

Режим, резерве и услови заштите извора Студена

Андријана Дрчелић



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Режим, резерве и услови заштите извора Студена | Андријана Дрчелић | | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006579>

Универзитет у Београду
Рударско – геолошки факултет
Департман за хидрогеологију



ЗАВРШНИ РАД
Мастер академске студије
Режим, резерве и услови заштите извора Студена

Кандидат

Андријана Дрчелић
Г641/19

Ментор

Проф.др. Игор Јемцов

Београд, 2022. година

Комисија:

1. Проф. др. Игор Јемцов, ментор

2. Проф. др. Владимир Живановић, члан

3. Др. Небојша Атанацковић, члан

Датум одбране: _____

РЕЗИМЕ

Водоснабдевање града Ниша и околних насеља врши се кроз водоводни систем (НИВОС) сачињен од 4 велика територијално одвојена система водоснабдевања, али функционално веома зависна. Један од њих је крашко природно извориште „Студена“, капацитета 220 – 340 l/s.

Извориште Студена се налази југоисточно од Ниша, на северозападним падинама Суве Планине. Чине га три одвојена каптажна објекта „Каптажа 1“ , „Каптажа 2“ и „Каптажа 3“. Извориште је 1961. године укључено у НИВОС.

Резултати приказани у завршном мастер раду под темом „Режим, резерве и услови заштите изворишта Студена“ су показали да је квалитет подземних вода, у погледу водоснабдевања, због присуства Културабилних микроорганизама на 37 °С (>300 cfu/1 ml) и Стрептокока фекалног порекла (SF), и могу се користити за водоснабдевање тек након третмана, односно хлорисања.

Рецесионом анализом и анализом биланса вода ове издани закључак је да се извориште Студена одликује изузетно стабилним режимом издашности, нарочито ако се има у виду да је реч о карстном изворишту. Разлог за ово лежи у чињеници да се највећи део зоне прихрањивања налази на највишим деловима Суве Планине који су највећи део године под снегом, тако да се прихрањивање врши готово током целе године. Такође, разлог за стабилну издашност је и дубока циркулација подземних вода, што повећава време циркулације и смањује амплитуду издашности.

Кључне речи: *карстна издан, рецесиона анализа, биланс подземних вода, рањивост подземних вода, зоне санитарне заштите.*

САДРЖАЈ

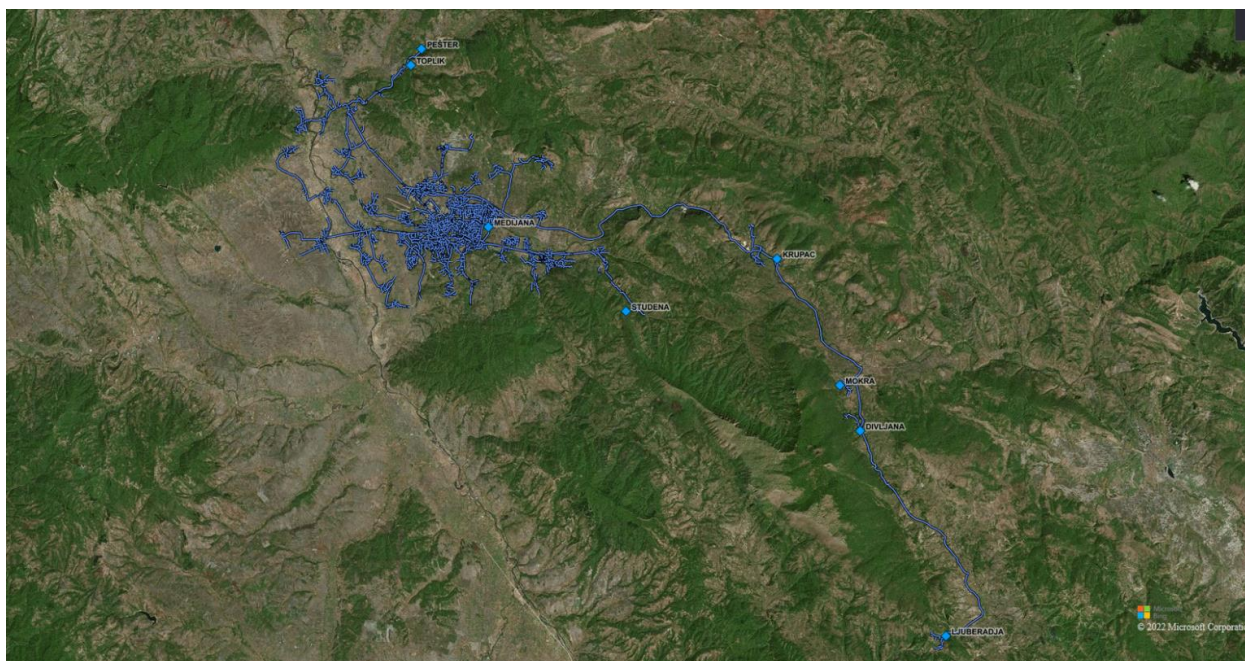
1.	УВОД	2
1.	ЦИЉ И НАЧИН ИСТРАЖИВАЊА.....	4
2.	ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСТРАЖНОГ ТЕРЕНА	5
3.1.	Географски положај истражног терена.....	5
3.2.	Климатске карактеристике терена.....	5
3.3.	Хидрографске карактеристике терена.....	13
3.4.	Геоморфолошке карактеристике терена	14
3.	ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСТРАЖНОГ ТЕРЕНА	17
3.1.	Геолошка грађа истражног терена	17
3.2.	Тектонске карактеристике терена	26
4.	ХИДРОГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСТРАЖНОГ ТЕРЕНА.....	28
4.1.	Хидрогеолошка својства терена и приказ заступљених типова издани.....	28
5.	ПРИКАЗ ИЗВОРИШТА „СТУДЕНА“.....	33
6.	КВАЛИТЕТ ПОДЗЕМНИХ ВОДА ИЗВОРИШТА СТУДЕНА	38
6.1.	Физичко – хемијске особине воде са изворишта Студена	38
6.2.	Хемијски састав вода са изворишта Студена.....	39
6.3.	Микробиолошки састав подземних вода.....	44
7.	РЕЖИМСКА ОСМАТРАЊА НА ИЗВОРИШТУ СТУДЕНА	45
7.1.	Режим падавина	46
7.2.	Режим подземних вода	46
8.	ОЦЕНА И КАТЕГОРИЗАЦИЈА РЕЗЕРВИ ПОДЗЕМНИХ ВОДА ИЗВОРИШТА „СТУДЕНА“.....	54
9.	ОЦЕНА РАЊИВОСТИ ПОДЗЕМНИХ ВОДА.....	56
9.1.	Природна заштита подземних вода.....	56
9.2.	Метода за оцену рањивости подземних вода.....	58
10.	ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ ЗОНА САНИТАРНЕ ЗАШТИТЕ	67
10.1.	Зона непосредне заштите (зона I)	68
10.2.	Ужа зона санитарне заштите (зона II)	69
10.3.	Шира зона санитарне заштите (III)	69
11.1.	Одржавање зоне III.....	70
11.2.	Одржавање зоне II.....	71
11.3.	Одржавање зоне I	71
12.	ЗАКЉУЧАК	73

1. УВОД

Водоснабдевање Ниша и околних насеља прикључених на Нишки водоводни систем врши се преко 4 територијално одвојена и функционално веома зависна система водоснабдевања (слика 1):

- Водоводни систем "МЕДИЈАНА" - извориште подземне воде напајане претходно пречишћеном водом из тока Нишаве, капацитета 100-500 l/s.
- Водовод "СТУДЕНА" - крашки природни извор и доводни цевовод са објектима, капацитета 220-340 l/s.
- Водовод "ЉУБЕРАЋА-НИШ" - низ крашких природних извора (Крупац, Мокра, Дивљана и Љубераћа) и доводни цевовод са објектима, капацитета 800-1450 l/s.
- МОРАВСКИ ВОДОВОД – каптира крашке изворе „Пештер“ и „Топлик“ и израђене бунаре у алувијуму Топоничке реке, просечни капацитет је између 10 и 20 l/s.

Поменути системи са изворима, системом снабдевања, одговарајућом дистрибутивном мрежом, пумпним станицама и резервоарима представљају Нишки Водоводни Систем (НИВОС).



Слика 1.1: Нишки водоводни систем, сателитски снимак (<http://jkpnaissus.co.rs>)

Водом снабдева око 240.000 људи и веома разгранату нишку индустрију, са запремином од 37.732.608 m³/god, односно 103.377 m³/dan (лит. 1).

Извориште Студена се налази југоисточно од Ниша, на северозападним падинама Суве Планине. Чине га три одвојена каптажна објекта „Каптажа 1“ , „Каптажа 2“ и „Каптажа 3“. Извориште је 1961. Године укључено у систем за водоснабдевање града Ниша са просечном издашношћу које се креће око 300 – 400 l/s.

За израду Елабората о режиму и резервама коришћена су режимска осматрања која су изведена у мериоду мај 2019 – мај 2020. године, као и сви други расположиви подаци о целокупном изворишту за анализу рањивости и могућности заштите изворишта Студена. Елаборат је урађен у свему у складу са важећом законском регулативом, и то:

- Закон о рударству и геолошким истраживањима (Сл. гласник РС бр. 101/15 и 95/18);
- Правилник о садржини пројеката геолошких истраживања и елабората о резултатима геолошких истраживања (Сл. гласник РС бр. 51/96); Правилник о условима, критеријумима и садржини пројеката за све врсте геолошких истраживања („Сл. гласник РС“ бр. 45/19);
- Правилник о класификацији и категоризацији резерви подземних вода и вођењу евиденције о њима (Сл. лист СФРЈ бр. 34/79);
- Правилник о хигијенској исправности воде за пиће (Сл. лист СРЈ бр. 42/98 и 44/99) и Правилнику о изменама Правилника о хигијенској исправности воде за пиће (Сл. Гласник РС бр. 28/19);
- Правилником о одређивању и одржавању зона санитарне заштите изворишта водоснабдевања (Сл. гласник СРС бр. 92/08).

Елаборат се састоји од 79 страница, укључујући 35 слика и 15 табела, затим 7 графичких прилога. На његовој изради је учествовала Андријана Дрчелић, дипл.инж.геол. као аутор и проф.др. Игор Јемцов као ментор, којем дугујем посебну захвалност за несебичну помоћ и огромно стрпљење.

ОПШТИ ДЕО

1. ЦИЉ И НАЧИН ИСТРАЖИВАЊА

Концепција истраживања заснована је на прикупљању и обради расположивог фактографског материјала, са једне стране, односно прикупљању нових чињеница које се односе на услове формирања, постојања и истицања подземних вода на изворишту Студена код Нишке Бање. Ова истраживања подразумевају прикупљање података на терену и утврђивање и обраду података о физичким, хемијским и бактериолошким карактеристикама воде, са крајњим циљем примене одговарајуће методологије за израчунавање укупних резерви подземних вода и разврставање тих резерви у одређену категорију, како је то дефинисано Правилником о класификацији и категоризацији резерви подземних вода и вођењу евиденције о њима (Службени лист СФРЈ бр. 34/79).

За те потребе прикупљени су подаци о режиму истицања подземних вода на изворишту. Прикупљени су и обрађени подаци осматрања издашности и температуре воде изворишта, као и контролних узорковања вода за израду хемијских и бактериолошких анализа. Обрада података извршена је кроз приказ ових параметара у виду одговарајућих табела, дијаграма, карата, слика и др. и текстуалну интерпретацију истих.

У циљу дефинисања резерви подземних вода изворишта Студена, примењене су следеће методе истраживања:

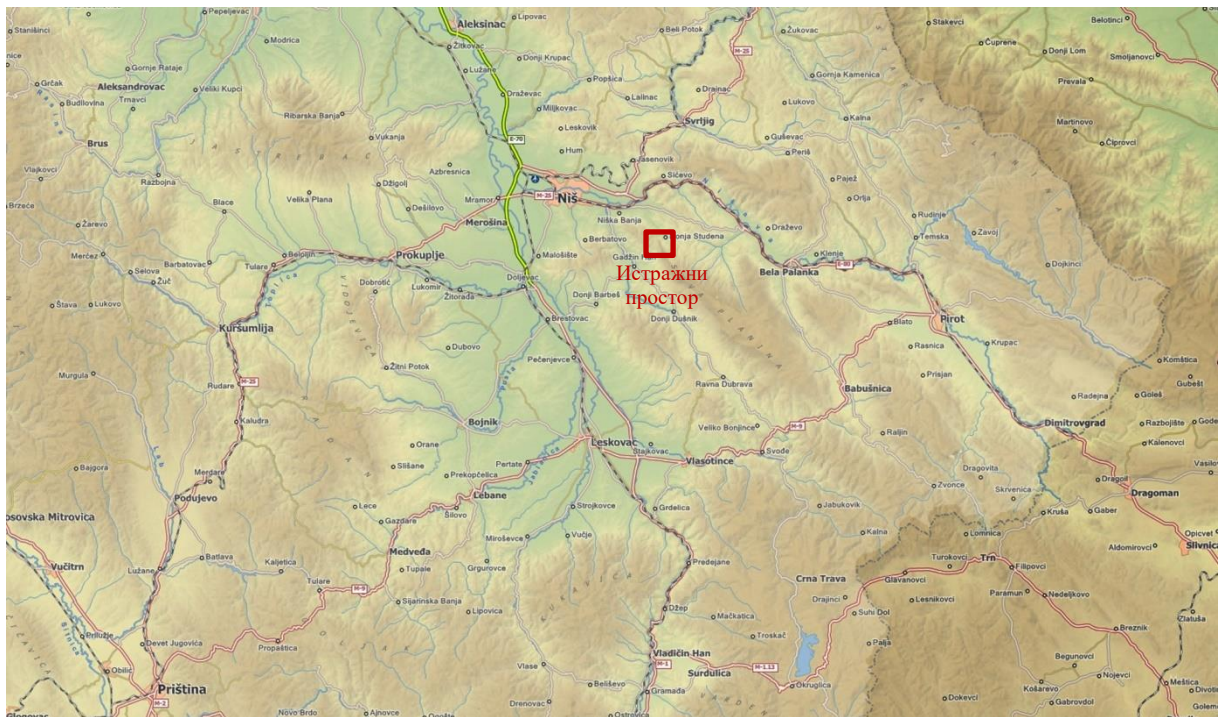
- Хидрометеоролошке и хидролошке
- Геоморфолошке
- Структурно – геолошке
- Хидрогеолошке
- Хидрохемијске.

2. ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСТРАЖНОГ ТЕРЕНА

2.1. Географски положај истражног терена

Истражни терен се налази у југоисточној Србији, југоисточно од Ниша, на западним падинама Суве планине (слика 2.1). Извориште Студена се налази у атару села Доња Студена, на око 10 km југоисточно од Нишке Бање, односно око 20 km југоисточно од Ниша (слика 2.1). Истражни простор административно припада градској општини Нишка Бања, која је једна од 5 градских општина које чине град Ниш. У ближој околини истражног терена налазе се насеља сеоског типа, која су сконцентрисана у долини реке Студене, док су планински делови терена ненасељени.

Истражни простор ИП1-22 обухвата непосредно извориште, као и његово шире подручје које укључује насељено место Доња Студена и ток реке Студена



Слика 2.1: Физички положај истражног простора

2.2. Климатске карактеристике терена

За анализу климатских карактеристика на истражном терену, коришћени су подаци осматрања температуре ваздуха и падавина у току двадесетједногодишњег периода (2000 – 2021.), на климатолошкој станици Ниш

(43° 20' ГШ 21° 54' ГД, 202 мнм). Ова станица (слика 2.2) добро репрезентује климатске карактеристике на истражном терену, како због близине, тако и због дугогодишњег периода осматрања од 21 године.



Слика 2.2: Хидрометеоролошка станица „Ниш“ (фото: А. Дрчелић)

На истражном терену влада умерено – континентална клима, коју карактеришу јасно изражена годишња доба, умерено хладне зиме и сува лета. Анализа општих климатских карактеристика има велики утицај на укупне хидрогеолошке карактеристике истражног терена, нарочито за процавање режима карстне издани.

2.2.1 Температура ваздуха

За утврђивање температуре ваздуха анализирани су подаци Републичког хидрометеоролошког завода Србије са метеоролошке станице ”Ниш” (табела 2.1) у периоду од 2000. до 2021. године. Као што се из табеле 3.1 и хистограма средње месечних температура ваздуха (слика 2.3) може видети, најтоплији месеци су јул и август са просечним температурама од 23,6 °С и 23,4 °С, док су најниже просечне температуре ваздуха у јануару 1,0 °С.

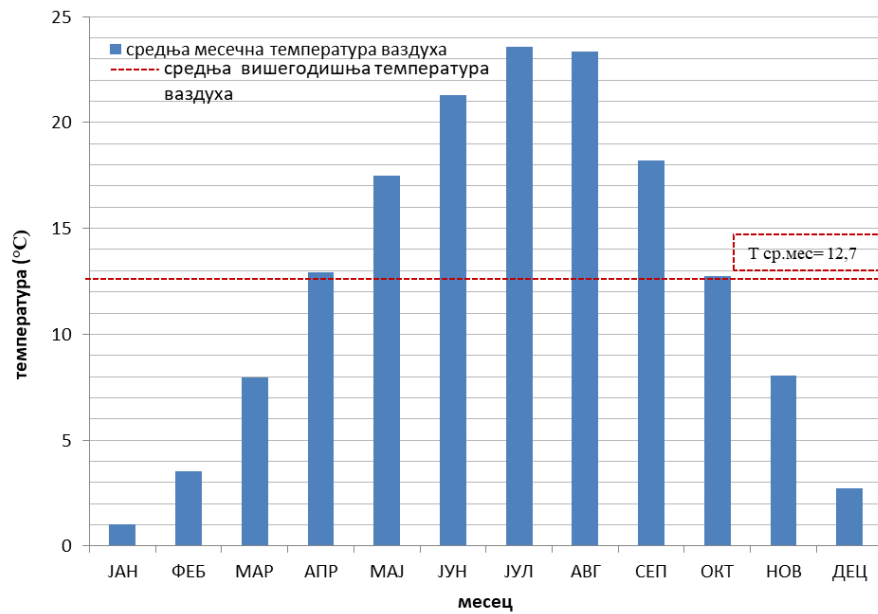
Минимална средња месечна вредност температуре ваздуха је износила - 4,3°C у јануару 2017. године, док је максимална вредност од 26,6 °C, забележена у јулу 2012. године. Средња вишегодишња вредност температуре у анализираном периоду од 21 године износи 12,7 °C (слика 2.4).

Табела 2.1 Приказ средње месечних и средње годишњих вредности температура ваздуха (у °C) на метеоролошкој станици "Ниш" за период осматрања 2000 – 2019. година (према подацима РХМЗ, Србија)

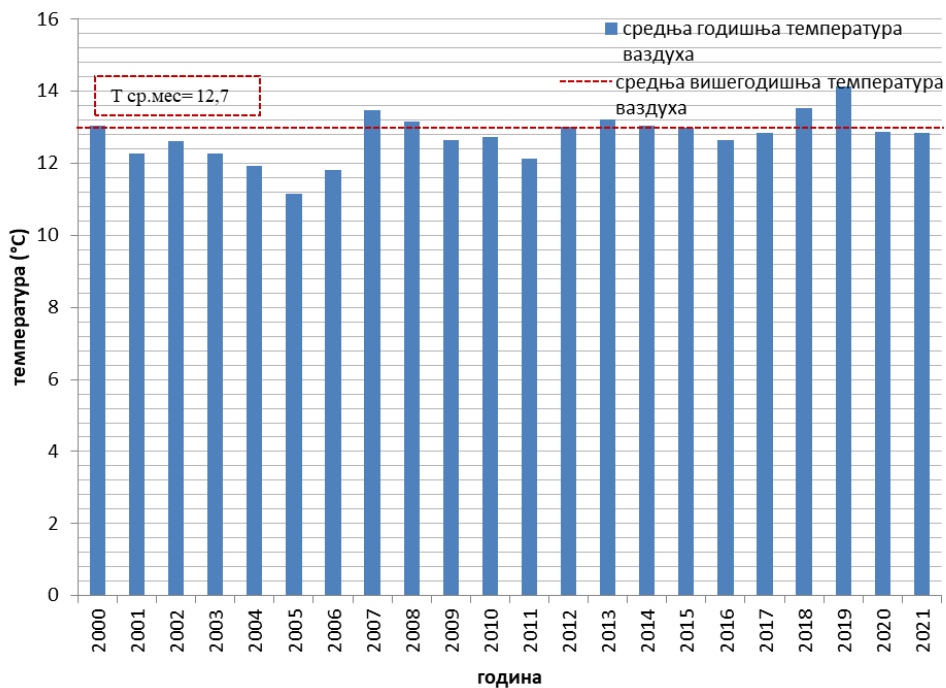
год/месец	ЈАН	ФЕБ	МАР	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕП	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	Годишњи просек
2000	-2.6	3.2	7.3	15.0	18.6	21.2	23.4	24.6	16.9	13.8	10.8	4.2	13.0
2001	4.3	4.0	11.6	11.2	17.6	19.0	23.4	23.6	16.7	13.8	5.0	-2.8	12.3
2002	-0.4	7.3	9.8	11.4	18.6	21.6	23.6	21.1	16.4	12.2	8.8	1.0	12.6
2003	0.8	-1.8	5.9	11.0	20.2	23.5	23.3	25.1	16.8	10.8	8.9	2.6	12.3
2004	-0.5	2.8	7.3	13.3	15.0	19.7	22.5	21.6	16.8	14.7	6.5	3.5	11.9
2005	0.8	-1.7	5.1	11.8	16.8	19.0	22.3	20.5	17.9	12.3	5.7	3.5	11.2
2006	-1.5	1.2	6.3	13.3	17.0	20.0	22.9	21.2	18.3	14.0	6.7	2.4	11.8
2007	5.4	6.6	10.0	13.3	18.8	23.6	26.2	24.6	16.1	11.6	4.6	0.8	13.5
2008	1.5	4.4	8.7	13.1	17.9	22.3	22.6	23.5	16.3	13.7	9.1	4.7	13.2
2009	0.7	2.5	6.6	14.3	18.3	20.5	22.8	23.0	18.6	11.9	8.1	4.5	12.7
2010	1.2	3.5	7.6	12.9	17.2	21.0	23.0	23.6	17.9	10.1	12.1	2.8	12.7
2011	0.6	0.3	6.9	12.5	16.4	21.2	23.5	24.2	21.6	10.7	3.9	3.7	12.1
2012	0.1	-4.0	8.3	13.4	16.5	23.9	26.6	25.0	21.3	14.3	9.7	1.0	13.0
2013	2.8	4.9	6.8	14.1	18.9	20.7	22.9	25.2	17.2	13.9	9.5	1.7	13.2
2014	4.0	7.5	9.8	12.3	16.3	20.2	22.3	22.2	17.7	12.3	9.1	2.8	13.0
2015	2.1	3.6	6.9	11.5	18.4	20.2	25.3	25.0	20.1	12.1	7.7	2.9	13.0
2016	0.5	9.1	8.3	14.9	15.9	22.5	23.4	21.2	18.1	11.1	7.1	-0.5	12.6
2017	-4.3	4.9	10.8	11.5	17.0	22.9	24.7	24.4	18.8	12.2	7.4	3.7	12.8
2018	3.5	3.2	7.2	17.2	19.9	21.2	22.3	24.2	18.5	14.9	8.1	2.1	13.5
2019	0.1	4.4	10.3	14.1	15.8	22.9	23.5	24.3	19.8	16.3	13.0	5.2	14.1
2020	0.5	6.0	8.4	12.6	16.4	19.8	22.3	22.6	20.3	13.4	6.3	5.9	12.9
2021	3.4	5.7	5.6	10.0	17.2	21.5	25.5	23.5	18.0	10.8	9.0	3.9	12.8
средње	1.0	3.5	8.0	12.9	17.5	21.3	23.6	23.4	18.2	12.8	8.1	2.7	12.7
макс	5.4	9.1	11.6	17.2	20.2	23.9	26.6	25.2	21.6	16.3	13.0	5.9	14.1
мин	-4.3	-4.0	5.1	10.0	15.0	19.0	22.3	20.5	16.1	10.1	3.9	-2.8	11.2

Промене температуре ваздуха у току године, имају директан утицај на режим подземних вода у оквиру издани формиране у карбонатним седиментима, која је предмет истраживања у завршном мастер раду. Утицај температурних промена се огледа у величини прихрањивања и испаравања подземних вода. Према томе, у периоду када су температуре ваздуха у порасту (летњи месеци) долази до појачаног испаравања, што за последицу има смањење инфилтрације атмосферских талоба, а тиме и прихрањивање издани. У зимским месецима, ниске температуре доводе до замрзавања земљишта чиме се смањује могућност прихрањивања. Познавање температурног режима веома је важно и ради

дефинисања почетка топљења снега, односно интензивног прихрањивања издани и обнављања резерви



Слика 2.3: Хистограм средње месечних вредности температуре ваздуха за период осматрања 2000 – 2021. године (ХМС "Ниш", према подацима РХМЗ, Србија)



