

Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/178

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

23.08.2021.

(Датум)

ЗАХТЕВ

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

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

Површинска модификација и функционализација природног зеолита – клиноптилолита

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Инжењерство заштите животне средине

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Барбара (Инес) Калебић

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

Факултет кемијског инжењерства и технологије, Република Хрватска, свеучилиште у
Загребу, мастер инжењерка екоинжењерства

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2018.

4. Година уписа на докторске студије: 2019.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Инжењерство заштите животне средине

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ :

Име и презиме ментора: др Невенка Рајић

Звање: Редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Jelena Milovanović, **Nevenka Rajić**, Antonio A. Romero, Hangkong Li, Kaimin Shih, Roman Tschentscher, Rafael Luque, „Insights into the Microwave-Assisted Mild Deconstruction of Lignin Feedstocks Using NiO-Containing ZSM-5 Zeolites”, ACS sustainable Chemistry & Engineering, 4 (2016) 4305-4313
2. J. [Milenkovic](#), J. [Hrenovic](#), D. [Matijasevic](#), M. [Niksic](#) and **N. Rajic**. Bactericidal activity of Cu-, Zn-, and Ag-containing zeolites toward Escherichia coli isolates. Environ Sci Pollut R 24 (2017) 20273-20281.
3. Jelena Milovanović, Rafael Luque, Roman Tschentscher, Antonio A. Romero, Hangkong Li, Kaimin Shih, **Nevenka Rajić**, „Study on the pyrolysis products of two different hardwood lignins in the presence of NiO contained-zeolites”, Biomass and Bioenergy, 103 (2017) 29-34
4. Jelena Pavlović, Margarita Popova, Magdolna Mihalyi, Matjaž Mazaj, Gregor Mali, Janez Kovač, Hristina Lazarova, **Nevenka Rajić**, „Catalytic activity of SnO₂- and SO₄/SnO₂-containing clinoptilolite in the esterification of levulinic acid“, Microporous and Mesoporous Materials 279 (2019) 10–18
5. Jelena Dikić, Ivana Lukić, Jelena Pajnik, Jelena Pavlović, Jasna Hrenović, **Nevenka Rajić**, „Antibacterial activity of thymol/carvacrol and clinoptilolite composites prepared by supercritical solvent impregnation”, Journal of Porous Materials (2021) doi: 10.1007/s10934-021-01107-y

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковћ

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

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

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл.43. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 08.07.2021. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Барбаре Калебић**, број индекса 4035/2019, под називом: „**Површинска модификација и функционализација природног зеолита – клиноптилолита**“.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује др Невенка Рајић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, ментору, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

Предмет:

Подобност теме и кандидата Барбаре Калебић, мастер инжењера заштите животне средине (магистре инжењерке екоинжењерства), за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета бр. 35/141 од 29.06.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње Барбаре Калебић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме: **„Површинска модификација и функционализација природног зеолита – клиноптилолита“**. На основу материјала приложеног уз Захтев кандидаткиње, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Барбара Калебић рођена је 14. децембра 1994. године у Загребу где је завршила основну и средњу школу. Основне академске студије, смер Екоинжењерство, завршила је 2016. године на Факултету хемијског инжењерства и технологије, Универзитет у Загребу. Своју академску каријеру наставила је на истом Факултету уписујући мастер студије Екоинжењерство на Заводу за полимерно инжењерство и органску хемијску технологију. Године 2018. успешно је одбранила мастер рад на тему „Утјецај матрице воде на минерализацију салицилне киселине озонацијом“ под менторством проф. др. Хрвоја Кушића, чиме је стекла диплому мастер инжењера заштите животне средине (магистра инжењерке екоинжењерства).

Барбара Калебић поседује активно знање енглеског језика (говори, чита, пише) и пасивно знање француског језика (чита, пише).

