

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/169

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

30.06.2022.

(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:

Синтеза и карактеризација електроодних материјала на бази пиларених глина и оксида
кобалта за електрохемијско одређивање концентрације глукозе

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Биљана (Неђо) Миловановић

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

Универзитет у
Источном Сарајеву

Технолошки факултет Зворник, Босна и Херцеговина , мастер хемијског инжењерства
-
3. Година завршетка претходног нивоа студија:

2016.
-
4. Година уписа на докторске студије:

2019.
-
5. Назив студијског програма докторских студија:

Хемијско инжењерство
-

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ :

Име и презиме ментора: Др Рада Петровић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. A. B. Savić, Dj. Čokeša, M. Savić Biserčić, I. Častvan-Janković, **R. Petrović**, Lj.S. Živković, Multifunctional use of magnetite-coated tuff grains in water treatment: Removal of arsenates and phosphates, *Advanced Powder Technology*, 30 (2019) 1687-1695. IF(2020) = 4,833 (Engineering, Chemical 34/143); ISSN 0921-8831. doi: 10.1016/j.appt.2019.05.020
2. A. Bjelajac, D. Kopač, A. Fecant, E. Tavernier, **R. Petrović**, B. Likozar, Dj. Janačković, Micro-kinetic modelling of photocatalytic CO₂ reduction over undoped and N-doped TiO₂, *Catalysis Science and Technology*, 10 (2020) 1688-1698. IF(2020) = 6,119 (Chemistry, Physical 44/162); ISSN 2044-4753. doi: 10.1039/c9cy02443c.
3. A. Kazuz, Ž. Radovanović, Dj. Veljović, V. Kojić, V. Miletić, **R. Petrović**, Dj. Janačković, α -Tricalcium phosphate/fluorapatite based composite cements: Synthesis, mechanical properties, and biocompatibility, *Ceramic International*, 46 (2020) 25149-25154. IF(2020) = 4,527 (Materials Science, Ceramics 3/29); ISSN 0272-8842. doi: 10.1016/j.ceramint.2020.06.301
4. D. Milošević, S. Lević, S. Lazarević, Z. Veličković, A. Marinković, **R. Petrović**, P. Petrović, Hybrid material based on subgleba of mosaic puffballmushroom (*Handkea utriformis*) as an adsorbent for heavy metal removal from aqueous solutions, *Journal of Environmental Management*, 297 (2021) 113358. IF(2020) = 6,789 (Environmental Sciences 34/274); ISSN 0301-4797. doi: 10.1016/j.jenvman.2021.113358
5. B. Milovanović, S. Marinović, Z. Vuković, A. Milutinović-Nikolić, **R. Petrović**, P. Banković, T. Mudrinić, The influence of cobalt loading on electrocatalytic performance toward glucose oxidation of pillared montmorillonite-supported cobalt, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 915 (2022) 116332. IF(2020) = 4,464 (Chemistry, Analytical 20/87); ISSN 1572-6657. doi: 10.1016/j.jelechem.2022.116332.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 2:

Име и презиме ментора: др Тихана Мудринић

Звање: Виши научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. B. Milovanović, S. Marinović, Z. Vuković, A. Milutinović-Nikolić, R. Petrović, P. Banković, **T. Mudrinić**, The influence of cobalt loading on electrocatalytic performance toward glucose oxidation of pillared montmorillonite-supported cobalt, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 915 (2022), 116332 (pages 14). IF(2020) = 4,464; ISSN 1572-6657. doi: 10.1016/j.jelechem.2022.116332
2. **T. Mudrinić**, S. Marinović, A. Milutinović-Nikolić, N. Jović-Jovičić, M. Ajduković, Z. Mojović, P. Banković, Novel non-enzymatic glucose sensing material based on pillared clay modified with cobalt, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 299 (2019), 126976 (pages 10). IF(2020) = 7,460; ISSN 0925-4005. doi.org/10.1016/j.snb.2019.126976
3. **T. Mudrinić**, Z. Mojović, P. Banković, N. Jović-Jovičić, A. Ivanović-Šašić, A. Milutinović-Nikolić, D. Jovanović, Influence of Nafion on detection of glucose on polycrystalline gold electrode from alkaline and saline solutions, *Gold Bulletin*, 50 (2017) 191-201. IF(2020) = 1,610; ISSN 2364-821X. doi: 10.1007/s13404-017-0209-9
4. **T. Mudrinić**, Z. Mojović, A. Milutinović-Nikolić, M. Mojović, M. Žunić, N. Vukelić, D. Jovanović, Electrochemical activity of iron in acid treated bentonite and influence of added nickel, *Applied Surface Science*, 353 (2015) 1037–1045. IF(2020) = 6,707; ISSN 0169-4332. doi: 10.1016/j.apsusc.2015.07.054
5. **T. Mudrinić**, Z. Mojović, A. Milutinović-Nikolić, P. Banković, B. Dojčinović, N. Vukelić, D. Jovanović, Beneficial effect of Ni in pillared bentonite based electrodes on the electrochemical oxidation of phenol, *Electrochimica Acta*, 144 (2014) 92–99. IF(2020) = 6,901; ISSN 0013-4686. doi: 10.1016/j.electacta.2014.07.115

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф.дрПетарУскоковћ

- 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 30.06.2022. 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 **Биљане Миловановић**, број индекса 4032/2019, под називом: „**Синтеза и карактеризација електроодних материјала на бази пиларених глина и оксида кобалта за електрохемијско одређивање концентрације глукозе**“.

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

За менторе се одређују др Рада Петровић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Тихана Мудринић, виши научни сарадник Института за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију .

