

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- Веће научних области техничких наука -

БЕОГРАД
Студентски трг бр. 1

Достављамо вам:

Одлуку Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду о усвајању извештаја Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације Ненада Марића, дипл. инж. геологије.

- Образац захтева за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације, ради поступка у смислу важећих законских прописа.
- Подаци о ментору
- Извештај Комисије за оцену подобности теме 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:

„ПРИРОДНО ПРЕЧИШЋАВАЊЕ И СТИМУЛИСАНА БИОРЕМЕДИЈАЦИЈА ПОДЗЕМНИХ ВОДА ЗАГАЂЕНИХ
НАФТНИМ УГЉОВОДОНИЦИМА“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Геолошко инжењерство Студијски програм: Хидрогеологија

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Ненад (Миодраг) Марић, дипл. инж. геологије

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

3. Година дипломирања: 2010.

4. Назив магистарске тезе кандидата:

Уписан на докторске студије школске 2010/11.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 18.12.2014. године размотрило предложену тему и закључило да је тема
подобна за израду докторске дисертације

ДЕКАН
Рударско-геолошког факултета

Проф. др Иван Обрадовић

Прилог: 1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем

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

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 18.12.2014. године, сходно члану 175. став 4. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисија за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације **Ненада Марића**, дипл. инж. геологије.
2. Одобрава се именованом израда докторске дисертације под насловом *„Природно пречишћавање и стимулисана биоремедијација подземних вода загађених нафтним угљоводонцима“*.
3. За менторе се именују др Петар Папић, ред. проф. и др Владимир Бешкоски, доц. Универзитета у Београду – Хемијски факултет.
4. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

проф. др Иван Обрадовић

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Менторима
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: Ненад Марић

Име и презиме ментора: Др Петар Папић

Звање: редовни професор

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index, (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Nikić Z., Kovačević J., **Papić P.**, 2008: *Uranium in the groundwater of Permo-Triassic Aquifers of the Visok region, Stara Planina, Eastern Serbia*. Journal : **Water air and soil pollution**. No 192, p.47-58. Publisher SPRINGER, ISSN 0049-6979, DOI 10.1007/sl 1270-008-9633-z, IF 1.398 (**M 21**)
2. Kovačević J., Nikić Z., **Papić P.**, 2009: *Genetic model of uranium mineralization in the Permo-Triassic sedimentary rocks of the Stara Planina, Eastern Serbia*. Journal: **Sedimentary Geology**. No 219, Publisher ELSEVIER. pp. 2522-261, DOI: 10.1016/j.sedgeo.2009.05.015, IF 1.957, ISSN0037-0738 (**M21**)
- 3 Zoran Nikić, Danica Srećković-Batočanin, Milenko Burazer, Ratko Ristić, **Petar Papić** and Vesna Nikolić, 2013, *A conceptual model of mildly alkaline water discharging from the Zlatibor ultramafic massif, western Serbia*, **Hydrogeology Journal**, Vol.21, No 5, 1147-1163, Springer, ISSN1431-2174, IF 1.798 (**M22**)
4. N. Atanacković, V. Dragišić, J. Stojković, **P. Papić** and V. Živanović, 2013, *Hydrochemical characteristics of mine waters from abandoned mining sites in Serbia and their impact on surface water quality*, **Environmental Science and Pollution Research**, Vol.20, pp. 7615-7626, DOI: 10.1007/s11356-013-1959-4, IF = 2,849, ISSN 0944-1344 (**M21**)
5. Jana S. Stojković, Goran H. Marinković, **Petar J. Papić**, Mihailo G. Milivojević, Maja M. Todorović, Marina D. Ćuk, 2013, *The analysis of the geothermal energy capacity for power generation in Serbia*, **Thermal Science**, vol.17, pp. 969-976, DOI: 10.2298/TSCI120215033S IF 0.838, ISSN 0354-9836 (**M23**)
6. **P.Papić**, M. Pušić and M. Todorović, 2012, *Water quality as an indicator of hydrogeological conditions: a case study of the Belgrade Groundwater Source (Sava/Danube confluence area)*, **Water Science & Technology**, Vol. 65 No. 12, pp. 2265–2271, DOI: 10.2166/WST 2012.219, ISSN 0273-1223, IF 1.102 (**M23**)

7. **Papić P.**, Ćuk M., Todorović M., Stojković J., Hajdin B., Atanacković N., Polomčić D., 2012, *Arsenic in Tape Water of Serbia's South Pannonian Basin and Arsenic Risk Assessment*, **Polish Journal of Environmental Studies**, Vol. 21, No 6, pp.1783-1790, IF = 0.462, ISSN 1230-1485 **(M23)**
8. G. Marinković, **P. Papić**, V. Dragišić, J. Stojković, V. Živanović, J. Andrijašević, 2013, *Lithostratigraphic CO₂ substrata and the depth of carbonated mineral water systems in the lithosphere of Serbia*, **TTEM – Technics, Technologies, Education, Management**, Vol. 8, No. 2, pp.550-557, IF 0,414 ISSN 1840-1503 **(M23)**
9. Ristić Vakanjac V., **Papić P.**, Golubović R., Damnjanović V., 2013, *Statistical evaluation of nitrates in precipitation and karst springflow: The Petnica spring in Western Serbia*, **TTEM – Technics, Technologies, Education, Management**, Vol. 8, No.2, pp. 896-903, IF = 0,414 ISSN 1840-1503 **(M23)**
10. Branko Miladinović, **Petar Papić**, 2012, *Effect of mining industry in Donja Rudnica near Raška on groundwater pollution in the Ibar alluvium (Serbia)*, **TTEM- Technics, Technologies, Education, Management**, Vol.7, No 4, pp 1588-1592, IF 0.414, ISSN 1840-1503 **(M23)**

Датум:

01.12.2014.