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Барбара Калебић је уписала докторске студије шк. 2019/2020. год. на студијском програму Инжењерство заштите животне средине на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду. Положила је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија, укључујући енглески језик и завршни испит и постигла следећи успех:

Ред. бр.	Предмет	Оцена	ЕСПБ
1	Хемијска кинетика	9	5
2	Одабрана поглавља математичке анализе	10	5
3	Технологија припреме воде	10	5
4	Технологија пречишћавања отпадних вода	10	5
5	Бионеорганска хемија	10	5

6	Структура и реактивност неорганских једињења	10	5
7	Индустријска екологија	10	5
8	Економија животне средине и одрживи развој	9	5
9	Одабрана поглавља инструменталне анализе	10	7
10	Неоргански адсорбенти-теоријски основи и примена	10	4
11	Енглески језик	10	
12	Завршни испит	10	30
Укупна просечна оцена (обавезни и изборни предмети, завршни рад)		9,82	
Збир ЕСПБ (обавезни и изборни предмети)			80
Укупан збир ЕСПБ (обавезни и изборни предмети, завршни рад, обавезе)			90

Барбара Калебић је од децембра 2019. год. запослена на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, као истраживач-приправник у оквиру међународног пројекта Европске уније „Horizon 2020 – ITN European Joint Doctorate: NOWELTIES“ (евиденциони број: 812880).

У складу са међународним уговором о заједничком менторству при изради докторске дисертације („Гласник Универзитета у Београду“ бр. 191/2016), Барбара Калебић је уписана и на докторске студије на студијском програму Инжењерство материјала на Факултету стројарства и бродоградње Универзитета у Загребу, под менторством проф. Др Лидије Ћурковић (Међународни уговор о заједничком менторству при изради докторске дисертације ев. бр. 05/68-4623/3-19).

Барбара Калебић ради на докторској дисертацији под радним називом „Модификација површине и функционализација природног зеолита – клиноптилолита“ на Технолошко-металуршком факултету под менторством проф. др Невенке Рајић, редовног професора. Област научноистраживачког рада обухвата модификацију, карактеризацију и примену природних зеолита у процесу адсорпције код обраде воде.

Барбара Калебић је до сада као аутор и коаутор учествовала у изради једног штампаног рада у научном часопису међународног значаја као и три саопштења на конференцијама међународног значаја. Из области истраживања из које је предложена тема докторске дисертације до сада је објављен један рад у истакнутом међународном часопису (M22), једно саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33) и два саопштења са међународног скупа штампана у изводу.

Библиографија научних и стручних радова

Рад објављен у истакнутом међународном часопису (M22)

1. **Kalebić B.**, Pavlović J., Dikić J., Rečnik A., Gyergyek S., Škoro N., Rajić N., „Use of natural clinoptilolite in the preparation of an efficient adsorbent for ciprofloxacin removal from aqueous media“ Minerals 11 (2021) 518 (IF = 2,52; <https://doi.org/10.3390/min11050518>)

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. **Kalebić B.**, Pavlović J., Rajić N., „Clinoptilolite as a perspective low-cost adsorbent for removal of organic micropollutants from wastewater“, International Conference on Energy, Environment and Storage of Energy ICEESEN2020, 19-21 November 2020, Kayseri, Turkey, Akansu O.S., Unalan S. (Eds), Proceedings, pp. 420-423 (ISBN 978-625-409-147-6).

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

1. Škoro N., **Kalebić B.**, Kumar A., Sanchez Tobona C., „New technologies and materials for inventive water treatment – NOWELTIES“, MCAA Annual Conference 2021, Belgium, *online*.
2. **Kalebić B.**, Pavlović J., Dikić J., Rečnik A., Gyergyek S., Rajić N., „A novel zeolite-based adsorbent for ciprofloxacin removal from water media“, FEZA2021 Conference „Nanoporous Materials: For Fundamental Science to Advanced Applications“, 5-9 July, 2021, *online*.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и постигнутих резултата током докторских студија, Комисија је закључила да Барбара Калебић показује велику мотивацију, професионалан приступ научно-истраживачким обавезама, експедитивност, способност за бављење научноистраживачким радом као и велику заинтересованост за стручно усавршавање у различитим областима овог интердисциплинарног истраживања.. Током експерименталног рада, Б. Калебић показује самосталност и одговорност, добро се прилагођава условима рада у лабораторији и раду у тиму, самостална је у реализацији истраживања и обради добијених резултата. У области истраживања предложене теме, до сада је, у кратком временском периоду, постигла резултате који су представљени на више међународних конференција (M33-1, M34-2) и објављени у часопису истакнутог међународног значаја (M22). Комисија сматра да Барбара Калебић испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет предложене докторске дисертације обухвата модификацију природног зеолита – клиноптилолита за примену у адсорпцији органских микрозагађивача из воде. Зеолити су кристални алумосиликати које карактерише правилан распоред шупљина и канала нанометарских димензија. Захваљујући јединственим структурним својствима, природни зеолити су добри јоно-измењивачи и адсорбенси. Природна распрострањеност клиноптилолита, његова економска исплативост и еколошка прихватљивост омогућавају широку примену – од пољопривреде, различитих области индустрије, до заштите животне средине. Предмет истраживања ове дисертације биће:

- 1) добијање нових адсорбенаса на бази зеолитског туфа са високим садржајем клиноптилолита (≥ 80 мас.%) који се могу применити у адсорпцији антибиотика присутних како у отпадној тако и у пијаћој води, са циљем постизања задовољавајућег квалитета обрађене воде; Као модел антибиотика широке примене користиће се ЦИП-а.
- 2) развој ефикасне и еколошки прихватљиве методе регенерације добијених адсорбенаса са циљем постизања економске исплативости њихове примене у адсорпцији, у тратману воде.

Научни циљеви истраживања у оквиру ове докторске дисертације су:

1. детаљна карактеризација зеолитског туфа који ће бити полазна сировина. Одређивање: минералног и хемијског састава, термичке стабилности, специфичне површине, тачке нултог наелектрисања што ће омогућити да се модификација површине клиноптилолита изведе под оптималним експерименталним условима
2. површина клиноптилолита биће модификована нано-оксидима железа (пре свега, мангнетитом) у циљу што лакше сепарације чврсте фазе, графен-оксидом у циљу постизања велике специфичне површине и хитозаном како би се повећала ефикасност клиноптилолита у адсорпцији ЦИП-а
3. очекује се да различите врсте модификације дају различите резултате што ће помоћи да се добије оптималан адсорбенс за одређену врсту антибиотика
4. испитивање утицаја почетне концентрације ЦИП-а, радне температуре, рН-вредности воденог медијума, концентрације адсорбенса помоћиће у одређивању кинетичких и термодинамичких параметара адсорпције
5. дефинисање врсте адсорпције за сваки испитивани адсорбенс и адсорпционе изотерме којима се адсорпција може описати, допринеће разумевању механизма адсорпције антибиотика за испитиване адсорбенсе
6. регенерација адсорбенаса применом хладне плазме на ниским и атмосферском притиску омогућиће ефикасну рециклажу адсорбенаса. Овај поступак до сада није испитиван у регенерацији адсорбенаса на бази минерала. На основу прелиминарних резултата очекује се да ће у докторској тези бити предложен оптимизован третман плазмом којим ће се постићи ефикасност регенерације већа од 80%.

Списак референци:

1. Ashiq, A.; Sarkar, B.; Adassooriya, N.; Walpita, J.; Rajapaksha, A.U.; Ok, Y.S.; Vithanage, M. Sorption process of municipal solid waste biochar-montmorillonite composite for ciprofloxacin removal in aqueous media. *Chemosphere* **2019**, 236, 124384.
2. Attia, T.M.S.; Hu, X.L.; Qiang, Y.D. Synthesized magnetic nanoparticles coated zeolite for the adsorption of pharmaceutical compounds from aqueous solution using batch and column studies. *Chemosphere* **2013**, 93, 2076–2085.
3. Carabineiro, S.A.C.; Thavorn-Amornsri, T.; Pereira, M.F.R.; Serp, P.; Figueiredo, J.L. Comparison between activated carbon, carbon xerogel and carbon nanotubes for the adsorption of the antibiotic ciprofloxacin. *Catal. Today* **2012**, 186, 29–34.
4. Castro de Souza, V.; Villarroel-Rocha, J.; de Araújo, M.J.G.; Sapag, K.; Pergher, S.B.C. Basic treatment in natural clinoptilolite for improvement of physicochemical properties. *Minerals* **2018**, 8, 595.
5. De Velasco-Maldonado, P.S.; Hernández-Montoya, V.; Montes-Morán, M.A.; Aurea-Rangel Vázquez, N.; Pérez-Cruz, M.A. Surface modification of a natural zeolite by treatment with cold oxygen plasma: Characterization and application in watertreatment. *Appl. Surf. Sci.* **2018**, 434, 1193–1199.
6. Dorival-García, N.; Zafra-Gómez, A.; Navalón, A.; González, J.; Vílchez, J.L. Removal of quinolone antibiotics from wastewater by sorption and biological degradation in laboratory-scale membrane bioreactors. *Sci. Total Environ.* **2013**, 442, 317–328.