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

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Биљане Н. Миловановић, мастер хемијског инжењерства**, за израду докторске дисертације

На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета одржаној 02.06.2022. године, одлуком број 35/138, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње **Биљане Н. Миловановић, мастер хемијског инжењерства**, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Синтеза и карактеризација електроодних материјала на бази пиларених глина и оксида кобалта за електрохемијско одређивање концентрације глукозе”**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи:

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Биљана (Неђо) Миловановић је рођена 15. августа 1991. године у Брчком (БиХ). Основну и средњу школу (гимназија – општи смер) завршила је у Лопарама (Република Српска). Технолошки факултет Универзитета у Источном Сарајеву уписала је школске 2010/2011. године и дипломирала са средњом оценом 8,93. Дипломски рад под називом *„Утицај рафинације адсорбентима на структурни састав солвентно неутралних базних уља”* одбранила је 23.09.2014. године са оценом 10.

Мастер академске студије на Технолошком факултету Универзитета у Источном Сарајеву уписала је школске 2014/2015. године и завршила са средњом оценом 10,00. Мастер рад под називом *„Проучавање ефекта модификације домаћег бентонита минералним киселинама”* одбранила је 22.04.2016. године са оценом 10. Средња просечна оцена Биљане Н. Миловановић на основним и мастер академским студијама је 9,47.

Школске 2019/2020. године на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду уписала је прву годину докторских академских студија – студијски програм Хемијско инжењерство. Положила је све испите предвиђене планом и програмом, укључујући и завршни испит, са средњом оценом 10,00. Школске 2021/2022. године уписала је трећу годину докторских академских студија.

Од новембра 2014. године до децембра 2019. године радила је у компанији Алумина д.о.о., Зворник (Република Српска) у сектору „Служба за развој и модернизацију”. Од децембра 2019. године кандидаткиња је запослена у Институту за хемију, технологију и металургију, Центар за катализу и хемијско инжењерство, у истраживачком звању истраживач-приправник.

У досадашњем научно-истраживачком раду кандидаткиња Биљана Миловановић, мастер хемијског инжењерства, била је ангажована на научно-истраживачким пројектима из области основних истраживања и технолошког развоја које је финансирало Министарство

науке и технологије Републике Српске. Кандидаткиња је учествовала на више научних скупова међународног значаја. Објавила је више научних радова у зборницима радова саопштених на научним скуповима међународног значаја штампаних у изводу и у целини. Аутор је рада објављеног у врхунском међународном часопису и коаутор је рада објављеног у националном часопису међународног значаја.

Током основних академских студија стицала је практичне вештине обављајући индустријску праксу у секторима енергетике и рударства и хемијске индустрије: Рудник и термоелектрана „Угљевик“ (Угљевик), Фабрика глинице „Алумина“ (Зворник), Рафинерија нафте „Брод“ (Брод) и Рафинерија уља „Модрича“ (Модрича).

Кандидаткиња се у оквиру свог научно-истраживачког рада бави развојем електроодних материјала на бази пиларених глина са различитим садржајем кобалта који су затим допирани прелазним металима (гвожђе, никл, бакар и цинк), њиховом карактеризацијом и применом у реакцији електро-оксидација глукозе.

Члан је Српског керамичког друштва и Друштва физикохемичара Србије, као и AIPEA (Association International pour l' Etudes des Argiles). Носилац је стипендије AIPEA (Association International pour l' Etudes des Argiles) за учешће на „XVII Међународној конференцији о глинама“. Кандидаткиња говори енглески језик (говорни и писани ниво).

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Биљана Н. Миловановић, мастер хемијског инжењерства, научно-истраживачки рад у оквиру докторских академских студија започела је 2019. године у Универзитету у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију-Институт од националног значаја за Републику Србију, у Центру за катализу и хемијско инжењерство, где је од 27.12.2019. године запослена као истраживач-приправник. Научна активност кандидаткиње је усмерена на синтезу серије катализатора на бази алуминијум-пиларене глине са различитим садржајем кобалта, који се затим допирају прелазним металима (гвожђе, никл, бакар и цинк), њихову карактеризацију и примену у реакцији електро-оксидације глукозе. Кандидаткиња је у оквиру свог научно-истраживачког рада остварила допринос у реализацији задатака предвиђених планом и програмом, показала способност, креативност и иновативност, висок ниво колегијалности, склоност ка тимском раду, али и самосталност у истраживачком раду. У свом досадашњем раду, кандидаткиња је показала смисао за добру организацију експерименталног рада и извођење експеримената који се односе на синтезу каталитичких материјала и њихову карактеризацију. На основу приказаних референци у библиографској листи уочава се да је кандидаткиња стекла знања о основним принципима и методологији научно-истраживачког рада.

Током докторских академских студија, кандидаткиња је положила све предмете (укупно 13) предвиђене планом и програмом докторских академских студија са просечном оценом 10,00 и освојених 81 ЕСПБ. 02.07.2021. године кандидаткиња је одбранила Завршни испит под називом „*Електрохемијски сензори за детекцију глукозе: каталитичке и сензорне особине*“ пред комисијом у саставу: др Рада Петровић, редовни професор ТМФ-а, др Јелена Миладиновић, редовни професор ТМФ-а и др Снежана Грујић, редовни професор ТМФ-а.