ДЕКАН

РУДАРСКО-ГЕОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.Др Иван Обрадовић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: **Ненад Марић**

Име и презиме ментора: **Др Владимир Бешкоски**

Звање: **доцент**

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index, **(SCI)** листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Miletic Srdjan B, Spasic Snezana D, Avdalovic Jelena S, **Beskoski Vladimir P**, Ilic Mila V, Gojgic-Cvijovic Gordana Dj, Vrvic Miroslav M (2014): *The Effect of Humic Acids on Zymogenous Microbial Consortia Growth*, CLEAN-SOIL AIR WATER, vol. 42, br. 9, str. 1280-1283 (Article) **(M21)**
2. **Beskoski Vladimir P**, Takemine Shusuke, Nakano Takeshi, Slavkovic-Beskoski Latinka, Gojgic-Cvijovic Gordana Dj, Ilic Mila V, Miletic Srdjan B, Vrvic Miroslav M (2013): *Perfluorinated compounds in sediment samples from the wastewater canal of Pancevo (Serbia) industrial area*, CHEMOSPHERE, vol. 91, br. 10, str. 1408-1415 (Article) **(M21)**
3. Ramadan Muftah Mohamed Ali, Solevic-Knudsen Tatjana M, Antic Malisa P, **Beskoski Vladimir P**, Vrvic Miroslav M, Schwarzbauer Jan, Jovancicevic Branimir S (2013): *Degradability of n-alkanes during ex situ natural bioremediation of soil contaminated by heavy residual fuel oil (mazut)*, JOURNAL OF THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY, vol. 78, br. 7, str. 1035-1043 (Article) **(M23)**
4. Milic Jelena S, **Beskoski Vladimir P**, Randjelovic DV, Stojanovic J, Vrvic Miroslav M (2012): *Visualisation of the Interaction Between Acidithiobacillus Ferrooxidans and Oil Shale by Atomic Force Microscopy*, JOURNAL OF MINING AND METALLURGY SECTION B-METALLURGY, vol. 48, br. 2, str. 207-217 (Article) **(M21)**
5. Gojgic-Cvijovic Gordana Dj, Milic Jelena S, Solevic Tatjana M, **Beskoski Vladimir P**, Ilic Mila V, Djokic Lidija S, Narancic Tanja M, Vrvic Miroslav M (2012): *Biodegradation of petroleum sludge and petroleum polluted soil by a bacterial consortium: a laboratory study*, BIODEGRADATION, vol. 23, br. 1, str. 1-14 (Article) **(M22)**
6. Novakovic Milan, Ramadan Muftah Mohamed Ali, Solevic-Knudsen Tatjana M, Antic Malisa P, **Beskoski Vladimir P**, Gojgic-Cvijovic Gordana Dj, Vrvic Miroslav M, Jovancicevic Branimir S (2012): *Degradation of methyl-phenanthrene isomers during bioremediation of soil contaminated by residual fuel oil*, ENVIRONMENTAL CHEMISTRY LETTERS, vol. 10, br. 3, str. 287-294 (Article) **(M22)**