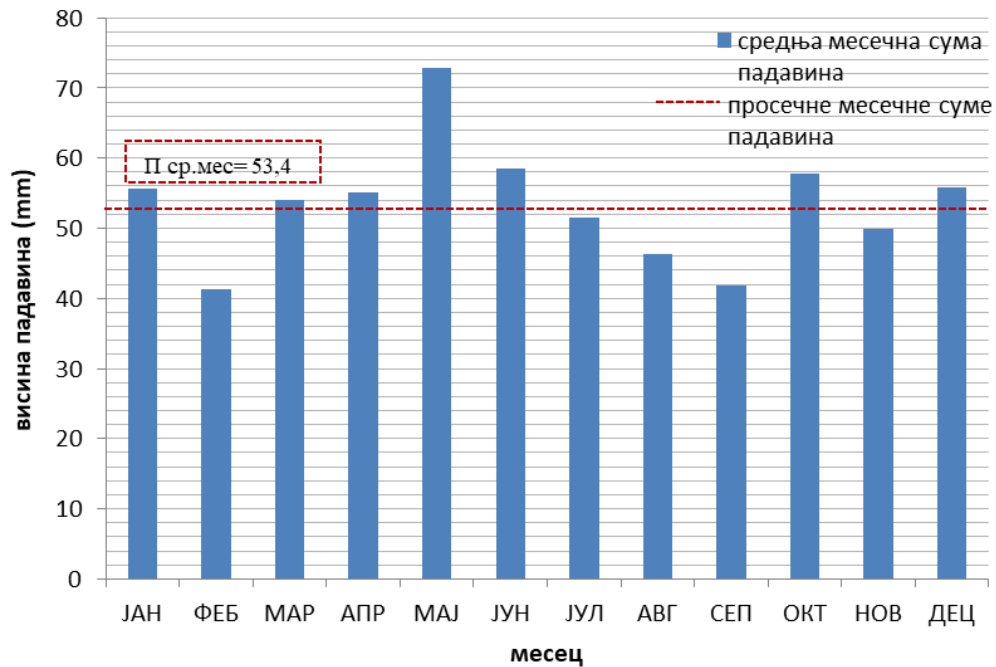
Слика 2.4: Хистограм средње годишњих вредности температуре ваздуха за период осматрања 2000-2021. године (према подацима РХМЗ, Србија)

2.2.2 Падавине

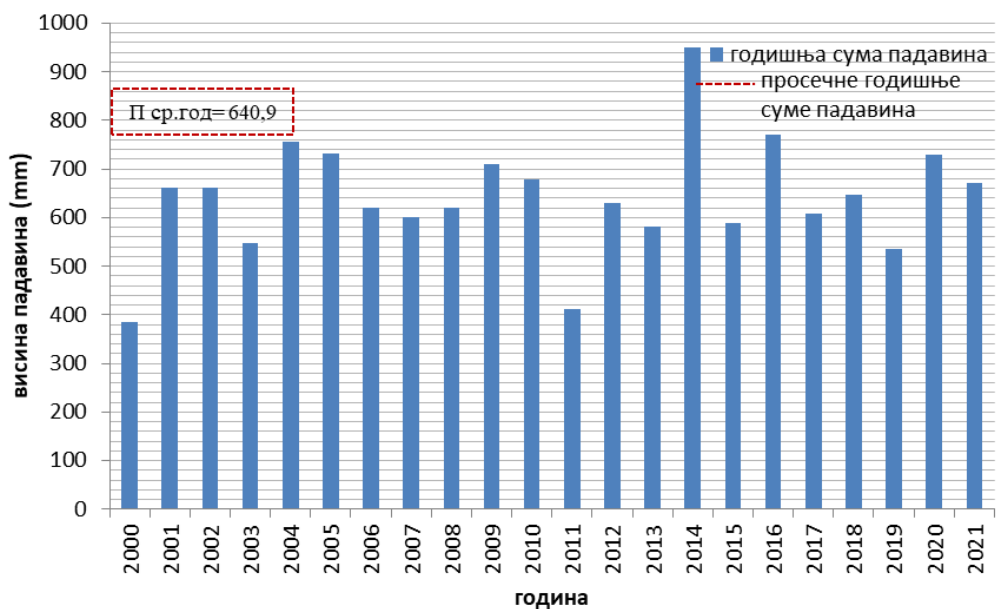
Као и за температуру ваздуха, анализа режима падавина за истражни терен извршена је за период од 2000. до 2021. године. Подаци са метеоролошке станице ”Ниш” за наведени период, приказани су у табели 2.2, а графички на сликама 2.5 и 2.6. Из поменуте табеле и слика се види да су просечне висине месечних падавина за анализирани период прилично уједначене, с тим да два месеца у години драстично одступају од просечних вредности, а то су фебруар са просечним падавинама од 41,3 mm и месец мај са просечним падавинама од 72,9mm. Минимална висина месечних падавина од 1,7 mm регистрована је у новембру 2011. године и децембру 2015. године, док је максимална висина месечних падавина регистрована у јануару 2021. године и износила је 181,9 mm. Просечна годишња сума падавина за анализирани период износи 640,9 mm. Најмање падавина забележено је током 2000. године (385,6 mm), а највише у току 2014. године, када је излучено 950,2 mm воденог талога.

Табела 2.2: Преглед месечних и годишњих сума падавина (у mm воденог стуба) за период осматрања 2000 – 2021. година (ХМС „Ниш“, према подацима РХМЗ, Србија)

год/месец	ЈАН	ФЕБ	МАР	АПР	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕП	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	Годишња сума
2000	57.7	29.4	34.7	21.3	37.5	36.1	50.5	6.5	78.6	9.3	11.4	12.6	385.6
2001	14.3	44.1	41.8	133.4	40.1	83.3	43.9	73.8	118.7	3.5	43.2	22.2	662.3
2002	18.7	13.2	30.0	71.2	87.8	61.8	72.4	107.8	62.2	51.1	26.4	59.8	662.4
2003	67.8	14.0	9.6	51.4	60.1	24.8	35.8	46.3	53.6	115.1	40.0	28.9	547.4
2004	78.2	66.2	51.8	55.6	36.6	106.9	43.6	24.8	63.4	57.1	126.5	45.6	756.3
2005	49.2	60.8	69.5	89.0	103.6	50.8	44.8	85.0	21.1	38.3	42.5	76.4	731.0
2006	34.0	56.6	85.7	62.6	39.2	67.8	30.9	111.7	15.7	37.2	27.8	51.2	620.4
2007	29.0	35.9	26.2	6.4	116.5	13.9	7.7	32.2	58.6	131.7	117.3	24.8	600.2
2008	33.1	8.4	63.4	76.1	45.3	30.4	84.1	61.5	30.3	24.6	46.0	116.0	619.2
2009	52.4	37.6	50.9	21.4	25.6	119.2	44.0	43.0	35.8	106.3	100.9	73.1	710.2
2010	54.0	88.3	48.8	79.5	68.8	67.4	35.8	29.5	14.4	73.7	44.9	72.6	677.7
2011	24.6	43.2	30.7	12.4	71.3	42.5	67.6	4.1	38.4	36.7	1.7	38.7	411.9
2012	98.1	61.0	13.5	85.8	162.0	5.9	37.9	10.6	14.7	53.3	8.5	79.9	631.2
2013	43.5	72.4	91.2	39.2	52.1	48.0	20.0	37.6	35.9	67.5	59.1	15.3	581.8
2014	38.3	6.5	43.7	121.7	177.1	77.5	141.5	70.8	81.8	56.8	47.2	87.3	950.2
2015	60.0	45.2	89.5	33.8	40.0	66.0	7.5	44.1	58.5	81.3	60.2	1.7	587.8
2016	101.3	45.1	73.7	31.2	90.6	37.3	88.6	31.4	43.6	89.5	129.6	9.1	771.0
2017	16.6	32.9	37.5	77.0	88.8	26.0	23.2	15.1	26.6	87.5	35.0	142.3	608.5
2018	60.5	47.1	153.9	42.8	62.5	72.2	53.4	33.5	10.8	9.3	35.5	64.3	645.8
2019	92.2	29.5	13.2	39.6	101.9	33.1	82.5	32.6	20.2	5.2	47.5	39.1	536.6
2020	17.5	42.1	71.5	20.3	67.0	186.7	78.6	78.6	14.9	89.1	2.8	60.9	730.0
2021	181.9	28.6	59.7	39.6	29.4	30.3	39.8	39.6	21.0	49.2	45.6	106.6	671.3
средње	55.6	41.3	54.1	55.1	72.9	58.5	51.6	46.4	41.8	57.9	50.0	55.8	640.9
макс	181.9	88.3	153.9	133.4	177.1	186.7	141.5	111.7	118.7	131.7	129.6	142.3	950.2
мин	14.3	6.5	9.6	6.4	25.6	5.9	7.5	4.1	10.8	3.5	1.7	1.7	385.6



Слика 2.5: Хистограм средње месечних сума падавина за период осматрања 2000 -2021. година (ХМС "Ниш", према подацима РХМЗ, Србија)



Слика 2.6: Хистограм годишњих сума падавина и просечне вишегодишње сума падавина за период осматрања 2000 – 2021. године (ХМС "Ниш", према подацима РХМЗ, Србија)

Имајући у виду већ изнету чињеницу да подземне воде које су тема овог завршног мастер рада егзистирају у оквиру карстне издани која је формирана у

стенама које се појављују на површини истражног терена, прибављени су подаци дневних висина падавина са метеоролошке станице Ниш за период у коме су извођена режимска осматрања (мај 2019 – мај 2020. године). На овај начин било је могуће дати оцену утицаја сезонских промена на режим подземних вода карстне издани, као и дати оцену веродостојности хидролошког циклуса.

У табели 2.3 приказани су подаци дневних сума падавина забележених на метеоролошкој станици Ниш, у периоду мај 2019 – мај 2020. године. На слици 2.7 дат је упоредни хистограм просечних месечних сума падавина за период 2000 – 2021. година и месечних сума падавина за период режимских осматрања (мај 2019 – мај 2020. године).

Као што се може видети из табеле 2.3, период у коме су извођена режимска осматрања може се оценити као период који није просечан, односно – регистрована је сума падавина од 512,1 mm, што значи да је током режимских

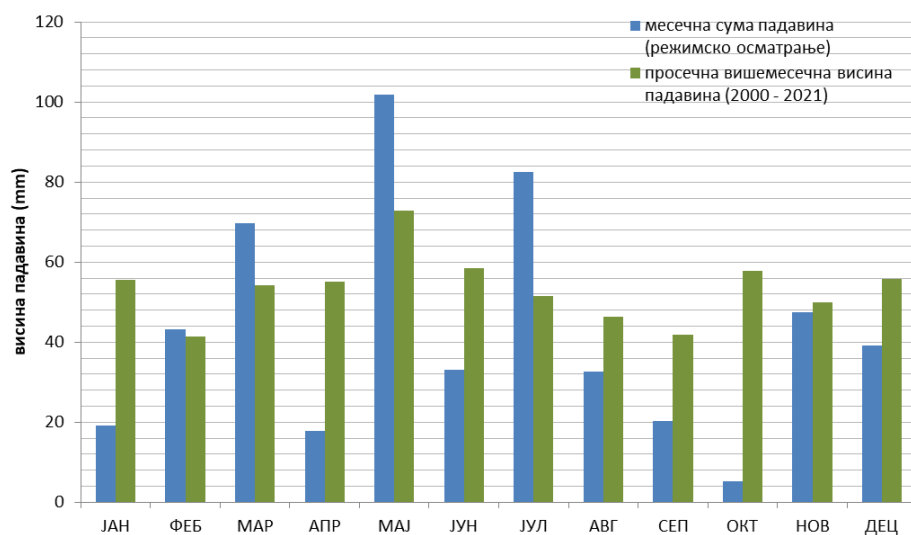
осматрања регистрована годишња сума падавина која је била нижа од просечне годишње суме падавина за период 2000 – 2019. године која износи 634,9 mm. Укупна количина падавина која је измерена током режимских мерења указује на „сушну“ годину у односу на просечну висину падавина у последњих 21 годину.

Са аспекта овог рада, овакви климатски услови који су владали током режимског осматрања, доприносе веродостојности хидролошког циклуса, односно резултати добијени режимским осматрањима могу се сматрати поузданим за оцену режима подземних вода које истичу на изворишту Студена.

Из табеле 2.3 и са упоредног хистограма (слика 2.7) може се видети да је најмања количина падавина излучена током октобра 2019. године (5,2 mm), а највећа у мају 2019. године (101,9 mm).

Табела 2.3: Преглед дневних и месечних висина падавина (mm воденог талога) за период осматрања мај 2019. – мај 2020. године (МС „Ниш“, према подацима РХМЗ, Србија)

година	2019. година								2020. година			
	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕП	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ЈАН	ФЕБ	МАР	АПР
дан												
1	7.0	1.5					0.9	4.9	0.1			2.4
2	0.1	0.2										2.3
3		14.0		12.1		0.9		2		0.1		
4		9.1		0.9	0.9	2.1	0	3.1		0.9	5.9	
5	2.3	0.5							0.4	12.0	17.0	
6	3.7	0.5				1.2			0.3	5.9		
7	2.2						7.1	0.3		0.6	0.2	
8	0.1		1.1				10.2	1.1			12.0	
9			2.3		0.3						0.6	
10	8.4	0.9	5.4		0.2		0.9				10.1	
11			0.6			0.1	1.2	0		0.5	8.1	
12		0.1								4.2		
13	8.4						5.5	0.3				
14	11		0.8				0.5	0.9				0.9
15	29.9		0.4	2.6						3.8	0.4	
16				0.2							4.0	
17	4.9	0.9										
18							0.9					
19	2	0.9			0.2		0.9					
20	0.2	0.8	4.2		0.8		0.9			0.9		
21	1.8						3.6		0.9	1.5		4.7
22	0.9									0.9		6.1
23	5.2						0.9	0.9			0.9	
24	0.4	0.7			3.9			12			7.2	
25	1.3	0.6		14.7	8.4			2.1			3.3	
26		2.4		2.1			0	5.6			0.0	0.4
27	0.9		2.2		5.5			1.5	2.3	0.4		0.9
28	0						1.3	1.7	4.1	0.3		
29	3.3		21				6.5	0.5	8.0	11.3		
30	7.7		44.5				6.2	1.3	3.0			0.2
31	0.2					0.9		0.9				
сума	101.9	33.1	82.5	32.6	20.2	5.2	47.5	39.1	19.1	43.3	69.7	17.9

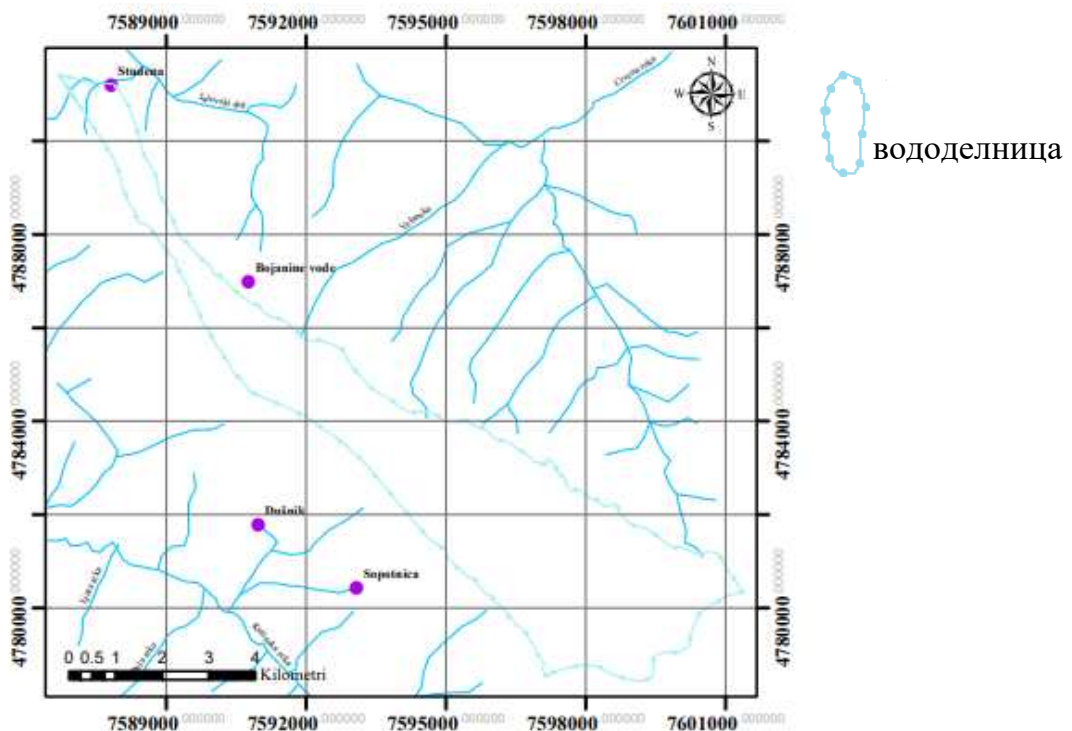


Слика 2.7: Преглед дневних и месечних висина падавина (mm воденог талога) за период осматрања мај 2019 – мај 2020. године (према подацима РХМЗ, Србија)

2.3. Хидрографске карактеристике терена

Хидрографска мрежа на ширем истражном терену добро је развијена само у некарбонатним деловима терена, док су у деловима терена на којима су заступљени карбонатни седименти речни токови сведени на минимум или су потпуно пресушили.

Хидрографско обележје подручју истраживања даје река Студена, која је највећи водоток на подручју захваћеном истраживањима за потребе овог рада. Како се и може видети на слици 2.8. да је најзначајнија река на сливном подручју управо и само рекла Студена. Река Студена настаје у зони села Доња Студена, од вишка воде са истоименог изворишта и реке Река, која тече источним ободом истражног терена. Поред наведених, на истражном терену је присутан већи број мањих, углавном поврмених водотока, који се сливају са падина Суве планине и уливају се у Студену, која се улива у Нишаву, највећу десну притоку Јужне Мораве.



Слика 2.8: Хидрографска мрежа ширег подручја истраживања изворишта Студена

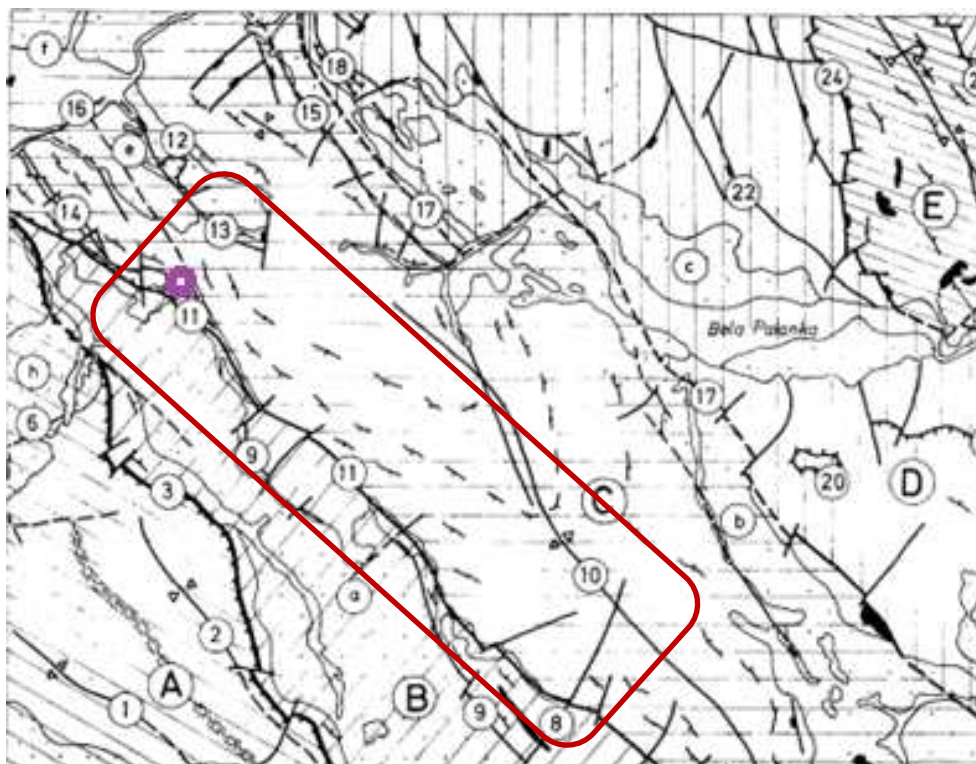
О хидролошком режиму Студене и осталих водотока на терену захваћеном истраживањима за потребе овог рада, нема података, с обзиром да на овом простору нема сталних водомерних станица.

2.4. Геоморфолошке карактеристике терена

Морфолошки, истражни терен и његова шира околина су изразито планински са карактеристичним, јако разуђеним рељефом са великим висинским разликама, што је условљено његовом геолошком грађом. Распоред, структура и дебљина кречњачких маса је резултат дуге палеогеографске и тектонске еволуције у једном делу карпато – балканског планинског лука.

Тектонски процеси на Сувој планини су се одиграли за време каледонске, херцинске, и по последицама веома значајне, алпске орогене фазе (Вујисић et al, 1971), што је довело до стварања околних котлина: Заплањске, Јелашничке, Островичке, Коритничке, Бабушничке и Нишке (слика 2.9) Централне и јужне делове истражног терена заузимају северозападни делови планинског масива Суве планине са највишом котом од 1523 mnm (Соколов камен), док је источни и западни делови истражног терена представљени морфолошки блажим рељефом и надморске висине се крећу око 400 mnm до 500 mnm.

Хидрогеолошке карактеристике карстних терена су директна последица процеса карстификације који је условљен литолошким карактеристикама (растворљивост стена) и тектонском оштећеношћу. Сува планина представља антиклиналу у чијем језгру су откривене кластичне стене које чине подлогу мезозојским карбонатним стенама. Пукотине шарнира које су на површини зјапеће, а са дубином се сужавају и плитко залежу имају битну улогу у зони инфилтрације, док се циркулација одвија по слојевитости. У зони шарнира јавља се богињави карст који је карактеристичан за Суву планину.

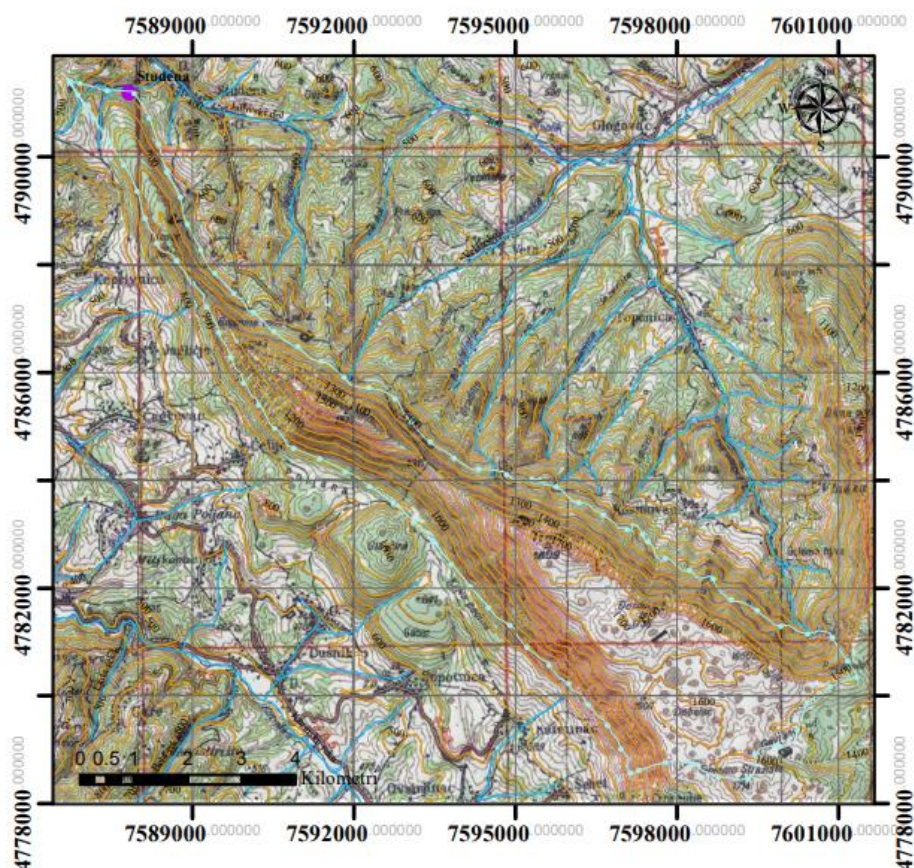


Слика 2.9: Прегледна тектонска карта истражног подручја и ближе околине (лит 1); љубичаста ознака – извориште Студена, црвени полигон – уже подручје истраживања

Тектонске јединице: А – моравска, В – лужничка, С – горњачко – сувопланинска, Д – кучајско – сврљишка, Е – тимочка; Терцијарни басени: а – заплањски, б – коритничко – бабушнички, с – белопаланачки; Структурни облици: 1 – крушивичко – бабичка антиклинала, 2- крушевачко – бабичка синклинала, 3 – моравска дислокација, 4 – јарсеновачки расед, 6 – барбешки расед, 8 – ропотски расед, 9 – дубравски расед, 10 – антиклинала Суве планине, 11 – сувопланинска дислокација, 12 – јелашничка клипа, 13 – јелашнички расед, 14 – коритнички расед, 15 – равнодолски расед, 16 – бањски расед, 17 – лужничка дислокација, 18 – краљушти Облика, 20 – тектонски прозор Кренице, 22 – рињски расед, 24 – ртањско – сврљишка дислокација.

Од површинских карстних облика најзаступљеније су увале, које су углавном лонгитудиналног типа, тако да подсећају на суве долине са вртачама и дају основни печат карсту источне Србије. Од подземних облика најбројније су окапине као и различити типови пећина. Сви карстни облици у комбинацији са другим типовима рељефа, стварани су током дуге геоморфолошке еволуције.

Сам истражни простор се налази на сверозападним падинама Суве планине на простору интензивног јаружања, а које је на контакту са подручјем крашког процеса (слика 2.10) у коме су присутни карстни облици.



Слика 2.10: Дигитални приказ руптурног склопа ширег истражног подручја изворишта Студена

Геоморфолошке карактеристике терена су дефинисане на основу неотектонских структура. Сува планина представља тектонски издигнути блок – хорст око којег се налазе басени који представљају тектонске ровове ограничени раседима дуж којих је извршено спуштање. Сува планина је ограничена раседима правца пружања СЗ – ЈИ. Истражни простор се налази на контакту Суве планине и белопаланачког басена, за који су карактеристични делувијални и пролувијални процеси на деловима терена који су изграђени од некарбонатних стена, док су флувио – крашки процеси везани део терена изграђен од карбонатних стена. За овај облик рељефа су карактеристични карстни извори богати водом који се налазе на контакту кречњака са нерастворљивим стенама (лит 2). Један од таквих примера је и само извориште Студена.

3. ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСТРАЖНОГ ТЕРЕНА

Најзначајнији подаци о геолошкој грађи истражног терена и његове шире околине добијени су током израде ОГК СФРЈ 1:100000, лист К 34-33 Бела Паланка. Ова истраживања су изведена у периоду 1966 – 1971. године. Том приликом је извршена синтеза резултата ранијих истраживања и изведено је геолошко картирање терена, на основу чега су сачињени тумач и карта (лит. 3).

