива и „отава Краљевића Марка“, изграђен је у добро цементираним конгломератима и достиже висину од око 6 m, укључујући и основу (Мартиновић & Голубовић, 2004, стр. 130–131; Ivanović et al., 2023, p. 5). Чуचाвац, познат и као Кломпа, представља стену димензија приближно 1,5 × 2 m, чији облик подсећа на турбан или холандску кломпу постављену на постоље, укупне висине око 3,5 m. Трећа изразита рељефна форма, Камал, морфолошки подсећа на фосилизовану праисторијску животињу висине око 2 m.

Положај остењака чини овај геолокалитет туристички веома атрактивним. Ипак, геолокалитет није туристички обележен. За њега знају локални мештани и поједини истраживачи из области географских наука. Потребно је веће ангажовање општинских туристичких служби у обележавању локалитета информативним таблама и путоказима. Узимајући у обзир његову добру саобраћајну доступност, геолокалитет може бити приступачан и без ангажовања водичке службе.

Кречњачки масив Треске (ГЛЗ)

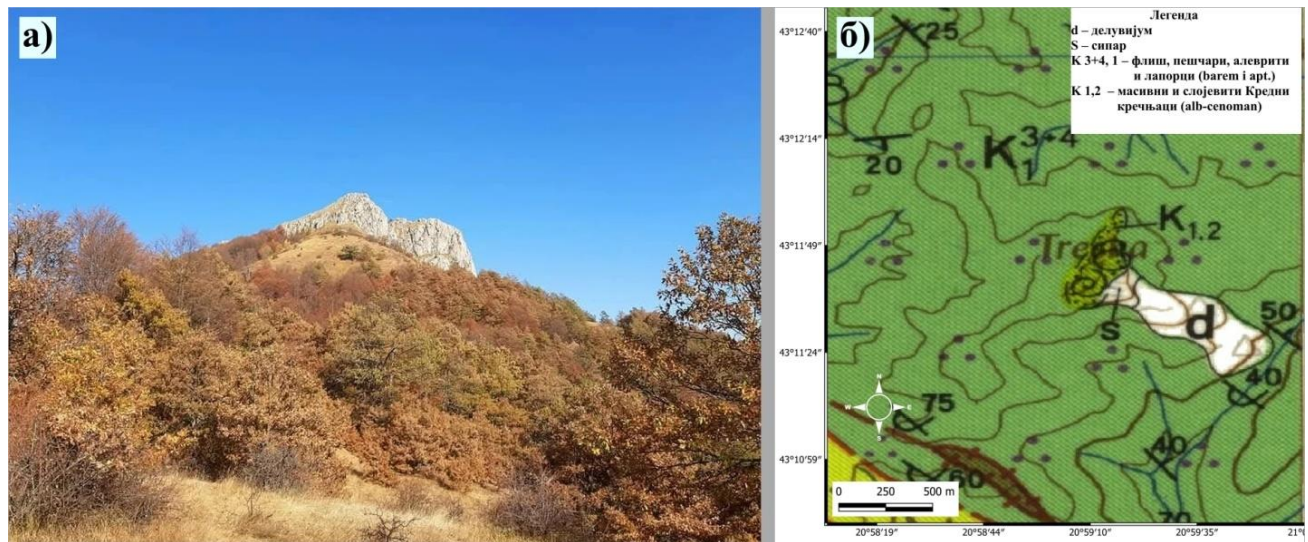
Треска представља кречњачку формацију приближно оријентисану правцем север–југ, на једном од доминантних врхова источног дела Копаоника, на 1439 m н.в. (**Слика 22-а**). Налази се на крајњој западној граници Топличког округа. Административно припада општини Куршумлија, од које је удаљена око 50 km. Због изражених морфолошких карактеристика и доминантног положаја, Треска представља значајан циљ планинарских

активности и има висок геотуристички потенцијал. Ипак, локалитет није адекватно опремљен туристичком сигнализацијом и информативним садржајима, нити је у потпуности интегрисан у званичну туристичку понуду општине Куршумлија.

Пристап локалитету остварује се преко Луковске Бање, која се налази око 20 km југоисточно. Ова бања представља полазну базу за планинарске маршруте које воде долином Штавске реке, између села Сеоце и Штава. Од ушћа Трешњичког потока у Штавску реку, на око 800 m н.в., започиње успон преко села Трешњица ка вршном делу масива.

Треска се својим морфолошким карактеристикама јасно издваја од околних планинских врхова Копаоника. Одликује је тешко проходан терен, при чему је пристап могућ углавном са западне стране. Успон од села Штава износи приближно 7 km. Простор је окружен очуваним природним екосистемима, а са вршних делова пружају се видици ка гробу Копаоника, подручју Топлице, Косовској котлини и подручју Малог Косова.

Геолошке карактеристике дефинисане су на основу Основне геолошке карте размера 1:100.000, лист Нови Пазар (Урошевић и сар., 1973, стр. 26–27). Треска представља тектонизовани масив кредних кречњака, морфолошки изражен у облику двозупца са седлом између његових врхова. Основу масива чине кредне творевине, претежно флишног састава, као и пешчари, алевролити и лапорци (K_1^{3+4}), који припадају баремско-аптском интервалу (Слика 22-б). Старост ових наслага утврђена је корелацијом са сродним серијама на суседним геолошким листовима, као и на основу ретких налаза фауне у флишу Радуњске реке, који се налазе у стратиграфски нижем положају у односу на кречњаке Треске, а који су на основу микрофауне одређени као албско–ценомански.



Слика 22. а) поглед на Треску из подножја (извор: аутор); б) исечак геореференциране геолошке карте ужег подручја Треске (прилагођено на основу ОГК СФРЈ, Нови Пазар, 1:100.000)

Преко флишних седимената баремско-аптске старости, на ширем подручју Блажева, нормално леже кречњаци Треске, који су просторно ограничени. Њихова стратиграфска припадност утврђена је на основу микрофауне албско–ценоманске старости ($K_{1,2}$), међу којом су идентификоване форме *Coralinaceae*, *Textulariidae*, *Lagenidae*, *Bryozoa*, измењене орбитолите и ситни гастроподи. Слична микрофаунистичка асоцијација регистрована је и на другим локалитетима на источној страни Копаоника. Ови кречњаци су једри, масивни, светлосиви, често тектонски здробљени, а у нижим деловима прелазе у бречасте и конгломератичне варијетете. Ерозивним процесима у овим кречњачким масама формирани су бројни дисконтинуитети, укључујући дијаклазе и брахиклазе, док су на подножју стрмих

југоисточних падина развијени сипари (s). Они су изграђени од фрагмената кредних кречњака, тријаских мермера, перидотита и кварцлатита, који су углавном незаобљени и хетерогени по величини. На југозападним падинама масива развијене су делувијалне наслаге (d) у изворишном делу Трешњичког потока, изграђене од кредних кречњака, мермера, перидотита и андезита, са значајним варијацијама у величини фрагмената. Дебљина ових наслага локално достиже и до 10 m (Урошевић и сар., 1973, стр. 50).

У оквиру кречњачког масива развијена је и недовољно истражена пећина Треска, формирана ерозивним процесима. Формирала се у подножју стрмих западних литица, на јужном, теже приступачном делу масива. Приступ је могућ искључиво уз употребу алпинистичке и спелеолошке опреме. Досадашња истраживања указују на то да истражени део пећине обухвата око 0,23 km², што према процени представља приближно 40% њене укупне површине. Пећина је релативно сиромашна спелеотемима. Највећа дворана има површину од око 150 m², највиши сталагмит достиже висину од 235 cm, а сталактит 185 cm. Карактерише је стално присуство воде, при чему се мање језеро површине око 50 m² налази на дубини од око 75 m. Најдубљи до сада истражени ниво износи -91 m. Пећина обухвата 11 галерија, али је у морфолошком смислу уска и тешко проходна. У једном сочивастом телу кречњака идентификовани су конодонти *Gondolella sp.*, *Gondolella navicula* и *Lonchodina sp.*, али њихова прецизнија стратиграфска позиција у оквиру тријаса није могла бити поуздано утврђена (Ivanović et al., 2023, p. 6).

Сеизмички процеси на овом подручју су релативно чести. Најјачи се догодио 1980. године, када су се са масива Треске одваљивали огромни блокови стена који су у околној шуми направили праву пустош (Вукоичић, 2013, стр. 16). Након прелиминарних истраживања, услед ерозивних и потенцијално сеизмичких процеса, улаз у пећину је затрпан, што додатно отежава њено даље истраживање.

Шире подручје масива Треске, заједно са Пилатовицом и околним планинским пределима, обухваћено је међународним мрежама заштите, укључујући Емералд, Natura 2000, ИВА и РВА мреже Копаника. Овај простор представља станиште бројних врста сисара, птица и инсеката, укључујући и ендемичне врсте из рода *Carabus*, што указује на потребу за даљим истраживањима и могућност унапређења степена заштите.

Иван кула (ГЛ4)

Геолокалитет Иван кула представља значајан геоморфолошки објекат на коти Кула, на надморској висини од 886 m, као и делимично истражено археолошко налазиште (Слика 23). Локалитет се налази на западним падинама планине Радан, у непосредној близини села Иван Кула и Заграђе, приближно 4 km јужно од Ђавоље вароши и око 33 km јужно од Куршумлије. Палеовулканска купа припада Лецком магматском комплексу (Ivanović et al., 2023, p. 6).

Приступ локалитету остварује се локалним путем који из долине Велике Косанице, преко села Зебица, води ка овом подручју. У функционалном смислу, локалитет има секундарни значај у односу на оближњу Ђавољу варош, од које је удаљен неколико километара, при чему су интерпретативни садржаји недовољно развијени.

На десној долињској страни Велике Косанице развијена је рашчлањена зараван на надморској висини од 780 до 820 m. Из долине реке, која се налази на око 550 m н.в., терен се стрмо издиже до нивоа заравни, чиме је ова морфолошка целина јасно издвојена од долине и подручја познатог као Добро До. Зараван је ограничена раседним долинама Ракитског, Заградског и Црвеничког потока. На њеним ободима издиже се више доминантних палеовулканских главица, међу којима се истичу поменута Кула у централном делу заравни и Комесија, на надморској висини од 942 m, са паразитском купом Клаче на њеном јужном

ободу. У подножју ових узвишења налазе се насеља Иван Кула, Заграђе и Свињиште, са малим бројем становника.

Палеовулканска купа Иван кула, позната и као Кула, представља доминантан рељефни облик овог подручја. Издиже се из централног дела заравни са надморске висине од око 780 m. Са северне стране налази се село Иван Кула, док је са јужне и југозападне стране ограничена долином Заградског потока, која уједно раздваја ову купу од насеља Заграђе. Топонимија оба села указује на постојање средњовековног утврђења и града, чији су остаци делимично очувани на врху купе. Југозападно од Иван куле издиже се палеовулканска купа Комесија, одвојена долином Црвеничког потока. У односу на Иван кулу, која је мање површине, али стрмијих страна и израженијих морфолошких обележја, Комесија је виша, пространија и заравњенија, посебно у вршном делу.

Оба палеовулканска узвишења припадају ширем комплексу Ђавољварошке калдере и уклапају се у геолошку структуру овог подручја. Основу терена чине пирокластични материјали, укључујући бречу, туфни шљунак и туфове (ω), као и распаднути материјал и језерске седименте, који су у великој мери прекривени шумском вегетацијом. Преко ових наслага изливени су хорнблендни андезити (αh), са јасно дефинисаним границама изливних тела која су данас обрасла травнатом и жбунастом вегетацијом, уз присуство оголелих површина и вододерина. На појединим локалитетима јављају се и хидротермално измењени андезити и пирокластични, као и жично везани кварцити (Malešević i sar., 1974, str. 28–32), што додатно указује на сложену вулканску и поствулканску еволуцију овог простора.

Очувани археолошки остаци повезани су са средњовековним утврђењем изграђеним на врху палеовулканске купе, које се у историјским изворима помиње већ 1412. године под називом Иванов град. Утврђење је неправилне троугласте основе, димензија приближно $7 \times 9 \times 23$ m. У његовом источном делу доминира монументална кула браниља. Ова донжон-кула има правоугаону основу димензија $7,78 \times 5,80$ m, висину од око 14 m и зидове дебљине од око 1,34 m, изграђене од грубо тесаних блокова пешчара.



Слика 23. Подручје Иван Куле (Ivanović et al., 2023, p. 5).

Конструкција је изведена од притесаног камена повезаног квалитетним кречним малтером. Северно и јужно од куле уочљиви су остаци објеката чија функција до сада није

поуздано утврђена. Утврђење је подигнуто у духу српске позносредњовековне фортификационе архитектуре. Према народном предању, ово су остаци града Косанчића Ивана, који је током XIV века управљао овим подручјем. Претпоставља се да је утврђење имало стратешку функцију заштите околних рударских подручја, као и контроле важног средњовековног комуникационог правца који је водио ка Косову.

Због изражених природних вредности, шири простор око Иван куле, површине 65,47 ha, стављен је под режим заштите II степена у оквиру Специјалног геоморфолошког резервата природе „Косаница–Ђавоља варош“. Ово подручје налази се и на Прелиминарној листи за упис на Листу светске природне баштине UNESCO-а од 18. марта 2002. године (ЗЗПС, 1995). Археолошки остаци средњовековног утврђења заштићени су као споменик културе од 1956. године (Информациони систем НКД Србије, 2026).

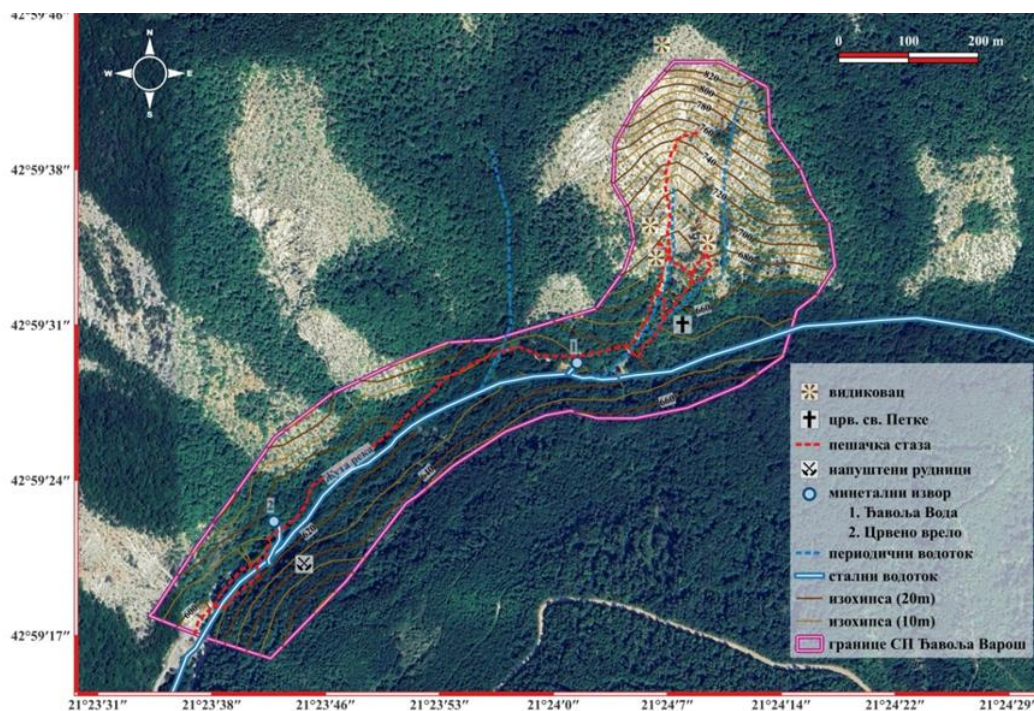
Геолокалитет је делимично оспособљен за туристичке посете, углавном индивидуалног карактера. Иако је формално укључен у туристичку понуду Туристичке организације Куршумлије, није адекватно валоризован, упркос непосредној близини једног од најпосећенијих локалитета у Србији – Ђавоље вароши. Туристичка сигнализација је недовољна и неадекватна, док стање локалне саобраћајне инфраструктуре додатно ограничава приступачност локалитета.

Геокомплекс Ђавоља варош (ГЛ15)

Један од најзначајнијих геолошко-геоморфолошких облика у Топличком округу представља Ђавоља варош. У научној литератури овај локалитет се често дефинише као геокомплекс, будући да су на релативно малом простору обједињене геоморфолошке и хидрогеолошке појаве, као и антропогене активности повезане са експлоатацијом геолошких сировина. Концентрација бројних геолокалитета условила је да овај простор 1995. године буде заштићен као споменик природе, на површини од 34,42 ha. Геокомплекс је део ширег заштићеног подручја СРП „Косаница–Ђавоља варош“, али у његовом оквиру представља издвојену целину. Цео комплекс је 2009. године предложен за упис на Прелиминарну листу UNESCO-а, као један од кандидата за природне реткости светског значаја.

Локалитет се налази на територији општине Куршумлија, у сливу Жуте реке, десне притоке Велике Косанице. Представља један од најочуванијих делова Лецког магматског комплекса (Ivanović et al., 2023, p. 6), у оквиру андезитског масива планине Радан, односно Ђак-планине. Од Куршумлије је удаљен око 30 km, док се од државног пута I-6 реда бр. 35 Ниш–Приштина налази на растојању од око 10 km. Геокомплекс је добро саобраћајно повезан асфалтираним локалним путем.

Ђавоља варош спада међу најистраживаније геолокалитете у Републици Србији. Први научни записи датирају из тридесетих година XX века, у радовима Симе Милојевића, након чега је уследио период слабијег интересовања. Значајнији научни приступ започиње радом Т. Ракићевића (1955в, стр. 137–140), након чега интересовање за овај локалитет континуирано расте. Бројна истраживања додатно су дефинисала природно-географске карактеристике геокомплекса и вулканског система којем припада (Jovanović et al., 1972, str. 165–177; Pešut, 1976, p. 1–59; Лазаревић, 2010, стр. 1–114). Посебна пажња посвећена је процесима ерозије, мерама заштите и њиховом интензитету (Ваћевић et al., 2019, p. 11). Са аспекта геотуризма, локалитет је анализиран кроз компаративне студије са сродним геолокалитетима у Сједињеним Америчким Државама (Jonić, 2018, p. 113–125), на Балканском полуострву (Vukočić et al., 2021, p. 163–176), као и у оквиру Топличког округа (Ivanović et al., 2023, p. 1–19).



Слика 24. Карта подручја СП „Ђавоља варош“ (аутор у QGIS 3.40.11. софтверу).

У новијим истраживањима примењени су геоинформатички приступи. Применом ГИС метода анализирани су процеси дисипације у пејзажу Valjarević et al. (2015, p. 148–155), док су комбиноване технике терестричког ласерског скенирања и фотограметрије коришћене за мониторинг ерозије (Ђурић и сар., 2018, стр. 780–785). Применом LiDAR технологије анализирани су морфолошке карактеристике главутака и јаруга (Tešić et al., 2024, p. 1–13).

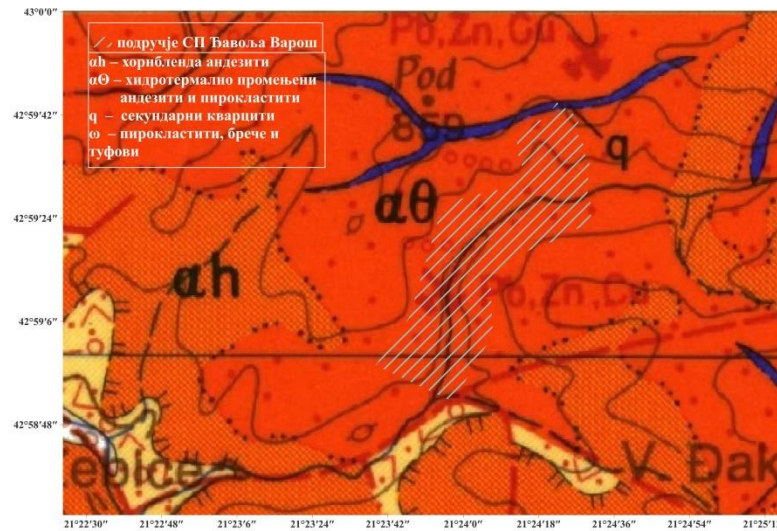
Основни елемент геокомплекса чини скуп земљаних пирамида, познатих као главутци, који су просторно концентрисани и визуелно подсећају на групу окамењених фигура. Према званичним подацима регистрована су 202 оваква облика (Планинка, 2026), док Tešić et al. (2024, p. 9) наводе укупан број од 208, укључујући и пирамиде у оквиру локалитета „Млада Ђавоља варош“.

Главутци су формиран у средишњем делу вододелничког појаса, на падинама између Ђавоље и Паклене јаруге. Простор њихове концентрације карактеришу различите димензије: на левој страни Ђавоље јаруге дужина износи око 85 m, уз ширину од 30 m, док је на десној страни Паклене јаруге дужина око 160 m, а ширина до 20 m, са укупном површином од приближно 4300 m² (Лазаревић, 2010, стр. 55). Надморска висина ширег подручја варира од око 640 m до 840 m. Ерозивним дејством повремених водотокова формирана је амфитеатрална ерозивна челенка са стрмим и делимично вертикалним странама (Слика 24).

Истраживања указују на то да се геолокалитет и даље просторно развија, при чему се на левом ободном делу Паклене јаруге формирају нове пирамиде „Младе Ђавоље вароши“ (Valjarević et al., 2015, p. 152), које се разликују по геолошким, хидролошким и морфолошким карактеристикама (Tešić et al., 2024, p. 5).

Геолошка структура подручја (Слика 25) формирана је током горњег олигоцена, када је настала и калдера Ђавоље вароши, једна од три калдере Лецког магматског комплекса (Valjarević et al., 2015, p. 150). Основу чине пирокластички, брече, туфни шљункови и туфови (ω), преко којих су интрузијама постављени хорнблендни андезити (αh), док су највиши делови изграђени од хидротермално измењених андезита и пирокласта (αθ). Јаружање је широко распрострањено као последица деловања плувијалне ерозије на растресите

пирокластичне насlage (Dimitrijević et al., 1982, str. 29–30). Иако су слични услови присутни и у другим деловима Лецког магматског комплекса, формирање главутака је релативно ретка појава, што указује на специфичну комбинацију геолошких и морфогенетских услова.



Слика 25. Исецак геореференциране геолошке карте са назначеним подручјем Ђаволје вароши (прилагођено на основу OGK SFRJ, Podujevo, 1:100.000).

Главутци Ђаволје вароши (**Слика 26-а**) настали су плувијалним ерозивним радом. Растресито земљиште еродирају падавине, које односе мекане језерске седименте. Земљане фигуре (пирамиде) састоје се од хетерогених растреситих вулканокластичних стена у које су уграђени и чврсти андезитни блокови различитих величина, који су отпорнији на дејство ерозије. На дну се налази слој лапорца дебљине око 1 m, изнад њега слој жућкасте глине дебљине око 3 m, док се на врху налази слој крупног пешчара са комадићима андезита. Густо распоређене капе су хипокристалasti хорнблендни андезити који је хидротермално измењени, при чему глина и кварц делимично замењују примарне минерале (Tešić et al., 2024, p. 4). Камени блокови као заштитне капе штите материјал у телу испод блока од удараца кишних капи, који је кристализацијом постао отпорнији на ерозију.

Андезитни блок на врху представља камену капу налик глави човека, па отуда и назив за овакав геоморфолошки облик. Због интензивног ерозивног дејства, временом се формирају стубасте или конусне структуре. Неке поседују андезитни поклопац на врху, а неке су га изгубиле што додатно интензивира ерозивни процес. Тако настају камене пирамиде или, како их локално становништво назива, „куле“. Геолошки гледано, земљане фигуре су обично краткотрајне структуре. Ако се покривна стена уруши, преостала фигура биће релативно брзо изложена временским условима.

У свом истраживању Tešić et al. (2024, p. 7–8), применом LiDAR технологије, указују на изражену диспропорцију у броју и морфолошким карактеристикама главутака. Већи број главутака регистрован је у Пакленој јарузи, укупно 124, од чега 43 немају карактеристичну андезитску капу. У Ђаволјој јарузи евидентирано је 78 главутака, при чему 51 поседује андезитску капу. Истовремено, главутци у Ђаволјој јарузи имају мању просечну висину, око 4,2 m, али ширу основу, просечно 1,39 m, у односу на главутке у Пакленој јарузи, чија је просечна висина 5,64 m, а ширина основе 1,33 m. Највиши главутака достиже висину од 15,5 m, док најнижи има свега 0,8 m.

Аутори закључују да је формирање главутака условљено геолошким карактеристикама и великим нагибом терена, који на већем делу подручја прелази 40°, а локално достиже и 88°, док је диспропорција димензија последица различитог интензитета ерозионих процеса.

Ђавољу варош одликује и присуство хидрогеолошких феномена, пре свега два хладна минерална извора специфичних хидрохемијских карактеристика, насталих у завршним фазама магматске активности.

Први извор, познат као „Ђавоља вода“ (Слика 26-в), представља групу слабих извора у изворишној челенки Ђавоље јаруге, на надморској висини од око 700 m. Према хемијском саставу припада $\text{SO}_4\text{-F}$ типу (Стевановић, 2020, стр. 94–95), са повишеним садржајем мангана и високим концентрацијама гвожђа. Издашност извора је мала, укупно око 0,01 l/s, температура воде износи око 11 °C, док је киселост изузетно висока, са pH вредношћу од око 1,5 (Лазаревић, 2010, стр. 46). Вода је тврдоће око 21,05 °d (Vukočić et al., 2021, p. 168), а садржи и повишене вредности радиоактивности (Valjarević et al., 2015, p. 151). Изражена киселост указује на високу растворну способност, па хемијски састав воде директно одражава литолошке карактеристике подлоге. Иако није погодна за пиће, локално становништво је користи у традиционалне терапијске сврхе.

Други извор, „Црвено врело“ (Слика 26-г), одликује се нешто мањом киселошћу, али већим садржајем тешких метала, нарочито гвожђа и бабра (Ivanović et al., 2023, p. 6). Формиран је као последица истражних бушотина и налази се на алувијалној заравни десне обале Жуте реке, на надморској висини од око 660 m. Издашност извора износи око 0,05 l/s, а температура воде око 13 °C. По хемијском саставу припада $\text{SO}_4\text{-FeMg}$ типу (Стевановић, 2020, стр. 95–97), са pH вредношћу око 4,0, док концентрација гвожђа достиже 198,8 mg/l (Vukočić et al., 2021, p. 169), што условљава карактеристичну црвенкасто-жућу боју воде и седимената Жуте реке. Иако је вода токсична за живи свет, локално становништво је користи у традиционалној медицини.



Слика 26. а) слика главутака (извор: Ivanović et al., 2023, p. 6); б) један од саских рудника; в) минерални извор „Ђавоља Вода“ (извор: Вукоичић Д.); г) минерални извор „Црвено врело“.

Антропогени елементи геонаслеђа у Ђавољој вароши повезани су са присуством напуштених тзв. „саских“ рудника (**Слика 26-б**). Подручје је богато рудним ресурсима, укључујући гвожђе, алуминијум, олово, сребро и злато. Археолошки остаци рударских окана сведоче о дуготрајној експлоатацији минералних сировина. У старим, данас већином урушеним рударским радовима праћена је кварцно-галенитска жица дебљине око 1 m (Radovanović, 1994, str. 25). Сматра се да експлоатација руда на овом подручју датира још из праисторијског периода, о чему сведоче археолошки налази са локалитета Плочник. Интензивнија експлоатација започета је у XIII веку, током владавине краља Уроша I Немањића, када су ангажовани рудари Саси. На левој обали Жуте реке регистрована су три рударска окна, од којих је само једно делимично истражено и прилагођено туристичкој посети. Процењује се да дужина овог окна износи око 800 m (Планинка, 2026).

Флористичке и вегетацијске карактеристике подручја такође су специфичне. У непосредној околини главутака вегетација је веома оскудна, док се у ширем подручју јављају очувани шумски екосистеми. Укупно је евидентирана 291 врста васкуларних биљака, 58 врста маховина и 20 врста гљива макромикета (Petković et al., 2000, str. 347).

Геокомплекс Ђавоља варош сматра се једном од најпосећенијих туристичких атракција Републике Србије. Овај локалитет пружа информације о различитим облицима ерозивних процеса и значајан је за едукацију посетилаца о геолошким и геоморфолошким процесима и њиховој интерпретацији. Улагање значајних финансијских средстава у опремање локалитета и маркетинг резултирало је тиме да је цео геокомплекс адекватно опремљен, како основним туристичким интерпретативним садржајима, тако и додатним мада не у оној мери у којој би то требало. Сам геокомплекс може се додатно унапредити, проширењем посетилачке зоне, повећањем броја видиковаца, туристичких стаза и едукативних садржаја. Све наведено чини да се геокомплекс Ђавоља варош неизоставно може сматрати једним од стубова развоја туризма у Топличком округу и централним геокомплексом око којег треба формирати одрживу геотуристичку понуду.

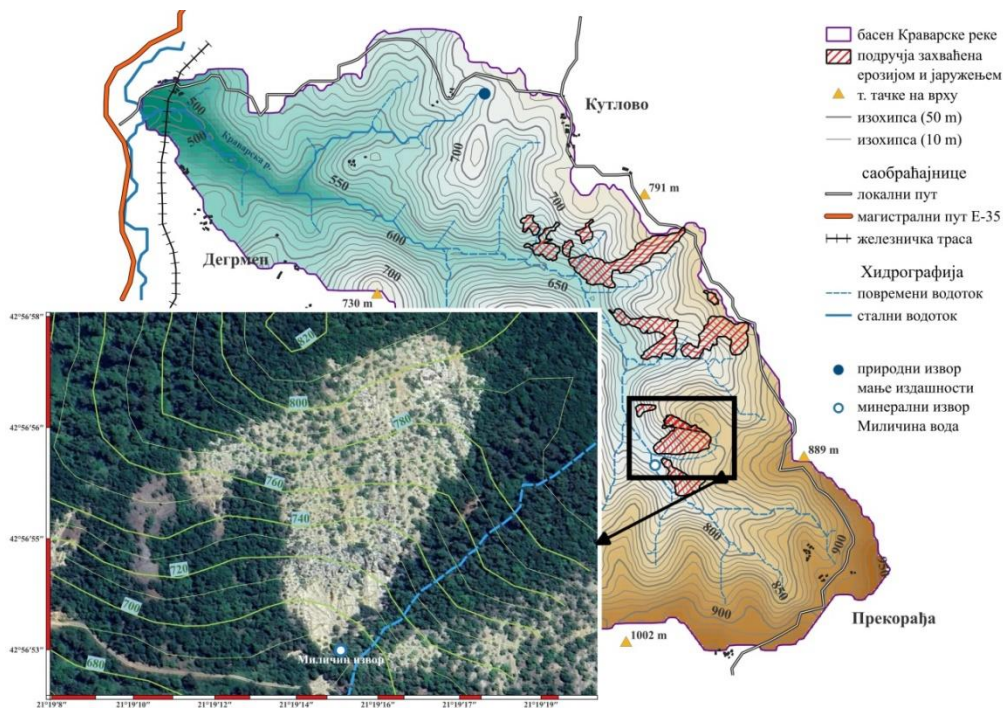
Страшна прљуша (ГЛ6)

Денудациони процеси присутни су и у другим деловима Лецког магматског комплекса, у свим брдско-планинским деловима округа са израженим јаружењем и формирањем дубодолина. Формирање јаруга карактеристично је за цео горњи део слива Топлице, дуж бокова Топличке котлине, као и на падинама Копаника, Јастрепца и осталих планина у Топлици. Поједине јаруге могу достићи импозантне димензије. Ракићевић (1955в, стр. 138) наводи једну у долини Ђачког потока у сливу Косанице, која је тада била широка 4-6 m и дубока око 3 m, а која је од времена првобитног описа вероватно додатно нарасла, односно продубила се. Процесом интензивне ерозије захваћене су велике површине, а један од разлога лежи и у непланској и прекомерној сечи шума и оголићевању терена.

„Страшна прљуша“ је научно непознат и неистражен локалитет. Познат је једино локалним мештанима, којих је због депопулације све мање. Налази се на 42°56'47" с.г.ш. и 21°19'19" и.г.д., у изворишној челенци Краварског потока, десне притоке Мале Косанице (**Слика 27**), у подножју Прекорађског ждрела, делу јако рашчлањене површи Краварске планине, на 889 m н.в. Позициониран је у тешко приступачном делу, између села Кутлово и Прекорађа. Од Куршумлије је удаљен око 30 km југозападно, око 8 km од државног пута I-б реда Е-80, око 2,5 km од села Кутлово и 1,3 km од села Прекорађе.

Доступност локалитета изузетно је неповољна. До њега се са коридора Е-80 може стићи на више начина: из долине Велике Косанице преко села Кутлово, при чему укупна дужина пута износи око 7,6 km; из долине Велике Косанице преко села Прекорађа, где дужина пута износи око 12,3 km; док је најкраћи, уједно и најнепроходнији, правац преко

села Дегрмен, од кога води локални пут до Кутлова и геолокалитета, укупне дужине око 5,2 km. Сва три правца воде локалним путевима који су због великог броја вододерина и јаруга, у изузетно лошем стању и тешко проходни чак и теренским возилима. До самог локалитета води само један шумски пут дужине око 1,3 km, па је локалитет доступан искључиво пешачењем.



Слика 27. Карта положаја Страшне прљуше (извор: аутор помоћу QGIS 3.40.11 софтвера).

Целокупно подручје познато је под називом „Прљуше“, услед израженог присуства вододерина и јаруга које се развијају дуж десне стране слива Краварског потока и интензивно еродирају растресити материјал. Укупна површина ових ерозионих облика, одређена применом ГИС алата, износи више од 0,252 km². Назив подручја потиче од изузетно тешке проходности терена, при чему локално становништво истиче да је кретање овим простором готово немогуће без значајног запрљања.

Краварска планина припада категорији ниских планина и често се сматра северно истуреним делом планине Голак. На истоку је ограничена долином Велике Косанице, а на западу долином Мале Косанице. У правцу севера простире се до села Рударе, док се на југу ослања на административну линију са Косовом и Метохијом.

Рељеф масива рашчлањен је долинама више водотокова. Источне падине одводњава Прекорађска река, док северне падине одводњава Кутловска река, која настаје у истоименом селу спајањем Крсташког и Сланог потока. Оба водотока припадају сливу Велике Косанице. Западне падине одводњава већи број мањих токова који припадају сливу Мале Косанице, међу којима се по површини слива издваја Краварски поток. Јужне падине одводњава изворишна челенка Мале Косанице.

Хидрографски чвор овог подручја налази се на највишем врху масива, палеовулканској купи Краварска глава, на надморској висини од 1002 m, одакле се врши радијална дренажа водотокова ка околним сливовима.

Краварски поток представља водоток малог реда. Анализа применом ГИС софтвера указује на то да је кратког тока, дужине око 4,9 km, са малом површином слива од приближно

6,34 km², при чему је хидрографска мрежа слабо разграната (Слика 27). Слив је дефинисан на основу дигиталног модела висина *Copernicus Global DSM*, просторне резолуције 30 m, применом *ArcGeomorphometry* алата у оквиру SAGA GIS окружења.

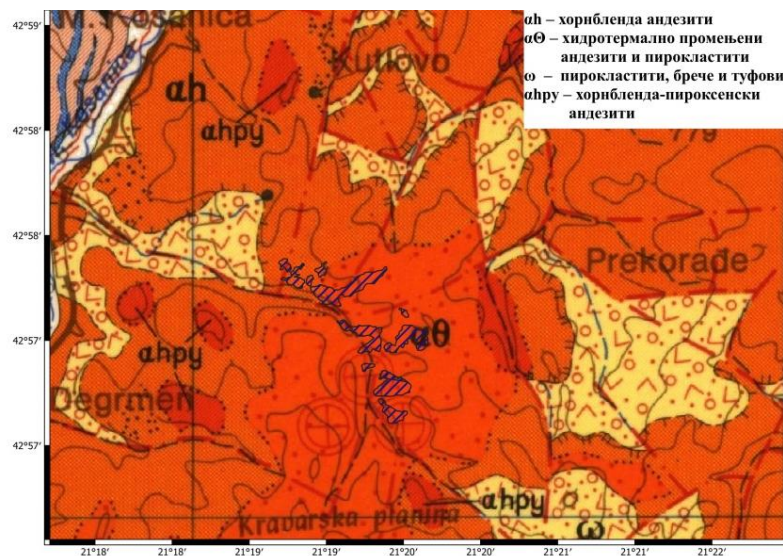
Доњи део тока, низводно од села Кутлово, има стални режим отицања, док су средњи и горњи делови слива периодичног карактера, са доминацијом бујичних водотокова. Речна долина Краварског потока у већем делу је уска, са стрмим странама, изузев зоне ушћа у Малу Косаницу. Овакве морфолошке карактеристике условљавају отежану саобраћајну доступност долине, иако она природно гравитира долини Мале Косанице. Средњи део долине, у зони ближе селу Кутлово, означен је као Кутловско ждрело, на надморској висини од око 791 m. Горњи део слива, у правцу села Прекорађе, назван је Прекорађско ждрело, на око 889 m н.в.

Према својим морфолошким и генетским карактеристикама, локалитет Страшне прљуше показује висок степен сличности са Ђавољом вароши.

Геолошки састав терена готово је идентичан (Слика 28). У литолошкој структури доминирају хидротермално измењени андезити и пирокластични материјал Лецког магматског комплекса ($\alpha\Theta$), испод којих се јављају хорнблендни андезити (αh). Најниже делове граде порозни пирокластити, брече и туфови (ω), док су највиши делови изграђени од хорнблендно-пироксенских андезита (αhpy). Оваква литолошка грађа чини терен изразито подложним ерозионим процесима.

На више од десет локалитета дуж десне стране слива Краварског потока, где пирокластични материјал избија на површину, развијени су облици интензивне ерозије, укључујући голети, вододерине, одроњавања и јаружење, као последица доминантног плувијалног ерозивног дејства.

Геолокалитет је формиран интензивним процесима јаружења и одроњавања на падини неименованог узвишења, у оквиру Прекорађског ждрела. Укупна еродирана површина, одређена применом ГИС анализа, износи више од 42.600 m². Током геолошке прошлости падину су еродирали бројни привремени водотокови, формирајући јаруге које су и данас јасно изражене у вишим хипсометријским појасевима локалитета.



Слика 28. Исецак геореференциране геолошке карте ширег подручја Прљуша са назначеним еродираним подручјима (прилагођено на основу OGK SFRJ, Podujevo, 1:100.000).

Услед интензивног ерозивног деловања, у нижим деловима терена дошло је до нестанка вододелничких појасева између појединачних јаруга, што је условило њихово спајање у јединствену ерозивну целину. Тако је формирана амфитеатрална ерозивна

површина са доминантно југозападном експозицијом. У вишим хипсометријским зонама очувани вододелнички појасеви јављају се у виду назубљених стенских маса које локално достижу висину од неколико метара (**Слика 29-а**).

Појединачни главутци присутни су искључиво у средњим деловима јаруге и у већини случајева немају заштитну андезитску „капу“, што указује на њихову напредну фазу деградације. Најизразитији пример достиже висину од око 3,4 m и пречник од приближно 2 m (**Слика 29-б**). У вишим деловима јаруге главутци су замењени остењацима који се уздижу неколико метара изнад површине терена. Доњи део јаруге изграђен је од јако растреситог, еродираног материјала жуто-црвенкасте боје, са израженим системом дубоких вододерина, што условљава веома тешку проходност терена.

Може се сматрати да је овај геолокалитет у геолошки поодмаклој фази распадања у односу на Ђаволу варош. Представља пример како ће Ђавоља варош, услед природних процеса, изгледати у геолошкој будућности, што пружа могућност анализе њених карактеристика са временске дистанце. Народно је веровање да је локалитет настао као последица површинских копова руде бакра и гвожђа у давним временима, те да растресити материјал представља јаловину. Такву претпоставку тек треба доказати детаљнијим истраживањима геолокалитета.

Страшна прљуша има и додатне сличности са Ђавољом вароши. На дну јаруге уочљив је неистражен извор, локално назван „Миличина вода“ (**Слика 29-в**). Каптиран је и настао је као последица истражних бушотина видљивих на исечку геолошке карте (**Слика 28**). Вода је хладна, јако кисела и гвозденог укуса. Народно је веровање да је извор лековит и да помаже у лечењу кожных обољења, па га локално становништво користи у традиционалне терапијске сврхе. Карактеристике „Миличине воде“ показују сличности са „Црвеним врелом“, чија се вода одликује повећаним садржајем сулфата, магнезијума, натријума, гвожђа. Ипак, хемијске карактеристике Миличине воде тек треба детаљније испитати.



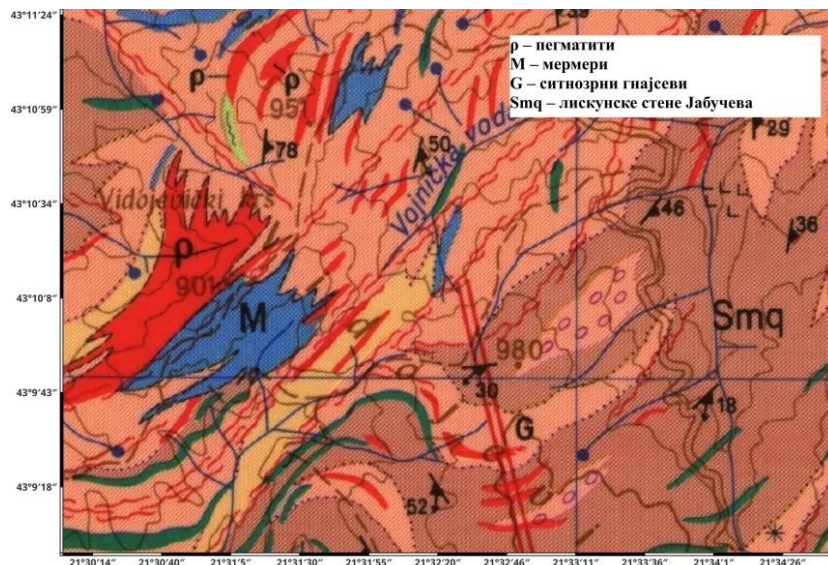
Слика 29. а) Страшна прљуша; б) један од ретких главутака; в) извор „Миличина вода“.

Флористички и вегетацијски, и ово подручје веома је сиромашно или га у односу на Тавољу варош треба додатно стручно проучити. У самом подручју главутака вегетација је изузетно ретка, а појединачно се истичу стабла брезе.

Видовачки крш (ГЛ7)

Видовачки крш, на надморској висини од око 853 m, представља остењачку масу на северним падинама планине Видојевице, изнад села Миљковица. Приступ геолокалитету остварује се државним путем II-б реда бр. 226, на релацији Прокупље–превој Бели Камен, након чега следи пешачење планинским путевима у дужини од неколико километара. Маршрута пролази поред астрономске опсерваторије на врху Бандера, а затим кроз шумско подручје највиших делова Видојевице. Локалитет представља важан сегмент планинарских рута у Топличком округу, али није адекватно обележен информативним таблама и путоказима. Подаци о њему прикупљени су на основу стручне литературе, теренских истраживања и у сарадњи са планинарским друштвима Топлице и Житорађе.

Видојевица доминира јужним ободом Топличке котлине и представља плећату, шумовиту планину средње висине. Пружа се правцем север–југ у дужини од око 18 km, са максималном ширином од приближно 15 km. Највиши врх је Бандера, на надморској висини од 1155 m. Планина је ограничена током реке Топлице на северу и Арбанашке реке на западу, док јужну границу чини ток Статовачке реке. Ниским побрђем пружа се и на северну обалу Топлице, где се издвајају висови Хисар, на 358 m н.в., Боровњак, на 371 m н.в. и други. На истоку је морфолошки повезана са планином Пасјачом, чији је највиши врх Пасјачки вис, на 971 m н.в. Ове две планине раздваја превој Бели Камен, на 958 m н.в., али се у геоморфолошком смислу могу сматрати јединственим масивом. Пасјача представља најисточнији планински обод јужног дела Топличког округа и издиже се изнад заталасане површи Добрича.

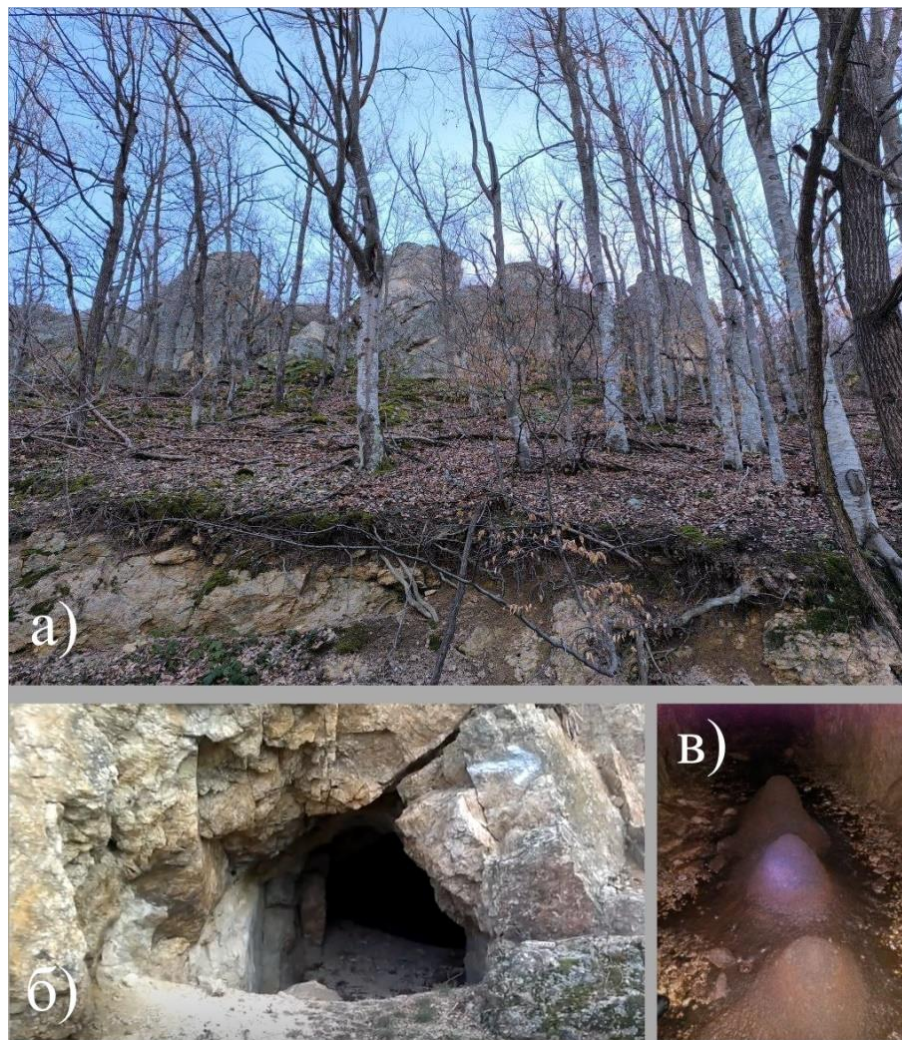


Слика 30. Исецак геореференциране геолошке карте подручја Видовачког крша (прилагођено на основу ОГК СФРЈ, Ниш, 1:100.000).

Геолошку основу овог подручја чине кристаласти шкриљци, који представљају под некадашњег Лесковачког језера и припадају доњем метаморфном комплексу Српско-македонске масе. Ове стене седиментног су порекла, метаморфисане у условима амфиболитске фације. Две доминантне серије у оквиру ове геолошке јединице – ситнозрни

фелдспати и кварцити, дебљине око 1000 m, као и Видовачка серија са мермерима, дебљине око 1500 m, чине функционално јединствену целину. Са њима су интегрисане и метаморфне стене прекамбријске и палеозојске старости, које су у значајној мери еродиране егзогеним процесима, а каснијим геолошким активностима делимично прекривене. Ови литолошки комплекси формирају значајне површине пегматита, локално обогаћених азбестом и гвожђем (Ракић и сар., 1965, стр. 13).

Простор Видојевице и Пасјаче карактерише значајно присуство лежишта фелдспата, који се експлоатишу из пегматитских стена. Процењене резерве на подручју површине око 300 km², јужно и западно од Прокупља, износе више од 672 хиљаде тона (Општина Прокупље, 20106, стр. 12). Током друге половине XX века фелдспат је експлоатисан на више локалитета, чији су копови данас напуштени, али су њихови остаци и даље видљиви у простору. Међу најзначајнијим некадашњим рудницима издвајају се „Речица“ у истоименом селу и „Видовачки крш“. Процењени производни капацитети ових лежишта износе око 50.000 тона концентрата фелдспата, 36.000 тона кварца и 14.000 тона лискунског концентрата годишње (Народна скупштина, 2008-6, став 1, члан 1.6.1).



Слика 31. а) Видовачки крш из подножја; б) улаз у једну од јама; в) унутрашњост јаме (извор: Планинарско друштво Топлица).

Геолошку основу (**Слика 30**) чини Видовачка серија пегматита (р), дебљине око 1,5 km. Одликује је значајно присуство мермера (М), силикатних и доломитских. Пегматити су у уском појасу контактено измењени са мермерима, тако да преко силикатима обогаћених мермера прелазе у скарнове. На Видовачком кршу и Коњарнику пегматити су у виду сочива и крупних маса и сматрају се продуктима варисцијског плутонизма. Изграђени су претежно од фелдспата, са којима граде конкордантно тело дуго неколико километара, са великим остеоњацима који штрче у рељефу. Фелдспати учествују у грађи стене са 64,4%, кварц са 33,6%, док остатак чине лискуни (Ракић и сар., 1965, стр. 37).

Видовачки крш представља остатак угашеног рудокопа фелдспата у пегматитским стенама, са јасно уочљивим напуштеним окнима и јамама. Остењачка маса пружа се правцем исток–запад и управно је оријентисана у односу на северне падине Видојевице, које се спуштају ка долини реке Топлице. Формирана је у виду појаса ширине око 30 m и дужине приближно 75 m, при чему висина појединих стенских облика прелази 15 m (**Слика 31-а**). Између стенских маса развијени су еродирани простори, што целокупном локалитету даје изражен морфолошки и визуелни ефекат.

С обзиром на то да је Видојевица у великој мери покривена густим листопадним шумама, са мањим бројем пропланака, појава овако изражене стенске масе значајно одудара од околног пејзажа. Због доминантног положаја, овај локалитет је уочљив и са магистралног пута у долини Топлице, те се у локалној перцепцији често интерпретира као природна осматрачница Топличке котлине.

На локалитету је регистровано више јама, са отворима ширине од 1,5 до 2 m и висине око 1,5 m, које представљају остатке подземних рударских радова из средине XX века (**Слика 31-б**). Поједине јаме достижу дужину већу од 200 m и садрже више унутрашњих просторија, што указује на значајан обим некадашњих експлоатационих активности (**Слика 31-в**).

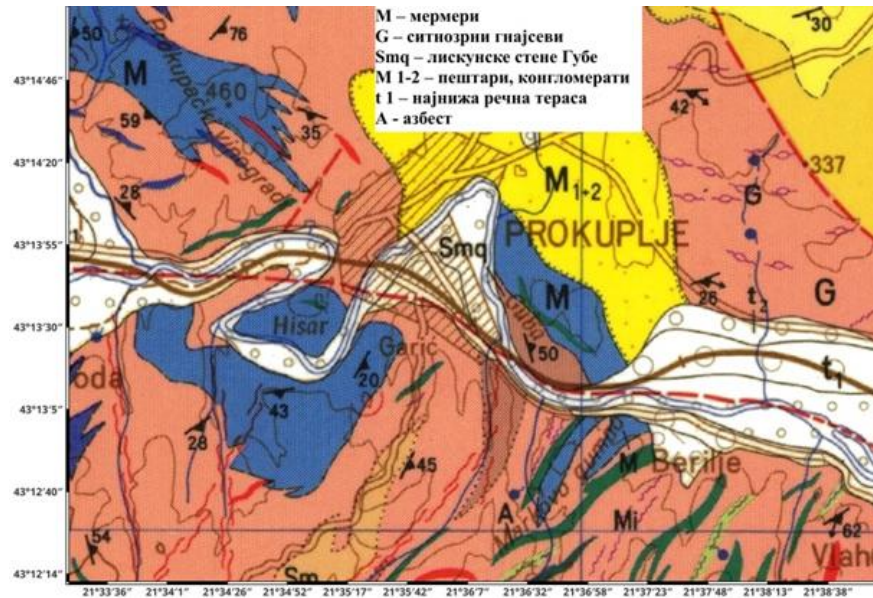
Видовачки крш представља и археолошки значајан локалитет на коме су евидентирани остаци утврђења из рановизантијског периода. Имајући у виду да се почеци организованог рударства у Топличком региону везују за византијски период, претпоставља се да су ови археолошки остаци функционално повезани са раном експлоатацијом минералних сировина.

