

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ-
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ**

11120 Београд 35, ул. Ђушина 7
Тел: (011) 3219-101, Факс: (011) 3235-539



**UNIVERSITY OF BELGRADE,
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY**

Republic of Serbia, Belgrade, Djusina 7
Phone:(381 11) 3219-101, Fax:(381 11) 3235-539

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- Веће научних области техничких наука-

БЕОГРАД
Студентски трг бр. 1

Достављамо вам:

- Образац захтева за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације Љиљане Васић, дипл. инж. геологије, ради поступка у смислу важећих законских прописа.
- Одлука о продужењу рока за завршетак студија за два семестра, под условима утврђеним општим актом Универзитета, односно факултета.
- Одлуку Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду о усвајању извештаја Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме за израду докторске дисертације.
- Подаци о ментору
- Извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме за израду докторске дисертације.

**Шеф Одељења за студентска
и наставна питања**

Љиљана Колоња, дипл. инж. рударства

Факултет : Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

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

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације**

Молимо да, сходно члану 46. ст.5 тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, бр.131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„ГЕНЕЗА И УСЛОВИ ЦИРКУЛАЦИЈЕ ВОДА КОМПЛЕКСНИХ КАРСТНИХ СИСТЕМА КУЧАЈСКО-БЕЉАНИЧКОГ
МАСИВА“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ _____ Научна област: Геолошко инжењерство _____ Студијски програм: Хидрогеологија _____

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Љиљана (Милоје) Васић, дипл. инж. геологије

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање:
- Универзитет у Београду-Рударско-геолошки факултет

3. Година дипломирања:
- 2007.

4. Назив магистарске тезе кандидата:
- /

Година уписа на докторске студије: 2008/09. год.

5. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена:
- /

6. Година одбране магистарске тезе:
- /

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду
(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 29.09.2016. године. размотрило предложену тему и закључило да је тема
подобна за израду докторске дисертације

ДЕКАН
Рударско-геолошког факултета

Проф. др Душан Поломчић

Прилог: 1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем

Прилог: 2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације

На основу члана 93. став 4. Статута Универзитета у Београду (Гласник Универзитета у Београду – пречишћен текст, број 186/15) и члана 49. Статута Рударско-геолошког факултета, декан Факултета доноси

ОДЛУКУ

Студентима Рударско-геолошког факултета може се на лични захтев, поднет пре истека рока предвиђеног за завршетак студија (члан 93. став 1. и 2. Статута Универзитета у Београду) одобрити продужење рока за завршетак студија за два семестра, под условима утврђеним општим актом Универзитета, односно Факултета.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Др Душан Полочичић, ред. проф.

Доставити:

- Продекану за наставу
- Одељењу за студентска и наставна питања
- А/а

На основу члана 30. Закона о високом образовању, члана 111. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 23. Правилника о студирању на докторским студијама и стицању звања доктора наука – пречишћен текст, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 29.09.2016. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације **Љиљане Васић**, дипл. инж. геологије.
2. Одобрава се именованој израда докторске дисертације под насловом *„Генеза и услови циркулације вода комплексних карстних система Кучајско-бељаничког масива“*.
3. За ментора се именује др Зоран Ставановић, ред. проф.
4. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

др Душан Поломчић, ред. проф.

Достављено:

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

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ
за кандидата

Љиљана Васић

Име и презиме ментора:

Др Зоран Стевановић

Звање:

Редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

#	Назив рада	Часопис	Вол (број), Странице Година	Категорија (М)
1.	Stevanović Z. , Jemcov I, Milanović S: Management of karst aquifers in Serbia for water supply	<i>Environmental Geology</i>	51, 5: 743-748, ISSN 0943-0105, (2007)	M23
2.	Stevanović Z. , Iurkiewicz A., Maran A.: New insights into karst and caves of northwestern Zagros (northern Iraq)	<i>Acta Carsologica</i>	38/1: 83-96, (UDC 11.2:551.44(567-179), ISSN 0583-6050 (2009)	M23
3.	Saljnikov A., Vučićević B., Komatina M., Gojak M., Goričanec D., Stevanović Z. : Spectroscopic research on infrared emittance of coal ash deposits	<i>Experimental Thermal and Fluid Science</i>	33 (8):1133-1141, DOI: 10.1016/j.expthermflusci. 2009.07.002, (2009)	M22
4.	Stevanović, Z. , Iurkiewicz, A. : Groundwater management in northern Iraq	<i>Hydrogeology Journal</i>	17 (2): 367-378, ISSN: 1431-2174 (Print), DOI:10.1007/s10040-008-0331-0, Springer, (2009)	M22
5.	Milanović S., Stevanović Z. , Jemcov I.: Water losses risk assessment: an example from Carpathian karst	<i>Environmental Earth Sciences(former: Environmental Geology)</i>	60 (4): 817-827, ISSN 1866-6280, DOI: 10.1007/s12665-009-0219-x, (2010)	M23
6.	Stevanović Z. , Milanović S., Ristić V.: Supportive	<i>Acta Carsologica</i>	39/2: 313-329, ISSN 0583-6050, (2010)	M23

	methods for assessing effective porosity and regulating karst aquifers			
7.	Iurkiewicz A., Stevanovic Z. : Reconnaissance study of active sulfide springs and cave systems in the southern part of the Sulaimani Governorate (NE Iraq)	<i>Carbonates and Evaporites</i>	25 (3): 203-216 (2010)	M23
8.	Stevanović Z. , Eftimi R.: Karstic sources of water supply for large consumers in southeastern Europe – sustainability, disputes and advantages	<i>Geologica Croatica</i>	63/2, pp-179-186, (2011)	M23
9.	Radulović MM., Stevanovic Z. , Radulović M.: A new approach in assessing recharge of highly karstified terrains – Montenegro case studies	Environmental Earth Sciences (former: Environmental Geology)	vol. 65 br. 8, pp. 2221-2230, ISSN 1866-280DOI: 10.1007/s12665-011-1378-0. (2010)	M23
10.	Stauder S., Stevanovic Z. , Richter S, Milanović S., Tucovic A., Petrovic B.: Evaluating bank filtration as an alternative to current water supply from deeper aquifer: the case study from the Pannonian Basin, Serbia	Water Resources Management	26:581–594, DOI 10.1007/s11269-011-9932-9, (2010)	M21
11.	Antonijevic D., Komatina M., Stevanovic Z. : Energetic and Environmental Sustainability of Sub-Geothermal Heat Pump Heating in Serbia	Journal of Environmental Protection and Ecology	vol. 13/3: 1625-1633 (2011)	M23
12.	Polomčić D., Hajdin B., Stevanović Z. , Bajić D., Hajdin K.: Groundwater management by riverbank filtration and an infiltration channel, the case of Obrenovac, Serbia	Hydrogeology Journal	Vol 21. pp.1519-1530. DOI 10.1007/s10040-013-1025-9 (2012)	M22
13.	Milanović S., Stevanović Z. , Vasić Lj., Ristić-Vakanjac V., 2014: 3D Modeling and monitoring of karst system as a base	Environmental Earth Science	1. Volume 71, Issue 2, pp 525-532. , ISSN 1866-6280, DOI 10.1007/512665-013-	M22

	for its evaluation and utilization – A case study from eastern Serbia		2591-9. (2012)	
14.	Polomčić D., Hajdin B., Ćuk M., Papić P., Stevanović Z.: Groundwater supply in Serbia's southeast Pannonian basin	Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences	Vol. 9, No. 3, p. 97 – 108. ISSN Printed: 1842 - 4090. ISSN Online: 1844 - 489X. (2013)	M22
15.	Radulović MM., Radulović M., Stevanović Z. , Sekulić G., Radulović V., Burić M., Novaković D., Vako E., Blagojević M., Dević N., Radojević D: Hydrogeology of the Skadar Lake basin (Southeast Dinarides) with an assessment of considerable subterranean inflow	Environmental Earth Science	74/1: 71-82. DOI 10.1007/s12665-015-4090-7. (2014)	M22
16.	Stevanović Z. , Ristić-Vakanjac V., Milanović S., Vasić Lj., Petrović B., Čokorilo Ilić M.: Karstification depth and storativity as main factors of karst aquifer regimes: some examples from southern Alpine branches (SE Europe and Middle East)	Environmental Earth Science	74/1: 227-240. DOI 10.1007/s12665-015-4046-y (2014)	M22
17.	Ristić Vakanjac V., Stevanović Z. , Maran Stevanović A., Vakanjac B., Čokorilo Ilić M.: An example of karst catchment delineation for prioritizing the protection of an intact natural area	<i>Environmental Earth Science</i>	DOI 10.1007/s12665-015-4390-y. (2014)	M22
18.	Fiorillo F., Stevanović Z.: Introductory editorial thematic issue: Mediterranean karst hydrogeology	<i>Environmental Earth Science</i>	74/1 (2015): 1-3, DOI 10.1007/s12665-015-4548-7 (2014)	M22
19.	Parise M., Closson D., Gutierrez F., Stevanović Z.: Anticipating and managing engineering problems in the complex	<i>Environmental Earth Science</i>	74/12: 7823-7835 DOI. 10.1007/s12665-015-4647-5, (2014)	M22