На основу наведеног може се закључити да су геолошке карактеристике истражног терена и његове шире околине добро изучене, што представља добру подлогу за истраживање хидрогеологије овог терена.

3.1. Геолошка грађа истражног терена

Истражни терен обухвата северозападни део листа Бела Паланка (К 34-33) ОГК СФРЈ, размере 1:100000. У геолошком смислу припада Карпато – Балканидима и карактерише се веома сложенем тектонском грађом у којој су издвојене тектонске јединице правца пружања СЗ-ЈИ, које су међусобно одвојене маркантним лонгитудиналним дислокацијама

Геолошка грађа и тектонске карактеристике истраживаног простора, према подацима са наведене геолошке карте и тумача, приказани су на прилозима 1 и 3 (геолошка карта и геолошки профили).

У геолошкој грађи терена обухваћеног истраживањима за потребе овог елабората учествују: као најстарији палеозојски седименти, који су представљени камбријумским, девонским, карбонским и пермским наслагама, затим мезозојски седименти представљени седиментима јуре и креде, неогене наслаге представљене миоценским седиментима и туфовима, и најмлађи квартарни седименти,

представљеним делувиијалним, алувијалним, изворским и сипарским седиментима (лит. 3).

ПАЛЕОЗОИК

КАМБРИЈУМ (Cm)

Кварц-серицитски шкриљци (Sqse)

Метаморфисане киселе и базичне стене, које се повремено налазе у метаморфисаним седиментним стенама пелитског и псамитског порекла и метаморфисани седименти издвојени су у посебну јединицу са заједничким називом кварц-серицитски шкриљци (лит. 1). Они су откривени у крајњим југозападним деловима истражног терена (прилог 2).

Метамагматити одговарају ранијим дијабазима са ретким порфиробластима албита, епидота и актинолита, који се налазе у хлоритско-албитском афанитичном матриксу, затим кератофирима са фенобластичним реликтима албита и кварц-кератофирима са фенобластичним реликтима албита и кварца, који се налазе у ситнозрном матриксу од кварца, албита, серицита, хлорита и епидота.

ДЕВОН (D)

Средњи и горњи девон (D2,3)

Седименти девонске старости, представљени флишоликим творевинама, откривени су на западном крилу Сувопланинске антиклинале. На истражном терену су откривени у источним деловима (прилог 1).

У доњем делу су представљени сменом алевролита, пешчара и песковитих глинаца. У њима се запажа градациона слојевитости, ретки трагови кретања

организама, структура конуса у конусу и ламинација која им даје флишолики изглед. Виши делови флишолике јединице изграђени су од разноврсних пешчара, међу којима преовлађују крупнозрни и конгломератични, затим песковитих глинаца и ређе конгломерата и прослојака кречњака.

Дебљина целе јединице је преко 600 m (лит. 1).

Горњи девон – доњи карбон (D, C)

Наслаге горњег девона-доњег карбона откривени су у западним деловима истражног терена (прилог 2). Однос према околним млађим творевинама јетектонски. Представљени су аргилитима и аргилофилитима који се местимично смењују са танким прослојцима ситнозрних, ређе крупнозрних пешчара, затим серицитских и хлоритским шкриљцима и сасвим ретко црним лидитима и сочивима кречњака. Дебљина ових седимената варира од 50 m до 300 m (лит. 1).

КАРБОН (C)

Горњи карбон (C3)

На подручју Горње Студене, у источном делу истражног терена, горњокарбонски седименти се јављају у виду једне узане зоне, дуге око 6 km правца СЗ-ЈИ (прилог 2). Леже дискордантно преко флишоликих девонских седимената, док навише континуално прелазе у повлатне пермске црвене пешчаре. Дебљина ових седимената варира од 10 m до 120 m (лит. 1).

ПЕРМ (P)

Творевине које припадају перму имају значајно распрострањење на терену захваћеног истраживањима за потребе Елабората, како у плану (прилог 2), тако и у профилу (прилог 3).

Перм је представљен формацијом црвених пешчара која захвата велико пространство у теменим деловима сувопланинске антиклинале (лит. 1).

У антиклинали Суве планине, црвени пешчари почињу аркозним конгломератима и конгломератичним и крупнозрним аркозама, док се у вишим деловима јављају слојевити, ређе банковити ситнозрни лискуновити црвени пешчари и алевролити. Завршни део чине румени крупнозрни кварцни пешчари који градационо прелазе у сивоцрвене и сиве ситнозрне кварцне конгломерате и пешчаре. Повлату им граде доњотријски или средњојурски седименти.

Према ауторима ОГК СФРЈ 1:100 000, лист К 34-33 Бела Паланка, дебљина ових творевина варира и креће се од неколико стотина до 1000 m (на Сувој планини).

МЕЗОЗОИК

ТРИЈАС (Т)

Сајски поткат (T¹)

Творевине сајског потката откривене су на малом простору у североисточном делу истражног терена (прилог 1). Сајским слојевима, вероватно припадају грубокластични седименти који се у стубу налазе изнад формације црвених пешчара, а испод фосилоносних кампилских слојева (лит. 1). Сајски слојеви су заступљени белим и ружичастим кварцним конгломератима ситног зрна, који градационо прелазе у крупнозрне и средњозрне кварцне пешчаре, а затим у смену црвених и сивих кварцних пешчара, субаркоза и аркоза. Њихова дебљина обично износи око 20 m (лит. 1).

Кампилски поткат (T₁²)

Ови седименти су, такође, откривени у виду мале крпе, у зони села Банцарево, на истоку истражног терена (прилог 1). Конкордантно се развијају из сајских слојева. То су плочасти и слојевити кречњаци, често песковити, затим доломити и аркозни пешчари средњег зрна. Дебљина кампилских слојева износи око 20 m (лит. 1).

ЈУРА (J)

Творевине јуре изграђују знатан део истражног терена, нарочито у простору Суве планине. Заступљени су хетерогени кластични и карбонатни седименти средње и горње јуре.

Средња јура (J₂)

Седименти средње јуре се пружају у виду неколико дугих, а узаних зона дуж а крила велике антиклинале Суве планине (прилог 1). Они леже трансресивно преко пермских црвених пешчара или преко седимената доњег тријаса. У области Суве планине средњој јури припадају пешчари и песковити интрабиоспарити, а ређе и лапоровити и глиновити кречњаци који се међусобно неправилно смењују. Дебљина творевина средње јуре износи око 20m (лит. 1).

Горња јура (J₃)

Горњојурске творевине захватају знатно пространство и јављају се у виду већег броја изолованих зона или партија у централним и северним деловима истражног терена (прилог 1). У карбонатном комплексу су заједнички одвојени оксфордски и кимерички кат, а посебно титонски.

Оксфордски и кимерички кат (J_3^{1+2})

Наслаге оксофордског и кимеричког ката су регистроване у централним и северним деловим истражног терена (прилог 2). Оне почињу доломитима и јако доломитичним кречњацима, банковитим или слојевитим. Изнад њих су кречњаци, обично интрабиоспаритског типа, са прослојцима доломита који у неким локалностима садрже и мугле рожнаца. Дебљина оксофордско – кимеричких творевина најчешће око 100 m.

Титонски кат (J_3^3)

Седименти титона имају највеће распрострањење у оквиру јурских творевина. На истражном терену заузимају централне и северне делове (прилог 1). Представљени су субспрудним или спрудним кречњацима који су банковити до слојевити, претежно калцирудитског типа и углавном су развијени у југоисточном делу Суве Планине, или плитководним алгалнофораминиферским кречњацима и доломитима, развијеним нарочито у вишим хоризонтима у северозападном делу истражног терена. Дебљина седимената титонског ката износи просечно око 350 m, мада местимично и мање (лит. 1).

КРЕДА (К)

Аптски кат (K_1^4)

Седименти овог ката развијени су на широком простору у североисточним деловима истражног терена (прилог 1). У том делу терена апт је издвојен у оквиру типа кластично – карбонатних седимената. Они се развијају континуално из барем-аптских кречњака ургона, са којима се у граничним деловима местимично и бочно смењују. Представљени су хетерогеним пешчарима у неправилној смени са кречњацима, који преовлађују. Пешчари су претежно крупнозрни. Јављају се прослојци ситнозрних кварцних конгломерата, док су ређи алевролити, вапновити или лапоровити пешчари. Они се неправилно бочно или вертикално смењују са

кречњацима, обично беличастим и прекристалисалим, са доста калцита. Дебљина кластично-карбонатне јединице апта износи вероватно и до 500 метара (лит. 1).

НЕОГЕН (Ng)

МИОЦЕН (M)

Доњи миоцен (M₁[?])

Доњи миоцен је откривен на крајњем северу истражног терена (прилог 2). Најстарији члан су кречњачке брече које леже у бази наслага с угљем, а представљају типичну копнену творевину. Угљоносна јединица је изграђена од сивих лапораца са прослојцима лапоровитих пешчара, песковитих кречњака и глинаца. Ретко се јављају битуминозни глинци и туфити. Развијено је вишеслојева мрког угља различите дебљине (од 1 m до 5 m). Старост ове јединице није поуздано утврђена. Укупна дебљина износи 320 m (лит. 1).

Средњи миоцен (M₂)

Наслаге средњег миоцена имају значајно распрострањење у југозападним деловима истражног терена (прилог 2). Ове творевине леже трансресивно преко црвених пермских пешчара на југозападном делу истраживаног терена. Доњем делу јединице одговарају крупнозрни лискуновити кварцни пешчари, затим глиновити и лапоровити руменкасти пешчари, пескови и лапорци. Дебљина ових наслага износи око 300 – 350 m (лит. 1).

Средњи и горњи миоцен (M_{2,3})

Средњем и горњем миоцену припадају кластични седименти који изграђују крајње северне делове истраживаног терена (прилог 2). Они леже трансресивно преко старијих стена. Изграђују их глиновити, песковити и шљунковити

седименти са просљцима угља. Дебљина ове јединице креће се од 240 m до 400 m (лит. 1).

Туфити амфибол–биотитских андезита (θ)

КВАРТАР

Сипари (s)

Сипари су регистровани у централном и јужном делу истражног терена, испод стрмих одсека Суве планине (прилог 2). Изграђени су од незаобљених комада мезозојских кречњака. Дебљина сипара износи до 40 m (лит. 1).

Алувијум (al)

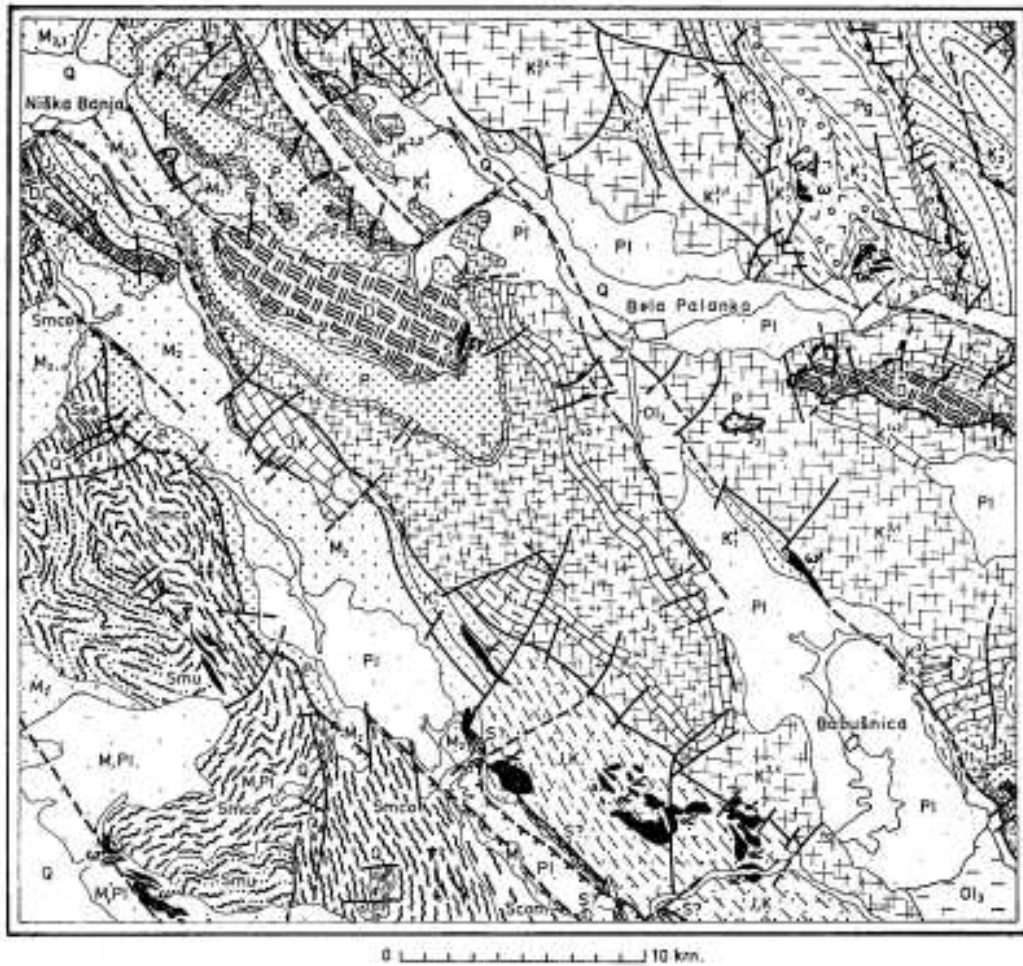
Алувијалне наслаге су регистроване у долини Реке и Студене, у централним деловима истражног трена, као и у зони Гадиног хана, на крајњем западу истражног терена (прилог 2). Састоје се од шљункова, пескова и глина мале дебљине.

Делувијум (d)

Ове наслаге су констатоване у јужном делу истражног терена, у зони Чагровца (прилог 1). Изграђен је од доњокредних кречњака и пешчара.

Изворски седименти (i)

Веће масе бигра у оквиру истражног простора, констатоване су у околини села Чукљеник (прилог 2). Појаве бигра су везане за јаче изворе и врела на већим дислокацијама.



Слика 4.1: Прегледна геолошка карта листа Бела Паланка (лит. 1)

Q – Квартар, *Pl* – Плиоцен, ω'' – миоплиоценски пирокласти, *M, Pl* – Миоплиоцен, ω' – миоценски пирокласти, *a* – андезит, *M_{2,3}* – Средњи-горњи миоцен, *M₂* – средњи миоцен, *M₁?* – доњи миоцен, *O₁₃* – горњи олигоцен

Pg – палеоген, $4K_2^3$ – вулканогено-седиментне творевине и крињак мастрихта, *ta* – латит, ω – пирокласти, K_2^3 – нерачлањени сенон, *K₁* – нерашчлањена доња креда, K_1^5 – Алб, K_1^4 – Апт, $K_1^{3,4}$ – барем-апт, K_1^{1+2} – валенд и отрив, *J, K* – титон-валенд, *J₃* – Горња јура, *J₂* – Средња јура, *T₁* – Доњи тријас, *P* – перм, *C₃* – горњи карбон, γr – плагиогранити, *D, C* – горњи девон-доњи карбон, *D* – девон, *S₃* – горњи силур, *S?* – силур?, γ – плагиогранит, *v* – метагабро, *Sse* – кварц-серицитски шкриљци, *Q* – кварцини конгломерати и кварцити, *Scot* – катаклазирани шкриљци, *Smco* – мусковит-албит-хлорит-кварцини шкриљци, *Smi* – Албит-хлорит-мусковитски шкриљци.

3.2. Тектонске карактеристике терена

У тектонском погледу, истражни простор припада горњачко – сувопланинској зони (С) коју у основи представља велика антиклинала Суве планине, најмаркантнији наборни облик у источној Србији (лит. 1).

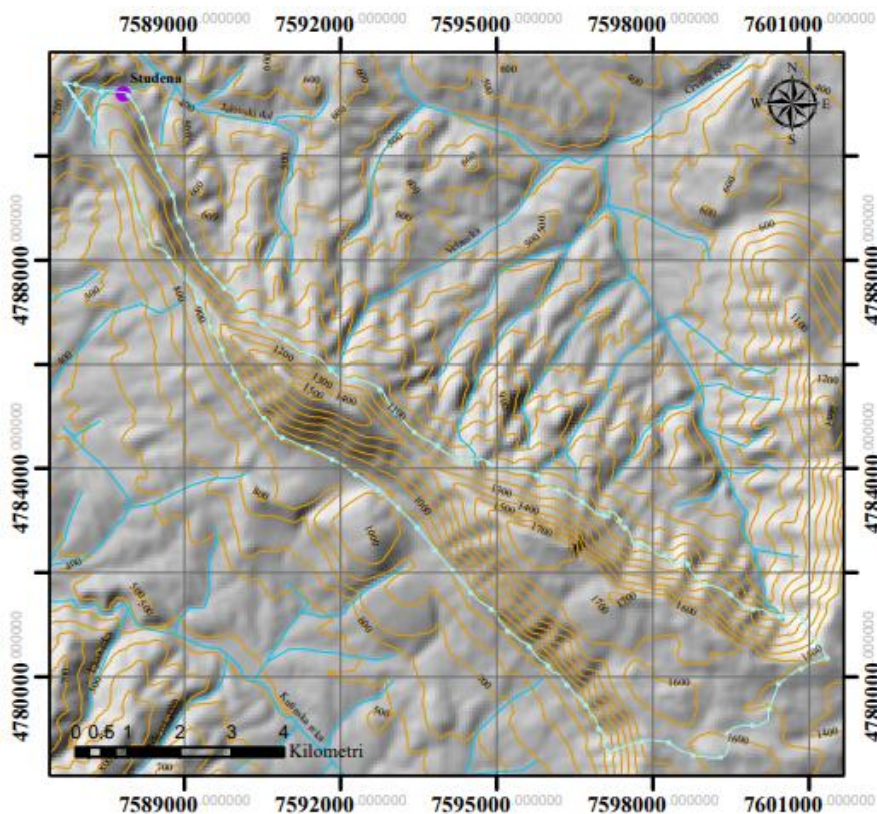
Тектонски процеси на Сувој планини су се одиграли за време каледонске, херцинске и алпске орогене фазе, што је довело до стварања околних котлина.

Истражни простор припада Горњачко – сувопланинској зони (С) у чијој близини се налази јелашничка клипа и јелашнички расед као и јелашнички терцијерни басен . То је асиметрична, нормална антиклинала, чија оса тоне ка ЈИ. У њеном северозападном уздигнутом делу распон крила износи и преко 10 km.

Истраживани простор налази се на западном крилу антиклинале (слика 4.2). Сувопланинска дислокација је сложена руптура за коју се сматра да у свом СЗ делу има карактер чела краљушти (подручје Студене), а у осталом делу стрмо нагнуте реверсне дислокације са ЈЗ вергенцом. Дуж ње је горњачкосувопланинска зона налегла на лужничку зону. Као и све велике лонгитудиналне дислокације на границама тектонских зона, испресецана је локалним трансверзалним раседима, по којима је дошло до размицања блокова. За један од попречних раседа везана је и појава дренарања подземне воде изворишта Студена у непосредној близини села Доња Студена, са правцем простирања запад – исток. У оквиру овог раседа је долази до појаве истицања подземних вода из пукотина које се налазе на контакту јурских кречњака и пермских пешчара. Истицање подземних вода се обавља из већег броја пукотина различитих димензија. Раседи, пукотине и прелине су накнадно физичким и механичким дејством карстификоване тако да представљају путеве кретања подземних вода. Димензије, густина и распоред ових елемената је доста неуједначен у односу на читаву стенску масу. Подземна вода истиче из бројних пукотина различитих димензија. Њихова ширина је на појединим местима од неколико центиметара до 0,5 m.

Укупно је регистровано 14 мањих извора. Висинска разлика између највишег и најнижег извора износи 10 m.

Подземне воде се крећу гравитационо кроз ове пукотине и пррлине. Правац истицања подземних вода кроз ове пукотине је генерално запад – исток. Као што је вече наведено у претходном делу овог рада, подручје истраживања се налази на контакту Старе планине, која сама по себи представља тектонски издигнут блок – хорст. Спуштањем делова терена настале су тектонске потолине – ровови који су представљени неогеним басенима. Ови басени су, заправо, тектонски ровови ограничени раседима дуж којих је дошло до спуштања. Подручје истраживања се налази у оквиру белопаланачког басена.



Слика 4.2: Дигитална карта руптурног склопа шире околине истражног терена

На слици 4.2 приказана је прегледна карта руптурног склопа шире околине истражног терена.

4. ХИДРОГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСТРАЖНОГ ТЕРЕНА

У период јул 1959. године – октобар 1961. године, изведени су радови на каптирању разбијеног изворишта Студена и његовом укључивању у водоводни систем Ниша. Након тога, извориште је преузето од стране ЈКП „Naissus“ из Ниша.

За израду овог рада најзначајнији подаци о хидрогеолошким карактеристикама шире околине овог изворишта добијени су из Пројекта хидрогеолошких истраживања подземних вода изворишта Студена код Нишке Бање у циљу њиховог коришћења за водоснабдевање града Ниша (лит. 4), као и Други елаборат о резервама подземних вода изворишта Студена код Нишке Бање (Каптаже 1, 2 и 3) (лит. 5).

Иако су, у претходном периоду, изведена бројна истраживања у широј околини изворишта Студена, све до 2010. године, на овом изворишту нису извођена наменска режимска осматрања на основу којих би се могао дефинисати квантитативни и квалитативни режим изворишта. Због тога су истраживања изведена за потребе првог и другог елабората веома важна са аспекта изучавања хидрогеолошких карактеристика терена и режима изворишта Студена.

4.1. Хидрогеолошка својства терена и приказ заступљених типова издани

Хетерогени литолошки састав као и сложена тектонска грађа условили су и сложеност хидрогеолошких односа на истражном терена. На основу структурног типа порозности, хидрогеолошке функције и значаја стенских маса на истражном терену се могу издвојити следећи типови издани:

- Збијени тип издани
- Карстни тип издани

- Пукотински тип издани
- Условно безводни делови терена

Хидрогеолошке карактеристике шире околине истражног терена графички су приказане на хидрогеолошкој карти и хидрогеолошком профилу (прилози 2 и 3).

4.1.1. Збијени тип издани

Овај тип издани формиран је у оквиру млађих квартарних стена, односно стена са интергрануларном порозношћу. Представљају их алувијалне и делувијане наслаге. На хидрогеолошкој карти (прилог 2) овај тип издани приказан је у нијанси плаве боје.

Распрострањење ове издани није велико, како у плану (прилог 1), тако и у профилу (прилог 3).

Алувијалне наслаге имају мало распрострањење и дебљину на истражном терену (прилози 1 и 3). Прихрањивање издани у алувијалним наслагама је на рачун падавина и дотицајем из реке (у периоду вишег водостаја). Издан се дренира отицајем у реку (у периодима ниског водостаја), подземним отицајем у карстну издан (на деловима терена где алувијалне и терасне наслаге леже директно преко карбонатних стена), као и вештачки, преко индивидуалних копаних бунара. Средњемиоценске наслаге које се простиру јужно од истражног простора имају значајније распрострањење и представљене су песковима, глинама и шљунковима. Поред тога, збијени тип издани је формиран и у оквиру делувијалних наслага које су регистроване у јужним деловима истражног терена, на падинама Суве планине.

У оквиру ових наслага формиран је збијени тип издани са слободним нивоом. Прихрањивање издани је на рачун падавина. Издан се дренира подземним отицајем у карстну издан, као и путем извора по ободу делувијалних наслага.

Делувијалне су врло порозне и пропусне, и навјећи део воде које доспевају у њих кратко се задржавају.

Због ограниченог распрострањења и веома лоших услова заштите, овај тип издани нема већег значаја са аспекта водоснабдевања, осим за индивидуалне потребе.

4.1.2. Карстни тип издани

Карстни тип издани је формиран у оквиру слојевитих и банковитих кречњака и доломита јурске и доњекредне старости. Најзначајнији носиоци подземних вода су горњејурски – титонски кречњаци, који имају највеће распрострањење у оквиру карбонатног комплекса. Овај тип издани је на хидрогеолошкој карти (прилог 2) и хидрогеолошким профилима (прилог 3) означен жутом бојом.

Ови седименти заузимају велико распрострањење у централним, северозападним и југоисточним деловима истражног терена, и имају правац пружања ЈИ – СЗ (прилог 1). Ове стене су веома оштећене, испресецане бројним прслинама, пукотинама и раседима, а током времена, под дејством хемијско – механичких процеса површинских и подземних вода, су интензивно карстификоване. Димензије, густина и распоред пукотина, прслина и карстних канала је веома неуједначена у односу на читаву масу стена. Главна оријентација пукотинско-раседних линија је приближно паралелна са пружањем слојева. Густина пукотина и раседа који су трансформисани у карстне канале и каверне обезбеђује знатну укупну пукотинско-дисолуциону порозност – карстну порозност.

У овим стенама формирана је разбијена издан карстно – пукотинско – прслинског типа која није јединствена, нарочито у слојевитим кречњацима, док је у банковито – масивним кречњацима повезаност израженија.

Површина издани је у већем делу слободна, мада може бити и под притиском, у појединим карстним каналима.

Прихрањивање издани се врши на рачун инфитрације атмосферских талога, због чега је и режим издани зависи од режим падавина. Најинтензивније прихрањивање врши се у периоду отапања снега и пролећних киша, као и крајем јесени. Зона прихрањивања налази се јужно и југоисточно од изворишта Студена (прилог 1). Највећи део издани се дренира природним истицањем на разбијеном изворишту Студена. Просечна издашност овог изворишта варира од око 240 l/s па до 400 l/s.

У погледу хемијског састава, воде су хладне, маломинерализоване, калцијумско-хидрокарбонатне. Према својим квалитативним особинама, у потпуности задовољавају критеријуме за пијаће воде и као такве представљају велики потенцијал за вишенаменско искоришћавање, наравно са акцентом на водоснабдевање (за шта се сада корсити највећи део резерви издани).

4.1.3. Пукотински тип издани

Пукотински тип издани, могуће је издвојити у оквиру пешчара горње креде који имају ограничено распрострањење у северозападним деловима истражног терена, као и у пешчарима и кречњацима средње јуре, који се јављају у виду уских зона у централним и североисточним деловима истражног терена (прилог 4). Пукотински тип издани се такође јавља и у оквиру пермских пешчара и конгломерата који имају широко распрострањење у широј зони истражног простора (прилог 4).