7. **Beskoski Vladimir P**, Gojgic-Cvijovic Gordana Dj, Milic Jelena S, Ilic Mila V, Miletic Srdjan B, Jovancicevic Branimir S, Vrvic Miroslav M (2012): *Bioremediation of Soil Polluted with Crude Oil and Its Derivatives: Microorganisms, Degradation Pathways*, Technologies, HEMIJSKA INDUSTRIJA, vol. 66, br. 2, str. 275-289 (Review) **(M23)**
8. **Beskoski Vladimir P**, Gojgic-Cvijovic Gordana Dj, Milic Jelena S, Ilic Mila V, Miletic Srdjan B, Solevic Tatjana M, Vrvic Miroslav M (2011): *Ex situ bioremediation of a soil contaminated by mazut (heavy field experiment*, CHEMOSPHERE, vol. 83, br. 1, str. 34-40 (Article) **(M21)**
9. **Beskoski Vladimir P**, Takic Milos, Milic Jelena S, Ilic Mila V, Gojgic-Cvijovic Gordana Dj, Jovancicevic Branimir S, Vrvic Miroslav M (2010): *Change of isoprenoids, steranes and terpanes during ex situ bioremediation of mazut on the industrial scale*, JOURNAL OF THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY, vol. 75, br. 11, str. 1605-1616 (Article) **(M23)**
10. Milic Jelena S, **Beskoski Vladimir P**, Ilic Mila V, Ali Samira AM, Gojgic-Cvijovic Gordana Dj, Vrvic Miroslav M (2009) *Bioremediation of soil heavily contaminated with crude oil and its products: composition of the microbial consortium*, JOURNAL OF THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY, vol. 74, br. 4, str. 455-460 (Article) **(M23)**
11. Mandic Boris M, Godjevac Dejan M, **Beskoski Vladimir P**, Simic Milena R, Trifunovic Snezana S, Tesevic Vele V, Vajs Vlatka E, Milosavljevic Slobodan M (2009): *Pyrrolizidine alkaloids from seven wild-growing Senecio species in Serbia and Montenegro*, JOURNAL OF THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY, vol. 74, br. 1, str. 27-34 (Article) **(M23)**
12. Jovancicevic Branimir S, Antic Malisa P, Pavlovic Ivona, Vrvic Miroslav M, **Beskoski Vladimir P**, Kronimus Alexander, Schwarzbauer Jan (2008): *Transformation of petroleum saturated hydrocarbons during soil bioremediation experiments*, WATER AIR AND SOIL POLLUTION, vol. 190, br. 1-4, str. 299-307 (Article) **(M22)**
13. **Beskoski Vladimir P**, Milic Jelena S, Mandic Boris M, Takic Milos, Vrvic Miroslav M (2008): *Removal of organically bound sulfur from oil shale by iron(III)-ion generated-regenerated from pyrite by the action of Acidithiobacillus ferrooxidans - Research on a model system*, HYDROMETALLURGY, vol. 94, br. 1-4, str. 8-13 (Proceedings Paper) **(M21)**
14. Jekic Jelena S, **Beskoski Vladimir P**, Gojgic-Cvijovic Gordana Dj, Grbavcic Mirjana, Vrvic Miroslav M (2007): *Bacterially generated Fe-2(SO4)(3) from pyrite, as a leaching agent for heavy metals from lignite ash*, JOURNAL OF THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY, vol. 72, br. 6, str. 615-619 (Article) **(M23)**
15. **Beskoski Vladimir P**, Matic Valerija F, Milic Jelena S, Godjevac Dejan M, Mandic Boris M, Vrvic Miroslav M (2007): *Oxidation of dibenzothiophene as a model substrate for the removal of organic sulphur from fossil fuels by iron(III) ions*

generated from pyrite by Acidithiobacillus ferrooxidans, JOURNAL OF THE
SERBIAN CHEMICAL SOCIETY, vol. 72, br. 6, str. 533-537 (Article) **(M23)**

Датум:
02.12.2014.

ДЕКАН
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. Др. Иван Обрадовић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Рударско-геолошки факултет

НАУЧНО НАСТАВНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Ненада Марића за израду докторске дисертације

Одлуком 1/338 бр. од 21.11.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Ненада Марића** дипломираног инжењера геологије за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **Природно пречишћавање и стимулисана биоремедијација подземних вода загађених нафтним угљоводоницима**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Ненад Марић рођен је 26.01.1986. године у Мостару. Хемијско-прехрамбено технолошку школу (смер за биотехнологију) у Београду завршио је 2005. године. Исте године уписао је студије на Рударско-геолошком факултету, Универзитета у Београду, смер за хидрогеологију. Основне студије завршио је 2010. године са просечном оценом 8,89, одбранивши дипломски рад под називом "Могућност водоснабдевања и заштите изворишта подземних вода рафинерије Београд". Исте године уписао је докторске студије на Департману за хидрогеологију, Рударско-геолошком факултету.

Од 2011. године запослен је као истраживач-приправник, а затим истраживач-сарадник на Департману за хидрогеологију, на пројекту Министарства за науку и технолошки развој – Пројекат ИИИ (Интегралних Интердисциплинарних Истраживања) – Симултана биоремедијација и соилификација деградираних простора, за очување природних ресурса биолошки активних супстанци и развој и производњу биоматеријала и дијететских производа (Подпројекат: Заштита гео и био средина као природних ресурса и извора биолошки активних супстанци), 2011-2014.

Учествује у одржавању вежби на Департману за хидрогеологију из предмета "Хидраулика подземних вода" и "Хидраулика бунара" од школске 2011/2012 године, као и из предмета "Контаминација и ремедијација геолошке средине и подземних вода" од 2012/2013.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Према програму докторских студија Департмана за хидрогеологију, Геолошког одсека Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, докторанд Ненад Марић положио је следеће испите из прве, друге и треће године предвиђене акредитованим програмом докторских академских студија:

Специјална поглавља из хидрогеолошких истраживања и менаџмента подземних вода басена и дубоких структура	10 ЕСПБ
Геохемија предела	10 ЕСПБ
Семинар 1	6 ЕСПБ
Практични истраживачки рад Р1	10 ЕСПБ
Самостални публиковани рад Р1	4 ЕСПБ
Специјална поглавља из захвата и одрживог коришћења маломинерализованих вода	20 ЕСПБ
Специјална поглавља из хидрогеологије животне средине	10 ЕСПБ
Семинар 2	3 ЕСПБ
Практични истраживачки рад Р2	3 ЕСПБ
Истраживачка студија	4 ЕСПБ
Рад са SCI листе	20 ЕСПБ
Пројекат докторске дисертације	10 ЕСПБ
Претходна студија оправданости	10 ЕСПБ
Научно-истраживачки рад	10 ЕСПБ

Кандидат је остварио укупно 130 ЕСПБ бодова са просечном оценом 10. У новембру 2014. године одбранио је Пројекат докторске дисертације, пред комисијом у саставу: Проф. др Петар Папић (ментор), Проф. др Мирослав Врвић, Проф. др Миленко Пушић и Проф. др Иван Матић .

