

Образац 3.

Факултет Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

„Пројекције потенцијалног утицаја климатских промјена на карстне изданске воде Јадранског

слива Црне Горе до краја 21. вијека

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Геолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Јелена (Слободан) Крстајић, мастер инжењер геологије

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

Хидрогеологија

3. Година завршетка

претходног нивоа студија: 2014.

4. Година уписа на докторске студије:

2015/16.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Хидрогеологија

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Саша Милановић

Звање: Доцент

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Milanović S. i Vasić Lj. 2021, Methodological approaches and research techniques for addressing construction and remediation problems in karst reservoirs, *Hydrogeology journal* 29, 101–122 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02280-1> IF 3.151
2. Huang F, Vasic Lj, Wu X, Cao J, Milanović S., 2019, Hydrochemical features and their controlling factors in the Kucaj Beljanica Massif, Serbia, *Environmental Earth Sciences* (2019) 78:498, <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8452-4> IF 2.18
3. Vasić Lj., Milanović S., Puskas-Preszner A., Palcsu L., 2020., Determination of the groundwater-leakage mechanism (binary mixing) in a karstic dam site using thermometry and isotope approach (HPP Visegrad, Bosnia, and Herzegovina), *Environmental Earth Sciences* (2020) 79:174, Springer, <https://doi.org/10.1007/s12665-020-08910-x> IF 2.78
4. Vasić Lj., Milanović S., Stevanović Z., Palcsu L., 2020., Definition of groundwater genesis and circulation conditions of the complex hydrogeological karst system Mlava-Belosavac-Belosavac-2 (eastern Serbia), *Carbonates and Evaporites*, 35:16, ISSN print: 0891-2556, SPRINGER, <https://doi.org/10.1007/s13146-020-00550-3> IF 1.3
5. Alexander Klimchouk, David Evans, Sasa Milanovic, Cristian Bittencourt, Mauro Sanchez, F. Carlos Aguirre. Hypogene speleogenesis related to porphyry magmatic intrusions and its influence on subsequent karst evolution in the Peruvian high Andes, *Geomorphology*, Elsevier, (2023), <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108488> IF 4.40
6. Golian Mohsen, Teshnizi Ebrahim Sharifi, Parise Mario, Terzic Josip, Milanovic Sasa, Ristic-Vakanjac Vesna, R Mahdad Masoud Abbasi, Mehdi Taghikhani, Hossein Saadat Habib 2021, A new analytical method for determination of discharge duration in tunnels subjected to groundwater inrush, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, *Bull Eng Geol Environ* **80**, 3293–3313 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10064-021-02140-6> IF 4.13

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној _____ размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

На основу члана 181. став 6. Статута Универзитета у Београду и члана 175. став 6. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 21.10.2021. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Јелени Крстајић, мастер инж. геологије**, на студијском програму Хидрогеологија, највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

На основу члана 181. став 6. Статута Универзитета у Београду и члана 175. став 6. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 22.09.2022. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Јелени Крстајић, мастер инж. геологије**, на студијском програму Хидрогеологија, највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

На основу члана 40. Закона о високом образовању, члана 114. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 34. Правилника о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 22.12.2022. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације **Јелене Крстајић, мастер инж. геологије**.
2. Одобрава се именованој израда докторске дисертације под насловом *„Пројекције потенцијалног утицаја климатских промјена на карстне изданске воде Јадранског слива Црне Горе до краја 21. вијека“*.
3. Тема докторске дисертација је оригинална идеја, од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.
4. За ментора се именује др Саша Милановић, доц.
5. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Ментору
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Оцена научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Јелене Крстајић

Одлуком бр. 1/361 од 28.11.2022. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Јелене Крстајић под називом:

„Пројекције потенцијалног утицаја климатских промјена на карстне изданске воде Јадранског слива Црне Горе до краја 21. вијека“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат Јелена Крстајић рођена је 10. новембра 1990. године у Никшићу. Након завршене гимназије Стојан Церовић у Никшићу, 2009. године уписује смер за хидрогеологију на Рударско – геолошком факултету Универзитета у Београду. Основне академске студије хидрогеологије завршава септембра 2013. године, са просечном оценом 9,31. Исте године уписује мастер академске студије хидрогеологије, које завршава октобра 2014. са просечном оценом 10,00. Од октобра 2015. године је студент докторских студија на Департману за хидрогеологију Рударско – геолошког факултета. Кандидат Јелена Крстајић радно искуство започиње 2013. године у приватном сектору. Након две године стручног усавршавања, кандидат остварује право да полаже стручни испит, што и остварује одбраном *Пројекта детаљних хидрогеолошких истраживања за потребе израде*

Елабората о резервама подземних вода изворишта кланице „Вукеновић“ (Бољевци – Општина Сурчин). Кандидат потом уписује докторске студије у октобру 2015. године, и постаје стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја Србије у оквиру пројекта основних истраживања *„Потенцијал и подлоге за одрживо коришћење подземних вода“ – ОИ 176022*, чији је руководиоца био проф. др Зоран Стевановић, Департамента за хидрогеологију Рударско – геолошког факултета. Кандидат од 2015. године стиче професионално искуство у истраживачким пројектима и студијама у којима се највише бави истраживањем хидрогеолошких карактеристика карстних терена Црне Горе, улогом хидрогеологије у управљању речним сливом, применом Оквирне директиве о водама Европске уније у земљама које су чланице, али и земљама које су кандидати за чланство. Кандидат је била председник организације за младе (Youth Water Community for Central and Eastern Europe) у периоду од јула 2017. до јануара 2019. године.