	karst environment			
20.	Stevanović Z., Milanović P.: Engineering challenges in karst	<i>Acta Carsologica</i>	44/3: 381–399, ISSN: 0583-6050, (2015)	M23
21.	Stevanović Z.: Damming underground flow to enhance recharge of karst aquifers in the arid and semi-arid worlds	<i>Environmental Earth Science</i>	75:35 DOI10.1007/s12665-015-5086-z, (2014)	M22
22.	Čokorilo Ilić, M., Stevanović, Z. And Ristić Vakanjac, V: Environmental aspect and potential impact of proposed water transfer scheme in east Herzegovina	<i>Environmental Earth Science</i>	75:35, DOI:10.1007/s12665-015-5147-3 (2014)	M22
23.	Milenić D., Stevanović Z. , Dragišić V., Vranješ A., Savić N.: Application of renewable energy sources along motorway infrastructures on high karst plateaus-West Serbia case study	Environmental Earth Science	vol. 75 (2016) br. 859	M22

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наук ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени већа научних области, квалификују за ментора односно дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум 07.09.2016. године

М.П.

Проф. др Душан Поломчић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Рударско – геолошки факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Љиљане М. Васић за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа на седници одржаној дана 23.06.2016. бр. 1/349, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности кандидата Љиљане М. Васић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „ГЕНЕЗА И УСЛОВИ ЦИРКУЛАЦИЈЕ ВОДА КОМПЛЕКСНИХ КАРСТНИХ СИСТЕМА КУЧАЈСКО-БЕЉАНИЧКОГ МАСИВА“

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Љиљана М. Васић, рођена је 2. септембра 1981. године у Београду. Средњу машинско-техничку школу „Петар Драпшин“ завршила је у Београду 2000 године. Дипломирала је на Рударско-геолошком факултету у Београду, на Департману за хидрогеологију у јулу 2007. године, са просечном оценом 8.46. Октобра 2008. године уписала је докторске студије на Рударско-геолошком факултету у Београду, научна област Хидрогеологија, и определила се за ужу специјалност изучавање хидрогеологије карста.

Након дипломирања, у новембру 2007. године засновала је радни однос на одређено време као стручни сарадник на Департману за хидрогеологију Рударско-геолошког факултета у Београду, где је и сада запослена. До октобра 2012. године, поред истраживачких активности, обављала је и радне задатке техничког секретара Департмана за хидрогеологију (ДХГ), као што су припрема и обрада техничке документације ДХГ-а, ажурирање сајта ДХГ-а, учешће у изради базе података ДХГ-а. Од 2011. године учествује у настави и одржавању вежби на предметима мастер студија *Менаџмент подземних водних ресурса* и *Методологија научног рада*. У звање истраживач-сарадник изабрана је 2012. године.

Члан је Српског геолошког друштва (СГД), као и Интернационалне асоцијације хидрогеолога (IAH).

Стручна и научна делатност:

Кандидаткиња је током докторских студија на РГФ, поред редовних наставних и теренских обавеза везаних за израду докторске дисертације, обављала усавршавање похађајући организоване курсеве и радионице на домаћим и интернационалним институтима и универзитетима:

Усавршавања:

1. Тренинг курс: Institute of Water Resources Management, Joanneum Research, у Грацу, Аустрија од 9-21 новембра 2009. Тема курса: *Геохемија; Изотопска хидрогеологија; Даљинска детекција.*

2. Међународни тренинг курс: у оквиру пројекта *Climate Change And Impact on Water Supply*, у Солуну, Грчка у периоду од 10-16.04.2011. године. Теме курса: Водоснабдевање као део циклуса воде; Антропогени утицај на водоснабдевање; Анализа ризика и управљања водоснабдевањем.

3. Међународни тренинг курс: *Problems and Solutions in Numeric Modeling of Karst Aquifers* у периоду 5-8 јуни 2013. године, Требиње, Босна и Херцеговина.

4. Међународни тренинг курс под називом *Karst Eco Systems and Geomicrobiology*, International Research Centre on Karst under UNESCO auspices, од 15.10 – 28.10.2014. Гуилин, Кина.

Радионице:

1. Радионица TW53 у оквиру пројекта *Climate change and impact on water supply*, у Институту за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, у периоду од 18-19.01.2011. године

2. Радионица WP 3,7 у оквиру пројекта *Climate change and impact on water supply*, на Корчули, Хрватска, у периоду од 28.05-01.06.2011. године

Љиљана Васић своје истраживачке активности остварује као члан Центра за хидрогеологију карста (СКН) на Рударско-геолошком факултету. Учествовала је на домаћим и међународним научним скуповима, на којима је објавила радове и апстрактне из области геологије и хидрогеологије (списак радова у наставку текста). Коаутор је на два рада у водећим часописима са SCI листе, као и коаутор четири поглавља објављена у монографијама међународног значаја. Учествовала је у организацији међународне конференције "*Karst without boundaries*", која је одржана у Требињу и Дубровнику, јуна 2014. године, а од 2014. године учествује у организацији курса *Карактеризација и*

инжењеринг карстних издани, који се под покровитељством UNESCO одржава традиционално у Требињу, БиХ. Поред тога, учествовала је у међународном пројекту *Climate change and impact on water supply* (CCWaterS). Такође је учествовала у изради научно-истраживачких пројеката, извештаја и елабората о хидрогеолошким истраживањима изведеним на територији Републике Србије и у региону.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

У свом стручном раду бави се испитивањем генезе и условима циркулације подземних вода у карсту, изотопском хидрогеологијом, мониторингом подземних вода, као и заштитом подземних вода у карсту.

Пројекти на којима је учествовала:

- *Мониторинг подземних водних ресурса Србије* (Пројекат Министарства пољопривреде, шумарства и водопривреде, 2007-2012 године)
- *Потенцијал и подлоге за одрживо коришћење подземних вода* (Пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја бр. ОИ-176022, 2011-2016)
- *Climate change and impact on water supply* (SEE Programme, финансиран од стране ЕУ Делегације за Србију из средстава IPA фонда у период 2009-2012)
- *Пројекат хидрогеолошких истраживања за потребе израде елабората о резервама термоминералних вода Сијаринске бање* (Општина Медвеђа 2011)
- *Пројекат хидрогеолошких истраживања за потребе израде елабората о резервама подземних вода карстног врела Белосавац* (Општина Жагубица 2011)
- *Елаборат о резервама термоминералних вода Сијаринске бање* (Општина Медвеђа 2012)
- *Елаборат о резервама подземних вода карстног врела Белосавац* (Општина Жагубица 2013)
- *Елаборат о геолошким и спелеолошким истраживањима и уређењу објекта „Перина пећина“ на Фрушкој гори* (2012)
- *Генерални пројекат за водоснабдевање општине Жагубице* (Општина Жагубица 2013)
- *Пројекат мониторинга подземних вода врела Млаве и Крупајског врела* (Општина Жагубица 2012-2016)
- *Пројекат мониторинга Великог врела у споменику природе Лисине* (Општина Деспотовац 2013-2014)
- *Пројекат одрживог коришћења и расподеле вода Великог врела у споменику природе Лисине* (Општина Деспотовац, 2014)
- *Пројекат санације процуривања вода испод тела бране ХЕ Вишеград* (Република Српска 2012-2013)
- *Студија водоснабдевања села на општини Жагубица* (Општина Жагубица 2014)