Положени испити на докторским академским студијама су:

Редни број	Шифра предмета	Назив предмета	ЕСПБ	Оцена
1.	ДЗ1	Виши курс аналитичке хемије	5	десет (10)
2.	ДЗМ1	Одабрана поглавља математичке анализе	5	десет (10)
3.	Д173	Термодинамика раствора електролита	4	десет (10)
4.	ДФПЗ	Феномени преноса у инжењерству материјала	5	десет (10)
5.	ДТЗ	Термодинамика чврстог стања	5	десет (10)
6.	Д188	Теоријски основи керамике и стакла	5	десет (10)
7.	Д133	Електрокатализа	5	десет (10)
8.	Д143	Методе карактеризације керамичких и стакластих материјала	4	десет (10)
9.	Д193	Хетерогена катализа	4	десет (10)
10.	14Д147	Нискотемпературни керамички процеси	5	десет (10)
11.	Д146	Неоргански адсорбенти-теоријски основи и примена	4	десет (10)
12.	ДСЕНГ	Енглески језик	допунски испит	десет (10)
13.	ДЗИ	Завршни испит	30	десет (10)
			Укупно ЕСПБ	Просечна оцена
			81	10,00

Списак објављених научних радова и саопштења:

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

1. **Milovanović B.**, Marinović S., Milutinović-Nikolić A., Petrović R., Banković P., Mudrinić T.: *The influence of cobalt loading on electrocatalytic performance toward glucose oxidation of pillared montmorillonite-supported cobalt*, -Journal of Electroanalytical Chemistry, Vol. 915, 2022, pp. 116332 (1-14), ISSN: 1572-6657, IF (2020) = 4,464. doi: 10.1016/j.jelechem.2022.116332

Рад у националном часопису међународног значаја (M24)

1. Janković M., Obrenović Z., Filipović R., Ostojić Ž., Došić A., **Milovanović B.**, Tomašević-Pilipović D.: *Uticaj procesnih parametara na osobine 4A zeolita uz karakterizaciju X-ray i FT-IR instrumentalnim metodama*, -Inženjersko društvo za koroziju, Vol. 59 (3), 2018, pp. 401-409, ISSN: 0351-9465, doi:10.5937/ZasMat1803401J, 2018

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. **Milovanović B.**, Marinović S., Vuković Z., Ajduković M., Stevanović G., Banković P., Mudrinić T.: *Influence of cobalt loading on the physical-chemical properties of pillared clay – supported cobalt*, – 15th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, 20th-24th September 2021, Belgrade, Republic of Serbia, pp. 388-390. ISBN: 978-86-82475-39-2

2. Stevanović G., Jović-Jovičić N., Krstić J., Milutinović-Nikolić A., **Milovanović B.**, Radulović K., Ajduković M.: *Cobalt supported chitosan – derived carbon-smectite composite for catalytic activation of peroxymonosulfate in water*, – 15th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, 20th-24th September 2021, Belgrade, Republic of Serbia, pp. 151-154. ISBN: 978-86-82475-38-5
3. Pavlović S., Marinković D., **Milovanović B.**, Tišma M., Mojović Lj., Stanković M.: *Stability of waste – based zeolite supported CaO catalyst for biodiesel production from waste oily feedstocks*, – 9th International Conference Fuel Science – From Production to Propulsion, 22nd-24th June 2021, Aachen, Germany.
4. Pavlović S., Marinković D., **Milovanović B.**, Kostić M., Gabrovska M., Nikolova D., Stanković M.: *Effects of preparation conditions on the catalytic activity of chicken eggshell catalysts for the transesterification of oils to biodiesel*, – 14th EuropaCat – European Congress on Catalysis “Catalysis without Borders”, DECHEMA e.V., 18th-23rd August 2019, Aachen, Germany, pp. 643-644.
5. Marinković D., Gabrovska M., Nikolova D., Pavlović S., **Milovanović B.**, Stanković M.: *Synthesis and Characterization of Mixed Oxides Derivate from Li Modified Mg-Al Hydrotalcite*, – 14th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, 24th-28th September 2018, Belgrade, Republic of Serbia, pp. 657-660. ISBN: 978-86-82475-37-8
6. Oljača Đ., **Milovanović B.**, Pavlović S., Smiljanić R., Obrenović Z., Filipović R.: *Zinc removal from Bayer liquor by using aluminium hydroxide with specific structural properties as crystallization agent*, – 12th Conference of Engineers, Chemists and Environmentalists of Republic Srpska, 2nd-3rd November 2018, Teslić, Bosnia and Herzegovina, pp. 155-159. ISBN: 978-99938-54-74-6
7. Pavlović S., Jotanović M., Mičić V., **Milovanović B.**: *Analysis, Modeling, and Design of Binary Distillation Systems*, – 5th International Congress „Engineering, Environment and Materials in Processing Industry”, 15th-17th March 2017, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, pp. 588-604.
8. Pero Dugić, Zoran Petrović, Vojislav Aleksić, Stefan Pavlović, **Biljana Milovanović**, *Recycling of Oily Waste Packaging by Pyrolysis*, – 3th International Conference on New Technology, 13th-14th May 2016, Mostar, Bosnia and Herzegovina, pp. 1-10.

