

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију</p> <p>05.11.2020. године, бр. 012-199/72-2018, Декан Факултета техничких наука на основу Одлуке Наставно-научног већа ФТН</p>
<p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <p>1. др Мирјана Војиновић Милорадов, професор емеритус, уже научна област: Инжењерство заштите животне средине, датум избора у звање: 24.01.2008. године, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, председник;</p> <p>2. др Далибор Станковић, доцент, уже научна област: Аналитичка хемија, датум избора у звање: 21.05.2020. године, Универзитет у Београду, Хемијски факултет, Београд, члан;</p> <p>3. др Маја Петровић, доцент, уже научна област: Инжењерство заштите животне средине, датум избора у звање: 01.02.2018. године, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, члан;</p> <p>4. др Тања Брдарић, научни сарадник, уже научна област: Заштита животне средине, датум избора у звање: 25.02.2015. године, Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке Винча, Београд, ментор;</p> <p>5. др Ивана Михајловић, ванредни професор, уже научна област: Инжењерство заштите животне средине, датум избора у звање: 01.02.2020. године, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор;</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p>Бранислава, Горан, Савић</p>
<p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p>20.02.1987., Сремска Митровица, Р Србија</p>
<p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив</p> <p>Природно-математички факултет Нови Сад, Биолог, Мастер биолог</p>
<p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија</p>

2015. године, **Инжењерство заштите животне средине**

5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: /

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: /

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Примена електрохемијског третмана за деконтаминацију отпадних вода загађених фенолним једињењима (Application of electrochemical treatment for decontamination of wastewater contaminated with phenolic compounds).

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл.

Докторска дисертација прегледно је и јасно изложена у оквиру следећих поглавља:

1. Уводна разматрања
2. Приказ стања у области истраживања
3. Технике пречишћавања отпадних вода
4. Материјал и методе
5. Резултати и дискусија
6. Закључна разматрања
7. Литература
8. Прилози

Докторска дисертација кандидаткиње Браниславе Савић написана је на 110 страна А4 формата. Садржи укупно 8 поглавља, 4 табеле, 30 слика и 174 цитираних литературних извора и 1 прилог.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Прво поглавље - Садржи уводне и основне одредбе истраживања које је изведено у оквиру докторске тезе Примена електрохемијског третмана за деконтаминацију отпадних вода загађених фенолним једињењима.

Друго поглавље - Представљен је приказ стања у области истраживања, са освртом на досадашњи научни допринос у пољу истраживања. Друго поглавље даје приказ основне структуре фенола и производње са фокусом на масовну употребу фенола као прекурсора у генерисању различитих материјала, у грађевинској, текстилној, аутомобилској и фармацеутској индустрији. Тренутно се највише користи за синтезу хербицида, пластике, епоксида итд. Разматрани су литературни подаци о утицају фенолних једињења на здравље људи, са посебним освртом на концентрационе нивое који имају летални ефекат. У оквиру другог поглавља представљена је и законска регулатива која прописује максимално дозвољену концентрацију фенола и фенолних једињења у површинским и подземним водама. Дат је преглед одабраних и испитиваних фенолних једињења у оквиру докторске дисертације.

Треће поглавље – Презентоване су доступне технике које се користе за третирање индустријских отпадних вода које садрже органске загађујуће супстанце, са посебним освртом на анодну оксидацију која је коришћена као метода избора за пречишћавање отпадних вода оптерећених

фенолним једињењима испитиваним у оквиру докторске дисертације.

Четврто поглавље - У оквиру четвртог поглавља дат је осврт на коришћене материјале за реализацију свих експеримената у оквиру тезе. Представљен је начин синтезе олово (II) оксид (PbO) и олово диоксид (PbO₂) наночестица и олово диоксид-графен нанотрачица (PbO₂-GNR) као и коришћене методе за њихову карактеризацију. Детаљно су описани електрохемијски експерименти на основу којих су добијени резултати за даљи ток истраживања у оквиру докторске дисертације.