У оквиру ових стенских маса, издан је формирана у оквиру система пукотина и прслина које су најразвијеније у приповршинским деловима терена, док степен испуцалости опада са дубином (осим у раседним зонама).

Прихрањивање издани се врши на рачун падавина, а најинтензивније је у раседним зонама. Дренажање издани се врши преко малобројних извора, чија издашност веома ретко прелази 0,5 l/s, при чему има и извора веће издашности (Бојанине воде).

Због литолошког састава, слабе водопропусности и незнатног простирања, овај тип издани није од већег значаја на истражном терену.

4.1.4. Условно „безводни“ делови терена

Условно безводни делови терена представљени су слабоводопропусним до практично водонепропусним седиментима. На истраживаном терену у условно безводне делове терена могу се уврстити миоценски углавном глиновити седименти, који представљају водонепропусну бочну баријеру карстној издани, као и палеозојски пешчари и шкриљци који представљају подинску баријеру поменутој издани и могу се сврстати у практично водонепропусне седименте. Поред тога, у условно безводне делове терена су сврстани и сипари, у којима нема значајније акумулације подземних вода, као и девонско-карбонске формације представљене пешчарима, филитима, хлоритским шкриљцима, песковитим глинцима и алевролитима.

У оваквим срединама не долази до инфилтрације атмосферских талога у подземље, јер су готово све шупљине испуњене глиновитим продуктима, а услед интензивне ерозије не долази до стварања наслага дробине. Захваљујући наведеним одликама, терени у северном подножју Суве планине, представљају изразите примере терена са интензивно развијеном ерозијом. Појаве извора су веома ретке, и везане су за песковито-глиновиту дробину. Издашност им је врло мала, и сви су повремениг карактера. Значајна улога ових седимената је у томе што представљају и бочну баријеру на источним деловима терена и водонепропусну подину, банковитим и слојевитим кречњацима и доломитима, који су значајни колектори подземних вода на овим просторима.

5. ПРИКАЗ ИЗВОРИШТА „СТУДЕНА“

Извориште Студена налази се југоисточно од Ниша, на северозападним падинама Суве Планине, у селу Доња Студена, испод брда Градац. Извориште је разбијено карстно извориште са три главне зоне истицања, које се налазе на надморским висинама од 405 mnm до 410 mnm и каптирано је са три каптаже.

Пре него што је извориште каптирано и укључено у нишки водоводни систем (1961. године), изведена су осматрања у трајању од непуне 3 године. Током осматрања колебања издашности разбијеног изворишта, у периоду од јула 1952. године до марта 1955. године, утврђено је да укупна издашности изворишта варира у границама од 0,413 m³/s до 0,240 m³/s. Максимална издашност измерена је у децембру 1952. године (0,413 m³/s), док је минимална измерена у новембру 1953. године (0,240 m³/s). Из ових осматрања се може закључити да колебања издашности нису тако велика, што наводи на претпоставку да се ради о доброј карстификацији која омогућује уједначеност у циркулацији подземних вода. Температура воде мерена 24.04.1954. године, износила је 12°C, при температури ваздуха од 23°C. Испитивањима хемијског састава која су изведена у истом периоду, утврђено је да се ради о хидрокарбонатно – калцијумским водама, са сувим остатком од 180 mg/l и рН вредношћу 7,2 (лит. 4). Такође уочена је стабилост квалитета и издашности, што није карактеристично за подземне воде које се дренирају из карстне издани.

Новији подаци овог типа, рађени за потребе Елабората о резервама (2010 – 2011.) који су довели до закључка да је извор константан и стабилан са минималном месечном издашности изворишта 326 l/s. А температура збирне воде из све три каптаже у периоду осматрања износила је 13,1°C.

Док просечна издашност изворишта у априлу 2020. године је износила: 342,7 l/s.

Због своје издашности и доброг квалитета, као и могућности да се вода гравитационо води до Ниша, у периоду од 26.07.1959. године до 14.10.1961. године, изведени су радови на каптирању разбијеног изворишта и његовом укључивању у водоводни систем града Ниша (слика 6.1).



Слика 6.1: Табла на сабирној комори са датумом почетака и завршетка радова на изворишту Студена (фото: А. Дрчелић)

Захватање воде из изворишта врши се преко три одвојене каптажне грађевине означене као Каптажа 1, Каптажа 2 и Каптажа 3. Захваћена вода се цевима доводи до сабирне коморе, одакле се гравитационим цевоводом система „Студена-Ниш“ допрема до потрошача у Нишу.

На сликама 6.2, 6.3, 6.4 и 6.5 приказан је садашњи спољањи и унутрашњи изглед објекта на изворишту Студена.



Слика 6.2: Спољашњи изглед каптаже 1 (лево), каптаже 2 (десно, горе) и каптаже 3 (десно, доле) (фото: А. Дрчелић)

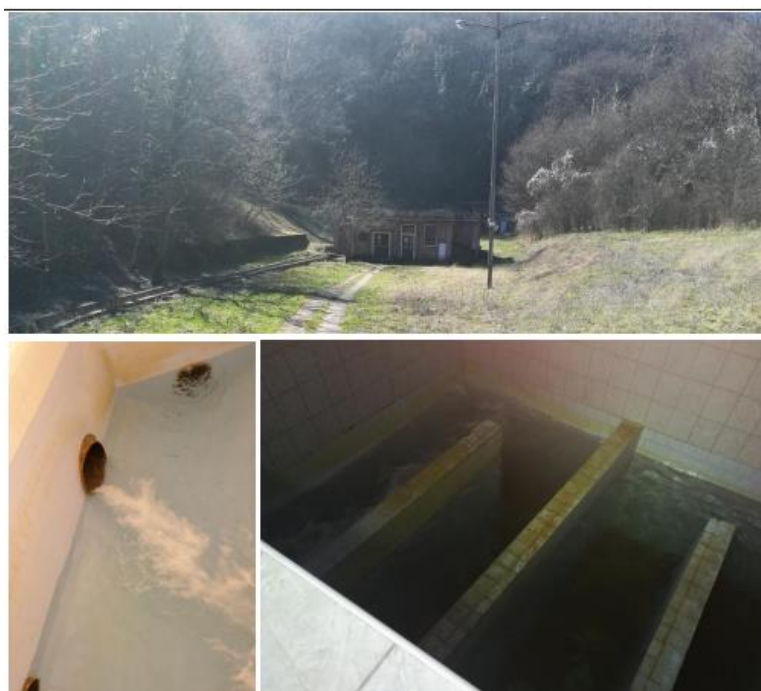


Слика 6.3: Спољашњи изглед сабирне коморе и положај у простору у односу на каптаже (фото: А. Дрчелић)

Каптаже су урађене као типски објекти. Шематски геолошки профил и приказ типске каптаже на изворишту Студна је на слици 6.6



Слика 6.4: Унутрашњи изглед каптажа (фото: А. Дрчелић)



Слика 6.5: Спољашњи и унутрашњи изглед сабирне коморе на изворишту Студена (фото: А. Дрчелић)



Слика 6.6: Шематски приказ и геолошки профил на изворишту Студена (лит. 4)

Воде из три каптаже се цевима доводе до сабирне коморе у којој се оне мешају и додаје им се резидуални хлор у укупној мери од 0,5mg/l (према: Правилник о хигијенској исправности воде за пиће), без додатне прераде. Након тога се део воде из сабирне коморе испушта у бетонско корито (слика 6.7) којим отиче према реци Студена, а други део се слободним падом креће према Нишу и њиховом водоводном систему. Вода са овог извора је једна од најквалитетнијих вода у овом делу Европе.



Слика 6.7: Преливни канал из сабирне коморе – бетонски канал који води до реке Студена (фото: А. Дрчелић)

6. КВАЛИТЕТ ПОДЗЕМНИХ ВОДА ИЗВОРИШТА СТУДЕНА

6.1. Физичко – хемијске особине воде са изворишта Студена

Упоредо са осматрањем квантитавног, вршено је и праћење квалитативног режима подземних вода изворишта Студена. Методологија праћења је била конципирана тако да се добије комплетна слика о квалитету вода у току периода осматрања и односила се на испитивања збирне воде са изворишта као и испитивање вода из појединачних каптажа у циљу потврде њиховог квалитета. Збирна вода као и вода из појединачних каптажа је испитивана према Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће (Службени лист СРЈ 42/98 и 44/99).

Анализе вода су обухватиле одређивања:

- Физичких особина
- Макроелемената
- Микроелемената
- Токсичних елемената
- Органских компонената
- Органских микрокомпонената
- Органохлорних пестицида
- Укупних бактерија
- Колиформних бактерија
- Осталих врста патогених бактерија

Боја. У току хемијских режимских осматрања запажено је одсуство боје у узорцима, односно мерене вредности боје су испод 5 мерено по °Co-Pt скали.

Мутноћа. У току режимских осматрања на изворишту констатована је мутноћа до 0,9 NTU јединица.

Мирис. Испитивањима је констатовано да су подземне воде са изворишта Студена без мириса.

Температура. Мерење температуре воде са изворишта Студена вршено је приликом узимања узорак за хемијске анализе, као и приликом режимских мерења (на сваких 5 дана у периоду мај 2019. – мај 2020. године). Констатовано је да се вредности температуре воде крећу се од 10,9 до 12,8 °С, што анализирани воде сврстава у хладне (лит. 7), односно температура воде је блиска средњој годишњој температури ваздуха (12,7 °С). Средња температура воде у периоду осматрања износи 12,4 °С.

рН индекс. Вредности рН индекса испитиваних вода указују на слабо алкалну средину, са вредности рН од 7,8 у оквиру свих хемијских анализа

Тврдоћа вода. Хемијским одређивањима садржаја јона калцијума и магнезијума, као и садржаја хидрокарбонатних јона, израчунате су вредности тврдоће вода. Резултати су изражени у немачким степенима тврдоће, а добијене вредности се крећу од 10,15 до 11,84 °dН. Средња вредност тврдоће воде у периоду осматрања износи 11,1 °dН, што их сврстава у доста тврде воде према класификацији Klut-a (лит. 11).

Суви остатак (минерализација). Укупна минерализација испитиваних вода је одређена као укупан остатак испарења. Вредности укупног остатка крећу се у границама 180–186 mg/l, при чему је средња вредност 182 mg/l, што анализирани воде сврстава у воде мале минерализације (табела 7.1).

6.2. Хемијски састав вода са изворишта Студена

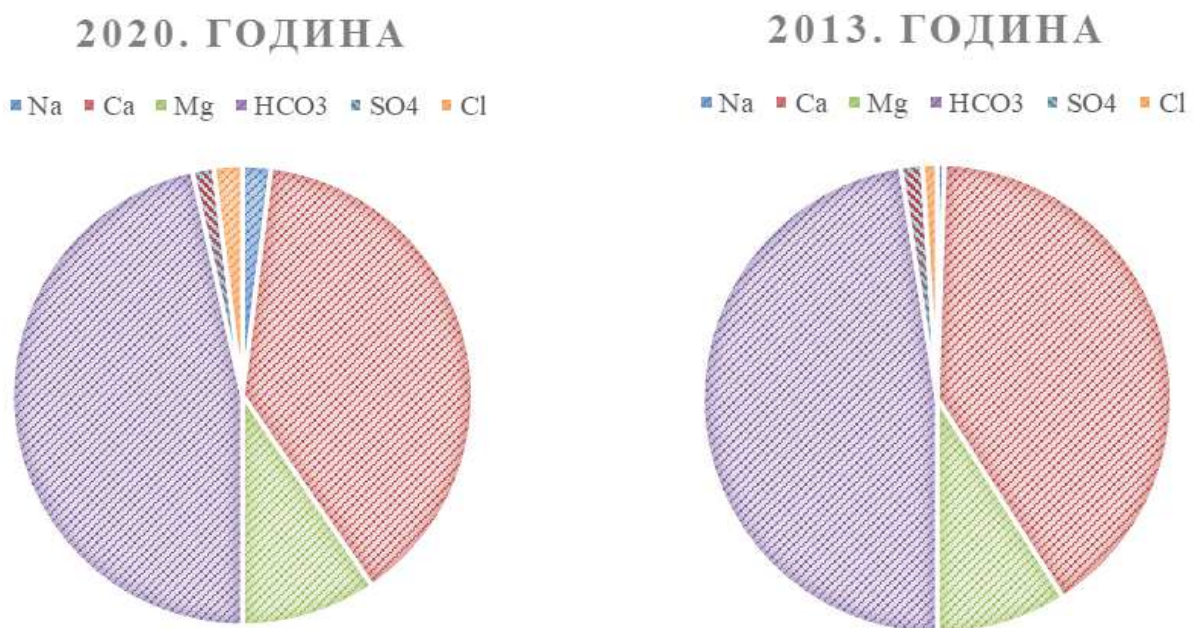
У погледу катјонског састава, у подземним водама са изворишта Студена, доминирају јони калцијума, затим јони магнезијума, док се јони натријума и калијума налазе у занемарљивим концентрацијама (табела 7.1). Вредности јона

калцијума крећу се у границама од 57,23 до 73,25 mg/l, у просеку 77 %екв). Јони магнезијума су регистровани у концентрацијама од 6,89 до 12,05 mg/l, у просеку 19 %екв, док су јони натријума регистровани у садржајима од 0,8 до 13,1 mg/l, у просеку 4 %екв. Калијум је регистрован у садржајима испод 0,2 mg/l.

Од анјона, најзаступљенији су јони хидрокарбоната са садржајима који се крећу од 190,3 до 202,52 mg/l, у просеку 93 %екв (слика 7.4). Хлоридни и сулфатни јони су регистровани у знатно мањим садржајима у односу на јоне хидрокарбоната. Хлоридни јони се налазе у садржајима мањим од 5 mg/l (у просеку 4 %екв), док се сулфатни јони налазе у садржајима од 4,8 до 6,1 mg/l (у просеку 3 %екв).

На основу хемијског састава вода из све три кптаже изворишта Студена можемо закључити да је реч о хидрокарбонатно – калцијумским водама (слика 19).

На слици 7.1 приказани су упоредни кружни дијаграми средњих концентрација основних анјона и катјона у подземним водама са изворишта Студена, на основу анализа урађених за потребе првог и другог Елабората из 2013. и 2020. године.



Слика 7.1: Упоредни кружни дијаграм средњих концентрација основних катјона и анјона у подземним водама са изворишта Студена из 2020. и 2013. године

Као што се види са упоредних кружних дијаграма, садржај макрокомпоненти основних катјона и анјона је скоро исти, односно % екв се минимално разликују између појединих компоненти, док је тип подземних вода остао исти. У оба случаја реч је о хидрокарбонатно – калцијумском типу воде, при чему је дошло до незнатних промена у %екв хидрокарбоната, калцијума и натријума као најзаступљенијих компоненти. Хидрокарбонати су се променили за 2% екв, а калцијум и натријум за 4%, односно за 1%екв, остале макрокомпоненте су се промениле за 2-3 %екв. Све ово указује стабилност хемијског састава и квалитета подземних вода изворишта Студена током последњих десетак година.

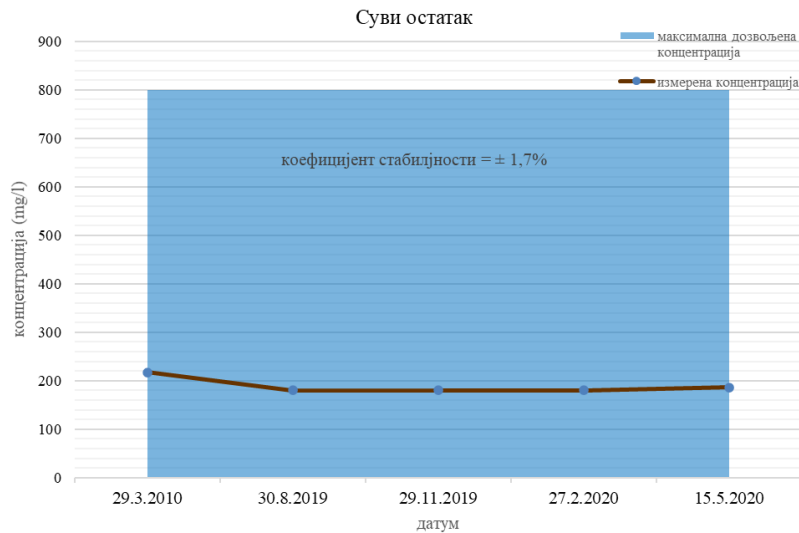
Ради стицања прегледније слике о физичко – хемијским карактеристикама воде изворишта Студена, односно о стабилности хемијског режима, у табели 7.1 је дат упоредни приказ основног хемијског састава и садржаја карактеристичних микрокомпонената у анализама које су урађене.

Као компарација дате су максималне дозвољене концентрације појединих елемената у водама за пиће према Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће (Службени лист СРЈ бр. 42/98 и 44/99) и Правилнику о изменама Правилника о хигијенској исправности воде за пиће (Службени гласник РС бр. 28/19). У табели 7.1 приказана је и хемијска анализа из 2010. године (29.03.2010. године), ради анализе константности у квалитету подземних вода изворишта Студена.

Табела 7.1: Упоредни приказ резултата испитивања хемијског састава воде саизворишта Студена у периоду осматрања

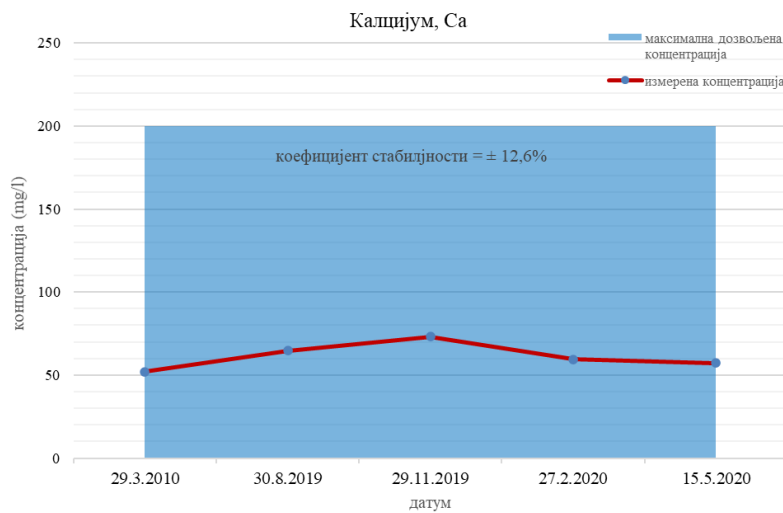
датум израде анализе						Максималне дозвољене концентрације
	30.8.2019	29.11.2019	27.2.2020	15.5.2020	29.3.2010	
Температура воде (°C)	13,8	12,9	10,9	12	11,5	
Температура ваздуха (°C)	17	10,2	1,6	22,3		
Одређивање боје (*Co-Pt скале)	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Мирис (опис)	без	без	без	без	без	без
Мутноћа (NTU)	0,27	0,43	0,57	0,46	0,4	до 1
pH вредност	7,75	7,8	7,8	7,83	7,6	6,80 - 8,50
Електрична проводљивост (µs/cm)	311	298	297	301	362	до 1000
Хлориди, Cl (mg/l)	4,9	4,9	4,9	4,9	2	200
Амонијак, NH ₃ (mg/l)	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,05	0,1
Нитрати (mg/l)	3,2	3,6	3,7	3,4	2,7	50
Нитрити (mg/l)	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,03
Суви остатак (mg/l)	180	180	180	186	217	800
Сулфати, SO ₄ (mg/l)	4,8	5,3	5,2	6,1	6,6	250
Флуориди (mg/l)	0	0	0	0	0,05	1,2
Силкати (mg/l)	2,8	2,35	2,27	1,91		
Хидрокарбонати, HCO ₃ (mg/l)	200	190,3	202,52	194,6	217	
Укупна тврдоћа (°dH)	11,21	11,84	11,12	10,15	130*	
Слободни CO ₂ (mg/l)	7	0	2,3	6,1		
Калцијум, Ca (mg/l)	64,61	73,25	59,62	57,23	52	200
Магнезијум, Mg (mg/l)	9,41	6,89	12,05	9,3	6,4	50
Гвожђе, Fe (mg/l)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,05	0,3
Манган, Mn (mg/l)	<0,025	<0,026	<0,026	<0,026	<0,05	0,5
Хром, Cr (mg/l)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,001	0,05
Алуминијум, Al (mg/l)	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,04	0,2
Калијум, K (mg/l)	0,176	0,081	0,08	0,191	0,26	12
Натријум, Na (mg/l)	0,8	13,1	0,8	3,5	0,56	150
Цинк, Zn (mg/l)	0	0	0	0	<0.014	3
Бакар, Cu (mg/l)	0	0	0	0	<0.003	2

На сликама 7.2, 7.3 и 7.4 су приказани дијаграми промене основног хемијског састава (суви остатак, HCO₃ и Ca). Поред тога, израчунати су и коефицијенти стабилности, при чему је утврђено да садржај поменутих компоненти током године варира у односу на средњу вредност мање од 15 %, односно испод границе којом се квалитативни режим сматра стабилним.



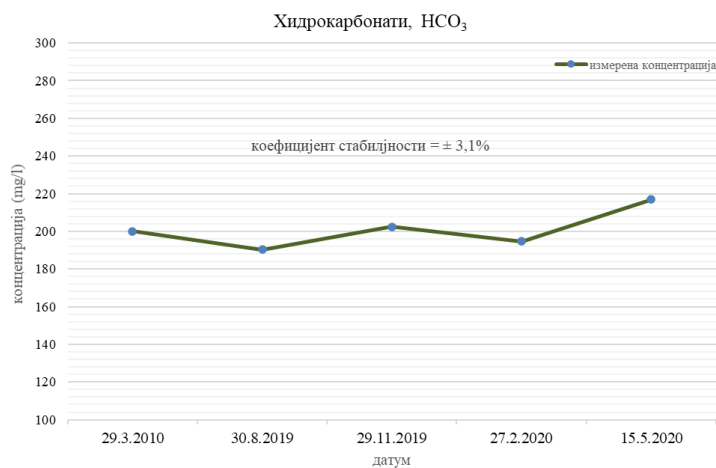
Слика 7.2: Дијаграм промене вредности сувог остатка у збирној води изворишта

Студена у периоду осматрања



Слика 7.3: Дијаграм промене вредности калцијума у збирној води изворишта

Студена у периоду осматрања



Слика 7.4: Дијаграм промене вредности хидрокарбоната у збирној води изворишта

Студена у периоду осматрања

6.3. Микробиолошки састав подземних вода

Анализама су поред макрокомпоненти, обухваћене и микрокомпоненте. При томе је утврђено да су њихове вредности далеко испод максимално дозвољених концентрација (МДК) на основу Правилника о хигијенској исправности воде за пиће (Сл. лист СРЈ, 42/98 и 44/99) и Правилника о изменама Правилника о хигијенској исправности воде за пиће (Службени гласник РС бр. 28/19) (табела 5).

Када се ради о органским компонентама хемијског састава изданских вода њихов садржај је одређиван као утрошак KMnO_4 , чије су концентрације испод МДК. Концентрације у збирној води се крећу у границама од 1,6 mg/l до 2,2mg/l (дозвољено 8 mg/l). Садржај нитрита и нитрата је испод дозвољених граница према МДК.

Резултати микробиолошких испитивања показују да су воде хигијенски исправне према Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће (Службени лист СРЈ бр. 42/98 и 44/99) и Правилнику о изменама Правилника о хигијенској исправности воде за пиће (Службени гласник РС бр. 28/19).

Вредности радиоактивности износе за алфа активност $<0,035 \text{ Bq/l}$, а за бета активност $<0,054 \text{ Bq/l}$ за узорак воде који је узет за прву хемијску анализу. Добијене вредности радиоактивности су у складу са Правилником о границама садржаја радионуклида у води за пиће, животним намирницама, сточној храни, лековима, предметима опште употребе, грађевинском материјалу и другој роби која се ставља у промет (Службени гласник РС, 36/18).

На основу свега до сада изнетог може се констатовати да су подземне воде изворишта Студена хидрокарбонатне класе калцијумске групе другог типа према класификацији О. А. Алекина. Хемијски састав анализираних вода представљен је и формулом Курлова на основу чега се воде са изворишта Студена класификују као хладне, маломинерализоване, хидрокарбонатно - калцијумског типа:

$$M_{0.18} \frac{HCO_3^3}{Ca_{77}Mg_{19}} T_{12.4} pH_{7.8}$$

Са аспекта употребе, може се констатовати да подземне воде изворишта Студена не задовољавају критеријуме за пијаће воде по Правилнику о хигијенској исправности воде за пиће (Сл. лист СРЈ, 42/98 и 44/99) и Правилнику о изменама Правилника о хигијенској исправности воде за пиће (Сл. гласник РС бр. 28/19), због микробиолошке неисправности и да се оне могу користити за водоснабдевање тек након третмана, односно хлорисања.

СПЕЦИЈАЛНИ ДЕО

7. РЕЖИМСКА ОСМАТРАЊА НА ИЗВОРИШТУ СТУДЕНА

Режим изданских вода у карсту Представља динамички процес који зависи од низа фактора (природних и вештачких) узајамно повезаних. Утицај појединих фактора је различит и мења се у времену и простору. У вишегодишњем периоду најдинамичнији су климатски (падавине) и хидрогеолошки фактори који углавном и формирају одређени режим карстне издани.

Основни фактори режима изданских вода су скоро подударни са условима прихрањивања вода а то су:

- Геолошки фактори
- Климатски фактори
- Хидролошки фактори
- Биогени-земљишни фактори
- Вештачки фактори

Будући да је улога горе наведених фактора до сада спомињана, задржаћемо се само на факторима од битне важности за режим ове карстне издани.

7.1. Режим падавина

У циљу дефинисања узајамног односа количина излученог талоба и осталих анализираних елемената режима, прикупљене су месечне суме падавина за период режимских осматрања мај 2019 – мај 2020. год. на локацији самог изворишта (табела 8.1).

Ови подаци су прикупљени читавањем вредности на постојећој метеоролошкој станици.