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

1. Mudrinić T., **Milovanović B.**, Petrović S., Pavlović S., Banković P., Milutinović-Nikolić A.: *Mechanochemical approach for non-enzymatic glucose sensing materials*, – 10th International Conference on Mechanochemistry and Mechanical Alloying, 6th-10th June 2022, Cagliari, Italy.
2. **Milovanović B.**, Mudrinić T., Marinović S., Ajduković M., Milutinović-Nikolić A., Banković P.: *Effect of different cobalt loadings on the electrochemical performance of aluminum pillared clay – supported cobalt towards glucose oxidation*, – 19th Young Researcher’s Conference – Materials Science and Engineering, 1st-3rd December 2021, Belgrade, Republic of Serbia, p. 59. ISBN: 978-86-80321-36-3

3. Mudrinić T., Petrović S., Krstić J., **Milovanović B.**, Pavlović S., Milutinović-Nikolić A., Banković P.: *Electrochemical characterization of cobalt phases onto alumina supported cobalt catalysts*, Serbian Ceramic Society Conference – Advanced Ceramics and Application IX, 20th-21st September 2021, Belgrade, Republic of Serbia, p. 85. ISBN: 978-86-915627-8-6,
4. Novaković T., **Milovanović B.**, Pavlović S., Banković P., Mojović Z.: *Insights into the effect of aluminum oxyhydrates properties on their electrochemical behavior*, Serbian Ceramic Society Conference – Advanced Ceramics and Application IX, 20th-21st September 2021, Belgrade, Republic of Serbia, p. 89. ISBN: 978-86-915627-8-6
5. Ilić I., Milutinović-Nikolić A., Gržetić I., Ajduković M., **Milovanović B.**, Mudrinić T., Jović-Jovičić N.: *Cobalt impregnated natural and acid modified montmorillonites catalysts in heterogeneous catalytic oxidation of nicotine in the presence of Oxone*, Serbian Ceramic Society Conference – Advanced Ceramics and Application VIII, 23rd-25th September 2019, Belgrade, Republic of Serbia, pp. 42-43. ISBN: 978-86-915627-7-9
6. **Milovanović B.**, Oljača Đ., Pavlović S., Ostojić G., Obrenović Z.: *Alumina production from purified Bayer liquor*, Croatian Society of Chemical Engineers, – 26th Croatian Meeting of Chemists and Chemical Engineers, 9th-12th April 2019, Šibenik, Croatia, pp. 182-182. ISBN: 978-953-6894-67-3

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64)

1. Pavlović S., Marinković D., Stanković M., **Milovanović B.**: *Preparation of zeolite from coal fly ash as waste raw material*, Serbian Chemical Society, – 6th Conference of The Young Chemists of Serbia, 27th October 2018, Belgrade, Republic of Serbia, p. 99. ISBN: 978-86-7132-072-6

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Према резултатима оствареним на докторским академским студијама, бројним објављеним радовима, као и радовима из области предметне докторске дисертације (један рад у врхунском међународном часопису категорије M21 и два рада презентована на конференцијама у категорији M33 и M34) кандидаткиња је показала способност и интерес за бављење научно-истраживачким радом. Висок ниво самосталности кандидата огледа се у проналажењу везе и повезивању досадашњих истраживања у изабраној области са експерименталним радом и креирању методологије рада. Поред тога, кандидат са великом пажњом и високим нивоом одговорности обавља све постављене задатке у задатом року. На основу биографских података, објављених научних радова, као и способности кандидата, Комисија је мишљења да је Биљана Н. Миловановић, мастер хемијског инжењерства, подобна за успешан и ефикасан теоријски и експериментални рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Дијабетес представља најраспрострањенију хроничну болест данашњице. Према подацима Светске здравствене организације (WHO) до 2014. године више од 422 милиона људи у свету је оболело од дијабетеса, а процењује се да ће тај број до 2045. године порасти до 630 милиона [1]. За контролу и лечење дијабетеса као и смањење ризика од озбиљних компликација веома је важно брзо и тачно одређивање концентрације глукозе, како у биолошким течностима тако и у прехранбеним производима [2]. До данас је развијен велики број сензора који за одређивање концентрације глукозе користе различите оптичке и електрохемијске методе [3].

Електрохемијски сензори су због брзог и поузданог одговора, једноставности поступка мерења и релативно ниске цене инструментације нашли ширу примену [3,4]. Према типу радне електроде разликују се две групе електрохемијских сензора: сензори на бази ензима и неензимски сензори [3]. Упркос високој осетљивости и селективности, електроде на бази ензима су скупе, недовољно дугорочно стабилне и имају сложен поступак припреме [5]. Електроде на бази племенитих метала такође показују високу осетљивост и добру стабилност, али њихова комерцијална примена је ограничена због високих трошкова, као и деактивације у присуству Cl^- јона [6–8]. У циљу превазилажења наведених недостатака, посебну пажњу привукле су електроде на бази наноструктурних неплеменитих прелазних метала/оксида метала због низа предности као што су ниска цена, једноставна припрема, топлотна и структурална стабилност, као и инертност на Cl^- јоне [8,9].

Публикован је велики број радова у којима су за детекцију и одређивање концентрације глукозе коришћени кобалт [10], гвожђе [11], никл [12], бакар [13], цинк [14], ванадијум [15] и манган [16]. Међу наведеним прелазним металима, највеће интересовање научне јавности је усмерено на развој катализатора на бази кобалта. Поред велике електрокаталитичке активности и ниске цене [5], кобалт је у поређењу са осталим неплеменитим металима са биолошке тачке гледишта најмање штетан [17]. У реакцији електро-оксидације глукозе испитан је велики број електрода на бази различитих оксида кобалта (Co_3O_4 , CoO и CoO_x) [18] од којих је Co_3O_4 најчешће испитиван [7,19,20].