Кандидат Јелена Крстајић је положила испите предвиђене програмом акредитованих докторских академских студија потребне за пријаву теме докторске дисертације. До сада је остварила укупно 120 ЕСПБ са просечном оценом 9,54. Положени испити су:

Р. бр.	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1	Самостални публиковани рад П1	10	5
2	Семинар 1	10	5
3	Практични истраживачки рад	10	15
4	Специјална поглавља из хидрогеолошких истраживања и менаџмента хидрогеолошких масива	10	20
5	Седиментациони системи	10	10
6	Семинар 2	8	5
7	Специјална поглавља из захвата и одрживог коришћења маломинерализованих вода	10	20
8	Рад са <i>SCI</i> листе	10	15
9	Студијски истраживачки рад 1	8	5
10	Пројекат докторске дисертације	9	5
11	Специјална поглавља из хидрогеологије животне средине	10	15

Захтев за одобрење потенцијалне теме докторске дисертације поднела је у новембру 2022. године.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Октобра 2015. године, кандидат Јелана Крстајић, уписала је докторске академске студије на Рударско-геолошком факултету у Београду, научна

област хидрогеологија. Положила је укупно 11 испита (од 17) предвиђених програмом докторских студија Рударско-геолошког факултета, са просечном оценом 9,54.

Кандидат Јелена Крстајић је добитник награде за најбољи рад на ГИС форуму Србије 2015. године, као и стипендије за талентоване студенте Министарства просвете Црне Горе. Кандидат је награђена од стране Инжењерске коморе Црне Горе, као један од пет најбољих студената из категорије инжењерских наука.

Члан је Српског геолошког друштва и Комисије за карст Српског геолошког друштва од 2015. године, Светског омладинског парламента за воде од 2018. (World Youth Parliament for Water – WYPW) и члан Унескове омладинске организације за подземне воде (Groundwater Youth Network – GWYN).

Докторанд, Јелена Крстајић, учествовала је на више конгреса и научних скупова, аутор је и коаутор више стручних и научних радова.

Кандидат је у периоду 2015 – 2022. године учествовала на више домаћих и међународних научних и стручних скупова:

1. Мултидисциплинарна конференција **“Карст 2022: Значај, стање и перспективе коришћења и заштите ресурса у карсту”**, Српска академија наука и уметности, САНУ, 21-22 Октобар 2022 год.
2. Online научни скуп **„Karst from top to bottom“**, јун 2021. год.
3. Online научни скуп **„Сто година Миланковићеве теорије о климатским променама“**, новембар 2020. год
4. Годишњи конгрес Међународне асоцијације хидрогеолога **“Groundwater Heritage and Sustainability”**, Дубровник, Хрватска, 25 – 29. септембар 2017. године
5. XV српски симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем, Департман за хидрогеологију Рударско – геолошког факултета Универзитета у Београду, 14–17. септембар 2016. године, Копаоник, Србија
6. Интернационална конференција **„Karst Without Boundaires“**, Хидроелектране на Требишњици, Центар за хидрогеологију карста, Департман за хидрогеологију Рударско – геолошког факултета Универзитета у Београду, 11 – 15. јун 2014, Требиње, Република Српска, Босна и Херцеговина
7. XVI Конгрес геолога Србије, 22 – 25. мај 2014. године, Доњи Милановац

Списак до сада објављених радова је следећи:

1. **Крстајић Ј.** & Меденица Б. (2022): Иницијализација систематизације карстних извора Јадранског слива Црне Горе, књига апстракта мултидисциплинарне конференције “Карст 2022: Значај, стање и перспективе коришћења и заштите ресурса у карсту”, САНУ, ISBN 978-86-7025-956-0.
2. Ђулафић Г., Петровић Б., Мариновић В. & **Крстајић Ј.**, (2022): Хидролошко и хидраулички механизам истицања врела Ријека Црнојевића, Зборник радова са научног скупа КРАС- вековна научна инспирација, Географски факултет, Београд, ISBN - 978-86-6283-127-9, стр. 283-294
3. Ђулафић Г., **Крстајић Ј.**, Петровић Б. & Мариновић В. (2022): *Резултати уницијалних хидрогеолошких истраживања карстног врела Бијели Нерини (централна Црна Гора)*, Записници Српског геолошког друштва за 2021. годину, стр. str. 27-42, Београд, Србија, ISSN 0372-9966
4. **Крстајић Ј.** (2021): *Climate Change effects on groundwater resources, case study: Rijeka Crnojevića*, Book of Abstracts of the Multidisciplinary Conference “Karst: From Top to Bottom” , стр.15, ISBN 978-86-7352-369-9
5. Стевановић З., Мариновић В. & **Крстајић Ј.** (2020): *CC-PESTO: a novel GIS-based method for assessing the vulnerability of karst groundwater resources to the effects of climate change*. Hydrogeol J (2020). <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02251-6>
6. Мариновић, В. & **Крстајић, Ј.** (2018): *Билансирање водних тела подземних вода на примеру Лелићког и Јадарског карста*; Записници Српског геолошког друштва за 2017. годину, стр. str. 27-42, Београд, Србија, ISSN 0372-9966
7. **Крстајић Ј.** (2017): *Importance of stable and reliable monitoring of karst aquifers in assessing CC impact*, постер рад, 44ти конгрес Интернационалне асоцијације хидрогеолога-подземне воде и одрживо наслеђе, Дубровник, Хрватска
8. Радуловић М., Секулић Г., Благојевић М, **Крстајић Ј.** & Вако Е. (2016): *An assessment of territory participation in transboundary karst aquifer recharge: A case study from the Skadar Lake catchment area*, монографија Karst without Boundaries (pp.87-99), <https://doi.org/10.1201/b21380>