У подножју локалитета налази се и извор познат као Видине сузе, који има значај у локалној традицији и усменом предању. Према легенди, назив потиче од девојке Виде, која је са овог места испратила српску војску у Косовски бој. Уверена да се њен вереник неће вратити, заплакала је, а на месту њених суза, према предању, избио је извор. Овај мотив допринео је формирању топонима Видовача и Видовачки крш, што указује на снажну везу између природног и културног наслеђа у овом простору.

Геокомплекс Хисар (ГЛ8)

Сагледавајући комплексност локалитета, Хисар се може издвојити као један од атрактивнијих геолокалитета у Топличком округу. За детаљнију анализу одабран је на основу више релевантних параметара. Пре свега, Хисар се одликује изразитим положајем, јер се уздиже изнад Града Прокупља и већ је у римском периоду представљао његов интегрални део. Поред тога, карактеристике га изражена геолошка и геоморфолошка разноврсност. Деловањем реке Топлице формиран је морфолошки феномен епигенетске клисуре, са чак две епигеније на релативно малом растојању. У оквиру ове клисуре речни ток меандрира око Хисара, стварајући јединствен морфолошки склоп. Истовремено, ово узвишење представља и заштићену културну целину, са више споменика културе који су дефинисани као елементи културног наслеђа.

Културни сегмент геокомплекса Хисара је адекватно валоризован, обележен и туристички афирмисан, док природно-географски сегмент остаје недовољно представљен у туристичкој понуди Града Прокупља. Недостатак информативних обележја која се односе на природне феномене указује на могућност унапређења туристичке понуде и њене даље диверзификације.



Слика 32. Исечак геореференциране геолошке карте ширег подручја Хисара и Губе (прилагођено на основу ОГК СФРЈ, Ниш, 1:100.000).

Дно Топличке котлине карактерише благо заталасан рељеф, испресецан речним долинама. Изнад котлинског дна издижу се бројна мања узвишења, међу којима се издвајају Хисар, на надморској висини од 358 m, као и висови Губа, на 339 m н.в., Боровњак, на 361 m н.в., Шанац, на 423 m н.в., Умац, на 323 m н.в., Пирамида, на 480 m н.в. и други. Ова узвишења представљају ниско побрђе које чини северни продужетак масива планине Видојевице. У ширем геоморфолошком контексту, овај простор представља прелазну зону која повезује планину Јастребац на северу са Видојевицом и Пасјачом на југу. Западно од Хисара простире се неогени басен Топлице, док се на истоку налази подручје Добрича. Масив Хисара пружа се правцем североисток–југозапад и са три стране је окружен током реке Топлице, која га одваја од главног масива Видојевице. На североистоку је морфолошки везан са висовима Боровњак и Губа, између којих је формиран плато на коме се развило насеље Прокупље.

Топличка котлина представља тектонску депресију формирану током неогена спуштањем терена у палеозојским шкриљцима Српско-македонске масе. Током плиоцена била је испуњена језерском водом и седиментима, које Ракић и сар. (1965, стр. 29–30) означавају као алувијалне насlage старечја (al) у оквиру најниже речне терасе t_1 (Слика 32). Након повлачења језера, река Топлица је у овим седиментима формирала плитку и широку долину. Истовремено, у источном делу, на подручју Добрича, развијао се лесковачко-нишки језерски басен, па се претпоставља да је Топлички басен представљао његов периферни део или рукавац.

У геоморфолошком смислу, Хисар представља северни продужетак Видојевичко-пасјачког масива, што се огледа и у сличности геолошке грађе. Припада Видовачкој серији кристалистих шкриљаца са мермерима, чија се највећа распрострањеност јавља северно од

видовачко-прокупачке дислокације, на подручју Губетина, Чуковца, Хисара, Марковог гумна и Прокупачких винограда на Бамбуреку (Ракић и сар., 1965, стр. 18). У литолошком саставу значајно учешће имају мермери (М), са подлогом од ситнозрних гнајсева (G) (**Слика 32**).

Мермери су доломитског састава, средње гранулације, беле, жућкасте или сиве боје, често са присуством добро оријентисаних лискуна. Од остатка мермерне масе Хисар је издвојен током реке Топлице и развојем израженог меандра насталог пробојем речног тока, чиме је формирано карактеристично сужење. Мермерне наслаге у овом подручју имају значајну дебљину. Највећа концентрација забележена је на локалитетима Бериље и Хисар (Radovanović, 1994, str. 23), где дебљина прелази 150 m. Ове наслаге су предмет интензивне експлоатације, посебно јужно од Хисара, на локалитетима Булутски камен и Марково гумно. Услед тога, овај геолокалитет може се сматрати потенцијално угроженим, што указује на потребу за увођењем адекватних мера заштите и одрживог управљања.

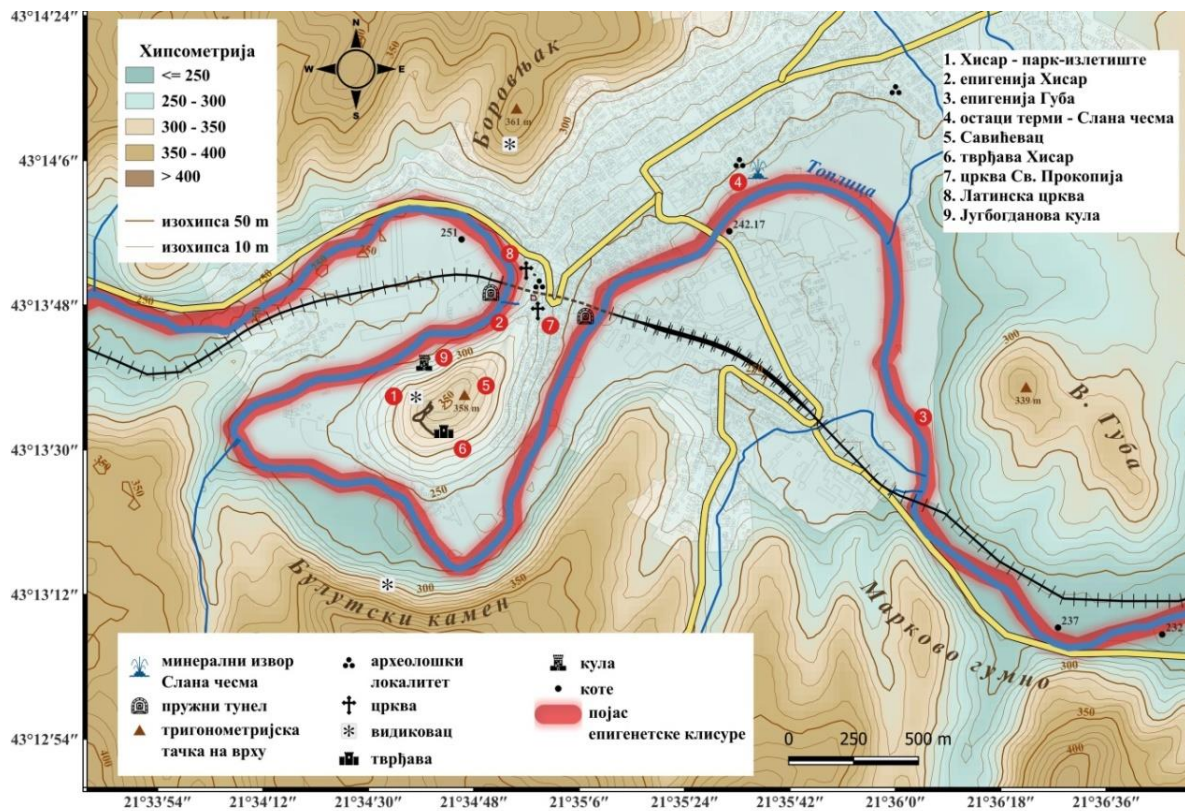
Долина Топлице, од села Губетин до Прокупља, усечена је у пречаги којом је топличко-косаничка котлина одвојена од Добрича. Правац долине З–И није сагласан са претежно меридијанским правцем пружања кристаластих шкриљаца пречаге. Овај део између Губетина и Прокупља, где је река просекла стенску масу шкриљаца и мермера, има карактер епигенетске клисуре (Radovanović, 1994, str. 53). У њој се јављају чак две појаве еригеније. Епигенетске долине нису ретке ни у свету нити у нашој земљи, али је ретка појава више од једне епигеније на кратком растојању на истом водотоку.

Појаве епигеније јављају се када река своје корито усеца у терен више надморске висине, као и у отпорније стене, што ствара визуелни утисак да река тече узводно. Обе појаве епигеније препознате су као значајни локалитети геонаслеђа и укључене у Прелиминарни инвентар геонаслеђа Србије, као геоморфолошки феномени, али до сада нису у довољној мери научно истражени.

Прва епигенија формирала се у подножју северозападне стране брда Хисар, на око 248 m н.в., на самом улазу у епигенетску клисуру (**Слика 33**). Према Radovanović (1994, str. 53–54), река Топлица је пре око 600.000 година почела да гради своју речну мрежу по дну некадашњег језера. Брзо је усецала своје корито у готово водоравним слојевима глине, лапора и жућкасте иловаче, што је трајало све док није дошла до тврђих стена из прејезерске фазе. Усецање се затим успорило. Хисар, међутим, није ништа друго до део једног ниског пода, прибрежне терасе или централне равни добричког језера које је залазило у поменуту пречагу. Несумњиво је био прекривен језерским седиментима који су се у оближњем делу Добрича одржали до данашњег нивоа Хисара. У тврђим мермерним стенама, речни ток је наишао на препреке, чиме се формирала епигенија. Аутори Radovanović (1994, str. 53) и Petrović & Manojlović (2003, стр. 243) слажу се са закључком Ј. Цвијића да је ово ртаста епигенија усечена на дну језероузине која је повезивала обе котлине, и то од нивоа мендарског рта Хисара.

Низводно од великог меандарског проширења, долина реке Топлице је по други пут епигенетски усечена у ниски абразиони под Добрича. Друга епигенија формирана је у зони сужења, између брда Губа на левој и Марковог гумна на десној долиној страни, у подножјима наведених узвишења, на око 240 m надморске висине. Губа и Марково гумно, као и Хисар, у основи су изграђени од кристаластих шкриљаца, односно ситнозрних гнајсева (G), које прекривају доломитски мермери (М) Видовачке серије. Дуж самог речног тока мермери се наслањају на лискунске стене јабучевског типа (Smq), чија се главна маса простире на Видојевици. На ове метаморфите са тракама кварца надовезују се језерски алувијални седименти Добрича (**Слика 32**). Аутори Petrović & Manojlović (2003, стр. 243) ову епигенију такође карактеришу као ртасту, док се у ранијим радовима Ј. Цвијића, посебно у делу „Геоморфологија II“, наводи да се ради о ивичној епигенији. Ова разлика у

интерпретацији указује на потребу за детаљнијим геоморфолошким истраживањима овог феномена.



Слика 33. Карта подручја епигенијске клисуре Хисара (аутор у QGIS 3.40.11 софтверу, на основу геореференциране ТК 1:25.000, лист Ниш 3-1).

Као последица пробоја епигенетске клисуре, ток реке Топлице код Хисара одликује се специфичним меандрирањем. У горњем делу, пре Хисара, Топлица има карактер мирне равничарске реке која усеца централну алувијалну раван Топличке котлине пратећи изохипсу од око 250 m. Ток је благо меандрирајући, са котлинским проширењима као што су Губетинско и Чуковачко поље. Непосредно пре епигенетског сужења код Хисара, река засеца северне обод алувијалне равни Црквеног брда, мењајући правац ка североистоку.

Даље усецање наставља се дуж подножја Боровњака и Хисара, при чему се јавља прва епигенијска појава. Под утицајем чвршће геолошке подлоге и рељефних услова, ток реке мења правац ка југозападу и усеца се између северних обода Равништа и Хисара. У овом делу долази до сужавања корита и повећања брзине тока. Код Хисара и Булутског камена, река поново мења правац ка југоистоку, еродирајући падине ових узвишења. На местима интензивног усецања формирају се стрми одсеци, док се на супротним странама јављају мања алувијална проширења.

На јужном ободу Хисара, на око 235 m надморске висине, ток реке под утицајем рељефа поново мења правац, скрећући лактасто ка североистоку. У овом делу формирано је најизразитије клисурасто сужење. Мермерне стене Булутског камена образују одсек дужине око 100 m и висине између 110 и 120 m. По изласку из сужења, ток реке постаје мирнији, а акумулацијом материјала формирају се мање речне аде.

Настављајући ток ка североистоку, река засеца југоисточне падине Хисара и Губе, формирајући корито на нешто већој надморској висини, од око 242 m. На овом месту, код

виса Мала Губа, формира се друга епигенија, након чега река поново мења правац ка југоистоку и на око 237 m улази у епигенетско сужење између Велике Губе и Марковог гумна. Након тога, ток се усмерава ка истоку, завршавајући специфичан меандар на око 232 m надморске висине.

У подручју Хисара налази се активан, али запуштен, извор Слана чесма. Археолошки остаци водовода и терми из римског периода указују на дуготрајно коришћење овог извора. Према Стевановић (2020, стр. 99–101), вода извора је слана и припада $\text{SO}_4\text{--Ca}$ типу, са повећаним садржајем нитрата и минерализацијом од 2,56 gr/l. У традиционалној употреби користи се за лечење кожних обољења.

Подручје Хисара карактерише густа вегетација, што га чини значајним излетиштем и парк-шумом Града Прокупља. Истовремено, представља заштићену културну целину са бројним споменицима културе. Археолошки налази указују на континуитет насељавања од праисторијског периода. Споменичку целину чине остаци утврђења из римског и средњовековног периода, укључујући цитаделу на врху Хисара и донжон кулу на северозападним падинама. У оквиру комплекса налази се и црква Светог Прокопија из IX века, димензија 18,5 × 16 m, која је 1983. године проглашена спомеником културе од великог значаја. У њеној порти откривени су остаци римских терми и базилике из I–II века. Значајан део споменичке целине представља и Латинска црква са краја IX века, подигнута на месту некадашњег римског светилишта. Као део културног наслеђа издваја се и Савићевац, задужбина Алексе Савића.

Поред наведених вредности, Хисар обухвата и друге антропогене туристичке локалитете. Дуж железничке пруге бр. 223 Ниш–Косово Поље, која пролази кроз Топлички округ, налази се тунел који пролази кроз масив Хисара. Траса обухвата мост преко Топлице, затим тунел у североисточном делу Хисара, након чега пруга поново прелази реку. Укупна дужина овог сегмента износи 445 m.

Палеонтолошки локалитети Топлице – Пребреза (ГЛ9)

Палеонтолошки локалитети неогеног басена Топлице представљају неке од најзначајнијих средњомиоценских европских налазишта фосилних сисара. Дуж читавог северног обода Топличке котлине, дуж раседних линија, јавља се више палеонтолошких налазишта. Међу њима су четири локалитета афирмисана и у научним круговима веома позната – Пребреза, Чучале и Међухана на истоку, односно Југовац у западном делу басена. Истражним бушотинама евидентиран је низ других мањих налазишта у којима је забележено присуство микрофлоре и микрофауне – Горња Драгуша, Белогошће, Пашинац, са наставком и на подручју Добрича.

Међу њима, геолокалитет Пребреза сматра се најрепрезентативнијим и научно највише истраженим. Једини је туристички оспособљен. На осталима су до сада спровођена само иницијална или делимична истраживања током друге половине XX века. Због тога ће у дисертацији превасходно бити детаљније анализиран геолокалитет Пребреза као палеонтолошки представник Топличког басена, док ће остали геолокалитети бити сажетије представљени у контексту палеонтолошких налаза.

Неогени басен Топлице представља тектонску депресију у којој највећи значај имају лонгитудинални и дијагонални гравитациони раседи, формирани током и након таложења неогених творевина. Депресија је испуњена неогеним седиментима и са источне стране је повезана са Нишко-лесковачким терцијарним басеном (Malešević i sar., 1974, str. 32).

Таложење неогених творевина почело је у доњем миоцену. Континуирано је трајало током целог миоцена, а делимично и током плиоцена. Дебљина неогених седимената

Топличког басена креће се од 450 до 800 m. У оквиру басена разликује се неколико јединица (**Слика 34**): чучалска базалтна серија; старија – чучалска угљоносно-пелитско-туфогена јединица; млађа – пребрешка кластична јединица у западном делу басена; и три јединице – пелитско-глиновита, псамитско-глиновита и псамитска у централном и источном делу басена (Malešević i sar., 1974, str. 32–33). Наведене геолошке јединице различите су дебљине и геолошког састава, а седименти су у већем делу басена хоризонтални или субхоризонтални, подељени у два фосилоносна хоризонта. У свим овим седиментним јединицама пронађени су трагови макрофлор и микрофлоре, као и макрофауне и микрофауне. Већи значај за међусобне односе седиментних творевина имају разломи на западном и северном ободу, као и у средишњим деловима депресије. Издвајају се Чучалски расед, Блаташнички расед, који се наставља на Туларски и Топлички расед, затим Поповачки расед, поред ког је образован и мањи асиметрични ров Пребресе (Radovanović, 1994, str. 21), ров Белогош–Југовац, са раседним линијама насталим као последица спуштања терена између хорста Стражаве на југу и Великог Јастрепца на северу, као и други мањи разломи. Треба истаћи да је читав неогени Топлички басен знатно огољен, са многим стрмим јаругама и усецима насталим ерозијом левих притока средњег тока Топлице, са пространим откривеним профилима, што условљава добру прегледност терена (Павловић, 1969, стр. 276).

Први фосилоносни хоризонт претежно је пелитско-глиновитог састава и изграђен је од глинаца, пешчара и песковитих лапораца, лапоровитих глина до глина хидролискунског типа, са прислојцима туфа и финозрних творевина формираних теригено-хемогеном седиментацијом, условљеном вулканском активношћу у претходној фази. Седименти су тамножуте, сиве и сивозелене до светлзелене боје (Павловић, 1969, стр. 278–279). У оквиру овог хоризонта издваја се угљени слој који у западном делу басена, у реону Чучала, достиже дебљину од 0,6 до 1,5 m, док у централном и источном делу, у околини Југовца, износи око 1,45 m (Malešević i sar., 1980, str. 32–33). Унутар овог слоја идентификована су два налазишта фосилних кичмењака различите старости.

Чучале представља старији локалитет, смештен у оквиру некадашњег јамског рудника мрког угља „Јанкова клисура“, у селу Чучале, око 3 km источно од Блаца. Геолошки припада чучалској угљоносно-пелитско-туфогеној јединици (M₁₋₂), распрострањеној у западном делу Топличког неогеног басена. Експлоатација угља на површини од око 10 km², са процењеним резервама од око 39 хиљада тона, одвијала се у периоду од 1923. до 1965. године (Милинчић & Лукић, 2001, стр. 207). Након експлозије метана, рудник је напуштен, а јаме су затрпане. Палеонтолошки налази су очувани, али је локалитет данас недоступан. Утврђено је присуство фауне коју чине *Anchitherium aurelianense* Cuvier, *кошчати оклон* *Crocodylus indet.*, *Gomphotherium angustidens* Cuvier, *Mionictis* sp., као и неодређени остаци риба, инсеката и остракода. Старост локалитета процењена је као бурдигалска, односно бурдигалско–хелветска (Стефановић & Мијовић, 2004, стр. 33).

Југовац представља локалитет у источном делу Топличког басена, око 10 km северозападно од Прокупља. Карактеришу га пелитско-глиновити седименти (¹M₂₋₃), дуж раседне линије са хорстом Стражаве. У овим седиментима, у долини Југовачког потока, уочени су остаци мекушаца *Congerina*, *Helix* и *Planorbis*, као и миоценских сисара *Paleomerix eminens* H. v. Meyer и *Dorcatherium vindobinense* H. v. Meyer (Павловић & Обрадиновић, 1961, стр. 266–267). Ови налази указују на слатководни еквивалент бадена, односно тортона (Павловић, 1969, стр. 297). Дуж седиментних појасева Југовачког потока и у атару села Горња Трнава идентификовани су и остаци *Mediocypris* sp., *Candona Typhlocypris* sp., *Limnocythere* sp. и *Heterocypris* sp., карактеристични за горњотортонске слатководне седименте. Палеоботанички подаци указују на постојање слабо замочварених делова језера са развијеном ритском вегетацијом, док су у околини егзистирале шуме умерено-топлог карактера.



Слика 34. Литолошки приказ северозападног дела Топличког басена (преуређено према Павловић, 1969, стр. 280).

Други фосилоносни хоризонт изграђују пешчари и глиновити пешчари са лискуном, који леже преко пелита и туфова са угљем (Стефановић & Мијовић, 2004, стр. 30). У оквиру овог хоризонта издвајају се два налазишта различите старости.

Први локалитет, стратиграфски млађи, налази се у селу Међухана, око 5 km североисточно од Блага, у подгорини Великог Јастрепца. Фосилни остаци пронађени су у псамитским седиментима ($^3M_{2-3}$), у долини Великог потока. Овде су идентификовани остаци *Dinotherium aff. giganteum* Kaup, *Gomphotherium angustidens* Cuvier и недетерминисаног носорога (Стефановић & Мијовић, 2004, стр. 30). Овај хоризонт одговара слатководном еквиваленту доњег сармата (Павловић, 1969, стр. 297).

Други локалитет у оквиру овог хоризонта представља Пребрза, стратиграфски старији и научно најзначајнији локалитет. Налази се у атару истоименог села, око 3 km северозападно од Блага, у подгорини Великог Јастрепца. Приступачан је државним путем I-б реда бр. 38 Крушевац–Блага, а затим локалним путем преко села Ђурђевац и Горња Пребрза до локалитета Глуви поток.

Према доступности, научном, геоколошком и естетском значају, као и степену туристичке уређености, Пребрза се издваја као најзначајнији локалитет. Као споменик природе првобитно је заштићена 2009. године, а 2025. године проглашена је заштићеним подручјем изузетног значаја у режиму II степена заштите, површине 0,92 ha (Маринчић, 2025, стр. 13). Због мале површине, испод 100 ha, није укључена у IUCN листу заштићених подручја, али је кандидована за ProGEO листу геолокалитета.

Локалитет је откривен ерозијом приобалних падина Глувог потока, десне притоке Блаташнице (Ivanović et al., 2023, p. 6), око 1 km узводно од ушћа у Пребрешку реку (Ђурић, 2019, стр. 15). Простире се у виду субвертикалног профила дужине око 300 m и ширине од 5 до 20 m (Маринчић, 2025, стр. 21). Старост је одређена као баденско–сарматска, односно

средњомиоценска (Стефановић & Мијовић, 2004, стр. 30), док припада зони MN6 (Marković et al., 2012, p. 11).

Седименти зеленкасто-сиве боје припадају Пребрешкој кластичној јединици (M₂₋₃) и изграђени су од глинаца, пескова, пешчара, конгломерата, агломерата, бреча и туfoва (Ђурић, 2019, стр. 15). Формирани су у условима субјезерског вулканизма и суптропске климе, што је омогућило развој богатих екосистема. Нагорели фосилни остаци указују на могућу вулканску катастрофу или пожар који је захватио тада постојеће суптропске шуме (Маринчић, 2025, стр. 29).

Током истраживања идентификовано је 14 врста великих сисара, укључујући *Mustelidae* indet., *Gobicyon macrognathus*, *Tungurictis* sp., *Percrocuta miocenica* Pavlovic & Thenius 1965, *Gomphotherium angustidens* (Cuvier), *Anchitherium aurelianense*, *Giraffokeryx punjabiensis* Pilgrim 1910, као и друге врсте значајне за стратиграфску анализу (Marković et al., 2012, p. 9–11). Новија истраживања указују и на присуство циновских корњача cf. *Titanochelon* и гуштера рода *Varanus* sp. (Ђурић, 2019, стр. 16).



Слика 35. Интерпретативни садржаји палеонтолошког локалитета Пребреза.

Већи део налаза чува се у Природњачком музеју у Београду, док је мањи део изложен у Народном музеју Топлице у Прокупљу. Реплике налаза приказане су у оквиру експозиције на самом локалитету (Слика 35).

Током истраживања у више наврата утврђено је да је радом водотока и атмосферским падавинама велика количина седимената спрана заједно са фосилизованим остацима, али и да је значајна количина седимената остала за даља ископавања. Седименти су такви да је након сваке обилније кише могуће открити нове налазе. Због тога локалитет захтева континуирана истраживања, што је један од постулата на којима почива геоконзервација овог локалитета. Специфична фауна Пребрезе омогућава објашњење праваца и путева миграција различитих миоценских животињских врста из Азије у Европу преко територије данашњег Балкана.

Пребреза је значајан локалитет и за разумевање и других научних грана – седиментологије, стратиграфије, палеоекологије и геофизике, чиме је потврђен њен научни значај. Излагањем реплика налаза, интерпретативним садржајима и стручном водичком службом омогућава се едукативни доживљај овог локалитета.

Због свега наведеног, као и због забележеног присуства дивљих депонија као производа људске активности, локалитет је оцењен као изузетно угрожен. Он поседује низ значајних услова заштите. Карактеришу га: изворност, потпуно је природно издвојен локалитет специфичних карактеристика; репрезентативност; реткост, у смислу до сада пронађених налаза; разноврсност природних карактеристика и услова; као и целовитост са просторно уобличеним и утврђеним границама. На основу ових чињеница, 2025. године потврђена је заштита овог локалитета, на коме је забрањена било каква антропогена активност и слободна шетња, осим у простору који је оспособљен за туристичке посете. У ту сврху локалитет је значајно опремљен основним и додатним туристичким интерпретативним садржајима, са већ поменутим репликама налаза а као управљачки орган одређено је Јавно комунално предузеће из Блага.

Пиратерија Блаташнице (ГЛ10)

Појава пиратерије реке Блаташнице један је од најзначајнијих примера те врсте у Србији. Значај ове појаве је научно препознат, па је инвентарисана у Прелиминарни инвентар геонаслеђа Србије, као геонаслеђе геоморфолошког типа – остатак флувијалног рељефа.

Река Блаташнице је десна притока Расине. Настаје на југозападним падинама Великог Јастрепца као Поповичка река. У горњем делу слива прима неколико мањих притока, а од ушћа Врбовачког потока добија садашњи назив – Блаташница. У горњем току тече правцем северозапад–југоисток и природно би требало да буде притока Топлице. Међутим, код Блага лактасто скреће са овог правца и отиче према северозападу. Пробијајући Јанкову клисуру, на територији Расинског округа улива се у Расину на надморској висини од 292 m. Овакви токови називају се инверсним, а изграђени су у инверсном рељефу (Petrović & Manojlović, 2003, стр. 254). Њен адаптациони лакат, али и адаптациони лактови њених притока, Сибничке реке, Пребрешке реке, а нарочито Трбуњске реке, указују на промену праваца речних токова, односно на крају токова или речну пиратерију, којом је ток Суводолског потока делимично увучен у слив Блаташнице. На то указују и правци токова левих притока Топлице. Низводно од места пиратерије јавља се сува фосилна речна долина некадашњег тока Сувог Дола, данас теже уочљива услед урбанизације и интензивне пољопривредне активности.

Подручје слива Блаташнице у северозападном делу Топличког округа простор је контакта Динарида на западу и Српско-македонске масе на истоку. У пределу Јанкове клисуре јавља се антиклинала са осом ЈЗ-СИ, која одступа од основног динарског правца због наведеног контакта са Родопским копном. Она је изграђена од кристаличних шкриљаца а крила су изграђена од кредних лапораца, пешчара и конгломерата (Милић, 1964, стр. 37–38). Као последица спуштања нивоа Панонског мора, у његовим притокама јавља се интензивно усецање и уназадно померање (Станковић, 2005, стр. 172).

Топличко-косаничка котлина спуштена у палеозојским шкриљцима Српско-македонског масива, а да је током плиоцена представљала језерски басен указују језерски седименти на њеном дну, који данас чине основу геолошког састава котлине. Северни део представља најдубљи део котлине и он представља централну језерску раван некадашњег топличко-косаничког језера, данас знатно измењене пластике рељефа (Radovanović, 1994, стр. 40). Дно овог дела котлине састављено је од глинаца, пешчара и песковитих лапораца, лапоровитих глина до глине хидроликунског типа, са прислојцима туфа и финозрних

творевина формираних теригено-хемогеном седиментацијом условљеном вулканском активношћу у претходној геолошкој фази (Malešević i sar., 1974, str. 32).

Значајну улогу у објашњењу појаве пиратерије има систем бројних дислокационих разлома, развијених дуж западног и северног обода котлине, као и у њеним централним деловима. Посебно се издвајају Чучалски лонгитудинални расед, дуж којег бурдигалско-хелветски седименти долазе у контакт са кристаластим шкриљцима Српско-македонске масе, затим Блаташнички расед, који представља источну границу Копаоника и дуж којег је североисточно крило спуштено за око 500 m. Овај расед се наставља на Туларски и Топлички расед. Значајан је и Поповачки расед, уз који је формиран мањи асиметрични ров Пребрезе (Radovanović, 1994, str. 21), као и трансверзални расед Трбуњске реке, који се може пратити према долини Суводолског потока и који указује на могући некадашњи ток Трбуњске реке. Поред наведених, значајан је и лонгитудинални расед Трбуње–долина Блаташнице, дуж којег је Трбуњска река формирала свој садашњи ток, као и већи број мањих разлома.

Према Милић (1964, стр. 34), проблем пиратерије реке Блаташнице први су детаљно анализирали Ј. Цвијић 1909. године и касније И. Кребс 1922. године.

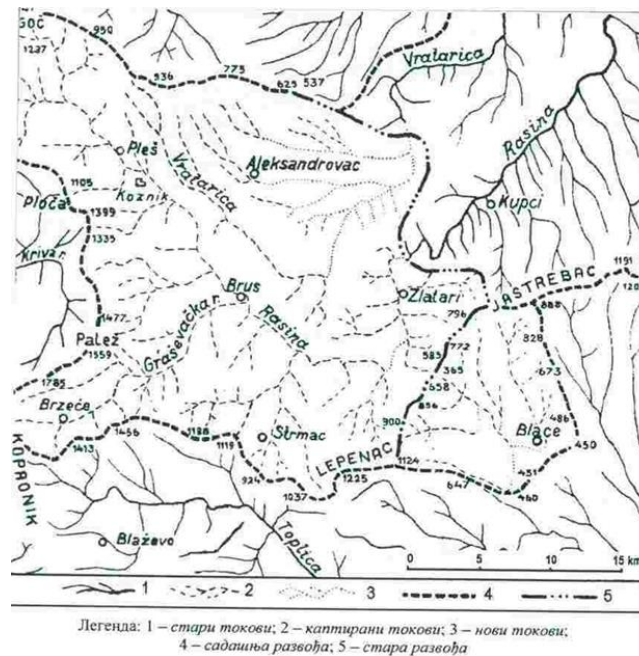
Јован Цвијић је указао на постојање адаптационог лакта у горњем сливу Блаташнице, сматрајући да је једна од притока Расине регресивном ерозијом напредовала уназад, пробила развође у области Јанкове клисуре и прешла у слив Топлице. На профилу Јанкове клисуре уочио је два висинска нивоа, на око 100 и 190 m изнад Блаташнице, које је интерпретирао као остатке отока којима су у плиоцену били повезани Жупски и Прокупачки басен. Према његовом тумачењу, од нивоа на око 67 m започела је прва флувијална фаза, праћена усецањем Јанкове клисуре и пробијањем развођа. Пиратерија је, према овом аутору, у потпуности извршена током формирања терасе на висини од око 14 m, што потврђују шљунковите насlage дуж Блаташнице, од Јанкове клисуре до Блага.

И. Кребс у основи прихвата Цвијићеву интерпретацију, али уводи одређене корекције. Он не прихвата постојање терцијарне отоке као везе између Жупског и Топличког језера, већ сматра да је повезивање ових басена настало тек након регресије Жупског језера и формирања јединственог слива Расине и Вратарнице, оријентисаног ка југоистоку. Каснијим тектонским спуштањем басена у области Крушевца дошло је до разбијања овог система и преусмеравања токова у данашње сливове Расине и Пепељуше. У области Јанкове клисуре формирано је ново развође између сливова Расине и Топлице, које је касније пробијено, услед чега је Блаташница променила правац и била увучена у слив Расине (Стричевић, 2015, стр. 74).

Милић (1964, стр. 35–36) даје сопствено тумачење процеса пиратерије, при чему Цвијићеву теорију сматра научно утемељенијом, иако указује на то да постојање висинских подова није довољан доказ. Истовремено, уочава контрадикције у Кребсовом моделу и сматра логичнијим став да се првобитно развође налазило у зони Јанкове клисуре. Према његовом мишљењу, пиратерија Блаташнице је релативно млада и одвијала се постепено. Анализа нагиба падина дуж притока Блаташнице, од Јанкове клисуре до Трбуњске реке, показује да су у вишим деловима оријентисане ка сливу Топлице. Испод висинског појаса од 490 до 520 m долази до постепене промене правца и усаглашавања токова, што указује на тектонско спуштање нижих делова терена. Ово упућује на закључак да су водотоци увучени у слив Блаташнице током фазе на висинама од 420 до 440 m (**Слика 36**), као последица вертикалних тектонских покрета. Поповачка река је, према истом аутору, каптирана у новијој фази, током циклуса на висинама од 370 до 390 m, који је захватио овај део Топличког басена. Као доказ ове фазе пиратерије наводи се и постојање Благског језера.

Може се закључити да је река Блаташница, у свом горњем току позната као Поповичка река, некада текла поповичко-туларским ровом у правцу југоистока, долином данашњег Суводолског потока. Услед промене нагиба терена, условљене тектонским спуштањем у

подручју Крушевачког басена, дошло је до формирања адаптационог лакта и инверзије тока. Променивши правац ка западу–северозападу, Блаташница је пробила виши терен у области Јанкове клисуре. Померањем развођа формирала је типичну пробојницу, ушла у слив Топлице и пресекла изворишни део Сувог Дола, леве притоке Топлице. Као последица овог процеса, Суводолски поток је постао краћи и хидролошки сиромашнији, док је Блаташница продужена и обogaћена водом (Radovanović, 1994, str. 34).



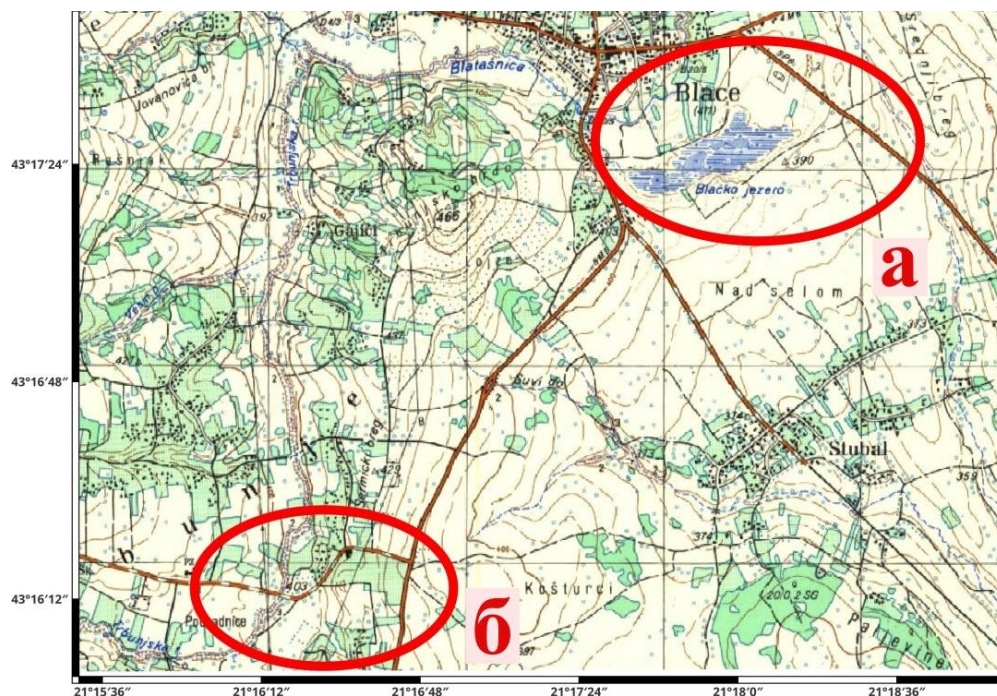
Слика 36. Развитак речне мреже Расине по И. Кребсу (Милић, 1964, стр. 35).

Блаташнички расед, који се пружа дуж линије села Стубал–Суви До–Туларе, у значајној мери је предодредио правац тока Суводолског потока ка Топлици, док је иза пиратерисаног дела, у зони села Стубал, остао очуван суви речни коридор. На месту промене правца и извршене пиратерије формирану су адаптациони лакат на око 390 m надморске висине и Блачко језеро (Слика 37-а), које се налази у близини недовољно јасно дефинисаног развођа између сливова Топлице и Расине (Милић, 1964, стр. 49).

С обзиром на то да се Поповачка река сматра последњом пиратерисаном притоком, може се закључити да је процес пиратерије Блаташнице текао постепено, од притока ближих Јанковој клисури, као што су Сибничка и Џепничка река, преко Пребрешке и Трбуњске реке, до Поповичке реке, а завршен је захватањем горњег тока Сувог Дола. У савременим условима Блаташница наставља да модификује свој ток, продубљујући корито у правцу северозапада, чиме се постепено удаљава од Блачког језера и развођа са сливом Топлице. Тренутно тече на око 1,5 m топографски нижем терену у односу на Блачко језеро (Станковић, 2005, стр. 172).

Трбуњска река такође представља пример јасно изражене, релативно младе чеоне пиратерије, настале услед интензивне регресивне ерозије. Њено карактеристично лактасто скретање из југоисточног у северни правац представља типичан адаптациони лакат (Милинчић & Лукић, 2001, стр. 206). Анализом топографије може се закључити да је првобитни правац тока био оријентисан у смеру северозапад–југоисток, између Кашеварске косе и Сермичког брега, ка долини Суводолског потока. Међутим, услед тектонског спуштања терена дуж раседних структура, Трбуњска река је чеоно пробила развође у зони

коте од 403 m, у данашњем селу Трбуње (Слика 37-б), након чега је скренула ка северу, мењајући правац тока и формирајући адаптациони лакат.



Слика 37. Подручја пиратерија: а) Блаташнице; б) Трбуњске реке (преуређено на основу геореференциране ТК 1:25000, лист Куршумлија 2-3).

Блачко језеро (ГЛ11)

Ово је најзначајнија, најстарија и највећа водена површина природног порекла на подручју Топличког округа. Описивано је у радовима Ј. Цвијића и Т. Ракићевића, а детаљније дефинисано у лимнолошкој монографији „Језера Србије“ С. Станковића (2005, стр. 172). Значајно је као локалитет геонаслеђа, део је Прелиминарног инвентара геонаслеђа Србије. Иако има статус језера, услед геоморфолошких процеса данас је означено као тресава (Слика 38). Налази се у северозападном делу Топличког округа, на југоисточном ободу насеља Блаце, на око 386 m н.в. Неправилног је елипсастог облика. Дугачко је од 700 до 900 m, а широко од 200 до 320 m. Често се у литератури истиче да захвата површину од око 12 ha. Узимајући у обзир и густу мочварну вегетацију, која прикрива обалску линију, те знатно отежава мерења, површина Блачког језера може бити већа од 23 ha.

Блачко језеро је настало ерозивно-флувијалним дејством Блаташнице, а данас се налази у последњој еволутивној фази. Настало је након отицања Топличког неогеног језера, у старијем плеистоцену, у басену ерозивног порекла. Према Ј. Цвијићу, представља део напуштеног корита реке Блаташнице и није ништа друго до њена лактаста мртваја (Станојевић, 2001, стр. 69). После извршене пиратерије, Блаташница је наставила да усеца своје корито, које је данас око 1,5 m испод новог Блачког језера, због чега га она храни све мањом количином воде, чак и при високим водама. Услед тога оно се брзо претвара у мочвару, чему доприноси и топла жупска клима са мало падавина (Станковић, 2005, стр. 172).

Вода се обнавља на више начина. Примарни начин је преливним водама Блаташнице у време високих пролећних вода, током периода март–април, чиме се побољшава водни

биланс језера. Други начин прихране је подземно притицање воде, јер постоји стална подземна веза између језера и реке. Такође, језеро се храни атмосферском водом, чија годишња висина падавина у овом делу Србије износи око 622 mm (Станојевић, 2001, стр. 69).

Језеро се одликује израженом биолошком разноврсношћу, која је условљена присуством минералних материја у подземним водама које га прихрањују. На интензиван развој вегетације утичу и физичко-географски фактори, пре свега надморска висина, повишена температура воде и присуство дебелих наслага тресета на језерском дну.



Слика 38. Тресава Блачко језеро (извор: Тодоровић М.)

Услед доминације хидрофилне вегетације и тресетних наслага, језерска вода у појединим депресијама, локално познатим као „ока“, има тамномрку боју и смањену провидност, док је обалска линија слабо дефинисана. Густа и развијена вегетација, која у значајној мери отежава приступ језеру, указује на његову напредну еволутивну фазу у хидросукцесионом развоју. Са аспекта научног истраживања, језеро има већи значај за биолошке него за хидролошке студије (Станковић, 2005, стр. 172).

Поред тога, оно има и одређени привредни значај, јер се трска користи као грађевински материјал након сечења и сушења, док „ока“ представљају погодна места за рекреативни риболов. Језеро такође представља важно станиште бројних врста птица, гмизаваца и инсеката, што додатно наглашава његов еколошки значај. Мештани га називају и „блатом“. По њему је и Блаташница добила име (Станојевић, 2001, стр. 70).

Осим што је обухваћено Прелиминарним инвентаром геонаслеђа Србије, језеро није званично заштићено. Планским документима општине Блаце око ове тресаве предвиђено је уређење туристичке зоне површине 44 ha.

У непосредној близини Блачког језера, у атару села Стубал, пронађени су делимично испитани неолитски остаци, укључујући камене секире и металне стреле (Милинчић & Лукић, 2001, стр. 205–206). За језеро је везана и легенда да се на његовом дну чува благо кнегиње Милице, сакривено након Косовског боја.

Бресничичка слатина (ГЛ12)

Бресничичка слатина представља заштићено станиште од 2018. године. Површина заштићеног подручја износи 4,23 ha, са режимима заштите II и III степена (Скупштина општине Прокупље, 2018, став 2, члан 2-6). Типичан је пример централнобалканских слатина и због своје изузетности уврштена је у ретка станишта, а услед функционалне непостојаности

и у фрагилна станишта (Ret/Frag (A)) на територији Србије. Издвојена је и као Емералд станиште, односно потенцијално Натура 2000 станиште (Zlatković, 2021, str. 217).

У научној литератури географске оријентације, о њој нема много података. Простире се на југозападном ободу села Бресничих. Теренским радом утврђено је да је удаљена нешто више од 13 km западно од Прокупља. Од државног пута I-б реда бр. 35 удаљена је око 500 m, са десне стране из правца Прокупља. Саобраћајно је лако доступна. Налази се у централном делу неогеног Топличког басена, на око 285 m н.в.

На основу топографске карте размере 1:25.000, лист Куршумлија 4–2, уочава се да је Бресничка слатина формирана у малој, плиткој депресији између ниских, крајњих јужних обронака Јастрепца, чија се надморска висина креће у распону од 300 до 340 m. Смештена је изнад леве речне терасе Топлице. Од главног тока одваја је алувијални појас ширине око 2 km. Литолошку основу слатине чине језерски пелитско-глиновити седименти тортонско-сарматске старости, који леже на неогеним наслагама песка, глине и шљунка. На површини терена доминирају глиновити и шљунковити материјали, док се према долини Топлице простиру алувијалне и пролувијалне насlage (Malešević i sar., 1974, str. 36).

На геолошко-педолошки састав значајно утичу подземне воде богате минералним солима, пре свега натријум-хлоридом. Избијање ових сланих вода на површину и њихово задржавање у депресији доводи до формирања слатинских станишта (Randelović et al., 2000, str. 39).

Депресија Бресничке слатине (**Слика 39**) благо је нагнута према долини Здравинске реке, која се низводно од села Бресничих улива у Концелску реку, а затим у Топлицу. Дренажање слатине омогућено је вештачким каналом који повезује ово подручје са Здравинском реком. Хидролошки режим слатине условљен је пре свега атмосферским падавинама, чији годишњи износ у овом делу Топличке котлине износи нешто мање од 650 mm (**Прилог 12-б**), док се подручје налази у оквиру изотерме од око 11 °C (**Прилог 12-а**). Ови услови чине слатину веома подложном сушним периодима, тако да се мања водена „ока“ јављају углавном током зимског и пролећног максимума. У складу с тим, и подземне воде имају несталан карактер.

Према својим природним карактеристикама, овај геолокалитет може се дефинисати као геолошко-педолошки, с обзиром на специфичан заслањени састав земљишта. Истовремено, услед честог замочваривања током већег дела године, поседује и изражене хидролошке карактеристике. Као мала депресија, може се сврстати и у објекте геоморфолошког наслеђа.

Бресничка слатина је детаљније проучавана са биолошког аспекта. Представља најбоље очувану слатину у Топличком региону и један од најзначајнијих фрагмената слатинских екосистема у југоисточној Србији. На овом подручју евидентирана су 132 таксона васкуларних биљака, укључујући бројне халофитне врсте (Zlatković, 2021, str. 150). Међу њима се издвајају и балкански ендемити, као што су далматински лук *Allium guttatum* ssp. *dalmatinum* и слатински цвет *Limonium gmelini*. Ове врсте су ретке и угрожене, при чему је далматински лук уврштен у Црвену књигу флоре Србије.

Бресничка слатина представља изузетно осетљив и фрагилан екосистем, угрожен различитим антропогеним утицајима. Најзначајнији притисак представља екстензивна пољопривреда, чији је утицај делимично ублажен мерама заштите уведеним 2018. године. Ипак, површина заштићеног подручја је ограничена, што указује на потребу за његовим проширењем, иако се оно налази у непосредној близини насеља и пољопривредних површина. Њихова близина условљава и додатне негативне утицаје, као што су одлагање отпада, формирање дивљих депонија и деградација вегетације услед гажења, нарочито заштићених врста. Ови проблеми могу се делимично ублажити применом мера геоконзервације и адекватног управљања простором.

Значајан ограничавајући фактор представљају и климатске промене, на које није могуће директно утицати. Смањење количине падавина доводи до сушења и фрагментације земљишта, што негативно утиче на биљне заједнице и стабилност слатинског екосистема.



Слика 39. Бресничка слатина.

Сува чесма (ГЛ13)

Структура овог геолокалитета састоји се од два наизглед повезана дела. Први део чини мање слатинско подручје, док други обухвата извориште минералних вода. Међусобно су удаљени око стотинак метара.

Слатинско подручје Суве чесме (**Слика 40-б**) веома је мало истражено и екстензивном пољопривредом годинама деградирано. Налази се у западном делу ширег градског подручја Града Прокупља. Заузима површину од око 1,5 ha и у поступку је заштите од 2010. године. Randelović et al. (2000, str. 39) наводе да су некада у подножју Јастрепца постојале чак четири слатинска подручја на местима извирања заслањених вода. Слатина Сува чесма, једно је од два, данас сачувана слатинска подручја у Топлици, али је знатно слабије проучавана у односу на Бресничкију слатину.

Лако је доступна. Налази се у централном делу Губетинског поља, на око 257 m н.в. Од Града Прокупља удаљена је око 6 km западно а од државног пута I-а реда Е-80 око 200 m, са леве стране из правца Прокупља. У алувијуму је Топлице од чијег је главног речног тока удаљена је око 450 m.

Слатина се двојако напаја водом. На присуство воде пре свега имају утицај подземне воде. Превасходно се мисли на подземне слане воде обогаћене минералним солима, чије избијање на површину земље и плављење доводи до стварања слатина.

Због мале разлике у надморској висини између слатинског подручја и главног тока Топлице која је изузетно мала, као и присуства неколико мртваја Топлице, може се сматрати плавним, јер га Топлица при сваком већем водостају плави. Висок водостај Топлице подиже и ниво подземних извора.

Други начин напајања представљају атмосферске падавине, количински сличне онима у Бресничкој слатини. Сува чесма се налази нешто источније, тако да је ближа изохијети од 600 mm/god. (**Прилог 12-б**), са нешто вишом температуром, која је приближна изотерми од 11°C (**Прилог 12-а**). Стога је аридност подручја Суве чесме благо израженија у односу на подручје Бресничка.

На основу природних карактеристика, овај геолокалитет може се окарактерисати као превасходно геолошко-педолошки. С обзиром на присуство ретког заслањеног земљишта и чињеницу да је током већег дела године замочварен, може се дефинисати и као хидролошки објекат.

Халофитска вегетација присутна у Бресничкој слатини у значајној мери показује сличности са вегетацијом локалитета Сува чесма, где су развијене травнате заједнице прилагођене животу на заслањеним земљиштима.



Слика 40. Сува чесма: а) – каптиран извор минералне воде; б) – слатинско подручје.

Ово слатинско подручје може се сматрати ретким и фрагилним екосистемом, изложеним бројним угрожавајућим факторима. Најзначајнији антропогени притисак представља екстензивна пољопривреда, која доводи до смањења површине слатине, чије границе нису јасно дефинисане. С обзиром на малу површину, постоји потреба за њеним проширењем, што је отежано због положаја на ободу пољопривредног земљишта. Додатне негативне утицаје представљају одлагање отпада и деградација слатинске вегетације услед гажења. Посебан проблем представљају неповољни климатски услови, односно субаридни карактер подручја Топлице, који условљава низак водостај главног речног тока и последично смањење нивоа подземних вода.

У непосредној близини слатине, на удаљености од око 300 m, поред државног пута I-6 реда бр. 35, налази се термоминерални извор Сува чесма (**Слика 40-а**), по коме је читав локалитет добио назив. Извор припада групи извора јастребачког хидротермалног чворишта у оквиру Српског кристалоног језгра. Термоминерална вода и гас CO_2 јављају се из разбијеног изворишта пречника око 200 m, на контакту алувијалних наслага Топлице и кристаластих шкриљаца у подножју брда Умац, на 267 m надморске висине. Назив извора потиче од периодичности његовог истицања, односно наизменичне активности и престанка истицања воде. Спада у акратотерме, и то хипотерме (Rakićević, 1969, str. 59).

Извориште је данас каптирано, а бушењем је добијена вода температуре 24 °C. Према хемијском саставу, вода припада HCO_3 типу, са високим садржајем натријума од око 1330 mg/l, укупном минерализацијом од 4,35 gr/l и рН вредношћу од 6,8 (Стевановић, 2020, стр. 91–92).

Геолошку основу изворишта чине кристаласти шкриљци, представљени гнајсевима, лептинолитима и микашистима. У северном залеђу виса Умац, на подручју Бамбурека, распрострањени су слојеви мермера и кварца, који се сматрају главним колекторима минералне воде. Јужни део подручја припада неогеним алувијалним седиментима Топлице, који трансгресивно леже преко кристаластих шкриљаца. У овим седиментима јављају се

подземне воде које заслањују површинско земљиште и условљавају формирање слатинског станишта.

Иако до сада није детаљно испитивана повезаност слатине и минералног извора Сува чесма, она је веома вероватна. Просторна близина, присуство подземних извора и висок садржај натријума у водама оба локалитета указују на могућност постојања заједничког хидротермалног система. Додатно, на оба локалитета уочена је несталност водног режима, што се може довести у везу са варијацијама нивоа подземних вода.

Сантрач (ГЛ14)

Један од геолокалитета који посебно завређује пажњу јесте Сантрач (**Слика 41**). Налази се непосредно уз државни пут II-а реда бр. 212, између села Пачарађа и Мерћез. Од ове регионалне саобраћајнице удаљен је око 100 m, са десне стране из правца Куршумлије. Од Куршумлије је удаљен око 20 km северозападно, а од Луковске Бање око 10 km.

Представља најужи и најатрактивнији део клисуре горњег тока Топлице, која је дуга више од 40 km и због својих карактеристика прозвана „Тесном“.