Табела 8.1: Приказ средњемесечних сума падавина у мм за период мај 2019 – мај 2020. године на хидрометеоролошкој станици „Ниш“

година	2019. година								2020. година			
месец	МАЈ	ЈУН	ЈУЛ	АВГ	СЕП	ОКТ	НОВ	ДЕЦ	ЈАН	ФЕБ	МАР	АПР
Σ Р	101,9	33,1	82,5	32,6	20,2	5,2	47,5	39,1	19,1	43,3	69,7	17,9

Период режимског осматрања од маја 2019 – мај 2020. године указује на сушну годину. Годишња сума падавина на подручју изворишта Студена је износила 512,1 mm. Једини месец у овој години са запаженим падавинама је био месец мај 2019. године (101,9 mm) где је киша падала чак 22 дана и месец јул са сумом од 82,5 mm.

7.2. Режим подземних вода

У периоду мај 2019 – мај 2020. године вршена су свакодневна осматрања издашности и температуре подземних вода врела Студена.

На основу осматрања режима издашности изворишта за период од 01.5.2019.год. до 31.4.2020. год (табела 8.1), закључујемо да се просечна месечна издашност извориста Студена кретала у интервалу од 212,7 l/s – 0,213 m³/s

(фебруар 2020. год.) до 381.5 l/s – 3,815 m³/s (јун 2019. год.). Средња издашност извора за период режимских осматрања износи 241,4 l/s. Максимална регистрована дневна вредност износила је 385,0 l/s (забележено 27.6.2019.), док је минимална регистрована вредност износила 207,6 l/s (забележено 01.2.2020.).

На основу добијених вредности можемо закључити да је режим минималне и максималне издашности врела Студена у односу 1:1,7.

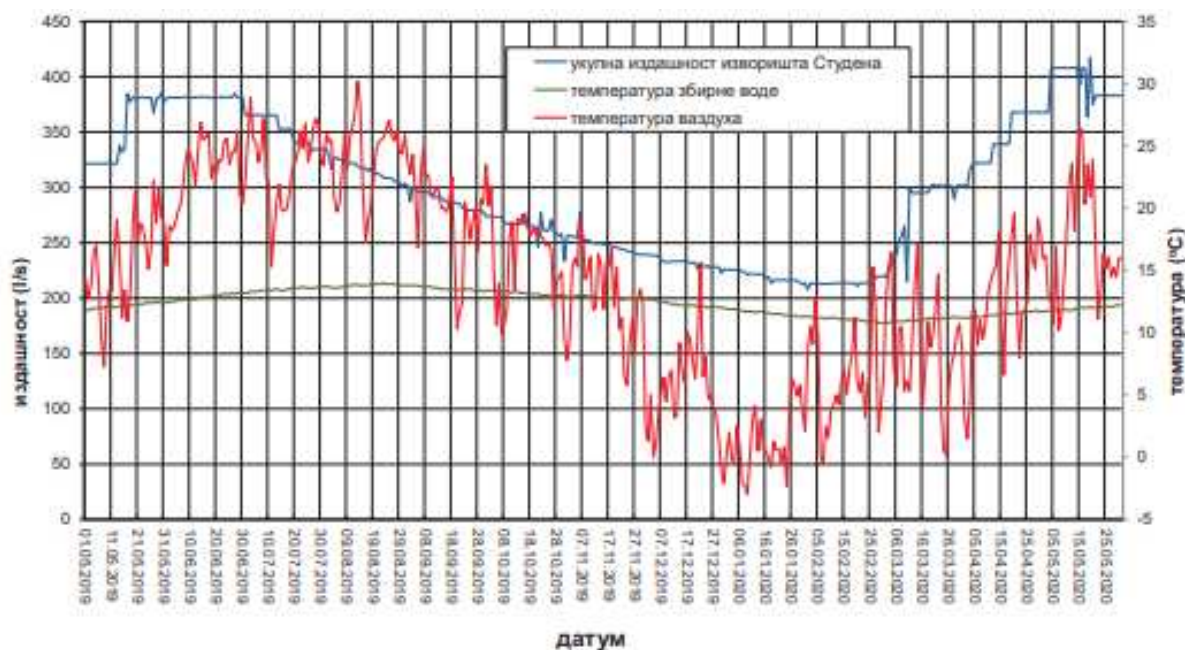
Максимум издашности се јавља у јуну, што је карактеристична појава након пролећних падавина. А минимум издашности се јавља почетком фебруара, што је и очекивано, обзиром да се издан храни атмосферским водама које се сливају низ Стару планину која је у том преиоду покривена снежним покривачем, па је прихрањивање издани минимално. На прилогу 6 приказан је дијаграм односа дневник падавина и укупне издашности за осматрани период.

Анализирајући дијаграм приказан на прилогу 6, може се извести закључак да падавински режим има утицај на режим издашности изворишта Студена, што је и логично, с обзиром да се карстна издан у оквиру јурских и кредних кречњака, практично у потпуности, прихрањује на рачун атмосферских талога у зони Суве планине. Ипак, као што се види са прилога 6, овај утицај је јако ублажен. Ове чињенице указују да се, значајним делом ради о дубљој циркулацији подземних вода у оквиру карстне издани. То се јасно може видети ако се анализира дијаграм на прилогу 6, током маја 2019. године, када је излучена већа количина падавина. Укупна издашност изворишта се готово тренутно почела повећавати и нагло је расла наредних 15 – 20 дана, а затим је кренула да опада.

Цео хидрограм режима истицања изворишта Студена (све 3 каптаже) је подељен у периоде пуњења издани на рачун инфилтрације падавина и на периоде пражњења издани – рецесије, у деловима хидролошке године без падавина.

Ради утврђивања степена утицаја локалних сезонских климатских промена на режим издашности и температуре воде изворишта Студена, извршено је

поређење основних климатских параметара и забележених издашности и температуре воде изворишта Студена у периоду мај 2019 – мај 2021. године. На прилогу 5 приказан је упоредни дијаграм температуре збирне воде и температуре ваздуха на изворишту Студена за период осматрања, док је на прилогу 6 дат упоредни дијаграм укупне издашности и дневних падавина за исти период.



Слика 8.1: Упоредни дијаграм издашности, температуре збирне воде и температуре ваздуха на изворишту Студена за период мај 2020 – мај 2021. године

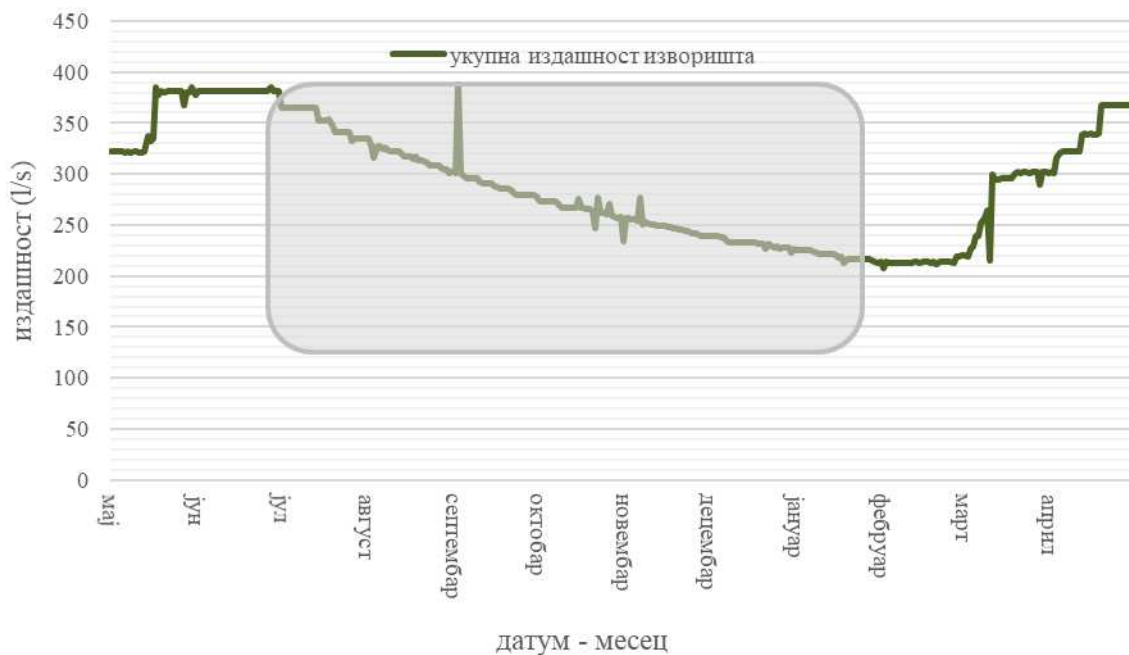
Подаци о дневним падавинама преузети су са метеоролошке станице Ниш (види поглавље 2), која је најближа подручју истраживања са одговарајућим мерењима.

Генерални закључак је да се извориште Студена одликује изузетно стабилним режимом издашности, нарочито ако се има у виду да је реч о карстном изворишту. Разлог за ово лежи у чињеници да се највећи део зоне прихрањивања налази на највишим деловима Суве Планине који су највећи део године под снегом, тако да се прихрањивање врши готово током целе године. Такође, разлог за стабилну издашност је и дубока циркулација подземних вода, што повећава време циркулације и смањује амплитуду издашности. Треба навести да је разлог стабилне издашности и распрострањење јурских и кредних кречњака преко којих се врши

прихрањивање. Изнета претпоставка је још очигледнија када се анализира температурни режим подземних вода изворишта Студена. Као што се може видети са прилога 5, сезонска колебања температуре ваздуха се не рефлектују на температуру воде, што још једна чињеница која говори у прилог изнетом закључку о условима формирања и циркулације подземних вода у оквиру карстне издани.

7.2.1. Рецесиона анализа

Хидрограм отицаја има растућу (узлазну) опадајућу (силазну) грану. Опадајућа грана хидрограма се назива рецесиона крива или крива базног отицаја. Почиње са тачком инфлексије (Крешћ Н. 1991), која математички раздваја конвексни од конкавног сегмента, а физички представља крај инфилтрације (падавина), односно тренутак када отпочиње пражњење карстне издани, искључиво под утицајем структуре карстног хидрогеолошког система и без утицаја инфилтрације.

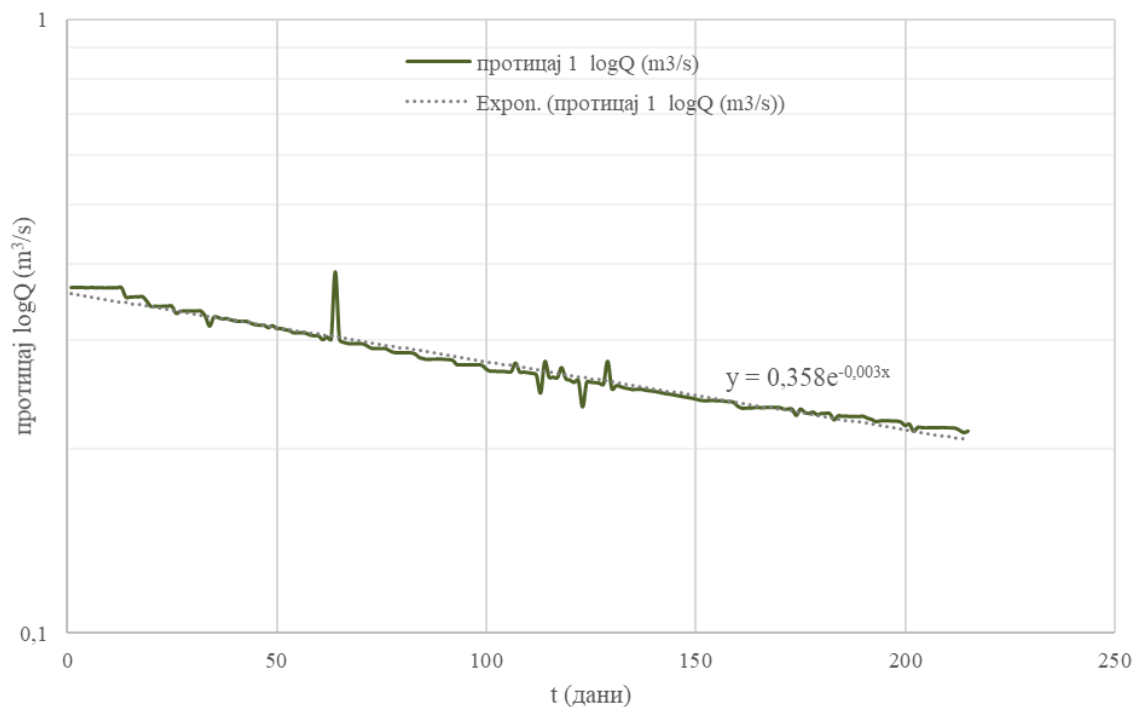


Слика 8.2: Рецесиони период изворишта Студена и дијаграм пражњења за осматрани период (мај 2019 – мај 2020.); сиви правугаоник представља период рецесије врела

За анализу рецесионе криве коришћена је формула Maillet-a, која описује зависност протицаја у одређеном тренутку Q_t и протицаја на почетку рецесије Q_0 :

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$$

На основу анализе ретардационе криве добијена је вредност коефицијента $\alpha = 0,003$.



Слика 8.3: Рецесиона крива за рецесиони период август 2019 – фебруар 2020. године

Коефицијент пражњења је израчунат формулом изведеном из формуле Maillet-a:

$$\alpha = \frac{\log Q_0 - \log Q_t}{0,4343 (t - t_0)}$$

Q_0 – издашност на почетку рецесије (m³/s)

Q_t – издашност у тренутку t

t_0 – време на почетку рецесије.

Добијене вредности коефицијента пражњења издани, као и амплитуда колебања издашности изворишта (слика 8.2) указују на то да се ради о веома уједначеном и спором пражњењу издан. Графички приказ анализе ретардационе криве дат је у облику слике бр.8.3.

7.2.2. Биланс карстне издани

За анализу биланса подземних вода изворишта Студена искоришћени су подаци о површии слива карстне издани која износи око 45km^2 , просечне суме годишњих падавина (метеоролошка станица „Ниш“) и количине воде која је истекла на врелу за дати период. Сви анализирани подаци су за период мај 2019 – мај 2021. године, где падавине износе $512,1\text{ mm}$, а просечна издашност изворишта Студена износи 299 l/s .

Анализом добијених резултата дошло се до просечних годишњих вредности основних елемената једначине биланса и то: просечне годишње суме падавина $P - \text{mm}$, просечних годишњих губитака (евапотранспирација, подземни отицај) $\xi - \text{mm}$, просечног слоја отицаја $h - \text{mm}$, просечног вишегодишњег протицаја $Q - \text{l/s}$, просечне вишегодишње запремине отекле воде $W - 10^6\text{m}^3$, просечне вишегодишње издашности $q - \text{l/s/km}^2$ и просечног вишегодишњег коефицијента отицаја ϕ (табела 8.2.).

Табела 8.2: Преглед прорачуна биланса у карстној издани изворишта Студена за период режимског осматрања (мај 2019 – мај 2020. године)

слив	F (km^2)	P (mm)	ξ (mm)	h (mm)	Q (l/s)	W (10^6m^3)	q (l/s/ km^2)	ϕ (%)
	45,0	512,1	221,1	291,0	291,0	13.095,0	6,5	56,8

На основу прорачуна биланса вода у карстној издани изворишта Студена – излучено $512,1\text{ mm}$ воденог талога, од тога $221,1\text{ mm}$ испари или подземно или површински отекне, а остатак од 291 mm отекне на изворишту.

На изворишту студена у периоду режимског осматрања просечно истекне:

$$Q = 291 \text{ l/s}$$

Што одговара запремини отекле воде у једном годишњем циклусу, у износу од:

$$W = 13.095 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

Средњи годишњи модуо истицања износи:

$$q = 6,5 \text{ l/s/km}^2$$

Коефицијент отицаја, у износу од:

$$\varphi = 0,568$$

што указује да 56,8% падавина на слив истекле кроз извориште Студена

Општа билансна једначина карстне издани изворишта Студена, модификована на основу расположивих података, има следећи облик:

$$P = Q_C + Q_{\text{изв.1}} + Q_{\text{изв.2}} + \xi \text{ (губици)}$$

где је:

P - ефективне падавине за цео слив

Q_C – средња годишња издашност изворишта Студена

$Q_{\text{изв.1}}$ - средња годишња издашност изворишта Горњи Душник

$Q_{\text{изв.2}}$ - средња годишња издашност врела Бојанине воде

ξ (губици) - сума свих губитака на евапотранспирацију, површински и подземни отицај из слива

Годишња сума падавина за ово подручје током хидролошке године у којој су вршена режимска осматрања износила је 512,1 mm, из чега се добијају укупне падавине излучене на сливну површину у вредности од $23.045 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Поред изворишта Студена у прорачун биланса треба узети у обзир и врела Горњи

Душник, Сопотница, Лазиње и Бојанине воде. Прихрањивање ове издани врши се директном инфилтрацијом од атмосферских вода које се излуче на исти простор, изворишта су са две стране вододелнице. Издашност врела Гоњи Душник око 75l/s, Бојанине воде око 3 l/s. Подаци о просечној издашности врела Сопотница и Лазиње нису били доступни, али према неким информацијама ради се о изворима значајније издашности (вероватно неколико десетина литара у секунди). У прорачун опште билансне једначине карсне издани биће приказани извори са познатим издашностима (Студена, Горњи Душник и Бојанине воде).

$$23.045 \cdot 10^6 \text{ m}^3 = (13.095 \cdot 10^6 \text{ m}^3 + 3.510 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{god}) + 6.440,0 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{односно } 100\% = 72\% + 28\%$$

Из наведеног се види да су губици на евапотранспирацију, површински и подземни отицај из слива, у периоду осматрања износили 28%, што представља нешто више од $\frac{1}{4}$ укупно излучених падавина. Када би се у једначину биланса унеле и вредности за два ивора за које немамо податке, губитци би били још мањи. Треба имати у виду и да су у години режимских осматрања забележене за око 20% нижа количина падавине од просека, што је утицало на смањење површинског отицаја.

На крају ових разматрања може се закључити да је изведеним режимским осматрањима утврђено да је режим подземних вода изворишта Студена веома стабилан.

Упоредивањем резултата добијених режимским мерењима 2010 – 2011. године (лит. 9) са резултатима добијеним из овог рада (2019 – 2020. године), уочава се сличност са максималном издашношћу у два периода (418 l/s, односно 385 l/s), а минимална издашност се разликује за нешто више од 100 l/s (322 l/s, односно 207,6l/s) али је то резултат сушније године (за око 20% је била мања количина падавина од двадесетогодишњег просека). Биланс карстне издани је био исти током оба режимска мерења.

8. ОЦЕНА И КАТЕГОРИЗАЦИЈА РЕЗЕРВИ ПОДЗЕМНИХ ВОДА ИЗВОРИШТА „СТУДЕНА“

Критеријум за утврђивање и разврставање резерви подземних вода прописан је још увек важећим Правилником о класификацији и категоризацији резерви подземних вода и вођењу евиденције о њима (Сл. лист СФРЈ бр. 34/79). Резерве подземних вода утврђују се, разврставају у категорије и класе, прорачунавају и евидентирају посебно за свако налазиште (истражно или експлатационо подручје). Под налазиштем подземних вода подразумева се водоносна средина у којој су подземне воде акумулиране под утицајем природних и вештачких фактора. Под резервама подземних вода подразумева се просечна минимална месечна количина подземних вода у „l/s“ од које се најмање 90% може добити из једног слива, водоносне средине издвојеног налазишта или дела налазишта за време најнижег водостаја.

На основу режимских осматрања која су изведена на изворишту Студена, у периоду мај 2019 – мај 2021. године, може се констатовати следеће:

- Просечна годишња издашност изворишта Студена је 291 l/s, при чему је минимална средњемесечна издашност изворишта 212,7 l/s. Ово је утврђено на основу дневних мерења спроведених у горе назначеном периоду. Према Правилнику о класификацији и категоризацији резерви подземних вода и вођењу евиденције о њима (члан 13, Службени лист СФРЈ 34/79), за билансне резерве са извора узима се 90 % од утврђене минималне средњемесечне издашности изворишта у количини од 191,4 l/s, која ће бити сврстана у "Б" категорију резерви, при чему ће разлика до 90% средњегодишње вредности издашности изворишта у количини од 99,6 l/s бити сврстана у "Ц1" категорију резерви.

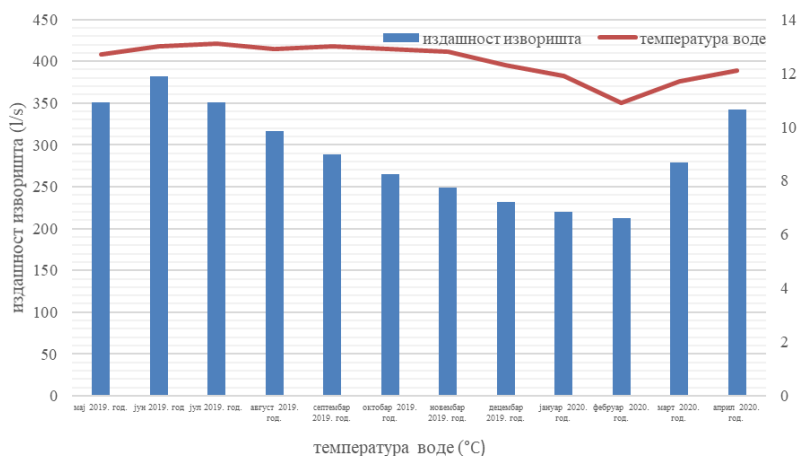
$$\text{„Ц1“} = Q_{sr} - \text{„Б“резерве} = 291 \text{ l/s} - 191,4 \text{ l/s} = 99,6 \text{ l/s}$$

За укупне резерве изворишта Студена може се прогласити количина од 291 l/s (Б + Ц1 категорије резерви).

- Режимским осматрањима је утврђено да је режим изворишта Студена стабилан, уз малу амплитуду колебања издашности и стабилан температуран режим воде
- Праћењем квалитативног режима је утврђена стабилност истог току године. На основу хемијских испитивања може се констатовати да су подземне воде са изворишта Студена маломинерализоване, хидрокарбонатно – калцијумског типа. Утврђено је да исте не задовољавају критеријуме прописане Правилником о хигијенској исправности воде за пиће (Сл. лист СРЈ, 42/98 и 44/99).
- У погледу употребе са аспекта квалитета, подземне воде са изворишта Студена се могу користити за водоснабдевање тек након третмана, односно хлорисања.

На основу свега изнетог, у табели 9.1 дат је приказ билансних резерви подземних вода изворишта Студена, а према важећим критеријумима из “Правилника о класификацији и категоризацији резерви подземних вода и вођењу евиденције о њима” објављеног у Службеном листу СФРЈ бр. 34/79.

У циљу приказ стабилности изворишта Студена на слици 25 је дат графички приказ мале амплитуде колебања како издашности тако и температуре збирне воде из све три каптаже.



Слика 9.1: Дијаграм промене издашности и температуре воде са изворишта Студена у осматраном периоду (мај 2019 – мај 2021. године)

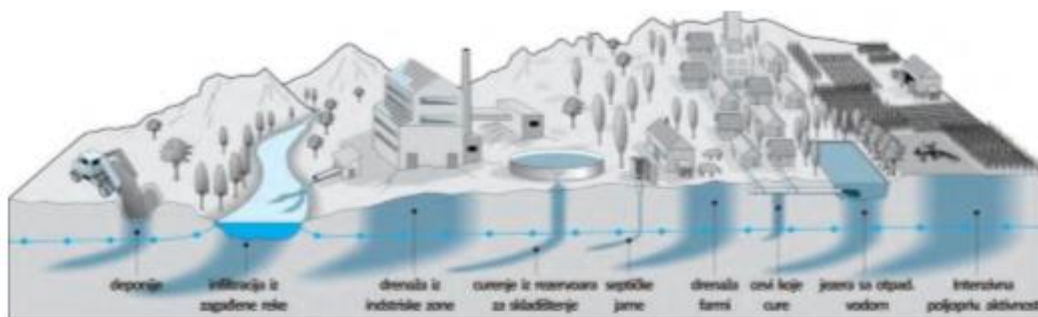
Табела 9.1: Утврђене билансне резерве подземних вода изворишта Студена

Извориште "Студена"	Укупне резерве		Врста сировине
категорија резерви	Q (l/s)	учинак по категорији (%)	
Б	191,4	66	питка подземна вода хидрокарбонатне класе, калцијумске групе (HCO ₃ -Na)
Ц1	99,6	34	
Укупно (Б + Ц1)	291	100	

9. ОЦЕНА РАЊИВОСТИ ПОЗЕМНИХ ВОДА

9.1. Природна заштита подземних вода

Резултати истраживања извођених последњих неколико деценија показују да је у подземним водама значајно повећан садржај загађујућих супстанци које су резултат људског деловања. Извори загађујућих супстанци су најчешће депоније комуналног отпада, комуналне отпадне воде, загађене површинске воде, неуређене септичке јаме, депоније пољопривредног отпада, индустријски и радиоактивни отпад и сл. (Слика 10.1). Подземне воде могу и регионално бити загађене на рачун супстанци ослобођених на већим површинама, као што је то случај при употреби пестицида и ђубрива.

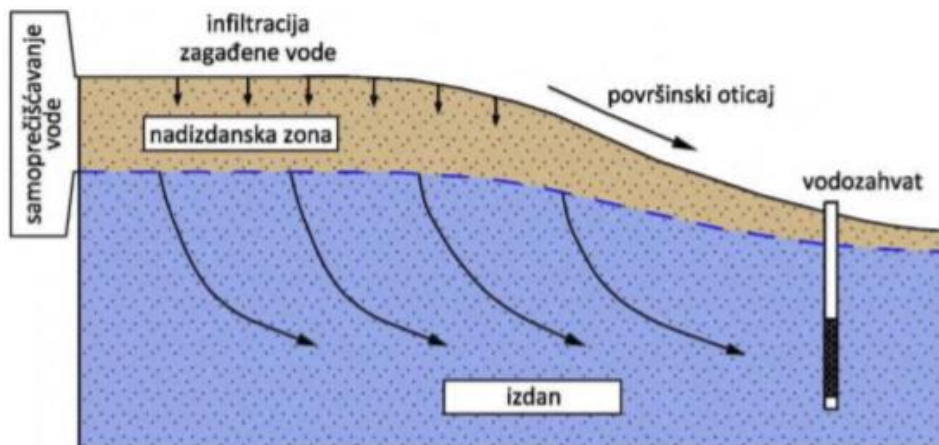


Слика 10.1: Најчешћи узроци загађивања подземних вода (Foster et al. 2002.)