У већини студија коришћени су угљенични материјали као носачи Co_3O_4 катализатора [21,22]. Иако ти материјали побољшавају електрохемијска својства електродног материјала, проблеми попут високих трошкова и електрохемијска корозија јављају се посебно у случају угљеничних наноцеви [23] и графена [24]. Са друге стране, неоргански порозни материјали, иако непроводни, у великој мери се користе као носачи електрокатализатора захваљујући способности преконцентрације анализата. Наиме, због велике специфичне површине и капацитета катјонске измене, неоргански порозни материјали могу да акумулирају испитивани аналит из разблажених раствора на површини електроде пре саме електрохемијске детекције и на тај начин могу да повећају осетљивост електроде [25,26]. Међутим, постоји свега неколико публикација које се односе на примену неорганских порозних материјала као што су зеолити [27], слојевити хидроксиди [28] и у скорије време пиларене глине [10] као носача катализатора на бази оксида метала за електрохемијско одређивање глукозе. Глине као јефтине, еколошки прихватљиви материјали, широко распрострањени у природи [29] испуњавају еколошке захтеве у највећој могућој мери [10]. Као носачи катализатора најчешће се користе бентонитне глине (бентонити) богате глиненим минералима смектитима. Глине, попут бентонита немају ригидну структуру, па је потребно применити одређене модификације како би се добила структура задовољавајуће стабилности. Међу модификованим глинама, пиларене глине сматрају се обећавајућим носачима катализатора захваљујући контролисаним димензијама пора и стабилној структури [30]. Са електрохемијског становишта, важно је истаћи и присуство изоморфно уграђеног гвожђа у структури смектита. Истраживања везана за електроде модификоване глинама (глине нанете у танком слоју на проводну подлогу-графитна електрода, електрода од стакластог угљеника) [31] су показала да гвожђе има улогу посредника у преносу електрона између електроактивне врсте (анализата) адсорбоване на површини глине и проводне подлоге. На тај начин је показано да глине поред преконцентрације анализата могу и непосредно учествовати у електродним процесима.

На основу литературних прегледа, електроде на бази оксида неплеменитих прелазних метала у којима се као носач користи пиларена глина до сада су ретко испитиване у реакцији електро-оксидација глукозе на којој се заснива електрохемијско одређивање концентрације глукозе [10]. У раду [10] кобалт-оксид је уграђен у алуминијум-пиларену глину (AP) методом капиларне импрегнације, уз накнадну термичку обраду. Добијени материјал (CoAP) је испитиван као електродни материјал у форми угљеничне пасте (CP-CoAP) у реакцији

електро-оксидација глукозе у алкалној средини. Дизајнирана електрода показала је високу осетљивост и тачност, као и адекватан линеарни опсег (0-10 mM).

Обећавајући резултати ових истраживања допринели су да предмет ове докторске дисертације буде усмерен на даљи развој електроодних материјала на бази алуминијум-пиларених глина импрегнисаних кобалтом/оксидима кобалта (CP-CoAP) за детекцију и одређивање концентрације глукозе. Први део истраживања биће усмерен на испитивање утицаја садржаја кобалта на електрокаталитичке/електроаналитичке перформансе CP-CoAP. Разлог овог истраживања није само оптимизација количине кобалта већ и чињеница да у зависности од садржаја кобалта на импрегнисаним неорганским носачима долази до формирања различитих оксида кобалта [32]. Иако су у литератури испитани различити оксиди кобалта у реакцији електро-оксидације глукозе, веома је тешко поредити њихове електрокаталитичке активности с обзиром на то да су за добијање ових електроодних материјала коришћене различите методе синтезе, као и то да су коришћени различити носачи ових оксида. Стога би испитивања електрокаталитичких активности CP-CoAP са различитим садржајем кобалта могла да допринесу разумевању активности различитих оксида кобалта, који могу да се формирају на неорганским порозним носачима, у реакцији електро-оксидације глукозе.

У циљу побољшања електроаналитичких перформанси (повећање осетљивости и проширење линеарног опсега концентрације глукозе) CP-CoAP, други део истраживања ће бити посвећен испитивању утицаја различитих допаната. Литературни подаци показују да биметални катализатори испољавају побољшане електрохемијске перформансе у поређењу са монометалним катализаторима као резултат синергетског ефекта, повећаног броја активних места и способности преноса електрона [33,34]. У оквиру докторске дисертације планирано је да се као допанти користе гвожђе, никл, бакар и цинк.

Задаци постављени темом ове дисертације су:

- модификација бентонитне глине алуминијум полихидрокси катјонима (пиларење) за добијање термички стабилних микропорозних/мезопорозних носача катализатора;
- синтеза катализатора на бази алуминијум-пиларене глине са: 1) различитим садржајем кобалта као главном електроактивном компонентом; и 2) кобалтом у комбинацији са другим металима (гвожђе, никл, бакар и цинк) као допантима;
- карактеризација добијених материјала одговарајућим физичко-хемијским методама;
- испитивање утицаја садржаја кобалта на електрокаталитичке/електроаналитичке перформансе CP-CoAP у реакцији електро-оксидације глукозе;
- испитивање утицаја допанта (гвожђе, никл, бакар и цинк) на електрокаталитичке/електроаналитичке перформансе CP-CoAP у реакцији електро-оксидације глукозе и
- проучавање детаљног механизма и кинетике реакције електро-оксидације глукозе на CP-CoAP са и без допанта.

Литература:

- [1] W. H. Organization, Global report on diabetes: executive summary, World Health Organization, Geneva, 2016.
- [2] T. Chen, X. Li, C. Qiu, W. Zhu, H. Ma, S. Chen, O. Meng, Electrochemical sensing of glucose by carbon cloth-supported $\text{Co}_3\text{O}_4/\text{PbO}_2$ core-shell nanorod arrays., *Biosensors & Bioelectronics*. 53 (2014) 200–206. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2013.09.059>.
- [3] P. Vennila, D. J. Yoo, A. R. Kim, G. G. Kumar, Ni-Co/ Fe_3O_4 flower-like nanocomposite for the highly sensitive and selective enzyme free glucose sensor applications, *Journal of Alloys and Compounds*. 703 (2017) 633–642. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.01.044>.
- [4] L. P. Hernández-Saravia, T. Martinez, J. Llanos, M. Bertotti, A Cu-NPG/SPE sensor for non-enzymatic and non-invasive electrochemical glucose detection, *Microchemical Journal*. 160 (2021) 105629. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105629>.
- [5] Y. Li, M. Xie, X. Zhang, Q. Liu, D. Lin, C. Xu, F. Xie, X. Sun, Co-MOF nanosheet array: A high-performance electrochemical sensor for non-enzymatic glucose detection, *Sensors and Actuators B: Chemical*. 278 (2019) 126–132. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2018.09.076>.
- [6] T. Liu, Y. Luo, J. Zhu, L. Kong, W. Wang, L. Tan, Non-enzymatic detection of glucose using poly (azulene A)-nickel modified glassy carbon electrode, *Talanta*. 156–157 (2016) 134–140. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.04.053>.
- [7] H. Zhu, L. Li, W. Zhou, Z. Shao, X. Chen, Advances in non-enzymatic glucose sensors based on metal oxides, *Journal of Materials Chemistry B*. 4 (2016) 7333–7349. <https://doi.org/10.1039/C6TB02037B>.
- [8] C. Lee, S. H. Lee, M. Cho, Y. Lee, Nonenzymatic amperometric glucose sensor based on a composite prepared from CuO, reduced graphene oxide, and carbon nanotube, *Microchimica Acta*. 183 (2016) 3285–3292. <https://doi.org/10.1007/s00604-016-1984-3>.
- [9] S. K. Meher, G. R. Rao, Archetypal sandwich-structured CuO for high performance non-enzymatic sensing of glucose, *Nanoscale*. 5 (2013) 2089–2099. <https://doi.org/10.1039/C2NR33264G>.
- [10] T. Mudrinić, S. Marinović, A. Milutinović-Nikolić, N. Jović-Jovičić, M. Ajduković, Z. Mojović, P. Banković, Novel non-enzymatic glucose sensing material based on pillared clay modified with cobalt, *Sensors and Actuators B: Chemical*. 299 (2019) 126976. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.126976>.
- [11] Y. Chen, H. Zhang, H. Xue, X. Hu, G. Wang, C. Wang, Construction of a non-enzymatic glucose sensor based on copolymer P4VP-co-PAN and Fe_2O_3 nanoparticles., *Materials Science & Engineering. C, Materials for Biological Applications*. 35 (2014) 420–425.
- [12] C. Guo, Y. Wang, Y. Zhao, C. Xu, Non-enzymatic glucose sensor based on three dimensional nickel oxide for enhanced sensitivity, *Analytical Methods*. 5 (2013) 1644–1647. <https://doi.org/10.1039/C3AY00067B>.
- [13] J. Luo, S. Jiang, H. Zhang, J. Jiang, X. Liu, A novel non-enzymatic glucose sensor based on Cu nanoparticle modified graphene sheets electrode, *Analytica Chimica Acta*. 709 (2012) 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.10.025>.
- [14] J. Qian, Y. Wang, J. Pan, Z. Chen, C. Wang, J. Chen, Z. Wu, Yangyue, Non-enzymatic glucose sensor based on ZnO– CeO_2 whiskers, *Materials Chemistry and Physics*. 239 (2020) 122051. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.122051>.
- [15] A. Domènech, J. Alarcón, Microheterogeneous Electrocatalytic Chiral Recognition at Monoclinic Vanadium-Doped Zirconias: Enantioselective Detection of Glucose, *Analytical Chemistry*. 79 (2007) 6742–6751. <https://doi.org/10.1021/ac070623w>.
- [16] M. Dong, H. Hu, S. Ding, C. Wang, L. Li, Fabrication of NiMn_2O_4 nanosheets on reduced graphene oxide for non-enzymatic detection of glucose, *Materials Technology*. 36 (2021) 203–211. <https://doi.org/10.1080/10667857.2020.1740861>.