- *Пројекат израде 3Д модела пећинских канала – Ресавска пећина* (Извештај 2014, Општина Деспотовац)
- *Елаборат мониторинга хидрогеолошких карактеристика и праћења физичко-хемијског састава стања воде реке Градашнице заштићеног природног добра Споменик природе „Рипаљка“ у Сокобањи* (Општина Сокобања, 2015)
- *Заснивање и успостављање базе података – Израда географског-информационог система заштићеног подручја Споменик природе „Рипаљка“ у Сокобањи* (Општина Сокобања, 2015)
- *Пројекат хидрогеолошких истраживања подземних вода карстног изворишта „Сељашиница“* (Општина Пријеполје) (мај 2015 -)

Списак до сада објављених радова:

Радови у SCI часописима (M 22):

1. Milanović S, **Vasić Lj**, Stevanović Z. and Ristić Vakanjac V, 2013: *3D Modeling and monitoring of karst system as a base for its evaluation and utilization – A case study from eastern Serbia*, Environmental Earth Science, Springer, Vol. 71, Issue 2, pp 525-532, ISSN 1866-6280, DOI 10.1007/512665-013-2591-9. **(M22) IF 1.471 (2012)**
2. Stevanović Z, Ristić-Vakanjac V, Milanović S, **Vasić Lj**, Petrović B i Čokorilo-Ilić M, 2015: *Karstification depth and storativity as main factors of karst aquifer regimes: some examples from southern Alpine branches (SE Europe and Middle East)*, Environmental Earth Science, 74/1: 227-240. DOI 10.1007/s12665-015-4046-y **(M22) IF 1.765 (2014)**

Радови у међународним монографијама (M 12, 13, 14):

1. Milanović S, Stevanović Z, **Vasić Lj**, Saljnikov E. i Povrenović D., 2012: *Land use and groundwater quality in the test areas*, Beograd, In: Stevanović Z., Ristić Vakanjac V., Milanović S (Eds) *Climate Changes and impacts on water supply*, University of Belgrade-Faculty of Mining & Geology, Belgrade, pp. 259-285
2. **Vasić Lj**, Stevanović Z, Milanović S. and Petrović B, 2014: *Attenuation of bacteriological contaminants in karstic siphons and relative barrier purifiers – case examples from Carpathian karst in Serbia*, In: Andreo B. (Ed) *Hydrogeological and environmental investigations in karst systems*, Series: Environmental Earth Sciences, Vol. 1, pp. 449-456
3. Milanović S., **Vasić Lj**. 2015: *Monitoring of Karst Groundwater*, In: Stevanović Z. (Ed) *Karst Aquifers – Characterization and Engineering*, Series: Professional Practice in Earth Science. Springer Intern. publ. Switzerland, ISBN 978-3-319-12849-8, DOI 10.1007/978-3-319-12850-4, pp. 335-358
4. Milanović S., **Vasić Lj**, 2016: *3D conduit modelling of leakage below a dam situated in highly karstified rocks*, In: Stevanović Z., Krešić N., Kukurić N. (Eds) *Karst*

without boundaries, CRC Press/Balkema, ISBN 9781138029682, Taylor & Francis group, pp. 321-336

Радови објављени у националним часописима (М 51, 52):

1. Tomašević M. i **Vasić Lj**, 2009: *O opravdanosti uvođenja javnog-privatnog partnerstva u vodovodne sisteme na teritoriji Republike Srbije*, Ecologica, ISSN 0354-3285, pp. 568-573
2. Milanović S, Stevanović Z. and **Vasić Lj**, 2010: *Monitoring podzemih voda Beljaničkog masiva u funkciji formiranja modela karstnog sistema*, Vodoprivreda, br ISSN 0350-0519, pp. 209-222
3. Milanović S. i **Vasić Lj**, 2011: *Hidrogeološka osnova zaštite podzemnih voda u karstu na primeru Beljanice*, Vodoprivreda 0350-0519, 43 (2011), p. 252-254
4. Milanović S, **Vasić Lj**. i Kličковић M, 2012: *Formiranje 3D modela karstnih kanala u zoni isticanja vrela kao podloga za zahvatanje podzemnih voda u karstu – na primeru Malog vrela* Vodoprivreda 0350-0519, 44 (2012), 258-260, Beograd, p. 169-173
5. Nikolovski D, Milanović S, **Vasić Lj**. i Knežević R, 2012: *Uticaj voda kanalizacionog sistema grada Pančeva na recipijente*, Voda i sanitarna tehnika, 0350-5049, broj 1. jan/feb., Beograd, p. 21-31
6. **Vasić Lj**, Milanović S, Petrović B. and Stevanović Z, 2013: *Uticaj cirkulacije podzemnih voda u karstu na pojavu bakteriološkog zagađenja*, Vodoprivreda, 0350-0519, 45 (2013), Beograd, pp. 219-229
7. Milanović S i **Vasić Lj**, 2015: *Hidrogeološka istraživanja karstnih vrela - Jelovičko vrelo*, Pirotski zbornik, Pirot, pp. 227-240

Објављени радови, саопштени на научним скуповима и публиковани у зборницима

Радови штампани у целини у зборницима радова (М 33, М 63)

8. Stevanović Z, Ristić Vakanjac V, Milanović S, **Vasić Lj**. i Petrović B, 2011: *Značaj monitoringa podzemnih voda u karstu Srbije*, Rad u zborniku sa 7 Simpozijuma o zaštiti karsta, Bela Palanka, pp. 35-42
9. Milanović S, **Vasić Lj**, Stevanović Z. and Ristić Vakanjac V, 2011: *Monitoring and Physical Modeling of Karst System as a Base for its Evaluation and Utilization – a Case Study from Eeastern Serbia*“, IX Konferencija o hidrogeologiji karsta, 978-2-7466-3694-1, Besanson, Francuska, pp. 351-354
10. Milanović S, **Vasić Lj**, Milovanović D. i Stratimirović S, 2012: *Prilog poznavanju termomineralnih voda Srbije*, XIV Srpski Simpozijum o hidrogeologiji, Zbornik radova sa međunarodnim učešćem, ISBN 978-86-7352-236-4, Zlatibor, p. 233-237
11. Milanović S, **Vasić Lj**. i Kličковић M, 2012: *3D model karstnih kanala u zoni isticanja Malog vrela*, XIV Srpski Simpozijum o hidrogeologiji, Zbornik radova sa međunarodnim učešćem, ISBN 978-86-7352-236-4, Zlatibor 2012, p. 477-482

12. Stevanović Z, Milanović S, Dokmanović P, Ristić Vakanjac V, Petrović B. i **Vasić Lj**, 2013: *Engineering regulation of karst aquifer as a response to minimal flows in sensitive areas*, Proceedings of Intern. conf. "Waters in sensitive and protected areas", 978-953-96071-3-3, Zagreb, pp. 109-112
13. Stevanović Z, Dokmanović P, Milanović S, Ristić Vakanjac V, Polomčić D. and **Vasić Lj**, 2013: *Adaptation and mitigation measures for sustainable use of karst groundwater as a response on climate change – Eastern Serbia case example*, Proceedings of the international conference "Climate change impact on water resources", Inst. for Devel. of Wat. Res., J. Černi "Belgrade, pp. 242-250
14. Milanović S. and **Vasić Lj**, 2014: *3D modeling of karst conduit; Case example leakage below Višegrad dam*, Proceedings of the International conference and Field Seminar "Karst without boundaries", pp. 301-306

Радови штампани у изводу у зборницима радова (М 34, М 64)