Ако се узме у обзир да су подземне воде једини извор пијаће воде у многим срединама, онда можемо да схватимо колико загађивање вода може бити проблем за околно становништво.

Рањивост је велика уколико природни фактори пружају малу заштиту приликом спречавања загађујућих супстанци да са површине дођу до подземних вода, односно, рањивост је мала уколико природни фактори омогућавају релативно добру заштиту, тј. вероватноћа да било која загађујућа активност наруши квалитет подземних вода се смањује.

Земљини материјали могу деловати као природни филтери који могу да уклоне неке загађујуће супстанце. Када се загађена вода инфилтрира у подземље обично се природно пречишћава до одређеног степена пролазећи кроз поре тла и стена у незасићеној зони (Слика 10.2).



Слика 10.2: природно самопречишћавање загађене воде
(Vrba and Zaporozec 1994, преузето од В. Живанвић 2011.)

Степен пречишћавања које се одвија на путу од извора загађивања до издани дефинише релативни потенцијал загађивања подземних вода. Он представља резултат бројних физичких, хемијских и биолошких процеса у тлу и надизданској зони.

Потенцијал природне заштите је лимитиран и веома варијабилан. Различити делови физичке средине имају различити потенцијал да задрже или ослабе загађујућу супстанцу. Израда карата рањивости тј. осетљивости физичке средине, омогућава нам да одредимо подручја која су мање или више осетљива на загађивање када су у питању подземне воде.

На основу свега претходно реченог рањивост подземних вода можемо дефинисати као скуп особина природне средине које одређују осетљивост издани на загађивање са површине терена.

Важно је напоменути да се све ове дефиниције о рањивости подземних вода односе на могуће загађивање са површине или близу површине земље.

Методе за одређивање рањивости подземних вода не узимају у обзир намерно упуштање загађујућих супстанци у издан. Подземни резервоари, бунари за вештачку инфилтрацију, бунари за ремедијацију, подземне нуклеарне детонације и сл., су примери када се загађујућа супстанца директно испушта у издан и јасно је да је свака подземна вода рањива при оваквим активностима.

9.2. Метода за оцену рањивости подземних вода

Рањивост издани од загађења предствала неопходну оснву за планирање и управљање подземним водним ресурсима у погледу њихове заштите, процене ризика од загађења, као и предузимање превентивних мера у погледу очувања квалитета подземних вода.

Израда карте рањивости издани је заснована на процени и приказу више параметара који се мењају у некој области у функцији од природног окружења. Број параметара варира од меоде до методе и константно је подложен променама. Међутим, основни параметри за израду карте рањивости су:

- Хидрогеолошке особине стена – особине површинског слоја, незасићене зоне, врсте стена у којој је издан формирана до воде и дубина до воде;
- Смер и брзина тока подземних вода – топографија подине и повлате издани;
- Клима – количине воде које се инфилтрирају директно зависе од падавина.

Најчешће примењиване методе за израду карата рањивости су:

- DRASTIC (Aller et al, 1987)
- GLA (Hölting et al, 1995)
- ЕПИК (Döerflinger, Zwahlen, 1997)
- PI (Goldscheider et al, 2000)

Генерална разлика између наведених метода је у томе што су прве две независне од геолошких услова, односно састава стена, док су PI и ЕПИК развијене за употребу искључиво у карстним теренима.

9.2.1. Примена ЕПИК методе

Процена природне рањивости подземних вода Суве планине, уз израчунавање индекса рањивости и израду карата рањивости, уз рангирање од „ниске“ до „врло високе“, извршена је применом ЕПИК методе.

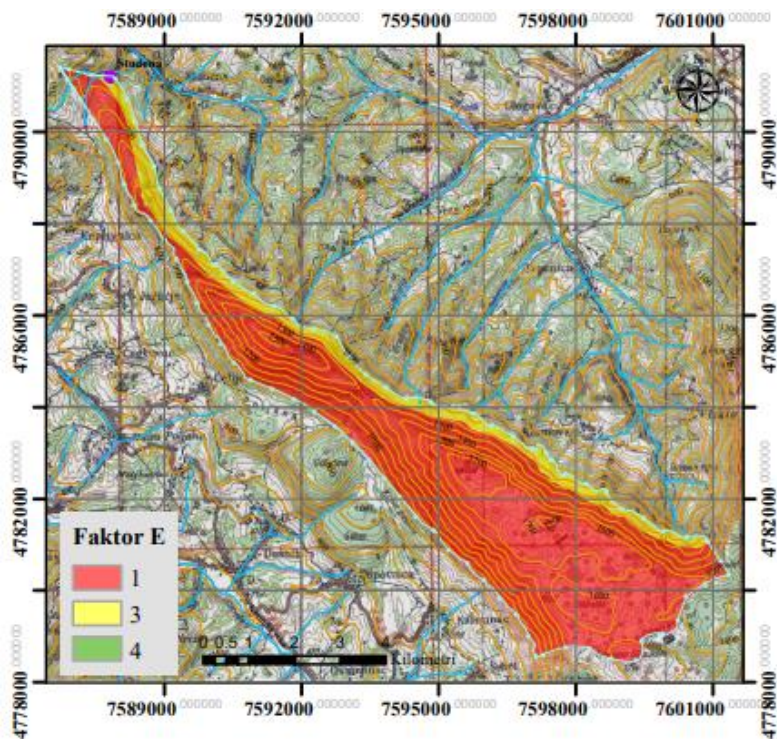
Параметар Е је подељен у три категорије које дефинишу степен рањивости (табела 10.1).

Табела (10.1): Оцена и рангирање фактора Е

(Ремедијација подземних вода и геосредине, Крешић Н, Вујасиновић С, Матић И, 2006.г.)

E1	Веома развијен	Понори, јаме, вртаче, шкрапе, руиниран рељеф и интензивно испуцали изданци стенске масе
E2	Средње развијен	Прелазне зоне између вртача, сувих долина, изданци стена ср. испуцалости
E3	Слабо развијен или одсутан	Без карстних морфолошких облика, веома мала испуцалост

Класификација терена према развоју епикарста је вршена на основу геоморфолошке карте, дигиталног елевационог модела (ДЕМ) и аеро и сателитских снимака за додатне информације. Један део података се може добити обрадом топографских карата размере 1 : 5 000 до 1 : 25 000. На основу ДЕМ карте се јасно могу издвојити делови терена са развијеним епикарстом, који за параметар Е припадају класи Е1. Делови терена који предстваљају прелазну зону епикарста у некарстификован, односно слабо испуцао терен, припада класи Е2. Док слабо испуцао терен је представљен класом Е3. Карта фактора Е је приказана на слици 10.3.



Слика 10.3: Карта фактора Е одређена на основу ДЕМ и топографске карте

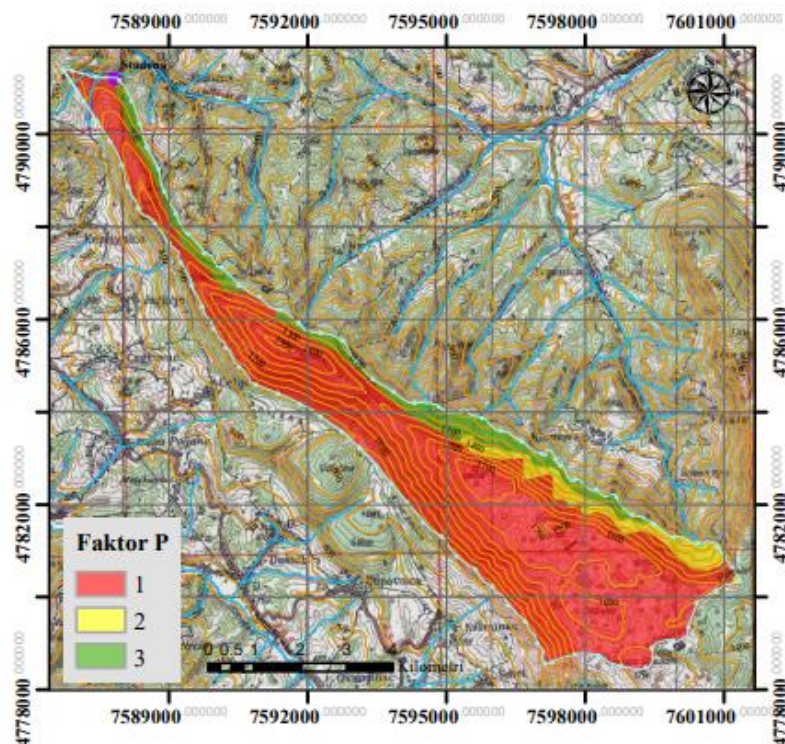
Параметар Р је одређен на основу земљишта, као и геолошке формације која покрива кречњаке (сипар, лес, моренски материјал, глинци, пешчари, лапорци и сл.). За дефинишање овог параметра узима се у обзир дебљина заштитног покривача. Такође се узимају у обзир геолошки састав и дебљина седимената између земљишта и карбонатних твorenина. Поред педолошких и геолошких карата, веома може да помогне обрада аеро и сателитских снимака који могу одредити присуство или одсуство заштитног покривача. Тако да се захваљујући снимцима добре резолуције могу лако класификовати делови терена са високом вегетацијом (Р4) и огољени делови терена (Р1).

Карта фактора P је приказана на слици 10.4.

Табела 10.2: Оцена и рангирање фактора P

(Ремедијација подземних вода и геосредине, Крешић Н, Вујасиновић С, Матић И, 2006.г.)

	СЛУЧАЈ А	СЛУЧАЈ Б
	Земљиште лежи директно на кречњачким формацијама или на кластичним творевинама веома велике водопропусности	Земљиште лежи на водонепропусним геолошким формацијама (са најмање 20цм водонепропусног слоја, на пример глине, језерски муљ и сл.)
P1	0-20 цм земљишта	Комбинација слабо пропусних формација и земљишта чија укупна дебљина износи 20-100 цм, где је дебљина земљишта мања од 20 цм
P2	20-100 цм земљишта	Комбинација слабопропусних формација и земљишта чија укупна дебљина износи 20-100 цм
P3	100-200 цм земљишта	Комбинација слабопропусних формација и земљишта чија укупна дебљина прелази 1 м
P4	>200 цм земљишта	Заштитни прекривач од преко 8 м глиновитих формација или тло дебљине 1 м које лежи на глиновитим формацијама дебљина преко 6 м



Слика 10.4: Карта фактора P одређена на основу сателитског снимка и педолошке карте

Параметар I Основне подлоге за одређивање понора и слива понора су топографске карте. Дигитални елевациони модел је неопходан за одређивање нагиба терена (Slope analysis). Велику помоћ у одређивању I фактора могу да пруже сателитски и аеро снимци.

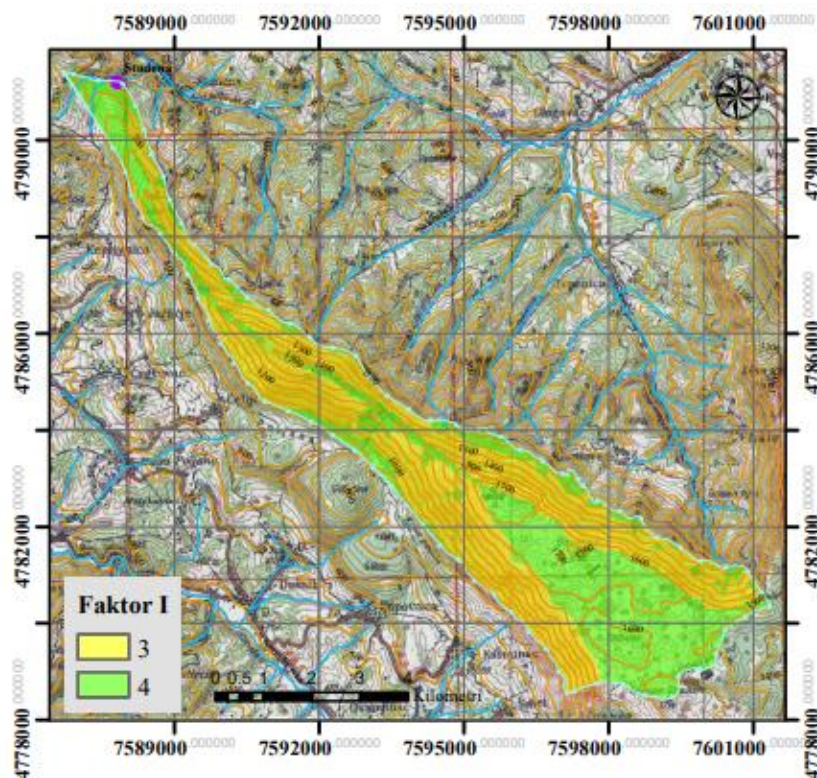
Одређивање услова инфилтрације (I фактор) је базирано на идентификацији зона директног тачкастог понирања и зона дифузног понирања (II). Касније се ове зоне класификују у зависности од нагиба терена и намене земљишта (распрострањеност шума, пашњака и ливада и обрадивих површина). Параметар I је подељен у четири категорије, баш као што је приказано у табели 10.3.

Табела 10.3: Оцена и рангирање фактора I

(Ремедијација подземних вода и геосредине, Крешић Н, Вујасиновић С, Матић И, 2006.г.)

	Области које се налазе у сливу понора	Области које се налазе ван сливова понора
I1	представљају трајне или повремене поноре и корита токова који пониру у понор, токове који постепено пониру или области које се вештачки дренирају	
I2	представљају делове слива зона E1 са нагибом земљишта преко 10% за обрадива земљишта, преко 25% за пашњаке и ливаде и преко 35% ¹⁸ за шуме	
I3	представљају делове слива зона E1 са нагибом земљишта мањим од 10% за обрадива земљишта, мањим од 25% за пашњаке и ливаде и мањим од 35% ⁵ за шумовите пределе	Делове терена где се површинска вода скупља у сливовима тих површи када је нагиб терена преко 10% за обрадива земљишта, преко 25% за пашњаке и ливаде и преко 35% ⁵ за шумовите пределе I4 Остатак сливног подручја
I4		Остатак сливног подручја

Карта фактора I је приказана на слици 10.5.



Слика 10.5: Карта фактора I одређена на основу сателитског снимка и педолошке карте

Веома битан фактор који утиче на рањивост карстних подземних вода је развијеност мреже карстних канала, тј. величина карстних канала и њихова повезаност. При одређивању параметра **К** прво се анализирају директни индикатори који указују на добру развијеност карстне мреже, а то је постојање пећина, понора, јама, резултати спелеолошких истраживања и др. У случају непостојања директних индикатора, онда се користе индиректне методе за оцену, а то су анализе хидрограма отицаја, тестови трасирања и хемијске анализе воде.

Друга индиректна метода која указује на развијеност карстних канала су тестови трасирања. Брзина кретања воде зависи од хидродинамичких услова на које у великој мери утиче карстна мрежа. Треба имати у виду да мале брзине кретања не значе увек одсуство карстних канала.

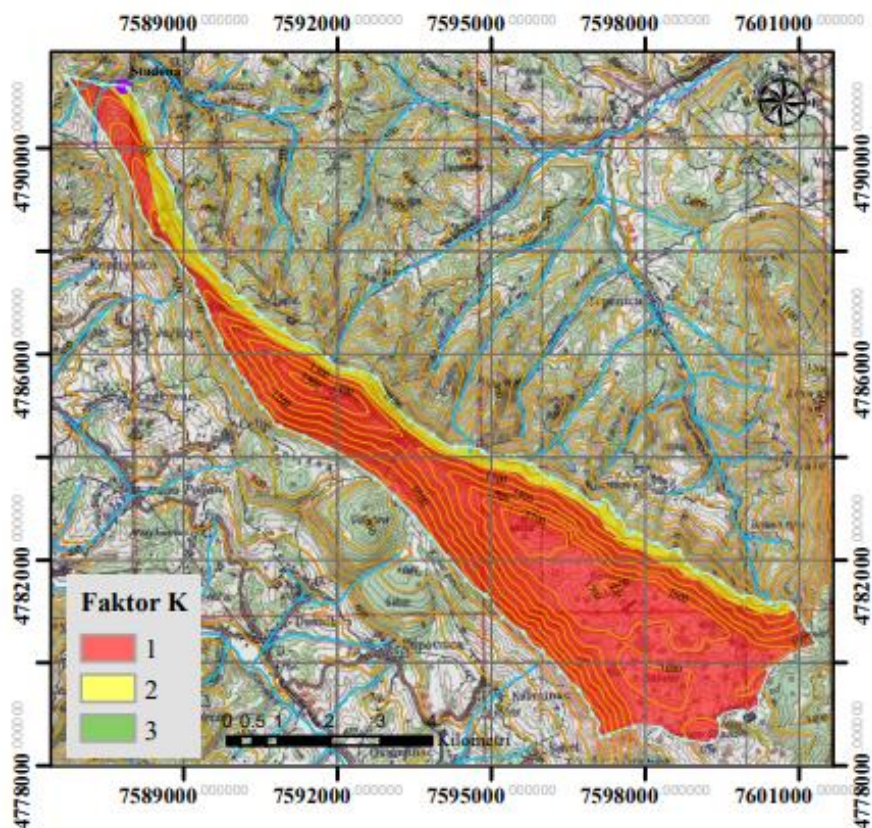
Још један параметар значајан за одређивање фактора **К** може да буде квалитет изворске воде. Када је квалитет воде бактериолошки стабилан после великих падавина, или је мрежа карстних канала слабо развијена или је цео систем заштићен порозним медијумом. Тамо где квалитет воде није стабилан, може се претпоставити постојање карстне мреже.

Коначан индикатор може да буде број извора присутних у карстном систему. Добро развијен систем се обично карактерише присуством једне зоне истицања, док слабо развијен систем карактерише појава више мањих извора. Параметар К је подељен у три категорије, баш као што је приказано у табели 10.4.

Табела 10.4: Оцена и рангирање фактора I

(Ремедијација подземних вода и геосредине, Крешић Н, Вујасиновић С, Матић И, 2006.г.)

K1	Добро развијена карстна мрежа	Добро развијена карстна мрежа са каналима дециметарских до метарских димензија добро повезаних и са мало испуне
K2	Слабо развијена карстна мрежа	Слабо развијена карстна мрежа са слабом повезаношћу или неиспуњени канали и пукотине, канали центиметарских димензија
K3	Комбинована или испуцала средина у којој је формирана издан	Порозна средина у зони пражњења са могућом заштитном улогом – испуцала, некарстна средина у којој је формирана издан



Слика 10.6: Карта фактора К одређена на основу сателитског снимка и педолошке карте

Оцена рањивости подземних вода врши се преко индекса заштите F . Овај индекс се рачуна за свако поље (полигон) у истражном подручју преко једначине у којој се као променљиве јављају сва четири параметра. Свака од класа на које су параметри подељени има одређену тежинску вредност, при чему најмања вредност указује на највећу осетљивост на контаминацију. Стандардне вредности за ЕРИК параметре дате су у табели 10.5.

Табела 10.5: Вредновање класа за сваки ЕРИК параметар

Епикарст			Заштитни покривач				Инфилтрациони услови				Карстни канали		
E1	E2	E3	P1	P2	P3	P4	I1	I2	I3	I4	K1	K2	K3
1	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3

За прорачун индекса заштите F користи се следећа формула:

$$F = \alpha E_i + \beta P_i + \gamma I_i + \delta K_i$$

При чему су α , β , γ и δ релативни тежински коефицијенти. Вредност тежинских коефицијената дата је у табели 10.6.

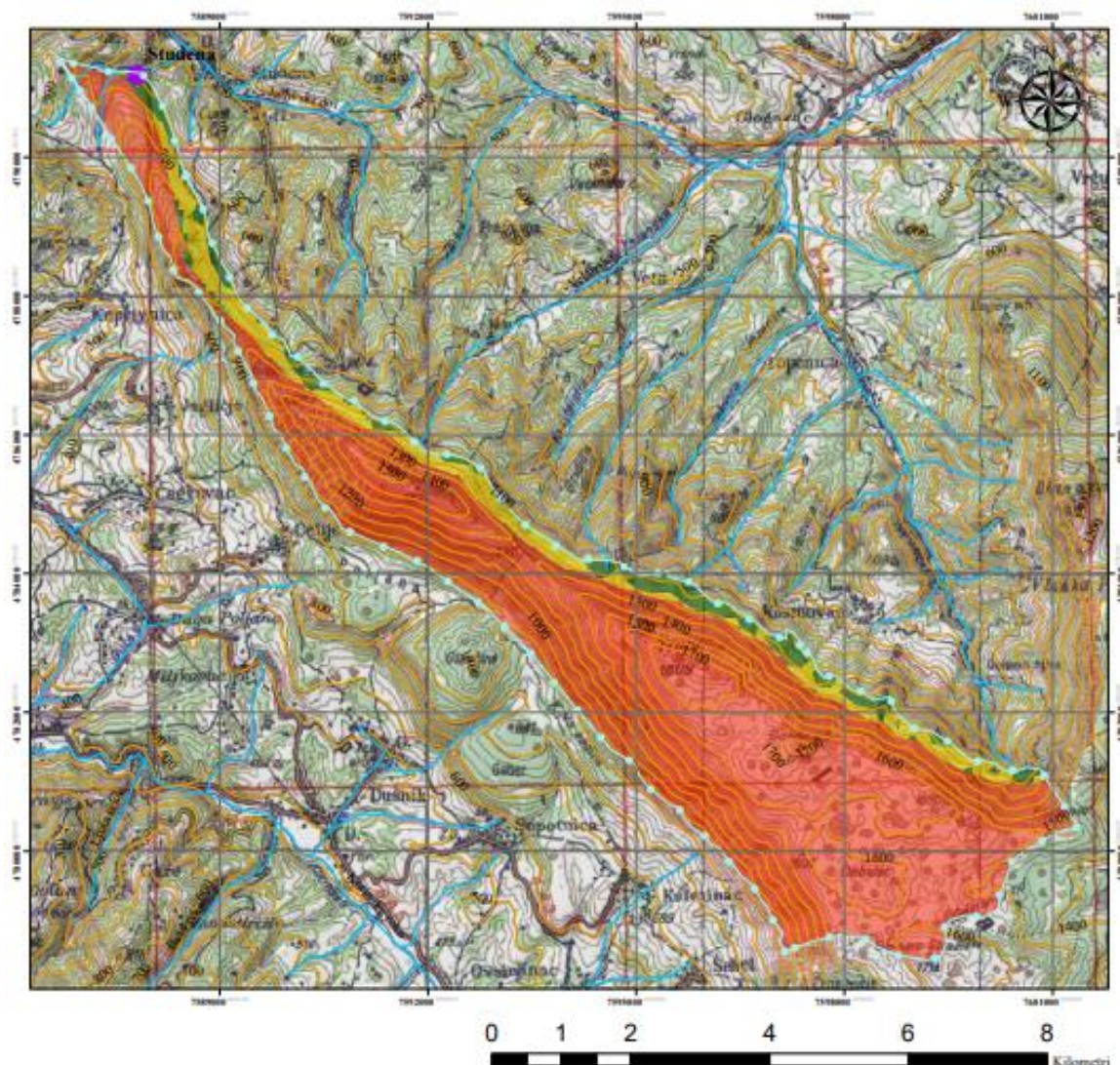
Табела 10.6: Тежински коефицијенти за сваки ЕРИК параметар

Епикарст	Заштитни покривач	Инфилтрациони услови	Карстна мрежа
α	β	γ	δ
3	1	3	2

Фактор заштите варира у интервалу од 9-24 и подељен је на четири класе које се трансформишу у зоне заштите. Степен рањивости и зоне заштите подземних вода рачунају се према следећој шеми у табели 10.7.

Табела 10.7: зависност између класе рањивости, индекса заштите F и зоне санитарне заштите

Површне рањивости	Индекс заштите F	Зона заштите
Веома висока	$F \leq 19$	S1 (непосредна зона заштите)
Висока	$19 < F \leq 25$	S2 (ужа зона заштите)
Средња	$F > 25$	S3 (шира зона заштите)
Ниска	$F > 25, P = P4, I = I3,4$	Остатак слива



Слика 10.7: Карта рањивости подручја изворишта Студена пименом ЕПИК методе

Анализа је показала да параметар I и параметар E имају највећи утицај на коначни индекс заштите F, који се израчунава помоћу ЕПИК методе картирања рањивости, што кореспондира са реалним условима на терену, јер су најосетљивије зоне управо оне у којима се врши инфилтрација (вртаче, увале, понорске зоне...). На карти израђеној ЕПИК методом се може приметити директна повезаност (хидро)геолошких параметара истражног подручја и индекса заштите F. Тако су „врло висок“ и „висок“ индекс рањивости повезани са областима са добро развијеним епикарстом, где је и ефективна инфилтрација (параметар I) бржа. Терен који је окарактерисан индексом „средње“ и „ниске“ рањивости налази се дуж обода Суве планине.

Карта рањивости подручја изворишта Студена је дата и као графички прилог бр.5.

10. ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ ЗОНА САНИТАРНЕ ЗАШТИТЕ

Прописивање и одређивање зона и мера санитарне заштите и начина понашања у оквиру истих, уређено је у складу са Законом о водама (Сл. гласник РС, бр. 30/10), затим Правилником о начину одређивања и одржавања зона санитарне заштите објеката за снабдевање водом за пиће (Сл. гласник РС, бр.90/08), Правилник о хигијенској исправности воде за пиће (Сл. лист СРЈ, бр. 42/98), Правилником о опасним материјама у водама (Сл. лист СРС, бр.31/82), Правилником о кавилитету и другим захтевима за природну минералну воду, природну изворску и стону воду (Службени лист РС, бр. 53/05) и другим важећим нормативима о санитарно-хигијенским условима за извориста воде за пиће.

За одређивање зона санитарне заштите, неопходно је осврнути се на законску регулативу у овој области дефинисану Правилником о начину одређивања и одржавања зона санитарне заштите објеката за снабдевање водом за пиће.