7. Duan, W.; Wang, N.; Xiao, W.; Zhao, Y.; Zheng, Y. Ciprofloxacin adsorption onto different micro-structured tourmaline, halloysite and biotite. *J. Mol. Liq.* **2018**, *269*, 874–881.
8. Fan, H.; Ma, Y.; Wan, J.; Wang, Y.; Li, Z.; Chen, Y. Adsorption properties and mechanisms of novel biomaterials from banyan aerial roots via simple modification for ciprofloxacin removal. *Sci. Total Environ.* **2020**, *708*, 134630.
9. Genç, N.; Dogan, E.C. Adsorption kinetics of the antibiotic ciprofloxacin on bentonite, activated carbon, zeolite, and pumice. *Desalin. Water Treat.* **2013**, *53*, 1–9.
10. Kouli, M.-E.; Banis, G.; Tsarabaris, P.; Ferraro, A.; Hristoforou, E. A study on magnetic removal of sodium, calcium and potassium ions from seawater using magnetite/clinoptilolite–Na composite nanoparticles. *J. Magn. Magn. Mater.* **2018**, *465*, 692–699.

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе за израду ове дисертације су:

1. једноставним поступком модификације површине клиноптилолита (јонска-измена, импрегнација са нано-оксидима железа, графен-оксидом или биополимерима попут хитозана) добиће се ефикасни адсорбенси за уклањање антибиотика из водене средине на атмосферском притиску
2. механизам адсорпције ЦИП-а може се детаљно испитати доступним експерименталним техникама у циљу дефинисања оптималних параметара адсорпције
3. регенерација адсорбенса може се постићи третирањем у хладној плазми на ниским притисцима и на атмосферском притиску. У третманима ће се адсорбовани ЦИП бити потпуно разграђен што ће омогућити примену адсорбенса у великом броју циклуса и тако процес адсорпције учинити ефикасним и исплативим, без настајања отпадног муља чије збрињавање захтева додатне трошкове и често угрожава животну средину.

4. Научне методе истраживања

Својства модификованих клиноптилолита испитаће се следећим методама: рендгенском дифракцијом праха у циљу одређивања минералног састава и кристаличности клиноптилолита након модификације, термичком анализом да би се одредила термичка стабилност и испитале интеракције антибиотика са површином, методом електронске микроскопије спрегнуте са енерго-дисперзивном спектроскопијом ради одређивања елементне анализе минералних фаза и морфологије површине узорака. Трансмисиона електронска микроскопија и електронска дифракција одабраног подручја површине користиће се за одређивање величине нано честица оксида на површини клиноптилолита као и за испитивање њихове кристаличности. Специфична површина ће бити одређена БЕТ методом, док ће расподела пора бити одређена БЈХ методом (Barret-Joyner-Halenda). Површинско наелектрисање одредиће се мерењем зета потенцијала за различите вредности рН. Инфрацрвеном спектроскопијом са Фуријеовом трансформацијом као и Раман спектроскопијом биће окарактерисане различите функционалне групе у циљу испитивања интеракција ЦИП-а и адсорбенса. Магнетна својства испитаће се магнетним мерењима помоћу вибрационог магнетометра на собној температури. Концентрација алкалних и земноалкалних катјона у воденом раствору након адсорпције ЦИП-а одредиће се атомском апсорпционом спектроскопијом. Промена концентрације ЦИП-а у раствору с временом биће одређена UV/VIS фотометријом.

Промена концентрације алкалних и земнолакалних катјона, као и угљеника и азота из ЦИП-а, са дубином узорка адсорбенса испитаће се фотоелектронском спектроскопијом.

Третмани плазмом биће изведени у Лабораторији за неравнотежне процесе и примену плазме Института за физику у Београду. Узорци ће бити третирани хладном плазмом у капацитивно-спрегнутом плазма реактору на ниском притиску као и користећи плазма извор са диелектричним баријерним пражњењем који ради на атмосферском притиску. Користиће се извори плазме који омогућавају третман веће количине узорка. Током третмана мериће се снага предата плазми како би се одредила ефикасност процеса као и оптичка дијагностика плазме која ће пружити увид у природу хемијских процеса у плазми.