У геолошком саставу подручја доминирају флишне формације Копаоника. Оне су представљене доњокредним аренитско-алевролитским седиментима, односно алевролитима, пешчарима и лапорцима барем-аптске старости. Виши делови терена изграђени су од алевролитско-кречњачких седимената отривске старости. Ови слојевити кречњаци јављају се у асоцијацији са лапорцима у танким слојевима, увек праћени вапновитим алевролитима (Malešević i sar., 1974, str. 23). Управо су ове отривске алевролитско-кречњачке формације на подручју Сантрача пресечене током реке Топлице, а касније моделоване и углачане флувијалном ерозијом. Кречњаци су сиво-плаве боје, са јасно израженом слојевитошћу.

Овакве кречњачке стене на овом локалитету формирају стрме, готово вертикалне стране. У дужини од неколико стотина метара, ове формације постепено сужавају корито Топлице, тако да се ширина водотока на појединим местима смањује и до једног метра. Геолокалитет обухвата низ наизменичних мањих стенских проширења ширине од 3 до 5 m, са уским деловима ширине од 1 до 1,5 m, у оквиру којих се јављају слапови и каскаде. Оваква морфологија најизраженија је у условима ниског водостаја Топлице.



Слика 41. Сантрач – једно од сужења.

Посебна атрактивност локалитета долази до изражаја у условима високог водостаја, када сужења у зони Сантрача условљавају пораст енергије воденог тока, чинећи га динамичнијим и турбулентнијим. У таквим условима река добија карактер бујичног водотока са израженим ерозивним дејством.

Један од значајних разлога издвајања овог геолокалитета јесте чињеница да је недовољно истражен, иако представља неизоставну станицу на путном правцу ка Луковској Бањи. Истовремено, реч је о локалитету који је потенцијално, односно готово извесно, угрожен. Према просторно-планским документима акумулације „Селова“, предвиђено је његово потапање, што додатно наглашава потребу за његовим научним вредновањем и документовањем у постојећем стању.

7.3 Хидрогеолошки локалитети геонаслеђа

У хидрогеолошком погледу, територија Топличког округа може се поделити на три хидротермалне зоне. Простор Великог Јастрепца и неогеног Топличког басена део је Јастребачког хидротермалног чворишта. Хидротерме Лецког магматског комплекса на југу и југозападу округа, такође припадају Српском кристаластом језгру. Хидротермални извори Копаоника, на западу округа, део су Шумадијско-копаоничко-косовске хидротермалне зоне. Слани извори Добрича и Пусте реке, као и слатине овог подручја повезани су са вулканским активностима током геолошке историје. Зато Топлички округ представља геопростор изразите концентрације минералних и термалних извора са бројним хидронимима. Могу се издвојити чак 19 локација са појавом термоминералних, термалних и минералних извора, од којих ће најзначајније бити детаљније анализирани. Описани ће бити потенцијали и стање три афирмисана бањска лечилишта, али и неких мање познатих хидрогеолошких локалитета који завређују пажњу.

Термоминералне воде Куршумлијске бање (ХГЛ1)

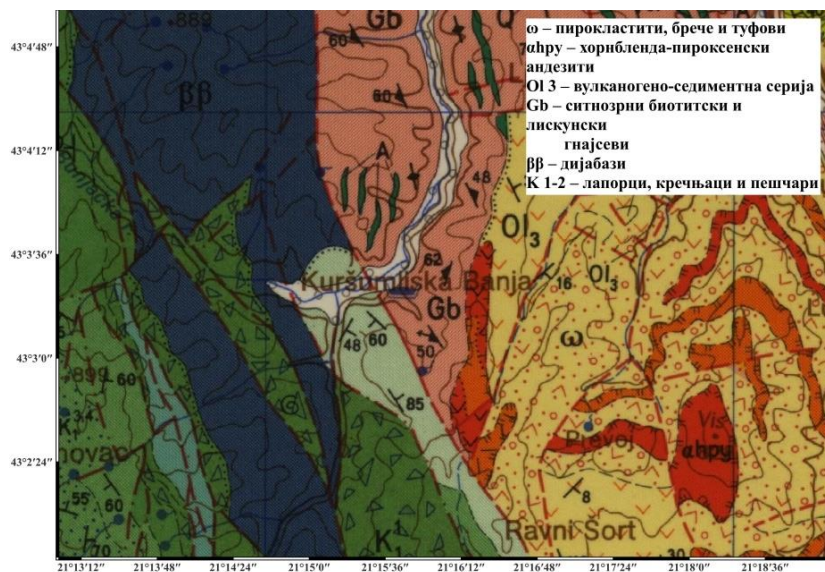
Куршумлијска бања налази се на западном ободу Српско-македонске масе, око 12 km југозападно од Куршумлије (Valjarević et al., 2018b, p. 951) на надморској висини од око 442 m. Окружена је обронцима Самокова на североистоку и Преполца на југозападу. Просторно се диференцира на Доњу бању, смештену у дну котлинице, и Горњу бању, која се налази на левој, нижој и благо нагнутој речној тераси (Стевановић, 2020, стр. 79). Представља једну од најстаријих активних бања на овом простору. Термоминералне воде коришћене су још у античком периоду, о чему сведоче остаци римског насеља *Aquarum Basianarum*, терми, споменика и римских новчића откривених током археолошких истраживања. Бања је била активна и током средњег века, а њени извори су активни и данас, представљајући значајну хидрогеолошку појаву не само у Топличком округу већ и у ширем простору Србије.

Појава термоминералних вода везана је за Куршумлијскобањску котлину, релативно малих димензија, дужине око 600 m и ширине око 280 m. Котлина представља алувијалну зараван насталу акумулацијом материјала на месту састава Буњачке реке и Преполачког потока, на око 450 m надморске висине. Ови водотоци формирају Бањску реку, значајну десну притоку Топлице, која је у свом току ка Куршумлији усекла уску Бањску клисуру дужине око 9 km. Југоисточно од бање уздиже се превој Преполац, удаљен око 5 km, који представља границу Топличког округа и простора Косова и Метохије. Саобраћајна повезаност је добра, с обзиром на то да кроз бању пролази државни пут II-а реда бр. 214, Куршумлија–Преполац.

Испитивања термоминералних вода вршена су у више наврата. Прву анализу извршио је Марко Т. Леко 1885. године, а затим и 1890. године, у ширем обиму. Том приликом испитивано је 11 извора, при чему је утврђено да воде припадају алкално-киселом типу топлих вода, температуре од 37,5 до 51,2 °C. Уочено је присуство јода у два извора, док су у појединим изворима регистровани арсен, литијум и борна киселина. Према подацима из 1922. године, извори су давали око 50 l/min воде температуре између 37 и 59 °C. Професор Александар Шчербаков је 1927. године извршио детаљнију класификацију, издвајајући јужну и северну групу минералних извора.

У циљу каптирања извора, 1963. године изведена су плитка бушења, при чему је добијено око 11,1 l/s топлих и хладних минералних вода температуре од 14 до 55 °C. Друга фаза истраживања реализована је 1974. године, када су изведене дубље бушотине (70–220 m), са температурама вода од 35 до 62 °C. Хемијски састав вода био је уједначен, а утврђена су изражена балнеолошка својства, пре свега због високог садржаја силицијумске киселине, метаборне киселине, литијума, флуорида, водоник-сулфида и угљене киселине. Током 1984. године изведена је бушотина Б-3/84, дубине 70 m, из које је добијено око 8 l/s воде температуре 65 °C (Вукоичић, 2013, стр. 46).

Котлина је тектонског порекла, формирана спуштањем између раседа, при чему је дуж раседних зона омогућено избијање термоминералних вода. Геолошка грађа је сложена и обухвата расед меридијанског правца дуж Бањске реке, познат као Преполачка раседна зона, која представља контакт палеозојских шкриљаца и доњокредних кречњачких формација. Геолошку основу (**Слика 42**) чине кристаласти шкриљци Бањске реке (Gb), као крајњи западни део Српско-македонске масе. Западно од котлине, према Преполцу, јављају се алевролитско-кречњачке формације (K_{1,2}), на које се надовезују базалтне брече (K₁₋₁) и масе дијабаза (ββ). Ове дијабаске формације биле су предмет дубоких истражних бушења до 480 m, али су се показале као хидрогеолошки неповољне (Вукоичић, 2013, стр. 46). Ипак, услед интензивне испуцалости и раседне дислоцираности, сматра се да омогућавају циркулацију термалних вода са западног подручја ка контактної зони са кристаластим шкриљцима (Стевановић, 2020, стр. 79–80).



Слика 42. Исецак геореференциране геолошке карте ширег подручја Куршумлијске бање (прилагођено на основу OGK SFRJ, Kuršumljia, 1:100.000).

Посебан значај за формирање термоминералних извора имају контакти кристаластих шкриљаца са терцијарним вулканитима, односно андезитским формацијама (αh , αhpy) и вулканогеним продуктима (Ol_3 , ω) источног дела подручја. Ове формације припадају Лецком магматском комплексу, чије се западне интрузије везују за простор Куршумлијске бање и Преполца (Malešević i sar., 1974, str. 40).

Експлоатационим бунаром захваћена је управо термоминерална вода у вулканитима: аквифер, на дубини од 108 до 170 m. Црпљењем се експлоатише 20 l/s воде температуре 68 °C, али су, као последица експлоатације, природни термални извори у бањи пресушили. Издашност извора је различита, а учестали тектонски процеси на овом подручју знатно утичу на њено варирање. Више некаптираних топлих извора у околини отиче директно у реку, па је речна вода у том делу загрејана до око 33 °C (Вукоичић, 2014, стр. 50).

Воде Куршумлијске бање припадају $NaHCO_3$ -Na типу, укупне минерализације 2,31 gr/l и рН вредности од 7,9 (Стевановић, 2020, стр. 82). На неколико квадратних километара јавља се укупно десет извора различитих температура и карактеристика, подељених у шест различитих типова: термоминерална сумпоровита вода „Жубор“; угљокисела вода „Мамурлук“ (из бушотине 185 m, температуре 25 °C, минерализације 0,8 gr/l); алкална вода „Алкал“ (артешка вода са самоизливом од 0,05 l/s, температуре 14 °C, минерализације 0,2 gr/l); магнезијумско-гвожђевита вода „Девојачка вода за очи“; карстна изданска вода за пиће „Преполца“ и вода за пиће из бушотине „Буњац“ (Стевановић, 2020, стр. 80–81).

Куршумлијска бања препозната је као лечилиште за обољења локомоторног апарата, реуматске грознице и реуматизма, рехабилитације након прелома костију, гинеколошких обољења, стерилитета и постоперативних третмана, болести метаболизма. Носилац рехабилитационих третмана је Завод и хотел „Планинка“, којим управља а.д. „Планинка“ из Куршумлије. Представља један од стубова развоја туризма Топличког округа. Дуго је била запуштена, до 2023. године, када је рехабилитациони центар обновљен а лечилиште поново почело са радом.

Окружена је очуваном природом са оближњим ловиштем „Шумата“, данас угроженим због близине административне линије са Косовом и Метохијом. У непосредној близини бање налази се и неколико мањих геолокалитета. Један од њих је Црквишки водопад, у средњем току Црквишког потока, десне притоке Бањске реке, на око 5 km северно од бање. Формиран је на раседу који раздваја појас дијабаза од појаса гнајсева.

Термоминералне воде Луковске бање (ХГл2)

Према надморској висини, Луковска бања сматра се највишом бањом у Републици Србији (Мађејка, 1985, стр. 30). Налази се на 681 m надморске висине, испод југоисточних огранака Копаоника, у зони планинског венца Мусинац–Шаторица–Пилатовица. Представља једно од најзначајнијих бањских лечилишта у оквиру Копаоничког хидротермалног чворишта. Од Куршумлије, у чијем се административном саставу налази, удаљена је око 35 km, а од села Луково око 1 km. Са општинским центром повезана је државним путем II-а реда бр. 212, Куршумлија–Мерћез–Блажево, а затим локалним асфалтним путем који пролази кроз уску Луковску клисуру дужине око 12 km.

Археолошки налази указују на то да су термоминерални извори коришћени још у римском периоду, о чему сведоче остаци мањег насеља у тзв. Горњој бањи и остаци цевовода за снабдевање водом. Ово насеље наставило је да функционише и током средњег века, као и током османског периода. Савремени развој бање започео је након Првог светског рата, док су први бањски објекти изграђени 1932. године. Прво купатило подигнуто је 1952. године, а каснијим развојем изграђено је пет нових купатила и једно блатно купатило (Valjarević et al., 2018, p. 951–952).

Термоминерални извори јављају се у мањем котлинском проширењу у доњем току Штавске реке, које је формирано непосредно након изласка из Штавске клисуре, кањонског типа, дужине око 8 km. Котлина представља тектонску депресију на надморској висини од 680 до 690 m, просечне дужине око 700 m и ширине око 200 m. Окружена је обронцима висова Глоговица, Врлетница и Возник. Њен првобитни рељеф накнадно је моделован процесима флувијалне ерозије и денудације. Након овог проширења, Штавска река се спаја са Требињском реком, која такође има кањонску долину дужине око 4 km (Милинчић & Љешевић, 1994, стр. 34). Њиховим спајањем, пре села Луково, настаје Луковска река, која представља десни изворишни крак реке Топлице. Пре уласка у Луковску клисуру, дужине око 12 km, ова река формира шире котлинско проширење дужине око 1 km и ширине до 350 m, у којем је смештено село Луково.

Климатске карактеристике бање условљене су пре свега њеном надморском висином. Подручје припада зони подпланинске климе, при чему значајно ослобађање топлоте из термоминералних извора утиче на формирање специфичних микроклиматских услова. Карактеришу га релативно високе годишње количине падавина, око 800 mm, често неравномерно распоређене, као и дуг снежни период током зиме са ниским температурама. Лета су умерено топла и свежа, што ово подручје чини погодним и за климатско лечилиште (Стевановић, 2020, стр. 82–83).

Геолошка грађа подручја (**Слика 43**) сложена је и недовољно разјашњена, што потврђују и резултати дубоких бушотина које нису у потпуности расветлиле структурне односе (Стевановић, 2020, стр. 84). Геолошке структуре имају доминантан правац пружања северозапад–југоисток, који је управан на значајну раседну линију дуж Штавске и Луковске реке, познату као Мургулска раседна зона, са којом је генетски повезана појава термоминералних извора.

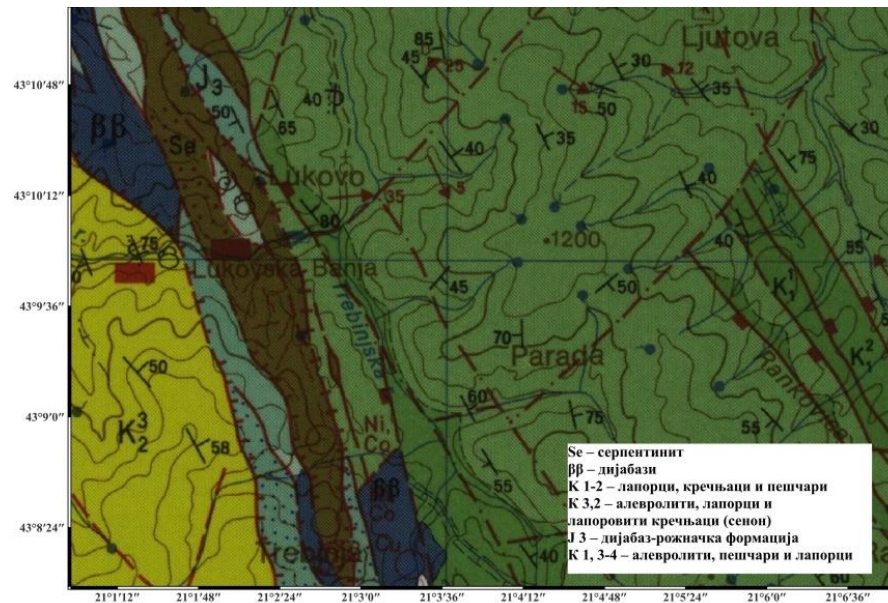
У ужем подручју бање најзаступљенији су серпентинити (Se) јурске старости, који заједно са јурским дијабаз-рожњачким формацијама (J_3) формирају издужене појасеве између офиолитских комплекса и вулканита (K^3_2) на западу и доњокредног флиша ($K^{3,4}_1$) на истоку. Западно од бање јављају се и дијабази ($\beta\beta$), као и лапорци и лапоровити кречњаци ($K_{1,2}$) доњокредне старости. Доњокредни флиш источног дела подручја хетерогеног је састава и доминантно је изграђен од пешчара (Malešević i sar., 1974, str. 22–23).

Хидрогеолошка истраживања нису у довољној мери обухватила ово подручје, па тачна позиција лежишта термалних вода није прецизно утврђена. Ипак, општеприхваћено је мишљење да се резервоар термалних вода налази у вулканитима западно од бање, одакле се вода дуж раседних зона транспортује ка површини.

Хидрогеолошким картирањем уже зоне Луковске бање, утврђено је да се на подручју налази 28 извора топлих вода, три самоизлива на истражним бушотинама са температуром изнад 15 °C, као и шест хладних вода. Извори су, према месту појављивања, концентрисани на два изворишта. Прво се налази у Доњој Бањи, где на потезу од 50 m има 10 извора. Друго је у Горњој Бањи, са обе стране Штавске реке, где се налази укупно 16 извора. На оба изворишта термални и хладни извори су измешани, па се може рећи да се у целој бањи извори јављају из јединственог разбијеног изворишта са обе стране Штавске реке. Између Доње и Горње Бање, на растојању од око 500 m, постоји само један извор код купатила у шљиваку, извор је каптиран и на њему је изграђено ново модерно купатило. Значајан део термоминералних вода истиче у корито Штавске реке (Вукоичић, 2013, стр. 41–42).

Истицање термоминералних вода је дуж раседних зона дуж којих је дошло и до контакта серпентинита, односно хидрокварцита, и кречњака дуж корита Штавске реке. Укупна издашност термоминералних вода у Горњој Бањи износи око 11 l/s, а у Доњој Бањи 60 l/s. Међутим, индиције указују на то да је количина издашности знатно већа, јер се неки извори излучују у самој Штавској реци што подиже температуру реке на излазу из бање за

око 1,5 °C. Избушено је и неколико бушотина, при чему је добијена укупна издашност од око 100 l/s, што ово подручје чини најбогатијим извориштем у Србији (Мађејка, 1983, стр.116). Данас су извори лепо уређени и на њима борави велики број посетилаца.



Слика 43. Исечак геореференциране геолошке карте ширег подручја Луковске бање (прилагођено на основу OGK SFRJ, Kuršumlija, 1:100.000).

Воде Луковске бање одређене су као алкално-земноалкалне киселе хипертерме (Malešević i sar., 1974, str. 48). Према физичким карактеристикама, воде свих изворишта су бистре, безбојне. Углавном је реч о водама типа $\text{HCO}_3\text{--Na--K}$, са укупном минерализацијом од 1,06 l/s и pH вредношћу од 6,78 (Стевановић, 2020, стр. 85). Воде се осим према изворишту на коме се јављају могу поделити, и према температури и хемијским карактеристикама. Хладне (обичне) воде температуре су од 8 до 14 °C, користе се за пиће, а према хемијском саставу су углавном хидрокарбонатно-калцијумско-магнезијумске, мале минерализације (испод 0,3 gr/l), мада се јављају и хидрокарбонатно-натријумско-калцијумске са минерализацијом од 0,83 gr/l, што указује на охлађене термоминералне воде. Термоминералне воде су температуре од 22 до 65 °C, хидрокарбонатно-натријумско-калцијумског састава, са минерализацијом од 552,25 mg/l до 1097,8 mg/l (Вукоичић, 2013, стр. 43).

Од укупног броја извора, само три се користе у балнеолошке сврхе и они се значајно разликују по хемијском саставу. Луковска бања се препоручује за: хронични реуматизам, дегенеративна обољења кичме, спондилозу, лумбоишијалгију, као и за рехабилитацију. Лечење се спроводи у три хотела, у власништву ДОО „Планинка“, Куршумлија.

У непосредној близини бање налази се мноштво природних и антропогених геолокалитета и културних споменика. Неколико наведених мезогеооморфолошких облика, Луковска клисура, Штавска клисура и Требињска клисура, са три стране окружују котлинско проширење Луковске бање. У непосредном окружењу присутни су микрогеолокалитети, као што су извор и водопад Девојачке сузе, Мрчка клисура, црква Свете Мине у селу Штава са очуваним средњовековним надгробним споменицима од локалног мермера и остацима рудокопа и топионица олова, сребра и злата (**Слика 44-а**). Ови рудници олова, сребра, никла, кобалта и злата присутни су и данас, Већина њих није у функцији, па би могли бити туристички искоришћени. На ширем подручју Луковској бањи гравитира неколико

геолокалитета. Један од најатрактивнијих је Шубарски водопад висине око 20 m, тектонског типа који се налази око 9 km северно од Луковске бање, у околини села Бабица (**Слика 44-б**).



Слика 44. Микрогеолокалитети подручја Луковске бање: а) – црква Свете Мине у селу Штава; б) – Шубарски водопад.

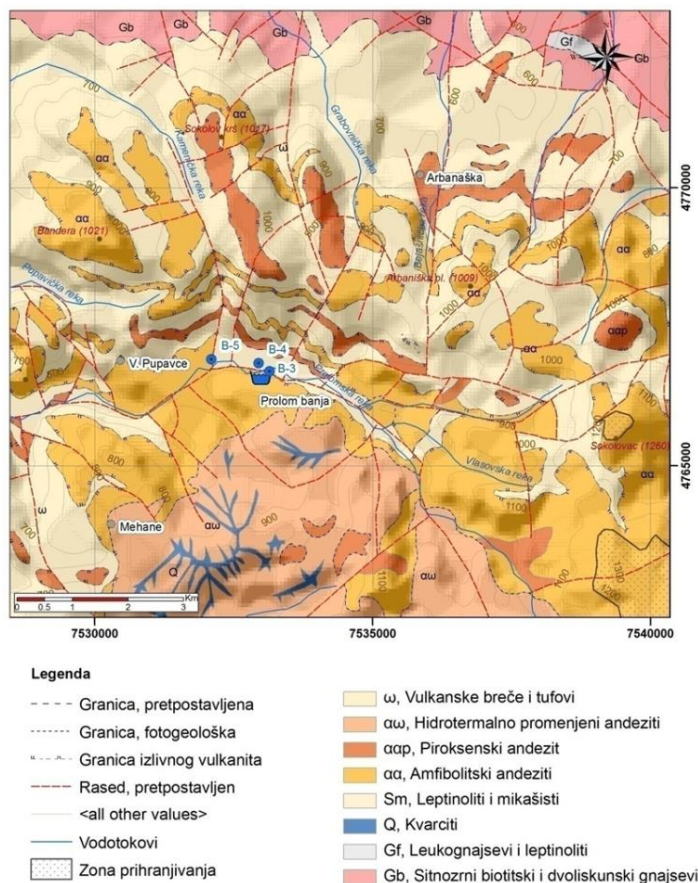
Термоминерални извори Пролом бање (ХГлЗ)

Пролом Бања се налази око 23 km југоисточно од Куршумлије, у горњем току Проломске реке, десне притоке Велике Косанице. Са истока је окружују висови Радана, са севера Соколовице, а са југа Механске и Проломске планине. У непосредном окружењу, изнад бање, издиже се неколико палеовулканских главица. Бања је добро саобраћајно повезана. До ње се стиже државним путем I-б реда Е-80, а затим државним путем II-а реда, бр. 228, Рударе–Пролом–Власово–превој Гајтанска врата.

Термоминералне воде ове бање припадају југозападном делу хидрогеолошке зоне Српског кристалоног језгра, односно хидротермалном чворишту Лецког магматског комплекса. По свим карактеристикама различите су у односу на две претходно описане бање. Воде Пролома препознате су као хидрогеолошки локалитет и укључене су у прелиминарни инвентар геонаслеђа Србије. Сама бања обухваћена је подручјем заштите Парка природе „Радан“. Извори се јављају на око 630 m н.в., што је сврстава међу највише бање у Србији. Главну црту морфологији рељефа овог подручја дала је Проломска река, која је кроз бању усекла дубоку долину.

Најзначајнији водоток је Проломска река, чијем сливу припада и више мањих водотокова: Пупавичка река, Жута бара, Дубоки поток, Власовска река и други. Целим током ова река тече дуж Проломског раседа, који представља узрок појаве термоминералних извора. Повремени водотоци се јављају након обилних падавина као последица геолошке грађе и мале вододрживости стена. У морфометријском смислу, стални водотоци најчешће представљају локални ерозиони базис за пукотински тип издани. У случају Пролом бање није примећена повећана издашност бушотина под утицајем повећања нивоа подземних вода (Petrović Pantić, 2014, str. 30–31).

У геолошкој грађи терена Пролом бање учествују кристаласти шкриљци као најстарије стене. Они су пробијени андезитним вулканитима и вулканоседиментним стенама Лецког магматског комплекса и представљају њихову подину (**Слика 45**). У широј околини узајамно се смењују изливи андезита (αh , $\alpha h p u$) и пирокластита (ω), вулканске брече и туфови, што је уобичајено за Лецки магматски комплекс.



Слика 45. Геолошка карта ширег подручја Пролом бање (Petrović Pantić, 2014, str. 32).

Јужно од бање присутан је поступни прелаз свежих андезита и кварц-андезита (αhp), са нормалном и једноличном харизмом, ка хидротермално промењеним андезитима (αΘ) и пирокластитима, унутар Ђавољварошке калдере (Malešević i sar., 1974, str. 30–32). Најдубљом бушотином потврђено је присуство андезита на дубини од 500 m, а како се зона истицања термалних вода налази на периферији Ђавољварошке калдере, реално се може очекивати да термалне воде потичу и са већих дубина (Стевановић, 2020, стр. 77).

У Пролом Бањи постоје два разбијена изворишта природних термалних вода и пет бушотина у њиховој близини, чији је положај на десној долиноској страни Проломске реке, релативно високо, око 50 m, изнад долиноског дна (Вукоичић, 2013, стр. 43). Тренутно се на подручју бање користе три бушотине: Б-3, Б-4 и Б-5, док су две бушотине затворене, а природни извори су пресушили. Утврђене резерве термалних вода из те три активне бушотине износе 5,77 l/s (Petrović Pantić, 2014, str. 33).

На подручју Пролом Бање до 1981–1982. године постојао је природни термални извор, тзв. „главни извор“, издашности 0,15 l/s и температуре воде 26,4 °C. Након израде оближњих истражних, а касније и експлоатационих хидрогеолошких бушотина кроз андезите (Б-1, Б-2 и Б-3), извор је пресушио. Западно од овог извора, у месту Пупавце, налазио се и термални извор издашности 0,2 l/s и температуре воде 26 °C (Стевановић, 2020, стр. 77).

Најзначајнија својства вода Пролом бање огледају се у њиховом специфичном хемијском саставу и израженом лековитом дејству. Специфичност хемијског састава условљена је ниском укупном минерализацијом, која се креће у распону од 0,183 до 0,247 gr/l, што је ниже у односу на минерализацију обичних вода у ширем подручју Пролом бање. У односу на укупну минерализацију, издваја се релативно висок садржај силицијум-диоксида, који достиже вредности до 60 mg/l. Вода припада HCO₃–Na типу, са pH вредношћу

око 9,0. Посебна карактеристика је и веома мала тврдоћа, око 0,40 °dH, што је значајно са аспекта терапијске примене, посебно у лечењу обољења бубрега (Стевановић, 2020, стр. 77–78).

Постојеће термалне воде погодне су за употребу у рекреативне и балнеолошке сврхе, посебно за пуњење базена, с обзиром на ниску минерализацију, незнатан садржај радона и одсуство угљене киселине. Међутим, због релативно ниске температуре, неопходно је њихово догревање. У том смислу постоји потреба за даљим истраживањима и експлоатационим радовима, са циљем добијања вода виших температура, што је оправдано претпоставком да термалне воде потичу из дубљих вулканитских структура.

Температура воде извора Пролом бање креће се од 25,5 до 33,8 °C, што их сврстава у групу слабо термалних, субтермалних или хипотермалних вода (Вукоичић, 2013, стр. 45). Извори су груписани у две основне целине.

Прву групу чини главно извориште, смештено у центру бањског насеља. Историјски посматрано, ово извориште обухватало је више од десет природних извора различите издашности, док се данас на том месту налази један главни извор са три бушотине. Након картирања 1976. године, изграђена је чесма са три изливна места. Вода се користи у терапијске сврхе, пре свега за лечење обољења дигестивног система, јетре, жучних путева, бубрега и бешике. Поред индивидуалне употребе, вода се користи и за потребе угоститељских и смештајних објеката. Приликом узорковања измерена је температура од 28,2 °C, а вода је бистра, без боје и мириса (Вукоичић, 2013, стр. 43–44).

Другу групу чини западно извориште, познато као „Пупавци“, које се налази у долини Дубоког потока, око 300 m узводно од његовог ушћа у Проломску реку. Ово извориште обухвата две групе термалних извора, међусобно удаљених око 80 m. Горњу групу, познату као „Гаће“, чине четири извора са температурама од 15,0 до 25,9 °C, и укупном издашношћу од 0,26 l/s. Најзначајнији извор у овој групи је „Пупавац“, који има природно формиран басен на надморској висини од 584 m. Температура воде износи од 26 до 27 °C, а издашност варира између 0,07 и 0,09 l/s. У туристичкој пракси овај извор сматра се „јачим“ у односу на главно извориште, па га посетиоци често користе. Доњу групу извора, познату као „Слана бара“, чини око 15 мањих извора распоређених степенасто дуж десне долиנסке стране Дубоког потока. Два извора су каптирана и користе се за водоснабдевање. У оквиру овог изворишта изведена је бушотина Б-5 1986. године, до дубине од 200 m кроз андезитске формације. Добијена је вода температуре око 30,5 °C и издашности 6,75 l/s, која се транспортује до централног резервоара у Пролом Бањи (Вукоичић, 2013, стр. 44).

Издашност термалних извора представља један од кључних параметара, јер директно утиче на могућност њихове примене у балнеолошке и туристичке сврхе. Пролом Бања располаже значајним количинама термалне воде, већим него многе друге бање у Србији. Данас се ове воде користе за пуњење рекреативно-лечилишних базена, терапију пијењем и купањем, као и за примену лековитог блата и хигијенске сврхе, у оквиру лечилишног комплекса хотела „Радан“, који послује у саставу а.д. „Планинка“ из Куршумлије.

Поред хидрогеолошких појава, у ужој околини Пролом Бање налазе се и други значајни геолокалитети који обогаћују њену туристичку понуду. Међу њима најпосећенији је водопад Соко, смештен у горњем току Продановог потока, на надморској висини од око 680 m, на падинама Соколовице, око 2 km источно од бање. Водопад је тектонског порекла, висине 3–4 m, формиран дуж бочног раседа, који се надовезује на главни Проломски расед. До локалитета води уређена пешачка стаза, која се даље наставља ка цркви-брвнари Лазарици, познатој по феномену „увијених шљива“.

У околини Пролом бање јављају се и неискоришћени минерални извори. У близини цркве Лазарице, на око 720 m н.в., налази се Салевића извор, слабе издашности од 0,03 l/s, температуре од око 11 °C, и pH вредности од 5,3. Према хемијском саставу, вода припада

SO₄–Ca типу, са повећаним садржајем нитрата (Стевановић, 2020, стр. 97–98). Значајан извор је и Жута бара, смештен око 3 km југозападно од Пролом бање, на 750 m н.в., издашности око 1 l/s и температуре воде од око 8 °C. Према хемијском саставу припада SO₄–Ca–Na типу, са присуством магнезијума, укупне минерализације од 1,95 g/l, и рН вредношћу од 6,74 (Стевановић, 2020, стр. 98–99). Хидроним и хемијски састав овог извора указују на његово вулканско порекло.

Термоминералне воде Виче - Вичка бања (ХГЛ4)

Појава термоминералних вода у селу Вича није у довољној мери истражена. Извориште ових вода јавља се на десној обали Топлице, на надморској висини од 300 до 310 m, око 2 km западно од Плочника. Скоро подједнако, око 18 km, удаљена је од Града Прокупља и од Куршумлије. Вичу са јужне стране окружује побрђе, односно крајњи северни обронци Соколовице, док је са осталих страна широко отворена ка алувијалној равни Топлице. Одликује је изузетна саобраћајна доступност. Око 2 km дугим локалним асфалтним путем од Тулара повезана је са друмско-железничким правцем Е-80.

Вичка бања или Топлички кисељак, једна је од наших најстаријих природних леčiliшта. Минерална вода коришћена је још 2000. година п.н.е., о чему сведоче уређаји и купатило из касног неолита, што ову бању сврстава у најстарије у свету (Стевановић, 2020, стр. 88). Остаци римских купатила и каптажа, откривени 1927. године, указују на то да је минерална вода коришћена и у том периоду, што је чини једном од најстаријих каптажа минералних врела у свету (Маћејка, 1985, стр. 6). Археолошких остатака везаних за коришћење извора има и на ширем подручју Вичке бање. Касноантичке терме код села Баце, дуж правца Е-80, указују да је Вичка вода била само део заједничког система, са изворима веома сличних карактеристика. У односу на њих, Вичка бања је најиздашнија.

Термоминералне воде Виче припадају хидротермалној зони Српског кристаластог језгра. Ово је најиздашнији извор Топличке групе у оквиру Јастребачког хидротермалног чворишта. Његову јужну границу чине извори дуж Топличког раседа са још неколико познатих минералних извора: Плочник–Барутана, Вички кисељак, Сува чесма (Костић, 1979, стр. 88), док се вода јакo сличних карактеристика јавља и у Будим-бањи у атару села Дрешница код Блаца.



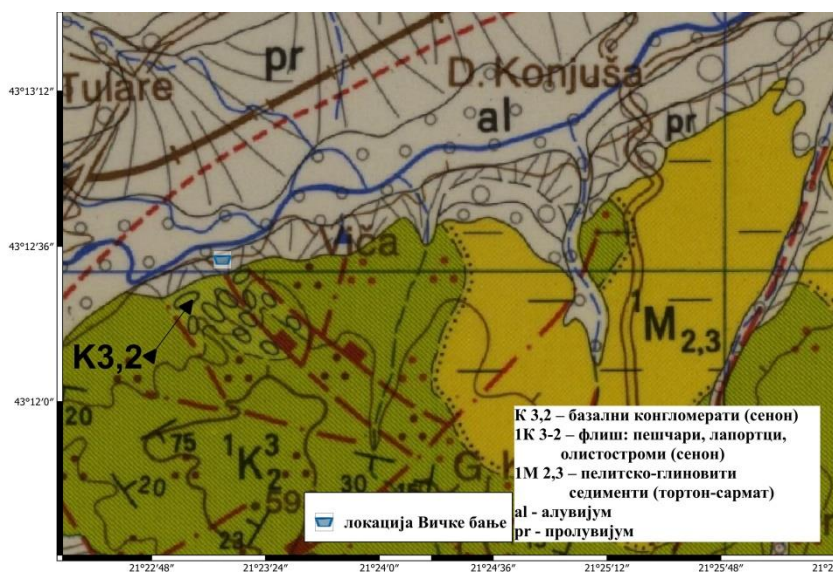
Слика 46. Каптажа Вичке бање.

Воде Виче јављају се на крајњем југозападном ободу неогене Топличке котлине, у зони контакта алувијалних и пролувијалних наслага реке Топлице са филитима северних делова планине Соколовице. Њихова појава условљена је присуством система мањих раседа правца север–југ, који су управни на регионално значајан Топлички расед правца запад–исток (Malešević, 1974, str. 39). Извори су позиционирани у зони укрштања североисточно спуштених блокова Вичког раседног система са Топличким раседом. Овај раседни систем обухвата подручје у залеђу села, морфолошки рашчлањено на три мања узвишења, локално позната као „брегови“, која поред званичних назива носе и топониме Милош Обилић, Топлица Милан и Косанчић Иван. На истоименом брегу, према легенди, налазе се археолошки остаци Топлице Милана.

Хидрогеолошки посматрано, реч је о угљенокиселој води која се формира у шкриљцима, док је њена температура од 23 °C сврстава у категорију нискотемпературних вода (<90 °C) (Petrović Pantić, 2014, str. 5). Вода се експлоатише из бушотине В-1 (Слика 46), дубине 107 m, изведене у гнајсевима, док су на дубинама од 94 до 107 m захваћене мермерне формације (Petrović Pantić, 2014, str. 66). Издашност изворишта износи око 15 l/s (Мартић Бурсаћ, 2017, стр. 35). Према хемијском саставу, воде припадају $\text{HCO}_3\text{--Na}$ типу, са повишеним садржајем флуора, укупном минерализацијом од 4,08 gr/l и рН вредношћу 6,9 (Стевановић, 2020, стр. 89). Карактеришу се као алкално-муријатичне киселе воде, а њихова примена је превасходно индустријска, односно користе се за производњу флаширане стоне воде (Malešević i sar., 1974, str. 48).

Геолошку грађу терена (Слика 47) чине кристаласти шкриљци прекамбријумске старости, представљени гнајсевима, лептинолитима и микашистима са сочивима мермера и кварцита, затим флиш горње креде ($^1\text{K}_2$, $^2\text{K}_2$), као и неогени и квартарни седименти.

Воде Виче су каптиране и транспортоване до постројења за флаширање у селу Туларе, где су се до 2002. године пласирале под трговачким називом „Милан Топлица“. Постојење је данас у процесу приватизације. Од тада око 100 l/s воде Вичке Бање, које су још 1933. године у Паризу и Лондону одликоване златном медаљом *Grand prix* (Rakićević, 1969, str. 58), неповратно отичу у реку Топлицу.



Слика 47. Исечак геореференциране геолошке карте са системом раседа подручја Виче (прилагођено на основу OGK SFRJ, Kuršumljia, 1:100.000).

Према температури и геолошкој подлози из које је добијена, Костић (1979, стр. 88) доводи воде Вичког кисељака у везу са изворима Рибарске Бање, јер припадају истом

хидротермалном чворишту. Према неким елементима хемијског састава, Petrović Pantić (2014, str. 109) доводи воду Виче и у везу са неким водама Сијаринске Бање и водом Тулара код Медвеђе. Разлике у односу на изворе у Јабланичком округу су нешто нижи садржај калцијума и магнезијума, а нарочито низак садржај SO_4 . То се у води Виче тумачи као значајан утицај кристалистих шкриљаца, иако су ове воде захваћене из мермера, док се виши садржај ових елемената у водама Сијаринске бање и Тулара тумачи као последица вулканизма, односно присуства пирита.

Комплексна геологија терена на ширем подручју села Вича, условила је формирање воде са повишеним садржајем ретких метала, посебно групе тешких ретких земних елемената. У угљенокиселој води из Виче, поред повишеног садржаја бора (B), берилијума (Be), германијума (Ge), рубидијума (Rb), волфрама (W) и флуора (F), јављају се и повишени садржаји ниобијума (Nb), цирконијума (Zr) и ретких елемената попут диспрозијума (Dy), ербијума (Er), холмијума (Ho), лутецијума (Lu) и других. Приликом узорковања средином XX века, вредност ових елемената у флашираној води Вичке бање биле су више од максимално забележених вредности елемената у 884 узорка флашираних вода у Европи (Petrović Pantić, 2014, str. 117–118).

Савремене анализе помоћу хемијских геотермометара вршене су како би се процениле максималне температуре воде које би се могле добити из резервоара. Утврђено је да се на бушотини у Вичи могу очекивати температуре приближно $77,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, при чему се резервоар налази на дубини од око 1,55 km. Овај податак указује на то да би се евентуалним додатним, дубљим бушотинама, могла добити и вода више температуре која би се могла користити и у балнеолошко-терапеутске сврхе (Petrović Pantić, 2014, str. 129).

Геолокалитет Вичке бање лако је доступан али није уређен за туристичке посете. Већина шире јавности не зна да постоји. Стога је потребно уредити локалитет, као и капацитете за флаширање у селу Туларе. Фабрика воде и каптаже могли би бити део исте геотуристичке маршруте, заједно са оближњим археолошким локалитетом Плочник, археолошким остацима касноантичке базилике у селу Баце и минералним изворима у селима Туларе и Плочник.

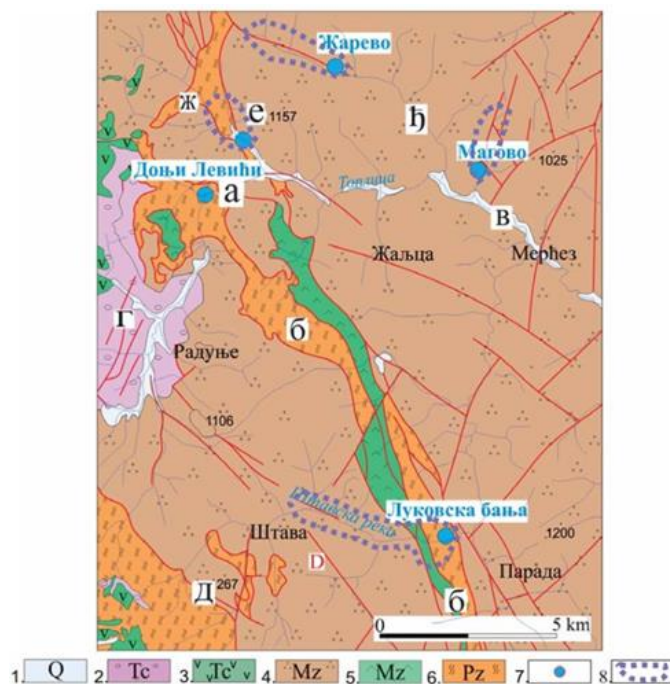
Минерална вода Магово (ХГл5)

Ово недовољно истражено извориште минералне воде налази се у селу Магово, око 25 km северозападно од Куршумлије, у средњем току Маговског потока, леве притоке реке Топлице. Од главног саобраћајног правца, државног пута II-а реда број 212 Куршумлија–Мерћез–Блажево, удаљено је око 250 m са десне стране, посматрано из правца Куршумлије (Стевановић, 2020, стр. 85). Шире подручје припада југозападно оријентисаним падинама Лепе Горе (Пожар), која представља крајње источне делове масива Копаоника. Простор је у оквиру Копаоничког хидротермалног чворишта. Према карактеристикама воде, извори Магова повезују се са водама Српско-македонске масе. Оваква сложеност геолошке грађе и морфоструктурних односа подручја, чини истраживање овог извора захтевним и отежаним.

Геолошки посматрано, подручје представља контактну зону Интерне вардарске зоне на истоку и Српско-македонске масе на западу. Овај контакт условио је интензивне тектонске процесе, пре свега убирање и раседање, услед чега је формиран систем бројних раседа. Дуж појединих од њих регистроване су појаве минералних вода, како у Магову, тако и у суседним селима Жарево и Доње Левиће (Маринковић, 2014, стр. 36).

Најстарије стене овог подручја представљају дијабаз-ројњачке формације, односно комплекс магматских и метаморфних стена горњојурске старости, насталих утискивањем базичних магматита, пре свега дијабаза, током доње и средње јуре. Ове формације чине

подину доњокредних флишних наслага које доминирају у геолошкој грађи простора. Флиш је представљен аренитско-алевролитским седиментима барем-аптске старости (K_1^{3+4}), односно алевролитима, пешчарима и лапорцима (**Слика 48**). У вишим деловима терена јављају се алевролитско-кречњачки седименти отривске старости (K_1^2), при чему су слојевити кречњаци у танким серијама у асоцијацији са лапорцима и вапновитим алевролитима (Malešević i sar., 1974, str. 23–24).



Слика 48. Хидрогеолошка карта области угљокиселих вода Жарева, Магова, и Доњих Левића (Маринковић, 2014, стр. 66).

Легенда: 1 – водопропусне неvezане квартарне насlage; 2 – водопропусне неvezане и слабо везане преквартарне насlage; 3 – и 5 – водопропусне чврсте стене; 4 – практично водонепропусне стене; 6 – претежно водонепропусне високометаморфне стене; 7 – појава угљокиселе воде; 8 – област прихрањивања угљокиселих вода, претпостављена; D – екстерна вардарска подзона; а – разломна зона Војетина; б – дубоки разлом Плеш–Радманово (Мургулски); в – активни топлички разлом; г – блажевска потоплина; д – дислокациона зона; ђ – преврнута антиклинала; е – жељинско–копаонички антиклиноријум; ж – расинско–топлички синклиноријум.

Кречњаци су најинтересантнији са хидрогеолошког аспекта, јер се сматрају главним носиоцима хемијског састава извора у Магову. Анализе показују да вода припада групи угљенокиселих вода, $\text{HCO}_3\text{--Na}$ типа, са садржајем CO_2 од 1,40 gr/l (Мијовић и сар., 2009, стр. 405). Издашност извора износи око 0,15 l/s, температура воде се креће у распону од 13 до 13,5 °C, а рН вредност износи 6,4 (Вукоичић, 2013, стр. 41; Стевановић, 2020, стр. 86–87).

С обзиром на недовољну истраженост, генеза ових угљенокиселих вода није у потпуности разјашњена. На површини терена вода истиче из лапораца, али се на основу њеног хемијског састава претпоставља да се издан формира у кречњачким слојевима. Посебно је значајна појава високог садржаја натријума, који износи око 1245 mg/l, при чему јони натријума и калијума чине приближно 90% еквивалената. Овај однос је у несагласју са литолошким карактеристикама кречњака, у којима доминира калцијум, чији је садржај у води релативно низак и износи око 80 mg/l. Такође, вода се одликује ниским садржајем гвожђа, од око 0,244 mg/l (**Табела 36**). Тип издани у кречњачким слојевима флишног комплекса је пукотински, а њено прихрањивање врши се претежно атмосферским падавинама, што указује на директну зависност режима издани од климатских услова.

Овде се може направити и паралела између извора у Магову и извора у око 5 km удаљеним селима Жарево и Доње Левиће, који припадају Расинском округу. Жарево се

налази северно од Магова, на истој географској дужини, али супротно оријентисаним падинама Лепе Горе. Анализа је показала да извор у Жареву има сличности са Маговом – такође припада угљенокиселим водама, HCO_3 -типа, са константном температуром од око 13 °C (Стричевић, 2015, стр. 55) и садржајем CO_2 од 1,2 до 1,8 gr/l (Мијовић и сар., 2009, стр. 405). Доњи Левићи се налазе западно од Магова, на западно оријентисаним падинама Лепе Горе. Угљенокисела вода из Доњих Левића истог је састава као и вода у Жареву, више температуре од око 18,8 °C и издашности од 1,8 l/s (Маринковић, 2014, стр. 68). То указује на могућност постојања заједничког извора у дубљим водоносним слојевима. Такође, истицање се врши из истих флишних формација као у Магову и везано је за линије раседа. Међутим, ова два извора имају и значајне разлике. Вода Жарева је доминантно калцијумско-магнезијумска, при чему ови јони чине 88% еквивалената, са високим садржајем гвожђа од 17,6 mg/l, али са ниским садржајем натријума. С тим у вези, веза између ових извора само је донекле потврђена и потребно је додатно истражити сва изворишта.

Табела 36. Хемијске карактеристике минералне воде Магово (Вукоичић, 2013, стр. 41; Стевановић, 2020, стр. 87).

хем. ознака	симбол	садржај (mg/l)	хем. ознака	симбол	садржај (mg/l)
Хидрокарбонати	HCO_3	3224,1	Манган	Mn	10,5
Органске матер.	-	0,70	Гвожђе	Fe	0,244
Флуориди	F	3,20	Бакар	Cu	3,7
Сулфати	SO_4	2,00	Магнезијум	Mg	38,0
Борати	BO_3	49,30	Натријум	Na	1245,0
Кадмијум	Cd	0,117	Калијум	K	16,00
Цинк	Zn	2,595	Калцијум	Ca	80,0

Природни потенцијал воде у Магову само је делимично искоришћен због неадекватне каптираности извора. Укупна количина воде која истиче, не представља и максималну издашност, јер је присутно и дифузно истицање. Овако захваћену воду користи локално становништво, најчешће за пиће, јер због великог садржаја CO_2 делује освежавајуће, а верује се и у њену лековитост (Вукоичић, 2013, стр. 41; Стевановић, 2020, стр. 86). Плански документи општине Куршумлија још од 2008. године предвиђају индустријску експлоатацију ове минералне воде.

Дубљим и адекватније изведеним истражним бушотинама могла би се обезбедити већа издашност, бољи квалитет воде и могућности њеног вишенаменског коришћења, пре свега у балнеологији и у флаширању, јер све карстне воде Копаника представљају квалитетне стоне воде. Угроженост извора изградњом акумулације Селова такође може бити један од проблема, јер се може претпоставити да ће подземне воде ове акумулације изменити режим изворишта у Магову, које је релативно ниско постављено у односу на долину Топлице.

Ex situ геонаслеђе Топличког округа (ГЛ15)

Ex situ геонаслеђе Топличког округа представљено је кроз палеонтолошку и археолошку збирку Народног музеја Топлице, који се налази у Граду Прокупљу. Обе збирке чине део сталне музејске поставке, конципиране су као хронолошки приказ палеонтолошког и археолошког материјала, као и најзначајнијих археолошких локалитета овог подручја.

Палеонтолошка збирка обухвата део налаза са локалитета Пребрета, који потичу из миоцена. У циљу очувања фосилних остатака сисара, део материјала депонован је у Народном музеју Топлице, док се значајнији део чува и излаже у Природњачком музеју у Београду.

Збирку Народног музеја чини десетак палеонтолошких предмета, међу којима се издвајају фрагмент доње вилице са зубима мамута (**Слика 49**), остаци врсте *Gobicyon macrognathus* Colbert 1939, *Tungurictis* sp., хијене *Percrocuta miocenica* Pavlovic & Thenius 1965, затим *Giraffokeryx punjabiensis* Pilgrim 1910, као представника жирафа, *Hypsodontus serbicus* Pavlovic 1969, *Eotragus sansaniensis* Lartet, као и остаци оклопа џиновске корњаче из породице *Testudinidae*, вероватно рода *Titanochelon*, и великог гуштера рода *Varanus* sp. Већина ових налаза изложена је у сталној поставци, док се осетљивији експонати чувају у депоима музеја, а њихове реплике презентоване су на самом локалитету у Пребрезу.



Слика 49. Део *ex situ* палеонтолошке збирке – остаци вилице мамута (Народни музеј Топлице, 2026).

Други сегмент *ex situ* геонаслеђа чини археолошка збирка, која обухвата материјал са локалитета Плочник из неолитског периода, као и налазе са дарданске некрополе у Доњој Топоници. Посебно се издваја германско копље пронађено на локалитету Хисар, које потиче из периода Велике сеобе народа и представља један од највреднијих експоната музејске поставке.

8. ГЕОИНФОРМАТИКА И НУМЕРИЧКЕ АНАЛИЗЕ У ФУНКЦИЈИ ВРЕДНОВАЊА ГЕОЕКОЛОШКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА ТОПЛИЧКОГ ОКРУГА

Током израде докторске дисертације примењен је већи број метода и извора за прикупљање и обраду података, међу којима се издвајају историјска метода, теренска истраживања, компаративна метода, као и метода анализе и синтезе. Посебан значај има метода инвентаризације, у оквиру које су, уз примену теледетекционих техника, прикупљени и систематизовани просторни подаци. У даљем току истраживања, за аналитичке потребе, примењене су статистичке методе GAM, M-GAM и SAM, као и теледетекционе, ГИС-базиране геостатистичке методе и технике. Методологија рада усклађена је са дефинисаним циљевима и задацима дисертације.

У првој фази израде дисертације доминирали су историјски и емпиријски методолошки приступи. Историјска метода, кроз анализу релевантне литературе, писаних извора, статистичких и картографских података, омогућила је сагледавање општих карактеристика и специфичних објеката и појава на простору Топлице. Теренска истраживања омогућила су евидентирање геолокалитета, дефинисање њиховог просторног положаја и документовање путем фотографија. Ови подаци представљали су основу за даљу примену ГИС-базираних метода генерализације, инвентаризације и формирања база података. Поред тога, током теренских истраживања прикупљани су и статистички подаци методом анкетирања и интервјуа, што је омогућило примену нумеричких анализа.

У другој фази рада примењене су картографска и аналитичко-синтетичка метода, са циљем детаљног приказа физичко-географских карактеристика Топличког округа. Коришћене су дигитализоване и геореференциране геолошке карте размере 1:100.000, геоморфолошке карте размере 1:300.000, као и војне топографске карте размера 1:25.000 и 1:50.000. Анализом различитих картографских извора идентификовани су симболи који указују на присуство геолокалитета, као што су литице, раседи, јаруге, палеовулканске купе и хидрогеолошки објекти. Географски информациони системи и дигитални елевациони модели коришћени су за анализу морфометријских карактеристика терена, генерисање геолошких параметара и анализу сливова. Даљинска детекција омогућила је ефикасно прикупљање геопросторних података без директног контакта са објектом истраживања, уз истовремено сагледавање ширег простора.