9. **Крстајић Ј. (2016):** Упоредна анализа метода за оцјену хазарда и ризика од загађења подземних вода, Зборник радова XV српског симпозијума о хидрогеологији са међународним учешћем, Копаоник, 14-17. септембар 2016, Србија, стр. 627., ISBN 978-86-7352-316-37.
10. **Крстајић Ј. (2015):** *Примјена ГИС технологија у оцјени рањивости карстних изданских вода: студија случаја карстне издани сјеверног дијела Никшићког поља*, Зборник радова са ГИС форума 2015, Београд
11. **Крстајић, Ј. & Мариновић, В. (2015):** *Оцјена хазарда и природне рањивости карстних изданских вода на примјеру сјеверног дијела Никшићког поља са ободом*; 8. Симпозијум о заштити карста и скуп спелеолога Србије, Пирот

2. ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ТЕМЕ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

ПРЕДЛОГ НАЗИВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

„Пројекције потенцијалног утицаја климатских промјена на карстне изданске воде Јадранског слива Црне Горе до краја 21.вијека“.

НАУЧНА ОБЛАСТ КОЈУ ОБУХВАТА ТЕМА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:
Хидрогеологија

ПРЕДМЕТ И ЦИЉ НАУЧНОГ ИСТРАЖИВАЊА

Климатске промене представљају једну од приоритетних тема у политици међународне заједнице. Све већа пажња, која се поклања овој тематици, резултат је приметних промена у екосистемима, доступности хране, водоснабдевању, а које су пре свега последица све мањих доступних количина квалитетне воде. Насупрот проблемима чешћих суша, стоје и периоди неконтролисаних поплава вода, док се земље у приобалним областима мора и океана већ одавно боре са надирањем морске воде која је резултат повећавања нивоа светског мора. Проблематика и ефекти климатских промена су комплексни и далекосежни, па су бројне глобалне иницијативе оформљене у циљу њеног решавања. Поред покушаја ублажавања климатских промена, чији смо сведоци, као хитан одговор на исте, неопходно је радити на развоју система адаптације на климатске промене. У процесу прилагођавања и ублажавања ефеката климатских промена, повезаност свих сектора је круцијална укључујући политику, привреду и науку.

Потврда актуелности теме може се наћи и у појави поплавних екстрема на подручју Црне Горе, где се посебно издваја 2010. година, када су у новембру и децембру забележени веома високи водостаји, а нарочито у хидролошком систему Зета-Морача-Скадарско језеро-Бојана (део Јадранског слива Црне Горе).

Даље, тема наилази на оправдање и кроз многе националне активности, па тако према предлогу Националног плана заштите и спашавања од поплава (2019), очекује се да ће поплавни догађаји бити и чешћи и интензивнији, као последица климатских промена. Циљ Стратегије управљања водама Црне Горе (2017) јесте обезбедити заштиту и очување водних ресурса у земљи, посебно воде за пиће. У Трећем националном извештају о поплавама у Црној Гори (2017), наводи се да је од главног интереса просторна и временска анализа падавина, а посебно краткотрајних киша јаким интензитетом локалног карактера, као последице климатских промена и узрока поплава.

Предмет научног истраживања је развој методологије за Пројекцију стање будућих нивоа и сценарија подземних вода, како за потребе водоснабдевања становништва, тако и са аспекта утицаја и ширења загађења, попут оних насталих од пољопривредних активности и рудничких вода. Методологија оцене утицаја климатских промена заснива се на концептирању и тестирању пилот подручја за које су серије осматрања издашности издани најдуже, да би се потом пренела и применила на делове истражног терена који имају краће серије осматрања истицања.

Циљ докторске дисертације би био процена утицаја климатских промена на подземне водне ресурсе у Јадранском сливу Црне Горе, користећи методологију која је предложена Пројектом докторске дисертације. У оквиру дисертације биће приказане предикције режима подземних вода до краја 21. века, у корелацији са климатским пројекцијама добијеним анализом одговарајућих параметара. Испуњавањем циљева добиће се стање режима подземних вода до краја 21. века, у зависности од утицаја климатских промена и уз употребу одговарајућих модела. Добијени резултати директно ће допринети квалитетнијем и далекосежнијем управљању подземним водним ресурсима у Јадранском сливу Црне Горе.