Антибактеријска активност узорака испитаће се диск дифузијом у односу на патогене Грам-позитивне и Грам-негативне сојеве из колекције Технолошко-металуршког факултета.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни допринос огледа се у следећем:

1. употреби минералних ресурса за добијање ефикасних адсорбенаса; модификација површине биће изведена на атмосферском притиску и повишеној температури, поступцима који не угрожавају животну средину
2. добијању ефикасних и јефтиних адсорбенаса на бази природног зеолита – клиноптилолита за уклањање антибиотика из водених средина
3. оптимизованом поступку модификације површине клиноптилолита
4. описаном механизму адсорпције антибиотика за модификован клиноптилолит
5. испитаној антибактеријској ефикасности ципрофлоксацина који је имобилисан на клиноптилолиту
6. испитивању могућности примене хладне плазме за уклањање адсорбованог антибиотика као утврђивање ефикасности процеса регенерације адсорбенаса у плазми.

6. План истраживања и структура рада

Предмет рада ове докторске дисертације је модификација природног зеолита – клиноптилолита из лежишта Сланци (код Београда) у циљу добијања ефикасног адсорбенса за примену у адсорпцији антибиотика из водене средине.

На почетку рада биће детаљано анализирана литература у којој су приказани:

1. примена клиноптилолита у поступцима прераде воде
2. импрегнација клиноптилолита различитим једињењима (оксидима са магнетским својствима, графен-оксидима, биополимерима)
3. структурне промене у решетки клиноптилолита након уобичајених поступака модификације (импрегнација, јонска-измена)
4. антибактеријска својства зеолита
5. примена плазме у модификацији површине минерала са посебним освртом на хемијске процесе који се одигравају у плазми
6. поступци регенерације адсорбенаса на бази зеолита.

Експериментални рад ће обухватити:

1. синтезу нано-честица магнетита и графен-оксида на површини клиноптилолита као и импрегнацију површине хитозаном из воденог раствора на атмосферском притиску

2. детаљну физичко–хемијску карактеризацију модификованих узорака зеолита
3. испитивање кинетичких и термодинамичких параметара адсорпције ЦИП-а за различите почетне концентрације, за различите температуре, рН-вредност суспензије, концентрацију адсорбенса
4. испитивање механизма адсорпције
5. испитивање магнетских својстава клиноптилолита модификованих магнетним наночестицама
6. испитивање антибактериских својстава ЦИП-а имобилисаног на површини клиноптилолита
7. третмане минерала хладном плазмом при ниским притисцима у различитим гасовима као и у плазми на атмосферском притиску.

У оквиру предложене докторске дисертације биће обрађена следећа поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература. У поглављу Увод биће дат литературни приказ подручја испитивања, предмет и циљеви истраживања. Такође, биће представљене и теоријске поставке на којима се заснива теза, а које се односе на саму модификацију површине зеолита пре и након адсорпције. Поглавље *Теоријски део* обухватиће детаљну анализу постигнутих и објављених истраживања из области тезе. У *Експерименталном делу* биће наведени материјали и методе који су коришћени у експерименталном раду. У поглављу *Резултати и дискусија* биће приказани и дискутовани резултати истраживања усмерени на модификацију површине клиноптилолита као и на уклањање антибиотика са површине у поступку регенерације. Биће дискутовани кинетика и механизам адсорпције ЦИП-а, као и механизам његове разградње плазма третманом. Дефинисанаће се врсте адсорпције и адсорпционе изотерме којом се адсорпција ЦИП-а за зеолит може описати. Биће дискутована антибактеријска својства. У *Закључку* ће бити сумирани добијени резултати, са посебним освртом на њихову иновативност и примену. Биће предложен смер даљих истраживања у овој области. *Литература* ће садржати наводе цитиране у дисертацији.

7. Закључак и предлог

На основу досадашњег рада и постигнутих резултата, Комисија сматра да кандидаткиња Барбара Калебић, мастер инжењер животне средине, испуњава све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође, Комисија сматра да је тема предложене дисертације **„Површинска модификација и функционализација природног зеолита – клиноптилолита“** научно утемељена и да ће резултати истраживања обухваћени овом тезом дати значајан допринос научној области Инжењерства заштите животне средине за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да кандидаткињи Барбари Калебић одобри израду докторске дисертације под наведеним насловом. За ментора се предлаже проф. др Невенка Рајић, редовни професор Универзитета у Београду.

Београд, 2. јул 2021.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Невенка Рајић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Др Драган Повреновић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Др Владимир Павићевић, доцент
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Др Никола Шкоро, виши научни сарадник
Институт за физику, Београд

Др Јелена Павловић, научни сарадник
Иновациони центар Технолошко-металуршког факултета, Београд