Пето поглавље - Садржи описане резултате карактеризације синтетисаног материјала, као и резултате добијене електрохемијским путем, са посебним освртом на електрохемијско понашање и електрохемијску оксидацију смеше фенолних једињења у базној и киселој средини.

Шесто поглавље – У оквиру шестог поглавља изнета су закључна разматрања која су изведена на основу резултата истраживања на пољу науке која се бави тренутним проблемима присуства фенолних једињења у отпадним водама.

Седмо поглавље – У оквиру седмог поглавља дат је преглед употребљење научне и стручне литературе за разумевање појмова и експеримената у пољу области докторске дисертације.

Осмо поглавље - Прилози.

Комисија је позитивно оценила сва поглавља докторске дисертације.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

1. **Savić B.**, Stanković D., Živković S., Ognjanović M., Tasić G., Mihajlović I., Brdarić T., Electrochemical oxidation of a complex mixture of phenolic compounds in the base media using PbO₂-GNRs anodes, Applied Surface Science, 529 (2020) 147120, <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.147120>. **M21-a**
2. **Savić B.**, Mihajlović I., Milutinović S., Seović M., Nikolić Ž., Tošić M., Brdarić T., Validation and uncertainty estimation of analytical method for determination of phenolic compounds in concrete, J. Serb. Chem. Soc., 83 (0), pp. 1-9, 2018, <https://doi.org/10.2298/JSC180518106S>. **M23**
3. **Savić B.**, Mihajlović I., Brdarić T., Krivokapić N., Seović M., Nikolić Ž., Determination of the phenol compounds in concrete using GC-MS, Proceedings of the 23rd International Symposium on Analytical and Environmental Problems, University of Szeged, Department of Inorganic and Analytical Chemistry, pp. 313 - 316, isbn: 978-963-306-563-1, Szeged, Hungary, 9. - 10. Oct, 2017. **M33**
4. **Savić B.**, Milutinović S., Brdarić T., Seović M., Nikolić Ž., Tošić M., Šutulović A., Monte Carlo simulation for the evaluation of measurement uncertainty of phenolic compounds in concrete, 26th, International Conference Ecological Truth & Environmental Research, pp. 42-46 ,ISBN 978-

86-6305-076-1, Bor Lake, 12-15 June 2018. **M33**

5. **Savić B.**, Brdarić T., Mihajlović I., Milutinović S., Pijović M., Georgijević J., Tasić G., Monte Carlo simulation as an alternative approach for estimation of uncertainty measurement of 2,4 dimethylphenol, 14th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, pp. 785-788, ISBN 978-86-82475-37-8, Belgrade, 24–28 September 2018. **M33**
6. **Savić B.**, Živković S., Stanković D., Ognjanović M., Brdarić T., Tasić G., Mihajlović I., Chemical synthesis and characterization of lead dioxide nanopowder, Proceedings of the 25rd International Symposium on Analytical and Environmental Problems, University of Szeged, Department of Inorganic and Analytical Chemistry, pp. 233 - 235, isbn: ISBN 978-963-306-702-4, Szeged, Hungary, 7- 8 Oct, 2019. **M33**
7. Šunjević M., Dmitrašinović S., Rajs V., Sremački M., Obrovski B., Petrović M., **Savić B.**, Reba D., Vojinović Miloradov M., Conceptualization of the architectural decision analysis model - ADAM, 1st International conference, „The Holistic Approach to Environment“, pp. 711-715, ISBN 2623-677X, Sisak, September 13th-14th, 2018. **M33**
8. Petronić S., Ječmenica Dučić M., Milosavljević A., Čolić K., **Savić B.**, Birdeanu V., Heritology Character of Mini Hydroelectric Power Plants in Serbia, Proceedings of the selected papers, abstracts and posters of the First International Conference Trends in Heritology: Industrial and Intangible Heritage, June 2018, Belgrade, pp. 130 – 136, ISBN 978-86-6179-063-8 (CIC).
9. Rajčić B., Petronić S., Stević Z., **Savić B.**, Doncheva E., Laser Cleaning of the Paper From the 19th and Early 20th Century, Proceedings of Selected Papers and Abstracts of The Second International Students Scientific Conference "Multidisciplinary Approach to Contemporary Research", Belgrade, 24.-25. 11. 2018., pp.112 – 120 ISBN 978-86-6179-062-1 (CIC)
10. Nikolić Ž., Šutulović A., **Savić B.**, Brdarić T., Nikolić V., Marčeta Kaninski M., Analytical process set up for industrial mixed solid waste characterization from unknown sources and composition, 6th International Conference on Industrial and Hazardous Waste Management, pp. 1-4, ISSN: 2241-3146, Crete, 4. - 7. September 2018. **M34**
11. **Savić B.**, Grce A., Brdarić T., Georgijević J., Ječmenica Dučić M., Rajčić B., Marčeta Kaninski M., Determination of the BTEX compounds in concrete using Headspace GC-FID, 8th Symposium, Chemistry and Environmental Protection, pp. 207-208, ISBN 978-86-7132-068-9, Kruševac, 30 May-1 Jun 2018. **M64**
12. Šutulović A., **Savić B.**, Nikolić Ž., Ječmenica Dučić M., Seović M., Rajčić B., Brdarić T., Determinacion of phenol and phenolic compounds in crude mineral oils and waste mineral oil samples by GC-MS, 8th Symposium, Chemistry and Environmental Protection, pp. 211-212, ISBN 978-86-7132-068-9, Kruševac, 30 May-1 June 2018. **M64**