Конференције, симпозијуми и семинари

- CEEPUS Network Seminar: Isotope Geology, Belgrade, February 2011;
- CEEPUS Network Seminar: Statistics in Geology, Belgrade, May 2011;
- IWA Specialist groundwater conference, September 08-10, 2011, Belgrade, Serbia
- XIV Српски симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем, Мај 17-21, 2012, Златибор
- 3rd International geosciences student conference, May 29-31, 2012, Belgrade, Serbia
- Seminar: Publishing in international journals, Serbian Chemical Society, Belgrade, September 2012

Објављени радови

Рад у истакнутом међународном часопису M22 (5) – SCI

1. **Nenad Marić**, Sanja Mrazovac Kurilić, Ivan Matić, Stanko Sorajić, Jelena Zarić: *Groundwater quality on the territory of Kikinda municipality (Vojvodina, Serbia)*, - Environmental Earth Sciences, 72(2) (2014), pp. 525-534. (IF 1.572, ISSN 1866-6280 printed edition)

Рад у међународном часопису M23 (3) – SCI

1. Sanja Mrazovac, Mirjana Vojinović-Miloradov, Ivan Matić, **Nenad Marić**: *Multivariate statistical analysing of chemical parameters of groundwater in Vojvodina*, - Chemie der Erde - Geochemistry, Vol. 73, Issue 2, (2013), pp. 217-225 (IF 1.397, ISSN 0009-2819 printed edition)

Рад у водећем часопису националног значаја M51 (2)

1. **Ненад Марић**, Иван Матић, Мирослав Врвић, Срђан Милетић, Мила Илић, Владимир Бешкоски: *Биоремедијација подземних вода на локацији "Нитекс" у Нишу*, - Вода и санитарна техника XLIII(2) (2013), 17-22
2. Иван Матић, Данило Бабич, **Ненад Марић**, Станко Сорајић: *Проблематика коришћења субгеотермалне енергије подземних вода на Новом Београду*, - Вода и санитарна техника XLIII (3) (2013), 13-20

Рад у часопису националног значаја M52 (1,5)

1. Б. Поповић, **Н. Марић**, С. Сорајић, Ј. Танасковић, И. Матић, С. Вујасиновић: *Проблематика водоснабдевања Цетиња*, - Техника 4 (2011), 545-549
2. Б. Поповић, М. Велиу, **Н. Марић**, С. Дорошков: *Прилог познавању геолошке грађе клизишта Повија на прузи Нишких - Подгорица*, - Техника 4 (2012), 557-561

Саопштење са међународног скупа штампано у целини M33 (1)

1. I. Matić, D. Polomčić, S. Vujasinović, S. Sorajić, **N. Marić**, J. Zarić: *The impact of sand open pit "Jakovačka Kumša" on groundwater in a part of Belgrade source*, Proceedings of the IWA Specialist groundwater conference, Belgrade, 2011., pp. 397-403
2. **N. Marić**, S. Sorajić, J. Zarić, M. Vanić (2012). *Improvement of the research methodology of groundwater contamination by petroleum hydrocarbons in Serbia*, Proceedings of the 3rd International geosciences student conference, Belgrade 2012
3. I. Matić, S. Vujasinović, J. Zarić, S. Sorajić, **N. Marić**: *Application of the New Sanitary Protection Zone Legislation in Serbia Case Study: Pancevo Water Supply System*, 7th

Conference on sustainable development of energy, water and environment systems, Ohrid, Republic of Macedonia, 2012

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу М34 (0,5)

1. Jovančičević B, Beškoski V, Miletić S, Ilić M, Gojgić-Cvijović G, Matić I, **Marić N**, Šolević-Knudsen T. and Vrvic M.M.: *Multistage in situ bioremediation of aquifer contaminated with petroleum derivatives*, 13th European Meeting on Environmental Chemistry, EMEC13, Moscow, Russia, December 5-8, 2012, Book of Abstracts, 104

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини М63 (0,5)

1. И. Матић, С. Вујасиновић, С. Сорајић, **Н. Марић**, Д. Драшковић, С. Турчић, Н. Вулић: *Очување подземних водних ресурса код коришћења субгеотермалне енергије на Новом Београду*, Зборник радова са XIV Српског симпозијума о хидрогеологији са међународним учешћем, Златибор 2012, 145-148
2. **Н. Марић**, С. Костић: *Условљеност развоја процеса клижења по ободу неогених басена дејством изданских вода*, Зборник радова са XIV симпозијума из Инжењерске геологије и Геотехнике, Београд 2012, 447-457
3. С. Мразовац Курилић, **Н. Марић**, С. Сорајић, Ј. Зарић: *Геотермални ресурси Војводине*, Зборник радова конференције "Заштита животне средине између науке и праксе – стање и перспективе", Бања Лука 2013, 361-358