ПОЛАЗНА ХИПОТЕЗА

Истраживања за потребе израде докторске дисертације заснивају се на следећим полазним хипотезама: 1. Промене у климатским карактеристикама на подручју Јадранског слива Црне Горе ће довести до промена у резервама подземних водних ресурса на истражном подручју. 2. Недовољна изученост терена – Карстне издани Јадранског слива Црне Горе нису довољно изучене са аспекта утицаја климатских промена на њихове квантитативне и квалитативне карактеристике. За одабрана пилот подручја постоји одређени фонд података на основу којег је могуће радити анализе утицаја климатских

промена на њихов режим. 3. Постоје довољне резерве карстних изданских вода – На основу улазних података о изабраном истражном простору може се дати процена да се расположивим резервама ових вода могу задовољити потребе у води у дугом временском периоду, али искључиво уз укључивање фактора климатских промена у дугорочно управљање овим ресурсима. Тиме би се постигло одрживо коришћење карстних изданских вода на ширем истражном подручју. 4. Осетљивост карстне издани на квантитативне и квалитативне притиске – У погледу климатских промена ово би подразумевало смањење у резервама карстних изданских вода или заслањивање ових издани у приморским областима. При овоме је јако важно да се искључи антропогени утицај, како би се прецизније утврдио утицај климатских промена без ометајућег фактора прецрпљивања издани. 5. Трансфер знања са изучених на неизучене карстне издани је могућ применом логистичке регресионе анализе – Процењује се да би се у случају ограниченог броја података на одређеним локацијама Јадранског слива Црне Горе могао извршити трансфер знања са добро изучених подручја. Поменуто се може постићи применом регресионе анализе, при чему се трансфер знања заснива на формирању регресионе једначине, која ће у себи садржати хидрогеолошке параметре, са релевантном статистичком значајношћу и утицајем на финални резултат квантитавног и квалитативног притиска. Касније ће се ова једначина искористити за предикције режима оних карстних издани које су недовољно изучене, а припадају ширем истражном подручју.

НАУЧНИ ЗНАЧАЈ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Научни значај теме докторске дисертације огледа се у оцени утицаја климатских промена на подземне водне ресурсе Јадранског слива Црне Горе и формирању јединственог методолошког приступа на дату тему. У највећој мери допринос се исказује кроз комбинацију примене традиционалних хидрогеолошких приступа и савремених технологија, које су у овом тренутку у повоју када је у питању њихова употреба у хидрогеологији. То значи да ће се по први пут на подручју Јадранског слива Црне Горе спровести детаљна истраживања на тему климатских промена и њиховог утицаја на режим изданских вода. Поред самог доприноса у продубљивању знања о изабраном истражном терену, научни допринос огледа се и кроз тестирање примењивости GRACE сателитских осматрања код промене резерви изданских вода. Примена савремених технологија (GRACE, GIS) биће истовремено тестирање истих, али и верификација традиционалних метода.

Израда докторске дисертације представља мултидисциплинарни приступ кроз примену структурно-геолошких, петролошких, геохемијских, педолошких, хидрогеолошких, хидрохемијских, геофизичких и других метода. На одабраном пилот подручју, извршиће се по први пут оцена утицаја климатских промена, што подразумева карактеризацију изданских вода на пет пилот подручја, а потом и трансфер методологије и знања на осталим деловима Јадранског слива.

Практични значај теме докторске дисертације огледа се и кроз израду климатских пројекција параметара температуре ваздуха, релативне влажности и падавина, које су основ за предикције потенцијалних режима подземних вода. Након анализе постојећих података истицања и успостављања релације са климатским параметрима, формираће се и симулациони модел који ће послужити као алат за предикцију будућих режима подземних вода на посматраном подручју. Читав процес истраживања пратиће и израда карата осетљивости подземних вода на климатске промене употребом *СС PESTO* и *GLADIT* метода. Тиме ће се покрити приобални и континентални дио ширег истражног подручја.

У склопу докторске дисертације биће формиран концепт и предлог мониторинга подземних вода на ширем истражном подручју, уз предлог мера за одржавање и/или побољшавање постојећег успостављеног мониторинга. Научни допринос овог поступка је и у директном доприносу водопривреди Црне Горе, у циљу стабилнијег и одрживог управљања подземним водним ресурсима, који су основа водоснабдевања црногорског становништва.

ПРЕДЛОГ САДРЖАЈА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ОПШТИ ДИО

1. УВОД

- 1.1. Стање истраживања у свијету у предметној области
- 1.2. Циљеви и значај изведених научних истраживања
- 1.3. Полазна хипотеза

2. КАРАКТЕРИСТИКЕ КАРСТНИХ ТЕРЕНА У ЈАДРАНСКОМ СЛИВУ ЦРНЕ ГОРЕ

- 2.1. Површински карстни облици и подземни карстни облици
- 2.2. Краћи осврт на основне принципе хидрогеологије карстних терена
- 2.3. Стање мониторинга подземних вода на истражном подручју

3. КЛИМАТСКЕ ПРОМЈЕНЕ

- 3.1. Теорије климатских промјена
- 3.2. Приказ постојећих методологија у оцјени утицаја климатских промјена на подземне воде

4. ПРИРОДНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ЈАДРАНског СЛИВА ЦРНЕ ГОРЕ

- 4.1. Географски положај
 - 4.1.1. Температура ваздуха
 - 4.1.2. Облачност и трајање сијања сунца
 - 4.1.3. Падавине