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживачке активности у оквиру докторске дисертације су резултовале синтезом анодног материјала на бази нанокompозита - PbO₂-GNR за деконтаминацију отпадне воде загађене фенолним једињењима техником анодне оксидације (АО). Испитивања су изведена праћењем процеса симултане АО комплексне смеше фенола и његових метилованих и

хлорованих деривата у 0,1 М Na_2SO_4 . Наноконтролит PbO_2 -GNR је добијен техником мешања GNR са наночестицама PbO_2 које су синтетисане хидротермалним поступком. Кристална структура, морфологија и састав синтетисаног материјала су одређени техникама рендгенске дифрактометрије праха (XRPD), скенирајуће и трансмисионе електронске микроскопије и енергетски дисперзивне рендгенске спектроскопије (FESEM-EDS и TEM-EDS). АО фенолних једињења извршена је у потенциостатском режиму на потенцијалима 2,3 V и 3 V. Ефикасност уклањања фенолних једињења повећава се са повећањем времена електролизе и примењеног потенцијала (до 78 % током 60 минута на потенцијалу од 3 V). GC-MS хроматографска анализа потврђује да након сукцесивних процеса дехлоровања и диметилације фенолних једињења долази до разградње ароматичног прстена тј. настају интермедијерне врсте које се даље разлажу на угљен диоксид и воду. Нови синтетисани анодни материјал PbO_2 -GNR може се успешно применити у пречишћавању отпадних вода контаминираних фенолним једињењима поступком анодне оксидације. На основу добијених резултата, а у сврху реализовања постављеног циља и доказа хипотеза истраживања могу се извести следећи закључци:

- Резултати карактеризације материјала показују да је синтетисан PbO_2 и наноконтролит PbO_2 -GNR са просечном величином честица од 15 до 30 nm.
- Присуство GNR-а у контролиту не мења морфологију PbO_2 .
- Модификацијом електроде са PbO_2 -GNR наноконтролитом повећава се величина активне површине и дифузиони слој електроде. Ефективна површина електроде од нерђајућег челика износи $2,41 \text{ cm}^2$, а модификоване PbO_2 -GNR аноде је $5,54 \text{ cm}^2$, тј. више од два пута веће вредности.
- На PbO_2 -GNR аноди долази до оксидације фенола. Електродни процес је контролисан адсорпцијом.
- Фенол се у воденим растворима оксидује индиректно преко адсорбованих хидроксилних радикала.
- Ток АО сложене смеше фенолних једињења зависи од врсте, броја и места супституената у основној структури молекула. Код несупституисаних и моносупституисаних фенола поред процеса индиректне анодне оксидације, којом би се концентрација фенола константно смањивала, постоје паралелни хемијски процеси настанка фенола и то разлагањем једињења која у основној хемијској структури садрже више атома хлора. Атоми хлора у орто положају подложнији су процесу дехлоровања у односу на атоме хлоре у пара положају. Са повећањем броја атома хлора у молекулској структури, стерни утицај на кинетику дехлоровања постаје све доминантнији, и одлучујући је за разлагање пентахлорфенола, 2,3,4,6-тетрахлорофенола и 2,4,6-трихлорофенола.
- Након сукцесивних процеса дехлоровања и диметилације фенолних једињења долази до разградње ароматичног прстена тј. настају интермедијерне врсте олеинска и палмитинска киселина које су продукти разградње фенолних једињења, која подлежу електрохемијској деградацији до потпуне минерализације. То доказује да анодна оксидација фенолних једињења у базној средини, користећи PbO_2 -GNR као материјал електроде, представља ефикасну методу за третман отпадних вода.
- Порастом потенцијала и киселости раствора расте ефикасност процеса електролитичке разградње појединачних фенолних једињења.
- Потврђивање ефикасне употребе новосинтетисане аноде PbO_2 -GNR за деконтаминацију отпадних вода загађених фенолима могуће је уз разумевање процеса анодне оксидације.
- Састав фенолних једињења изабран у оквиру докторске дисертације представља идеалну симулацију индустријских и комуналних отпадних вода.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

На основу детаљног прегледа докторске дисертације Комисија закључује да су резултати експерименталног истраживања приказани и тумачени на јасан, систематичан и научно коректан начин у складу са дефинисаним циљевима, задацима и хипотезама истраживања. Резултати истраживања потврђују постављене хипотезе.

Извршена је софтверска провера докторске дисертације на плагијаризам (*iThenticate*) од стране Библиотеке Факултета техничких наука, Нови Сад.

У складу са наведеним, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Да, дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Да, дисертација садржи све битне елементе карактеристичне за докторску дисертацију из области техничко-технолошких наука. Дефинисани проблем и циљ истраживања, постављене хипотезе и потврда хипотеза урађени су на одговарајући, коректан систематичан и научни начин, у складу са методама научно-истраживачког рада. Добијени резултати су адекватно представљени и детаљно дискутовани, на основу чега су изведени логични и одговарајући закључци истраживања.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Оригиналан допринос докторске дисертације науци огледа се у испитивању могућности примене новог анодног материјала на бази нанокompозита PbO_2 -GNR за деконтаминацију отпадних вода загађених фенолним једињењима техником анодне оксидације. Презентовани резултати истраживања указују на стварну могућност примене електроде, у реалним системима, нарочито за потребе третмана отпадне воде богате сулфатима из текстилне индустрије. Значај истраживања се огледа и у процени синергистичких ефеката различитих врста супституисаних органских молекула у контаминираном медијуму.

На основу наведеног, Комисија је закључила да је у докторској дисертацији остварен значајан научни допринос у области пречишћавања отпадних вода, оптерећених фенолним једињењима, електрохемијским третманом путем новосинтетисаног анодног материјала на бази PbO_2 -GNR.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Докторска дисертација нема недостатке који би утицали на резултате истраживања.

X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, Комисија предлаже:
Наставно-научном већу Факултета техничких наука и Сенату Универзитета у Новом Саду да се докторска дисертација „Примена електрохемијског третмана за деконтаминацију отпадних вода загађених фенолним једињењима (Application of electrochemical treatment for decontamination of wastewater contaminated with phenolic compounds) прихвати, а кандидаткињи, Бранислави Савић, одобри јавна одбрана.

У Новом Саду
09.11.2020.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Мирјана Војиновић Милорадов, професор емеритус
Председник Комисије

др Далибор Станковић, доцент
Члан Комисије

Др Маја Петровић, доцент
Члан Комисије

др Тања Брдарић, научни сарадник
Члан Комисије, ментор

др Ивана Михајловић, ванредни професор
Члан Комисије, ментор