За потребе инвентаризације и формирања прелиминарних ГИС база података коришћени су и доступни дигитални извори, укључујући *Google Earth*, *Google Maps* и *OpenStreetMap*. Посебна пажња посвећена је анализи фотографија природних формација, видиковаца и већ валоризованих геотуристичких локалитета. Коришћена је и база података Информационог система непокретних културних добара (ИМП) (Ivanović et al., 2023, p. 7). Овим поступцима реализована је друга фаза истраживања, која је обухватила анализу, инвентаризацију и вредновање научних, естетских и додатних вредности геолокалитета.

Трећа фаза израде дисертације обухвата два комплементарна сегмента. Први сегмент односи се на нумеричку евалуацију и обраду прикупљених података применом метода за квантитативно-квалитативну анализу геонаслеђа. У овом делу значајну улогу имају теренска истраживања кроз анкетирање и интервјуисање, у којима учествују геоексперти и геотуристи. Ради примене нумеричких и геостатистичких анализа извршена је класификација геолокалитета. Прва група локалитета, означена као ГЛ-1 до ГЛ-15, обухвата геолошко-геоморфолошке локалитете са пратећим педолошким, петрографским, палеонтолошким и биогеографским карактеристикама, укључујући и један *ex situ* локалитет. За њихову евалуацију примењују се GAM и M-GAM модели, уз дескриптивну статистику (Vujić et al.,

2011, p. 366–372; Tomić, 2011, p. 104–106). Друга група обухвата хидрогеолошке локалитете, чије се вредновање врши применом SAM модела (Tomić & Košić, 2020, p. 3–7).

Други сегмент треће фазе усмерен је на унапређење визуелизације резултата применом ГИС алата. У том циљу примењује се метода интерполације IDW (*Inverse Distance Weighting*), која омогућава просторну анализу и кластеризацију геолокалитета на основу GAM, M-GAM и SAM вредности, као и предикцију њихове просторне дистрибуције. Ова метода допуњена је изохроном анализом ради поређења резултата.

Четврта фаза заснива се на примени ГИС технологија у мрежним анализама и креирању ТИН модела, са циљем анализе доступности геолокалитета. Применом изохроног приступа дефинишу се зоне доступности и геотуристичког потенцијала, што представља основу за одређивање приоритетних зона заштите и развоја. У овој фази врши се и зонирање простора Топличког округа, као и идентификација угрожених геолокалитета.

Пета фаза обухвата дефинисање модела одрживог коришћења геонаслеђа, укључујући креирање геоеколошких и археолошко-туристичких маршрута, као и примену интерактивних карата заснованих на ГИС технологијама.

8.1 Вредновање геоеколошког потенцијала геолокалитета за потребе туризма и рекреације

Поглавље 8.1 представља наставак истраживања објављеног у часопису *Open Geosciences* (Ivanović et al., 2023, p. 1–19) и односи се на вредновање геоеколошког потенцијала геолошко-геоморфолошких локалитета за потребе туризма и рекреације.

8.1.1 M-GAM нумеричка анализа

Дизајнирање упитника иницијални је део анкетног истраживања на којем се заснивају нумеричке анализе. Примена GAM и M-GAM статистичких нумеричких модела подразумева претходно анкетно прикупљање мишљења геоексперата и геотуриста. За потребе докторске дисертације анкетно истраживање спровођено је у више наврата.

За део геолокалитета коришћени су већ обрађени резултати примењени у анализи GAM моделом за потребе научне публикације Ivanović et al. (2023, p. 7). То анкетно истраживање спроведено је током фебруара и марта 2023. године. Учествовала су укупно 52 геоексперта, који су вредновали шест одабраних геолокалитета Топличког округа (<https://forms.gle/x1PKSEinv3f5ZT7y7>). Геоексперти су пажљиво одабрани у складу са својом стручношћу у областима географије, геологије, геонаслеђа и геотуризма.

Сваком од учесника послат је линк са анкетом, тако да је анкетирање било полу-дириговано. Упознати су са тематиком истраживања и истраживаним подручјем. Спровођење упитника подразумевало је претходно објашњење сврхе истраживања и поједностављено тумачење сваког појединачног питања и групе одговора. Кроз анонимност испитаника сачуван је кредибилитет одговора. Упитник је подељен на два дела. Први део обухвата питања везана за социодемографске профиле учесника (пол, узраст, место становања и образовни ниво) (**Табела 37**). Значајно питање тичало се облика транспорта који се најчешће користи приликом доласка у туристичке дестинације или током боравка у њима, важним за касније аналитичке приступе изохроним картама. Учесници су могли бирати између различитих облика транспорта.

Други део анкетног истраживања спроведен је током децембра 2025. године. У њему је, од стране истих геоексперата, вредновано додатних девет еминентних геолошко-геоморфолошких локалитета. Како би резултати били упоредиви, водило се рачуна о

неколико битних чињеница. Коришћена су иста анкетна питања, прописана GAM методологијом. Анкета је поново била полу-диригована, а линк анкете (<https://forms.gle/yNzQrdHYWQJjWHpR7>) послат је на имејл адресе истих геоексперата (укупно 52). На тај начин је сачувана социодемографска структура испитаника. То је позитивно утицало на веродостојност и упоредивост резултата, упркос временској дистанци. Мора се нагласити и да се ниједан од вреднованих параметара раније оцењиваних геолокалитета није у већој мери изменио, упркос временском размаку, што је потврђено теренским истраживањима.

Сваки од испитаника оцењивао је свих 27 субиндикатора, при чему је за вредновање коришћена Ликертова скала од пет степена у распону од 0,00 до 1,00, где вредност 0,00 означава „неважно“, а 1,00 „веома важно“. Истраживање је спроведено онлајн, а за дизајнирање и дистрибуцију упитника коришћена је апликација Google Forms. Посебна пажња посвећена је избору узорка, тако да су у овој фази истраживања учествовали искључиво геоексперти, са циљем обезбеђивања високе валидности добијених резултата.

Табела 37. Социодемографски профил учесника анкетања GAM моделом (Ivanović et al., 2023, p. 7)

<u>Геоексперти</u>					
Пол	мушки	52,8%	место сталног живљења	АП Војводина	2,8%
	женски	47,2%		Град Београд	13,9%
Годиште	од 19 до 59 година	91,7%		Шумадија и Западна Србија	11,1%
	више од 60 година	8,3%		Јужна и Источна Србија	72,2%
најчешћи облик транспорта	аутомобил	83,3%	степен образовања	мастер/магистар	44,4%
	аутобус	16,7%		докторат	55,6%

Анкетно истраживање имало је и функцију унапређења методолошког оквира GAM модела кроз примену модификованог М-GAM приступа, који подразумева укључивање геотуриста у процес вредновања. С обзиром на то да су у оквиру GAM модела оцене субиндикатора дали искључиво стручњаци, ради постизања веће објективности и свеобухватности истраживања у дисертацији је спроведено додатно анкетање туриста и потенцијалних геотуриста са простора Топличког округа.

Ово истраживање реализовано је теренским радом, методом структурисаног интервјуа, уз директну интеракцију анкетара и испитаника („лице у лице“). Спроведено је у периоду од октобра 2025. године до средине јануара 2026. године, на узорку од 178 испитаника. Анкетни упитник био је структуриран у два дела. Први део односио се на социодемографске карактеристике испитаника (**Табела 38**), док је други део био усмерен на вредновање „Im“ фактора, у оквиру којег су испитаници оцењивали свих 27 субиндикатора.

Истраживање је спроведено на геолокалитетима Топличког округа који бележе континуирану туристичку посету, као што су Ђавоља варош и бањска лечилишта на територији општине Куршумлија. Поред тога, анкетање је обухватило и туристички оријентисане институције и привредне субјекте, укључујући Туристичку организацију Куршумлије, Народни музеј Топлице, Туристичку организацију Прокупља, као и хотел „Хамеум“ у Прокупљу. Додатно, истраживањем су обухваћени и посетиоци винарија

„Топлички виногради“ и „Доја“, што је допринело већој репрезентативности узорка и свеобухватнијем сагледавању геотуристичких потенцијала региона.

Табела 38. Социодемографски профил геотуриста анкетираних за потребе M-GAM и SAM модела.

<i>Геоексперти</i>					
Пол	мушки	42,6%	место сталног живљења	АП Војводина	12,8%
	женски	57,4%		Град Београд	33,9%
Годиште	од 19 до 39	21,2%		Шумадија и Западна Србија	14,1%
	40 до 59	33,2%		Јужна и Источна Србија	16,9%
	више од 60 година	45,6%		иностранци гости	22,3
најчешћи облик транспорта	аутомобил	78,3%	степен образовања	средње и ниже	29%
	аутобус	21,7%		мастер/магистар	45,4%
				високо	25,6%
сврха посете		рекреација	38,8%	лечење	61,2%

На основу резултата анкетних истраживања спроведене су нумеричке калкулације у вредновању укупно 15 геолошко-геоморфолошких локалитета. Статистичке калкулације и анализа резултата спроведене су кроз програме *SPSS 20 (Statistical Package for Social Sciences)* и *MS Excel*. Обим узорка захтевао је комплексне калкулације, а веома обимни резултати вредновања табеларно су приказани (**Табела 39; Табела 40; Табела 41**).

Резултати показују неуједначеност субиндикаторских група на већини геолокалитета, као и велики међусобни распон укупних M-GAM вредности између појединачних геолокалитета. Према резултатима издвајају се три геолокалитета. Два поседују развијену геотуристичку понуду, док трећи представља неискоришћен геотуристички потенцијал. Остали геолокалитети добили су нижу или ниску оцену, што је последица великог развојног потенцијала, али недовољно развијене и неуједначене геотуристичке понуде на целокупном подручју Топличког округа.

Оцене „Im“ фактора потврдиле су да геотуристима нису сви субиндикатори подједнако важни. Већи значај дат је квалитету природног окружења (SIMV 7) који је оцењен просечном оценом 0,93, и реткости геолокалитета (SIMV 1), оцењеној са 0,92. Високо оцењени су и субиндикатори SIMV 4, који се односи на могућност интерпретације појаве (0,85), као и SIMV 9, којим се вредновало тренутно стање геолокалитета, просечно оцењен са 0,88.

У оквиру Главних (MV) индикатора, најнижи степен значаја има субиндикатор SIMV 12, који се односи на носећи капацитет геолокалитета, са оценом 0,50. Ниско су вредновани и субиндикатори SIMV 3, који се односи на степен истражености геолокалитета, и SIMV 6, који представља површину геолокалитета, оба са оценом 0,56. У оквиру AV индикатора, најнижу вредност имају субиндикатори SIAV 11 и SIAV 8, са оценама 0,51, односно 0,56, који се односе на број посетилаца и број организованих посета на годишњем нивоу. Остали субиндикатори оцењени су средње високим вредностима, у распону од 0,60 до 0,85.

Анализа научно-едукативних вредности (VSE) показује да се геокомплекс Ђавоље вароши (ГЛ15) издваја као највреднији локалитет, са укупном оценом 2,85. Ова висока оцена указује на висок степен реткости, репрезентативности и интерпретативне доступности овог

геолокалитета. Значајан утицај на овакво вредновање има и чињеница да је Ђавоља варош већ афирмисана у научној и широј јавности на међународном нивоу.

Високе вредности VSE индикатора бележе и геокомплекс Хисара (ГЛ8), појава пиратерије реке Блаташнице (ГЛ10) и *ex situ* геонаслеђе (ГЛ15), који су вредновани идентичном оценом 1,90. Ови локалитети поседују значајан ниво научне вредности, али у односу на Ђавољу варош имају нешто нижи степен препознатљивости и интерпретативне приступачности. Локалитет Пребреза вреднован је нешто нижом оценом, 1,86, пре свега услед нижег степена интерпретације, што, према мишљењу геоексперата, указује на то да је интерпретација музејских експоната лакша у односу на њихове реплике у природном окружењу.

Најниже оцене у оквиру VSE индикатора имају локалитети Страшна прљуша (ГЛ6) и Видовачки крш (ГЛ7), са вредностима од 0,66. Иако су ови локалитети изразито атрактивни, њихова научна препознатљивост ограничена је на локални и регионални ниво. Упркос томе, укључени су у анализу са циљем њихове будуће научне и туристичке афирмације. Остали геолокалитети имају релативно ниске вредности, у распону од 1,25 до 1,55.

Табела 39. Резултати М-GAM нумеричких калкулација геолокалитета ГЛ1 – ГЛ5.

Индикатори/Субиндикатори	Оцене стручњака (0-1)					Im	Укупна оцена				
	ГЛ1	ГЛ2	ГЛ3	ГЛ4	ГЛ5	Σ	ГЛ1	ГЛ2	ГЛ3	ГЛ4	ГЛ5
Главне вредности (MV)											
Научна/Едукативна вредност (VSE)							1,41	0,99	1,76	1,55	2,85
Реткост (SIMV1)	0,5	0,25	0,5	0,5	0,75	0,92	0,46	0,23	0,46	0,46	0,69
Репрезентативност (SIMV2)	0,5	0,25	0,5	0,5	1	0,75	0,38	0,19	0,38	0,38	0,75
Истраженост локалитета (SIMV3)	0,25	0,25	0,5	0,5	1	0,56	0,14	0,14	0,28	0,28	0,56
Ниво интерпретације (SIMV4)	0,5	0,5	0,75	0,5	1	0,85	0,43	0,43	0,64	0,43	0,85
Пејзажна/Естетска вредност (VSA)							1,75	0,97	2,66	1,95	2,74
Видиковци (SIMV5)	0,5	0,25	1	0,75	0,75	0,81	0,41	0,21	0,81	0,61	0,61
Површина (SIMV6)	0,5	0,25	0,25	0,5	0,75	0,56	0,28	0,14	0,14	0,28	0,42
Пејзаж и природа у околини (SIMV7)	0,5	0,25	1	0,5	1	0,93	0,47	0,23	0,93	0,47	0,93
Уклапање локалитета у околину (SIMV8)	0,75	0,5	1	0,75	1	0,78	0,59	0,39	0,78	0,59	0,78
Заштита (VPr)							0,85	0,66	1,60	1,20	1,93
Тренутно стање (SIMV9)	0,25	0,25	1	0,5	0,75	0,88	0,22	0,22	0,88	0,44	0,66
Ниво заштите (SIMV10)	0,25	0	0	0,25	0,75	0,77	0,19	0	0	0,19	0,58
Осетљивост (SIMV11)	0,5	0,5	0,75	0,5	0,5	0,63	0,32	0,31	0,47	0,32	0,31
Носећи капацитет (SIMV12)	0,25	0,25	0,5	0,5	0,75	0,5	0,12	0,13	0,25	0,25	0,38
Додатне вредности (AV)											
Функционалне вредности (VFn)							2,35	2,18	1,20	1,55	2,72
Приступачност (SIAV1)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,75	0,75	0,19	0,19	0,19	0,19	0,56
Додатне природне вредности (SIAV2)	0,75	0,5	0,75	0,75	0,75	0,69	0,52	0,35	0,52	0,52	0,52
Додатне антропогене вредности (SIAV3)	0,75	0,75	0,25	0,5	0,5	0,69	0,52	0,52	0,17	0,35	0,35
Близина емитивних центара (SIAV4)	0,75	0,75	0,25	0,25	0,5	0,6	0,45	0,45	0,15	0,15	0,30
Близина важних путева (SIAV5)	0,75	0,75	0,25	0,5	0,75	0,68	0,51	0,51	0,17	0,34	0,51
Додатне функционалне вредности (SIAV6)	0,25	0,25	0	0	0,75	0,64	0,16	0,16	0	0	0,48
Туристичке вредности (VTr)							0,96	0,76	0,71	0,52	4,77
Промоција (SIAV7)	0,25	0	0,25	0,25	1	0,78	0,20	0	0,20	0,20	0,78
Организоване посете (SIAV8)	0	0	0	0	1	0,56	0	0	0	0	0,56
Близина визиторских центара (SIAV9)	0	0	0	0	0	0,81	0	0	0	0	0
Интерпретативне табле (SIAV10)	0	0	0	0	0,75	0,84	0	0	0	0	0,63
Број посетилаца (SIAV11)	0	0	0,25	0,25	1	0,51	0	0	0,13	0,13	0,51
Туристичка инфраструктура (SIAV12)	0	0	0	0	1	0,72	0	0	0	0	0,72
Водичка служба (SIAV13)	0	0	0	0	1	0,81	0	0	0	0	0,81
Услуге смештаја (SIAV14)	0,5	0,5	0,25	0	0,25	0,73	0,37	0,37	0,19	0	0,18
Ресторатерске услуге (SIAV15)	0,5	0,5	0,25	0,25	0,75	0,77	0,39	0,39	0,19	0,19	0,58

У погледу пејзажних и естетских вредности (VSA), највишу оцену има геолокалитет Хисар (ГЛ8), са вредношћу 2,88, што је нешто више у односу на Ђавољу варош (ГЛ5), чија је

оцена 2,74. Ова разлика последица је веће површине Хисара и већег броја видиковаца. Високо је вреднован и геолокалитет Треска (ГЛ3), са оценом 2,66, док су умерено високе вредности забележене код локалитета Иван кула (ГЛ4) и Видовачки крш (ГЛ7). С друге стране, геолокалитети у алувијалној равни Топлице имају најниже оцене услед ограниченог броја видиковаца и мањег визуелног контраста у односу на околни простор. *Ex situ* геонаслеђе вредновано је оценом 0,00, што је очекивано јер се ова група индикатора односи на природне пејзажне карактеристике.

Табела 40. Резултати М-GAM нумеричких калкулација геолокалитета ГЛ6 – ГЛ10.

Индикатори/Субиндикатори	Оцене стручњака (0-1)					Im	Укупна оцена				
	ГЛ6	ГЛ7	ГЛ8	ГЛ9	ГЛ10	Σ	ГЛ6	ГЛ7	ГЛ8	ГЛ9	ГЛ10
Главне вредности (MV)											
Научна/Едукативна вредност (VSE)							0,66	0,66	1,90	1,86	1,90
Реткост (SIMV1)	0,25	0,25	0,5	0,54	0,5	0,92	0,23	0,23	0,46	0,50	0,46
Репрезентативност (SIMV2)	0	0	0,5	0,64	0,5	0,75	0	0	0,38	0,48	0,38
Истраженост локалитета (SIMV3)	0	0	0,75	0,6	0,75	0,56	0	0	0,42	0,34	0,42
Ниво интерпретације (SIMV4)	0,5	0,5	0,75	0,63	0,75	0,85	0,43	0,43	0,64	0,54	0,64
Пејзажна/Естетска вредност (VSA)							1,21	1,95	2,88	1,66	1,25
Видиковци (SIMV5)	0,25	0,75	0,75	0,33	0,25	0,81	0,21	0,61	0,61	0,27	0,21
Површина (SIMV6)	0,25	0,5	1	0,56	0,25	0,56	0,14	0,28	0,56	0,31	0,14
Пејзаж и природа у околини (SIMV7)	0,5	0,5	1	0,55	0,75	0,93	0,47	0,47	0,93	0,51	0,70
Уклапање локалитета у околину (SIMV8)	0,5	0,75	1	0,72	0,25	0,78	0,39	0,59	0,78	0,57	0,20
Заштита (VPr)							1,13	1,26	1,86	1,45	0,79
Тренутно стање (SIMV9)	0,75	0,75	0,75	0,54	0,25	0,88	0,66	0,66	0,66	0,48	0,22
Ниво заштите (SIMV10)	0	0	0,5	0,5	0	0,77	0	0	0,39	0,39	0
Осетљивост (SIMV11)	0,75	0,75	0,5	0,49	0,5	0,63	0,47	0,47	0,31	0,31	0,32
Носећи капацитет (SIMV12)	0	0,25	1	0,54	0,5	0,5	0	0,13	0,50	0,27	0,25
Додатне вредности (AV)											
Функционалне вредности (VF _n)							0,99	1,16	3,89	1,84	2,05
Приступачност (SIAV1)	0,25	0,25	1	0,56	0,75	0,75	0,19	0,19	0,75	0,42	0,56
Додатне природне вредности (SIAV2)	0	0,25	1	0,38	0,5	0,69	0	0,17	0,69	0,26	0,35
Додатне антропогене вредности (SIAV3)	0,5	0,5	1	0,44	0,75	0,69	0,35	0,35	0,69	0,30	0,52
Близна емитивних центара (SIAV4)	0,75	0,75	1	0,49	0,75	0,6	0,45	0,45	0,6	0,30	0,45
Близна важних путева (SIAV5)	0	0	1	0,5	0,25	0,68	0	0	0,68	0,34	0,17
Додатне функционалне вредности (SIAV6)	0	0	0,75	0,34	0	0,64	0	0	0,48	0,22	0
Туристичке вредности (VTr)							0,76	0,76	4,06	2,85	1,13
Промоција (SIAV7)	0	0	0,75	0,47	0	0,78	0	0	0,59	0,37	0
Организоване посете (SIAV8)	0	0	0,75	0,44	0	0,56	0	0	0,42	0,25	0
Близна визиторских центара (SIAV9)	0	0	0	0,43	0	0,81	0	0	0	0,35	0
Интерпретативне табле (SIAV10)	0	0	0,75	0,48	0	0,84	0	0	0,63	0,40	0
Број посетилаца (SIAV11)	0	0	0,75	0,31	0	0,51	0	0	0,38	0,16	0
Туристичка инфраструктура (SIAV12)	0	0	0,75	0,4	0	0,72	0	0	0,54	0,29	0
Водичка служба (SIAV13)	0	0	0	0,31	0	0,81	0	0	0	0,25	0
Услуге смештаја (SIAV14)	0,5	0,5	1	0,53	0,75	0,73	0,37	0,37	0,73	0,39	0,55
Ресторатерске услуге (SIAV15)	0,5	0,5	1	0,49	0,75	0,77	0,39	0,39	0,77	0,38	0,58

Насупрот томе, у погледу заштитних и функционалних вредности (VPr), *ex situ* геонаслеђе (ГЛ15) има највишу оцену од 2,47. Вредност оцене проистиче из чињенице да се експонати чувају у контролисаним условима, под високим степеном заштите, без значајног утицаја природних или антропогених фактора. Од осталих локалитета, најбоље је вреднована Бреснички слатина (ГЛ2), са оценом 1,99, захваљујући статусу заштићеног станишта и релативно високом носећем капацитету. Ђавоља варош има нешто нижу оцену, 1,93, услед утицаја природних процеса и високог туристичког притиска, док је Хисар вреднован са 1,86, првенствено због недостатка формалне заштите природног сегмента овог геокомплекса. Најниже вредности бележе локалитети Сува чесма (1,04) и остенаци у Крчмару (0,66), услед израженог утицаја антропогених фактора и недостатка мера заштите.

Анализа функционалних вредности (VF_n) показује да доминантан утицај имају субиндикатори приступачности, близине емитивних центара и категорије саобраћајне инфраструктуре. Највише оцене имају Хисар (ГЛ8) са 3,89 и *ex situ* геонаслеђе (ГЛ15) са 3,88, што је последица њихове позиционiranости у оквиру урбаног простора Прокупља и близине већих емитивних центара, као што је Ниш, као и међународног Коридора 10.

Високо су оцењени и Бресничка слатина, локалитет Сува чесма (3,07), као и Блачко језеро (2,86), што је директна последица повољног саобраћајног положаја. Иако је Ђавоља варош један од најзначајнијих геолокалитета, она је рангирана ниже по овом критеријуму услед лошије саобраћајне приступачности, која је надокнађена високим степеном атрактивности.

Најниже вредности у оквиру VF_n индикатора имају локалитети Страшна прљуша (0,99), Видовачки крш (1,16) и Треска (1,20). Ови локалитети су просторно изоловани, налазе се у депопулисаним подручјима и доступни су углавном пешачењем, што значајно утиче на њихову функционалну вредност.

Табела 41. Резултати M-GAM нумеричких калкулација геолокалитета ГЛ11 – ГЛ15.

Индикатори/Субиндикатори	Оцене стручњака (0-1)					Im	Укупна оцена				
	ГЛ11	ГЛ12	ГЛ13	ГЛ14	ГЛ15	Σ	ГЛ11	ГЛ12	ГЛ13	ГЛ14	ГЛ15
Главне вредности (MV)											
Научна/Едукативна вредност (VSE)							1,41	1,48	1,53	1,25	1,90
Реткост (SIMV1)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,92	0,23	0,23	0,23	0,23	0,46
Репрезентативност (SIMV2)	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,75	0,19	0,19	0,38	0,38	0,38
Истраженост локалитета (SIMV3)	0,25	0,75	0,5	0	0,75	0,56	0,14	0,42	0,28	0	0,42
Ниво интерпретације (SIMV4)	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,85	0,85	0,64	0,64	0,64	0,64
Пејзажна/Естетска вредност (VSA)							1,50	1,22	1,22	1,45	0
Видиковци (SIMV5)	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0,81	0,21	0,20	0,21	0,20	0
Површина (SIMV6)	0,5	0	0	0	0	0,56	0,28	0	0	0	0
Пејзаж и природа у околини (SIMV7)	0,25	0,25	0,25	0,5	0	0,93	0,23	0,24	0,23	0,47	0
Уклапање локалитета у околину (SIMV8)	1	1	1	1	0	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0
Заштита (VPr)							1,29	1,99	1,04	1,73	2,47
Тренутно стање (SIMV9)	0,5	1	0,5	1	1	0,88	0,44	0,88	0,44	0,88	0,88
Ниво заштите (SIMV10)	0	0,5	0	0	0,75	0,77	0	0,39	0	0	0,58
Осетљивост (SIMV11)	0,75	0,75	0,75	0,75	1	0,63	0,47	0,47	0,47	0,47	0,63
Носећи капацитет (SIMV12)	0,75	0,5	0,25	0,75	0,75	0,5	0,38	0,25	0,13	0,38	0,38
Додатне вредности (AV)											
Функционалне вредности (VF _n)							2,86	3,07	3,07	2,73	3,88
Приступачност (SIAV1)	1	1	1	1	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Додатне природне вредности (SIAV2)	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,69	0,35	0,52	0,52	0,52	0,52
Додатне антропогене вредности (SIAV3)	0,25	0,75	0,75	0,5	1	0,69	0,17	0,52	0,52	0,35	0,69
Близина емитивних центара (SIAV4)	1	0,75	0,75	0,75	1	0,6	0,60	0,45	0,45	0,45	0,60
Близина важних путева (SIAV5)	0,75	0,75	0,75	0,75	1	0,68	0,51	0,51	0,51	0,51	0,68
Додатне функционалне вредности (SIAV6)	0,75	0,5	0,5	0,25	1	0,64	0,48	0,32	0,32	0,16	0,64
Туристичке вредности (VTr)							1,13	0,76	0,76	0,76	4,26
Промоција (SIAV7)	0	0	0	0	0,25	0,78	0	0	0	0	0,20
Организоване посете (SIAV8)	0	0	0	0	0,25	0,56	0	0	0	0	0,14
Близина визиторских центара (SIAV9)	0	0	0	0	0	0,81	0	0	0	0	0
Интерпретативне табле (SIAV10)	0	0	0	0	0,75	0,84	0	0	0	0	0,63
Број посетилаца (SIAV11)	0	0	0	0	0,5	0,51	0	0	0	0	0,26
Туристичка инфраструктура (SIAV12)	0	0	0	0	1	0,72	0	0	0	0	0,72
Водичка служба (SIAV13)	0	0	0	0	1	0,81	0	0	0	0	0,81
Услуге смештаја (SIAV14)	0,75	0,5	0,5	0,5	1	0,73	0,55	0,37	0,37	0,37	0,73
Ресторатерске услуге (SIAV15)	0,75	0,5	0,5	0,5	1	0,77	0,58	0,39	0,39	0,39	0,77

При анализи туристичких вредности (VTr), на крајњу оцену пресудно утиче оформљеност геолокалитета за туристичке посете. Стога су вишим оценама вреднована само четири геолокалитета, односно само они који имају дефинисану туристичку презентацију.

Првенствено се то односи на Ђавољу варош (ГЛ5), оцењену са 4,77. Високо су оцењени и *ex situ* геонаслеђе (ГЛ15) са 4,26, као и Хисар (ГЛ8), вреднован са 4,06. Разлика у вредностима последица је присутности сталне водичке службе, коју Ђавоља варош и Народни музеј Топлице поседују. Нешто вишом оценом, 2,85, вреднован је и геолокалитет Пребреза (ГЛ9), што је последица промотивних активности и његове туристичке опремљености, као и близине смештајних и угоститељских капацитета.

Вредности оцена осталих геолокалитета веома су ниске – испод 1,13, као резултат непостојања туристичких активности, упркос евидентним потенцијалима.

Као резултат обимних нумеричких анализа креирана је синтетна табела са циљем бољег визуелног представљања оцена субиндикаторских и индикаторских група (**Табела 42**).

Крајњи резултати М-GAM анализе представљају однос оцена Главних индикатора (MV) и Додатних вредности (AV). Већину геолокалитета карактерише усаглашеност оцена за обе индикаторске групе, што указује на велики геотуристички потенцијал, али и недовољну туристичку развијеност. Геолокалитети који имају високе или умерене оцене Главних вредности (MV), високо, односно умерено, вредновани су и у погледу Додатних вредности (AV). Супротно томе, ниске вредности Главних индикатора условљавају и ниже вредности и Додатних индикатора. Изузетак је геолокалитет Треска (ГЛ3). Оцена Главних вредности (MV) овог геолокалитета је висока – 6,02, док је за Додатне вредности ниско оцењена оценом 1,91. Овакав однос резултат је високо вреднованих научно-едукативних и пејзажно-естетских вредности, као и његове изолованости. Управо је његова изолованост основни узрок ниских функционалних и туристичких вредности.

Табела 42. Укупни резултати М-GAM вредновања геолокалитета.

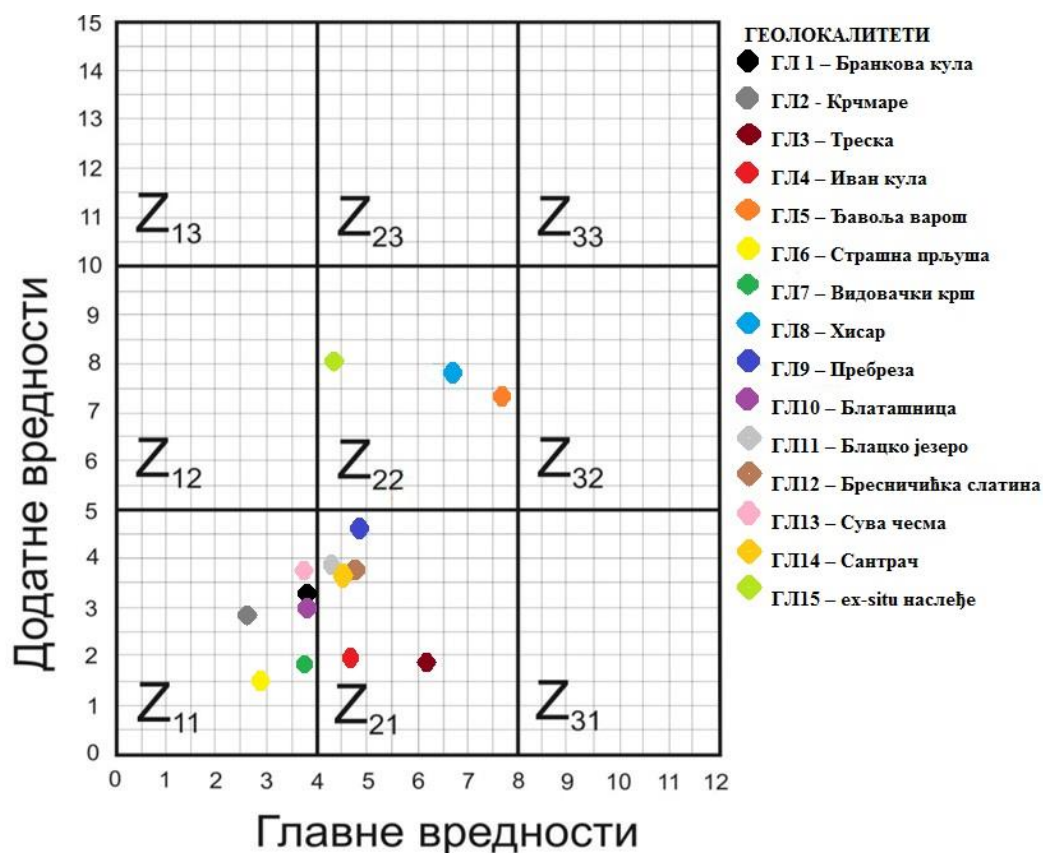
Назив геолокалитета	Главне вредности (MV)		Додатне вредности (AV)		M-GAM	Поље
	VSE+VSA+VPr	Σ	VF _n +VTr	Σ		
ГЛ1 – Бранкова кула	1,41+1,75+0,85	4,01	2,35+0,96	3,31	7,32	Z₁₁
ГЛ2 – Остењаци у с. Крчмаре	0,99+0,97+0,66	2,62	2,18+0,76	2,94	5,56	Z₁₁
ГЛ3 - Треска	1,76+2,66+1,60	6,02	1,20+0,71	1,91	7,93	Z₂₁
ГЛ4 – Иван кула	1,55+1,95+1,20	4,70	1,55+0,52	2,07	6,77	Z₂₁
ГЛ5 – Ђавоља Варош	2,85+2,74+1,93	7,52	2,89+4,77	7,66	15,18	Z₂₂
ГЛ6 – Страшна прљуша	0,66+1,21+1,13	3,00	0,99+0,76	1,75	4,75	Z₁₁
ГЛ7 – Видовачки крш	0,66+1,95+1,26	3,87	1,16+0,76	1,92	5,77	Z₁₁
ГЛ8 – Хисар	1,90+2,88+1,86	6,64	3,89+4,06	7,95	14,59	Z₂₂
ГЛ9 – Пребреза	1,86+1,66+1,45	4,97	1,84+2,85	4,69	9,66	Z₂₁
ГЛ10 – пиратер. Блаташнице	1,90+1,25+0,79	3,94	2,05+1,13	3,18	7,12	Z₁₁
ГЛ11 – Блачко језеро	1,41+1,50+1,29	4,2	2,86+1,13	3,99	8,01	Z₂₁
ГЛ12 – Бресничийка слатина	1,48+1,22+1,99	4,69	3,07+0,76	3,83	8,52	Z₂₁
ГЛ13 – Сува чесма	1,53+1,22+1,04	3,79	3,07+0,76	3,83	7,62	Z₁₁
ГЛ14 – Сантрач	1,25+1,45+1,73	4,43	2,73+0,76	3,49	7,92	Z₂₁
ГЛ15 – <i>ex situ</i> геонаслеђе	1,90+0,00+2,47	4,37	3,88+4,26	8,14	12,51	Z₂₂
Средња вредност		4,58		4,03		

На основу **Табеле 42** сваки локалитет је, у складу са методологијом М-GAM модела, позициониран у једно од поља матрице (**Слика 50**).

Може се закључити да се према својој позиционiranости у пољу Z₂₂ матрице, издвајају три геолокалитета, који се могу означити као „истакнути“, односно високо вредновани.

Најбоље је позициониран геолокалитет Ђавоља варош (ГЛ5), на самој граници са Z_{32} пољем, што потврђује његову изузетну вредност и усклађеност туристичких потенцијала, вреднованих оценом 7,52, и његове инфраструктурне опремљености, оцењене са 7,49. Оцене указују на реткост појаве и висок ниво спровођења заштитних мера, што геокомплекс Ђавоља варош дефинише као централни локалитет Топличког округа, на којем треба базирати геотуристички развој.

Према позиционираниости у М-GAM матрици издваја се и геокомплекс Хисар (ГЛ8). Високо је позициониран у централном делу поља Z_{22} матрице, а резултат нумеричке анализе указује на то да Топлички округ има још један изузетан геолокалитет (геокомплекс), око кога би се могла оформити комплекснија геотуристичка понуда. Међутим, вредности његових оцена у благој су несразмери. Тако су оцене Главних индикатора (MV), које износе 6,64, ниже у односу на оцене Додатних индикатора (AV), које износе 7,95. Разлог су оцене VSE субиндикаторске групе, које показују да је природни део овог геокомплекса теже интерпретирати, као и да је туристички атрактиван, али не и редак као у случају Ђавоље вароши. Такође, природни део геокомплекса није заштићен, па су оцене Главних вредности ниже. На више оцене Додатних вредности утиче и чињеница да Хисар представља интегрални део највећег емитивног центра Топличког округа, као и да поседује значајну заштићену културну целину, што олакшава инфраструктурну опремљеност, промотивне активности и организоване посете.



Слика 50. Дијаграм матрица М-GAM резултата.

Вредност *ex situ* геонаслеђа Топличког округа потврђена је његовом позицијом у поље Z_{22} матрице. Како представља део урбане средине, ниске оцене Главних индикатора очекивано су ниже (4,37) и значајно утичу на његову крајњу позицију у матрици. Штавише,

оваква нижа оцена не може се ни значајније кориговати, осим физичким измештањем објекта музеја у претежно природно окружење. С друге стране, *ex situ* геонаслеђе је изузетно високо вредновано у погледу Додатних индикатора, са оценом 8,14, што је највиша оцена међу свим анализираним геолокалитетима. Организоване посете музеју, уз присуство сталне водичке службе, као и вишег нивоа интерпретације и промоције, чине овај геолокалитет изузетно вредним.

Шест геолокалитета позиционирано је у поље Z_{21} матрице, од којих се два издвајају. Оцене Главних вредности (4,97) и Додатних вредности (4,69) геолокалитета Пребреза (ГЛ9), које су подједнако заступљене у крајњој оцени, чине да се он издваја према својој позицији, у оквиру поља Z_{21} . Његова позиција на горњој граници према вишем пољу Z_{22} , указује на вредан објекат геонаслеђа са развијеним туристичким и интерпретативним капацитетима, лаког доступношћу и другим карактеристикама. Међутим, резултати указују да би се оне могле у значајној мери и унапредити, чиме би Пребреза потенцијално могла постати високо рангиран геолокалитет.

Према позиционiranости у пољу Z_{21} матрице истиче се и група од три геолокалитета чије су вредности оцена Главних и Додатних индикатора међусобно веома сличне, вредносно избалансиране, али значајно ниже у односу на геолокалитет Пребреза. Реч је о значајним геолокалитетима Бресничкиња слатина (ГЛ12) и Блачко језеро (ГЛ11), сличних карактеристика. Оба геолокалитета представљају замочварене природне просторе неогеног Топличког басена, али различите према постанку. Одликује их и веома добра доступност, као и мали степен туристичког искоришћења. Отуд и ниске, али избалансиране оцене обе индикаторске групе. Овој групи припада и геолокалитет Сантрач (ГЛ14), чија је позиција резултат атрактивности природног окружења, добре доступности, али и његове недовољне инфраструктурне уређености. Сва три геолокалитета су, према позицији, ближи пољу Z_{22} матрице, што истиче њихов велики туристички потенцијал.

Насупрот њима, позиција геолокалитета Треска (ГЛ3) указује на тенденцију ка пољу Z_{31} матрице, као резултат високо вреднованих Главних вредности (6,02), али и ниско вреднованих Додатних вредности (1,91). Позиција овог геолокалитета указује на изузетно велики геотуристички потенцијал, који није адекватно искоришћен. Инфраструктурним улагањима Треска би се могла изједначити са највреднијим геолокалитетима Топличког округа.

Слична позиционираност, као и сличан однос вредносних параметара, али мањих вредности, уочавају се код геолокалитета Иван кула (ГЛ4). Она има најлошију позицију у пољу Z_{21} матрице. Закључак је да је ово атрактиван геолокалитет, комплементаран са Ђавољом вароши, јер се налази у њеној непосредној близини, али и геолокалитет са веома мало усмерене туристичке пажње.

Три геолокалитета Бранкова кула (ГЛ1), пиратерија Блаташнице (ГЛ10) и Сува чесма (ГЛ13) налазе се на граници поља Z_{11} у Z_{21} матрице. Главне вредности, које су им знатно боље оцењене у односу на Додатне вредности, истичу њихов природни потенцијал наспрам туристичко-инфраструктурне опремљености простора.

Нижим вредностима оцена издвајају се остенаци у селу Крчмаре (ГЛ2) и Видовачки крш (ГЛ7), као геолокалитети високих природних потенцијала, али туристички мало искоришћени. Најлошије позициониран геолокалитет је Страшна прљуша (ГЛ6), према карактеристикама веома сличан Ђавољој вароши, али неоткривена и неафирмисана. Сврха ове докторске дисертације је и идентификација оваквих нових геотуристичких локалитета, који могу бити интересантни геотуристичкој публици, а које је потребно инфраструктурно и промотивно треба унапредити. Стога су ниске оцене ових геолокалитета, као и њихова ниска позиционираност, донекле и очекиване.

8.1.2 M-GAM геостатистичка анализа

Геостатистичке анализе спроведене су коришћењем софтверског пакета QGIS 3.40.11 Bratislava. У оквиру овог окружења примењен је систем SAGA GIS за процесуирање, обраду података и спровођење геопросторних анализа. Коришћене су границе у векторском формату са геореференцираним координатама, које су затим повезане са локацијама геолокалитета унутар Топличког округа. Повезивање је извршено употребом табеларних података у .csv формату, креираних у програму *Microsoft Excel*.

За геостатистичко моделовање и анализу просторне дистрибуције података примењен је IDW (*Inverse Distance Weighting*) модел интерполације (Ivanović et al., 2023, p. 8), имплементиран кроз SAGA модул. На основу дефинисаних координата геолокалитета и вредности добијених M-GAM методом генерисани су површински растери са циљем визуелизације просторне расподеле и дисперзије нумеричких вредности. Визуелизацијом индикаторских група M-GAM модела креирана је компаративна карта дистрибуције (**Слика 51**), при чему су класе вредности дефинисане у складу са распонима M-GAM матрице ради јаснијег истицања разлика између појединачних геолокалитета.

У циљу прецизније интерпретације резултата извршено је премеравање добијених растера. Софтвер QGIS омогућава квантитативну анализу површина гравитационих утицаја геолокалитета, што је додатно искоришћено у овом истраживању. Након рекласификације растера према дефинисаним класама примењен је додатак *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), који представља напредан алат за обраду и класификацију просторних података, нарочито у домену даљинске детекције. Овим поступком омогућено је мерење површина сваке класе и израчунавање њиховог процентуалног удела.

Ради детаљније анализе гравитационих зона утицаја класе су додатно рекласификоване, након чега је применом SCP алата одређена површина утицаја сваког појединачног геолокалитета. Сви добијени резултати квантитативних анализа систематизовани су и приказани у **Табели 43**.

Резултати M-GAM геостатистичке анализе показују да су интерполиране површине Главних и Додатних вредности код већине геолокалитета приближно уједначене (**Слика 51**), са релативно равномерном партиципацијом обе индикаторске групе. Овакав однос указује на постојање равнотеже између научно-естетских и туристичко-функционалних вредности. Ипак, идентификовани су и геолокалитети код којих површине гравитационог утицаја значајно одступају, како у погледу просторног обухвата, тако и у погледу вредносних распона. Добијени резултати посебно издвајају два геолокалитета, позиционирана на супротним деловима интерполиране површине, који се јасно диференцирају у односу на остале, како по интензитету вредности, тако и по просторном утицају.

На карти расподеле Главних вредности (**Слика 51-а**) уочава се да у интерполисаном подручју партиципирају три распонске класе, док ниједан геолокалитет није дефинисан високим вредностима. У оквиру умерено-високе распонске класе, формирана су три гравитациона подручја са неједнаким учешћем, која заједно чине око 1,77% интерполисане површине (**Табела 43**). Већи део интерполисане површине чини подручје умерено-ниских Главних вредности. Заједничка површина шест геолокалитета заузима око 86,81% интерполисаног подручја, односно око 1936,7 km² (**Табела 43**). У ниској распонској класи Главних вредности неједнако учествују гравитациона подручја пет геолокалитета. Заједно чине око 11,42% интерполисане површине.

Просторна дистрибуција Додатних вредности (**Слика 51-б**) делимично се поклапа са просторном дистрибуцијом Главних вредности, с тим што на интерполисаној површини партиципирају све четири класе распона. Највишом класом распона, која означава високо

вредноване геолокалитете, обухваћена су два међусобно удаљена гравитациона подручја са заједничким уделом од око 0,76% интерполисане површине. Гравитациона подручја дефинисана умерено-високим сегментом распона представљају проширена подручја утицаја највише класе распона, укупне површине око 375,1 km², што чини око 16,51% интерполисане површине. Већи део интерполисане површине чини гравитационо подручје умерено-ниских Додатних вредности. Гравитационо подручје осам геолокалитета заузима око 79,38% интерполисаног подручја, односно око 1771 km². Учешће најниже класе распона у дисперзији Додатних вредности знатно је мање него код Главних вредности и износи 4,11%.

Упоредном анализом интерполираних површина (Слика 51), могу се издвојити неколико гравитационих подручја утицаја формираних око појединих геолокалитета. Она су везана за висок и умерено-висок сегмент распона, са неједнако распоређеним површинама гравитационих утицаја.

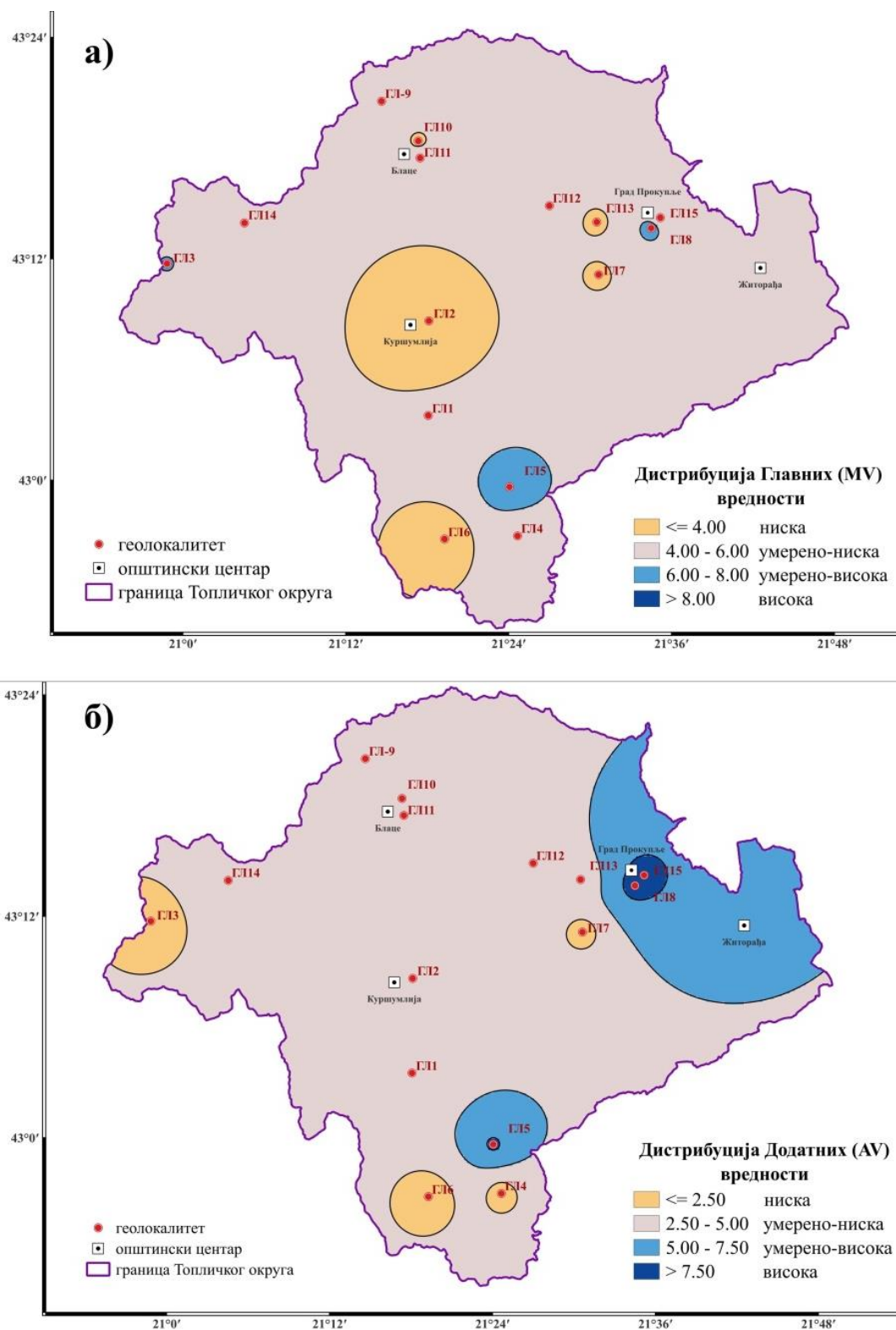
Истиче се гравитационо подручје око геокомплекса Ђавоља варош (ГЛ15). У погледу Главних вредности, Ђавоља варош је дефинисана умерено-високим класом распона, а њено поље гравитационог утицаја мање је изражено и мање површине, око 34,7 km². У погледу Додатних вредности, гравитационо подручје овог геолокалитета знатно је веће, површине око 54,2 km², обухвата висок и умерено-висок сегмент распона, што га чини наглашенијим. Ова наглашеност последица је веће разлике туристичких и функционалних вредности Ђавоље вароши у односу на суседне геолокалитете Иван кула (ГЛ4) и Страшна прљуша (ГЛ6), који су ниско оцењени у погледу ових субиндикаторских група. Како су исти геолокалитети боље вредновани у погледу Главних вредности, гравитационо подручје утицаја геокомплекса Ђавоља варош површински је мање, као и његова израженост.

Табела 43. Удео (%) и површина (km²) гравитационих утицаја геолокалитета ГЛ1 – ГЛ15.

према класама распона у (%)		MV	удео грав. подручја			AV	удео грав. подручја			M-GAM	удео грав. подручја		
		< 4	11,42 %			<2,5	4,11 %			< 6	1,82 %		
		4 - 6	86,81 %			2,5 - 5	79,38 %			6 - 10	84,06 %		
		6 - 8	1,77 %			5 – 7,5	15,75 %			10 - 14	13,76 %		
		>8	0			>7,5	0,76 %			>14	0,36 %		
према локалитету у (km ²)		MV	AV	M-GAM		MV	AV	M-GAM		MV	AV	M-GAM	
	ГЛ1	1936,7*	1771*	1875,4*	ГЛ6	67,1	31,8	25,1	ГЛ11	1936,7*	1771*	1875,4*	
	ГЛ2	173,7	1771*	12,1	ГЛ7	5,7	6,4	1,46	ГЛ12	1936,7*	1771*	1875,4*	
	ГЛ3	1,27	41,6	1875,4*	ГЛ8	2,7	320,9*	1,4	ГЛ13	5,03	1771*	1875,4*	
	ГЛ4	1936,7*	6,7	1875,4*	ГЛ9	1936,7	1771*	1875,4*	ГЛ14	1936,7*	1771*	1875,4*	
	ГЛ5	34,7	54,2	77,8	ГЛ10	1,7	1771*	1875,4*	ГЛ15	1936,7*	320,9*	236,6	

* локалитети подједнако учествују у истом гравитационом подручју

Друго гравитационо подручје које се може издвојити формирано је око геокомплекса Хисар (ГЛ8). За Главне вредности оно има веома малу површину гравитационог утицаја, око 2,7 km², на коју пресудно утичу, као и код Ђавоље вароши, гравитациона подручја утицаја њему суседних геолокалитета (Слика 51-а). У погледу дисперзије Додатних вредности, Хисар формира заједничко гравитационо подручје утицаја са *ex situ* геонаслеђем (ГЛ15). Ово заједничко гравитационо подручје има високу изражајност. Просторно обухвата површине високе и умерено-високе класе распона, са великом заједничком површином од око 320,9 km². Разлика је последица утицаја неколико фактора. За оба геолокалитета, туристичке и функционалне вредности представљају значајан потенцијал и вредности на којима се базирају туристички развој. Како на локалитету *ex situ* геонаслеђа природна компонента није заступљена, оно је у погледу Главних вредности умерено-ниско вредновано, а тешко се може очекивати да ће се те оцене увећати. Као и код Ђавоље вароши, оцене суседних геолокалитета утичу на изражајност гравитационих подручја Хисара (ГЛ8) и *ex situ* геонаслеђа (ГЛ15).