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада и оствареног искуства кандидат је способан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања

Подземне воде чине око 98% доступне слатке воде на нашој планети (Alvarez and Ilman, 2006). Слично другим ресурсима који су угрожени антропогеном активношћу, "притисак" на подземне воде у условима убрзаног раста светске популације је све већи. Широка употреба фосилних горива довела је до тога да угљоводоници из нафтних деривата спадају међу најчешће загађујуће супстанце у подземним водама. По свом саставу нафтни угљоводоници обухватају широку групу једињења различитих физичко-хемијских карактеристика, што ће утицати на њихову миграцију у издани. Самим тим, истраживање процеса који прате загађивање подземних вода нафтним угљоводонцима може се сматрати истовремено веома значајним и комплексним. При изучавању ових процеса, улога микроорганизама присутних у геолошкој средини је по много чему јединствена. Настанак сирове нафте током геолошке еволуције Земље везује се за активност микроорганизама, као и разградња њених деривата који доспеју у подземне воде Wiedemeier et al. (1999). За микроорганизама загађујуће супстанце представљају супстрат

за раст, па се тако и угљоводоници нафте разграђују до нетоксичних супстанци и на крају минерализују, односно преводе до угљен-диоксида и воде (Aleksander, 1999; Das and Chandran, 2011). Под биоремедијацијом подразумевамо процесе којим природно присутни микроорганизми путем својих животних функција врше деградацију или детоксификацију супстанци штетних по људско здравље или животну средину (Vidali, 2001). Биоремедијација се може применити на самој локацији која је загађена (*in situ*) или изван локације загађења (*ex situ*). Сама метода биоремедијације може бити примењена као активан (стимулисани) или пасиван ремедијациони поступак. Истраживањима у оквиру докторске дисертације обухваћене су "*in situ*" методе биоремедијације, тачније природно пречишћавање као пасиван и стимулисана биоремедијација подземних вода као активан ремедијациони поступак.

Природно пречишћавање (eng. natural attenuation) се ослања на природне процесе да би се постигли циљеви ремедијације у временском оквиру који је приближан другим активнијим методама (U.S. EPA, 1999). Исти аутори наводе да природно пречишћавање обухвата различите физичке, хемијске, биолошке процесе који под повољним условима делују, без интервенције човека, на смањење масе, токсичности, мобилности, запремине или концентрације загађујуће супстанце у земљишту или подземној води.

Са друге стране, стимулисана биоремедијација као активни ремедијациони поступак (eng. enhanced bioremediation) представља примену биостимулације (додатак хранљивих супстанци – азота, фосфора, кисеоника) и/или биоаугментације (додатак микроорганизама) на контаминираном простору у циљу убрзања природних биодеградационих процеса (Philp and Atlas, 2005; Reis et al, 2008). На овај начин обезбеђују се оптимални услови средине за микробиолошку активност, уз евентуално додавање концентроване и специјализоване популације микроорганизама.

Без обзира не степен људске интервенције, биодегградација представља основни механизам којим долази до смањења загађења. Самим тим, постајање микроорганизама са потенцијалом да врше деградацију одређене загађујуће супстанце представља први услов за одвијање биоремедијације. Под биодегградацијом подразумевамо различите оксидо-редукционе реакције потпомогнуте активношћу микроорганизама, приликом којих се врши трансфер електрона са загађујућег на друго једињење (Alvarez and Ilman, 2006). При овим реакцијама органско загађујуће једињење представља донор електрона, док поједине неорганске компоненте хемијског састава воде представљају електрон акцептор. Имајући у виду оксидо-редукциони потенцијал, Wiedemeier et al (1999) наводе класичан редослед коришћења електрон акцептора од стране микроорганизама: $O_2 \rightarrow NO_3^- \rightarrow Mn^{4+} \rightarrow Fe^{3+} \rightarrow SO_4^{2-} \rightarrow HCO_3^-$. Исти аутори наводе и одговарајуће механизме којим се одвија биодегградација: аеробна респирација, денитрификација, редукција мангана (IV), редукција гвожђа (III), редукција сулфата и метаногенеза.

Шире посматрано, одвијање биодегградације је условљено задовољењем физиолошких и нутриционих потреба микроорганизама на одређеној локацији. Самим тим, активан биоремедијациони поступак захтева разумевање ограничавајућих фактора одређене локације и примену мера за њихово побољшање како би се задовољиле потребе микроорганизама. Са друге стране, природно пречишћавање искључује било какав вид стимулације, док захтева осматрање у циљу оцене процеса којим долази до смањења

загађења. Истраживањима у оквиру докторске дисертације су обухваћени природно пречишћавање (локација историјског загађења керозином у Витановцу код Краљева) и стимулисана биоремедијација подземних вода (локација фабрике "Нитекс" у Нишу).

Циљ истраживања

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације ће указати на постојање и могућност коришћења потенцијала издани за разградњу нафтних угљоводоника. Овај допринос могуће је остварити остварењем појединачних циљева истраживања природног пречишћавања и стимулисане биоремедијације подземних вода.