1. Milanović S, **Vasić Lj**. i Milanović P, 2012: *Hydrogeological approach for groundwater flow and protection in karst using a 3D model – Case study of the Beljanica Massif*, Book of abstracts of 34 IAH Congress, Niagara Falls, p. 227
2. Stevanović Z, Ristić Vakanjac V, Milanović S, **Vasić Lj**, 2012: *An example of application of stochastic model to forecasting karst springs discharge*, Proceedings of EGU 2012, 22-27.04. Vienna, print on CD
3. **Vasić Lj**, Stevanović Z. and Milanović S, 2013: *Genesis and circulation of fresh and thermal groundwater flows in same karstic aquifer – Case examples from the Carpathian karst of eastern Serbia*, Book of abstracts of the International Symposium on Hierarchical Flow Systems in Karst Regions KARSTFLOW 2013, IAH, ISBN 978-963-284-369-8, Budapest. p.132
4. Stevanović Z, Ristić Vakanjac V, Milanović S, **Vasić Lj**, Petrović B. and Čokorilo M, 2013: *Tectonic fabric as the main factor for privileged groundwater pathways, discharge regime and thermal properties within the same karstic system of Vidlic Mt. (Serbia)*, Book of abstracts of the International Symposium on Hierarchical Flow Systems in Karst Regions KARSTFLOW 2013, IAH, ISBN 978-963-284-369-8, Budapest, p.138
5. Ristić-Vakanjac V, Vakanjac B, Milanović S, **Vasić Lj**, i Kličković M, 2015: *Prekonoška cave at the end of the 19th century and today*, International scientific conference "150th Anniversary of Jovan Cvijic's Birth", Belgrade, ISBN 978-86-7025-667-5, pp. 38
6. Milanović S, Ristić-Vakanjac V, **Vasić Lj**, Kličković M i Čokorilo-Ilić M, 2015: *Exploitation of the Mlava river source by Cvijic and since*, International scientific conference "150th Anniversary of Jovan Cvijic's Birth", Belgrade, ISBN 978-86-7025-667-5, pp. 52
7. Ristić-Vakanjac V, Milanović S, **Vasić Lj** i Čokorilo-Ilić M, 2015: *Hydrogeological characteristics of Suva planina in the eyes of Jovan Cvijic and today*, International

scientific conference "150th Anniversary of Jovan Cvijic's Birth", Belgrade ISBN 978-86-7025-667-5, pp. 50

8. **Vasić Lj**, Milanović S i Stratimirović S, 2015: Termomineralne vode Sijarinske banje, Međunarodna konferencija „Mineralne vode Srbije – 180 godina nauke“, pp. 27
9. Milanović S, Stevanović Z, **Vasić Lj**, Petrović B i Marinović V, 2015: Hidrogeološka osnova zaštite podzemnih voda u karstu primenom GIS-a - 3D fizičko modeliranje, Zbornik radova 8. Simpozijuma o zaštiti karsta, ASAK, Pirot, pp. 12
- 10.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада и оствареног искуства закључено је да кандидаткиња поседује потребне способности за рад на предложеној теми докторске дисертације.

Подаци о току докторских студија:

Љиљана Васић је положила све испите (16/17 – 155 ЕСПБ) предвиђене акредитованим програмом докторских академских студија, на студијском програму Хидрогеологија, са просечном оценом 9.63.

Назив предмета	Број ЕСПБ поена
Семинар 1	6
Самостални публиковани рад П1	4
Пројекат докторске дисертације	10
Специјална поглавља из хидрогеолошких истраживања и менаџмента подземних вода отворених структура	10
Практични истраживачки рад П1	10
Претходна студија оправданости	10
Геохемија предела	10
Семинар 2	3
Практични истраживачки рад П2	3
Истраживачка студија	4
Специјална поглавља из захвата и одрживог коришћења маломинерализованих вода	20
Специјална поглавља из хидрогеологије животне средине	10
Рад са СЦИ листе	20
Научно-истраживачки рад А	5
Научно-истраживачки рад Б	5
Израда докторске дисертације А	25
Укупно	155

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања

Подземне воде представљају есенцијални природни ресурс за задовољавање потреба највећег дела светског становништва, из разлога што су обновљиве и делимично или потпуно заштићене од утицаја спољашњих фактора, самим тим и директног загађења. Због свог бољег квалитета, потребног једноставнијег третмана, и у већини случајева и значајно мањих трошкова експлоатације, даје им се предност у искоришћавању у односу на површинске воде. С друге стране, воде дубљих водоносних хоризоната, често повишене температуре и минерализације користе се активно за рекреацију, балнеотерапију, топлификацију. Ипак, с обзиром да се налазе у подземљу и да један део ових квалитетних вода залеже веома дубоко, тешко их је детаљно испитивати у смислу утврђивања њихове примарне и секундарне зоне прихрањивања, услова циркулације и контакта са различитим стенским масама и потенцијалним загађивачима, као и времена које проведу у подземљу.

Воде карстних издани имају по правилу повољне природне физичко-хемијске карактеристике, а унутар карстификованих карбонатних стена могу се акумулирати велике количине подземних вода. С друге стране карактерише их велика неравномерност истицања и изражена рањивост на загађивање због слабих самопречишћавајућих својстава средине. Како би се одрживо управљало подземним водним ресурсима у карсту, неопходно је добро познавање хидрогеолошких система, под којима се сматрају карбонатне или евапоритске формације са развијеном дисолуционом порозношћу, које на основу граничних услова, примају улазне компоненте (флуид) и врше њихов транспорт и трансформацију у излазне компоненте (Fleming, 1975; Јемцов, 2008).

Највећу непознаницу за истраживаче представља период који вода проведе у подземљу. Када воде од падавина или површинске воде уђу у карстно подземље, даље се системом пукотина крећу према зони која дренира издан рапидно, уколико су пукотине, каверне и пећине већих димензија, или лагано (дифузно) кроз ситне пукотине и поре у основи стене – матриксу (Goldscheider, 2015). Милановић П. (1999) наводи да читава карстна издан има нагиб према ерозионом базису који је дренира и да управо положај ерозионог базиса (хидраулички градијент) представља главни фактор који одређује брзину циркулације и ретардациони капацитет (задржавање) подземних вода.

Актуелност проблематике функционисања карстне издани, као и велики број методолошких поступака који се могу применити у циљу дефинисања зона прихрањивања и везе између подземних и површинских вода, времена које вода проведе у подземљу, као и њене интеракције са матичном стеном, при чему се формира јединствен хемијски састав и температурни режим истеклих вода, затим дефинисање различите дубине залегања карстних канала и резервоара топлих и хладних вода, били су полазна основа кандидаткиње на усмерење ка истраживању карста и дефинисању предложене теме докторске дисертације.

За област истраживања одабран је Кучајско-бељанички масив у источној Србији који припада области Карпато-балканског лука, који се кроз Србију правцем С-Ј и СЗ-ЈИ протеже од границе са Румунијом (Ђердап) до границе са Бугарском (Стара планина). У оквиру Кучајско-бељаничког масива који представља највеће лежиште подземних вода у Карпато-балканидима налазе се бројна и јака карстна врела, али и појаве топлих карстних извора на релативно малом растојању од извора хладних вода (Стевановић, 1991), што представља изузетан научни изазов у погледу дефинисања генезе вода и услова циркулације и питања да ли ове воде различите температуре потичу из „исте карстне издани“.

Посебан изазов представља утврђивање дубина зелегања карстних канала и резервоара хладних и топлих вода, при чему је утврђивање старости ових вода неопходни први истраживачки корак. Чињеница је да воде са повишеном температуром залежу дубље у подземље где проводе знатно више времена, и где приликом боравка у подземљу, услед неких фактора стварања топлоте долази до њиховог загревања. Ови фактори могу бити хемијски процеси у неким деловима стенске масе, механичко трење стена услед великих тектонских покрета, распадање радиоактивних елемената или једноставно присуство грејног тела, као што су магматити (Крунић, 2012).

Воде се на одабраним осматраним локацијама Кучајско-бељаничког масива јављају у различитом температурном распону, па тако поред јаких карстних извора са хладном водом температуре од 8-11°C, постоји низ појава вода, најчешће мање издашности, са температурама од 14-36°C, распрострањених углавном по северном, западном и јужном ободу истражног простора. Ово указује на зоналност јављања вода са повишеном температуром, као и на различитост степена карстификације по вертикалном профилу на одређеним локацијама у оквиру истражног терена.

Неки од хладних извора овог масива већ су каптирани за потребе водоснабдевања (Белосавац, Мало врело, Мрљиш, Злотно врело, Бељевина итд.), а многи представљају велики потенцијал пијаће воде, како на локалном, тако и на регионалном нивоу, што ову област чини посебно значајном у истраживачком погледу. Топле воде карста Кучајско-бељаничког масива такође представљају значајан геотермални потенцијал, а уз примену топлотних пумпи би се знатно повећао степен њиховог коришћења (Стевановић *et al.*, 2011).