У циљу заштите воде од намерног или случајног загађивања, као и од других штетних дејстава која могу трајно утицати на исправност и издашност изворишта, предвиђају се следеће зоне санитарне заштите:

- зона непосредне заштите (I зона);
- ужа зона заштите (II зона);
- шира зона заштите (III зона).

На прилогу бр. 4 дата је карта распрострањења зона санитарне заштите.

10.1. Зона непосредне заштите (зона I)

Ова зона обухвата сам водозахватни објекат, у овом случају каптажу Студена (главну 2 и помоћне 1 и 3) и његову непосредну околину. Сходно члану 7 Правилника о начину одређивања и одржавања зона санитарне заштите изворишта водоснабдевања (Сл. гласник РС 92/08), у којој због надзирања и одржавања борави стално запослена особа, ограђује се ради спречавања неконтролисаног приступа људи и животиња заштитном оградом која не може бити ближа од 10 m од водозахватног објекта који окружује. Када у првој зони не борави стално запослена особа ова зона мора да обухвати простор најмање 30 m око водозахватних објеката. У овој зони је дозвољен приступ само овлашћеним лицима. Изузетно, приступ се може дозволити лицима која се у оквиру стручног усавршавања упознају са радом система и о истом се мора водити строга евиденција.

Према „Правилнику о начину одређивања и одржавања зона санитарне заштите изворишта водоснабдевања“, унутар ове зоне сем радова на изградњи подземне бране и пратећих објеката нису дозвољени никакви други радови. У границама ове зоне су забрањене све остале активности које нису у функцији захватања вода.

Поред законских прописа, код одређивања зоне непосредне санитарне заштите треба узети у обзир и фактичко стање на терену. Извориште “Студена” чине три каптаже које се могу видети на прилогу 12, као целокупни систем за даљу дистрибуцију воде са споменутих капатажа (цевовод, црпна станица, преливи, ...). У залеђини објеката се уздиже вертикална литица која окружује извориште са југозападне стране.

Оградом су обухваћени сви каптажни објекти на изворишту “Студена”, тако да се овај, ограђени простор може издвојити као зона непосредне заштите изворишта, с обзиром да је у потпуности у складу са горе наведеним чланом правилника. Сходно томе, на овом простору су већ спроведене мере прописане законом, с обзиром да је онемогућен приступ изворишту неовлашћеним лицима.

10.2. Ужа зона санитарне заштите (зона II)

Ужа зона заштите (зона ограничења) мора да буде довољна да обезбеди воду од микробиолошког, хемијског, радиолошког и других видова загађења.

У овој зони дозвољено је коришћење земљишта у пољопривредне сврхе, али строго контролисано коришћење хербицида, пестицида и ђубрива. Ужа зона санитарне заштите чини површину земљишта под санитарним надзором на којој није дозвољена изградња објеката, постављање уређаја и вршења радњи које могу на било који начин загадити воду.

Приликом разматрања уже зоне заштите изворишта “Студена”, треба узети у обзир све чињенице истакнуте у претходом тексту везане за геолошке и хидрогеолошке односе који владају на овом делу терена. На основу постојећих резултата истраживања, као и досадашњих искустава у теренима са сличним геолошким и хидрогеолошким карактеристикама, препорука је да ужа зона санитарне заштите не сме бити мања од 500 m од водозавхвата у правцу дотока подземних вода, односно распрострањења карстне издани.

Због тога су ужом зоном заштите обухваћени сви кречњачки терени у околини изворишта на простору од 500 m од извора (каптажа) изворишта “Студена”.

На прилогу 4 приказане су границе простора који је издвојен као ужа зона санитарне заштите.

10.3. Шира зона санитарне заштите (III)

У оваквим геолошким и хидрогеолошким условима који владају у зони изворишта “Студена”, када се ради о извориштима који каптирају картну издан, препорука је да шира зона санитарне заштите обухвати целокупно сливно

подручје. Сходно томе, овом зоном су обухваћени сви терени у непосредном сливу извора “Студена”, на којима се врши прихрањивање карстне издани и са којих подземне воде директно дотичу до изворишта “Студена”.

11. ОДРЖАВАЊЕ ЗОНА САНИТАРНЕ ЗАШТИТЕ

Правилником о начину одређивања и одржавања зона санитарне заштите објеката за снабдевање водом за пиће (Сл. гласник РС бр. 92/08) за сваку зону санитарне заштите су прописане заштитне мере које ће бити приказане у дањем тексту (чланови 27 – 30).

11.1. Одржавање зоне III

У зони III не могу се градити или употребљавати објекти и постројења, користити земљиште или вршити друге делатности, ако то угрожава здравствену исправност воде на изворишту, и то:

- трајно подземно и надземно складиштење опасних материја и материја које се не смеју директно или индиректно уносити у воде;
- производња, превоз и манипулисање опасним материјама и материјама које се не смеју директно или индиректно уносити у воде;
- комерцијално складиштење нафте и нафтних деривата;
- испуштање отпадне воде и воде која је служила за расхлађивање индустријских постројења;
- изградња саобраћајница без канала за одвод атмосферских вода;
- експлоатација нафте, гаса, радиоактивних материја, угља и минералних сировина;
- неконтролисано депоновање комуналног отпада, хаварисаних возила, старих гума и других материја и материјала из којих се могу ослободити загађујуће материје испирањем или цурењем;
- неконтролисано крчење шума;
- изградња и коришћење ваздушне луке;

- површински и подповршински радови, минирање тла, продор у слој који застире подземну воду и одстрањивање слоја који застире водоносни слој, осим ако ти радови нису у функцији водоснабдевања;
- одржавање ауто и мото трка.

11.2. Одржавање зоне II

У зони II не могу се градити или употребљавати објекти и постројења, користити земљиште или вршити друге делатности, ако то угрожава здравствену исправност воде на изворишту, и то:

- изградња или употреба објеката и постројења, коришћење земљишта или вршење друге делатности из члана 27. овог правилника (зона III) ;
- стамбена изградња;
- употреба хемијског ђубрива, течног и чврстог стајњака;
- употреба пестицида, хербицида и инсектицида;
- узгајање, кретање и испаша стоке;
- камповање, вашари и друга окупљања људи;
- изградња и коришћење спортских објеката;
- изградња и коришћење угоститељских и других објеката за смештај гостију;
- продубљивање корита и вађење шљунка и песка;
- формирање нових гробаља и проширење капацитета постојећих.

11.3. Одржавање зоне I

У зони I не могу се градити или употребљавати објекти и постројења, користити земљиште или вршити друге делатности, ако то угрожава здравствену исправност воде на изворишту, и то:

- изградња или употреба објеката и постројења, коришћење земљишта или вршење друге делатности из члана 28. овог правилника (зона II) ;
- постављање уређаја, складиштење опреме и обављање делатности који нису у функцији водоснабдевања;
- кретање возила која су у функцији водоснабдевања ван за то припремљених саобраћајница, прилаз возилима на моторни погон која нису у функцији водоснабдевања, коришћење пловила на моторни погон, одржавање спортова на води и купање људи и животиња;
- напајање стоке;
- узгајање рибе ради комерцијалног изловљавања.

Пристап зони I дозвољен је лицу запосленом у водоводном предузећу. Правно лице или предузетник који управља водоводним системом, пристап зони I може изузетно, у оправданим случајевима, дозволити и другом лицу. О посетиоцу зоне I води се евиденција која садржи личне податке посетиоца, период и разлог посете.

12. ЗАКЉУЧАК

Истраживани простор се налази на северо – западном крилу антиклинале Старе планине, у оквиру белопаланачког басена.

Извориште „Студена“, које је у саставу Нишког водоводног система (НИВОС) од 1961. године, је условљено тектонски карактеристичним попречним раседима (запад – исток) дуж којих долази до истицања подземних вода из пукотина које се налазе на контакту јурских кречњака и пермских пешчара. Истицање се јавља из већег броја пукоина различитих димензија. Подземне воде се крећу гравитационо кроз ове пукотине и прслине и имају правац кретања запад – исток.

Извориште „Студена“ дренира воду из три каптаже, са укупном издашношћу која варира од 200 l/s до 413 l/s (децембар, 1952.год) и просечном температуром збирне воде од 12 – 13 °С.

У овом раду су приказани резултати истраживања за период режимског осматрања од маја 2019. до маја 2020.године, и помоћу њих је утврђен биланс и режим подземних вода изворишта и оцена степена природне рањивости издани подземних вода. Поред тога, дат је и предлог о зонама санитарне заштите.

Закључено је да се ради о водама које имају микробиолошке компоненте имају недозвољене концентрације, па у вези са тим воде су бактериолошки неисправне, и могу се користити за водоснабдевање тек након третмана, односно хлорисања због присуства Културабилних микроорганизама на 37 °С (>300 cfu/1 ml) и Стрептокока фекалног порекла (SF).

Реч је о хладним, маломинерализованим, хидрокарбонатно – калцијумским водама. Хемијски састав је представљен помоћу формуле Курлова:

$$M_{0.18} \frac{HCO_{93}^3}{Ca_{77}Mg_{19}} T_{12.4} pH_{7.8}$$

Режимским осматрањима су анализирани и квантитативне карактеристике издани изворишта „Студена“. Са обзиром на то да је осматрани период био сушан (падавине 20% мање него просечне падавине у претходне двадесет и једне године) сви добијени подаци се могу сматрати релевантним.

Просечна месечна издашност изворишта се кретала од 221,7 l/s до 381,5 l/s. Максималне издашности су забележене у месецу јуну, након обилнијих пролећних киша. Минималне издашности су пак почетком фебруара, што је и очекивано, обзиром да се издан храни атмосферским водама које се сливају низ Стару планину која је у том преиоду покривена снежним покривачем, па је прихрањивање издани минимално. Анализирајући дијаграм приказан на прилогу 6, може се извести закључак да падавински режим има утицај на режим издашности изворишта Студена, што је и логично, с обзиром да се карстна издан у оквиру јурских и кредних кречњака, практично у потпуности, прихрањује на рачун атмосферских талога у зони Суве планине. Ипак, овај утицај је јако ублажен. Ове чињенице указују да се, значајним делом ради о дубљој циркулацији подземних вода у оквиру карстне издани. То се јасно може видети ако се анализира дијаграм на прилогу 6, током маја 2019. године, када је излучена већа количина падавина. Укупна издашност изворишта се готово тренутно почела повећавати и нагло је расла наредних 15 – 20 дана, а затим је кренула да опада.

Анализа биланса подземних вода указује да 72% падавина излучених на овај део Старе планине истекне кроз једно од извора на северном и јужном ободу Старе панине, а реч је о изворишту Студена, Бојанине воде, Горњи душник, Сопотница и Лазиње. Кроз Студену истекне чак 56,8% атмосферског талога.

Рецесија, односно пражњење врела је постепено и може трајати и до 200 дана са коефицијентом пражњења од $\alpha = 0,003$ дан⁻¹. Извориште има значајне

резерве у погледу водоснабдевања. Њихова оцена и категоризација је приказана на следећој табели:

Извориште "Студена"	Укупне резерве		Врста сировине
категорија резерви	Q (l/s)	учинак по категорији (%)	
Б	191,4	66	питка подземна вода хидрокарбонатне класе, калцијумске групе (HCO ₃ -Na)
Ц1	99,6	34	
Укупно (Б + Ц1)	291	100	

Процена природне рањивости подземних вода изворишта Студена, уз израчунавање индекса ањивости и израду карата рањивости, уз рангирање рањивости од „ниске“ до „врло високе“ извршена је применом методе ЕПИК. Терен који је окарактерисан као подручје са „врло високом“ и „високом“ рањивошћу углавном је изграђен од карстификованих кречњака и доломита. Одсуство насеља на Сувој планини пружа одличне услове за заштиту подземних вода.

Подаци који су добијени истраживањем за потребе овог рада имају велики значај за разумевање важности подземних вода у оквиру ове зоне, као и предлог даљих и детаљнијих истраживања свих вода у оквиру Старе планине. А нарочито изворишта Студена које је најмање истражено до сада, а представља један од значајнијих на овом подручју.

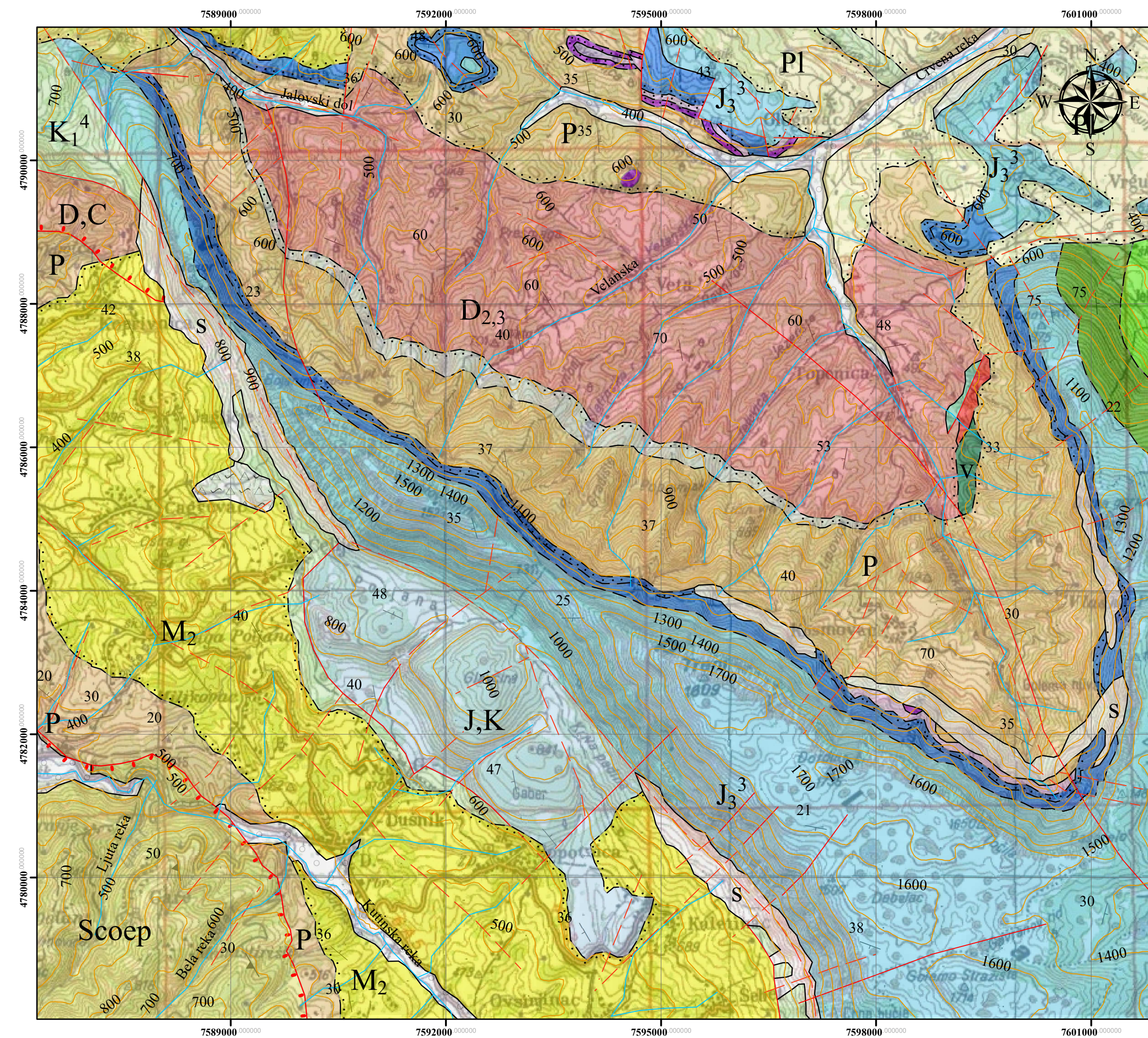
Литература

1. Група аутора, 1980. Тумач за лист Бела Паланка, К 34-33, Савезни геолошки завод, Београд
2. Љ. Менковић, 2011. Детаљна геоморфолошка карта Бела Паланка, 2003: геоморфолошка карта Србије 1:500 000, Београд
3. Василић Т. и други, 1971. Карта и Тумач за ОГК СФРЈ 1:100 000, лист К 34 – 33 Бела Паланка, Савезни геолошки завод, Београд
4. Фондовска документација ЈКП "Naissus" Ниш
5. Лазић Б.и Николић А, 2020. Други елаборат о резервама подземних вода изворишта Студена код Нишке Бање (Каптаже 1, 2 и 3), Београд
6. Крешић Н, 1991. Квантитативна хидрогеологија карста са елементима заштите подземних вода, Научна књига, Београд
7. Живановић В, 2011. Оцена рањивости подземних вода од загађења на примерима карста Србије, магисарски рад, Рударско-геолошки факултет у Београду;
8. Драгишић В, 2014. Општа хидрогеологија, Универзитет у Београду, Београд;
9. Ђокић В, 2013. Елаборат о резервама подземних вода изворишта Студена код Нишке Бање, „Хидрогеоцентар“ д.о.о., Београд;
10. Петровић Б, 2020. функционисање и утицај епикарста на режим, биланс и квалитет подземних вода источног дела карстног система Суве планине, докторска дисертација, Рударско – геолошки факултет у Београду

ИНТЕРНЕТ ИЗВОРИ

11. Званична интернет презентација ЈКП "Naissus" Ниш:
<http://www.jkpnaissus.co.rs>
12. Интернет презентација Републичког хидрометеоролошког завода Републике Србије: <http://hidmet.gov.rs>

ГРАФИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА



Legenda kartiranih jedinica

- Sipar, s
- Aluvijalne naslage, al
- Deluvijum, d
- Peskovi, šljunkovi, leporci i gline, P₁
- Gline, peskovi i šljunkovi, M_{2,3}
- Peskovi, gline i šljunkovi, M₂
- Laporci, peščari, glinci i krečnjaci, M₁
- Peščari i laporci, K₁⁴
- Bankoviti i slojeviti krečnjaci i dolomiti, K₁³⁺⁴
- Krečnjaci, dolomiti i laporci, K₁¹⁺²
- Bankoviti i slojeviti krečnjaci, J,K
- Bankoviti i slojeviti krečnjaci, J₃³
- Dolomiti i dolomitični krečnjaci, J₃¹⁺²
- Krečnjaci i peščari, J₂
- Peskoviti i laporoviti krečnjaci, T₁²
- Konglomerati i grubozrni peščari, T₁¹
- Konglomerati, peščari i alevroliti, P
- Peščari, glinci i konglomerati, C₃
- Peščari, filiti i hloritski škriljci, D,C
- Peščari, peskoviti glinci i alevroliti, D_{2,3}
- Krečnjaci, S₃
- Plagiograniti, gp
- Metamorfisani gabrovi, v
- Aplit-hloritski i epidot-hloritski škriljci, Scoep

Legenda standardnih oznaka

- Sigurno utvrđena normalna granica
- Pokrivena normalna granica
- Erozijska ili tektonsko-erozijska granica, pokrivena
- Rased bez oznake karaktera, osmatran
- Rased bez oznake karaktera, pretpostavljen
- Čelo navlake
- izohipse
- reke
- Elementi pada sloja, pojedinačno merenje;500
- Elementi pada folijacije, pojedinačno merenje;549

RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKUTET
 Departman za hidrogeologiju



Autor priloga:
 Andrijana Drčelić

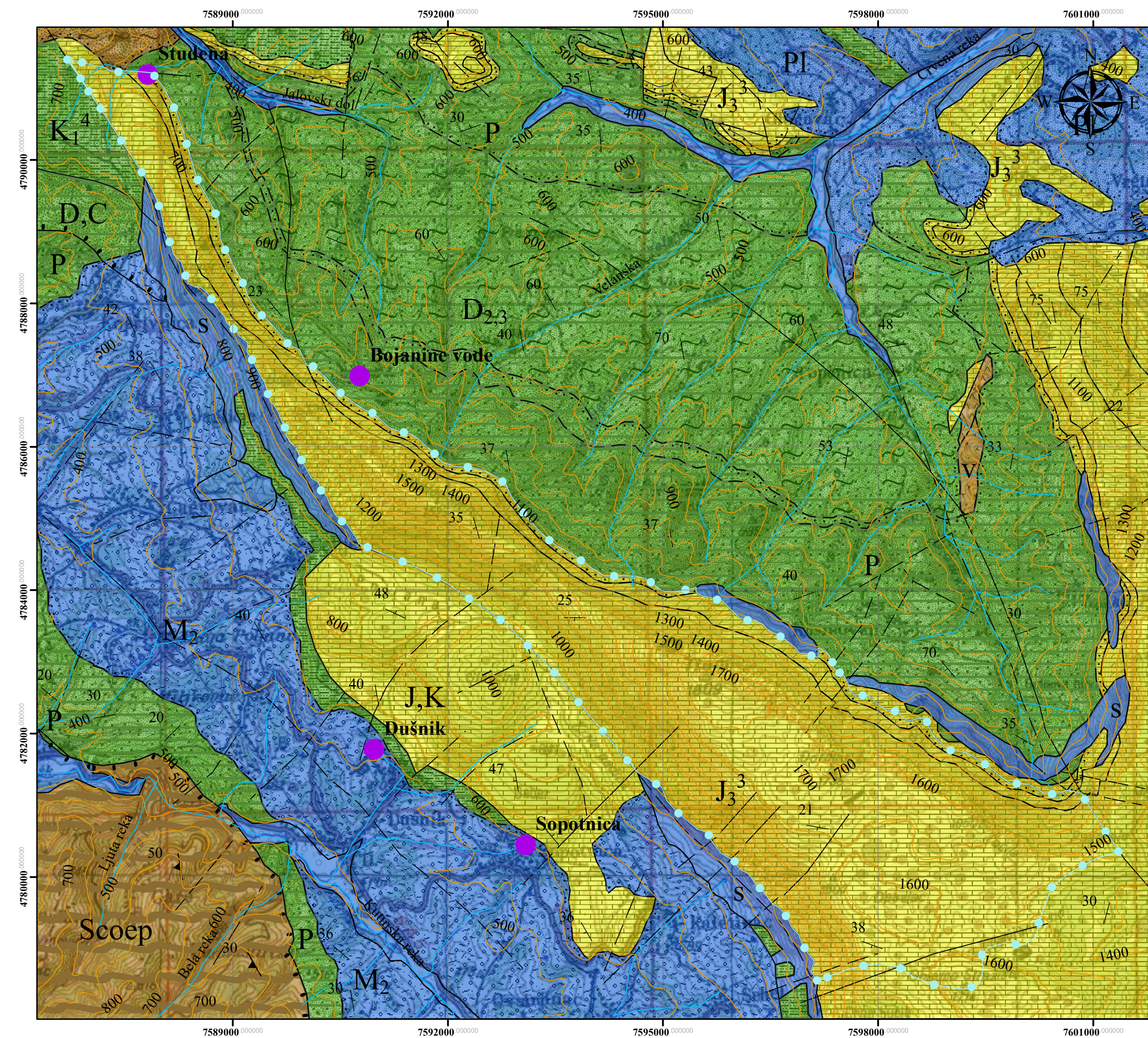
Završni rad: Režim, rezerve i uslovi zaštite izvorišta Studena

**GEOLOŠKA KARTA PODRUČJA
 ISTRAŽIVANJA**
 1:50000

Broj indeksa:
 G641/19

Datum:
 23.9.2022.