- [17] ATSDR, 2004. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Cobalt, Public Health Service: U.S. Department of Health and Human Services (<https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp33.pdf> , accessed on April 15, 2022).
- [18] X. Niu, X. Li, J. Pan, Y. He, F. Qiu, Y. Yan, Recent advances in non-enzymatic electrochemical glucose sensors based on non-precious transition metal materials: opportunities and challenges, *RSC Advances*. 6 (2016) 84893–84905. <https://doi.org/10.1039/C6RA12506A>.
- [19] Y. Ding, Y. Wang, L. Su, M. Bellagamba, H. Zhang, Y. Lei, Electrospun Co_3O_4 nanofibers for sensitive and selective glucose detection, *Biosensors and Bioelectronics*. 26 (2010) 542–548. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2010.07.050>.
- [20] D.-W. Hwang, S. Lee, M. Seo, T.D. Chung, Recent advances in electrochemical non-enzymatic glucose sensors – A review, *Analytica Chimica Acta*. 1033 (2018) 1–34. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2018.05.051>.
- [21] X. Wang, X. Dong, Y. Wen, C. Li, Q. Xiong, P. Chen, A graphene–cobalt oxide based needle electrode for non-enzymatic glucose detection in micro-droplets, *Chemical Communications*. 48 (2012) 6490–6492. <https://doi.org/10.1039/C2CC32674D>.
- [22] H. Zhang, S. Liu, A combined self-assembly and calcination method for preparation of nanoparticles-assembled cobalt oxide nanosheets using graphene oxide as template and their application for non-enzymatic glucose biosensing, *Journal of Colloid and Interface Science*. 485 (2017) 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2016.09.041>.
- [23] J. Yang, W. Zhang, S. Gunasekaran, A low-potential, H_2O_2 -assisted electrodeposition of cobalt oxide/hydroxide nanostructures onto vertically-aligned multi-walled carbon nanotube arrays for glucose sensing, *Electrochimica Acta*. 56 (2011) 5538–5544. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2011.03.087>.
- [24] Y. Song, C. Wei, J. He, X. Li, X. Lu, li Wang, Porous Co nanobeads/rGO nanocomposites derived from rGO/Co-metal organic frameworks for glucose sensing, *Sensors and Actuators B: Chemical*. 220 (2015) 1056–1063. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2015.06.052>.
- [25] F. A., Clay. *Clay Mineral*. 38. 1990.
- [26] Z. Navrátilová, P. Kula, Clay Modified Electrodes: Present Applications and Prospects, *Electroanalysis*. 15 (2003) 837–846. <https://doi.org/10.1002/elan.200390103>.
- [27] S. K. Hassaninejad–Darzi, M. Rahimnejad, S. N. Mirzababaei, Electrocatalytic oxidation of glucose onto carbon paste electrode modified with nickel hydroxide decorated NaA nanozeolite, *Microchemical Journal*. 128 (2016) 7–17. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2016.03.016>.
- [28] M. Li, S. Xu, F. Ni, Y. Wang, S. Chen, L. Wang, Fast and sensitive non-enzymatic glucose concentration determination using an electroactive anionic clay-modified electrode, *Microchimica Acta*. 166 (2009) 203–208. <https://doi.org/10.1007/s00604-009-0189-4>.
- [29] P. Banković, A. Milutinović-Nikolić, Z. Mojović, N. Jović-Jovičić, M. Perović, V. Spasojević, D. Jovanović, Synthesis and characterization of bentonites rich in beidellite with incorporated Al or Al–Fe oxide pillars, *Microporous and Mesoporous Materials*. 165 (2013) 247–256. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2012.08.029>.
- [30] G. L. F. Bergaya, *Handbook of Clay Science, Developments in Clay Science*, Second Edition, Elsevier, Amsterdam, 2013.
- [31] N. Oyama FCA. *J. Electroanal. Chem*. 199 (1986) 467.
- [32] W.-J. Wang, Y.-W. Chen, Influence of metal loading on the reducibility and hydrogenation activity of cobalt/alumina catalysts, *Applied Catalysis*. 77 (1991) 223–233.
- [33] M. Janyasupab, C. W. Liu, Electrocatalytic Study of Low-Cost Bimetallic Cobalt/Iron Catalyst on Carbon for Non-Enzymatic Glucose Sensor in Human Urine, *Materials Science Forum*. 962 (2019) 137–144. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.962.137>.
- [34] L. Wang, C. Hou, H. Yu, Q. Zhang, Y. Li, H. Wang, Metal–Organic Framework-Derived Nickel/Cobalt-Based Nanohybrids for Sensing Non-Enzymatic Glucose, *ChemElectroChem*. 7 (2020) 4446–4452. <https://doi.org/10.1002/celec.202001135>.

3. Полазне хипотезе

Ова докторска дисертација је заснована на следећим хипотезама:

- модификацијом бентонитне глине алуминијум полихидрокси катјонима добиће се термички стабилни микропорозни/мезопорозни материјал који ће захваљујући својој великој специфичној површини и трајној порозности моћи да се користи као носач катализатора;
- контролисана синтеза CoAP у погледу промене концентрације кобалта довешће до стварања активније фазе оксида двовалентног кобалта у реакцији електро-оксидације глукозе и
- увођење допанта (гвожђе, никл, бакар и цинк) побољшаће електроаналитичке перформансе (повећање осетљивости и проширење линеарног опсега концентрације глукозе) CP-CoAP, што ће представљати резултат синергетског деловања, повећаног броја активних места и способности преноса електрона.

4. Научне методе истраживања

Синтеза носача катализатора

Синтеза алуминијум-пиларене глине одвијаће се у следећим корацима:

- 1) хидросепарација полазне бентонитне глине. На овај начин издвојиће се фракција глине са честицама $\leq 2\mu\text{m}$;
- 2) измена јона бентонитне глине (фракција $\leq 2\mu\text{m}$) јонима натријума (добивање Na-бентонита);
- 3) модификација Na-бентонита алуминијум полихидрокси катјонима и
- 4) термичка обрада (жарење) Na-бентонита модификованог алуминијум полихидрокси катјонима

Синтеза катализатора

Алуминијум-пиларене глине са: 1) различитим садржајем кобалта и 2) кобалтом у комбинацији са другим металима (допантима) биће импрегнисане методом капиларне импрегнације (*eng. incipient wetness impregnation method*) уз термичку обраду.

Карактеризација добијених материјала

Карактеризација носача катализатора и катализатора биће извршена следећим методама:

Хемијски састав

- индуковано-спрегнута плазма са оптичком емисионом спектрометријом (*eng. Inductively coupled plasma optical emission spectrometry – ICP-OES*) и
- енергетско-дисперзивна рендгенска спектроскопија (*eng. Energy dispersive X-ray spectroscopy – EDX*).

Структурно-морфолошка својства

- рендгено-структурна дифракција праха (*eng. X-ray powder diffraction – XRPD*);
- скенирајућа електронска микроскопија са емисијом поља (*eng. Field emission scanning electron microscopy – FE-SEM*) и
- трансмисиона електронска микроскопија високе резолуције (*eng. High – resolution transmission electron microscopy – HR-TEM*).

Одређивање функционалних група на површини

- инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом – техником KBr пастиле (*eng. Fourier transform infrared spectroscopy – KBr pellet technique*).

Хемијско стање (електронска конфигурација конституената) елемената на површини

- рендгенска фотоелектронска спектроскопија (*eng. X-Ray photoelectron spectroscopy – XPS*).