Појединачни циљеви истраживања природног пречишћавања:

1. Утврдити степен загађености седимената и подземних вода, као и утицај природног пречишћавања на смањење загађења керозином.
2. Испитати хидродинамичке услове у оквиру подручја истраживања и њихов утицај на миграцију загађујуће супстанце.
3. Утврдити параметре који имају највећи утицај на распрострањење микроорганизама значајних са аспекта деградације нафтних угљоводоника.
4. Установити везу између хемијског састава подземних вода и садржаја микроорганизама.
5. Дефинисати механизме биодеградације доминатне у садашњим условима, анализирати њихове просторне и временске закономерности.
6. Утврдити да ли дуготрајна изложеност процесима природног пречишћавања доводи до промена у изотопском саставу подземних вода.

Појединачни циљеви истраживања стимулисане биоремедијације:

1. Утврдити степен загађености седимената и подземних вода, као и обим неопходних истражних и ремедијационих радова.
2. Утврдити потенцијал средине за успешну примену биоремедијације подземних вода у теренским условима.
3. Дефинисати мере стимулације како би се постигли што бољи резултати биоремедијације.
4. Спустити концентрације нафтних угљоводоника у подземним водама испод ремедијационих вредности.

Методе биоремедијације први пут су законски озваничене као теренске ремедијационе методе 70-их година прошлог века у САД. Значајан успех постижу 80-их година када је

постало јасно да је неопходно фундаментално разумевање микробиологије, хидрогеологије и геохемије за успешно пројектовање и примену биоремедијационих система (Alvarez and Ilman, 2006). Од бројних изведених биоремедијационих опита углавном су били успешни они који су се односили на третирање деривата нафте. Тако у третману загађења угљоводоникима нафте биоремедијацији припада око 25% од свих ремедијационих поступака (Voorpathy, 2000; Prince, 2000; Philp and Atlas, 2005; Alvarez and Ilman, 2006). Употреба микроорганизама као биодеградационих агенаса је у сталном порасту због огромног биодиверзитета и непревазиђеног катаболичког потенцијала (Beškoski, 2012). Све ово довело је до значајног напретка у свету на пољу примене метода биоремедијације као активног ремедијационог поступка. Са друге стране, истраживања која су изводили Rice et al (1995), Wiedemeier et al (1995), Buscheck et al (1996), Mace et al (1997) показала су да се 85-90% растворених загађујућих "тела" нафтних угљоводоника у САД налази у фази стагнације или смањења што се тумачи као последица процеса природног пречишћавања. Wiedemeier et al (1999) наводе да је значај ових природних процеса препознат у тој мери у САД, да је у појединим државама пре примене активнијих мера ремедијације неопходно доказати да природно пречишћавање као пасивна метода у датим условима не може испунити циљеве ремедијације.

Истраживања природног пречишћавања из области хидрогеологије у нашој земљи су у почетној фази. Природно пречишћавање издани приказао је у оквиру докторске дисертације Калуђеровић (2007). Методолошку основу за конципирање истраживања природног пречишћавања у оквиру ове дисертације дали су Wiedemeier et al (1999), Nielsen (2006). Стимулисана биоремедијација подземних вода загађених нафтним угљоводоникима до сада није примењивана у Србији.

3. Полазне хипотезе

Након детаљног прегледа и анализе резултата истраживања из области која разматра загађивање подземних вода нафтним угљоводоникима развијена је централна хипотеза истраживања:

Издан представља динамички систем који поседује пречишћавајући потенцијал за разградњу нафтних угљоводоника који доспеју у њега. Примену активних ремедијационих третмана код подземних вода загађених нафтним угљоводоникима неопходно је базирати управо на коришћењу и стимулацији потенцијала саме издани.

Истраживања на локацији историјског загађења подземних вода у Витановцу указаће са више аспеката на утицај процеса природног пречишћавања у алувијалним изданима. Прецизније, могу се очекивати следећи резултати:

- Потврда о подложности керозина као деривата нафте процесима природног пречишћавања у теренским условима.
- Може се очекивати да ће хидродинамичка анализа указати да се зоне са највећим концентрацијама загађујуће супстанце поклапају са зонама најспорије водозамене, уз пружање увида у главне хидродинамичке механизме

- Може се очекивати да ће литолошки састав и филтрационе карактеристике седимената имати значајан утицај на миграцију загађујуће супстанце и распрострањење микроорганизама значајних са аспекта деградације нафтних угљоводоника.
- Издајање зоне са измењеним хемијским саставом подземних вода као резултат микробиолошке активности.
- Вишеструке разлике у концентрацијама електрон акцептора у подземним водама могу се очекивати у зони под утицајем процеса биодеградације и ван поменуте зоне.
- Може се очекивати да ће прорачун биодеградационог капацитета указати на појединачни механизам биодеградације који је довео до деградације највеће количине загађујуће супстанце.
- Као последица дуготрајне изложености процесима биодеградације, могу се очекивати значајне промене у изотопском саставу подземних вода.