- 4.1.4. Вјетар
- 4.2. Климатске карактеристике
- 4.3. Хидрографске и хидролошке карактеристике
- 4.4. Геоморфолошке карактеристике
- 4.5. Геолошке карактеристике
- 4.5.1. Историјат истраживања
- 4.5.2. Геолошки састав
- 4.5.3. Тектоника
- 4.6. Хидрогеолошке карактеристике
- 4.6.1. Историјат хидрогеолошких истраживања
- 4.6.2. Кратак преглед хидрогеолошких карактеристика

II КОМБИНАЦИЈА И ПРИМЈЕНА МЕТОДА ОЦЈЕНЕ УТИЦАЈА КЛИМАТСКИХ ПРОМЈЕНА НА ИЗАБРАНИМ ПИЛОТ ПОДРУЧЈИМА

5. ПРИРОДНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИЗАБРАНИХ ПИЛОТ ПОДРУЧЈА

- 5.1. Сливно подручје
- 5.1.1. Географски положај
- 5.1.2. Климатске карактеристике
- 5.1.3. Вегетациони и педолошки покривач
- 5.1.4. Хидрографске и хидролошке карактеристике
- 5.1.5. Геоморфолошке карактеристике
- 5.1.6. Геолошке карактеристике
- 5.1.6.1. Геолошки састав
- 5.1.6.2. Тектонски склоп
- 5.1.7. Хидрогеолошке карактеристике
- 5.1.7.1. Претходна истраживања
- 5.1.7.2. Услови прихрањивања
- 5.1.7.3. Спелеолошки подаци
- 5.1.7.4. Опити обиљежавања
- 5.1.7.5. Услови истицања
- 5.1.7.6. Хидрохемијска својства

6. ИЗРАДА КЛИМАТСКИХ ПРОЈЕКЦИЈА ДО КРАЈА 21. ВИЈЕКА

- 6.1. Избор ГЦМ и РЦМ модела и симулационих сценарија
- 6.2. Филтрирање дневних вриједности падавина, температура и влажности ваздуха
- 6.3. Резултати климатских пројекција

7. ФОРМИРАЊЕ СИМУЛАЦИОНОГ МОДЕЛА БУДУЋЕГ РЕЖИМА ПОДЗЕМНИХ ВОДА ЗА ОДАБРАНА КАРСТНА ВРЕЛА

- 7.1. Теоријске поставке моделирања карстних подземних вода
- 7.1.1. Детерминистички модели – могућности и ограничења примене

- 7.1.2. Стохастички модели – могућности и ограничења примене
- 7.2. Примјена изабраног модела на пилот подручјима
- 7.2.1. Постављање регресионих модела релације кише и истицања
- 7.2.2. Поређење измјерених и симулираних временских серија истицања како би се оцијенила ефикасност модела
- 7.2.3. Симулације будућих максимума у истицању које су базиране на изабраним регресионим функцијама
- 7.2.4. Формирање мастер рецесионих кривих (МРЦ) за опис компоненте базног отицаја код хидрографа посматраних извора.
- 7.2.5. Симулација будућих серија истицања базираних на стохастичким методама
- 7.3. Анализа и описна статистика резултата предвиђених моделом

8. ИЗРАДА КАРТЕ РАЊИВОСТИ ПЕТ ПИЛОТ ПОДРУЧЈА НА КЛИМАТСКЕ ПРОМЈЕНЕ УПОТРЕБОМ ГИС МЕТОДА

- 8.1. Принципи ЦЦ ПЕСТО и ГАЛДИТ методе
- 8.2. Израда карата рањивости
- 8.3. Анализа добијених резултата

9. ПРИМЈЕНА САТЕЛИТСКИХ МЕТОДА ЗА ОЦЈЕНУ ПРОМЈЕНА У РЕЗЕРВАМА КАРСТНИХ ИЗДАНСКИХ ВОДА ШИРЕГ ИСТРАЖНОГ ПОДРУЧЈА

- 9.1. Употреба ГРАЦЕ сателитских података
- 9.2. Анализа података о промјенама у резервама подземних вода од момента лансирања ГРАЦЕ сателита до данас
- 9.3. Упоредивање података добијених обрадом ГРАЦЕ података и симулационих модела за историјске вриједности
- 9.4. Дискусија добијених резултата

III ПРИМЈЕНА КОМБИНОВАНЕ МЕТОДОЛОГИЈЕ НА ОСТАТАК ЈАДРАНског СЛИВА

10. ТРАНСФЕР ТЕСТИРАНЕ МЕТОДОЛОГИЈЕ НА МАЊЕ ИЗУЧЕНА ПОДРУЧЈА ЈАДРАНског СЛИВА

11. УПОРЕДНА РЕАКЦИЈА ПОДЗЕМНИХ ВОДА НА КЛИМАТСКЕ ПРОМЈЕНЕ ЗА ЦРНОМОРСКИ И ЈАДРАНСКИ СЛИВ ЦРНЕ ГОРЕ

- 11.1. Упоредна анализа примјењених метода рањивости на климатске промјене у Црноморском и Јадранском сливу Црне Горе
- 11.2. Упоредна анализа резултата добијених за Црноморски и Јадрански слив Црне Горе
- 11.3. Дискусија

IV ЗАКЉУЧЦИ И ПРЕПОРУКЕ

12. ЗАКЉУЧНА ДИСКУСИЈА

- 12.1. Оцјена добијених резултата
- 12.2. Могућност шире примјене предложене методологије у пракси хидрогеологије и водопривреде
- 12.3. Недостаци и предности примјењених метода
- 12.4. Предлог побољшања мониторинга подземних вода
- 12.5. Смјернице за даљи рад на оцјени климатских утицаја на подземне водне ресурсе

13. ЗАКЉУЧАК

Литература

КОНЦЕПЦИЈА И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Поменути истраживања су ради прегледнијег приказа разрађена кроз кораке и њихове подфазе. Подфазе показују улазне податке, као и резултате који ће се добити подузимањем тих корака.