Многи научници су се бавили истраживањем функционисања карстне издани, генезом вода и условима циркулације унутар карстне издани. Једно од првих мишљења о врсти циркулације подземних вода у карсту износи Цвијић (1918), који наводи да генерално постоје три хидрографске зоне у унутрашњости карстне издани: суви део, прелазни део и део са активном и сифоналном циркулацијом подземних вода. Такође, једну од важнијих теорија циркулације подземних вода уопште, дао је Toth (1999), који истиче разлику између локалних, средњих и регионалних система циркулације у оквиру једног хидрогеолошког система. На основу прорачуна доказао је да се у оквиру једног система може наћи више зона прихрањивања и пражњења издани, што је по свему случај и са

Кучајско-бељаничким масивом, где се у оквиру једног комплексног карстног система јавља више различитих типова циркулације воде.

Примена изотопских метода истраживања у циљу дефинисања функционисања хидрогеолошких система, нашла је велику примену средином 20 века. Због могућности примене различитих врста изотопа, ова метода све чешће се користи за изучавање услова циркулације подземних вода, укључујући и карстне системе. Утврђивањем епикарст зоне, зоне прихрањивања и брзине циркулације подземних вода у карсту, бавили су се многи аутори. Трчек (1999-2000) врши истраживање епикарстне зоне извора Хубељ помоћу изотопа ^{18}O , ^2H , ^{13}C , а у циљу утврђивања заштитне улоге епикарста од различитих врста загађења. У свом раду „*Hydrological studies using isotopes*“ Kumar (2013) наводи да су ради бољег управљања и коришћења вода издани у држави Радастан (Индија), изведена истраживања изотопским методама у циљу испитивања времена прихрањивања подземних вода и количине воде која се од падавина инфилтрира у подземље. У Србији изотопске методе нису нажалост коришћене у великој мери у хидрогеолошким истраживањима. Значајна истраживања стабилних изотопа у подземним и површинским водама у Београду и Србији спровели су 90-их година прошлог века Н. Миљевић, В. Шипка и други. Николов *et al.* (2015) су се бавили испитивањем старости и пореклом подземних вода на територији Војводине. Датирање подземних вода Сијаринске бање извршено је 2012. године од стране стручњака Центра за хидрогеологију карста, где се применом изотопа ^{14}C утврдило да старост термалних вода износи 42160 година. Т. Петровић Пантић (2014) се у оквиру своје дисертације бавила изучавањем зона прихрањивања термалних вода у оквиру Српског кристалоног језгра, користећи стабилне изотопе кисеоника и водоника, као и радиоактивни изотоп трицијума.

При одабиру локације истраживања један од услова је био и досадашња добра истраженост терена, јер је за свеобухватну анализу генезе и услова циркулације подземних вода неопходна карактеризација система (Стевановић, 2015) и прикупљање података претходних истраживања о појавама, количинама и квалитету воде, условима циркулације и функционисању карстног система. Наиме, на простору овог масива вршена су обимна геолошка, геоморфолошка и хидрогеолошка истраживања. Геолошка истраживања започета су још 1891. године од стране А. Воуе-а, а касније су их наставили С. Радовановић, Ј. Цвијић, В. Петковић, Р. Јовановић и многи други. Најзначајније податке о хидрографским, хидрогеолошким и геоморфолошким карактеристикама терена, дао је Цвијић у својим радовима објављеним у периоду 1893-1904. године. Детаљнији подаци о геологији терена изнети су у раду о геологији источне Србије, В. Петковића 1935. године. Касније су се истраживањем геологије терена бавили стручњаци Геозавода, а резултат њиховог истраживања био је 1970. године израда Основне геолошке карте 1:100 000.

Истраживања подземних вода углавном су вршена у циљу њиховог искоришћавања за потребе водоснабдевања, као и за добијање већих количина термалних вода. Истраживања хидрогеолошких карактеристика слива Црног Тимока вршена су од стране Николића (1969). године, док су истраживања за водоснабдевање борских рудника и насеља спровели Николић и Вуковић 1971. године. Палавистрић се 1972. године бавио истраживањем западног Кучаја и Бељанице за потребе израде елабората регионалних хидрогеолошких истраживања источног слива Велике Мораве, док су

истраживања за утврђивање оводњености Сењско-ресавских рудника угља спровели Вуковић и други аутори Геозавода (1974, 1975). Хидрогеолошким истраживањима за потребе утврђивања повезаности површинских и подземних вода, односно везе између понора и извора, приликом чега је извршен већи број опита обележавања бавили су се углавном стручњаци Геозавода. Поред ових, значајна истраживања хидрогеолошких карактеристика Кучајско-бељаничког масива спровели су стручњаци Департмана за хидрогеологију, тадашње ООУР групе за хидрогеологију Рударско-геолошког факултета у Београду. Допринос познавању хидрогеолошких карактеристика подземних вода Кучајско-бељаничког масива дао је у периоду 1962-1980. године Н. Милојевић, што је резултирало реализацијом пројекта снабдевања водом градова Параћина и Ћуприје. Значајна истраживања подземних вода у циљу захватања термалних вода спроведена су од стране Б. Филиповића, Н. Димитријевић, З. Стевановића и других. Године 1978. Б. Филиповић и група аутора бавили су се испитивањем Кривовирске котлине и јужног Кучаја, док су испитивања за потребе захватања већих количина топлих вода у селу Милановац (Крупајско врело и Бањица), вршили '80-их година Б. Филиповић, Н. Димитријевић, и З. Стевановић. У ову сврху извршена је израда неколико истражних бушотина (мах 400 метара на Крупајском врелу), али је само у Сисевцу, израдом бушотине од 216 метара добијена вода више температуре него што је износила на природном топлотном извору у непосредној близини (Мартинковић, 2009).

Значајним истраживањима по питању рејонизације масива, односно издвајања сликова и карстних система у оквиру масива бавили су се З. Стевановић, а потом и В. Ристић и С. Милановић. Стевановић (1981) у свом магистарском раду „Хидрогеолошке карактеристике карста Кучајско-бељаничког масива са аспекта могућности коришћења изданских вода за водоснабдевање“ врши поделу у оквиру целог масива на укупно 12 лежишта изданских вода на основу услова циркулације и истицања подземних вода. У оквиру ових 12 лежишта даље врши поделу на потенцијална експлоатациона поља. Такође, В. Ристић (2007) и С. Милановић (2010) у оквиру својих докторских дисертација баве се хидрогеолошком проблематиком Бељаничког масива са различитих аспеката и применом различитих метода.

Циљеви истраживања

Генерални циљ докторске дисертације представља **дефинисање генезе подземних вода у оквиру карстних хидрогеолошких система на подручју масива Кучаја и Бељанице**, које укључује анализу услова циркулације топлих и хладних вода, процену дубине залегања карстних канала и утврђивање времена боравка воде у подземљу, као и повезаности површинских и подземних вода и дистрибуције вода унутар одабраних комплексних карстних система.

Основни задатак истраживања је да се кроз утврђивање садржаја стабилних изотопа у води (^{18}O , ^2H и ^{13}C) успостави веза између површинских и подземних вода, да се одреде зоне и надморске висине на којима се врши прихрањивање вода, као и да се утврди степен мешања старијих и млађих подземних вода унутар једног система у оквиру кога може бити заступљено више водних тела.

Посебна пажња ће се посветити утврђивању времена боравка воде у подземљу помоћу радиоактивних изотопа ^{14}C , ^3H и $^3\text{H}+^3\text{He}$, на основу чега ће се, са упознавањем везе зоне прихрањивања и истицања, проценити дубина залегања карстних канала, као и дубина карстификације. Ово је од посебног значаја за појаве топлих вода, чије температуре индикују знатно дубљу циркулацију. Претпоставља се да се од више положене зоне циркулације хладних вода системом пукотина мањих димензија воде инфилтрирају дубље у подземље, па се очекује и да је старост ових вода знатно већа од старости хладних вода. Поред научног, дефинисање дубине циркулације топлих вода има и економских значај, јер се проценом дубине циркулације могу тачније одредити дубине до којих би се вршило истражно бушење, у циљу добијања вода повишених температура. Такође, утврђивање времена боравка воде у подземљу значајно је и када су у питању младе воде, јер познавањем времена боравка у подземљу и зоне на којој се врши инфилтрација, било би могуће приликом могућих екстремних догађаја проценити и време појаве загађења вода на изворишту, а самим тим и боље организовати мере превентивне заштите или асанације.