Као најзначајнији резултат истраживања стимулисане биоремедијације на локацији фабрике "Нитекс" у Нишу може се очекивати смањење концентрације нафтних угљоводоника у подземним водама испод ремедијационих вредности. Појединачни резултати од којих се може очекивати да ће довести до смањења загађења у подземним водама су:

- Извођење биостимулације и биоаугментације у теренским условима
- Израда и примена биполарног модела за стимулисану биоремедијацију

Референце:

Aleksander M (1999). Biodegradation and bioremediation 2nd ed. Academic Press, San Diego, California

Alvarez JP, Illman AW (2006). Bioremediation and Natural Attenuation: Process Fundamentals and Mathematical Models. John Wiley & Sons, New York

Бешкоски В, Гојгић-Цвијовић Г, Милић Ј, Илић И, Милетић С, Јованчићевић Б, Врвић М (2012). Биоремедијација земљишта контаминираног нафтом и нафтним дериватима: микроорганизми, путање разградње, технологије. Хемијска индустрија 66 (2), 275-289

Boopathy R (2000). Factors limiting bioremediation technologies, Bioresour. Technol. 74, 63–67
 Buscheck TE, Wickland DC, Kuehne DL (1996). Multiple lines evidence to demonstrate natural attenuation of petroleum hydrocarbons. In Proceedings of the 1996 Petroleum Hydrocarbons and Organic Chemicals in Groundwater Conference, Houston, TX, API/NGWA, pp 445-460

Das N, Chandran P (2011). Microbial degradation of petroleum hydrocarbon contaminants: an overview, *Biotechnol. Res. Int.*, doi:10.4061/2011/941810

Калуђеровић Д (2007). Природно пречишћавање издани. докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет, Београд

Mace RE, Fisher RS, Welch Dm, Parra SP (1997). Extent, Mass and Duration of Hydrocarbon Plumes from Leaking Petroleum Storage Tank Sites in Texas. Geological Circular 97-1, Bureau of Economic Geology. University of Texas at Austin

Nielsen D (2006). Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground-Water Monitoring 2nd Ed. CRC Press, Taylor & Francis Group

Philp JC, Atlas RM (2005). Bioremediation: Applied Microbial Solutions for Real-World Environmental Cleanup, ASM Press, Washington DC, pp. 139–236.

Prince RC (2000). Bioremediation, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, John Wiley & Sons

Reis E, Lodolo A, Miertus S (2008). Survey of Sediment Remediation Technology, International Center for Science and Technology, UNIDO, Trieste

Rice DW, Grose RD, Michaelsen JC, Dooher BP, MacQueen, Cullen SJ, KAstenberg WE, Everett LG, Marion MA (1995). California leaking underground tank (LUFT) historical case analysis. Environmental Protection Department, No.16.

U.S. EPA (1999) Use of Monitored Natural Attenuation at Superfund, RCRA Corrective Action, and Underground Storage Tank Sites, OSWER Directive 9200.4-17P, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC

Vidali M (2001). *Pure Appl. Chem.* 73, 1163

Wiedemeier TH, Wilson JT, Kampbell DH, Miller RN, Hansen JE (1995). Technical Protocol for Implementing Intristic Remediation with Long-Term Monitoring for Natural Attenuation of Fuel Contamination Dissolved in Groundwater. U.S. Air Force Center for Environmental Excellence, San Antonio, TX

Wiedemeier TH, Rifai HS, Newell CJ, and Wilson JT (1999). Natural Attenuation of Fuels and Chlorinated Solvents in the Subsurface. John Wiley & Sons, Inc., New York

4. Научне методе истраживања

У процесу научног истраживања примењиваће се следећи методски поступци: анализа, синтеза, генерализација, а у завршној фази истраживања и специјализација. У почетном стадијуму истраживања доминантна је употреба индукције (прикупљање чињеница, праћено генерализацијом), а у каснијим фазама вршиће се дедукција општег на посебно и појединачно. У оквиру проблематике која је предмет ове докторске дисертације планирана је примена више савремених метода првенствено у оквиру хидрогеологије, хидрохемије и микробиологије. Прецизније, предвиђа се прикупљање и обрада података теренских и лабораторијских испитивања:

- мерења физичко-хемијских параметара у подземним водама
- осматрања нивоа подземних вода
- хемијске анализе вода
- микробиолошке анализе седимената и подземних вода
- литолошко-минералошке анализе седимената
- изотопске анализе подземних вода (мерења $\delta^{13}\text{C-DIC}$)
- литолошка и стратиграфска интерпретација грађе терена (Rockware-ов софтвер Rockworks)
- хидродинамчка анализа струјања подземних вода (Schlumberger-ов софтвер Visual Modflow)
- обрада и интерпретација података хемијских, микробиолошких и изотопских анализа (Microsoft Office Excel, Schlumberger-ов софтвер AquaChem)
- просторна анализа испитиваних параметара (коришћење Golden Software-овог софтвера Surfer)
- статистичка анализа прикупљених података хемијских, микробиолошких и изотопских анализа (коришћење Statsoft-овог софтвера Statistica)

5. Очекивани научни допринос

- Значај дисертације се огледа у томе што су истраживањима обухваћени пасиван и активан ремедијациони приступ код подземних вода загађених нафтним угљоводонцима.
- Процеси природног пречишћавања из области хидрогеологије су до сада били предмет једне докторске дисертације у Србији. С обзиром на првенствено моделски карактер поменутих истраживања, научни допринос ове докторске дисертације је у осматрању, квантификацији и оцени процеса природног пречишћавања на примеру историјског загађења у Србији. Ово је до сада био резултат скоро искључиво истраживања реализованих у иностранству.
- Истраживања природног пречишћавања су конципирана на основу методологије коју су дали Wiedemeier et al. (1999) и Nielsen (2006), проширене у складу специфичностима локације историјског загађења у Србији. Резултати ових истраживања ће потврдити теоријске поставке и резултате остварене на сличним примерима у иностранству. Самим тим методологија и резултати у оквиру ове

докторске дисертације ће пружити основу за конципирање будућих истраживања овог типа.