Први корак подразумева избор пилот подручја истраживања, како би се даље методом аналогije вршио трансфер знања на карстне издани сличног механизма и генетског типа (тамо где се то покаже могућим). У оквиру овог корака даће се и приказ палеогеографске реконструкције изабраних пилот подручја, како би се стекао утисак о функционисању датих хидрогеолошких система у прошлости, а у складу са тадашњим климатским карактеристикама истражног терена.

Корак два подразумева приказивање дренажних услова изабраних карстних издани, као и систематизацију свих извора на ширем истражном подручју. У овом кораку ће се детаљно изложити геолошки и хидрогеолошки подаци посматраних пилот подручја и направити типска подела карстних извора на целом Јадранском сливу Црне Горе. Тиме ће се омогућити лако поређење неизучених карстних врела на ширем истражном подручју и њихових дренажних услова, са оним изворима који су одабрани у првом кораку на основу бројнијих и квалитетнијих података. У овом кораку се даје и приказ мерења нивоа и издашности за изворе на пилот подручјима истраживања, њихове корелације са падавинама и у случају потребе, попуњавање серија података стохастичким методама. Ова подфаза ће, заједно са кораком три, дати подлогу за израду симулационог модела будућих издашности издани на одабраним пилот подручјима.

Корак три ће се односити на климатске анализе и то климатских параметара који су историјски, тј. теренски мерени и оних вредности параметара које су добијене из климатског модела. Пројекције будућих климатских параметара радиће се по ЦОРДЕХ принципу, а по угледу на већ рађене пројекције за Дунавски слив Црне Горе. Као што је поменуто у

претходном параграфу, заједно са пројектованим вредностима климатских параметара и формиране корелације теренски добијених података кроз корак два, доћи ће се до једног од главних алата докторске дисертације, а то је формирање симулационог модела издашности за свако пилот подручје посебно. На тај начин, добиће се потенцијалне вредности издашности посматраних издани до краја века.

Корак четири подразумева употребу савремене методе, која је у последње време све присутнија у хидрогеологији, а базирана је на гравиметрији. ГРАЦЕ метода подразумева коришћење сателитских података (метода даљинске детекције), како би се дале процене промена у резервама подземних вода на ширем истражном подручју, које ће се поредити са теренски добијеним подацима. На тај начин, одрадиће се тестирање нове методе и добити допунски подаци за оцену утицаја климатских промена на подземне водне ресурсе.

Пети корак уједно представља и последњу фазу у истраживању, која представља допунску методу и фигурира засебно, дајући оцену утицаја климатских промена на карстне издани користећи ГИС алате. Тиме би се одрадила још једна валидација резултата добијених спровођењем претходних корака у истраживању. У оквиру овог корака, даће се приказ резултата две ГИС методе које се баве темом утицаја климатских промена на подземне водне ресурсе – ЦЦ ПЕСТО и ГАЛДИТ метода, а која метода ће бити примењена на одређеном пилот подручју, зависиће од положаја пилот подручја, што ће се детаљније обрадити у одговарајућем потпоглављу.

Након сваког изведеног корака истраживања, извршиће се сублимација, поређење и допуна резултата добијених традиционалним (корак 1, 2 и делимично корак 3) и модерним приступом (делимично корак 3, корак 4 и корак 5) за изабрана пилот подручја. Потом ће се методом аналогije извршити трансфер знања на неизучене делове ширег подручја истраживања.

ИЗВОД ДЕЛА ЛИТЕРАТУРНИХ ИЗВОРА ИЗ ПРЕДМЕТНЕ ОБЛАСТИ:

1. Allen M.D. (2012), *Climate change impact on valley-bottom aquifers in mountain regions: case studies from British Columbia, Canada*. CRC Press
2. Blagojević M., Stevanović Z., Radulović M.M., Marinović V. & Petrović B. (2020): *Transboundary groundwater resource management: needs for monitoring the Cijevna River Basin (Montenegro–Albania)*, *Environmental Earth Sciences* 79:74, ISSN 18666299
3. Candela L., von Igel W., Elorza F.J. & Jimenez-Martinez J. (2012), *Impact assesment of combined climate and management scenarios on groundwater resources. The Inca-Sa Pobla hydrogeological unit, Majorca, Spain*. CRC Press
4. Chachadi G. & Lobo Ferreira J.P. (2001) *Sea water intrusion vulnerability mapping of aquifers using the GALDIT method*. *Coastin Newslett* 4:7–5