Слика 51. Упоредна карта просторне дистрибуције M-GAM вредности: а) – Главних вредности (MV); б) – Додатних вредности (AV).

Равнотежа оцена Главних и Додатних вредности већине геолокалитета најбоље се може сагледати кроз њихову просторну дистрибуцију (**Слика 51**). Вредности њихових оцена претежно припадају нижим распонским класама. За геолокалитете Бранкова кула (ГЛ1),

Пребреза (ГЛ9), Блачко језеро (ГЛ11), Бресничичка слатина (ГЛ12) и Сантрач (ГЛ14), може се закључити да су, у односу на обе индикаторске групе, дефинисани умерено-ниском класом распона, иако су неки боље позиционирани у оквиру поља Z_{21} M-GAM матрице. Ово указује на неуједначеност оцена субиндикатора, односно да су поједини субиндикатори ниско оцењени, док су други оцењени вишим оценама. То додатно потврђује њихов геотуристички потенцијал, али и недовољна материјална улагања за његово одрживо коришћење. Водећи се M-GAM резултатима, уочава се да сваки геолокалитет представља посебан случај коме треба индивидуално приступати.

На **Слици 51** уочавају се и геолокалитети који одступају од наведеног. Оцене геолокалитета Треска (ГЛ3) сврставају га, према Главним вредностима, у умерено-високу класу распона, док је према Додатним вредностима обухваћен ниском распонском класом. За Главне вредности површина гравитационог подручја овог геолокалитета је мала, свега око $1,27 \text{ km}^2$, што је последица утицаја околних геолокалитета, али и чињенице да су оцене Треске за ову индикаторску групу (6,02) мало изнад доње границе распонске класе. На карти дистрибуције Додатних вредности (**Слика 51-б**) подручје око овог геолокалитета је површински највеће у оквиру ниског сегмента распона, површине око $41,6 \text{ km}^2$. Оваква неравнотежа оцена индикаторских група последица је високо валоризованих природних и естетских вредности и тренутно ниске туристичке оспособљености геолокалитета Треска.

Остали геолокалитети гравитирају ниском до умерено-ниском сегменту распона, а дисперзија сваког од њих мора се појединачно тумачити. Неки су боље вредновани у погледу Додатних вредности, док су им Главне вредности дефинисане ниским сегментом распона, што указује на њихов у великој мери неискоришћен потенцијал. Остењачка група у селу Крчмаре (ГЛ2) ниско је вреднована у погледу природно-естетских вредности, са великим гравитационим подручјем утицаја, површине $173,7 \text{ km}^2$, док је у погледу туристичко-функционалних вредности, дефинисана умерено-ниском класом распона. Насупрот томе, просторна дисперзија геолокалитета Иван кула (ГЛ4) указује на Главне вредности у ниском сегменту распона и Додатне вредности у умерено-ниској класи. Туристички непознати геолокалитети Страшна прљуша (ГЛ6) и Видовачки крш (ГЛ7) за обе индикаторске групе дефинисани су ниском класом распона, са различитим површинама гравитационих утицаја, сходно њиховим M-GAM оценама и позицији у матрици.

На основу просторних расподела може се закључити да је већина геолокалитета дефинисана умерено-ниском класом распона, што истиче њихове потенцијалне геотуристичке вредности, уз низак степен коришћења, где се за само поједине може рећи да су већ оформљени и позиционирани у туристичком смислу.

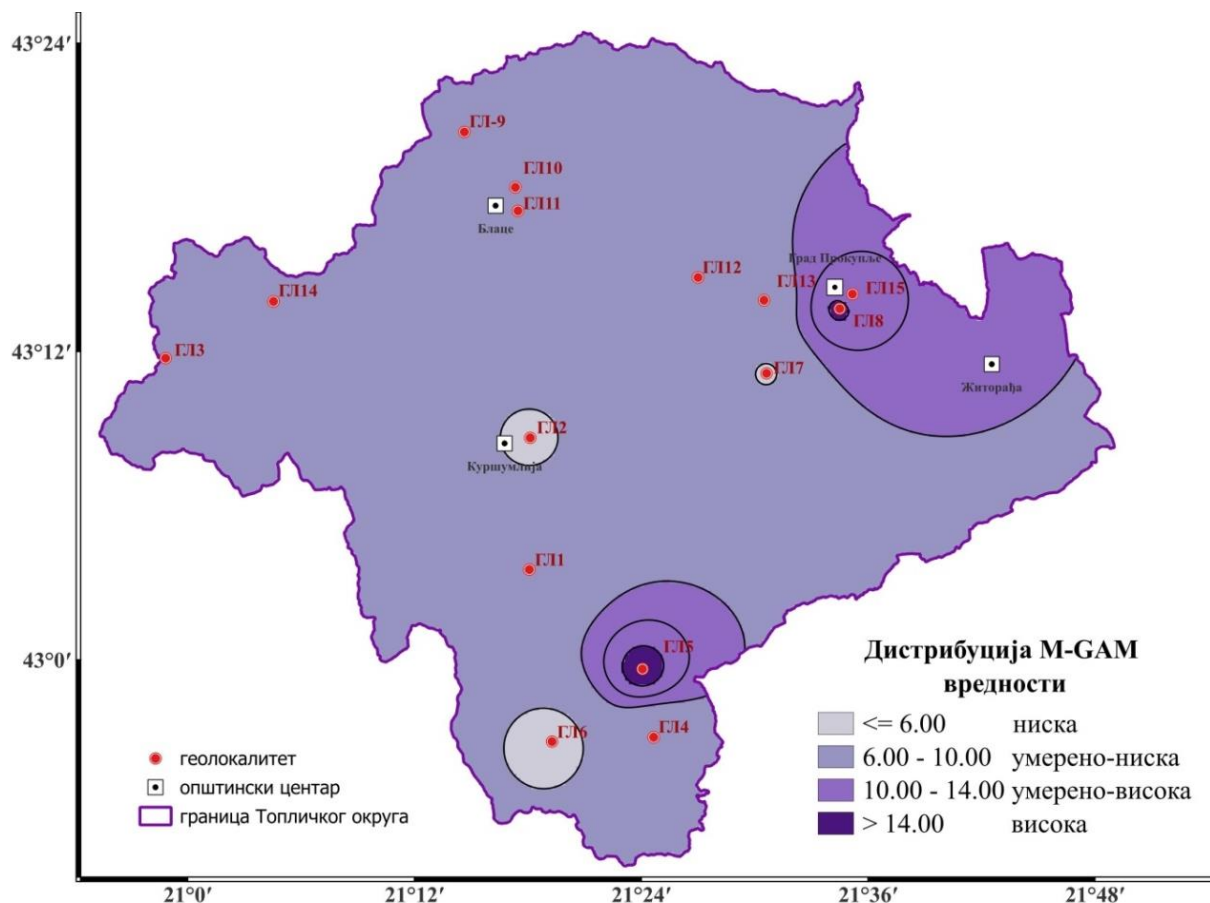
Карта просторне расподеле укупних M-GAM вредности (**Слика 52**) у великој мери кореспондира са расподелом вредности појединачних индикаторских група. Уочавају се два доминантна гравитациона подручја.

Прво гравитационо подручје формирано је око високо вреднованог геолокалитета Ђавоља варош (ГЛ5). Геолокалитети у његовој непосредној околини вредновани су умерено-ниским и ниским оценама, услед чега је формирана гравитациона зона површине $77,8 \text{ km}^2$, која обухвата сегменте високог и умерено-високог распона вредности.

Специфична просторна структура уочена је у зони геолокалитета Хисар (ГЛ8) и *ex situ* геонаслеђа (ГЛ15). Према укупним M-GAM вредностима, геолокалитет Хисар (ГЛ8) има нешто више вредности, што је условило формирање компактног гравитационог подручја мање површине, око $1,4 \text{ km}^2$, у оквиру највишег вредносног сегмента. Са друге стране, геолокалитет ГЛ15 формира дифузније, али просторно обимније гравитационо подручје (око $236,6 \text{ km}^2$), које припада умерено-високом распону вредности.

У оквиру ниског сегмента распона укупних M-GAM вредности издвајају се три геолокалитета, који заједно заузимају 1,82% интерполисане површине. Највеће учешће има

гравитационо подручје геолокалитета Страшна прљуша (ГЛ6), површине 25,05 km², што указује на његову ниску вредносну оцену. Мања гравитациона подручја формирана су и око геолокалитета у селу Крчмаре (ГЛ12), површине око 12,1 km², и Видовачког крша (ГЛ17), површине око 1,46 km². Упркос ниским вредностима, ови локалитети показују потенцијал за будући геотуристички развој. Преостали геолокалитети заједно обухватају највећи део интерполисане површине, око 1875,4 km².



Слика 52. Карта расподеле укупних М-ГАМ вредности.

С обзиром на то да IDW интерполација омогућава и одређени степен просторне предикције, добијени резултати указују на неколико кључних закључака. Територија Топличког округа није хомогена, већ показује изражену геотуристичку хетерогеност, уз истовремено недовољан степен развијености. Простор се може окарактерисати као биполаран, с обзиром на постојање два доминантна геолокалитета, како у погледу научно-естетских, тако и туристичко-функционалних вредности.

Геолокалитет Ђавоља варош (ГЛ15) гравитира југозападном делу округа и већ је афирмисан у геотуристичком смислу. Насупрот томе, геолокалитет Хисар (ГЛ18), позициониран у североисточном делу интерполисане површине, поседује значајан потенцијал, али још увек није у довољној мери геотуристички валоризован.

Формиране гравитационе зоне око ових локалитета представљају простор у коме се очекиване вредности геолокалитета, појава и процеса приближно поклапају са вредностима централних објеката. Геолокалитети у њиховој непосредној близини (за ГЛ15 – ГЛ14, а за ГЛ18 – ГЛ17 и ГЛ13) поседују потенцијал за прелазак у више вредносне категорије. Међутим, њихова

интеграција у функционалну геотуристичку понуду условљена је повећањем степена валоризације, пре свега кроз унапређење инфраструктуре, интерпретације и промоције.

8.1.3 SAM нумеричка анализа

SAM модел специјализован је за валоризацију хидрографских и хидрогеолошких локалитета. Ослања се на GAM и M-GAM методологију, која је у оквиру овог модела додатно унапређена. Заснива се на оценама геоексперата, али и на оценама геотуриста. Подаци се такође прикупљају анкетним испитивањем, а резултат се добија нумеричким калкулацијама.

За потребе докторске дисертације модел је примењен у вредновању значајних хидрогеотермалних локалитета у Топличком округу: Куршумлијске бање (ХГл1), Луковске бање (ХГл2), Пролом бање (ХГл3), Вичке бање (ХГл4) и Магова (ХГл5), који су детаљно описани у претходном поглављу. SAM модел евалуације коришћен је у публикацији Tomić & Košić (2020, р. 1–12) при вредновању бања Копаничко-јастребачке групе. У оквиру овог рада анализиран је и део хидрогеолошких локалитета Топличког округа. Узимајући у обзир временску дистанцу, анализираће се да ли су се и у којој мери вредносни параметри SAM модела изменили код претходно обрађених хидрогеолошких локалитета.

Анкетно истраживање спровођено је у више наврата, у дужем временском периоду од октобра 2025. године до јануара 2026. године. У првом делу анкетирани су геоексперти са подручја истраживања или они који су веома добро упознати са истраживаним подручјем и тематиком истраживања. Од њих се, према методолошком приступу, тражило да оценама од 1 до 4 оцене вредност сваког субиндикатора за сваки хидрогеолошки локалитет. Овај део анкетног истраживања спровођен је путем интернета, помоћу апликације Google Forms. Анкетирање је било полу-дириговано, а учествовало је укупно шест геоексперата, пажљиво одабраних према стручности и познавању геопростора Топличког округа. Сваком од учесника достављен је линк са анкетом и молбом за допринос истраживању. Спровођење упитника подразумевало је претходно објашњење сврхе истраживања и поједностављено тумачење сваког питања и понуђене групе одговора. Кроз анонимност испитаника сачуван је кредибилитет одговора.

Други део анкетног истраживања показао се методолошки знатно комплекснијим. Како SAM модел подразумева укључивање перцепције туриста, приступило се директном интервјуисању испитаника методом „лице у лице“, како би се обезбедила већа поузданост и валидност прикупљених података. Анкетирање је спроведено на више локација, пре свега у бањским центрима Топличког округа, ради добијања репрезентативног узорка здравствених туриста. Поред тога, обухваћен је и једини геолокалитет са организованом туристичком посетом – Бавоља варош. Истраживање је додатно проширено на туристички оријентисане институције и привредне субјекте, укључујући Туристичку организацију Куршумлије, Народни музеј Топлице, Туристичку организацију Прокупља, хотел „Хамеум“ у Прокупљу, као и две винарије – „Топлички виногради“ и „Доја“.

Укупно је анкетирано 178 потенцијалних геотуриста, који су класификовани према основном мотиву посете – рекреацији или лечењу. Социо-демографска структура испитаника (**Табела 37**) показује доминацију здравствених туриста (61,2%), док је рекреативни мотив заступљен код 38,8% испитаника. У полној структури преовлађују жене (57,4%), док старосна структура указује на доминацију старије популације, са 45,6% испитаника старијих од 60 година.

За потребе вредновања применом SAM модела, сваки испитаник је оцењивао укупно 18 субиндикатора, груписаних у две основне категорије. Као и у GAM и M-GAM моделима, примењена је Ликертова скала од пет нивоа у распону од 0,00 до 1,00, где 0,00 означава минималну, а 1,00 максималну важност.

Резултати SAM нумеричке анализе приказани су у Табели 44. Обухватају вредности добијене експертским вредновањем локалитета, као и перцепцију значаја субиндикатора од стране посетилаца. На основу ових оцена израчунати су укупни вредносни параметри сваког локалитета. Поред општег вредновања, анализа је омогућила и сагледавање значаја субиндикатора у односу на два тржишна сегмента: рекреативне посетиоце (Im_1) и здравствене туристе (Im_2).

Резултати указују на доминацију три афирмисана бањска лечилишта – Куршумлијске бање, Луковске бање и Пролом бање, која се издвајају као највреднији локалитети. Насупрот томе, изворишта у Вичи и Магову показују скромније вредности. Вичка бања је релативно боље оцењена, што је последица њене раније експлоатације и препознатљивости (флаширана као вода „Милан Топлица“). Престанак експлоатације условљен је економским и друштвеним факторима, али потенцијал овог изворишта остаје значајан. Савремена истраживања указују на могућност добијања воде више температуре дубљим бушењем, што би омогућило развој лечилишне функције.

Табела 44. Укупни резултати вредновања одабраних хидрогеолошких локалитета SAM моделом.

	Оцене стручњака (1-4)						Укупно 1						Укупно 2				
	ХГл 1	ХГл 2	ХГл 3	ХГл 4	ХГл5	Im_1	ХГл1	ХГл 2	ХГл 3	ХГл 4	ХГл 5	Im_2	ХГл 1	ХГл 2	ХГл 3	ХГл 4	ХГл 5
Природне вредности (NV)																	
SINV 1	3	4	4	2	2	0,54	1,62	2,16	2,16	1,08	1,08	0,75	2,25	3,00	3,00	1,50	1,50
SINV 2	4	4	3	1	1	0,68	2,72	2,72	2,04	0,68	0,68	0,71	2,84	2,84	2,13	0,71	0,71
SINV 3	1	2	2	1	1	0,47	0,47	0,94	0,94	0,47	0,47	0,56	0,56	1,12	1,12	0,56	0,56
SINV 4	2	3	3	2	1	0,43	0,86	1,29	1,29	0,86	0,43	0,58	1,16	1,74	1,74	1,16	0,58
SINV 5	4	3	2	1	1	0,78	3,12	2,34	1,56	0,78	0,78	0,68	2,72	2,04	1,36	0,68	0,68
SINV 6	3	1	1	1	1	0,55	1,65	0,55	0,55	0,55	0,55	0,85	2,55	0,85	0,85	0,85	0,85
Туристичке вредности (TV)																	
SITV 1	2	3	3	1	1	0,91	1,82	2,73	2,73	0,91	0,91	0,73	1,46	2,19	2,19	0,73	0,73
SITV 2	2	2	4	1	1	0,71	1,42	1,42	2,84	0,71	0,71	0,93	1,86	1,86	3,72	0,93	0,93
SITV 3	2	2	3	1	1	0,85	1,70	1,70	2,55	0,85	0,85	0,78	1,56	1,56	2,34	0,78	0,78
SITV 4	2	1	4	1	1	0,75	1,50	0,75	3,00	0,75	0,75	0,71	1,42	0,71	2,84	0,71	0,71
SITV 5	2	2	3	1	1	0,83	1,66	1,66	2,49	0,83	0,83	0,64	1,28	1,28	1,92	0,64	0,64
SITV 6	2	3	2	4	4	0,78	1,56	1,56	1,56	3,12	3,12	0,64	1,28	1,28	1,28	2,56	2,56
SITV 7	3	2	2	4	4	0,71	2,13	2,13	1,42	2,84	2,84	0,56	1,68	1,68	1,12	2,24	2,24
SITV 8	3	2	3	4	4	0,65	1,95	1,30	1,95	2,60	2,60	0,58	1,74	1,16	1,74	2,32	2,32
SITV 9	3	2	2	3	3	0,70	2,10	1,40	1,40	2,10	2,10	0,62	1,86	1,24	1,24	1,86	1,86
SITV 10	3	3	3	1	1	0,79	2,37	2,37	2,37	0,79	0,79	0,51	1,53	1,53	1,53	0,51	0,51
SITV 11	2	2	3	1	1	0,39	0,78	0,78	1,17	0,39	0,39	0,35	0,70	0,70	1,05	0,35	0,35
SITV 12	2	2	2	1	1	0,65	1,30	1,30	1,30	0,65	0,65	0,46	0,92	0,92	0,92	0,46	0,46

Анализа Природних вредности (NV) показује да оба тржишна сегмента високо вреднују Куршумлијску бању, пре свега због широког температурног распона и разноврсног хемијског састава извора, што омогућава вишеструку терапијску примену. Са аспекта терапеутских својстава (SINV1), значајан потенцијал има и Луковска бања, док су воде Пролом бање ниже вредноване услед ограниченог температурног распона и мањих могућности примене у термалним системима. Вичка бања и Магово су ниско вредновани, али је њихов потенцијал недовољно истражен.

У погледу искоришћености ресурса (SINV4), ниједан локалитет не користи своје потенцијале у потпуности. Посебно ниска искоришћеност уочена је код Куршумлијске бање, Вичке бање и Магова, што указује на значајан неискоришћени хидрогеотермални потенцијал Топличког округа.

Према температурним карактеристикама (SINV5), највише је вреднована Куршумлијска бања, која обухвата све температурне категорије вода. Луковска бања обухвата три, Пролом бања две температурне групе, док Вичка бања и Магово припадају само једној категорији.

Хемијски састав (SINV6) најразноврснији је код Куршумлијске бање, док су остали локалитети релативно уједначени. Посебан недостатак уочен је код Вичке бање, где су хидрогеолошка истраживања ограничена, иако постоје индиције о већој варијабилности температуре и хемијског састава.

Упоредна анализа показује јасну разлику између два тржишна сегмента. Здравствени туристи значајно више вреднују терапеутска својства (SINV1) и хемијски састав вода, док рекреативни посетиоци придају већи значај температури воде (SINV5) и могућностима рекреативне употребе. Разлика у значају терапеутске вредности износи $I_m = 0,75$ за здравствене туристе, у односу на 0,54 код рекреативних посетилаца, док је значај хемијског састава још израженији (0,85).

С друге стране, субиндикатор различитих начина коришћења воде (SINV2) показује минималне разлике, али из различитих разлога. Здравствени туристи га посматрају кроз призму терапије, док рекреативни посетиоци истичу значај велнес и спа садржаја. Управо зато рекреативни сегмент више вреднује температурне варијације воде (0,78), у односу на здравствени сегмент (0,68), што указује на значај инфраструктурног прилагођавања различитим типовима туриста.

Анализа Туристичких вредности (TV) истиче туристичку уређеност Пролом бање и односу на остале анализиране хидрогеолошке локалитете. Најмлађа је од три афирмисана бањска лечилишта Топличког округа и већ дужи низ година остварује високу и континуирану туристичку посећеност. Свој развој усмерила је ка стварању вишег стандарда туристичке понуде, унапређујући туристичку инфраструктуру. Развоју бање допринела је њена повољна саобраћајна позиција, као и додатни природни и антропогени садржаји, првенствено СП Ђавоља варош. Интензивирање промотивних кампања везаних за геокомплекс Ђавоље вароши, интегрално је спровођен и за Пролом бању као најближи смештајни објекат, што је резултирало великим бројем рекреативних туриста. До скоро је била један од ретких туристичких локалитета Топличког округа који су се промовисани на националном нивоу. Како ова бања поседује јединствен хемијски састав воде који погодује лечењу уринарног система, њена флаширана вода постала је позната широм Србије што ју је учинило и веома посећеном и међу здравственим туристима, иако бања нуди и задовољавајуће садржаје за спорт и рекреацију. Оваква оријентација ка туристичком развоју резултирала је највишим туристичким вредностима ове бање која је међу водеће бањске центре у Србији.

Према резултатима истраживања, Пролом бања има и одређене недостатке. Неки од њих, као што је мањи број антропогених споменика у ближој околини, не могу се лако отклонити. Ниске вредности субиндикатора броја природних споменика у околини (SITV7) могу се у значајној мери променити, што је и један од циљева ове дисертације. Геоексперти су приликом вредновања закључили да у ширем, изразито природном подручју, осим поменуте Ђавоље вароши, нема афирмисаних природних локалитета. У атрактивној околини налази се велики број неафирмисаних или недовољно афирмисаних локалитета. Њиховим уређењем проширила би се туристичка понуда, што би додатно привукло туристе и продужило дужину њиховог боравка у Пролом бањи.

Према оценама „ I_m “ фактора за субиндикаторе Туристичких вредности истиче се и Куршумлијска бања, на шта је несумњиво утицала и непосредна близина урбаног подручја Куршумлије. И поред изузетних Природних вредности (NV), које је високо позиционирају, до 2023. године ова бања и лечилиште постојала је само у теорији. У пракси је једини смештајни објекат био веома ороноу, а бања није била значајније туристички посећена, осим ретких индивидуалних туриста. У таквом стању вреднована је у раду Tomić & Košić (2020, p. 6), па је у погледу туристичких вредности оцењена најнижим вредностима у оквиру Копаоничко-јастребачке групе бања, док је према укупним оценама рекреативних и здравствених туриста позиционирана у поље Z_{21} матрице.

Значајне промене догодиле су се током 2023. године. Једини смештајни објекат је приватизован, а управљање је преузело предузеће а.д. „Планинка“ из Куршумлије. Адаптацијом смештајних и угоститељских капацитета, отварањем велнес, спа и здравственог центра, отворених и затворених базена, као и тениских терена на којима се организују

професионални и национални тениски турнири, ова бања је постала туристички веома активна. То потврђују и резултати овог вредновања. Висока оцена Туристичких вредности (TV) у овом истраживању, боље је позиционирала Куршумлијску бању у оквиру SAM матрице. Добро је оцењена према близини емитивног центра (SITV8), важних саобраћајница (SITV9) и антропогених туристичких вредности (SITV7), док се маркетиншке и промотивне активности спроводе на националном нивоу (SITV10). Ограниченост смештајних и угоститељских капацитета на само један објекат утицала је на ниже оцене ових субиндикатора. Више вредности за број антропогених туристичких вредности последица су утицаја Куршумлије. Истовремено, ниже оцене према броју природних туристичких вредности (SITV6) велики су недостатак Куршумлијске бање, јер се као и Пролом бања, налази у природно очуваном подручју, окружена мало познатим, а често и недоступним геолокалитетима. Потребно је дефинисати ширу туристичку понуду бање која би укључивала ловишта и геолокалитете у њеној близини, уместо уско ограниченог туристичког развоја који не укључује већи број привредних субјеката.

Према оценама Туристичких вредности (TV), Луковска бања одликује се нижим оценама у односу на претходно наведене бањске центре. Ово је бањско лечилиште, са веома дугом традицијом и атрактивним природним потенцијалима, сврстава се у сам врх бањских туристичких центара Србије. У туристичком смислу, најразвијенија је бања Копачичког хидротермалног чворишта, са високим оствареним туристичким прометом већ дуг низ година. Према надморској висини, највиша је бања у Србији, па се сматра и климатским лечилиштем, што погодује спортистима и рекреативним туристима (SITV1). Окружује је пасивно и депопулационо окружење, а овај дефицит донекле је ублажен дефинисаном и развијеном туристичком понудом. Резултати оцена наглашавају вредност природног окружења ове бање (NV), са бројним природним локалитетима (SITV6) и мањим бројем антропогених локалитета (SITV7). Експертске оцене ниже су вредновале смештајне капацитете (SITV3) и угоститељске услуге (SITV4) ове бање, које би требало унапредити. Како је управљач и ове бање предузеће а.д. „Планинка“, маркетиншким и промотивним кампањама очигледно се озбиљно приступило, па се активно спроводе на националном нивоу, а повремено и на међународном нивоу.

Анализирана су и два неафирмисана изворишта, оцењена ниским оценама. Ова два хидрогеолошка локалитета укључена су у вредновање са циљем истицања њихових потенцијала коришћења, дефинисања њихове тренутне вредности, њихових предности и недостатака. Иако се разликују према природним карактеристикама, експертске оцене су их идентично вредновале према Туристичким вредностима (TV). Високо су вредновани субиндикатори природног окружења (SITV6) и антропогеног окружења (SITV7), близине емитивних центара (SITV8), као и карактеристике саобраћајних комуникација (SITV9). Због неоформљене туристичке понуде, ови геолокалитети ниско су оцењени према осталим субиндикаторима.

Кроз анализу субиндикатора Туристичких вредности (TV) у односу на „Im“ фактор може се уочити да рекреативни посетиоци у већој мери придају значај могућностима спортско-рекреативних активности, пратећој инфраструктури и окружењу локалитета. Спорт и рекреација представљају њихов основни мотив путовања, па је разумљиво да они више цене квалитетну инфраструктуру и садржаје у односу на здравствене туристе. Како су здравствени туристи, због здравствених тегоба, претежно стационарни, додатне културне и природне вредности у околини бања су за њих мање важне, за разлику од стручности медицинског особља и квалитета неге.

Концепт „рекреативног туристе“ поистовећује се са савременим концептом „туристе“. Одликују их динамичност, тежња ка истраживању простора, као и очекивање савремених хотелско-угоститељских услуга. У већој мери боље су вредновани субиндикатори који

вреднују овакве вредности. Рекреативни туристи првенствено ће изабрати бању која је боље промовисана, популарнија и посећенија, са већ изграђеним позитивним имиџом међу посетиоцима. На ове тржишне сегменте посебно утиче и интензивирање маркетиншко-промотивних активности. Истовремено, ове активности немају значајан утицај на здравствене туристе. Због здравствене оријентације и здравствених тегоба, они су у великој мери опредељени за одређено лечилиште, што значајно ограничава њихов избор.

На основу вредности оцена геоексперата и оцена фактора значаја субиндикатора од стране туриста (**Табела 44**), статистичком обрадом дефинисане су коначне вредности анализираних хидрогеолошких локалитета Топличког округа (**Табела 45**).

Табела 45. Укупно рангирање анализираних хидрогеолошких локалитета.

локалитет	Im ₁				Im ₂			
	Природне вредности (NV)	Туристичке вредности (TV)	Σ	Поље	Природне вредности (NV)	Туристичке вредности (TV)	Σ	Поље
Куршумлијска бања – ХГЛ1	10,44	21,85	32,29	Z₂₂	12,08	17,29	29,37	Z₂₂
Луковска бања – ХГЛ2	10,0	19,1	29,1	Z₂₂	11,59	16,11	27,7	Z₂₂
Пролом Бања – ХГЛ3	8,54	24,78	33,32	Z₂₂	10,2	21,89	32,09	Z₂₂
Вичка бања – ХГЛ4	4,42	16,54	20,96	Z₁₂	5,64	14,09	19,73	Z₁₁
Магово – ХГЛ5	3,99	16,54	20,53	Z₁₂	4,88	14,09	18,97	Z₁₁

Према перцепцији рекреативних туриста (Im₁), најбоље су вредноване Природне вредности (NV) Куршумлијске бање (10,44), што је у складу са њеним израженим хидрогеолошким потенцијалом, односно великим бројем извора и њиховом разноврсношћу у погледу хемијског састава и температурног распона. Нешто ниже вредности бележи Луковска бања (10,00), док је Пролом бања (8,54) значајно ниже вреднована, пре свега услед мање варијабилности физичко-хемијских својстава вода.

С друге стране, анализом Туристичких вредности (TV) уочавају се значајне разлике. Рекреативни туристи највише су вредновали туристичке карактеристике Пролом бање (24,78), што овом локалитету обезбеђује и највишу укупну оценоу (33,32). Висок степен развијености туристичке инфраструктуре, добра саобраћајна доступност, као и атрактивни и адекватно промовисани садржаји у непосредном окружењу кључни су фактори оваког вредновања.

Високо су оцењене и Туристичке вредности Куршумлијске бање (21,85), која према укупној вредности (32,29) заузима друго место, са минималним заостатком у односу на Пролом бању. Луковска бања бележи нешто ниже вредности Туристичких вредности (19,10), што је позиционира на треће место по укупној оцени (29,10).

Хидрогеолошка изворишта у Вичи (20,96) и Магову (20,53) оцењена су значајно нижим укупним вредностима. Ипак, нешто боља оцена Природних вредности код Вичке бање указује на релативно већи потенцијал њеног будућег коришћења.

Према резултатима вредновања рекреативних туриста (**Табела 45**), три хидрогеолошка локалитета, Пролом бања (ХГЛ3), Куршумлијска бања (ХГЛ1) и Луковска бања (ХГЛ2), позиционирана су у високо вредновано поље Z₂₂ САМ матрице (**Слика 53**), што указује на њихов висок степен атрактивности и функционалности у геотуристичком контексту. Насупрот томе, Вичка бања (ХГЛ4) и Магово (ХГЛ5) позиционирани су у поље Z₁₂, што одражава њихов нижи ниво валоризације и ограничену туристичку афирмисаност.

Резултати вредновања указују да и здравствени туристи (Im₂) најбоље оцењују Природне вредности (NV) Куршумлијске бање (12,08), из истих разлога као и рекреативни туристи, али са другачијом мотивацијом. Здравственим туристима мотив представља

вишеструко лечење различитих тегоба што знатно сужава избор леčiliшта, пружа могућност стационарања и лечења у дужем временском периоду, чиме се умањују трошкови.

Здравствени туристи на друго место позиционирају Природне вредности Луковске бање (11,59), испред Пролом бање (10,2). Овакав однос може се објаснити ширим спектром могућности коришћења извора, планинским карактеристикама Луковске бање, као и утицајем туристичког подручја Копаоника.

Здравствено-туристички сегмент најбоље је оценио Туристичке вредности Пролом бање (21,89), што је чини укупно најбоље оцењеним локалитетом (32,09), и према овом тржишном сегменту позиционира у високо поље Z_{22} SAM матрице (Слика 53).

Овај тржишни сегмент незнатно боље вреднује Куршумлијску бању (17,29) у односу на Луковску бању (16,11), која је од три афирмисана бањска центра најниже вреднована. И ова два локалитета позиционирана су у високо вредновано поље Z_{22} матрице.



Слика 53. Дијаграм матрица упоредних SAM вредности.

У односу на рекреативни сегмент, здравствени туристи су ниже оценили Природне вредности изворишта Вичке бање (5,64) и Магова (4,88), док су у погледу Туристичких вредности ови локалитети знатно боље оцењени, идентичном оценом од 14,09. То је ова два локалитета, према укупним вредностима добијеним од здравствених посетилаца, позиционира у поље Z_{11} матрице.

8.1.4 SAM геостатистичка анализа

Са циљем прецизнијег сагледавања и визуелизације резултата нумеричке SAM анализе, примењени су потенцијали Географских информационих система. За процесуирање и обраду

нумеричких података, уз примену IDW методе интерполације, коришћени су QGIS 3.40.11 Bratislava и његова SAGA GIS екстензија.

Примени интерполационе методе претходила је адекватна припрема података. У циљу приказа просторне дисперзије вредности било је неопходно извршити локацијско дефинисање података, односно повезивање локалитета са одговарајућим нумеричким вредностима добијеним SAM анализом. Као резултат овог поступка креирана је компаративна карта дистрибуције (**Прилог 16**), на којој су приказани површински растери дисперзије SAM вредности, како према индикаторским групама, тако и према анализираним тржишним сегментима.

Класификација вредности извршена је у складу са распонима дефинисаним SAM матрицом, чиме су јасно истакнуте вредносне разлике између појединачних локалитета.

Други део геостатистичке анализе спроведен је применом алата *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). Након рекласификације површинских растера, овај алат омогућио је постпроцесуирање растерских података, односно прецизно мерење површина сваке класе. На тај начин дефинисане су гравитационе зоне утицаја појединачних геолокалитета, а резултати ових мерења систематизовани су и приказани у **Табели 46**.

Табела 46. Удео (%) и површина (km²) гравитационих утицаја хидрогеолокалитета (ХГл1 до ХГл5).

	Im ₁				Im ₂			
према класама распона у (%)	NV	распон	удео грав. подручја		распон	удео грав. подручја		
		<8	65,6		<8	39,5		
		8 – 10	32,3		8 – 10	32,3		
		10 - 12	2,1		10 – 12	27,8		
	>12	0		>12	0,4			
	TV	<16	0		<16	40,1		
		16 - 20	56,4		16 - 20	53,1		
		20 - 24	41,1		20 - 24	6,8		
		>24	2,5		>24	0		
	Σ	<20	0		<20	1,6		
		20 - 24	14,9		20 - 24	36,6		
		24 - 28	45,9		24 - 28	35,3		
>28		39,2		>28	26,5			
према локалитету у (km ²)	Im ₁				Im ₂			
		NV	TV	Σ	NV	TV	Σ	
	XГл1	46,8	916,9	874,6*	620,2*	1184,6*	591,2*	
	XГл2	720,6*	1258,2*	874,6*	9,0	1184,6*	787,5	
	XГл3	720,6*	65,9	874,6*	620,2*	151,8	591,2*	
	XГл4	1463,5*	1248,2*	265,1	881,2*	894,6*	35,8*	
	XГл5	1463,5*	1248,2*	67,3	881,2*	894,6*	35,8*	

*хидрогеолокалитети који подједнако учествују у истом гравитационом подручју

Посматрајући упоредну карту дисперзије вредности индикаторских група (**Прилог 16**), могу се извести одређени закључци. У дисперзији оцена рекреативних и здравствених посетилаца уочава се приближна уједначеност интерполираних површина нижег и вишег сегмента распона. Присутан је и релативни баланс односа Природних вредности (NV) и Туристичких вредности (TV) код већине анализираних локалитета. Резултати издвајају три локалитета у вишим класама распона и два локалитета чије су интерполиране вредности у нижим класама распона.

На карти дистрибуције Природних вредности према рекреативним посетиоцима (**Прилог 16-а**), интерполисано подручје дефинисано је кроз три класе распона. Одсуство високо вреднованих локалитета указује на то да у оквиру ове индикаторске групе нема екстремних вредности NV субиндикатора. Код сваког анализираног локалитета поједини природни субиндикатори оцењени су релативно ниско од стране рекреативних туриста.

Најбоље оцењени локалитет, Куршумлијска бања (ХГл1), сврстан је у умерено-високу класу распона. Површина његовог гравитационог подручја релативно је мала, око $46,8 \text{ km}^2$, односно 2,1% интерполиране површине, што указује на то да су Природне вредности овог локалитета тек нешто изнад доње границе датог распона. У супротном, површина гравитационог утицаја била би већа. Око њега је формирано заједничко гравитационо подручје локалитета Луковска бања (ХГл2) и Пролом бања (ХГл3), које обухвата око 32,3% интерполиране површине, приближно $760,6 \text{ km}^2$ (**Табела 46**). Његова велика просторна распрострањеност резултат је јасне позиционираниости SAM вредности ових локалитета у оквиру истог распонског сегмента. Истовремено, указује на то да су поједини субиндикатори ових локалитета слабије оцењени, те могу представљати ограничавајући фактор даљег развоја.

У **Прилогу 16-а** највећи део интерполиране површине, око 65,6%, припада заједничком гравитационом подручју локалитета Вичка бања (ХГл4) и Магово (ХГл5), дефинисаном ниским распонским сегментом. Велика површина, око $1463,5 \text{ km}^2$, указује на изражену разлику у вредностима ових локалитета у односу на локалитете умерено-ниског сегмента.

Дисперзија SAM вредности Природних субиндикатора (NV), оцењених од стране здравствених туриста (**Прилог 16-в**), делимично се поклапа са резултатима рекреативних посетилаца. Највишим распонским сегментом дефинисано је гравитационо подручје локалитета Куршумлијска бања (ХГл1). Ова тржишна категорија најбоље је вредновала локалитет који у највећој мери задовољава њене потребе, што је резултирало високим оценама природних субиндикатора. Мала површина гравитационог подручја, око 9 km^2 , указује на то да су ове вредности ближе доњој граници високог распона.

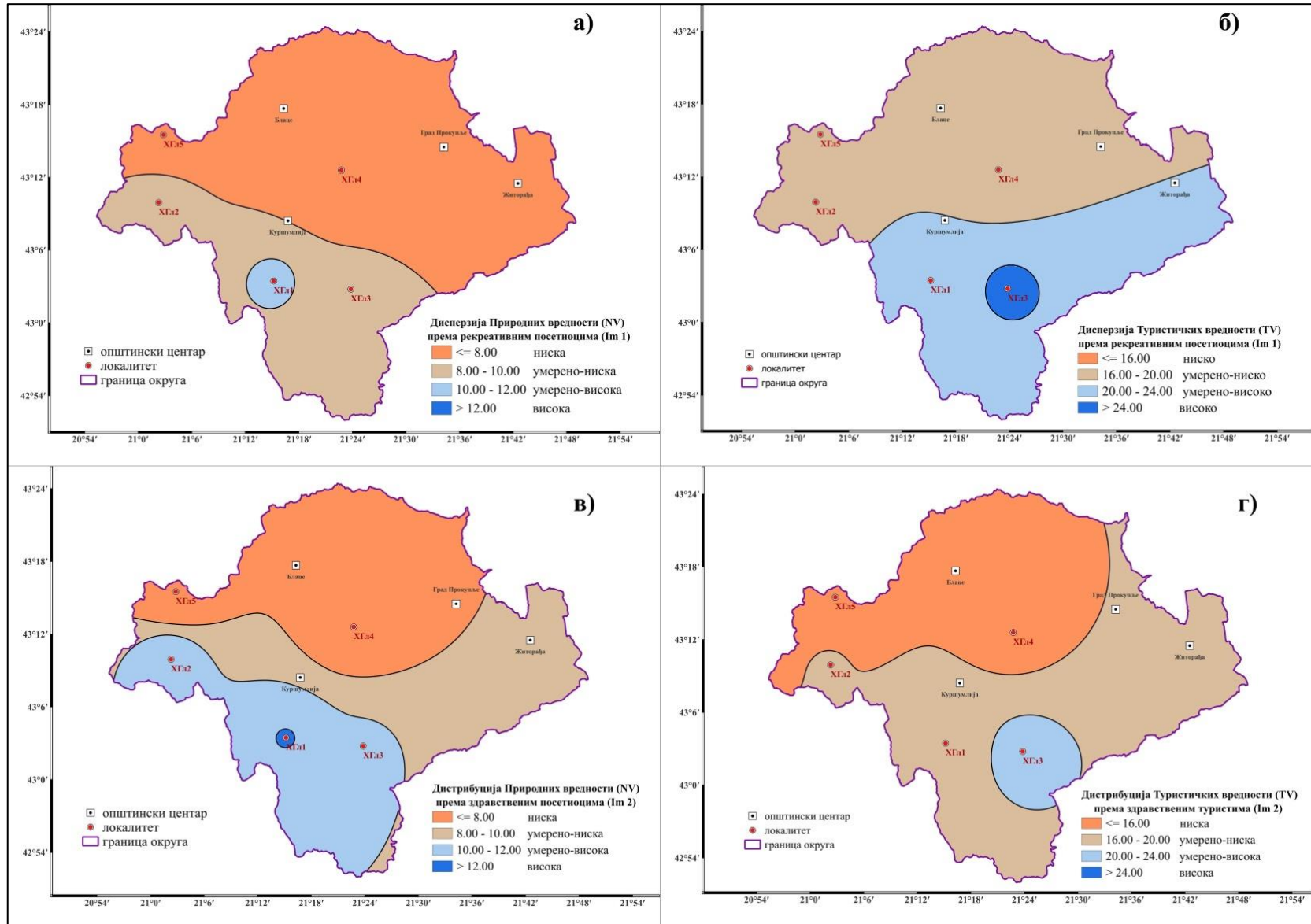
Око овог подручја формирано је веће заједничко гравитационо подручје локалитета Луковска бања (ХГл2) и Пролом бања (ХГл3), површине око $620,2 \text{ km}^2$, које захвата око 27,8% интерполиране површине (**Табела 46**). Ово указује на релативно мала одступања у вредностима субиндикатора Природних вредности између Куршумлијске бање, Луковске бање и Пролом бање, што потврђује да природне карактеристике ових локалитета имају висок значај за здравствене туристе.

Гравитационо подручје умерено-ниског сегмента није директно везано за одређени локалитет, већ представља прелазну зону између виших и нижих вредносних категорија. Локалитети Вичка бања (ХГл4) и Магово (ХГл5) сврстани су у низак сегмент распона, са заједничким гравитационим подручјем површине око $881,2 \text{ km}^2$. Иако припадају истој класи као и код рекреативних туриста, ово подручје је мање, што указује на мање разлике у вредностима у односу на више рангиране локалитете.

Карта дисперзије Туристичких вредности према рекреативним посетиоцима (**Прилог 16-б**) карактерише присуство три распонске класе, уз одсуство ниског сегмента. Локалитети Луковска бања (ХГл2), Вичка бања (ХГл4) и Магово (ХГл5) формирају велико заједничко гравитационо подручје површине око $1258,2 \text{ km}^2$ (56,4% интерполиране површине), дефинисано умерено-ниским сегментом. Иако Луковска бања представља афирмисан локалитет, ова класификација указује на то да њене туристичке вредности заостају за природним потенцијалима. Истовремено, локалитети Вичке бање и Магова показују значајан развојни туристички потенцијал.

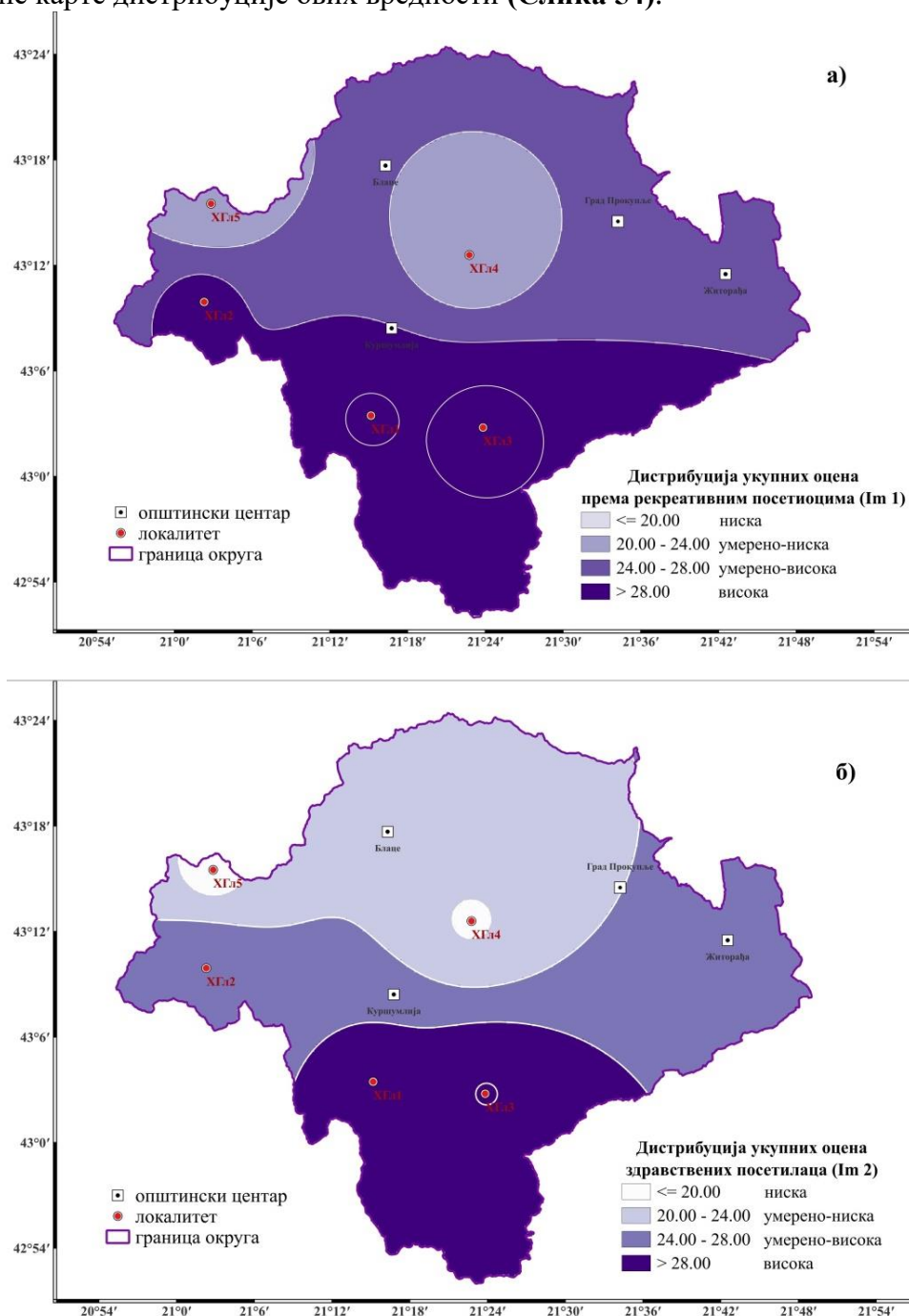
Умерено-висок сегмент обухвата гравитационо подручје локалитета Куршумлијска бања (ХГл1), површине $916,9 \text{ km}^2$ (41,1% интерполиране површине), што указује на његове боље туристичке карактеристике. Локалитет Пролом бања (ХГл3) сврстан је у највиши сегмент, са гравитационим подручјем површине $65,9 \text{ km}^2$, што га издваја у односу на остале анализиране локалитете.

ПРИЛОГ 16.



Сличан образац уочен је и код здравствених туриста (**Прилог 16-г**), где је Пролом бања (ХГл3) такође најбоље вреднована. Локалитети Куршумлијска бања (ХГл1) и Луковска бања (ХГл2) формирају заједничко гравитационо подручје умерено-ниског сегмента (53,1% интерполиране површине), док Вичка бања (ХГл4) и Магово (ХГл5) припадају ниском сегменту (40,1% интерполиране површине). Разлике у оценама између тржишних категорија указују на то да значај појединих субиндикатора варира у зависности од типа туриста.

Као крајњи резултат SAM анализе, укупне вредности локалитета добијене су збиром оцена Природних индикатора (NV) и Туристичких индикатора (TV). То је омогућило израду компаративне карте дистрибуције ових вредности (**Слика 54**).



Слика 54. Карта компаративне дистрибуције укупних SAM вредности: а) – према рекреативним посетиоцима; б) – према здравственим посетиоцима.

Према оценама рекреативних туриста, локалитети су груписани у три распонска сегмента, при чему умерено-висок сегмент има транзициони карактер (**Слика 54-а**).

Локалитети Куршумлијска бања (ХГл1), Луковска бања (ХГл2) и Пролом бања (ХГл3) сврстани су у висок сегмент распона. Формирају заједничко гравитационо подручје од око 874,6 km² (45,9% интерполиране површине), што указује на њихову доминантну позицију. Преостала два локалитета припадају умерено-ниском сегменту, што указује на њихов тренутни регионални значај, али и значајан развојни потенцијал. Веће гравитационо подручје локалитета Вичка бања указује на њену благу предност у односу на локалитет Магово.

Према оценама здравствених туриста локалитети су груписани у све четири класе распона, при чему и у овом случају, умерено-ниска класа има транзициони карактер (**Слика 54-б**). У оквиру високе класе распона локалитети Куршумлијска бања (ХГл1) и Пролом бања (ХГл3) формирају заједничко гравитационо подручје површине око 591,2 km² (око 26,5% интерполиране површине), што указује на то да здравствени посетиоци издвајају ова бањска лечилишта и сматрају их лечилишно веома значајним. Умерено-високим сегментом распона обухваћен је локалитет Луковска бања (ХГл2), са гравитационим подручјем површине око 787,5 km² (око 35,3% интерполиране површине), што према здравственим туристима показује да неки од субиндикатора Туристичких вредности нису на задовољавајућем нивоу.

И према здравственим туристима Вичка бања (ХГл4) и Магово (ХГл5) класификовани су у низак сегмент распона, са заједничким гравитационим подручјем, што никако није изненађујуће. Њихове природне карактеристике имају значајну вредност, али су туристичке вредности само у појединим сегментима позитивно оцењене. Више пута је наглашавано да они представљају потенцијална туристичка подручја која би се у будућности могла афирмисати.

8.2 Детерминисање рангова приоритета заштите

Други део резултата обухвата примену ГИС мрежне изохроне анализе у циљу дефинисања доступности геолокалитета, односно одређивања њиховог временског домета. Доступност представља један од кључних критеријума који утичу на туристичку подобност геолокалитета. Управљање геотуристичким ресурсима и њихово туристичко оспособљавање директно су повезани са овим критеријумом. Саобраћајно доступнији локалитети представљају приоритетне туристичке тачке и имају већи потенцијал за туристичко коришћење. Визуелизовано изохроно зонирање пружа значајну подршку туристичком планирању на нивоу општина, омогућава организацију временски оптимизованих туристичких маршрута, као и ревизију постојеће туристичке понуде. На овај начин могу се издвојити простори и геолокалитети који захтевају приоритет у спровођењу мера заштите.

Основни циљ анализе јесте да се употребом векторске саобраћајне мреже, у оквиру дефинисаног временског радијуса, одреди степен саобраћајне приступачности геолокалитета. Поред тога, анализираће се њихов потенцијал за укључивање у туристичку понуду појединачних административних целина. Посебан акценат ставља се на поређење доступности, искоришћености и степена заштите геолокалитета, при чему изохроне карте представљају основу за ефикасније планирање и организацију геотуризма у Топличком округу. На основу добијених резултата дефинисаће се зоне заштите, при чему ће најближи локалитети истовремено бити и они са највећим туристичким потенцијалом, али и највећим степеном угрожености.

У примени изохроне методе „15-minutes neighbourhoods“ користиће се софтвер QGIS 3.40.11 Bratislava, уз екстензију SAGA GIS. За синтезу, визуелизацију и картографски приказ геолокалитета и изохроних зона примениће се QGIS додатак *ORS Tools*, који омогућава примену алгоритама *OpenRouteService* (ORS) сервиса. Генерисање саобраћајне мреже

Топличког округа у векторском формату заснива се на употреби *query* операција у *OpenStreetMap* базама података, што омогућава интеграцију саобраћајне инфраструктуре као основе аналитичког приступа.

Применом алгоритама наведеног додатка, као резултат ГИС анализе, генеришу се полигони који представљају подручја доступна унутар одређеног временског интервала на основу путне мреже. Време путовања израчунава се за сваки сегмент саобраћајне мреже, узимајући у обзир просечна ограничења брзине, категорију пута, нагиб терена, степен кривудаости и друге карактеристике инфраструктуре. Основни параметар анализе је временски интервал од 15 минута, на основу кога се формирају неправилни изохрони полигони.

ORS сервис омогућава кориснику да дефинише и додатне параметре анализе. У овом истраживању, као полазни параметар, коришћени су резултати анкетног истраживања у оквиру GAM методологије, где је утврђено да више од 83% испитаника користи аутомобил као основно превозно средство приликом туристичких посета.