- Посебно значајним се може сматрати истраживање промена у изотопском саставу подземних вода, услед дуготрајне изложености процесима биодеградације у анаеробним условима, што далеко превазилази оквири хидрогеологије у нашој земљи.
- У оквиру ове докторске дисертације биће приказани резултати примене прве стимулисане биоремедијације подземних вода загађених нафтних угљоводоницима у Србији.
- Резултати примене стимулисане биоремедијације се могу сматрати утолико значајнијим јер су остварени у теренским условима, што пружа основу за примену ове методе у будућим случајевима загађивања подземних вода нафтним угљоводоницима.

6. План истраживања и структура рада

Научно-истраживачке активности кроз које је предвиђена израда докторске дисертације се концептуално састоје из кабинетских радова, теренских и лабораторијских истраживања, обраде и тумачења података. У наставку је дат уопштени приказ поменутих фаза научно-истраживачког рада.

Под кабинетским радовима се првенствено подразумева анализа свих релевантних литературних извора како би се створила основа за сагледавање процеса који прате загађивање подземних вода нафтним угљоводоницима. Од посебног значаја се може сматрати прикупљање и реинтерпретација резултата ранијих истраживања на локацији у Витановцу.

Теренски део истраживања природног пречишћавања подразумева извођење истражног бушења, израду пијезометара, узимање узорака, мерења физичко-хемијских параметара, мерења нивоа подземних вода. Лабораторијским анализама обухваћени су седименти и подземне воде на локацији историјског загађења. Поред минералошких и гранулометријских анализа седимената, предвиђена су мерења следећих физичко-хемијских параметара: суви остатак, % влаге, рН, CO₂, HES, ТРН. Микробиолошке анализе подразумевају одређивање укупног броја микроорганизама на различитим подлогама. Физичко-хемијски параметри у подземним водама су: рН, електропроводљивост, температура, растворени O₂, редокс-потенцијал, суви остатак, NO₂, PO₄, HCO₃, NH₃, NO₃, Cl, SO₄, TOC, C₆-C₁₀, C₁₀-C₂₈, C₁₀-C₄₀, HES, Al, Fe, Ca, K, Mg, Mn, Na, SiO₂. Лабораторијским испитивањима подземних вода обухваћене су изотопске анализе ($\delta^{13}\text{C}$ -DIC), као и микробиолошке анализе (укупан број микроорганизама на различитим подлогама уз издвајање популација значајних са аспекта деградације нафтних угљоводоника).

Теренски део истраживања стимулисане биоремедијације подземних вода се састоји од извођења истражног бушења, израде пијезометара, узимања узорак, мерења физичко-хемијских параметара, мерења нивоа подземних вода, израде бунара за биоремедијацију и примене система за стимулисану биоремедијацију подземних вода. Лабораторијским анализама су обухваћене минералошке и гранулометријске карактеристике седимената, мерења физичко-хемијских параметара (% влаге, рН, ТРН), одређивање укупног броја микроорганизама на различитим подлогама. Физичко-хемијски параметри у подземним водама су: температура, електропроводљивост, рН, растворени O_2 , редокс-потенцијал, суви остатак, утрошак $KMnO_4$, H_2S , NO_2 , PO_4 , HCO_3 , NH_3 , NO_3 , Cl , SO_4 , ТОС, C_{10} - C_{40} , Al , Fe , Ca , K , Mg , Mn , Na . Микробиолошке анализе обухватиле су одређивање укупног броја микроорганизама на различитим подлогама, издвајање и умножавање популација које врше деградацију угљоводоника.

Методе за дефинисање карактеристика подземних вода се заснивају на Стандардним методама за испитивање хигијенске исправности воде "ВОДА ЗА ПИЋЕ", Савезни завод за здравствену заштиту (1990), као и према Правилнику о начину узимања узорак и методама за лабораторијску анализу воде за пиће (Сл.лист СФРЈ, 33/78).

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације кандидат **Ненад Марић**, дипл.инж.геол. испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације **"Природно пречишћавање и стимулисана биоремедијација подземних вода загађених нафтним угљоводоникима"** и комисија предлаже Научно-наставном већу Рударско-геолошког факултета, да одобри њену израду у оквиру научне области Хидрогеоекологија. За менторе на изради ове дисертације предлажу се др Петар Папић, редовни професор Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду и др Владимир Бешкоски, доцент Хемијског факултета, Универзитета у Београду, који испуњавају све услове дефинисане важећим прописима Универзитета.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Петар Папић, ред. проф.
Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Владимир Бешкоски, доцент
Универзитета у Београду, Хемијски факултет

др Миленко Пушић, ред. проф.
Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Иван Матић,
ред. проф. у пензији