5. Chachadi G., Lobo Ferreira J.P., Noronha L. & Choudri B.S. (2002) *Assessing of the impact of sea-level rise on salt water intrusion in coastal aquifers using GALDIT model*. *Coastin Newslett* 7:7–32
6. Chen Z., Grasby S.E., Osadetz K.G. (2002) *Predicting average annual groundwater levels from climatic variables: an empirical model*. *J Hydrol* 260(1–4):102–117
7. Cvijić J. (1893): *Das Karstphanomen. Versuch einer morphologischen Monographie*, Geographische Abhandlungen herausgegeben von A Pench, Bd., V.H, 3., Wien
8. Cvijić J. (1924): *Geomorfologija, knj. I. Izdanje Državne štamparije, Beograd*.
9. Cvijić J. (1926): *Geomorfologija, knj. II. Izdanje Državne štamparije, Beograd*.
10. Dezsı Ş., Mîndrescu M., Petrea D., Rai P.K., Hamann A., Nistor M-M. (2018), *High resolution projections of evapotranspiration and water availability for Europe under climate change*. *International Journal of Climatology*
11. Döll P., Kasper F. & Lehner B. (2003) *A global hydrological model for deriving water availability indicators: model tuning and validation*, *Journal of Hydrology* 270:105–134.
12. Energoprojekt, (1978): *Idejni Projekat Regionalnog vodovoda crnogorskog primorja. Akumulacija »Orahovštice«, knj. I i II hidrogeološke i geološke podloge*. Beograd.
13. ENSEMBLES project (2009), *Summary of research and results from the ENSEMBLES project, EU-funded FP6 Integrated Project ENSEMBLES (Contract number 505539)*.
14. Frappart F., Ramillien G., Leblanc M., Tweed S.O., Bonnet M-P. & Maisongrande P. (2011), 'An independent component analysis filtering approach for estimating continental hydrology in the GRACE gravity data', *Remote Sensing of Environment* 115:187–04.
15. Gregor M, Malik P. (2012) *Construction of master recession curve using genetic algorithms*. *J. Hydrol. Hydromech.*, 60
16. Henry M.C., Demon H., Allen M.D. & Kirste D. (2012), *Groundwater recharge and storage variability in southern Mali*, CRC Press
17. Hiscock A., Sperkes R. & Hodgson A. (2012), *Evaluation of future climate change impacts on European groundwater services*. CRC Press
18. Howarth M., Lemoine J-M., Biancale R. & Bourgogne S. (2010), 'Improved GRACE science results after adjustment of geometric biases in the Level-1B K-band ranging data', *Journal of Geodesy* 2010/10/06
19. IPCC (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
20. Kouz T., Cherkaoui Dekkaki H., Mansour S., Hassani Zerrouk M. & Mourabit T. (2018), *Application of GALDIT Index to Assess the Intrinsic Vulnerability of Coastal Aquifer to Seawater Intrusion Case of the Ghiss-Nekor Aquifer (North East of Morocco)*, © Springer International Publishing AG 2018, M. L. Calvache

- et al. (eds.), Groundwater and Global Change in the Western Mediterranean Area, Environmental Earth Sciences*
21. Leblanc M., Tweed S., Ramillien G., Tregoning P., Frappart F., Fakes A. & Cartwright I. (2012), *Groundwater change in the Murray basins from long-term in-situ monitoring and GRACE estimates*, CRC Press
 22. Meinshausen M., Smith S.J., Calvin K., Daniel J.S., Kainuma M., Lamarque J., Matsumoto K., Montzka S., Raper S., Riahi, K., Thomson A., Velders G.J.M & van Vuuren D. P.P. (2011) *The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. Climatic Change. Springer 109(1–2)*
 23. Milanović P. (1979): *Hidrogeologija karsta i metode istraživanja*, Trebinje
 24. Ministarstvo poljoprivrede i ruralnog razvoja Crne Gore, (2019): *Plan upravljanja Jadranskim slivom Crne Gore, Projekat Evropske Unije, implementiran od strane SAFEGE u konzorcijumu sa Eptisa Servicios de Ingenieria.*
 25. Nistor M.M., Dezsi S. & Cheval S. (2015), *Vulnerability of groundwater under climate change and land cover: a new spatial assessment method applied on Beliş district (Western Carpathians, Romania), Environmental Engineering and Management Journal 14 (2015), 12, 2959-2971*
 26. Novaković D. et al., (1985): *Izvorište Orahovsko polje. Rezultati istražnih radova. Fond Zavoda za geološka istraživanja SR Crne Gore, Titograd*
 27. Pušić M., (1997): *Studija modelskih ispitivanja mogućnosti korišćenja Orahovskog polja za vodosnabdjevanje. Vodovod opštine Bar, Bar*
 28. Radulović M. & Ivanović (1994): *Elaborat o rezultatima hidrogeoloških istraživanja na lokalitetu Sjenokos u Crmnici – I faza istraživanja, Fodovska dokumentacija, Građevinski fakultet, Podgorica.*
 29. Radulović M. M., Stevanović Z. & Radulović M. (2011): *A new approach in assessing recharge of highly karstified terrains – Montenegro case studies. Environmental Earth Sciences*
 30. Radulović M.M., Radulović M., Stevanović Z., Sekulić G., Radulović V., Burić M., Novaković D., Vako E., Blagojević M., Dević N & Radojević 2015: *Hydrogeology of the Skadar Lake basin (Southeast Dinarides) with an assessment of considerable subterranean inflow. Environmental Earth Sciences*
 31. Radulović V. et al. (1973): *Hidrogeološke odlike terena sliva Skadarskog jezera (dijela na teritoriji (SRCG). Fond Zavoda za geološka istraživanja SR Crne Gore, Titograd*
 32. Radulović, M. (1996): *Hidrogeologija karsta Crne Gore, Doktorska disertacija, DHG, RGF, UB, pp. 201*
 33. Radulović, M. (2000): *Hidrogeologija karsta Crne Gore; Podgorica, Geological Survey of Montenegro*
 34. Silvia D.-A., Pedro M.-S. & Villarroya F. (2017), *A Commune-Level Groundwater Potential Map for the Republic of Mali, Water MDPI*
 35. Stevanovic Z., Ristic V. & Milanovic S. (2012), *CCWaterS Climate Change and Impacts on Water Supply, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Department of Hydrogeology, Belgrade, Serbia*
 36. Stevanović Z. & Radulović, M. (1997): *Regulacija karstne izdani kao osnov za racionalno korišćenje vodnog potencijala - primeri iz Srbije i Crne Gore. Zbor.*