Анализа временске доступности обухватиће еминентне геолокалитете претходно описане у раду, у односу на сва општинска подручја Топличког округа. Као почетне тачке изохроне анализе користиће се централна градска подручја Града Прокупља, Куршумлије, Блага и Житораје. Ови простори представљају најрелевантније оријентире за процену времена путовања, јер се у њиховој близини најчешће налазе смештајни капацитети, као и полазне тачке организованих туристичких маршрута.

Иако се као почетне тачке могу користити и друге локације, у складу са потребама анализе, у овом истраживању изохрона анализа примењује се на регионалном нивоу. Индивидуалне примене могу се односити на туристичке кластере, бањске центре или појединачне туристичке објекте.

Доступност геолокалитета биће класификована у пет категорија: високо доступни локалитети, са временом путовања краћим од 15 минута; умерено-високо доступни, од 15 до 30 минута; умерено-ниско доступни, од 30 до 45 минута; ниско доступни, од 45 до 60 минута; и недоступни или слабо доступни, са временом путовања дужим од 60 минута.

Већи степен доступности подразумева и већи геотуристички потенцијал, као и већи значај у туристичкој понуди. Саобраћајна приступачност омогућава укључивање геолокалитета у различите туристичке маршруте, било као главних атракција или као комплементарних тачака, које доприносе продужетку боравка туриста. Анализом доступности утврдиће се степен искоришћености геотуристичких потенцијала и однос између доступности и туристичке активности.

Истовремено, већа доступност условљава и већу осетљивост и угроженост геолокалитета. Локалитети који су лакше доступни изложени су већем директном физичком утицају, али и индиректним ефектима урбанизације, као што су ширење насеља, развој инфраструктуре и повећање привредних активности.

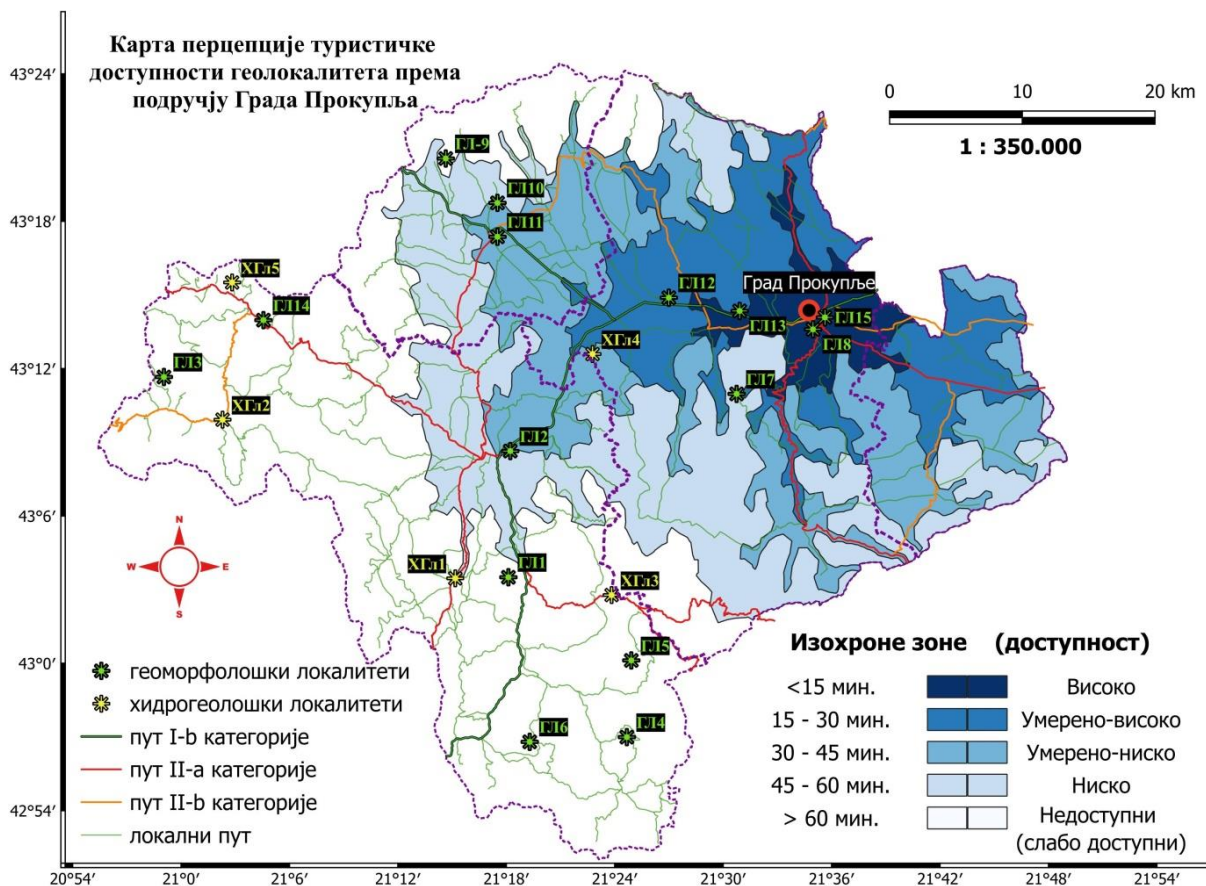
Посебан ризик представља интензивирање нетуристичких активности, при чему локација постаје фактор економске предности. Стога, повећање доступности мора бити праћено адекватним мерама заштите како би се обезбедило одрживо коришћење геолокалитета.

8.2.1 Изохрона анализа геолокалитета

Изохрона карта заснована на ГИС алгоритму креирана је за административно подручје Топличког округа. Подручје је подељено на пет зона саобраћајне доступности у односу на

Град Прокупље (Слика 55). Транспортна и туристичка доступност одабраних геолокалитета дефинисана је унутар сваке изохроне зоне.

За туристичке управљачке органе Града Прокупља, највећи туристички значај имају геолокалитети позиционирани унутар изохроних зона високе (<15 мин.) и умерено-високе (15–30 мин.) доступности. Ове зоне формиране су у источном и централном делу Топличког округа, са радијалним простирањем ка истоку, према подручју Житорађе и околним насељима, као и ка северу, где досежу подгорину Јастрепца. Њихово простирање ка југу условљено је рељефом, односно ограничено највишим деловима планине Видојевице. Геолокалитети обухваћени овим зонама представљају приоритет у спровођењу мера заштите и морају бити интегрисани у основну геотуристичку понуду Града Прокупља.



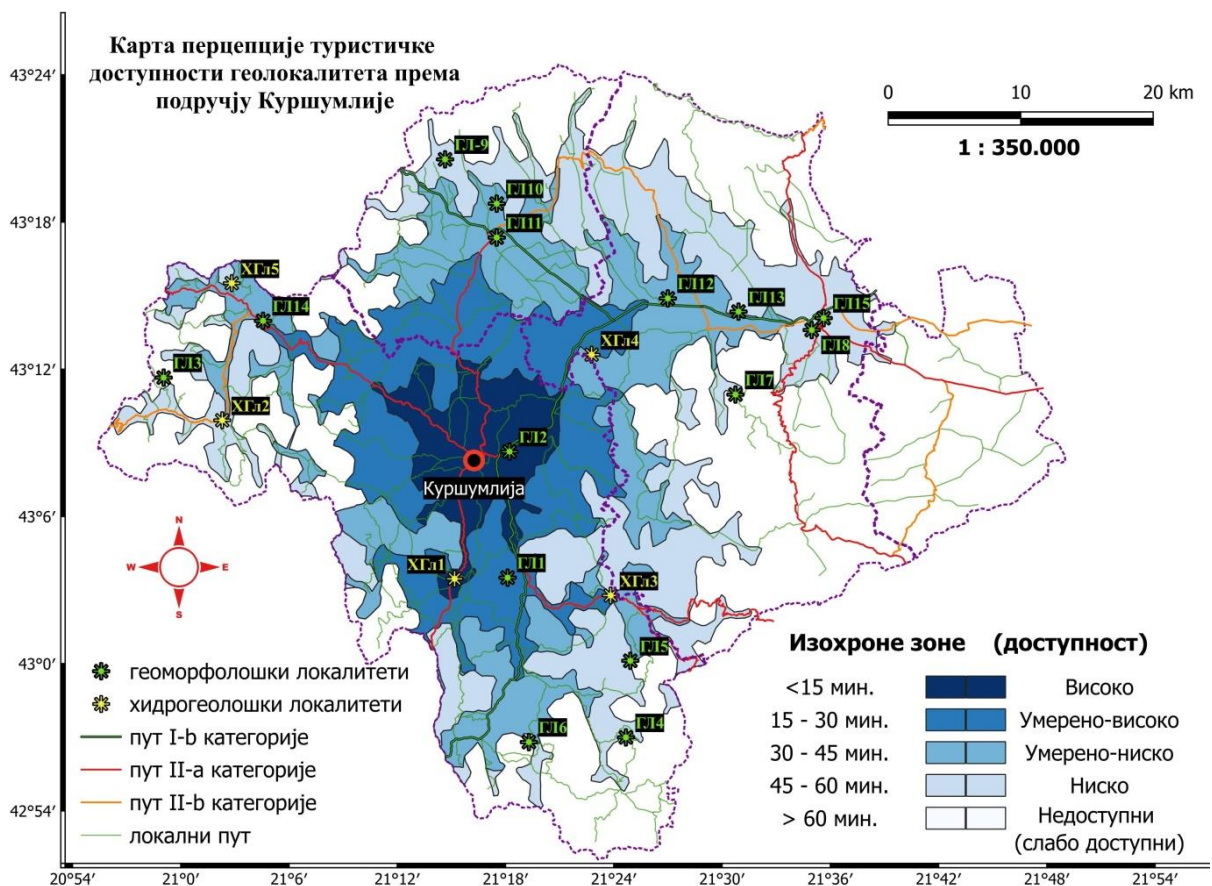
Слика 55. Карта перцепција туристичке доступности геолокалитета према подручју Града Прокупља.

Најдоступнији геолокалитети уједно су и најугроженији. Ово се пре свега односи на геокомплекс Хисар (ГЛ8), који је делимично заштићен, при чему је заштита ограничена на културни сегмент, док природни сегмент остаје изложен значајним притисцима. Овај локалитет је високо угрожен урбаним ширењем, интензивним привредним активностима и природним процесима. У примарни ранг заштите неопходно је уврстити и геолокалитет Сува чесма (ГЛ13), који је, иако унутар ширег урбаног подручја, туристички неафирмисан и без формалног степена заштите. Додатно је угрожен развојем саобраћајне инфраструктуре и пољопривредним активностима, посебно у оквиру слатинског подручја. У оквиру зоне високе доступности налази се и *ex situ* геонаслеђе (ГЛ15), представљено у Народном музеју Топлице, што потврђује његов изузетан геотуристички потенцијал и јасно дефинисан степен заштите.

Приоритет заштите и интеграције у туристичке токове треба проширити и на геолокалитете умерено-високе доступности, који поседују значајан геотуристички потенцијал. Бресничкија слатина (ГЛ12) представља пример локалитета чија добра приступачност није адекватно искоришћена у туристичке сврхе. Рурални карактер окружења донекле умањује њену геоеколошку осетљивост, док постојећи акт о заштити ограничава негативне утицаје, иако су они и даље присутни. Сличне карактеристике показује и Видовачки крш (ГЛ7), чија је угроженост релативно ниска услед депопулације и очуваног природног окружења, али потенцијална експлоатација минералних ресурса представља значајан ризик.

Према степену доступности, значајан геотуристички потенцијал за Град Прокупље имају и хидрогеолошке појаве у Вичкој бањи (ХГЛ4), чија се доступност налази на граници умерено-ниске изохроне зоне. У истој категорији налазе се и појава пиратерије реке Блаташнице (ГЛ10) и Блачко језеро (ГЛ11) у околини Блаца, који имају потенцијал за укључивање у ширу туристичку понуду. Остали геолокалитети Топличког округа, услед слабије доступности, могу бити укључени у туристичке токове у ограниченом обиму.

Специфичан географски положај Куршумлије условио је и специфичну просторну организацију изохроних зона (Слика 56). Куршумлија представља саобраћајно добро повезано подручје, са радијално распоређеном мрежом путева која је у великој мери условљена планинским рељефом. У складу са овом мрежом формиране су и изохроне зоне које обухватају све анализирани геолокалитете Топличког округа, што омогућава њихову интеграцију у туристичку понуду ове општине. Оваква позиционираност даје Куршумлији предност у односу на остале урбане центре округа.



Слика 56. Карта перцепције туристичке доступности геолокалитета према подручју Куршумлије.

Зона високе доступности формирана је у централном котлинском подручју Куршумлије, са продужетцима дуж главних саобраћајних праваца, укључујући и Куршумлијскобањску котлину. Зона умерено-високе доступности обухвата значајну површину и равномерно окружује зону високе доступности. Радијално се шири ка североистоку, југу, југозападу и северозападу, пратећи главне саобраћајнице и речне долине. Овај образац ширења карактеристичан је и за остале изохроне зоне.

Високом доступношћу одликују се два анализирана геолокалитета, која су, због непосредне близине урбаног насеља, дефинисана као део субурбаног подручја Куршумлије. Иако поседују висок туристички потенцијал, њихова заступљеност у туристичкој понуди није уједначена.

Изохрона зона високе доступности потврђује изузетан туристички потенцијал Куршумлијске бање (ХГл1). Њена изворишта представљају кључни елемент туристичких маршрута. Међутим, интензивирање туристичке активности доводи до повећаног притиска на природно окружење, чиме овај локалитет постаје геоеколошки веома осетљив. Додатни проблем представља недостатак формалне заштите, иако се извори активно користе у балнеолошке и рекреативне сврхе. Иако је предложена њена инвентаризација у оквиру геонаслеђа Србије, конкретне мере заштите још увек нису дефинисане.

Према подручју Куршумлије, изузетно високом доступношћу одликује се и група остењака у селу Крчмаре (ГЛ2). У непосредној су близини међународне саобраћајнице Е-80, што додатно истиче њихов потпуно неискоришћен геотуристички потенцијал. Ови остењаци веома су угрожени и бројним другим факторима – непосредном близином сеоског насеља, где остењаци представљају део сеоске средине и становници их користе за везивање животиња, деца за пењање и слично. Све ово увећава њихову осетљивост, што указује на потребу за заштитом, бар на локалном нивоу, а након тога могу бити и туристички активирани.

Умерено-високом доступношћу према подручју Куршумлије одликују се и неколико геолокалитета. На југу ова изохрона зона се простире спорадично, дуж речних долина, обухватајући два геолокалитета – Бранкову кулу (ГЛ1) и изворе Пролом бање (ХГл3). Оба локалитета су туристички активна, са значајним промотивним активностима усмереним ка туристичком развоју. Део су подручја заштите Парка природе Радан, чиме је припадност примарном рангу заштите испуњена. У правцу северозапада, умерено-висока изохрона зона крајњим деловима достиже до централног дела Тесне Топлице и геолокалитета Сантрач (ГЛ14). Позиционираност потврђује његов геотуристички значај за организацију туризма Куршумлије. Простирање ове зоне је значајно и у правцу централног дела Топличког округа, где у ивичном појасу обухвата и локалитет Вичке бање (ХГл4). Дефинисаност положаја указује на њихову геоеколошку осетљивост, те указује на потребу за приоритетном заштитом.

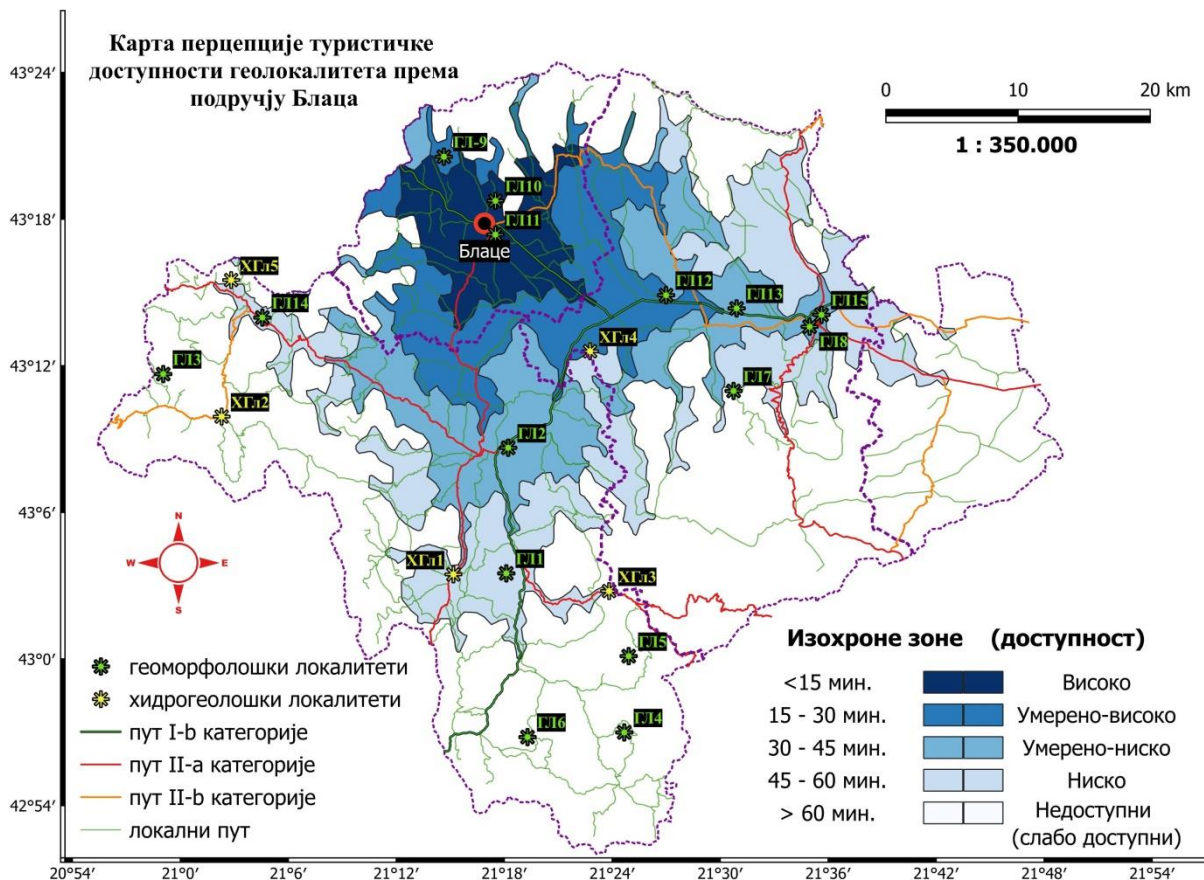
На **Слици 56** уочава се и да је, у односу на подручје Куршумлије, велики број еминентних геолокалитета рубно позициониран, обухваћен изохроним зонама ниже доступности. Дистанцираност се негативно одражава на организацију туризма јер отежава груписање локалитета у туристичке маршруте.

Међутим, уочава се и да изохрона зонираност групише ове геолокалитете груписаним у појединачне кластере - подручје Прокупља на истоку, подручје Копаоника на северозападу, подручје Блага на северу и планине Радан на југу. Како су Прокупље и Блага засебни урбани центри, поседују способност да самостално наступају на туристичком тржишту. За организацију геотуристичке понуде Куршумлије, већи значај имају преостала два кластера која се одликују великом осетљивошћу простора. Услед заштићености и депопулационих демографских карактеристика, угроженост локалитета није велика (осим услед деловања природних процеса). Издвојеност кластера пружа могућност формирања њихових сопствених

туристичких понуда, дефинисаних око доминантних смештајних објеката (Пролом и Луковске бање).

Дисперзија гравитационих зона доступности геолокалитета у односу на урбани центар Блага (Слика 57) указује да су оне ограничене планинским висовима на северу и југу. Изохроне зоне протежу се доминантно правцем северозапад-југоисток, дуж главних саобраћајница, обухватајући централни део Топличке котлине.

Просторна дисперзија изохроних зона скромнија је него у случају Прокупља и Куршумлије. Зона високе доступности дефинисана је под утицајем рељефа на ширем подручју Блага и управно је оријентисана на главни правац пружања. У мањој мери се дуж регионалних праваца пружа се дуж регионалних праваца ка југозападу, према Куршумлији, и ка истоку дуж подгорине Јастрепца. Већег обима је умерено-висока изохрона зона, али и она има веома сличне карактеристике пружања, задржавајући општу оријентисаност. Тиме су створене ограничене предиспозиције за организацију туристичке понуде овог урбаног подручја.



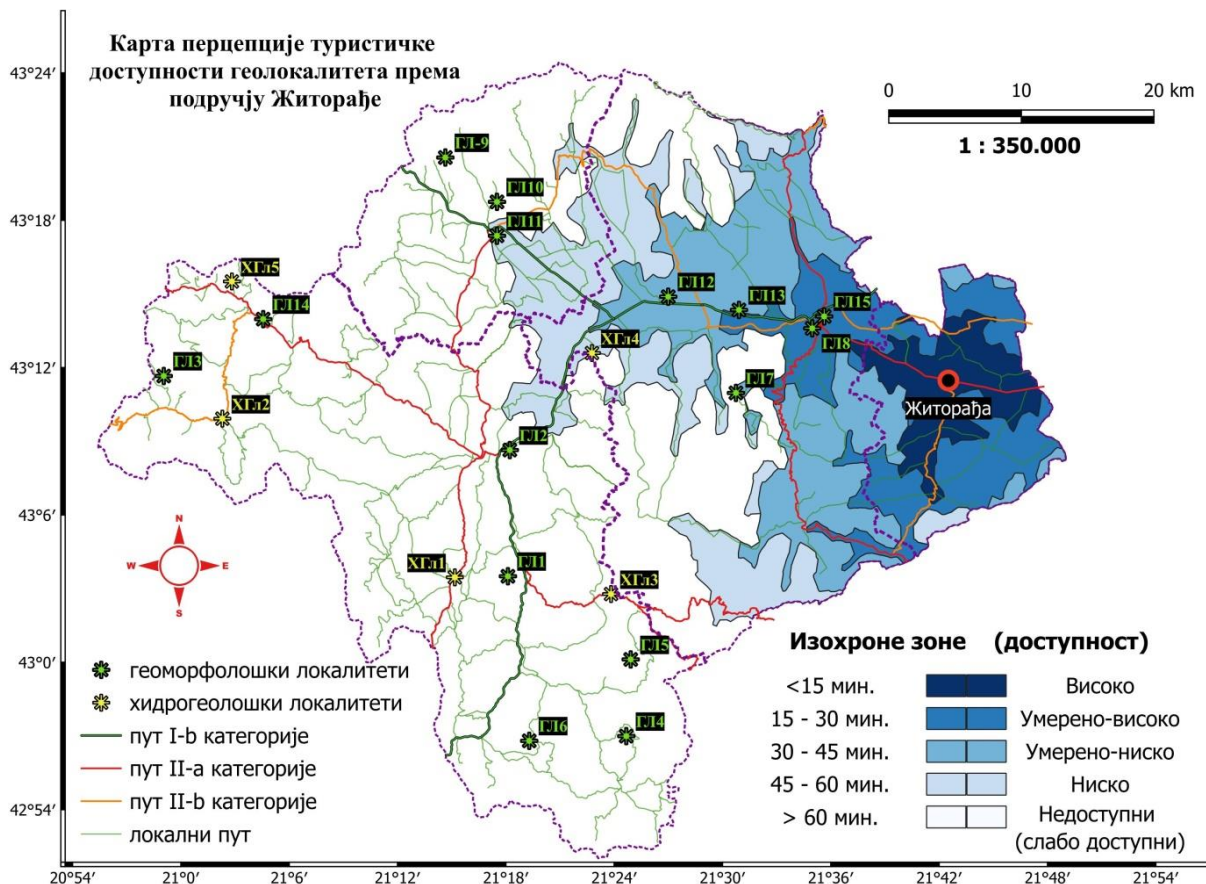
Слика 57. карта перцепције туристичке доступности геолокалитета према подручју Блага.

Три значајна геолокалитета у ближој околини Блага обухваћена су изохроном зоном високе доступности. Њихов туристички потенцијал за општину Блага је изузетно велики, те представљају приоритетна подручја преваходно у погледу заштите а затим и у погледу туристичког адаптирања и укључивања у организационе туристичке токове. Сва три геолокалитета, Пребреза (ГЛ9), пиратерија реке Блаташнице (ГЛ10) и Благско језеро (ГЛ11), карактерише низ специфичности, па је и њихова геоеколошка осетљивост велика. Специфичност подручја Пребрезе је и разлог геотуристичког оспособљавања, при чему је реч

о заштићеном подручју. Туристички организациони потенцијал, геоеколошка осетљивост и угроженост за остала два геолокалитета знатно су веће. Ивична позиционираност према урбаном подручју чини их угроженим са више аспеката. Урбанизација, привредни развој, комунална инфраструктура, пољопривредна активност, само су неки од фактора који утичу на њих. Значајан фактор су и природни процеси нарочито у погледу Блочног језера. Ова два феномена, иако званично инвентарисана у оквиру геонаслеђа Србије, не поседују правну заштиту, а према својим туристичким потенцијалима, морали би бити обухваћени приоритетним рангом заштите за подручје Блага.

Гравитационо ширење умерено-високе изохроне зоне доступности условило је да геолокалитети централно позиционирани у Топличком округу имају изражен геотуристички значај за урбано подручје Блага. Овом зоном обухваћена су два геолокалитета. Бресничкија слатина (ГЛ12) представља значајан геолокалитет не само за општину Блаце већ и за геотуризам Града Прокупља, чиме се потреба за њеном заштитом подиже са локалног на регионални ниво. Такав приступ допринео би смањењу њене геоеколошке осетљивости и дугорочном очувању.

Изохрона анализа доступности указала је да Вичка бања (ХГЛ4) представља значајан геотуристички локалитет и за подручје Блага. У поређењу са просторном дистрибуцијом изохроних зона Града Прокупља и општине Куршумлија, уочава се приближно уједначена доступност овог локалитета из сва три урбана центра Топличког округа. Овакав положај последица је његове централне позиције у оквиру округа, односно позиционираних њених хипотермалних изворишта. Наведене карактеристике чине Вичку бању геотуристички релевантним локалитетом за све организационе структуре Топличког округа.



Слика 58. Карта перцепције туристичке доступности геолокалитета према подручју Житорађе.

Проблем саобраћајне и географске позиционираниости општинског центра Житорађе (Слика 58) значајно се одразио на формирање изохроних зона. Ово изразито рурално подручје, једно од типичних руралних подручја Републике Србије, периферно је позиционирано у оквиру Топличког округа. Рељефно је изоловано од остатка округа планинским масивима Видојевице и Пасјаче. Просторно гравитира долини Јужне Мораве, док је ка југу функционално повезано са Пусторечким крајем, са којим дели сличне морфометријске карактеристике, односно благо заталасан рељеф испресецан доњим токовима река. Подручје је привредно, а посебно туристички, слабо развијено. У геотуристичком погледу, територија општине Житорађа оскудева геолокалитетима, и не поседује геолокалитете који би се могли означити као еминентни.

У складу са наведеним карактеристикама формирана је и просторна дисперзија изохроних зона. Зона високе доступности обухвата релативно велику површину, што је последица равничарског рељефа и развијене саобраћајне мреже дуж главних регионалних праваца. На истоку се простире до граница Топличког округа, док на западу допире до урбаног подручја Прокупља. Ка југу, ова зона се продужава дуж регионалног пута према Бојнику. Умерено-висока изохрона зона још је већег просторног обухвата. Формирана је северно и јужно од планинских подручја на истоку, која су због ограничене саобраћајне приступачности сврстана у умерено-нisku категорију доступности. У северном делу умерено-висока зона обухвата урбану и субурбану подручје Прокупља, док се њен јужни крак, пратећи главне саобраћајнице, простире до подручја Злате. Остатак геопростора Топличког округа карактерише ниска доступност, што указује на ограничен значај овог простора за организацију геотуризма општине Житорађа.

Зоне виших распонских сегмената дефинишу основни потенцијал геотуристичке доступности овог подручја. Геолокалитети у оквиру општине, уз адекватну адаптацију и туристичку активацију, могли би имати значајну улогу у формирању локалне геотуристичке понуде. Изохрона анализа указује да за подручје Житорађе посебан значај имају геолокалитети са територије Прокупља, као што су Хисар, Сува чесма и поставке Народног музеја Топлице, који су дефинисани умерено-високом зоном доступности. Ови локалитети, услед повољне просторне повезаности, представљају важан ресурс за развој геотуризма Житорађе.

У том контексту, туристички управљачки органи општине Житорађа суочавају се са неколико кључних задатака. Пре свега, неопходно је што пре извршити адаптацију и интензивнију промоцију мањих локалитета, као што су Речица и Извор, чији је туристички потенцијал евидентан. Значајан број ових локалитета је недовољно истражен и ограниченог просторног обухвата, због чега нису обухваћени детаљнијом анализом у дисертацији, али представљају важан предмет будућих истраживања. Други значајан задатак односи се на интеграцију геотуристичке понуде са Градом Прокупљем. Бројни геолокалитети административно припадају Прокупљу, али су, услед гравитационих изохроних зона, приступачнији из правца Житорађе, што их чини погоднијим за укључивање у заједничке туристичке токове. Формирањем интегралне туристичке понуде створили би се услови за подизање нивоа развоја геотуризма на оба административна подручја Топличког округа.

9. ПРЕДЛОГ АДЕКВАТНИЈЕ ГЕОТУРИСТИЧКЕ ОРГАНИЗАЦИЈЕ И КРЕИРАЊЕ АРХЕОЛОШКО-ГЕОЕКОЛОШКИХ МАРШУТА ГЕОДИВЕРЗИТЕТА ТОПЛИЧКОГ ОКРУГА

Претходна поглавља докторске дисертације указују на изражену географску хетерогеност простора Топличког округа, која се манифестује просторном и генетском разноврсношћу природних облика, појава и процеса, идентификованих у дисертацији као елементи геонаслеђа. Оваква диференцираност представља основу за научну валоризацију простора, али и за његову примену у области одрживог туризма.

Један од основних циљева дисертације односи се на унапређење организације, едукације и промоције геотуризма, са посебним освртом на геолокалитете. У том контексту, ово поглавље даје систематизован преглед постојећих облика туристичке организације у Топличком округу, уз критичку анализу њихове функционалности и просторне повезаности.

Изражена природно-географска диференцираност округа представља ограничавајући фактор у формирању јединствене и интегрисане геотуристичке понуде. Због тога се у раду примењују аналитички и просторни приступи са циљем дефинисања оптималног модела организације туризма. Тај модел заснива се на кластеризацији простора и формирању локалних геотуристичких целина, које омогућавају повезивање сродних геолокалитета и других природних и културних вредности.

Даљом интеграцијом ових кластера омогућава се дефинисање сложенијих туристичких маршрута, односно археолошко-геоеколошких итинерера. Ови итинерери представљају основни инструмент промоције геонаслеђа, јер омогућавају синтезу научних, едукативних и туристичких садржаја у јединствен просторни концепт.

Поред промотивне функције, геотуристичке маршруте имају и значајну едукативну улогу. Оне доприносе подизању свести јавности о значају очувања геонаслеђа, његовој рањивости и неопходности заштите. Истовремено, афирмишу геонаслеђе као важан ресурс за развој одрживог туризма и локалног економског развоја.

9.1 Туристичко зонирање и издвајање кластера у Топличком округу

Тренутни начин организације туризма у Топличком округу указује на строгу условљеност административним границама општинских подручја. Последица тога је издвајање појединачних подручја, на основу којих је могуће дефинисати две различите геотуристичке зоне. Степен геотуристичке развијености подручја општине Куршумлија и групе општина око Града Прокупља знатно се разликује, што представља додатни фактор диференцијације. Предодређеност урбаних подручја Прокупља и Куршумлије ка централизацији туристичких активности у округу одређена је пре свега степеном њихове саобраћајне умрежености и степеном урбанизације.

Општина Куршумлија једина се може сматрати у већој мери туристички оријентисаном. Туристичкој привредној делатности дат је апсолутни приоритет, а већина осталих привредних делатности стављена је у функцију туризма, што овај део Топличког округа сврстава на виши ступен развијености туризма. На управљачком нивоу подручјем управља Туристичка организација Куршумлије у синергији са приватним предузећем а.д. „Планинка“. Кооперација државног и приватног сектора одразила се на континуирани раст туристичког развоја, који је праћен и низом ограничења. Развој је ограничен на границе општинског подручја, без тежње за проширењем ка суседним подручјима у округу. Такође, оријентисан је само на појединачне туристичке тачке са малим степеном међусобне кохезије. Тренутна туристичка понуда је локалног карактера и уско дефинисана у постојећим

туристичким тачкама. Геолокалитети у њиховом окружењу, којима је у овој дисертацији потврђена значајна вредност, ограничено су заступљени и веома скромно туристички инфраструктурно опремљени. Стога овај простор захтева бољу организацију и већу интегрисаност туристичке понуде, како у оквирима сопствене туристичке зоне тако и са остатком Топличког округа.

Подручје Града Прокупља, као и општине Блаце и Житорађа, може се издвојити као посебна туристичка зона у оквиру Топличког округа. Туризам на овом простору карактеришу низак степен развијености и ограничен интензитет туристичких активности. Упркос постојању значајних природних и антропогених потенцијала, они нису у довољној мери валоризовани, те туризам остаје једна од недовољно развијених привредних делатности.

На управљачко-организационом нивоу доминантну улогу има Туристичка организација Прокупља, док туристичке организације Блаца и Житорађе, иако формално самосталне, функционишу у координацији са њом, како у организационом тако и у промотивном смислу. Њихов тржишни наступ најчешће је интегрисан, што указује на постојање одређеног степена институционалне сарадње. Развој туризма у великој мери ослања се на ову међусобну кооперацију, као и на сарадњу са малим приватним привредним субјектима.

Туристичке активности углавном су концентрисане на појединачне локалитете, који су само делимично опремљени туристичком инфраструктуром. Значајан број геолокалитета није укључен у туристичку понуду нити је адекватно промотивно представљен. Сходно томе, ови локалитети представљају неискоришћене или недовољно искоришћене ресурсе, чија валоризација захтева систематичнији приступ у погледу организације, заштите и развоја едукативно-промотивних активности.

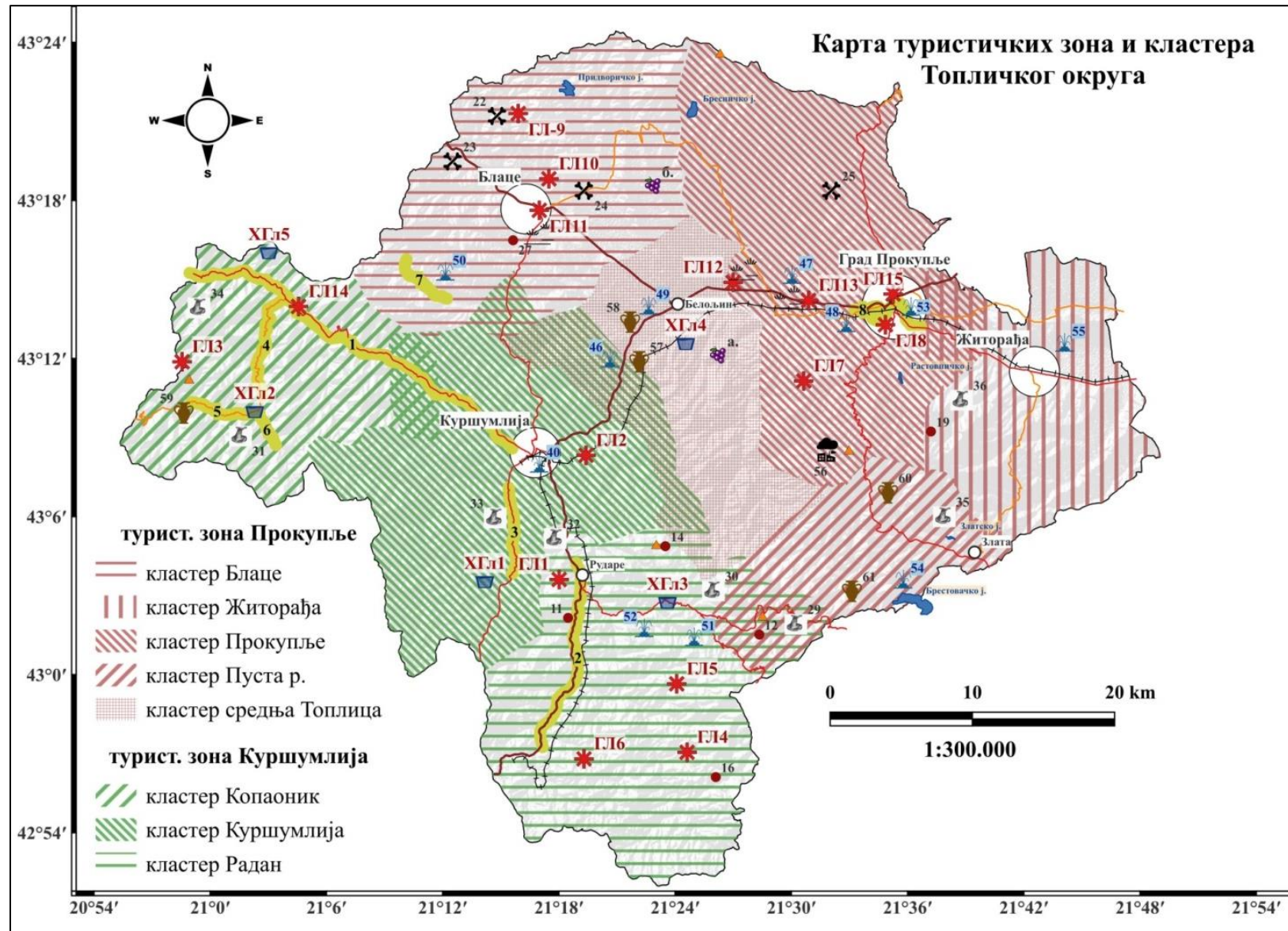
Постојећи модел организације геотуризма у Топличком округу показује одређена ограничења и простор за унапређење. Спроведена инвентаризација и аналитичко вредновање елемената геонаслеђа омогућавају ревизију постојећег геотуристичког зонирања, као и издвајање функционалних кластера. Овај приступ заснива се на реалном стању на терену, где се унутар постојећих туристичких зона издвајају подпростори са доминантним геолокалитетима као носиоцима развоја. Предложена кластеризација омогућава ефикаснију интеграцију суседних геотуристичких вредности и формирање тематски повезаних туристичких целина.

Резултати анализа указују на то да се границе појединих зона и кластера делимично преклапају, што отвара могућност њиховог функционалног повезивања, проширења постојећих и формирања нових заједничких геотуристичких производа. Посебно се издвајају геопростори Средње Топлице, укључујући локалитете Плочник, Бресничкићку слатину, Вичку бању, планину Соколовицу и Арбанашку планину, као и геолокалитете на подручју општине Блаце. Применом изохроне анализе утврђено је да ова подручја поседују умерено повољну саобраћајну доступност, што их чини потенцијално атрактивним и лако доступним туристичким дестинацијама за посетиоце из Куршумлије и Прокупља.

Значај зона преклапања туристичких простора огледа се и у могућности интегралног планирања развоја туризма на нивоу читавог Топличког округа. Координацијом различитих институционалних и привредних актера може се формирати јединствена и конкурентна геотуристичка понуда. Остваривање оваквог модела развоја условљено је већим степеном флексибилности локалних управљачких структура, као и применом заједничког стратешког приступа, што би у коначници имало позитиван утицај на укупан економски развој региона.

Просторна дистрибуција геолокалитета и тренутно стање туризма омогућава дефинисање предлога издвајања потенцијалних туристичких целина које се могу означити као туристички кластери (**Прилог 17**). Предложено издвајање кластера засновано је и на

ПРИЛОГ 17.



стању постојећих туристичких подручја, структури туристичке понуде и геопросторним факторима.

Туристички кластери одређени су гравитационим зонама једног или више централних геолокалитета око којих се креира тренутна туристичка понуда. Кластери не треба да обухвате искључиво геолокалитете, већ и друге туристичке вредности, као што су културно наслеђе, сакрални објекти, споменичко наслеђе, угоститељски објекти и други садржаји који су директно или индиректно повезани са туристичком понудом.

Природно-географска издвојеност подручја општине Куршумлија у односу на остатак Топличког округа, као и изражена дисекција територије према речним сливовима, условили су њену просторну диференцијацију на три основне туристичке целине (кластера): Куршумлија, Радан и Копаоник.

Кластер Куршумлија обухвата централни део општинског подручја, укључујући Куршумлијску и Куршумлијскобањску котлину. На северу захвата део клисуре „Тесне“ Топлице, док се на југу простире на доњи део слива реке Косанице, у зони села Рудара. Ово подручје представља контактну зону са масивом планине Радан, где се издвајају значајни геолокалитети, као што су Бранкова кула, клисура Мале Косанице, Вучково брдо и Рударски водопад. Источне и североисточне границе кластера дефинисане су административним границама општине, али резултати изохроне анализе указују на то да геолокалитети Средње Топлице и подручја Блаца могу имати значајан утицај на проширење његове геотуристичке функције. Овај кластер обухвата урбано туристичко подручје Куршумлије са Куршумлијском бањом, више валоризованих геолокалитета, богато културно-историјско наслеђе, као и заштићене природне просторе у оквиру комплекса цркве Свете Богородице и манастира Светог Николе, укључујући и споменик културе Марина кула. Посебан потенцијал представља група остењака у селу Крчмаре, која тренутно није укључена у туристичку понуду, иако има изражен геотуристички значај. Поред тога, на овом подручју идентификовани су бројни невалоризовани геолокалитети, као што су клисура Бањске реке, Црквишки водопад и заштићено подручје ушћа Косанице у Топлицу, који још увек нису адекватно интегрисани у туристичке активности.

Кластер Радан обухвата јужни део општине Куршумлија и геопростор сливова Велике и Мале Косанице. Просторно је дефинисан подручјем Лецког вулканског комплекса, који је у великој мери обухваћен границама Парка природе Радан. Туристичка понуда овог кластера доминантно се заснива на кохезији централних геолокалитета Пролом бање и Ђавоље вароши, док је учешће осталих елемената геонаслеђа релативно слабо, упркос великој површини и високом степену очуваности биогеодиверзитета. На северу долази до просторног преклапања са кластером Куршумлија, док су јужне и западне границе условљене административним границама округа. Парк природе Радан обухвата и делове Соколовице, Арбанашке и Ргајске планине, који административно припадају територији Града Прокупља. Иако функционално чине јединствену геотуристичку целину са кластером Радан, ови простори су, услед постојеће регионализације, недовољно туристички активирани. Њихово укључивање у интегрисану туристичку понуду представља значајан развојни потенцијал.

У оквиру кластера Радан евидентирани су бројни валоризовани геолокалитети, као што су Бранкова кула, Иван кула и Страшна Прљуша, као и невалоризовани локалитети (Соколов вис–Беговића гроб, водопади Рипиводе и Соко, Соколов крш). Елементи геонаслеђа присутни су у ограниченом обиму у постојећој геотуристичкој понуди, што указује на недовољан степен њихове туристичке афирмације.

Кластер Копаоник обухвата топлички део масива Копаоника, у горњем делу слива реке Топлице. Са северне, јужне и западне стране ограничен је границама Топличког округа, док је у правцу југоистока, долином „Тесне Топлице“, повезан са урбаним подручјем Куршумлије. Иако географски издвојен у оквиру округа, овај кластер представља интегрални

део шире туристичке понуде Копаоника, а хидрографски је повезан са туристичким системом Расинског округа. Развој туризма у оквиру овог кластера предводи геолокалитет Луковске бање, док су остали геолокалитети интегрисани у њену геотуристичку понуду. Посебно се издвајају већ валоризовани локалитети Треска и Сантрач, док геолокалитет Магова још увек није адекватно туристички афирмисан. Поред тога, значајан потенцијал представљају и невалоризовани геолокалитети, као што су клисуре Луковске, Штавске и Требињске реке, Шубарски водопад, Штавска црква и други, који могу допринети диверзификацији и унапређењу туристичке понуде.

Вођени природно-географском диференцијацијом, преостали део Топличког округа представља другу туристичку зону, формирану са гравитационим центром у Прокупљу. Како ова туристичка зона обухвата интегрисана подручја Града Прокупља и општина Блаце и Житорађе, сличне карактеристике природно-географског простора чине њихове административне територије међусобно повезаним, што у знатној мери отежава издвајање кластера. Стога су, ради њиховог разграничења, узете у обзир административне границе, као и резултати примењене изохроне анализе, како би се дефинисала подручја њихових међусобних преклапања.

Заједничке одлике административних целина у оквиру туристичке зоне Прокупља јесу изузетно велики, али у великој мери неискоришћени геотуристички потенцијали. Као разлози таквог стања често се наводе величина и дисекција геопростора, неадекватна организација управљачких структура на свим нивоима, финансијски проблеми и друго.

У оквиру туристичке зоне Прокупља могуће је издвојити више геотуристичких целина (кластера), у оквиру којих би се потенцијално могле организовати геотуристичке активности на адекватнији начин: кластер Прокупље, кластер Блаце, кластер Средња Топлица, кластер Пуста река и кластер Житорађа.

Кластер Града Прокупља првенствено обухвата његово урбано и субурбано подручје. Туристичке вредности овог градског простора већ су инвентарисане, а туристичка понуда анализирана је изохроном методом у раду Ivanović i sar. (2024, str. 479–487). Анализа је обухватила 30 туристичких и геотуристичких локалитета, међу којима су и високо валоризовани геокомплекс Хисар и *ex situ* геонаслеђе представљено у поставкама Народног музеја Топлице. Водећи се анализом доступности, а затим и уопштеним административним разграничењем, могуће је дефинисати и шире просторе који туристички гравитирају овом кластеру. У правцу истока, подручје заједничког утицаја са кластером Житорађа обухвата већи део територије ове општине. Западна граница кластера дефинисана је административним границама Града Прокупља, али резултати изохроне анализе указују на то да геолокалитети Средње Топлице и подручја Блага представљају простор интеракције са суседним туристичким кластерима Куршумлије и Блага. У правцу севера кластер Прокупља захвата планинске висове Великог и Малог Јастрепца и дуж њихове јужне подгорине простире се до урбаног подручја Блага. На југу кластер обухвата висове Видојевице и Пасјаче, док Соколовица, Арбанашка планина и Ргајска планина представљају простор међусобне интеракције са кластером Радан.

Величина геопростора коју захвата кластер Прокупља указује на то да би се и на ширем простору могла формирати веома разноврсна геотуристичка понуда са више различитих посетилачких маршрута, пре свега око валоризованих геолокалитета Бресничкије слатине, Суве чесме и Видојевачког крша, али и других недовољно истражених локалитета – Белог камена, палеонтолошког налазишта Југовац и других. Секундарно, геотуристичка понуда обухватила би и геолокалитете општине Житорађа, као и геолокалитете у околини Вичке бање и Плочника, и две винарије, „Топлички виногради“ и „Доја“.

Кластер Блага у највећој мери кореспондира са административним границама истоимене општине. У правцу севера ограничен је планинским венцем Великог Јастрепца. Ка

истоку, подручје преклапања гравитационих утицаја са кластером Прокупља чини јужна подгорина Јастрепца, док је у правцу југа централни део Топличке котлине подручје интеракције са кластерима Прокупља и Куршумлије. У правцу запада кластер Блаце се регионалним саобраћајницама наслања на Куршумлију, док је подручјем Јанкове клисуре повезан са туристичким системом Расинског округа.

Обухвата бројне геолокалитети у сливу реке Блаташнице – Блачко језеро, појаве пиратерија Блаташнице и Трбушке реке, затим Будим бању, као и Придворичко и Растовачко и Попова језеро. Посебан значај имају палеонтолошка налазишта у селима Пребреза, Чучале и Међухана, од којих једино Пребреза представља туристички уређен, активан и често посећиван геолокалитет, па се може сматрати централним геолокалитетом овог кластера. Значајан потенцијал има и Блачко језеро, чија је туристичка адаптација предвиђена планским документима. Остали геолокалитети су у великој мери невалоризовани и туристички неуређени, иако поседују велики туристички потенцијал. Геонаслеђе ширег подручја овог кластера подразумева интегрисан наступ са суседним кластером Куршумлија. Планским активностима тежи се да се слив Тмавске реке (Гргурска клисура и Будим бања) прогласи геоеколошким туристичким подручјем. Сличан приступ може се применити и на подручје Јанкове клисуре, у сарадњи са туристичким организацијама Расинског округа. То међутим, подразумева и примену пуних еколошких мера на водотоку Блаташнице, који се сматра једним од најзагађенијих водотокова Републике Србије.

Кластер Средње Топлице може се дефинисати индивидуално, или како је већ наведено, као геопростор међусобног преклапања гравитационих утицаја неколико суседних кластера у оквиру две туристичке зоне. Тиме би геолокалитети и туристичке вредности овог кластера постали део интегралне туристичке понуде три привредно најразвијенија општинска подручја у Топличком округу. Иако територијално припада подручју Града Прокупља, издвојеност ове туристичке целине првенствено се заснива на изохроној дистанцираности од урбаних подручја, што јој даје извесну дозу индивидуалности. Овај кластер се може сматрати потенцијалним туристичким подручјем око насеља Белољин. У правцу истока, запада и севера обухвата геопростор Топличке котлине, ослањајући се на урбана подручја Куршумлије, Града Прокупља и Блаца, док у правцу југа захвата просторе Соколовице и Арбанашке планине, као зоне преклапања са кластером Радан и истоименим парком природе.

У Средњој Топлици налази се велики број геолокалитета и других туристичких атракција, које се често помињу као развојни потенцијали туризма читавог округа. Неколико геолокалитета је делимично туристички развијено, док је већина неафирмисана и инфраструктурно неразвијена. Најзначајнији геолокалитети су Вичка бања, чији је природни потенцијал валоризацијом потврђен, и археолошко налазиште Плочник. Плочник је уједно и једини геолокалитет овог потенцијалног кластера који је повремено, у ограниченом обиму, туристички посећиван. Истраживања се интензивно обављају дужи низ година, али би поставке на налазишту могле бити знатно боље и веродостојније. Истичу се и невалоризовани геолокалитети: остаци римских терми у Бацу и минерални извори у Тулару и Плочнику, као и Бресничихка слатина и Сува чесма, које у ширем смислу гравитирају овом подручју. Присутна су и бројна археолошка налазишта, сакрални објекти, међу којима се истиче манастир Концел, као и две винарије, „Топлички виногради“ и „Доја“. Недовољно истражени планински масиви у јужном делу овог кластера представљају заштићена ловна подручја са очуваним биодиверзитетом. Овај простор представља заједнички интерес више кластера - Прокупља, Куршумлије, Блаца и Радана, што га чини изузетно значајним за геотуристички развој читавог Топличког округа.

Кластер Пуста река је у великој мери, у односу на административно подручје Града Прокупља, коме припада, географски и саобраћајно издвојено. Према географским карактеристикама слив Пусте реке природно гравитира суседном Јабланичком округу.

Масиви Радана, Видојевице и Пасјаче чине ово подручје изолованим од централног подручја Топлице. Водећи се географском дисекцијом простора, подручје Пусте реке може се издвојити као посебан геотуристички кластер. Већи део овог кластера обухваћен је заштитним подручјем Парка природе Радан, укључујући и Шопот, највиши врх Радана, водопад Рипиводе и акумулацију Брестовачког језера, које само делимично припада територији Топличког округа. Ова акумулација сматра се централним природним локалитетом овог кластера у Топличком округу.

Подручје Пусте реке представља простор заједничког интереса са кластером планине Радан и суседном Туристичком организацијом Бојник која је део туристичког система Јабланичког округа. У оквиру ширег геопростора истиче се и локалитет Царичин град, који се налази у суседној општини Лебане, на свега 3 km од границе Топличког округа, који представља једну од доминантних туристичких тачака подручја Пусте реке. Специфичност геолокалитета овог кластера огледа се у његовој недовољној истражености. Потреба за детаљнијим научним истраживањима, валоризацијом и туристичком инфраструктурном уређеношћу односи се на бројне елементе геонаслеђа (подручја Златске реке, Гласинац, Драги део и др.). Малобројни поливалентни геолокалитети овог дела Топличког округа имају потенцијал за вишеструку интеграцију кроз обједињену туристичку понуду Града Прокупља, и општина Житорађе, Бојника и Лебана, односно кроз свеобухватнији развој туристичких активности у оквиру Парка природе Радан.