Један од циљева дисертације је и да се утврди измена хемијског састава вода у погледу основних физичко-хемијских параметара и садржаја јона од уласка у систем до њеног дренажа на површини терена, као и да се одреди растварачка моћ воде и обогаћење Ca^{2+} и HCO_3^- у хладним, и у топлим водама. Поред квалитативног мониторинга, паралелно ће се спроводити и квантитативни мониторинг протицаја на понорима и изворима (мерење на дневном нивоу на изворима на приступачним локацијама са читавањем водомерне летве, и на кварталном нивоу на удаљеним изворима и понорима хидрометријским мерењем) у циљу дефинисања биланса подземних вода и утврђивања односа квантитативних параметара (протицаја) са физичко-хемијским параметрима и изотопским саставом. У циљу утврђивања извора топлоте, односно одређивања порекла и врсте грејног тела, извршиће се анализа садржаја микроелемената (Fe , Mn , Cr , Sr , Li , Rb , Zn , Cu , As , Ni , P и SiO_2) заступљених у топлим и хладним подземним водама. Утврђивање садржаја племенитих гасова у води (He , Ne , Ar , Kr , Xe и $^3\text{He}/^4\text{He}$) спровешће се у циљу дефинисања старости и генезе подземних вода, као и температурног режима вода у зони инфилтрације у подземље. Такође, дефинисање састава стене на улазу и излазу из система, односно садржаја калцијума и изотопског састава стене, може указати на формирање хемијског састава подземних вода, као и на услове насталог изотопског састава воде.

Видео-ендоскопијом већ постојећих бушотина (у незацењеним бушотинама), односно снимањем зидова бушотина камером (класичном вертикалном и ротационом са компасом), оцениће се степен и зоналност карстификованости, као и утврдити дубине и величине канала на којима се одвија активна циркулација вода.

На крају, циљ је да се у одабраним карстним системима на основу добијених података о времену боравка воде у подземљу, дубине залегања карстних канала, измени хидрохемијских карактеристика током боравка у подземљу, утврде конкретни услови генезе и вертикална зоналност хладних и термалних вода.

Главни задаци истраживања у циљу израде докторске дисертације су према томе, анализа:

1. везе између површинских и подземних вода;
2. зона прихрањивања (дифузно, концентрично);
3. зона истицања (гравитационо, сифонално);
4. старости воде и времена задржавања воде у подземљу;
5. прогнозне дубине залегања карстних проводника топле и хладне воде;
6. распрострањења водоносних и водонепропусних слојева;
7. пружања главних канала;
8. интензитета, дубине и базе карстификације;
9. изотопског састава стене у зони понирања и истицања;
10. хемијског састава присутних грејних тела;
11. растворљивости кречњака у топлој и хладној води, у пећинама и на површини терена;
12. промена јонског састава воде током боравка у подземљу (улаз – излаз).

Релевантни библиографски извори

- Antonijević I, Veselinović M, Đorđević M, Kalenić M, Krstić B. i Karajičić Lj, 1970: Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Žagubica L 34-140, Fond Saveznog geološkog zavoda, Beograd
- Bleakney W., Hipple, J. A. 1935: A study of oxygen isotopes. J. Phys. 47, 800.
- Clark I., Fritz P, 1999: Environmental isotopes in hydrogeology, 2nd print, Taylor & Francis Group
- Dimkić, M., Stevanović Z. i Đurić D., 2007: Utilization, Protection and Status of Groundwater in Serbia, Proceedings Groundwater management in the Danube river basin and other large river basins, Regional IWA Conference, Belgrade, 7-9 June, 2007.
- Dublyansky, Y.V., 2005. Hydrothermal caves. Encyclopedia of caves, D.C. Culver i W.B. White (eds), , Elsevier, Amsterdam, 300-304.
- Epstein, S. i Mayeda, T. 1953: Variations of O18 content of waters from natural sources. Geochim. Cosmochim. Ada 4, 213-224.
- Ford D. C., Williams P., 2007: Karst Hydrogeology and Geomorphology, Monography, ISBN: 978-0-470-84996-5, p 576
- Fritz P. i Fontes J, 1980: Handbook of environmental isotope geochemistry, Amsterdam-Oxford-New York
- Goldscheider N, 2015: Overview of Methods Applied in Karst Hydrogeology, Monograph: Karst aquifers – characterization and engineering, ed. Stevanović Z., Springer
- Giauque, F.W., Johnston, H.L., 1929a. An isotope of oxygen, mass 18. Interpretation of the atmospheric absorption bands. J. Am. Chem. Soc. 51, 1436–1445.
- IAEA, 1983: Guidebook on nuclear Techniques in Hydrology, IAEA, Vienna
- IAEA, 1983: Isotope Hydrology, IAEA, Vienna
- IJČ (2001): Vodoprivredna osnove Republike Srbije, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”, Ministarstvo za poljoprivredu, šumarstvo i vodoprivredu – Republička direkcija za vode, Beograd
- Komatina M, 1984: Hidrogeološka istraživanja – metode istraživanja I, Univerzitetski udžbenik, SOUR „Geozavod“, Beograd

- Kortelainen N, 2007: Isotopic fingerprints in surficial waters: stable isotope methods applied in hydrogeological studies, PhD theses, Helsinki
- Krunić O, 2012: Mineralne vode, Univerzitetski udžbenik, RGF, Univerzitet u Beogradu, Beograd
- Kumar C. P, 2013: Hydrological Studies Using Isotopes, International journal of inovative research & development, ISSN 2278 0211, online, http://www.academia.edu/5585470/Hydrological_Studies_Using_Isotopes
- Letolle R. i Olive Ph., 2004: A short hystory of isotopes in hydrology, Proccedings of the UNESCO/IAEA symposium in Rome, IAHS publ. 286
- Milanović P., 1999: Geološko inženjerstvo u karstu, monografija, Energoprojekt, Beograd
- Milanović S, 2010: Formiranje fizičkog modela karstne izdani na primeru Beljanice (istočna Srbija), Doktorska disertacija, DHG-RGF, Beograd
- Milanović S., 2012: Speleologija i speleoronjenje u hidrogeologiji karsta, Monografija, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
- Milanović S. i Vasić Lj., 2011: Hidrogeološka osnova zaštite podzemnih voda u karstu na primeru Beljanice, Vodoprivreda 2011, 0350-0519, vol. 43, br. 4-6, str. 165-173, Beograd
- Mook W. G, 2000: Environmental isotopes in the hydrological cycle, Principles and applications, Volume I, Introduction – Theory methods Review, Unesco/IAEA
- Polomčić D, Stevanović Z, Bajić D. i drugi, 2012: Vodosnabdevanje i održivo upravljanje podzemnim vodnim resursima u Srbiji, Vodoprivreda 2012, 0350-0519, 44, br. 4-6, str. 225-231
- Schlosser, P, Stute, M, Do"rr H, Sonntag C, and Mu"nich, K.O, 1988: Tritium/³He dating of shallow groundwater, Earth and Planetary Sci. Lett. 89,353–362.
- Stevanović Z, 1991: Hidrogeologija karsta Karpato-balkanida istočne Srbije i mogućnosti vodosnabdevanja, monografija, DHG-RGF, Beograd
- Stevanović Z, 2010: Regulacija karstne izdani u okviru regionalnog vodoprivrednog sistema „Bogovina“, Posebno izdanje Departmana za hidrogeologiju, RGF, Beograd
- Stevanović Z, 2011: Menadžment podzemnih vodnih resursa, Univerzitetski udžbenik, RGF, Univerzitet u Beogradu, Beograd
- Stevanović Z, 2015: Characterization of karst aquifer, In: Monograph: Karst aquifers – Characterization and engineering, ed. Stevanović Z., Springer Publ.
- Toth J., 1999: Groundwater as geological agent: an overview of the causes, processes, and manifestations, Hydrol J, 7:1-14
- Trček B i Zojer H, 2010: Recharge of springs, Groundwater hydrology of springs (eds. N.Kresic & Z.Stevanovic), Elsevier, Blumington & Oxford, pp. 87- 127
- Vasić Lj., Milanović S., Petrović B. i Stevanović Z., 2012: Uticaj cirkulacije podzemnih voda u karstu na pojavu bakteriološkog zagađenja, Vodoprivreda 2013, 0350-0519, 45 str. 219-229, Beograd
- Vasić Lj, 2015: Primena izotopskih metoda u hidrogeologiji, seminarski rad, fondovska dokumentacija, DHG-RGF, Beograd
- Veselinović M, Antonljević I, Milošaković R, Mičić I, Krstić B, Čičulić M, Divljan M. i Maslarević Lj, 1970: Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Boljevac K 34-8, Fond Saveznog geološkog zavoda, Beograd
- Yurtsever Y. i Araguas Araguas L, 1993: Environmental isotope applications in hydrology: an overview of the iaea's activities, experiences, and prospects, In: Peters NE, Hoehn E, Leibundgut C, Tase N, Walling De (eds), Tracers in hydrology, International Association of Hydrological Science (IAHS) publication 215, IAHS Press, Wallingford, pp. 3-20

3. Полазне хипотезе

Основна претпоставка од које се полази у решавању предметне проблематике је да се у оквиру једног карстног масива налази већи број комплексних карстних система, који се могу карактеризовати на бази закључака о генези подземних вода и анализе услова циркулације њихових вода. Комплексност ових система произилази из чињенице да се у оквиру овог масива, често на релативно малом растојању, јављају хладне воде у виду јаких карстних врела, док се у њиховој непосредној близини јављају и појаве топлих карстних извора. На основу тога може се поставити хипотеза да воде различите температуре са исте локације, потичу из „јединствене карстне издани“, али из различитих делова тог комплексног карстног система.