PRILOG 1



Legenda kartiranih jedinica

- Sipar, s
- Aluvijalne naslage, al
- Deluvijum, d
- Peskovi, šljunkovi, leporci i gline, Pl
- Gline, peskovi i šljunkovi, M_{2,3}
- Peskovi, gline i šljunkovi, M₂
- Laporci, peščari, glinci i krečnjaci, M₁
- Peščari i laporci, K₁⁴
- Bankoviti i slojeviti krečnjaci i dolomiti, K₁³⁺⁴
- Krečnjaci, dolomiti i laporci, K₁¹⁺²
- Bankoviti i slojeviti krečnjaci, J,K
- Bankoviti i slojeviti krečnjaci, J₃³
- Dolomiti i dolomitični krečnjaci, J₃¹⁺²
- Krečnjaci i peščari, J₂
- Peskoviti i laporoviti krečnjaci, T₁²
- Konglomerati i grubozrni peščari, T₁¹
- Konglomerati, peščari i alevroliti, P
- Peščari, glinci i konglomerati, C₃
- Peščari, filiti i hloritski škriljci, D,C
- Peščari, peskoviti glinci i alevroliti, D_{2,3}
- Krečnjaci, S₃
- Plagiograniti, gp
- Metamorfisani gabrovi, v
- Aplit-hloritski i epidot-hloritski škriljci, Scoep

Legenda standardnih oznaka

- Elementi pada sloja, pojedinačno merenje; 500
- Elementi pada folijacije, pojedinačno merenje; 549
- Sigurno utvrđena normalna granica
- Pokrivena normalna granica
- Erozijska ili tektonsko-erozijska granica, pokrivena
- Rased bez oznake karaktera, osmatran
- Rased bez oznake karaktera, pretpostavljen
- Čelo navlake
- izohipse
- reke
- vododelnica
- izvori

Legenda hidrogeoloških karakteristika (tip izdani)

- Zbijeni tip izdani
- Pukotinski tip izdani
- Karstni tip izdani
- Uslovno bezvodni delovi terena

RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKUTET
 Departman za hidrogeologiju



Autor priloga:
 Andrijana Drčelić

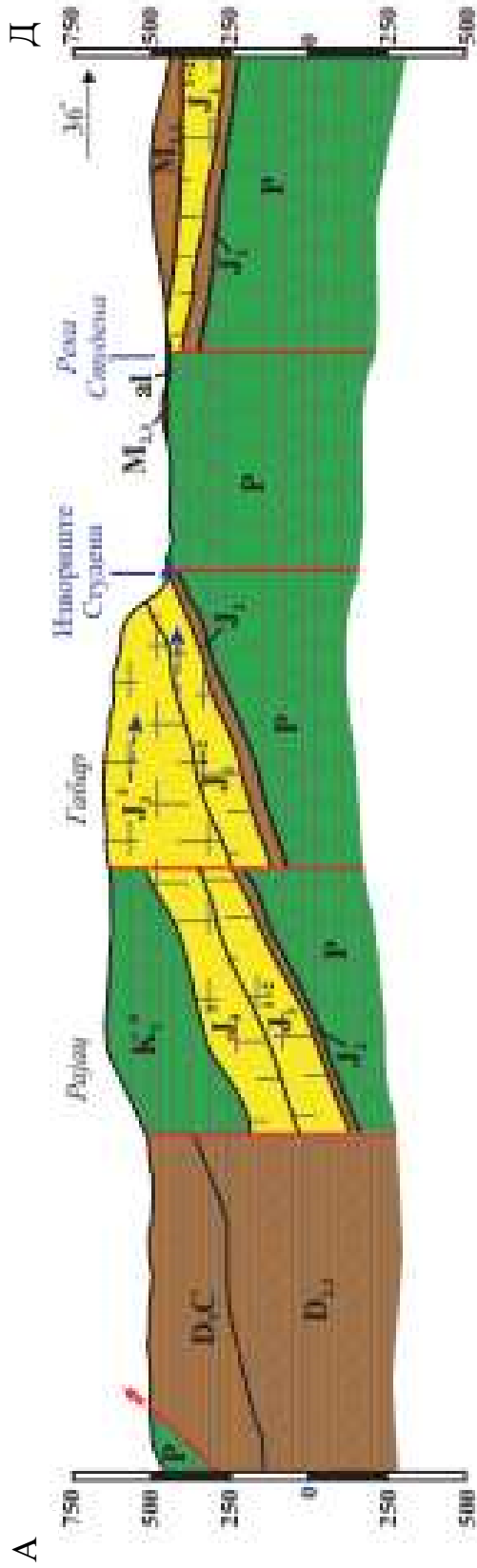
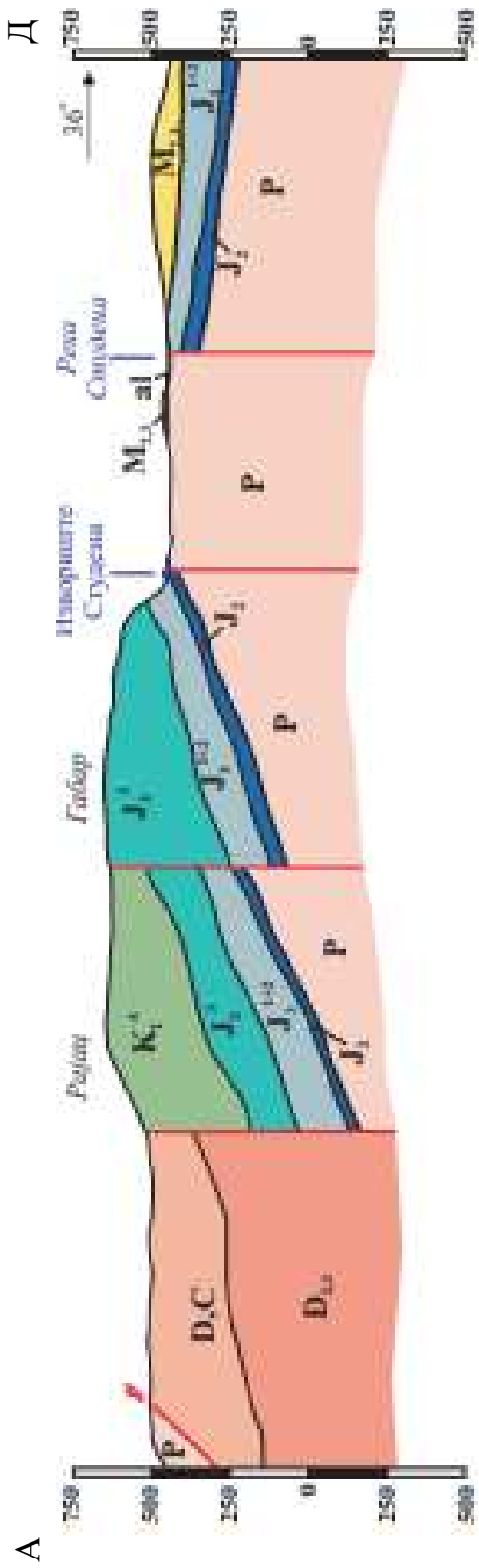
Završni rad: Režim, rezerve i uslovi zaštite izvorišta Studena

**HIDROGEOLOŠKA KARTA PODRUČJA
 ISTRAŽIVANJA**
 1:50000

Broj indeksa:
 G641/19

Datum:
 23.9.2022.

PRILOG 2



RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
 Departman za hidrogeologiju



Završni rad: Režim, rezerve i uslovi zaštite izvorišta Studena

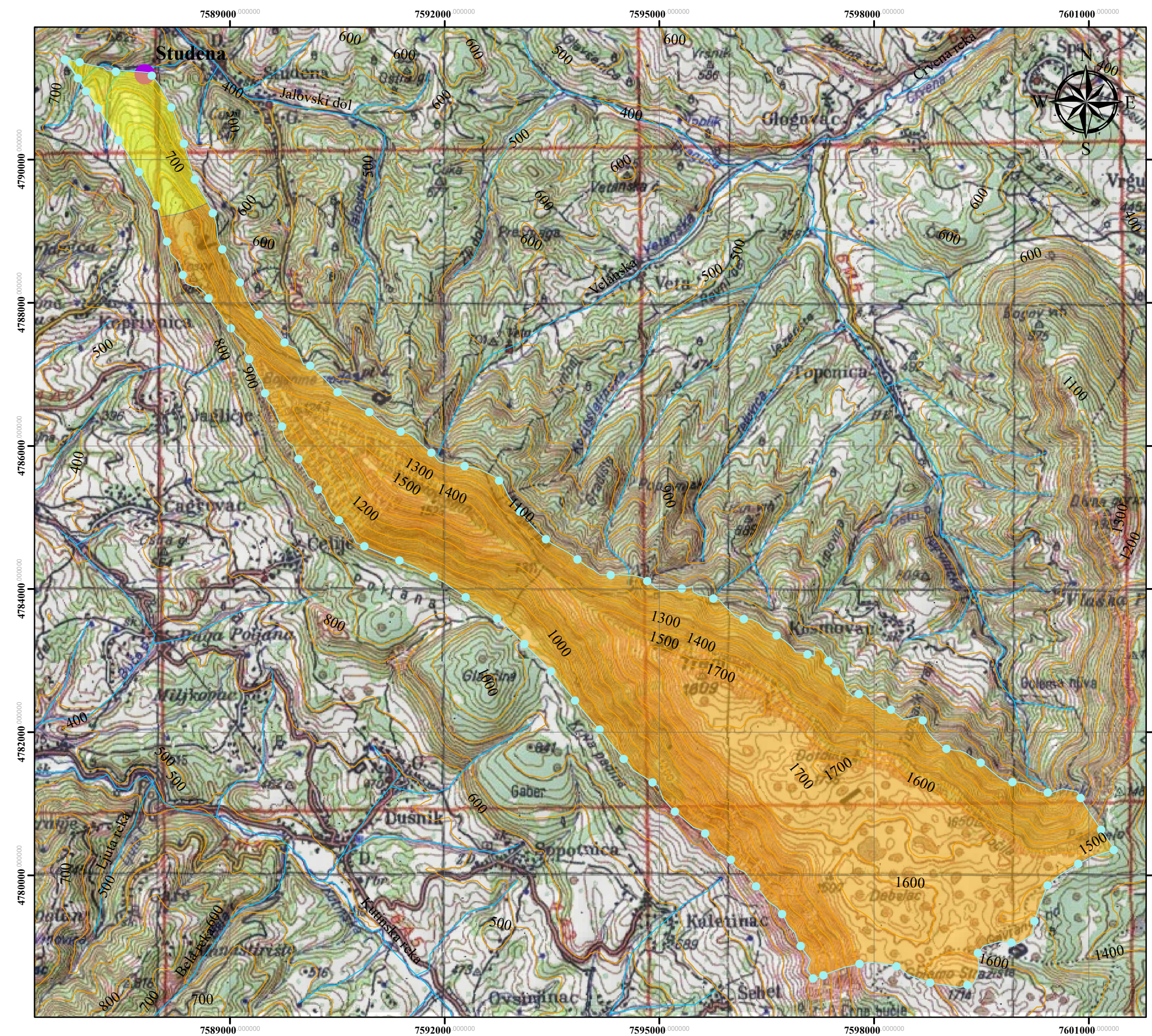
GEOLOŠKI I HIDROGEOLOŠKI PROFIL A - D
 1:25000

Autor priloga:
 Andrijan Drčelić

Broj indeksa:
 G641/19

PRILOG 3

Datum:
 23.9.2022.

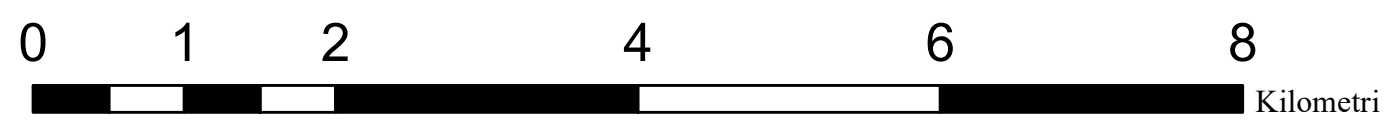


Legenda prostornog rasporeda zona sanitarne zastite

- II zona sanitarne zastite
- III zona sanitarne zastite

Legenda standardnih oznaka

- izvor
- vododelnica
- reke
- izohipse



RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKUTET
 Departman za hidrogeologiju

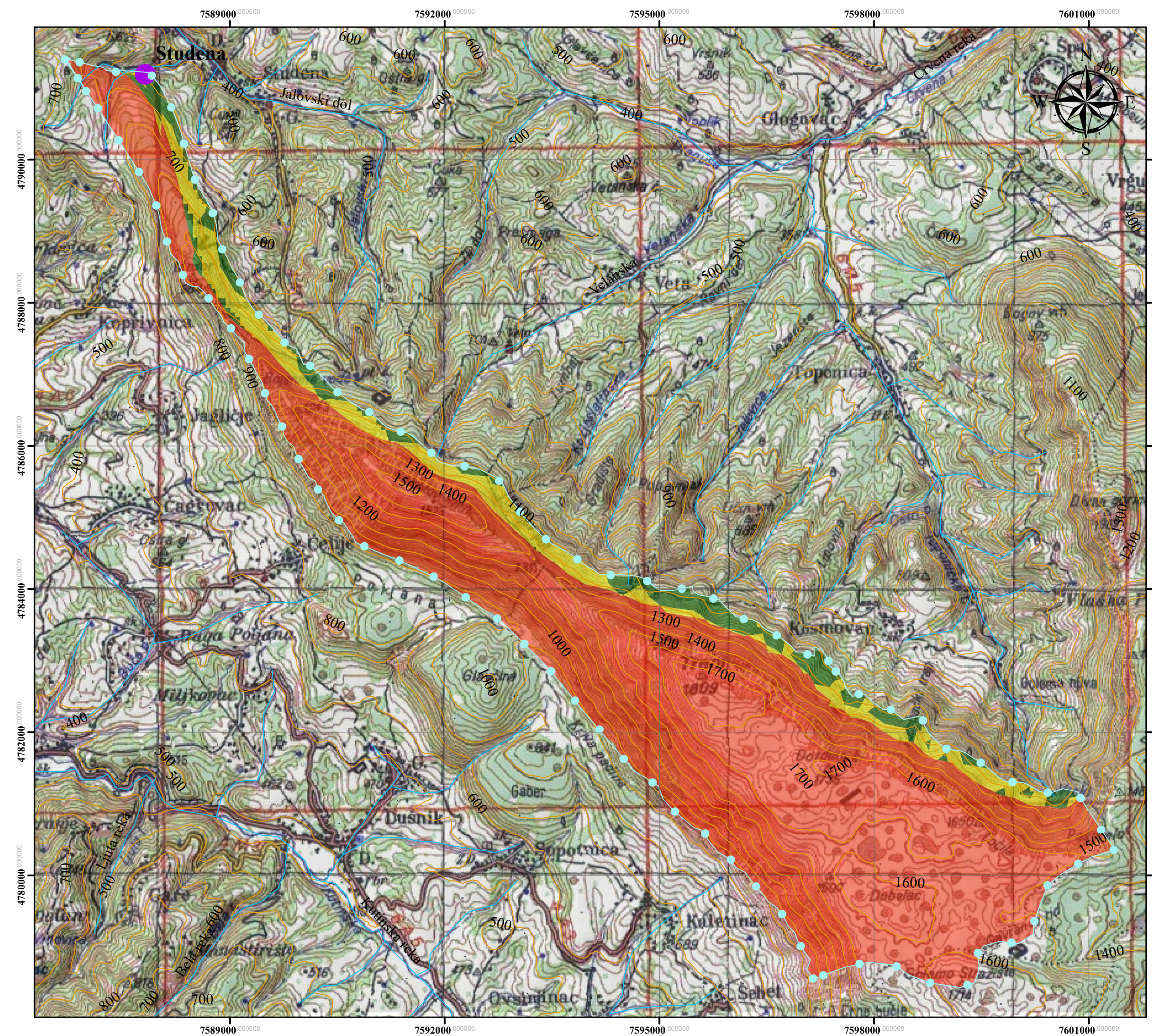


Autor priloga:
 Andrijana Drčelić

Završni rad: Režim, rezerve i uslovi zaštite izvorišta Studena

**KARTA PROSTORNOG RASPOREDA
 ZONA SANITARNE ZAŠTITE
 1:50000**

Datum: 23.9.2022.	PRILOG 4
----------------------	----------

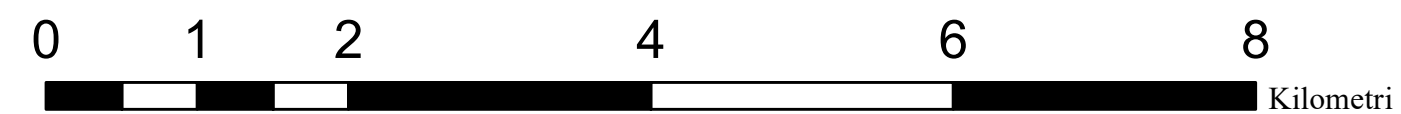


Legenda prostorne raspodele EPIK indeksa ranjivosti

- <19 veoma visok
- 19-25 visok
- >25 nizak

Legenda standardnih oznaka

- vododelnica
- izvori
- reke
- izohipse



RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKUTET
 Departman za hidrogeologiju



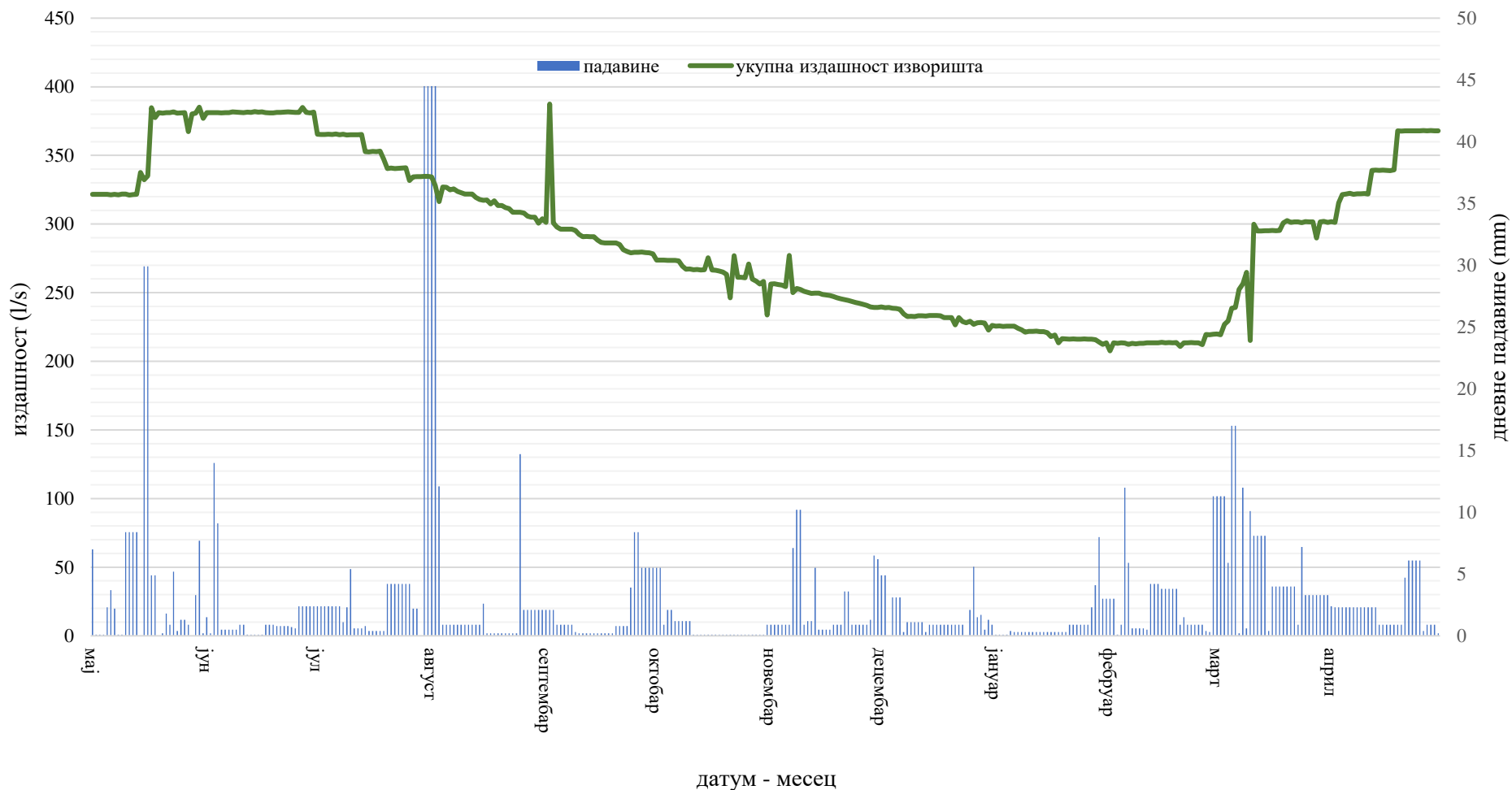
Autor priloga:
 Andrijana Drčelić

Završni rad: Režim, rezerve i uslovi zaštite izvorišta Studena

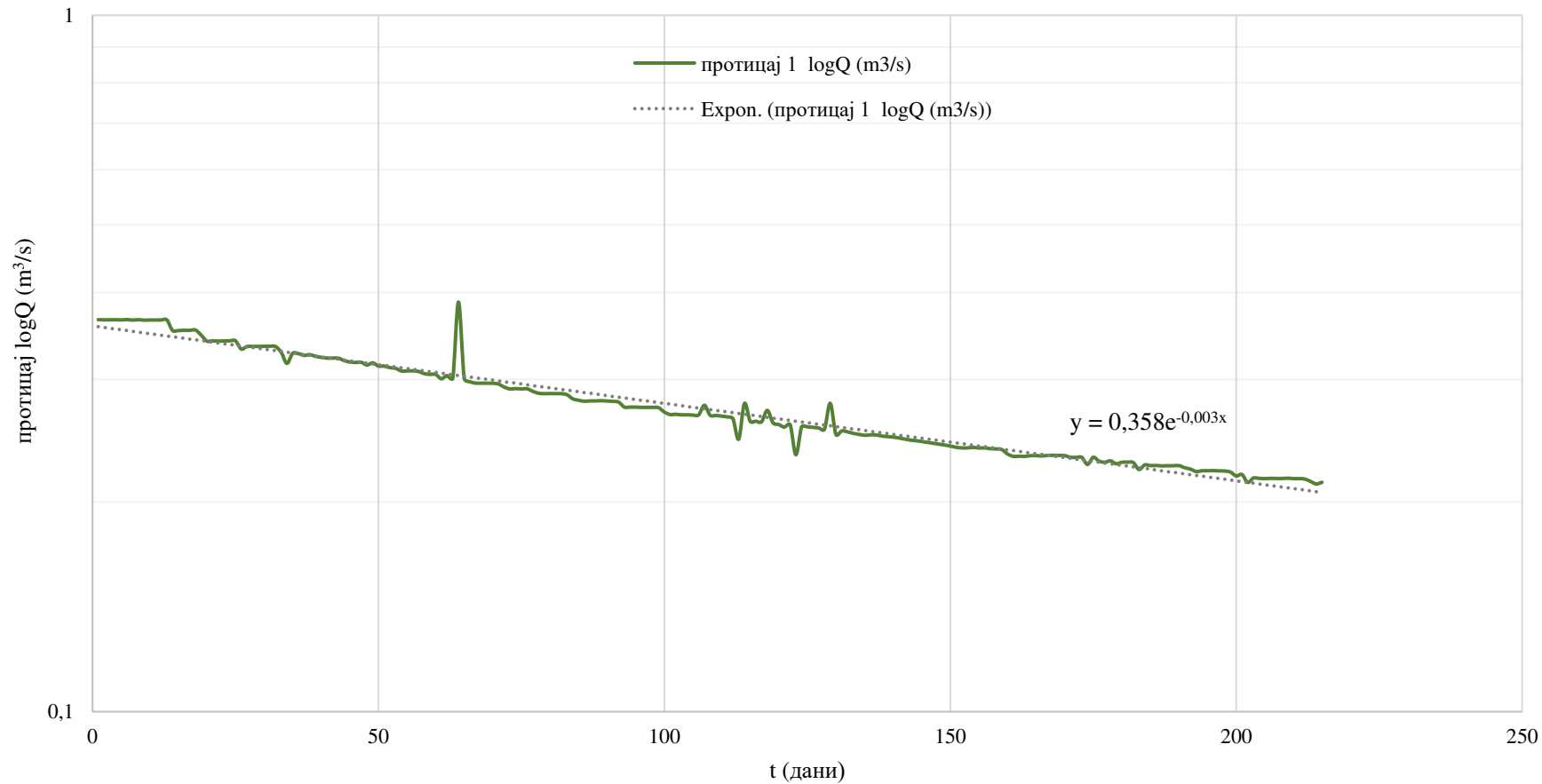
PROSTORNA RASPODELA EPIK INDEKSA RANJIVOSTI 1:50000


Datum:
 23.9.2022.

PRILOG 5



RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET Departman za hidrogeologiju 	Završni rad: Režim, rezerve i uslovi zaštite izvora Studena		
	UPOREDNI DIJAGRAM IZDAŠNOSTI IZVORIŠTA STUDENA I PADAVINA U PERIODU MAJ 2019 - MAJ 2020. GOD.		
Autor priloga: Andrijan Drčelić	Broj indeksa: G641/19	Datum: 23.9.2022.	PRILOG 6

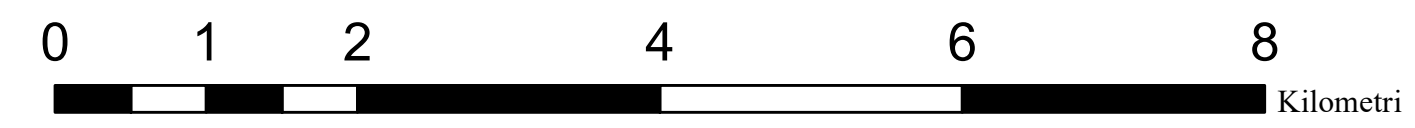


RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET Departman za hidrogeologiju 	Završni rad: Režim, rezerve i uslovi zaštite izvora Studena		
	GRAFIČKI PRIKAZ ANALIZE RETARDACIONE KRIVE IZVORIŠTA STUDENA (PERIOD 01.7.2019 - 31.1.2020. GODINE)		
Autor priloga: Andrijan Drčelić	Broj indeksa: G641/19	Datum: 23.9.2022.	PRILOG 7



Legenda standardnih oznaka

- izvor
- vododelnica
- reke
- izohipse



RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKUTET
 Departman za hidrogeologiju

Završni rad: Režim, rezerve i uslovi zaštite izvorišta Studena

**TOPOGRAFSKA KARTA ISTRAŽNOG
 PODRUČJA**

1:50000

Autor priloga:
 Andrijana Drčelić

Datum:
 23.9.2022.

PRILOG

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Андријана Дрчелић

Број индекса Г641/19

И з ј а в љ у ј е м

да је завршни рад под насловом

Режим, резерве и услови заштите извора Студена

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да завршни рад у целини ни у деловима није био предложен за стицање друге дипломе на студијским програмима Рударско-геолошког факултета или других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, 21.9.2022.год.

Потпис студента

ИЗЈАВА
О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента Андријана (Мирослав) Дрчелић

Број индекса Г641/19

Студијски програм хидрогеологија

Наслов рада Режим, резерве и услови заштите извора Студена

Ментор проф. др. Игор Јемцов

Изјављујем да је штампана верзија мог завршног рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради одлагања у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета.

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

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Рударско-геолошког факултета.

У Београду, 21.9.2022.год.

Потпис студента

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

Овлашћујем библиотеку Рударско-геолошког факултета да у Дигитални репозиторијум унесе мој завршни рад под насловом:

Режим, резерве и услови заштите извора Студена

који је моје ауторско дело.

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

Мој завршни рад одложен у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета је *(заокружити једну од две опције):*

I. редуковано доступан кроз наслов завршног рада и резиме рада са кључним речима;

II. јавно доступан у отвореном приступу, тако да га могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се уз сагласност ментора 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)

(Заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве.)

У Београду, 21.9.2022.год.

Потпис ментора

Потпис студента

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
 2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
 3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
 4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
 5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
 6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.
-

Библиотека Рударско-геолошког факултета

ПОТВРДА

О ПРЕДАЈИ ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ЗАВРШНОГ РАДА

Потврђује се да је студент _____ Андријана (Мирослав) Дрчелић _____,
(име (име родитеља) презиме)

бр. индекса Г641/19 предао/ла електронску верзију завршног рада на
основним/мастер академским студијама под насловом:

Режим, резерве и услови заштите извора Студена

који је урађен под менторством _____ проф. др. Игор Јемцов _____
(име, презиме и звање)

за Дигитални репозиторијум завршних радова РФФ-а.

Потврда се издаје за потребе Одељења за студентска и наставна питања и не може се
користити у друге сврхе.

У Београду, 21.9.2022.год.

Библиотекар