Кластер Житорађа такође се може дефинисати у оквиру административних граница општине. Простор је релативно хомоген и не обилује великим бројем геолокалитета. Они који поседују значајан геотуристички потенцијал (нпр. Речица) недовољно су промовисани, док су поједини локалитети (Смрдићко врело) девастирани услед неадекватних интервенција. Управо из тих разлога Туристичка организација Житорађе често наступа интегрисано са Туристичком организацијом Прокупља, при чему су локалитети овог подручја укључени у шире туристичке активности.

Ипак, унутар кластера Житорађа могуће је дефинисати сопствене туристичке маршруте, засноване на равничарском типу предела и специфичностима сеоског амбијента. Изохрона анализа указује на добру саобраћајну повезаност са подручјем Пусте реке, што додатно отвара могућности за геотуристичку сарадњу и интеграцију.

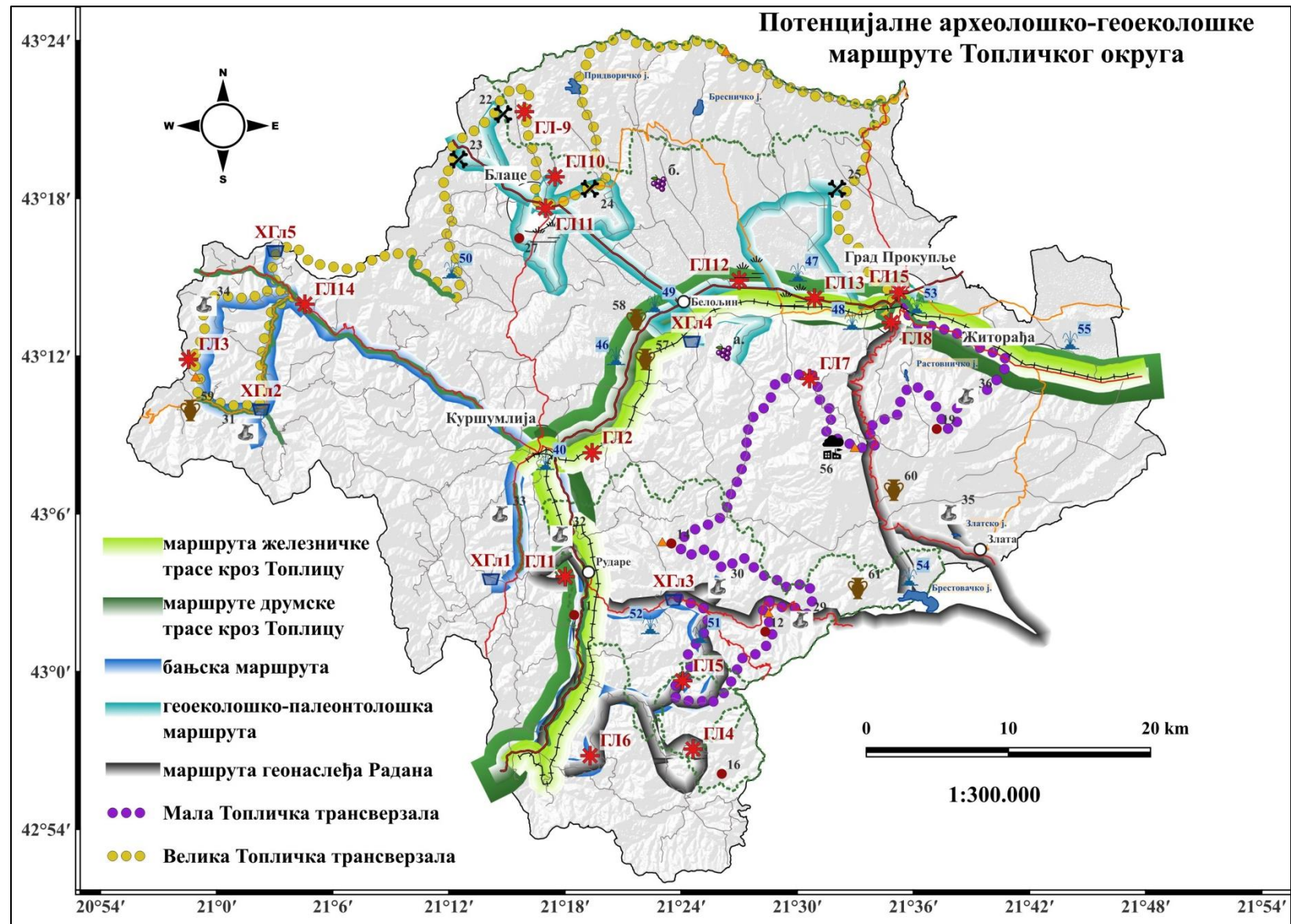
Упркос издвајању туристичких зона и кластера као основе за унапређење геотуристичке организације Топличког округа, кључни развојни циљ представља њихово међусобно повезивање. На тај начин могуће је формирати већи број археолошко-геоеколошких маршрута, што би допринело диверзификацији туристичке понуде и продужетку просечне дужине боравка туриста.

У оквиру појединачних кластера могу се организовати локалне туристичке маршруте, уз ослањање на ресурсе суседних кластера. Међутим, предуслов за то јесте спровођење мера заштите геолокалитета и њихово адекватно инфраструктурно опремање.

С обзиром на просторну величину, хетерогеност и изражену диференцираност геопростора Топличког округа, отежано је дефинисање јединствене туристичке маршруте која би обухватила већину геолокалитета (**Прилог 18**). Стога је целисходније дефинисати више тематских маршрута које интегришу различите геотуристичке целине.

Предложене маршруте представљају модел могућег геотуристичког коришћења геонаслеђа и имају, пре свега, апликативни значај за туристичке управљачке структуре. Оне нису коначне, већ су подложне ревизији у складу са променама у валоризацији локалитета, инфраструктурном развоју и туристичкој потражњи. Истовремено, указују на могућности умрежавања различитих туристичких ресурса у јединствен геотуристички систем. Посебно треба истаћи да поједине туристичке целине, као што су урбана подручја Града Прокупља и

ПРИЛОГ 18



Куршумлије, имају капацитет за самостално организовање краћих туристичких маршрута заснованих на локалним геотуристичким ресурсима.

Железничка маршрута као потенцијални туристички итинерер Топличког округа већ је разматрана у раду Ristić et al. (2024, p. 1–28), а аутор дисертације био је део истраживачког тима. У раду су разматране могућности ревитализације тренутно запуштене железничке трасе, укупне дужине 84 km, на којој је присутно 9 тунела (укупне дужине 4593 m) и 30 мостова (укупне дужине 913 m). Траса повезује 35 насеља и два урбана центра Топлице – Град Прокупље и Куршумлију. Применом TEAR (*Tourism Evaluation of Abandoned Railways*) статистичког модела и ГИС-засноване бафер анализе, издвојене су и вредноване туристичке атракције дуж ужег подручја железничке трасе. Њен значај огледа се у активирању туристичких потенцијала округа, повезивању више туристичких атракција и више потенцијалних туристичких кластера у јединствену и атрактивну маршруту. Железничка пруга је данас запуштена, оперативно није функционална и може се користити једино у туристичке сврхе уз улагање одређених финансијских средстава.

Концепт ове маршруте подразумевао би вишедневно путовање (4 до 5 дана) и коришћење више транспортних средстава због трансфера туриста:

- *Дан 1.* – Маршрута почиње из Житорађе, са заустављањем за краће обиласке мањих локалитета, као што су Речица, Латинска црква у селу Глашинце, Растовничко језеро, наставља се до урбаног подручја Града Прокупља (обилазак туристичких атракција овог града, првенствено геокомплекса Хисар и Народног музеја Топлице);
- *Дан 2.* – Наставак пута кроз централни део Топличке котлине и обилазак геолокалитета овог подручја Суве чесме, Бресничихке слатине, манастир Концел, археолошког налазишта Плочник, остатака римских терми у Бацу, изворишта у Плочнику и Тулару, а затим трансфер до Вичке бање и винарије „Топлички виногради“;
- *Дан 3.* Наставак пута ка Куршумлији и обилазак урбаног подручја овог града, заштићених простора манастира св. Николе и цркве св. Богородице, локалитета Марина кула, остењака у Крчмару, а затим трансфер до Куршумлијске бање кроз Бањску клисуру;
- *Дан 4.* Наставак пута – обилазак Бранкове куле и других геолокалитета подручја села Рудара, а затим трансфер до Пролом бање;
- *Дан 5.* Подразумева обилазак СП Ђавоља варош и геолокалитета Иван кула, а затим наставак пута кроз клисуру Мале Косанице, најатрактивнијим делом пружне трасе до превоја Мердаре, где се маршрута завршава.

Друмски итинерер Топлице, могао би бити организован дуж истог транзитног правца, с обзиром на чињеницу да железничка траса и друмске саобраћајнице већим делом пролазе упоредо. Ова маршрута би подразумевала посету истим геолокалитетима и туристичким атракцијама, без коришћења железничког саобраћаја. Предности друмски организоване маршруте су: већа мобилност туриста, односно могућност бржег обиласка локалитета и дужег задржавања на њима; могућност проширења броја локалитета предвиђених за посету; коришћење једног превозног средства, што поједностављује логистику; као и потенцијално нижи трошкови организације. Недостаци су потенцијално краћа дужина туристичке посете (3 до 4 дана), као и нижа атрактивност маршруте, јер и сама железничка траса представља значајну туристичку атракцију.

Геоколошко-палеонтолошки итинерер Топлице заснивао би се на друмском саобраћају, са трајањем маршруте од 2 до 3 дана.

- *Дан. 1.* Посета градском тргу у Прокупљу, обилазак геокомплекса Хисар, а затим археолошко-палеонтолошке збирке Народног музеја Топлице;

- *Дан. 2.* Трансфер до палеонтолошког локалитета у селу Југовац, обилазак геолокалитета Сува чесма и Бресничиха слатина, манастир Концел, као и геолокалитета Вичка бања, Плочник и римских терми у Бацу, након чега следи трансфер до Блаца;
- *Дан 3.* Обилазак Блаца са посетом геолокалитетима Блачко језеро и пиратерија реке Блаташнице, обилазак палеонтолошког налазишта у Међухани, пиратерије Трбушнице, палеонтолошког налазишта Чучале и палеонтолошког налазишта Пребреза, ако и обилазак Јанкове клисуре и геолокалитета у њој (у сарадњи са Туристичком организацијом Града Крушевца).

Бањска маришута подразумевала би обилазак појединих хидрогеолошких локалитета Топлице. Као почетна тачка може се предвидети било који од три афирмисана бањска центра Топличког округа, па би маришута могла бити намењена њиховим посетиоцима. Предвиђала би вишедневни обилазак геолокалитета (од 3 до 4 дана) у околини бања. Посебно би могла бити намењена посетиоцима који дуже бораве у бањским центрима и којима би плаћене услуге у једној бањи омогућавале коришћење услуга и у осталим бањама током трајања маришуте. Концепт маришуте могао би се дефинисати на следећи начин:

- *Дан 1.* Ноћење у Пролом бањи и обилазак шире околине: водопад Соко, црква Лазарица, СП Ђавоља варош, Иван кула, Рударски водопад и клисура Мале Косанице;
- *Дан 2.* Трансфер до Куршумлијске бање, уз успутне обиласке геолокалитета у околини Куршумлије, а затим путовање кроз Бањску клисуру са посетом Црквишком водопаду. Дан се завршава ноћењем и коришћењем услуга у Куршумлијској бањи;
- *Дан 3.* Трансфер до Луковске бање путем „Тесне Топлице“ уз посету геолокалитету Сантрач и изворишту Магово, затим Шубарском водопаду и клисури Луковске реке. Боравак и коришћење услуга у Луковској бањи;
- *Дан 4.* Опционо коришћење туристичких потенцијала Луковске бање, обилазак Штавске цркве или успон на врх Треска. Након тога следи повратак у смештај у Пролом бањи.

Маришута геонаслеђа Радана предвиђала би дводневни обилазак друмским саобраћајним средствима. Њоме би се повезали геолокалитети и туристичке тачке заштићеног подручја Парка природе Радан и геопростора који му гравитира:

- *Дан 1.* Геолокалитет Пролом бање, водопад Соко, СП Ђавоља варош, Иван кула, Страшна прљуша, клисура Мале Косанице, Бранкова кула и Рударски водопад, уз повратак у Пролом бању;
- *Дан 2.* Пролом бања, Соколов вис, Беговића Гроб, Шопот 1409 m н.в., највиши врх планине Радан, водопад Рипиводе, Брестовачко језеро;
- *Дан 3.* Брестовачко језеро, посета Бојнику и Царичином граду (опционо) у сарадњи са ТО Лебане и ТО Бојник, посета Златском језеру и водопаду Вучарник, археолошко налазиште Гласинац, превој Бели Камен и посета астрономској опсерваторији, Растовничко језеро и обилазак Града Прокупља.

Копаничка маришута представља кружну руту намењену посетиоцима Луковске бање, током које би они кроз једнодневне или дводневне излете могли обићи суседне геолокалитете: клисура Луковске реке, геолокалитет Сантрач, извориште у Магову, Шубарски водопад, Штавску цркву, водопад Девојачке сузе, клисура Гргурске реке и кањон Требињске реке.

Мала Топличка трансверзала представља активну тродневну планинарску маришуту која се организовано спроводи од стране Планинарског удружења Топлица и Планинарског удружења Житорађа. Изводи се неколико дана:

- *Дан 1.* Почетна тачка је цркве Светог Прокопија у Прокупљу – брдо Хисар 358 m н.в. – манастир Светог Николе у Речици – Растовничко језеро – успон на врх Пасјаче 971 m н.в. долином Речићке реке и поред Речићког водопада – археолошки остаци Бучанског града на 568 m н.в. – превој и планинарски дом Бели камен 970 m н.в.;
- *Дан 2.* Бели камен – врх Бандера 1155 m н.в., највиши врх Видојевице – астрономска опсерваторија – геолокалитет Видовачки крш – археолошко налазиште Ргајски град на 657 m н.в.;
- *Дан 3.* Спуст ка долини Арбанашке реке и успон на Арбанашку планину до Арбанашког врела 685 m н.в. – врх Бачије 890 m н.в. – успон ка Соколовици – врх Самар 1012 m н.в. – видиковац Соколовац 1260 m н.в. – Шопот 1409 m н.в. – водопад Рипиводе – Соколов вис 1370 m н.в. – Беговића гроб – спуст ка Ђавољој вароши 700 m н.в. – црква Лазарица – Пролом бања.

Велика Топличка трансверзала представља маршруту која би могла објединити постојеће маршруте успона ка Великом Јастрепцу и врху Треска (које организује Планинарско удружење Топлица) у јединствену, вишедневну планинарску маршруту. Потенцијално би се могла изводити према следећем програму:

- *Дан 1.* Почетна тачка брдо Хисар 358 m н.в. – вис Боровњак 393 m н.в. – спуст преко висова до палеонтолошког локалитета у селу Југовац – успон ка селу Клисурица;
- *Дан 2.* Успон ка превоју Гребац 660 m н.в. који раздваја Велики Јастребац од Малог Јастрепца – кретање билом Великог Јастрепца (врхови Поглед – 1482 m н.в., Мала Ђулица – 1429 m н.в., Велика Ђулица – 1491 m н.в., Страцимир – 1394 m н.в.) – спуст ка Придворичком језеру – палеонтолошки локалитет Међухана – Блачко језеро – Блаце;
- *Дан 3.* Блаце – палеонтолошки локалитет Пребреза – палеонтолошки локалитет Чучале – Будим бања – клисура Гргурске реке – успон ка подручју врха Пожар 1163 m н.в., највишем делу Лепе Горе – Магово – спуст ка Мерћезу;
- *Дан 4.* Мерћез – клисура Луковске реке – Луковска бања;
- *Дан 5.* Луковска бања – клисура Штавске реке – Штавска црква – успон на Треску 1439 m н.в. – спуст ка Шубарском водопаду – повратак у Луковску бању.

10. ЗАКЉУЧАК

Свеобухватном анализом природно-географских карактеристика, геодиверзитета и геонаслеђа Топличког округа, као и применом савремених геоинформатичких метода и техника, ова докторска дисертација потврдила је да истраживани простор поседује изузетно висок геоеколошки и геотуристички потенцијал. Добијени резултати показали су да је Топлички округ једно од најразноврснијих геодиверзитетних подручја Републике Србије, са великим бројем геолошких, геоморфолошких, хидрогеолошких и палеонтолошких локалитета који представљају значајан природни ресурс од националног и регионалног значаја.

Истраживањем је утврђено да су сложени геолошки и тектонски процеси, који су током геолошке прошлости обликовали простор Топличког округа, условили формирање великог броја специфичних геолокалитета, чија научна, образовна, естетска и туристичка вредност до сада није била у довољној мери препозната. Резултати су показали да значајан део геонаслеђа поседује висок потенцијал за укључивање у савремене облике геотуристичке понуде, али да је њихова валоризација ограничена недовољном инфраструктурном опремљеношћу, слабом промоцијом и непостојањем јединственог модела управљања.

Посебан значај дисертације огледа се у примени интегрисаног геоинформатичког приступа који је обухватио ГИС анализе, даљинску детекцију, дигиталне моделе рељефа, геостатистичке методе, IDW интерполацију, мрежне анализе и изохроне моделе доступности. Комбиновањем наведених метода омогућено је не само прикупљање и систематизација великог броја просторних података већ и њихова аналитичка интерпретација, просторна визуелизација и моделирање потенцијалних праваца будућег развоја геотуризма. Добијени резултати потврдили су да савремени геоинформатички приступи представљају поуздан и ефикасан инструмент у вредновању геоеколошких потенцијала и доношењу одлука у процесима просторног планирања и управљања природним ресурсима.

Научни допринос дисертације огледа се у формирању прве свеобухватне базе података о геонаслеђу Топличког округа, интеграцији више метода геостатистичке и просторне анализе у јединствен модел вредновања геоеколошких потенцијала, као и у унапређењу постојећих приступа геотуристичкој валоризацији. Посебно је значајна примена просторне визуелизације резултата добијених моделима M-GAM и SAM, чиме је омогућено детаљније сагледавање просторне дистрибуције вредности и потенцијала анализираних локалитета. На овај начин успостављена је методолошка основа која може бити примењена и на другим подручјима сличних природно-географских карактеристика.

Резултати спроведених анализа потврдили су да просторна доступност представља један од најважнијих фактора геотуристичке валоризације геонаслеђа. Изохроне анализе показале су да су најдоступнији локалитети истовремено и најпосећенији, али и најизложенији антропогеним притисцима. Ова чињеница указује на потребу успостављања равнотеже између туристичког коришћења и заштите природних вредности, што представља један од основних принципа одрживог геотуризма. Истовремено је показано да просторне анализе доступности могу имати важну улогу у дефинисању приоритета заштите, туристичког коришћења и будућег управљања геонаслеђем.

На основу синтезе добијених резултата предложен је нови концепт геотуристичке организације Топличког округа заснован на туристичком зонирању, функционалној кластеризацији и формирању тематских геотуристичких маршрута. Овакав приступ омогућава ефикасније коришћење геотуристичких ресурса, унапређење туристичке понуде и повезивање природног и културно-историјског наслеђа у јединствен туристички производ. Посебно су издвојени простори у којима се преклапају различити туристички

потенцијали, јер они представљају носиоце будућег развоја интегрисане геотуристичке понуде Топличког округа.

Практични значај рада огледа се у могућности непосредне примене добијених резултата у процесима заштите природе, просторног планирања, управљања природним ресурсима, геоконзервације и развоја одрживог туризма. Дефинисани локалитети и предложене мере могу послужити као стручна основа за доношење планских докумената, стратегија развоја туризма, програма заштите геонаслеђа и пројеката регионалног развоја. Истовремено, резултати истраживања могу допринети подизању свести локалног становништва и шире јавности о значају очувања геонаслеђа као важног дела природног капитала Србије.

На основу свих спроведених анализа може се закључити да су постављени циљеви истраживања у потпуности остварени, док су полазне и помоћне хипотезе потврђене. Потврђено је да примена савремених геоинформатичких метода омогућава свеобухватније, прецизније и научно заснованије вредновање геоеколошких потенцијала у односу на традиционалне приступе. Такође је потврђено да Топлички округ располаже значајним геотуристичким потенцијалом који до сада није био у потпуности искоришћен, као и да интеграција просторних анализа и геотуристичке валоризације представља ефикасан модел његовог будућег развоја.

Будућа истраживања потребно је усмерити ка детаљнијем проучавању појединачних локалитета, континуираном мониторингу њиховог стања, примени савремених метода даљинске детекције високе просторне резолуције и развоју интерактивних ГИС платформи за управљање геонаслеђем. Истовремено, неопходно је наставити процес инвентаризације и валоризације нових локалитета, јер предложена листа геонаслеђа Топличког округа не представља коначан документ већ основу за даља научна истраживања и практичне активности у области заштите природе и развоја геотуризма.

Коначно, резултати ове докторске дисертације показују да Топлички округ представља простор изузетних природних вредности и значајног геоеколошког потенцијала. Интеграција геоинформатичких метода, геостатистичких анализа и геотуристичких модела омогућила је његово свеобухватно сагледавање и поставила научно утемељену основу за будућу заштиту, валоризацију и одрживи развој геонаслеђа овог простора.

11. ЛИТЕРАТУРА

- Aminu, M., Matori, A. N., Yusof, K. W., Malakahmad, A., & Zainol, R. B. (2015). A GIS-based water quality model for sustainable tourism planning of Bertam River in Cameron Highlands, Malaysia. *Environmental Earth Sciences*, 73(10), 6525–6537. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3873-6>
- Awange, J., & Kiema, J.B. (2013). Fundamentals of Remote Sensing. In: Awange, J. & Kiema, J.B. (eds.) *Environmental geoinformatics – monitoring and management*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 110–118. https://doi.org/10.1007/978-3-642-34085-7_7
- Awange, J., & Kiema, J.B. (2019). Geodata and Geoinformatics. In: Awange, J. & Kiema, J.B. *Environmental Geoinformatics: Extreme Hydro-Climatic and Food Security Challenges: Exploiting the Big Data*. Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 17–27. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03017-9_2
- Bačević, N.R., Radaković, M.G., Gavrilov, M.M., & Marković, S.B. (2019). Đavolja Varoš - one year of erosion calculation, 11. *Abstract Book: „International Conference dedicated to the life and work of Prof. Branislav Bukurov“*. Serbian Academy of Sciences and Arts, Faculty of Sciences University of Novi Sad, Department of geography, tourism and hotel management. Novi Sad. ISBN: 978-86-7031-507-5
- Barbara, C., Carra, M., Rossetti, S., & Michele, Z. (2021). From urban planning techniques to 15-minute neighbourhoods. A theoretical framework and GIS-based analysis of pedestrian accessibility to public services. *European Transport/Trasporti Europei*, 85, 1–15. <https://doi.org/10.48295/ET.2021.85.10>
- Bognar, A. (1990). Geomorfološke i inženjersko-geomorfološke osobine otoka Hvara i ekološko vrednovanje reljefa. *Geografski glasnik*, 52, 49–65.
- Bognar, A. (1992). Inženjersko geomorfološko kartiranje. *Acta Geographica Croatica*, 27(1), 173–184. <https://hrcak.srce.hr/96751>
- Bognar, A., Lozić, S., & Saletto, M. (2002). *Geoekologija, interna skripta*. Geografski odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu.
- Boothroyd, A., & McHenry, M. (2019). Old processes, new movements: the inclusion of geodiversity in biological and ecological discourse. *Diversity*, 11(11), 216. <https://doi.org/10.3390/d11110216>
- Božić, S. & Tomić, N. (2015). Canyons and gorges as potential geotourism destinations in Serbia: Comparative analysis from two perspectives— general geotourists’ and pure geotourists’. *Open Geosciences*, 7, 531–546. <https://doi.org/10.1515/geo-2015-0040>
- Brđanin, E., Gazdić, M., Vujović, F., Milanović, M., & Feratović, E. (2025). Assessing the geotourism potential of glacial lakes in Plav, Montenegro: A multi-criteria assessment by using the M-GAM model. *Open Geosciences*, 17(1), 20250907, 1–15. <https://doi.org/10.1515/geo-2025-0907>
- Brilha, J. (2018). Geoheritage and Geoparks. In: Reynard, E., and Brilha, J. (eds.) *Geoheritage*. Elsevier, 323–336. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00018-6>
- Brilha, J. (2019). Geoheritage. In: Alderton, D., & Elias, A. S. (eds.) *Encyclopedia of Geology (second ed.)*, 6 (1–5), 1–10. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12106-2>
- Brocx, M., & Semeniuk, V. (2007). Geoheritage and geoconservation-history, definition, scope and scale. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 90(2), 53–87.
- Brocx, M., & Semeniuk, V. (2019). The ‘8Gs’—a blueprint for Geoheritage, Geoconservation, Geo-education and Geotourism. *Australian Journal of Earth Sciences*, 66(2), 1–19. <https://doi.org/10.1080/08120099.2019.1576767>

- Burazer, N., Šajtanović, A., Kašanin-Grubin, M., Gajica, G., Orlić, J., Radisavljević, M., & Jovančević, B. (2021). Early–Middle Miocene paleoenvironmental and paleoclimate changes in the Toplica Basin (Serbia) inferred from plant biomarkers, biochemical and elemental geochemical proxies. *Geol Carpath.*, 72(5), 406–424.
<https://doi.org/10.31577/GeolCarp.72.5.4>
- Burrough, P.A. & McDonnell, R.A. (1998). *Principi geografskih informacionih sistema: Prostorni informacioni sistemi i geostatistika, (drugo izdanje)*. Oxford University Press, Oxford. Prevod s engleskog. Bajat, B. & Blagojević, D. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Carrion-Mero, P., Ayala-Granda, A., Serrano-Ayala, S., Morante Carballo, F., Aguilar-Aguilar, M., Gurumendi-Noriega, M., et al. (2020). Assessment of geomorphosites for geotourism in the northern part of the “Ruta Escondida” (Quito, Ecuador). *Sustainability-Basel*, 12, 8468, 1–23. <http://dx.doi.org/10.3390/su12208468>
- Chang, K.T. (2019). *Introduction to Geographic Information Systems (9th ed.)*. McGraw-Hill, Boston. ISBN: 9781260913743
- Crofts, R. & Gordon, J.E., (2014). Geoheritage conservation in protected areas. *Parks*, 20(2), 61–76. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2014.PARKS-20-2.RC.en>
- Crofts, R. (2019). Linking geoconservation with biodiversity conservation in protected areas. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 7(4), 211–217.
<https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2019.12.002>
- Croitoru, A.E., Piticar, A., Imbroane, A.M., & Burada, D.C. (2013). Spatiotemporal distribution of aridity indices based on temperature and precipitation in the extra-Carpathian regions of Romania. *Theoretical and applied climatology*, 112(3), 597–607.
<https://doi.org/10.1007/s00704-012-0755-2>
- Danylchenko, O.S., Kornus, A.O., Kornus, O.H., & Vynarchuk, O.O. (2021). Assessment of the geo-ecological potential of the landscape districts (on the example of Sumy region, Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 30(1), 13–24.
<https://doi.org/10.15421/112102>
- Dimitrijević, M., Dragić, D., Karamata, S., Petrović, B., Sikošek, B., & Veselinović, D. (1982). *Tumač Osnovne Geološke Karte 1:100.000, list Podujevo, K – 34-42*. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Doherty, K.D., Kuhlman, M.P., Durham, R.A., Ramsey, P.W., & Mummey, D.L. (2021). Fine-grained topographic diversity data improve site prioritization outcomes for bees. *Ecological Indicators*, 132, 108315. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108315>
- Dona, I., & Popa, D. (2013). Tourism destination mapping through cluster analysis. Management. *Econ Eng Agric Rural Dev.*, 13(2), 133–138. PRINT ISSN 2284-7995, E-ISSN 2285-3952
- Dowling, R.K. (2011). Geotourism’s global growth. *Geoheritage*, 3(1), 1–13.
<https://doi.org/10.1007/s12371-010-0024-7>
- Dowling, R.K. (2013). Global geotourism – An emerging form of sustainable tourism. *Czech J. Tour.*, 2(2), 59–79. <https://doi.org/10.2478/cjot-2013-0004>
- Dowling, R., & Newsome, D. (2018). Geotourism: definition, characteristics and international perspectives. In: Dowling, R., & Newsome, D., (eds.) *Handbook of geotourism*, 1–22. Edward Elgar Publishing, Gloucestershire, UK.
- Dukić, D. (1962). *Opšta hidrologija*. Univerzitet u Beogradu, Naučna knjiga, Beograd.
- Đurić, D. (2019). *Neogena i kvartarna herpetofauna (Anura i Squamata) Srbije*. [Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd]. Nacionalni Repozitorijum Disertacija u Srbiji (NaRDUS).
<https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/11482>
- Ehlers, M. (2008). Geoinformatics and digital earth initiatives: A German perspective. *International Journal of Digital Earth*, 1(1), 17–30.

- <https://doi.org/10.1080/17538940701781975>
- Einsele, G. (2000). *Sedimentary basins - Evolution, Facies, and Sediment Budget*, second, completely rev. and enl. ed. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg. ISBN: 978-3-642-08544-4
- Ektesabi, A., & Kapoor, A. (2015). Fringe noise removal of retinal fundus images using trimming regions. In: Deligiannidis, L. & Arabnia R.H. (eds.) *Emerging Trends in Image Processing, Computer Vision and Pattern Recognition*, 55–65. Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802045-6.00004-1>
- Emimi, M., Khaleel, M., & Alkrash, A. (2023). The current opportunities and challenges in drone technology. *Int. J. Electr. Eng. and Sustain.*, 1(3), 74–89
<https://doi.org/10.65998/ijeess.v1i3.47>
- European Geoparks Network (EGN). (Pristupljeno: 27. 04. 2026). *Geoparks*.
https://www.europeangeoparks.org/?page_id=168
- Ferrarin, C., Bajo, M., Bellafore, D., Cucco, A., De Pascalis, F., Ghezzi, M. & Umgiesser, G. (2014). Toward homogenization of Mediterranean lagoons and their loss of hydrodiversity. *Geophysical Research Letters*, 41(16), 5935–5941.
<https://doi.org/10.1002/2014GL060843>
- Gavrilović, S. (1972). Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji. *Časopis Izgradnja*, specijalno izdanje, 1–292. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Geneletti, D., & van Duren, I. (2008). Protected area zoning for conservation and use: A combination of spatial multicriteria and multiobjective evaluation. *Landscape and urban planning*, 85(2), 97–110. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.10.004>
- Gil-Marquez, J.M., Andreo, B. & Mudarra, M. (2022). Studying hydrogeochemical processes to understand hydrodiversity and the related natural and cultural heritage. The case of Los Hoyos area (South Spain). *Catena*, 216, B, 106422.
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106422>
- Gocić, M., Milentijević, N., Ivanović, M., Tošić, I., Živanović, S., Bursać, N. M., & Stričević, L. (2025). Spatial and temporal variability of aridity indices in the region of Southern and Eastern Serbia. *Theoretical and Applied Climatology*, 156(1), 6.
<https://doi.org/10.1007/s00704-024-05233-w>
- Gordon, E.J. (2018). Geoheritage, Geotourism and the Cultural Landscape: Enhancing the Visitor Experience and Promoting Geoconservation. *Geosci.*, 8, 136, 1–25.
<https://doi.org/10.3390/geosciences8040136>
- Gray, M. (2004). *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK.
- Gray, M. (2008). Geodiversity: developing the paradigm. *Proceedings of the Geologists' Association*, 119, 287–298. [https://doi.org/10.1016/S0016-7878\(08\)80307-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7878(08)80307-0)
- Gray, M. (2013). *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature*, 2nd edn. Wiley-Blackwell, Chichester, UK.
- Gray, M. (2018). Geodiversity: the backbone of geoheritage and geoconservation. In: Reynard, E., & Brilha, J. (eds.) *Geoheritage: Assessment, Protection, and Management*, 13–25. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00001-0>
- Gray, M. (2023). Some observations and reflections on geodiversity, the oft-forgotten half of nature. In: Kubalíková, L., Coratza, P., Pál, M., Zwoliński, Z., Irapta, P. N. & van Wyk de Vries, B. (eds). *Visages of Geodiversity and Geoheritage*. Special Publications: Geological Society, London, 530, 31–47.
<https://doi.org/10.1144/SP530-2022-100>
- Greene, R., Devillers, R., Luther, J.E., & Eddy, B.G. (2011). GIS-based multiple-criteria decision analysis. *Geography compass*, 5(6), 412–432.
<https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2011.00431.x>

- Guerra, V., & Lazzari, M. (2022). Geoheritage assessment and potential geotouristic enhancement in mountain environments: a test-site in the northern Apennines (Italy). *Geoheritage*, 14(97), 1–20. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00729-1>
- Hernandez, T. (2007). Enhancing retail location decision support: The development and application of geovisualization. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 14(4), 249–258. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2006.07.006>
- Heywood, D.I., Cornelius, S., & Carver, S. (2011). *An introduction to Geographical Information Systems*, (4th ed.). Pearson Education Limited, Harlow, England.
- Holtmeier, F.K. (2015). Carl Troll: His footprints in physical geography. *Progress in Physical Geography*, 39(4), 554–565. <https://doi.org/10.1177/0309133315595573>
- Hose, T.A. (2006). Geotourism and interpretation. In: Newsome, D., & Dowling, R. *Geotourism: sustainability, impacts and management*, 221–241. Elsevier Ltd.
- Hose, T.A. (2012a). Geotourism and geoconservation. *Geoheritage*, 4(1), 1–5. <https://doi.org/10.1007/s12371-012-0059-z>
- Hose, T.A. (2012b). 3G's for modern geotourism. *Geoheritage*, 4(1), 7–24. <https://doi.org/10.1007/s12371-011-0052-y>
- Hose, T.A., & Vasiljević, D.A. (2012). Defining the nature and purpose of modern geotourism with particular reference to the United Kingdom and South-East Europe. *Geoheritage*, 4, 25–43. <https://doi.org/10.1007/s12371-011-0050-0>
- Huisman, O., & de By, R.A. (2009). *Principles of geographic information systems: An introductory tekstbook*. ITC Educational Textbook Series, Enschede, Netherlands.
- Ibanez, J.J., & Brevik, E.C. (2022). Geodiversity research at the crossroads: two sides of the same coin. *Spanish Journal of Soil Science*, 12, 10456. <https://doi.org/10.3389/sjss.2022.10456>
- Islam, N., Paul, I., & Sarkar, B. (2025). Geotourism site suitability assessment by a novel GIS-based MCDM method in the Eastern Duars region (Himalayan foothill) of West Bengal, India. *Environment, Development and Sustainability*, 1–36. <https://doi.org/10.1007/s10668-024-05959-7>
- Ivanović, M., Lukić, T., Milentijević, N., Bojović, V. & Valjarević, A. (2023). Assessment of geosites as a basis for geotourism development: A case study of the Toplica District, Serbia. *Open Geosciences*, 15 (1), 20220589, 1–19. <https://doi.org/10.1515/geo-2022-0589>
- Ivanović, M., Ristić, D., Božović, R., & Valjarević, A. (2024). GIS analiza prostorne dostupnosti i disperzije turističkih sadržaja u urbanom naselju Prokuplje: podrška urbanističkom planiranju. *Zbornik radova Desetog naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem "Lokalna samouprava u planiranju i uređenju prostora i naselja"*, Pirot, 479–487. <http://dx.doi.org/10.5937/LSPUPN24479I>
- Ivanović, M. (2024). The relationship between geodiversity and biodiversity – a theoretical approach. *Bulletin of Natural Sciences Research*, 14(1–2), 26–33. <https://doi.org/10.5937/bnsr14-54328>
- Joksimović, M., Golić, R., Krstić, F., Malinić, V., Vujadinović, S., Šabić, D., ... & Nikolić, V. (2023). Depopulacioni klaster–naselja sa 20 i manje stanovnika u Srbiji. *Demografija*, 20, 99–118. <http://dx.doi.org/10.5937/demografija2320099J>
- Joksimović, M. (2025). Natural Resource Management in Depopulated Regions of Serbia - Birth of Rural Brownfields or Final Abandonment. *Land*, 14(2), 403, 1–18. <https://doi.org/10.3390/land14020403>
- Jonić, V. (2018). Comparative analysis of Devil's town and Bryce canyon geosites by applying the modified geosite assessment model (M-GAM). *Zbornik radova Departmana za geografiju, turizam i hotelijerstvo*, 47(2), 113–125.
- Jovanović, M., Karajčić, Lj., Karamata, S., & Vukanović, M. (1972). Novi pogledi na razvoj vulkanizma u području leckog andezitskog kompleksa (The evolution of the volcanic

- activity in the andesitic complex of Lece (South Serbia). *Geol. Ann. of the Balkan Pen.*, 37(2), 165–177.
- JP “Srbijašume“, & Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Kragujevcu. (2021). *Izmene i dopune programa upravljanja ribarskim područjem: „Radan“ (2019-2028) (monitoring 2021.)*. Kragujevac. (Pristupljeno: 12.05.2026.)
<https://srbijasume.rs/ssume/wp-content/uploads/2022/02/Izmene-i-dopuna-PURP-Radan-2019-2028-Monitoring-2021.pdf>
- Karamata, S., Dimitrijević, N.M., & Dimitrijević, D.M. (1999). Oceanic realms in the central part of the Balkan Peninsula during the Mesozoic. *Slovak Geol Mag.*, 5(3), 173–177. ISSN 1335-96X
- Karamata, S. (2006). The geodynamical framework of the Balkan Peninsula: its origin due to the approach, collision and compression of Gondwana and Eurasian units. In: A.H.F. Robertson & D. Mountrakis (Eds.), *Tectonic development of the Eastern Mediterranean Region*, 260(1), 155–178. *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, London.
<https://doi.org/10.1144/gsl.sp.2006.260.01.07>
- Khouni, I., Louhichi, G., & Ghrabi, A. (2021). Use of GIS based Inverse Distance Weighted interpolation to assess surface water quality: Case of Wadi El Bey, Tunisia. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 101892, 1–21.
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101892>
- Konecny, G. (2003). *Geoinformation: remote sensing, photogrammetry, geographic information systems*. Taylor and Francis, London
- Kostić, B., Šarić, K., Cvetković, V., Krstekanić, N., Pantelić, N., & Bosić, D. (2017). A reinterpretation of the geological map of northwestern part of Lece Volcanic Complex, 55–56. *Book of abstracts of 13th Workshop on Alpine Geological Studies*, Zlatibor Mts (Serbia).
- Krawczyk, A. (2022). Proposal of redefinition of the terms geomatics and geoinformatics on the basis of terminological postulates. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(11), 557, 1–22. <https://doi.org/10.3390/ijgi11110557>
- Kubalíková, L., & Coratza, P. (2023). Reflections of geodiversity–culture relationships within the concept of abiotic ecosystem services. In: Kubalíková, L., Coratza, P., Pal, M., Zwolinski, Z., Irapta, P. N., & van Wyk de Vries, B. (eds.) *Visages of Geodiversity and Geoheritage*. Geological Society, London, Special Publications, 530, 1–12.
<https://doi.org/10.1144/SP530-2022-155>
- Kukrika, M. (2000). *Geografski informacioni sistemi*. Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet. Beograd. ISBN: 86-82657-11-2
- Kumar, M., Singh, R.B., Singh, A., Pravesh, R., Majid, S.I., & Tiwari, A. (2023). Data Visualization and Output. In: *Geographic information systems in Urban Planning and Management, Advances in Geographical and Environmental Sciences*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7855-5_5
- Kuznetsova, T.I., & Lopatkin, D.A. (2019). Landscape and mapping support of regional geoecological analysis. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 381(1), 012053, 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/381/1/012053>
- Lepetiuk, V., Tretyak, V., & Maksymova, Y. (2023). The use of GIS technologies to determine transport accessibility in tourism. *Geodesy and Cartography*, 49(3), 166–179.
<https://doi.org/10.3846/gac.2023.17009>
- Lillesand, T., Kiefer, R.W., & Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation (7th ed.)*. New York: John Wiley & Sons.
- Lohani, B., & Ghosh, S. (2017). Airborne LiDAR technology: A review of data collection and processing systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India, Section A: Physical Sciences*, 87(4), 567–579. <https://doi.org/10.1007/s40010-017-0435-9>

- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., & Rhind, D.W. (2015). *Geographic information science and systems*. John Wiley & Sons.
- Louz, E., Rais, J., Barakat, A., & El Baghdadi, M. (2025). Identification of potential areas for the development of geotourism in the Northern part of the M'goun Geopark (Morocco) using multi-criteria analysis and sig. *Geoheritage*, 17(1), 11. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-01054-5>
- Lupei, T., Ciobotaru, N., Badea, G., Zamfir, S., Matei M., Boboc, M., Lucian, L., & Deak, G. (2017). Mapping of tourism suitability regarding wetlands. *Int J Tour.*, 2(1), 1–9. ISSN: 2367-9131
- Lješević, M. & Živković, D. (2001). *Kartografija*. Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet. Beograd.
- Lješević, A.M., Trbić, G., & Doderović, M. (2011). Geoecological factors of global climate change. *The European Journal of Management and Public Policy*, 11(1), 92–104.
- Malešević, M., Vukanović, M., Brković, T., Obradinović, Z., Karajčić, L.J., Stanisavljević, R., et al. (1974). *Tumač osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, list Kuršumlija, K – 34-31*. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Mamut, M. (2010). Geokološko vrjednovanje reljefa otoka Pašmana. *Geoadria*, 15/2, 241–267. <https://doi.org/10.15291/geoadria.121>
- Marjanović, M., Milenković, J., Lukić, M., Tomić, N., Antić, A., Marković, R., et al. (2022). Geomorphological and hydrological heritage of Mt. Stara Planina in SE Serbia: From river protection initiative to potential geotouristic destination. *Open Geosci.* 14(1), 275–293. <https://doi.org/10.1515/geo-2022-0340>
- Marković, Z., Aliburić, S., Milivojević, M. & Lović, A. (2012). Geoconservation of the paleontological site “Prebreza”. *Bulletin of the Natural History Museum*, 2012, 5, 7–13.
- Márton, I., Dragić, D., Djordjević, B., Fox, P., Tosdal, R. M., van Der Toorn, J., & Hasson, S. (2013). Intrusion-alteration-mineralization relationships from the porphyry Cu-Au deposit at Kiseljak, Serbia. In: *Proceedings of 12th SGA Biennial Meeting 2013, Mineral deposit research for a high-tech world*, 2, 837–840.
- Masoudi, M. (2021). Estimation of the spatial climate comfort distribution using tourism climate index (TCI) and inverse distance weighting (IDW) (case study: Fars Province, Iran). *Arab J Geosci*, 14(5), 363, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-06605-6>
- Menković, Lj., Koščal, M., Milivojević, M., & Đokić, M. (2018). Morphostructure relations on the territory of the Republic of Serbia. *Glasnik Srpskog geografskog društva*, 98(2), 1–28. <https://doi.org/10.2298/GSGD1802001M>
- Mikhailenko, A. V., Ruban, D. A., & Ermolaev, V. A. (2021). Accessibility of geoheritage sites - A Methodological proposal. *Heritage*, 4, 1080–1091. <https://doi.org/10.3390/heritage4030060>
- Miklos, L., Kočická, E., Izakovičová, Z., Kočický, D., Špinerová, A., Diviaková, A., & Miklósová, V. (2019). *Landscape as a Geosystem*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-94024-3>
- Miklós, L., & Špinerová, A. (2019). *Landscape-ecological planning LANDEP*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-94021-2>
- Miladinović, Z., Simić, V., Nikolić, N., Orsini, N. J., & Rosić, M. (2024). Agates of the Lece volcanic complex (Serbia): mineralogical and geochemical characteristics. *Minerals*, 14(5), 511, 1–25. <https://doi.org/10.3390/min14050511>
- Milanović, M., Micić, T., Lukić, T., Nenadović, S. S., Basarin, B., Filipović, D., ... & Ristanović, B. (2019). Application of Landsat-derived NDVI in monitoring and assessment of vegetation cover changes in Central Serbia. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 14(1), 119–129. <http://dx.doi.org/10.26471/cjees/2019/014/064>

- Milinčić, M., Vujadinović, S., Ćurčić, N., & Šabić, D. (2013). Effects of geoecological factors on vegetation of the Gruža basin. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 65(1), 121–131. <https://doi.org/10.2298/ABS1301121M>
- Mirzekhanova, Z.G., & Debelaia, I.D. (2015). Tourism zoning of area for sustainable development of the example of Khabarovsk Krai. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(3), S5, 283–288. <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n3s5p283>
- Najwer, A., Reynard, E., & Zwoliński, Z. (2023). Geodiversity assessment for geomorphosites management: Derborence and Illgraben, Swiss Alps. In: Kubalíková, L., Coratza, P., Pál, M., Zwoliński, Z., Irapta, P. N. and van Wyk de Vries, B. (eds). *Visages of Geodiversity and Geoheritage*. Geological Society, London, Special Publications, 530(1), 89–106. <https://doi.org/10.1144/SP530-2022-122>
- Newsome, D., & Dowling, R. (eds.). (2010). *Geotourism: the tourism of geology and landscape*. Goodfellow Publishers, Oxford.
- Oledzki, J.R., & Kwiatkowska, J.M. (2004). Geoinformatics – an integrated spatial research tool. *Miscellanea Geographica, Regional Studies on Development*, 11, 323–331.
- OpenRouteService. (Pristupljeno: 05.05.2026.). <https://openrouteservice.org/dev/#/api-docs/isochrones%20service>
- Pal, M., & Albert, G. (2018). Comparison of geotourism assessment models: and experiment in Bakony–Balaton UNESCO Global Geopark, Hungary. *Acta Geoturistica*, 9(2), 1–13. <https://doi.org/10.1515/agta-2018-0005>
- Pal, M. & Albert, G. (2021). Examining the spatial variability of geosite assessment and its relevance in geosite management. *Geoheritage*, 13, 8. <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00528-6>
- Pal, M., & Albert, G. (2023). From geodiversity assessment to geosite analysis – a GIS-aided workflow from the Bakony–Balaton UNESCO Global Geopark, Hungary. In: Kubalikova, L., Coratza, P., Pal, M., Zwolinski, Z., Irapta, P. N., & van Wyk de Vries, B. (eds.) *Visages of Geodiversity and Geoheritage*. Geological Society, London, Special Publications, 530, 141–163. <https://doi.org/10.1144/SP530-2022-126>
- Panizza, M. (2009). The geomorphodiversity of the Dolomites (Italy): a key of geoheritage assessment. *Geoheritage*, 1(1), 33–42. <https://doi.org/10.1007/s12371-009-0003-z>
- Paul i Agusti, D. (2018). Characterizing the location of tourist images in cities. Differences in user-generated images (Instagram), official tourist brochures and travel guides. *Ann Tour Res.*, 73, 103–115. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2018.09.001>
- Paul i Agusti, D. (2022). Projected and Perceived Tourist Image of a Destination: A Regional-Scale Comparison Based on Travel Guides and Instagram in Senegal. *African Journal of Hospitality, Tourism and Leisure*, 11(6), 2036–2051. <https://doi.org/10.46222/ajhtl.19770720.340>
- Pešut, D. (1976). Geološki sastav, tektonska struktura i metalogenija Leckog masiva. *Rasprave Zavoda za geološka i geofizička istraživanja*, XIV, 1–59. Beograd.
- Petković, B., Tatić, B., Marin, P., & Veljić, M. (2000). Vegetacija Spomenika prirode “Đavolja varoš”. *Zbornik radova 6. Simpozijum o flori jugoistočne Srbije i susednih područja*, 323–347. Sokobanja.
- Petrović, D. & Manojlović, P. (2003). *Geomorfologija*. Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Beograd. ISBN: 86-82657-32-5
- Petrović, N. (2007). *Metereologija i klimatologija u biotehnici: praktikum*. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu. ISBN: 978-86-7834-044-4
- Petrović, D. (2015). *Prostorni položaj ofiolita istočne Vardarske zone: geofizičko-geološki model i njegove geodinamičke implikacije* [The Spatial Position of the East Vardar Ophiolite Geophysical-Geological Model and Implications on Its Geodynamic Evolution]. [Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki

- fakultet]. Nacionalni Repozitorijum Disertacija u Srbiji (NaRDUS). <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/5567>
- Petrović Pantić, T. (2014). *Hidrogeotermalni resursi srpskog kristalastog jezgra* [Hydrogeothermal resources of serbian crystalline core]. [Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet]. Nacionalni Repozitorijum Disertacija u Srbiji (NaRDUS). <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/6243>
- Petrović, D., Milinčić, M., Vukoičić, D., Ristić, D., Milinčić, U., & Potić, I. (2023). Evaluation and valorization of geoheritage of the Mount Rogozna area. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 18(1), 213–224. <http://dx.doi.org/10.26471/cjees/2023/018/252>
- Pralong, J.P. (2006). Geotourism: A new form of tourism utilising natural landscapes and based on imagination and emotion. *Tourism Review*, 61(3), 20–25. <https://doi.org/10.1108/eb058476>
- Prosser, C.D. (2013). Our rich and varied geoconservation portfolio: The foundation for the future. *Proceedings of the Geologists' Association*, 124, 568–580. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2012.06.001>
- Radovanović, D. (1994). *Fizičko-geografska studija sliva Toplice*. [Magistarski rad, Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet]. Arhiv magistarskih studija Geografskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.
- Raha, S., & Deb, S. (2025). Tourism Potential Zone Mapping for The State of Madhya Pradesh, India Using MCDM and Machine Learning Models. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning*, 12(1), 95–122. <https://doi.org/10.14710/geoplanning.12.1.95-122>
- Rakićević, T. (1969). Izdani i izvori u Topličkoj kotlini. *Zbornik radova Prirodno-matematičkog fakulteta*, Univerziteta u Beogradu, XVI, 51–62.
- Rakić, M., Hadži-Vuković, M., Kalenić, M., Marković, V., & Milovanović, Lj. (1976). *Tumač osnovne geološke karte 1:100.000, list Kruševac, K – 34-19*. Zavod za geološka i geofizička istraživanja, Beograd.
- Randelović, V., Zlatković, B., & Jušković, M. (2005). Lekovite biljke planine Radan u južnoj Srbiji. *Zbornik radova sa "8. Simpozijuma o flori jugoistočne Srbije i susednih područja"*, 75–79. Niš (Srbija i Crna Gora).
- Reynard, E. (2009). Geomorphosites: definitions and characteristics. In: Reynard, E., Coratza, P., & Regolini-Bissig G. (eds.) *Geomorphosites*, 9–20. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.
- Ristić, D., Vukoičić, D., Ivanović, M., Nikolić, M., Milentijević, N., Mihajlović, L., & Petrović, D. (2024). Transformation of Abandoned Railways into Tourist Itineraries/Routes: Model of Revitalization of Marginal Rural Areas. *Land*, 13(3), 321. <https://doi.org/10.3390/land13030321>
- Robertson, A., Karamata, S. & Šarić K. (2009). Overview of ophiolites and related units in the Late Paleozoic - Early Cenozoic magmatic and tectonic development of Tethys in the northern part of the Balkan region. *Lithos*, 108, 1–36. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2008.09.007>
- Robinson, H.A., Morrison, L.J., Muehrcke, C.P., & Guptill, C.S. (2009). Selection and generalization principles, chapter 24, 449–473. In: *Elements of Cartography*, 6 edition. Wiley India pvt. ltd.
- Rosa, E., Dallaire, P. L., Nadeau, S., Cloutier, V., Veillette, J., van Bellen, S. & Larocque, M. (2018). A graphical approach for documenting peatland hydrodiversity and orienting land management strategies. *Hydrological Processes*, 32(7), 873–890. <https://doi.org/10.1002/hyp.11457>

- Rossetti, S., Tiboni, M., Vetturi, D., Zazzi, M., & Caselli, B. (2020). Measuring pedestrian accessibility to public transport in urban areas: A GIS-based discretisation approach. *European Transport\Trasporti Europei*, 76, 2. ISSN 1825-3997
- Serrano, E., & Ruiz-Flano, P. (2007). Geodiversity: a theoretical and applied concept. *Geographica helvetica*, 62(3), 140–147. <https://doi.org/10.5194/gh-62-140-2007>
- Serrano, A.M. (2017). Zonificación geoecológica, un criterio para la interpretación y el análisis espacial del paisaje urbano de la ciudad de Morelia. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 73, 343–367. (на шпанском). <https://doi.org/10.21138/bage.2421>
- Shepard, D. (1968). A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. *Proceedings of the 1968 ACM National Conference*, New York, 27-29 August 1968, 517–524. <http://dx.doi.org/10.1145/800186.810616>
- Shoval, N., Schvimer, Y., & Tamir, M. Tracking technologies and urban analysis: adding the emotional dimension. *Cities*, 72(34), 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.08.005>
- Singh, B.V.R., Sen, A., Verma, L.M., Mishra, R., & Kumar, V. (2021). Assessment of potential and limitation of Jhamarkotra area: A perspective of geoheritage, geopark and geotourism. *International Journal of geoheritage and Parks*, 9(2), 157–171. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2021.04.001>
- Stefanović, I. (2003). The fauna of Prebreza (southern Serbia) and its position within the Mammalian Neogene units. *Geološki anali Balkanskog poluostrva*, 65, 77–84. <https://doi.org/10.2298/GABP0301077S>
- Šegota, T. (1988). *Klimatologija za geografe*. Školska knjiga, Zagreb. ISBN: 86-03-99221-5
- Tešić, D., Tomić, T., Tomić, N., Marković, S. B., Tadić, E., Marković, R., ... & Davidović Manojlović, M. (2024). Using LiDAR Technology for Geoheritage Inventory and Modelling: Case Study of Đavolja Varoš Geosite (Serbia). *Geoheritage*, 16(2), 41, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-00947-9>
- The European Association for the Conservation of Geological Heritage [ProGEO]. (2011). *Conserving Our Shared Geoheritage: A protocol on geoconservation principles, sustainable site use, management, fieldwork, fossil and mineral collecting*. <https://www.sigeaweb.it/geoheritage/documents/progeo-protocol-definitions-20110915.pdf> (Pristupljeno: 27.04.2026.)
- The European Association for the Conservation of Geological Heritage [ProGEO]. (2017). *Geodiversity, Geoheritage & Geoconservation: the ProGEO simple guide*. https://iucn.org/sites/default/files/2022-09/progeo_leaflet_en_2017.pdf (Pristupljeno: 26.04.2026.)
- Timotijević, S. (2005). *Geologija i mineralne sirovine Topličkog neogenog basena i njegovog oboda*. Naučna monografija. posebna izdanja, 30. Geoinstitut, Beograd. ISBN: 86-7156-017-1
- Tomić, N. (2011). The Potential of Lazar Canyon (Serbia) as a Geotourism Destination: Inventory and Evaluation. *Geographica Pannonica*, 15(3), 103–112. ISSN 0354-8724 | ISSN 1820-7138 (online)
- Tomić, N., & Božić, S. (2014). A modified Geosite Assessment Model (M-GAM) and its application on the Lazar Canyon area (Serbia). *Inter J Environ Res.*, 8(4), 1041–1052. ISSN 1735-6865
- Tomić, N., Marković, S., Korać, M., Mrđić, N., Hose, T., Vasiljević, DJ., Jovičić, M., & Gavrilov, B.M. (2014). Exposing mammoths: From loess research discovery to public palaeontological park. *Quat Int.*, 372, 142–150. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.12.026>

- Tomić, N., & Košić, K. (2020). Developing the Spa Assessment Model (SAM) and its application on the Kopaonik-Jastrebac spa zone (Serbia). *Tourism Management Perspectives*, 36, 100753. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2020.100753>
- Trofimov, V.T. (2009). Paradoxes of modern geoecology. *Moscow University Geology Bulletin*, 64(4), 203–213. <https://doi.org/10.3103/S0145875209040012>
- Troll, C. (1971). Landscape ecology (geoecology) and biogeocenology – A terminological study. *Geoforum*, 2(4), 43–46.
- Tudor, C. (2014). An approach to landscape character assessment. *Natural England*, 65, 101716. <http://www.gov.uk/natural-england>
- Tukiainen, H., Toivanen, M. & Maliniemi, T. (2023). Geodiversity and biodiversity. In: Kubalíková, L., Coratza, P., Pál, M., Zwoliński, Z., Irapta, P. N. and van Wyk de Vries, B. (eds). *Visages of Geodiversity and Geoheritage*. Geological Society, London, Special Publications, 530, 31–47. <https://doi.org/10.1144/SP530-2022-107>
- UNESCO International Geoscience and Geoparks Programme. *Global Geoparks and Regional Networks*. (Pristupljeno: 27.04.2026). <https://www.unesco.org/en/iggp/geoparks>
- Valentini, L., Guerra, V., & Lazzari, M. (2022). Enhancement of geoheritage and development of geotourism: comparison and inferences from different experiences of communication through art. *Geosci.*, 12(264), 1–17. <https://doi.org/10.3390/geosciences12070264>
- Valjarević, A., Živković, D., Valjarević, D., Stevanović, V., & Golijanin, J. (2014). GIS analysis of land cover changes on the territory of the Prokuplje municipality. *The Scientific World Journal*, 2014(1), 805072, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2014/805072>
- Valjarević, A., Srećković-Batočanin, D., Živković, D., & Perić, M. (2015). GIS analysis of dissipation time of landscape in the Devil's city (Serbia). *Acta Montanistica Slovaca*, 20(2), 148–155. <http://dx.doi.org/10.3390/ams20020148>
- Valjarević, A., Vukočić, D., & Valjarević, D. (2017). Evaluation of the tourist potential and natural attractivity of the Lukovska Spa. *Tourism management perspectives*, 22, 7–16. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2016.12.004>
- Valjarević, A., Djekić, T., Stevanović, V., Ivanović, R., & Jandžiković, B. (2018a). GIS numerical and remote sensing analyses of forest changes in the Toplica region for the period of 1953–2013. *Applied geography*, 92, 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.01.016>
- Valjarević, A., Srećković-Batočanin, D., Valjarević, D., & Matović, V. (2018b). A GIS-based method for analysis of a better utilization of thermal-mineral springs in the municipality of Kursumlija (Serbia). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92, 948–957. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.005>
- Valjarević, A., Mijajlović, Ž., Živković, D., Novović, M. ... & Mihajlović, M. (2019). GIS methods and analysis of archeological layers in the Toplica District (Serbia). *Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijić" SASA*, 69(2), 175–182. <https://doi.org/10.2298/IJGI1902175V>
- Valjarević, A., Valjarević, D., Filipović, D., Dragojlović, J., Milosavljević, S., & Milanović, M. (2021). One small municipality and future of renewable energy strategy. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(1), 1–9. <http://dx.doi.org/10.15244/pjoes/122451>
- Valjarević, A. & Ivanović, M. (2022). The new land-use predisposition and analysis of geosites along with the establishment of the new roads for better tourism recognition; case study Toplica region (Serbia). *Urban Transition*, Elsevier, 2022, 8–10 November, Sitges, Barselona, Spain. <https://www.elsevier.com/events/conferences/urban-transitions>
- Valjarević, A. (2024). GIS-Based Methods for Identifying River Networks Types and Changing River Basins. *Water Resources Management*, 1–19.