Једна од важних хипотеза коју треба доказати овим истраживањима је да су воде термалних извора и у дубљим бушотинама старије, односно да се током сифоналне циркулације кроз подземље дуже задржавају, али и да се приликом аспедентног кретања ка површини мешају са млађим водама, које одражавају изотопски и хемијски састав вода хладних извора. Хладне воде требало би да имају и веће вредности трицијумових јединица што би указало на „свеж“ вадозни карактер, бржу циркулацију вода и краћи боравак у подземљу. Тако би се са повећањем температуре, смањивала концентрација трицијума, а воде са највишим температурама заправо би представљале и најстарије воде.

Резултати истраживања требало би да потврде и да хладне, младе воде имају знатно бржу циркулацију кроз подземље, те су из тог разлога подложније сезонским варијацијама квалитета подземних вода, као и бржој реакцији на могуће наилазеће загађење. Такође, због своје брзе филтрације и недовољне реакције са матичном стеном, знатно су смањене аутопурификационе способности средине, па тако загађење унето на улазу у систем, може у потпуности бити рефлектовано на квалитет вода на излазу из система, односно на изворима.

Супротно од њих, воде са дубљом циркулацијом и повишеном температуром су очекивано старије воде, више времена проводе у подземљу, бар делимично подлежу аутопурификационим својствима средине и имају постојанији хемијски састав који није подложен сезонском колебању. Такође, обзиром да се ради о водама које се мешају са хладнијим водама, нестабилнијег хемијског састава, и у овим „тразиционим“ водама може се јавити одређено загађење, али очекивано у знатно мањим концентрацијама. Из тог разлога, топлије воде Кучајско-бељаничког масива су много поузданије и трајно постојане за коришћење у различите сврхе, укључујући и водоснабдевање, и без великих антропогених притисака не би требало да дође до њиховог наглог загађења.

Концепт истраживања за доказивање хипотезе и за дефинисања генезе и циркулације топлих и хладних вода Кучајско-бељаничког масива, приказан је у облику алгоритма на слици у прилогу у наставку текста. Мултипараметарским концептом истраживања и радова тежиће се што тачнијем дефинисању

карактеристика карстног масива у целини и карстних система издвојених у оквиру њега.

Овакав вид комплексног истраживања требало би да обезбеди потребне подлоге и да доведе до довољног броја резултата на основу којих ће се вршити сагледавање система, анализирање резултата теренских истраживања и лабораторијских анализа и на крају извођење закључака.

4. Научне методе истраживања

У оквиру истраживања за потребе израде докторске дисертације, планирана је примена више методолошких поступака, од којих неки данас веома актуелни у међународним истраживачким пројектима, своју редовну примену још увек нису нашли у Србији.

Изотопски метод истраживања у хидрогеологији представља посебну дисциплину која изучава хидролошке и хидрогеолошке системе користећи технике на бази одређивања распрострањења изотопа и њихових промена у води и животној средини. Помоћу изотопских анализа може се утврдити порекло подземних вода, услова циркулације и мешања подземних вода, као и одређивање путање њиховог кретања, а такође се може одредити и време задржавања воде у систему, односно време које је потребно молекулу воде да пређе од тачке А до тачке Б (*mean residence time*). Познавањем наведених процеса, може се лакше и дуготрајно утицати на одрживо коришћење подземних водних ресурса.

Обзиром на комплексност теме докторске дисертације усвојено је да основни метод истраживања Кучајско-бељаничког масива представља примена различитих изотопских метода одређивања стабилних и радиоактивних елемената (^{18}O , ^2H и ^{13}C , ^{14}C , ^3H и $^3\text{H}+^3\text{He}$). Такође, изотопске методе истраживања до сада нису широко примењиване у сврху истраживања карстних терена у Србији, а специфичан одабир врста изотопа које ће се применити на истражном простору, чине овај методолошки поступак оправданим. Обзиром да је за тумачење садржаја стабилних изотопа ^{18}O и ^2H у подземним водама неопходно успостављање *локалне изотопске метеорске криве* (садржај стабилних изотопа ^{18}O и ^2H у падавинама), у оквиру Центра за хидрогеологију карста за потребе предложених истраживања и израду ове докторске дисертације, дизајниран је специјални уређај за узорковање кишнице за утврђивање непоремећеног садржаја стабилних изотопа у њој.

Поред изотопских, на истражном простору ће се применити хидрохемијске методе истраживања у циљу проучавања услова формирања хемијског састава подземних вода, идентификације физичко-хемијских процеса који се дешавају унутар карстних система, као и утврђивања порекла хемијских елемената у подземним водама, на основу чега ће се установити карактери регионалних хидрохемијских закономерности, као и хидрохемијске вертикалне зоналности. У оквиру хидрохемијских истраживања вршиће се осматрање основних физичко-хемијских

параметра воде директно на терену, теренски преносивом лабораторијом (температура, рН вредност, редокс потенцијал, растворени кисеоник, специфична проводљивост и мутноћа, нитрати, нитрити, амонијум јон, хидрокарбонати, укупан алкалитет, укупна тврдоћа, калцијум, гвожђе и манган). Поред ових, параметара пратиће се промене јонског састава воде од улаза у систем, током њене циркулације кроз подземље до појављивања на површини терена (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , NH_4^{+} , NO_3^{-} , Cl^{-} , F^{-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}). У узорцима воде са одређених локација ће се одредити и садржај неких микроелемената (Fe, Mn, Cr, Sr, Li, Rb, Zn, Cu, As, Ni, P и SiO_2), као и садржај племенитих гасова у води (He, Ne, Ar, Kr, Xe и $^3\text{He}/^4\text{He}$). Такође, паралелно са кампањама квалитативног мониторинга вршиће се и квантитативни мониторинг на свим појавама и објектима.

У оквиру петролошких истраживања, извршиће се узорковање стене у зонама понирања воде и истицања на површину, као и праћење растварања кречњака на бази коришћења специјалних кречњачких плочица девонске старости израђених у IRCK, Гуилин, Кина са којим Центар за хидрогеологију карста остварује активну научну сарадњу, у различитим условима (површински токови на карсту и некарсту, на површини терена, у земљишту, пећини, као и на топлим и хладним изворима). Обзиром да се очекује минимално растварање карбонатних плочица у периоду од годину дана, колико ће трајати опит, тежина раствореног кречњака у нултом стању и након годину дана ће се пратити на прецизној аналитичкој ваги Центра за хидрогеологију карста, прецизности 0.0001 гр.

На терену ће се спровести видео-ендоскопија постојећих бушотина и реинтерпретација досадашњих података каротажа.

У оквиру хидрогеолошких истраживања извршиће се постављање мониторинг опреме (термометар, кишомер, мини хидрометеолошке станице са аутоматским читавањем на часовном нивоу за температуру и дневном нивоу за кишомер и хидрометеолошке станице) за потребе праћења климатолошких параметара на терену. Утврђивање протицаја на понорима и изворима (мерење на дневном нивоу на изворима на приступачним локацијама читавањем са водомерне летве и кварталном нивоу на удаљеним изворима и понорима хидрометријским мерењем) вршиће се ради дефинисања биланса подземних вода и утврђивања односа протицаја са физичко-хемијским параметрима и изотопским саставом.