- rad. Konferencije „Podzemne vode kao izvorišta“, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, 445-465. Beograd
37. Stevanović Z., Balatov A. & Petrović B. (2007): *Elaborat o izvorištu Bolje Sestre - rezultati dopunskih hidrogeoloških istraživanja izvorišta Bolje sestre (Malo blato, Skadarsko jezero), podloge za rešavanje problema vodosnabdevanja crnogorskog primorja. Fondovska dokumentacija preduzeća IK Konsalting, Beograd*
 38. Stevanović Z., Marinović V. & Krstajić J. (2020), *CC-PESTO: a novel GIS-based method for assessing the vulnerability of karst groundwater resources to the effects of climate change*, HJ vol29, no 1, Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020, doi: 10.1007/s10040-020-02251-6
 39. Stevanović, Z. (2010): *Case Study: Intake of the Bolje Sestre karst spring for the regional water supply of the Montenegro coastal area*. In: Krešić, N. & Stevanović, Z. (Eds), *Groundwater Hydrology of Springs – Engineering, Theory, Management and Sustainability*. Butterwoth-Heinemann, Burlington USA & Oxford UK, p. 457 – 478
 40. Swenson S. & Famiglietti J. (2012), *Sustainable management for large aquifer systems: tracking depletion rates from spaces*, CRC Press
 41. Taniguschi M. (2012), *Grounwater management in Asian cities under the pressures of human impacts and climate change*, CRC Press
 42. Treidel H. & Martin-Bordes J.L. (2012), *Climate Change Effects on Groundwater Resources - Global Synthesis of Findings and Recommendations*, CRC PRESS 2012
 43. Tujchneider O., Paris M., Perez M. & D'Elia M. (2012), *Climate Change Effects on Groundwater Resources (Global Synthesis of Findings and Recommendations: Possible effects of climate change on groundwater resources in the central region of Santa Fe Provance, Argentina*, CRC Press
 44. Vlahović V. (1970): *Poroznost kraša Gornje Zete. Geološki glasnik, knj. IV, Titograd*
 45. Vlahović V. (1975): *Kras Nikšićkog polja i njegova hidrogeologija. Društvo za nauku i umjetnost Crne Gore, Titograd*
 46. Vlahović V. (1981): *Kaška akumulacija Slano. Posebna izdanja CANU, knj. 14, Odjeljenje prirodnih nauka, Titograd*
 47. *West Balkans Drina River Basin Management Project (WBDRB) (2019), task 2 “Assessment of climate change impacts on groundwater in Drina river basin in Montenegro”, Report on climate characteristics and climate changes modelling of Drina river basin and Durmitor (Šavnik) study area.*
 48. Yeh H.-Y., Cheng Y.-S., Lin I.H. & Lee C.-H. (2016), *Mapping groundwater recharge potential zone using a GIS approach in Hualian River, Taiwan*, *Sustainable Environment Research* 26
 49. Živaljević R. & Bošković M. (1984): *Rezultati hidroloških istražnih radova u slivu Orahovštice. Republički Hidrometeorološki Zavod (RHMZ), Titograd.*
 50. Živaljević R. (1992): *Hidrogeološka analiza kretanja kraških voda na primjeru sliva rijeke Crnojevića, Doktorska disertacija, Univerzitet »Veljko Vlahović«, Građevinski fakultet, Titograd.*

3. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу приложене документације, кандидат Јелена Крстајић, мастер инж. геологије, испуњава Законом предвиђене услове за рад на докторској дисертацији.

Према предмету обраде, примењеној методици истраживања и очекиваним резултатима, докторска дисертација припада ужој научној области “Хидрогеологија”.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да одобри израду докторске дисертације под називом „Пројекције потенцијалног утицаја климатских пројена на карстне изданске воде Јадранског слива Црне Горе до краја 21. вијека“, кандидата Јелене Крстајић, мастер инж. геологије.

За ментора на изради ове дисертације предлаже се др Саша Милановић, доцент на Рударско-геолошком факултету, који испуњава све услове дефинисане важећим прописима Универзитета.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Саша Милановић доцент
Универзитета у Београду,
Рударско-геолошки факултет

Др Весна Ристић Вакањац, ред. проф.
Универзитета у Београду,
Рударско-геолошки факултет

Др Љиљана Васић, доцент
Универзитета у Београду,
Рударско-геолошки факултет

Др Милан Радуловић, ван. проф.
Универзитет Црне Горе
Грађевинског факултета у Подгорици