Текстурална својства

- нискотемпературна физисорпција азота: одређивање специфичне површине, запремине и расподеле величина пора у микро- и мезопорозној области.

Електрохемијска карактеризација електродног материјала у форми угљеничне пасте за детекцију и одређивање концентрације глукозе

Електрохемијска испитивања извршиће се на потенциостату произвођача Autolab PGSTAT302N, Metrohm-Autolab BV, Netherlands. За испитивања ће се користити троелектродна електрохемијска ћелија која се састоји од радне електроде (модификовна угљенична паста електрода), сребро/среброхлоридне електроде као референтне електроде и платинске жице као помоћне електроде. Модификована угљенична паста електрода припремаће се мешањем комерцијалног угљеничног праха и синтетисаних материјала (алуминијум-пиларена глина, алуминијум-пиларена глина импрегнисана различитим садржајем кобалта и алуминијум-пиларена глина импрегнисана кобалтом и допантима) са парафинским уљем. Тако добијена компактна паста биће постављена у тefлонску цев пречника 2 mm. Електрохемијска мерења спроводиће се у алкалној средини (1 M NaOH) без и са различитим концентрацијама глукозе. За електрохемијску карактеризацију испитиваних радних електрода користиће се метода цикличне волтаметрије и хроноамперометрија (једностепена и двостепена).

5. Очекивани научни допринос

Научни допринос ове докторске дисертације огледа се у добијању нових електродних материјала на бази пиларене глине и допираних и недопираних оксида кобалта за електрохемијско одређивање концентрације глукозе. Планирана истраживања даће значајан научни допринос, при чему се може издвојити следеће:

- дефинисаће се оптимални услови синтезе катализатора (садржај кобалта и однос садржаја кобалт/допант);
- утврдиће се физичко-хемијске карактеристике носача и катализатора;
- утврдиће се електрохемијске карактеристике електродног материјала у алкалном раствору (1 M NaOH) без и са различитим концентрацијама глукозе;

- успоставиће се корелације између фаза кобалта формираних на AP и њихове електрокаталитичке активности у реакцији електро-оксидације глукозе и
- побољшаће се електроаналитичке перформансе (повећање осетљивости и проширење линеарног опсега концентрације глукозе) електродног материјала на бази пиларене глине и допираних и недопираних оксида кобалта.

6. План истраживања и структура рада

Предметна докторска дисертација ће бити реализована у шест фаза:

- 1) синтеза и карактеризација носача активне каталитичке компоненте;
- 2) синтеза катализатора са: 1) различитим садржајем кобалта као главном електроактивном компонентом и 2) кобалтом у комбинацији са другим прелазним металима (гвожђе, никл, бакар и цинк) као допантима;
- 3) потпуна физичко-хемијска карактеризација катализатора;
- 4) испитивање утицаја садржаја кобалта на електрокаталитичке/електроаналитичке перформансе CP-CoAP у реакцији електро-оксидације глукозе;
- 5) испитивање утицаја допанта (гвожђе, никл, бакар и цинк) на електрокаталитичке/електроаналитичке перформансе CP-CoAP у реакцији електро-оксидације глукозе и
- 6) анализа кинетике реакције електро-оксидације глукозе на CP-CoAP са и без допанта уз дефинисање механизма реакције.

Докторска дисертација ће имати следећа поглавља: *Увод*, *Литературни преглед* (преглед досадашњих истраживања и отворених питања о циљном аналиту – глукози, електрохемијском одређивању концентрације глукозе, основним карактеристикама примењене радне електроде – електрода од угљеничне пасте, при чему ће посебна пажња бити посвећена електродним материјалима на бази пиларених глина и наноструктурних оксида неплеменитих прелазних метала), *Експериментални део* (синтеза носача катализатора и катализатора, методе испитивања физичко-хемијских карактеристика носача и катализатора и методе електрохемијских испитивања електродног материјала на бази синтетисаних материјала: алуминијум-пиларена глина, алуминијум-пиларена глина импрегнисана различитим садржајем кобалта и алуминијум-пиларена глина импрегнисана кобалтом и допантима, у реакцији електро-оксидације глукозе), *Резултати и дискусија* (приказ свих резултата који се односе на структурно-морфолошке и текстуралне особине катализатора и њихово повезивање са понашањем у реакцији електро-оксидација глукозе), *Закључци и Литература*.

7. Закључак и предлог

На основу података о досадашњем раду и постигнутим резултатима, Комисија сматра да кандидаткиња **Биљана Н. Миловановић, мастер хемијског инжењерства**, испуњава све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације под називом: **„Синтеза и карактеризација електродрних материјала на бази пиларених глина и оксида кобалта за електрохемијско одређивање концентрације глукозе”** научно утемељена. Истраживања у овој дисертацији припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Хемијско инжењерство, за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет, Универзитета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, да кандидаткињи **Биљани Н. Миловановић** одобри израду докторске дисертације под наведеним насловом. За менторе се предлажу: **др Рада Петровић, редовни професор** Технолошко-металуршког факултета и **др Тихана Мудринић, виши научни сарадник** Института за хемију, технологију и металургију.

У Београду, 23.06.2022.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Рада Петровић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Др Тихана Мудринић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду, Институт за хемију, технологију и
металургију-Институт од националног значаја за Републику Србију

Др Снежана Грујић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Др Александра Милутиновић-Николић, научни саветник
Универзитет у Београду, Институт за хемију, технологију и
металургију-Институт од националног значаја за Републику Србију

Др Сања Мариновић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду, Институт за хемију, технологију и
металургију-Институт од националног значаја за Републику Србију