- <https://doi.org/10.1007/s11269-024-03916-7>
- Valjarević, A. (2026). GIS-Based Assessment of Urbanization Impacts on River Network Sustainability. *Water Resour Management*, 40(6), 233, 1–24.
<https://doi.org/10.1007/s11269-026-04614-2>
- Vasiljević, Đ.A. (2015). *Geodiverzitet i geonaslede Vojvodine u funkciji zaštite i turizma* [Geodiversity and geotourism of Vojvodina from aspects of conservation and tourism]. [Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo]. Nacionalni Repozitorijum Disertacija u Srbiji (NaRDUS). <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/1676>
- Vujičić, M., Vasiljević, D., Marković, S., Hose, T., Lukić, T., Hadžić, O., & Janićević, S. (2011). Preliminary geosite assessment model (GAM) and its application on Fruška gora mountain, potential geotourism destination of Serbia. *Acta Geogr. Slov.*, 51(2), 361–377. <https://doi.org/10.3986/AGS51303>
- Vukoičić, D., Milosavljević, S., Valjarević, A., Nikolić, M., Srećković Batočanin, D. (2018). The evaluation of geosites in the territory of National Park “Kopaonik“ (Serbia). *Open Geosci.* 10, 618–633. <https://doi.org/10.1515/geo-2018-0049>
- Vukoičić, D., Ivanović, R., Radovanović, D., Dragojlović, J., Martić Bursać, N., Ivanović, M., & Ristić, D. (2020). Assessment of geotourism values and ecological status of mines in Kopaonik Mountain (Serbia). *Minerals*, 10(3), 269.
<http://dx.doi.org/10.3390/min10030269>
- Vukoičić, D., Srećković-Batočanin, D., Valjarević, A., Ristić, D., Nikolić, M., & Valjarević, D. (2021). Assessment of the geotouristic values of Devil’s Town, Serbia. *Geologica Croatica*, 74(2), 163–176. <https://doi.org/10.4154/gc.2021.11>
- Vukoičić, D., Ristić, D., Ivanović, M., Petrović, D., Nikolić, M., Božović, S., & Milentijević, N. (2023). Prostorna organizacija i razvoj turizma u Toplici: železnička pruga kao potencijalni turistički itinerer. *Zbornik radova Dvanaestog naučno-stručnog skupa sa međunarodnim učešćem "Planska i normativna zaštita prostora i životne sredine"*, Novi Pazar, 57–66. ISBN: 978-86-6283-142-2
- Warowna, J., Zglobicki, W., Kołodzinska-Gawrysiak, R., Gajek, G., Gawrysiak, L., & Telecka, M. (2016). Geotourist values of loess geoheritage within the planned Geopark Małopolska Vistula River Gap, E Poland. *Quaternary International*, 399, 1–12.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.06.064>
- Weng, Q. (2010). *Remote sensing and GIS integration*. The McGraw-Hill Companies, Inc. United States. ISBN: 978-0-07-160654-7
- Williams, M., & McHenry, M. (2020). The increasing need for geographical information technology (GIT) tools in geoconservation and geotourism. *Geoconservation Research*, 3(1), 17–32. <https://doi.org/10.30486/gcr.2020.1901102.1019>
- Zazzi, M., Ventura, P., Caselli, B., & Carra, M. (2018). GIS-based monitoring and evaluation system as an urban planning tool to enhance the quality of pedestrian mobility in Parma. In: Pezzagno, M., Tira, M. (eds.), *Town and Infrastructure Planning for Safety and Urban Quality*, CRC, Leiden, 87–94.
<https://dx.doi.org/10.1201/9781351173360-14>
- Zlatković, I.D., Jenačković, D.D., & Ranđelović, V.N. (2019). Inland salt areas of Southeast Serbia: ecological preferences of certain representatives of flora. *Biologia*, 74(11), 1425–1440. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00320-0>
- Zlatković, I. (2021). *Ekološke i fitocenološke karakteristike kontinentalnih slatina centralne i južne Srbije*. [Doktorska disertacija, Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za biologiju i ekologiju]. Nacionalni Repozitorijum Disertacija u Srbiji (NaRDUS). <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/21699>

- Zyrianov, A.I., & Zyrianova, I.S. (2021). Planning of the interregional tourist route in the Urals. *Quaestiones Geographicae*, 40(2), 109–119. <https://doi.org/10.2478/quageo-2021-0018>
- Zwolinski, Z., Najwer, A., & Giardino, M. (2018). Methods for assessing geodiversity. In: Reynard, E. & Brilha, J. (eds.): *Geoheritage: Assessment, Protection and Management*, 1st edition, 27–52. Elsevier, Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00002-2>
- Živanović, V., Joksimović, M., Golić, R., Malinić, V., Krstić, F., Sedlak, M., & Kovjanić, A. (2022). Depopulated and abandoned areas in Serbia in the 21st century - From a local to a national problem. *Sustainability*, 14(17), 10765, 1–20. <https://doi.org/10.3390/su141710765>

- Бачевић, Р.Н., Лукић, Т., Радаковић, Г.М. (2024). *Биогеографија са педологијом*. Универзитет у Приштини, Природно-математички факултет. ISBN: 978-86-80795-81-2
- Васовић, М. (1988). *Копаноник – географска монографија*. Посебна издања Српског географског друштва, књ. 65, Београд.
- Вујиновић, В., & Теофиловић, М. (1977). Златоносно подручје региона Прокупља. *Гласник природњачког музеја и Веогради*, серија А, књига 32, 27–32. Београд.
- Вукоичић, Д. (2013). *Географске основе туристичке валоризације Србије: позиционирање урбаних, бањских и руралних насеља Горње Топлице* [The geographical foundations of the touristic valorization of Serbia - the positioning of urban, spa and rural settlements in Upper Toplica]. [Докторска дисертација, Универзитет у Београду, Географски факултет]. Национални Репозиторијум Дисертација у Србији (НаРДУС). <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/2178>
- Вукоичић, Д. (2014). *Туристичка валоризација урбаних, бањских и руралних насеља Горње Топлице*. Природно-математички факултет Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, Косовска Митровица. ISBN: 978-86-80795-16-4
- Вукоичић, Ж.Д. (2023). *Туристичка географија Србије*. Природно-математички факултет, Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици. ISBN 978-86-80795-58-4
- Гавриловић, Љ., Белиј, С., & Симић, С. (2009). Хидролошко наслеђе Србије – прелиминарна листа. *Заштита природе*, 60 (1–2), 387–396. Завод за заштиту природе Србије, Београд.
- Град Прокупље (2021). Оперативни план одбране од поплава на територији Града Прокупља за 2021. годину. *Службени лист Града Прокупља*, 14/2021, 82–144. <https://prokuplje.org.rs/sluzbeni-list-grada-prokuplja/slgp-2021/>
- Група аутора. (2024). *Велики Атлас Србије*. ISBN: 978-86-519-3064-8
- Динић, А., Остојић, Д., & Крстески, Б. (2014). Специфичност шумске вегетације планине Радан будућег природног добра. *Заштита природе*, 64/1, 21–30. Завод за заштиту природе Србије, Београд. ISSN: 0514-5899
- Драгојловић, Ј. (2017). *Нодални центри Топличког округа* [The nodal centres of Toplica district]. [Докторска дисертација, Универзитет у Београду, Географски факултет]. Национални Репозиторијум Дисертација у Србији (НаРДУС). <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/10347>
- Драгојловић, Ј. (2022). *Насеобинско-географске детерминанте просторног развоја Топличког округа*. Универзитет у Приштини, Природно-математички факултет. Косовска Митровица. ISBN: 978-86-80795-63-8

- Дукић, Д. (1976). *Климатологија*. Научна књига, Београд.
- Ђурић, У., Пејић, М., Марјановић, М., Ђурић, Д., & Крушић, Ј. (2018). Мониторинг ерозије у подручју Ђавоље вароши: пројекат „Међа“. *Књига апстраката „17. Конгрес геолога Србије“*, 780–785. Врњачка бања. ISBN 978-86-86053-20-6
- Ђуровић, П., & Мијовић, Д. (2006). Геонаслеђе Србије – репрезент њеног укупног геодиверзитета. *Зборник радова*, 54, 5–18.
- Завод за заштиту природе (ЗЗПС). (1995). *Извод из студије заштите Специјалног резервата природе „Ђавоља варош“*. Београд. Приступљено: 12.06.2026. <https://zzps.rs/wp/pdf/%C4%90avolja%20varos%CC%8C.pdf>
- Завод за заштиту природе Србије [ЗЗПС]. (2005). *Инвентар објеката геонаслеђа Србије – из Архива Националног савета за геонаслеђе Србије*. Приступљено: 25.05.2026. <https://zzps.rs/wp/pdf/Inventar%20geonasledja%20Srbije.pdf>
- Завод за заштиту природе Србије (ЗЗПС). (2008). *Извод из студије заштите Споменика природе „Пребреза, палеонтолошки локалитет“*. Београд. Приступљено: 12.06.2026. <https://zzps.rs/wp-content/uploads/2022/09/Prebreza.pdf>
- Завод за заштиту природе Србије (ЗЗПС). (13. 05. 2026.). *Национална еколошка мрежа*. <https://zzps.rs/%d0%b5%d0%ba%d0%be%d0%bb%d0%be%d1%88%d0%ba%d0%b0-%d0%bc%d1%80%d0%b5%d0%b6%d0%b0/>
- Завод за заштиту природе Србије (ЗЗПС). (14. 05. 2026.). *Централни регистар заштићених природних добара - Извод из централног регистра - заштићена подручја*. <https://zzps.rs/централни-регистар-заштићених-приро/>
- Ивановић, Р., Мартић-Бурсаћ, Н. & Ђокић, М. (2007). Агроклиматске карактеристике Лесковачке лотлине, *Зборника радова Географског института „Јован Цвијић“ САСА*, књ. 57, 87–94. Београд. <https://doi.org/10.2298/IJGI0757087I>
- Ивановић, Р., Мартић-Бурсаћ, Н., Ивановић, М. & Николић М. (2011). Термичке карактеристике ваздуха Нишке котлине у функцији бржег развоја привреде. *Гласник Српског географског друштва*, ХСГ (2), 83–99. <https://doi.org/10.2298/GSGD1102085I>
- Илић, Р. (1978). Јабланица, Ветерница и Пуста река – хидролошке особине и водопровредни значај. *Посебна издања Српског географског друштва*, свеска 46. Београд.
- Илић, М. (2023). Систем инвентаризације и заштите геонаслеђа у Србији. *Зборник радова ГеоморФорум 2023 – предлози за допуну Инвентара објеката геонаслеђа Србије из домена геоморфологије*, 15–19. Друштво геоморфолога Србије. Београд.
- Информациони систем непокретних културних добара Србије (ИС НКД). (15.05.2026). *Решење Савезног Завода за заштиту и научно проучавање споменика културе НРС, бр. 96/56*. Завод за заштиту споменика културе Републике Србије (ЗЗСК). https://nasledje.gov.rs/media/odluka_o_utvrdivanju/Re%C5%A1enje%20o%20za%C5%A1iti%20Ivanove%20kule%20u%20Zagra%C4%91u,%20ZZNPSK%20NRS%20br.%2096%20od%209.2.1956.pdf
- Јовановић, Ј. (2017). *Тематска картографија – практикум*. Универзитет у Београду, Географски факултет. Београд. ISBN: 978-86-6283-058-6
- Јовановић, М.Ј., & Живковић, М.Д. (2020). Картографски метод у контексту геовизуелизације. *Зборник радова научног скупа "Наука и стварност"*, књ. 14, 421–434. Универзитет у Источном Сарајеву – Филозофски факултет, Источно Сарајево. <http://dx.doi.org/10.7251/NIS2014421J>
- ЈП „СрбијаШуме“. (2017). *Основа газдовања шумама за ГЈ „Ргајска планина“ (2018-2027)*. Служба за израду основа и планова газдовања ШГ „Топлица“, Куршумлија. <https://upravazasume.gov.rs/wp-content/uploads/2017/07/OGS-za-GJ-Rgajske-planine-2018-2027.pdf>

- ЈП „СрбијаШуме“. (2025). *Предлог плана управљања Парком природе „Велики Јастребац“ за период 2025-2034. године*. Београд. Доступно на: <https://srbijasume.rs/ssume/wp-content/uploads/2025/04/PlanUprVelikiJastrebac2025.pdf>
- Костић, М. (1979). Рибарска бања – прилог проучавању функционалног развитка и преображаја. *Зборник радова Географског института „Јован Цвијић“*, књ. 31. Београд.
- Лазаревић, Р. (2010). *Ђавоља варош*. Желнид – Београд. ISBN: 978-86-7307-227-0
- Љешевић, А.М. (2002). Геодиверзитет као услов и исказ животне средине. *Зборник радова Географског факултета, Универзитета у Београду*, 50, 17–32.
- Љешевић, М. (2010). *Животна средина- теорија и методологија истраживања, пето издање*. Универзитет Сингидунум у Београду, Факултет за примењену екологију Футура, НВО „Екоризик“ Београд. ISBN: 978-86-86859-18-1
- Манојловић, П., & Драгићевић, С. (2021). *Практикум из геоморфологије – друго допуњено издање*. Универзитет у Београду, Географски факултет. Београд. ISBN: 978-86-6283-111-8
- Мартић Бурсаћ, Н. (2017). *Плочник – антропогеографска проучавања*. Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет. Ниш. ISBN: 978-86-6275-059-4
- Мартиновић, М.Ж., & Голубовић, В.П. (2004). *Ерозивна геоморфологија I – Увод, распадање и денудација стена*. Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет. Ниш. ISBN 86-83481-16-6
- Мађејка, М. (1983). Хипертермални извори уже Србије. *Гласник Српског географског друштва*, 63(2), 115–122.
- Мађејка, М. (1985). Клима бања уже Србије. *Посебна издања Српског географског друштва*, књ. 63, Београд.
- Мађејка, М., Рудић, В., Кузмановић-Цветковић, Ј., Младеновић, Б., Бјелица, П., Јевтић, М. и остали. (1999). *Топлички крај – мала енциклопедија Топлице*. Altera, Београд.
- Мађејка, М. (2005). Луковски крај и Луковска Бања. *Глобус*, 30, 221–236.
- Маринковић, Г. (2014). *Хидрогеолошки услови формирања угљокиселих минералних вода Србије* [Hydrogeological conditions of forming carbonated mineral water of Serbia]. [Докторска дисертација, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет]. Национални Репозиторијум Дисертација у Србији (НаРДУС). <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/6162>
- Маринчић, С. (2025). *Студија заштите – Споменик природе „Пребреза – палеонтолошки локалитет“*. Завод за заштиту природе Србије, Београд.
- Мијовић, Н., Драгишић, В., & Никић, З. (2009). Инвентар хидрогеолошког наслеђа Србије. *Заштита природе*, 60(1–2), 397–410. Завод за заштиту природе Србије, Београд.
- Милановић, М., & Љешевић, М. (2009). *Теледетекционе методе истраживања животне средине*. Универзитет у Београду, Географски Факултет, Београд. ISBN: 978-86-82657-78-1
- Милановић, М., Ваљаревић, А., & Лукић, Т. (2020). *Даљинска детекција у животној средини*. Географски факултет, Универзитет у Београду, Београд. ISBN: 978-86-6283-100-2
- Милентијевић, Н. (2021). *Вредновање геоеколошких детерминанти Бачке у функцији одрживог развоја*. [Докторска дисертација, Универзитет у Новом саду, Природно-математички факултет, Департман за географију, туризам и хотелијерство]. Национални Репозиторијум Дисертација у Србији (НаРДУС). <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/19076>

- Милентијевић, Н.М., & Пантелић, М. (2023). Теоријско-методолошки проблеми дефинисања геоекологије: однос геоекологије и животне средине, геоеколошке детерминанте у функцији одрживог развоја. *Глобус*, 47, 67–84.
- Милић, Ч. (1964). Један пример изградње речне мреже на тектонском сутоку. *Зборник радова географског института „Јован Цвијић“ САСА*, књ. 19, 31–59.
- Милинчић, М., & Љешевић, М. (1994). Развој карстне морфологије у условима контактеног краса на примеру Дубоке (Копаоник), *Зборник радова Географски факултет Београд*, XLIV, 33–41.
- Милинчић, М., & Лукић, Б. (2001). *Насеља општине Блаце. Географска енциклопедија насеља Србије*, књига 1, 197–207. Географски факултет Универзитета у Београду, "Агена" и "Стручна књига", Београд.
- Милосављевић, М. (1990). *Климатологија*. Научна књига, Београд. ISBN: 86-23-21076-X
- Миљковић, Ђ. (2018). *Геоморфолошко и хидролошко геонаслеђе Хомоља* [Geomorfološko i hidrološko geonasleđe Homolja]. [Докторска дисертација, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департаман за географију, туризам и хотелијерство]. Национални Репозиторијум Дисертација у Србији (НарДУС). <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/9891>
- Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Србије [МПШВ]. (2001). *Водопривредна основа Републике Србије*. Институт „Јарослав Черни“, Београд. https://www.srbijavode.rs/images/dokumenti/vodoprivredna_osnova_republike_srbije.pdf
- Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре Републике Србије [Ministry of Construction, Transport and Infrastructure [МГСИ]]. (2014). *Просторни план Подручја посебне намене Радан планине*. Републичка агенција за просторно планирање, Институт за архитектуру и урбанизам Србије, ЈП Завод за урбанизам НИШ. Београд.
- Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре [МГСИ], Републичка агенција за просторно планирање. (2014). *Просторни план подручја посебне намене Радан планине*. Институт за архитектуру и урбанизам Србије, ЈП Завод за урбанизам Ниш. Београд.
- Министарство Грађевинарства, Саобраћаја и Инфраструктуре Републике Србије, Сектор за Просторно планирање и урбанизам [Ministry of Construction, Transport and Infrastructure [МГСИ]]. (2017). *Извештај о стратешкој процени утицаја Просторног плана Подручја Посебне Намене Инфраструктурног коридора аутопута Е-80, деоница НИШ-МЕРДАРЕ на животну средину*. Институт за архитектуру и урбанизам Србије, ЈП Завод за урбанизам Ниш, Институт за путеве ад Београд. Београд.
- Министарство рударства и енергетике Републике Србије. (06.06.2026). *ГеолИСС*. <https://geoliss.mre.gov.rs/vebkarte/geomorf300.html>
- Народни музеј Топлице. (16.05.2026.). *Археологија*. <https://muzejtoplice.org.rs/arheologija/>
- Народна скупштина Републике Србије. (1995). *Уредба о заштити споменика природе „Ђавоља варош“*. (Службени гласник РС, бр. 9/1995.). Завод за заштиту природе Србије.
- Народна скупштина Републике Србије. (2008). *Национална стратегија одрживог развоја*. (Службени гласник РС, бр. 57/2008-6). Правно информациони систем Републике Србије. <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/vlada/strategija/2008/57/1/reg>
- Народна скупштина Републике Србије. (2009). *Уредба о заштити Споменика природе „Пребреза“*. (Службени гласник РС, бр. 37/2009). Министарство заштите животне средине Републике Србије.

<https://www.ekologija.gov.rs/sites/default/files/old-documents/I Prirodni resursi/1. Usvojeni propisi/1.2. Uredbe/uredba spomenik prirodepребрежа.pdf>

Народна скупштина Републике Србије. (2013). *Уредба о утврђивању Регионалног просторног плана за подручје Нишавског, Топличког и Пиротског управног округа*. (Службени гласник РС, бр. 1/2013-294). Правно информациони систем Републике Србије.

<https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/vlada/uredba/2013/1/4/reg>

Народна скупштина Републике Србије [НСРС]. (2017). *Стратегија управљања водама на територији Републике Србије до 2034. године*. (Службени гласник РС, бр. 3/2017-3). Правно информациони систем републике Србије. <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/vlada/strategija/2017/3/1/reg>

Народна скупштина Републике Србије. (2022). *Закон о заштити природе* [Law of nature protection]. (Службени гласник РС, бр. 36/2009-76, 88/2010-162, 91/2010-133 (исправка), 14/2016-8, 95/2018-267, (др. закон), 71/2021-3). Правно информациони систем републике Србије.

<https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/skupstina/zakon/2009/36/9/reg>

Народна скупштина Републике Србије. (2024). *Уредба о проглашењу Парка природе „Велики Јастребац“*. (Службени гласник РС, бр. 98/2024-3). Правно информациони систем Републике Србије. <https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/vlada/uredba/2024/98/1>

Народна скупштина Републике Србије. (2024). *Уредба о проглашењу Парка природе „Радан“*. (Службени гласник РС, бр. 4/2024-4). Правно информациони систем Републике Србије.

<https://pravno-informacioni-sistem.rs/eli/rep/sgrs/vlada/uredba/2024/4/2>

Новковић, И. (2008): Геонаслеђе Златиборског округа. *Заштита природе*, 58/1–2, 37–52. Београд

Новковић, И. (2022). *ГИС анализа – практикум*. Универзитет у Београду, Географски факултет, Београд. ISBN: 978-86-6283-122-4

Општина Блаце (2006). *Локални Еколошки Акциони План Општине Блаце*. Доступно на: <https://www.blace.org.rs/images/dokumenta/LEAP-Blace.pdf>

Општина Прокупље. (2010). *Просторни план општине Прокупље*, књига 3: нацрт плана. ЈУГИНУС АД – Београд. Београд – Прокупље. Приступљено: 12.05.2026.

<https://prokuplje.org.rs/images/content/file/Planski%20dokumenti/Prostorni%20plan%20Opstine%20Prokuplje%20tekst.pdf>

Општина Прокупље. (2010а). *Просторни план општине Прокупље – извештај о стратешкој процени утицаја на животну средину*, књига 4. Југословенски институт за урбанизам и становање (ЈУГИНУС АД – Београд). Београд – Прокупље.

<https://prokuplje.org.rs/images/content/file/Planski%20dokumenti/SPU%20PPO%20Prokuplje.pdf>

Општина Житорађа. (2012). *Просторни план општине Житорађа, 2025*. ЈП Завод за урбанизам Ниш. Житорађа.

<https://www.zurnbis.rs/pdf/ISP%20PPO%20Zitorada.pdf>

Остојић, Д., Крстески, Б., Динић, А., & Петковић, А. (2018). Вегетацијске карактеристике шумских екосистема у Националном парку „Копаоник“ са освртом на шуме у режиму заштите I степена. *Шумарство*, 3–4, 179–194. Удружење шумарских инжењера и техничара Србије, Београд.

Остојић, Д., Крстески, Б., Стојковић, З., Петковић, А., Стојиљковић, Б., Јовановић, И., & Босић, Т. (2020). Израда вегетацијско-састојинске карте за заштићено подручје

- парк природе „Радан“. *Заштита природе*, 70/1–2, 13–36. Завод за заштиту природе Србије, Београд. ISSN: 0514-5899
- Павловић, М., & Обрадиновић, З. (1961). Миоценски сисари Топлице (Србија). *Геолошки анали Балканског полуострва*, 28, 265–277.
- Павловић, Б.М. (1969). Миоценски сисари Топличке котлине – палеонтолошко-стратиграфска студија. *Геолошки анали Балканског полуострва*, 44, 269–394.
- Павловић, М. (2019). *Географске регије Србије 2*. Географски факултет Универзитета у Београду. ISBN: 978-86-6283-088-3
- Пецељ, М., Пецељ-Пурковић, Ј. & Пецељ, М. (2015). *Геокологија – теоријско-методолошка и апликативна питања*. Универзитет у Београду, Географски факултет. ISBN: 978-86-6283-025-8
- Планинка А.Д. (15.05.2016). Ђавоља Варош. <https://www.djavoļjavaros.com/index.php>
- Путеви Србије д.о.о. (05.05.2026). *Референтни систем (фебруар 2026)*. https://www.putevi-srbije.rs/images/pdf/referentni_sistem/Digitalizovana_Google_Earth_karta_drzavnih_puteva.kmz
- Радиновић, Ђ. (1981). *Време и клима Југославије*. Грађевинска књига, Београд.
- Рајчевић, В., & Црногорац, Ч. (2017). *Хидрологија II – потамологија*, посебна издања, књ. 39. Географско друштво Републике Српске, ПМФ Бања Лука.
- Ракићевић, Т. (1954). Режим реке Топлице. *Зборник радова Географског завода Природно-математичког факултета*, 1, 64–85. Београд.
- Ракићевић, Т. (1955а). Топлица. *Земља и људи*, 5, 99–105. Београд.
- Ракићевић, Т. (1955б). Физичко-географске особине слива Косанице. *Зборник радова Географског завода Природно-математичког факултета*, 2, 29–46. Београд.
- Ракићевић, Т. (1955в). Главуци у сливу Косанице. *Гласник Српског географског друштва*, 35(2), 137–140. Београд.
- Ракићевић, Т. (1980). Климатско рејонирање СР Србије. *Зборник радова Природно-математички факултет Универзитета у Београду*, св. XXVII, Београд.
- Ракић, М., Димитријевић, М., Терзин, В., Цветковић, Д., Петровић, В. & Хаци-Вуковић, М. (1973). *Тумач основне геолошке карте 1:100.000, лист Ниш, К – 34-32*. Завод за геолошка и геофизичка истраживања, Београд.
- Републички завод за статистику Републике Србије [Statistical office of the Republic of Serbia] [P3C]. (2014). *Упоредни преглед броја становника 1948-2011 – подаци по насељима*, књ. 20, Београд. ISBN 978-86-6161-109-4
- Републички завод за статистику Републике Србије [Statistical office of the Republic of Serbia] [P3C]. (2024). *Општине и региони у Републици Србији*. ISSN 2217-7981
- Републички завод за статистику Републике Србије [Statistical office of the Republic of Serbia] [P3C]. *Србија Попис 2022* (05.05.2026). <https://popis2022.stat.gov.rs/sr-cyrl/popisni-podaci-eksel-tabele/>
- Републички хидрометеоролошки завод Републике Србије [PXM3C]. (2024а). *Хидролошки годишњаџи – 1: Површинске воде*. https://www.hidmet.gov.rs/ciril/hidrologija/povrsinske_godisnjaci.php
- Републички хидрометеоролошки завод Републике Србије. (07.05.2026). *Метереолошки годишњаџи 1 и 2 за период 1991–2020*. https://www.hidmet.gov.rs/latin/meteorologija/klimatologija_godisnjaci.php
- Републички хидрометеоролошки завод Републике Србије [PXM3C]. (2024б). *Хидролошки годишњаџи – 2: Подземне воде*. https://www.hidmet.gov.rs/ciril/hidrologija/podzemne/stanica.php?pd_rb=2870
- Ристић, М., Илић, М., Бједов, В., Вељовић, И., Петковић, А., Маричић, С., Меденица, И., Секулић, Н., Бранковић, С., Недељковић, Н., Јовановић, И., Затезало, А., Дивац, М., Јовић, Д., и други. (2024). *Студија заштите Парка природе „Велики Јастребац“*, свеска 1. Завод за заштиту природе Србије.

- Рудић, В. (1978). *Становништво Топлице*, посебно издање. Етнографски институт САНУ Београд, књига 17.
- Савић, О. (1969). *Крушевац и његова утицајна сфера*. Географски институт „Јован Цвијић“, посебна издања, књига 21, Београд.
- Симић, С., Гавриловић, Љ., & Ђуровић, П. (2010). Геодиверзитет и геонаслеђе – нови приступ тумачењу појмова. *Гласник Српског географског друштва*, 90(2), 1–14.
- Скупштина Општине Прокупље (2018). Одлука о проглашењу заштићеног станишта „Бресничичка слатина“. *Службени лист Општине Прокупље*, бр. 3, мај 2018., Прокупље. Доступно на: <https://prokuplje.org.rs/sluzbeni-list-grada-prokuplja/slop-2018/>
- Станковић, С. (1989). Туристички потенцијали река СР Србије. *Посебна издања Српског географског друштва*, књ. 67. Београд.
- Станковић, М.С. (2000). *Туристичка географија, нето допуњено издање*. Географски факултет, Универзитета у Београду; „А.М.И.Р.“.
- Станковић, С. (2005). *Језера Србије*. Завод за уџбенике и наставна средства, Београд. ISBN: 86-17-12990-5
- Станојевић, Р.М. (2001). *Туристичке вредности Топличког округа*. Економика, Ниш.
- Ступарушић, С. (28. 07. 2020.). *Два Споменика природе*. Дневни лист „Политика“. <https://www.politika.rs/scc/clanak/459239/dva-spomenika-prirode>
- Стевановић, В. (2014). *Екоклиматске и балнеолошке карактеристике бањских насеља слива Јужне Мораве у функцији одрживог развоја* [Ecoclimatic and balneological features of spa settlements in Južna Morava basin as function of sustainable development]. [Докторска дисертација, Универзитет у Београду, Географски факултет]. Национални Репозиторијум Дисертација у Србији (НаРДУС). <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/2183>
- Стевановић, В. (2020). *Термоминерални извори Топличког округа – стање и перспективе*. Природно-математички факултет Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици. Косовска Митровица. ISBN: 978-86-80795-51-5
- Стефановић, И., & Мијовић, Д. (2004). Палеонтолошки локалитет Пребреза – значај и сврха заштите. *Заштита природе*, 55(1–2), 29–35.
- Стојановић, В., Долинај, Д., & Пашић, М. (2011). Друштвено географска перспектива проучавања заштите животне средине. *Зборник Матице српске за друштвене науке*, 134, 113–119.
- Стојановић, В., & Стаменковић, И. (2008). Геотуризам у структури савремених туристичких кретања. *Гласник српског географског друштва*, 88(4), 53–58.
- Стојковић, С. (2020). *Прикупљање и интеграција геопросторних података*. Универзитет у Београду, Географски факултет, Београд. ISBN: 978-86-6283-101-9
- Стојсављевић, Р. (2015). *Детекција и анализа климатских региона у Србији*. [Докторска дисертација, Универзитет у Новом саду, ПМФ, Департман за географију, туризам и хотелијерство]. Национални Репозиторијум Дисертација у Србији (НаРДУС). <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/4762>
- Стричевић, Љ. (2015). *Водни ресурси Расинског округа и њихов утицај на регионални развој*. [Докторска дисертација, Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет, Департман за географију]. Национални Репозиторијум Дисертација у Србији (НаРДУС). <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/5132>
- Томић, Н. (2016). *Геонаслеђе Средњег и Доњег Подунавља у Србији: инвентар, геоконзервација и геотуризам* [Geonasleđe Srednjeg i Donjeg Podunavlja u Srbiji: inventar, geokonzervacija i geoturizam]. [Докторска дисертација. Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за географију,

- туризам и хотелијерство]. Национални Репозиторијум Дисертација у Србији (НаРДУС). <https://nardus.mpn.gov.rs/handle/123456789/6293>
- Томић, Н. (2022). Геотуризам крашких терена. У: *Zbornik radova sa naučnog skupa „Kras – vekovna naučna inspiracija”*, 241–258. Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet.
- Урошевић, М., Павловић, З., Клисић, М., Брковић, Т., & Малешевић, М. (1973). *Тумач основне геолошке карте 1:100.000, лист Нови Пазар, К – 34-30*. Завод за геолошка и геофизичка истраживања, Београд.
- Урошев, М. (2007). Слив Голијске Моравице – хидролошка анализа. *Посебна издања*, књ. 69. *Географски институт „Јован Цвијић“ Српске академије науке и уметности*, Београд.
- Урошевић, С. (2007). *Јастребац – геолошко-петрографска студија гранита и кристаластих шкриљаца*, поновљено издање, књ.3. Приредио С. Симоновић. Библиотека културна баштина Крушевца.
- Шушњар, С. (2024). *Географски информациони системи у функцији управљања и заштите природних потенцијала Семберије (БиХ)* [Geographic information systems in the function of management and protection of natural resource potentials of the Semberia region (B&H)]. [Докторска дисертација. Универзитет у Београду, Географски факултет]. <https://uvidok.rcub.bg.ac.rs/handle/123456789/16>

12. СПИСАК ПРИЛОГА

ПРИЛОГ 1. Карта приказа локалитета обухваћених Прелиминарним инвентаром геонаслеђа Републике Србије.....	26
ПРИЛОГ 2. Географски положај и административна подела Топличког округ.....	72
ПРИЛОГ 3. Саобраћајна карта Топличког округа.....	76
ПРИЛОГ 4. Расподела становништва Топличког округа (Попис 2011.).....	80
ПРИЛОГ 5. Морфоструктурна карта Топличког округа.....	85
ПРИЛОГ 6. Геолошка карта Топличког округа.....	87
ПРИЛОГ 7. Карта дисперзије педолошких слојева Топличког округа.....	94
ПРИЛОГ 8. ТИН модел рељефа.....	106
ПРИЛОГ 9. Карта нагиба рељефа.....	108
ПРИЛОГ 10. Вертикална рашчлањеност рељефа.....	110
ПРИЛОГ 11. Експозиција рељефа.....	112
ПРИЛОГ 12. Климатске карактеристике Топличког округа: а) карта дистрибуције средње годишње температуре ваздуха (°C) за период 1991–2020; б) карта дистрибуције средње годишње количине падавина (mm/год.) за период 1991 – 2020; в) карта дистрибуције индекса Кишног фактора Ланга (KF); карта дистрибуције годишњих вредности индекса де Мартона (Idm).....	124
ПРИЛОГ 13. Хидрографска мрежа Топличког округа.....	145
ПРИЛОГ 14. Карта заштићених подручја Топличког округа.....	156
ПРИЛОГ 15. Геолокалитети Топличког округа: Прелиминарни инвентар.....	164
ПРИЛОГ 16. Карта дисперзије SAM вредности: а) дисперзија Природних вредности (NV) према рекреативним посетиоцима (Im_1); б) дисперзија Туристичких вредности (TV) према рекреативним посетиоцима (Im_2); в) дисперзија Природних вредности (NV) према здравственим посетиоцима (Im_1); г) дисперзија Туристичких вредности (TV) према здравственим посетиоцима (Im_2).....	237
ПРИЛОГ 17. Карта туристичких зона и кластера Топличког округа.....	249
ПРИЛОГ 18. Потенцијалне археолошко–геоеколошке маршруте Топличког округа.....	254

13. СПИСАК СЛИКА

Слика 1. Шематска интерпретација геосистема животне средине	13
Слика 2: Шематски приказ односа геодиверзитета и биодиверзитета.....	17
Слика 3. Шематски приказ концепта геоинформатике	33
Слика 4. Шема однос класичног наспрам савременог геоинформационог система	34
Слика 5. Графички приказ спектралног отиска појединих типова материјала у природи	36
Слика 6. Компоненте и поступак LiDAR ваздушног снимања	38
Слика 7. Шематски приказ изохроног методолошког приступа.....	68
Слика 8. Подешавање параметара ORS сервиса у QGIS 3.40.11 софтверу	69
Слика 9. Карта завршног дела железничке трасе кроз Топлички округ.....	78
Слика. 10. Депопулисане/напуштене катастарске јединице у Топличком округу	82
Слика 11. Скица Лецког магматског комплекса са зидовима очуваних калдера	91
Слика 12. График учешћа експозиције рељефа Топличког округа.....	111
Слика 13. Графички приказ: лево – честина ветрова у % (на основу Табеле 20-А); десно – брзине ветрова у m/s (на основу Табеле 20-Б).....	129
Слика 14. Литолошки профил станице подземних вода Житорађа	131
Слика 15. Графички приказ заступљености сликова у (%) на подручју Топличког округа.....	135
Слика 16. Мало Бубличко језеро током априла	142
Слика 17. Простори интензивирање деградације шумског покривача у Топличком округу.....	152
Слика 18. Ендемичне халобитне врсте Бресничке слатине: лево – слатински цвет; десно – далматински лук	160
Слика 19. Бранкова кула.....	166
Слика 20. Исечак геореференциране геолошке карте ширег подручја са локацијом Бранкове куле	168
Слика 21. Остењаци код села Крчмаре: а) Шилјак; б) Чушавац; в) Камал	169
Слика 22. а) поглед на Треску из подножја; б) исечак геореференциране геолошке карте ужег подручја Треске	170
Слика 23. Подручје Иван Куле	172
Слика 24. Карта подручја СП „Ђавоља варош“	174
Слика 25. Исечак геореференциране геолошке карте са назначеним подручјем Ђавоље вароши.....	175
Слика 26. а) слика главутака б) један од саских рудника в) минерални извор Ђавоља Вода г) минерални извор Црвено врело	176
Слика 27. Карта положаја Страшне Прљуше	178
Слика 28. Исечак геореференциране геолошке карте ширег подручја Прљуша са назначеним еродираним подручјима.....	179
Слика 29. а) Страшна прљуша; б) један од ретких главутака; в) Миличина вода	180
Слика 30. Исечак геореференциране геолошке карте подручја Видовачког крша	181
Слика 31. а) Видовачки крш из подножја; б) улаз у једну од јама; в) унутрашњост јаме.....	182
Слика 32. Исечак геореференциране геолошке карте ширег подручја Хисара и Губе.....	184
Слика 33. Карта подручја епигенијске клисуре Хисара.....	186
Слика 34. Литолошки приказ северозападног дела Топличког басена	189
Слика 35. Интерпретативни садржаји палеонтолошког локалитета Пребреза.....	190

Слика 36. Развитак речне мреже Расине по И. Кребсу	193
Слика 37. Подручја пиратерија: а) Блаташнице; б) Трбуњске реке	194
Слика 38. Тресава Блачко језеро	195
Слика 39. Бресничийка слатина.....	197
Слика 40. Сува чесма: а) – каптиран извор минералне воде; б) – слатинско подручје.....	198
Слика 41. Сантрач – једно од сужења.	199
Слика 42. Исечак геореференциране геолошке карте ширег подручја Куршумлијске бање.....	201
Слика 43. Исечак геореференциране геолошке карте ширег подручја Луковске бање	204
Слика 44. Микро геолокалитети подручја Луковске Бање: а) – црква Свете Мине у селу Штава; б) – Шубарски водопад.....	205
Слика 45. Геолошка карта ширег подручја Пролом бање	206
Слика 46. Каптажа Вичке бање.	208
Слика 47. Исечак геореференциране геолошке карте са системом раседа подручја Виче	209
Слика 48. Хидрогеолошка карта области угљокиселих вода Жарева, Магова, и Доњих Левића	211
Слика 49. Део <i>ex situ</i> палеонтолошке збирке – остаци вилице мамута	213
Слика 50. Дијаграм матрица М-GAM резултата.....	222
Слика 51. Упоредна карта просторне дистрибуције М-GAM вредности: а) – Главних вредности (MV); б) – Додатних вредности (AV).	226
Слика 52. Карта расподеле укупних М-GAM вредности.....	228
Слика 53. Дијаграм матрица упоредних SAM вредности.....	234
Слика 54. Карта компаративне дистрибуције укупних SAM вредности: а) – према рекреативним посетиоцима; б) – према здравственим посетиоцима.....	238
Слика 55. Карта перцепција туристичке доступности геолокалитета према подручју Града Прокупља.	241
Слика 56. Карта перцепције туристичке доступности геолокалитета према подручју Куршумлије.....	242
Слика 57. Карта перцепције туристичке доступности геолокалитета према подручју Блаца.	244
Слика 58. Карта перцепције туристичке доступности геолокалитета према подручју Житорађе.....	245

14. СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 1. Објекти геонаслеђа Топличког округа обухваћени Прелиминарним инвентаром објеката геонаслеђа Србије.....	25
Табела 2. Основне боје термалног дела спектра и њихове таласне дужине.....	37
Табела 3. Анализирани индикатори и субиндикатори GAM и M-GAM модела.....	57
Табела 4. Нумерички параметри анализираних индикатори и субиндикатора GAM и M-GAM модела	58
Табела 5. Анализирани индикатори и субиндикатори SAM модела.....	62
Табела 6. Техничке карактеристике железничке трасе кроз Топлички округа.....	77
Табела 7. Општи географски подаци Топличког округа	79
Табела 8. Удео урбаног и руралног становништва Топличког округа по попису из 2022. године	81
Табела 9. Дистрибуција површина према хипсометрији.....	105
Табела 10. Дистрибуција нагиба рељефа Топличког округа	107
Табела 11. Дистрибуција површина према категоријама вертикалне рашчлањености Топличког округа	109
Табела 12. Дистрибуција површина према експозицији рељефа	111
Табела 13. Основни подаци о метеоролошким станицама.....	114
Табела 14. Средње месечне и годишње температуре ваздуха по станицама у (°C) на територији Топличког округа за период 1991–2020	115
Табела 15. Средње годишње температуре ваздуха на територији Топличког округа за период 1991–2020.....	116
Табела 16. Вредности термичког квоцијента на територији Топличког округа за период 1991–2020	117
Табела 17. Средња месечна и годишња релативна влажност ваздуха у (%) за период 1991–2020	118
Табела 18. Средња месечна и годишња облачност за период 1991–2020	119
Табела 19. Средње месечне и годишње количине падавина на територији Топличког округа за период 1991–2020	119
Табела 20. Годишње суме падавина на територији Топличког округа за период 1991–2020	120
Табела 21. Релативно годишње колебање падавина у Топличком округу за период 1991–2020	122
Табела 22. Класификација климата према Лангу (KF) и Грачанину (KFm).....	123
Табела 23. Просечне годишње суме и месечне вредности Кишног фактора (KF) у Топличком округу за период 1991–2020	125
Табела 24. Просечне годишње вредности Кишног фактора Ланга у Топличком округу за период 1991–2020	125
Табела 25. Просечне месечне и годишње вредности индекса аридности де Мартона (I_{DM}) у Топличком округу за период 1999–2020.....	126
Табела 26. Просечне годишње вредности за индекс аридности де Мартона у Топличком округу за период 1991–2020	127

Табела 27. А – честина ветрова и тишина по правцима у ‰ ; Б – средња брзина ветрова по правцима у m/s за Топлички округ у периоду 1991-2020.....	128
Табела 28. Средњи месечни нови подземних вода на станицама Дољевац и Житорађа за период 1991–2020	134
Табела 29. Абиотички фактори Косанице и Проломске реке	137
Табела 30. Абиотички фактори Добродолске (Златске) реке	139
Табела 31. Средњи месечни и годишњи протицаји за период 1991–2020	140
Табела 32. Абиотички фактори средњег дела Брестовачког језера	143
Табела 33. Резултати морфометријске анализе сливова и водотокова	149
Табела 34. Заштићена подручја Топличког округа	155
Табела 35. Одабрани геолокалитети Топличког округа	166
Табела 36. Хемијске карактеристике минералне воде Магово	212
Табела 37. Социодемографски профил учесника анкетања GAM моделом	216
Табела 38. Социодемографски профил геотуриста анкетираних за потребе M-GAM и SAM модела.....	217
Табела 39. Резултати M-GAM нумеричких калкулација геолокалитета ГЛ1 – ГЛ5.	218
Табела 40. Резултати M-GAM нумеричких калкулација геолокалитета ГЛ6 – ГЛ10.	219
Табела 41. Резултати M-GAM нумеричких калкулација геолокалитета ГЛ11 – ГЛ15.	220
Табела 42. Укупни резултати M-GAM вредновања геолокалитета.....	221
Табела 43. Удео (%) и површина (km ²) гравитационих утицаја геолокалитета ГЛ1 – ГЛ15.	225
Табела 44. Укупни резултати вредновања одабраних хидрогеолошких локалитета SAM моделом.....	230
Табела 45. Укупно рангирање анализираних хидрогеолошких локалитета.....	233
Табела 46. Удео (%) и површина (km ²) гравитационих утицаја хидрогеолокалитета.	235

15. БИОГРАФИЈА

Марко Ивановић рођен је 20. августа 1983. године у Косовској Митровици а од 2010. године живи у Нишу. Ожењен је и отац је двоје деце.

Основну и средњу школу (Гимназију) завршио је у Косовској Митровици са одличним успехом. По завршетку средње школе уписао је Природно-математички факултет у Нишу, Одсек за географију. Дипломирао је 2009. године са просечном оценом 8,22 (осам и двадесет два). Дипломски рад на тему „Економска валоризација туристичких потенцијала Ибарског Колашина“ одбранио је оценом 10 (десет), стекавши звање дипломирани мастер-туризмолог. Мастер академске студије на Географском факултету, Универзитета у Београду, на студијском програму Туризмологија, уписао је 2011/12. године. Просечна оцена студија износила је 9,60 (девет и 60/100). Завршни мастер рад „Улога туризма у привредном развоју Ибарског Колашина“ одбранио је 20.06.2013. године, са оценом 10 (десет). Школске 2013/14. уписао је докторске студије на Географском факултету, Универзитета у Београду, на смеру Геонауке. У оквиру докторских студија положио је све испите предвиђене наставним планом и програмом.

Године 2017. био је учесник научног семинара „Decision making theory, technology and practice“ у радионици „Fundamentals of GIS“ на Електронском факултету у Нишу, унапредивши раније стечено знање о ГИС софтверима. Поседује основни знање рада на рачунару (Microsoft office, Adobe) и рада у статистичким софтверима (SPSS 20). Течно говори енглески језик, поседује сертификат о завршеном B-1 нивоу.

Педагошки рад започео је 2018. године на одсеку за Географију, Природно-математичког факултета, Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, као асистент за ужу научну област Картографија и Географски информациони системи. Током докторских студија, ужа област научног интересовања кандидата тичала се заштите животне средине, геоинформатике, географских информационих система, геодиверзитета и геонаслеђа, уз оправданост и могућност њиховог вредновања и потенцијалног утицаја на регионални развој.

Од 2018. године активно учествује у раду Српског географског друштва, а од 2020. године и Асоцијације просторних планера Србије.

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора: Ивановић Марко

Број индекса: 20/2013

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

**Примена напредних геоинформатичких метода у вредновању
геоеколошког потенцијала Топличког округа**

- 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: Ивановић Марко

Број индекса: 20/2013

Студијски програм: Гео науке

Наслов рада: Примена напредних геоинформатичких метода у вредновању
геоеколошког потенцијала Топличког округа

Ментор: Проф др. Александар Ваљаревић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањивања 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:

Примена напредних геоинформатичких метода у вредновању геоеколошког потенцијала Топличког округа

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, _____

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.

1. **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.

2. **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.

3. **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.

4. **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.

5. **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.