Додатна теренска геолошка истраживања, хидрогеолошка проспекција, по потреби и даљинска детекција, спроводиће се по стандардним истраживачким методама примењеним у геологији. Обрада података подразумева и примену статистичких метода, ГИС поступке визуелизације података и креирање посебне информационе базе.

5. Очекивани научни допринос

- Комплексна истраживања примењена на великом броју хидрогеолошких појава и објеката допринеће садржајно бољем, и квалитетно другачијем начину сагледавања функционисања одабраних карстних система, на основу чега ће се извршити и њихова прецизнија рејонизација.
- Изведена истраживања омогућиће карактеризацију карстних система, дефинисање генезе подземних вода и њихове циркулације, и услова интерне прерасподеле водних ресурса, а што би представљало важну научну надградњу досадашњих сазнања и спроведених истраживања у оквиру овог највећег масива у Карапато-балканском карсту наше земље.
- Оно што треба да представља посебан научни допринос је примена комплексних метода истраживања, са посебним акцентом на примену различитих изотопских метода.
- Изотопске методе истраживања су ретко коришћене у истраживањима подземних вода у Србији, нарочито у истраживању карстних система. Такође, важно је да предложени мултипараметарски приступ, односно комбинација поменутих методолошких поступака, даје дисертацији додатни научни значај.
- Ова дисертација поред научног има и практични значај, који се огледа у дефинисању дубине залегања карстних канала топлих вода, што представља надоградњу претходних истраживања на истражном простору, на основу чега се може извршити поузданије пројектовање истражних бушотина за захватање топлих вода, у смислу дефинисања локација и дубина бушења. Захватање већих количина топлих вода допринело би туристичком развоју ове средине и развоју пољопривреде кроз грејање пластеника и стакленика, а такође би се могле користити и за топлификацију објеката.

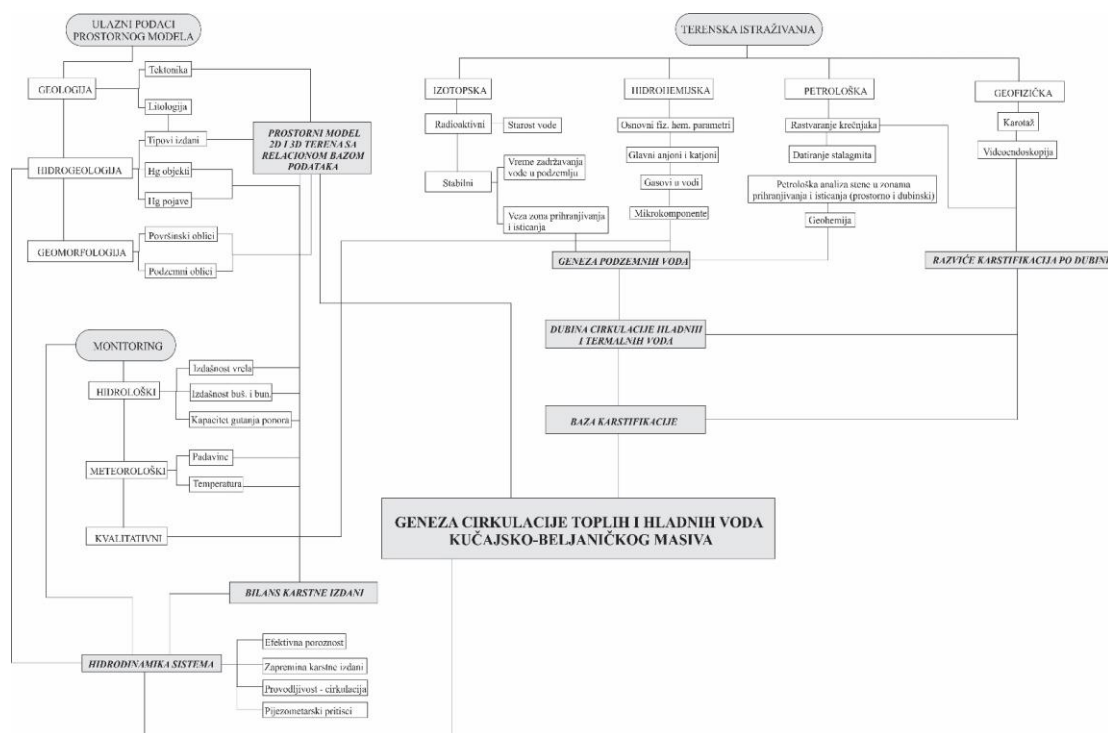
6. План истраживања и структура рада

Научно-истраживачке активности које је неопходно спровести у циљу израде докторске дисертације састоје се из 4 фазе: 1. кабинетски радови, 2. теренска истраживања, 3. лабораторијске анализе узорака и 4. финална обрада и интерпретација резултата (алгоритам у прилогу).

- У оквиру кабинетских радова извршиће се прикупљање, систематизација и реинтерпретација свих расположивих података о геолошким, хидрогеолошким, геофизичким и хидрохемијским истраживањима спроведеним на истражном простору. Такође, у оквиру ове фазе истраживања планирано је прикупљање и проучавање расположиве светске и домаће литературе везане за предметну проблематику докторске дисертације. У оквиру ове фазе истраживања предвиђена је и израда графичких прилога.
- У оквиру теренских истраживања извршиће се четири кампање квалитативног и квантитативног мониторинга подземних и површинских вода (мерење протицаја на изворима, понорима и постојећим објектима, као и утврђивање основних физичко-хемијских параметара на терену). Поставиће се опрема за праћење климатолошких параметара: термометар, кишомер, мини хидрометеолошке станице са аутоматским читавањем на часовном нивоу за температуру и дневном нивоу за кишомер. Извршиће се узорковање стена и узорака воде за израду: изотопских анализа,

јонског састава, микроелемената и садржаја племенитих гасова у води. Поставиће се карбонатне плочице на терену и извршити видео-ендоскопија постојећих бушотина, где то буде могуће.

- Лабораторијске анализе воде за утврђивање садржаја изотопа, јона, микроелемената и племенитих гасова ће се урадити на другим институтима и лабораторијама, од којих се неки налазе у иностранству. Тако, изотопске анализе стабилних изотопа ^{18}O , ^2H и ^{13}C , као и састава матичних узорака стена биће урађене у лабораторији у IRCK-у, Гуилин у Кини (UNESCO *International research centre for karst*), радиоактивни изотопи ^{14}C , ^3H и $^3\text{H}+^3\text{He}$, као и племенити гасови He, Ne, Ar, Kr, Xe и $^3\text{He}/^4\text{He}$ анализираће се у лабораторији Института за нуклеарна истраживања, Дебрецин у Мађарској, садржај микроелемената у води у лабораторији Хемијског факултета Универзитета у Београду, и јонски састав у лабораторији Грађевинског факултета Универзитета у Београду. У лабораторији Центра за хидрогеологију карста извршиће се нулто мерење карбонатних плочица и њихово поновно премеравање након годину дана.
- Финална интерпретација података обухвата анализу, синтезу и графичко и текстуално приказивање резултата генезе и услова циркулације топлих и хладних вода унутар одабраних система, као и потребну текстуалну и графичку обраду. За потребе графичке обраде података примениће се програми ArcGIS и AquaChem.



Сл. Концептуални алгоритам истраживања предложен од стране кандидаткиње

7. Закључак и предлог

На основу приложене и прегледане документације Љиљане Васић, дипл. инж. геол. Комисија именована од стране Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета, закључила је да кандидаткиња у потпуности испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације „Генеза и услови циркулације вода комплексних карстних система Кучајско-бељаничког масива“ и предлаже да Наставно-научно веће прихвати овај извештај и упути предлог Већу техничких наука Универзитета у Београду да одобри њену израду. За ментора на изради дисертације предлаже се Др Зоран Стевановић, редовни професор Рударско-геолошког факултета који испуњава све услове дефинисане важећим прописима Универзитета.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Зоран Стевановић, редовни професор
Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

академик Др Видојко Јовић, редовни професор
Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

Др Веселин Драгишић, редовни професор
Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

Др Оливера Крунић, редовни професор
Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

Др Palcsu Laszlo, виши научни сарадник
Института за нуклеарна истраживања „Атомки“,
у Дебрецину, Мађарска