

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета у Београду” број 162/11, пречишћен текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

Данијела (Бранимир) Прокић, дипломирани биолог заштите животне средине

КАНДИДАТ: **Данијела Прокић** пријавила је докторску дисертацију под називом:
„Утицај модификације површине угљеничних материјала на њихова својства и адсорпцију одабраних естрогених хормона из воде“

Из научне области: **Инжењерство заштите животне средине**

Универзитет је дана **24. 2. 2020.** године, својим актом **61206-651/2-20.** дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„ Утицај модификације површине угљеничних материјала на њихова својства и адсорпцију одабраних естрогених хормона из воде “

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Данијеле Прокић** образована је на седници Наставно-научног већа одржаној **9. 11. 2023.** године Одлуком Факултета под бр. **35/264.** у саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1. Др Татјана Ђуркић	Редовни професор	Инжењерство заштите животне средине
2. Др Светлана Грујић	Ванредни професор	Аналитичка хемија
3. Др Марина Малетић	Научни сарадник	Аналитичка хемија
4. Др Ана Калијадис	Научни саветник	Наука о материјалима

Студент је уписан на докторске студије школске 2015/2016. године.

На захтев студента, у складу са Статутом Универзитета у Београду и Статутом Факултета, декан је донео Решење бр. 20/76 од 29.9.2021. године о продужењу рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до краја школске 2023/2024. године.

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **9.11.2023.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

Бр. 20/76

29. 09. 2021

год.

БЕОГРАД

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета у Београду бр. 201/2018") и члана 76., став 1 и став 4 Статута Технолошко-металуршког факултета у Београду, као и захтева студента за продужење рока за завршетак студија Декан доноси

РЕШЕЊЕ

о продужењу рока за завршетак студија

Студенту ДАНИЈЕЛИ ПРОКИЋ, број индекса 4033/2015, уписаном-ој у прву годину докторских академских студија школске 2015/2016. године продужава се рок за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до краја школске 2023/2024. године.

Поука о правном леку:

Против овог решења именовани-а може поднети жалбу Савету Факултета у року од 8 дана од дана пријема решења

Доставити:

- Студенту;
- Служби за студентска питања;
- Општој служби – архиви.



проф. др Петар Ускоковић

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. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 09.11.2023. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Татјана Ђуркић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Светлана Грујић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Марина Малетић, научни сарадник Иновационог центра Технолошко-металуршког факултета и др Ана Калијадис, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: „Утицај модификације површине угљеничних материјала на њихова својства и адсорпцију одабраних естрогених хормона из воде” коју је поднела Данијела Прокић, дипломирани биолог заштите животне средине и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Данијеле Прокић, под називом „Утицај модификације површине угљеничних материјала на њихова својства и адсорпцију одабраних естрогених хормона из воде” Одлуком број: 61206-651/2-20 од 24.02.2020. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M21:

1. **Prokić, D.**, Vukčević, M., Kalijadis, A., Maletić, M., Babić, B., Đurkić, T.: Removal of Estrone, 17 β -Estradiol, and 17 α -Ethinylestradiol from Water by Adsorption onto Chemically Modified Activated Carbon Cloths, Fibers and Polymers, vol. 21, no. 10, pp. 2263-2274, 2020 (IF = 2.153) (ISSN 1229-9197) (DOI: <https://doi.org/10.1007/s12221-020-9758-2>).
2. **Prokić, D.**, Vukčević, M., Mitrović, A., Maletić, M., Kalijadis, A., Janković-Častvan I., Đurkić, T.: Adsorption of estrone, 17 β -estradiol, and 17 α -ethinylestradiol from water onto modified multi-walled carbon nanotubes, carbon cryogel, and carbonized hydrothermal carbon, Environmental Science and Pollution Research, vol. 29, pp. 4431–4445, 2022 (IF = 5.8) (ISSN 0944-1344) (DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15970-4>).

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, ментору, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Данијеле Прокић**, дипломираног биолога заштите животне средине, студента докторских академских студија Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду.

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, бр. 35/231 од 21.9.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Данијеле Прокић, под насловом:

„Утицај модификације површине угљеничних материјала на њихова својства и адсорпцију одабраних естрогених хормона из воде“.

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- Школске 2015/2016. године Данијела Прокић, дипломирани биолог заштите животне средине, је уписала докторске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Инжењерство заштите животне средине.
- 12. децембра 2019. године Данијела Прокић је предложила тему докторске дисертације под називом „Утицај модификације површине угљеничних материјала на њихова својства и адсорпцију одабраних естрогених хормона из воде“.
- 24. децембра 2019. године на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета донета је одлука (бр. 35/409) о именовању чланова Комисије за оцену подобности теме и кандидата Данијеле Прокић дипломираног биолога заштите животне средине, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под називом „Утицај модификације површине угљеничних материјала на њихова својства и адсорпцију одабраних естрогених хормона из воде“ у саставу: др Татјана Ђуркић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Марија Вукчевић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Светлана Грујић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Ана Калијадис, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију.
- 30. јануара 2020. године на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета одлуком бр. 35/16, усвојен је извештај Комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације Данијеле Прокић, дипломираног биолога

заштите животне средине, и за менторе ове докторске дисертације изабрани су др Татјана Ђуркић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Марија Вукчевић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

- 24. фебруара 2020. године на седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Данијеле Прокић под називом: „Утицај модификације површине угљеничних материјала на њихова својства и адсорпцију одабраних естрогених хормона из воде“ (одлука бр. 61206-651/2-20).
- 29. септембра 2021. године одобрено је продужење рока за завршетак докторских студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до краја школске 2023/2024. године (решење бр. 20/76).
- 27. новембра 2022. поднета је молба за промену ментора, с обзиром да је др Марија Вукчевић у међувремену изабрана у звање асистент са докторатом, чиме не може бити коментор, те је за ментора предложена др Татјана Ђуркић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.
- 29. децембра 2022. године Наставно-научно веће Технолошко-металуршког факултета је размотрило молбу о промени ментора и усвојило одлуку (бр. 35/337) по којој је именован ментор др Татјана Ђуркић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.
- 21. септембра 2023. године на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета донета је одлука (бр. 35/231) о именовању чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Данијеле Прокић, под називом „Утицај модификације површине угљеничних материјала на њихова својства и адсорпцију одабраних естрогених хормона из воде“ у саставу: др Татјана Ђуркић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Светлана Грујић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Марина Малетић, научни сарадник Иновационог центра Технолошко-металуршког факултета и др Ана Калијадис, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институту за нуклеарне науке “Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију,.

1.2. Научна област дисертације

Тема ове докторске дисертације припада научној области **Инжењерство заштите животне средине** за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. За ментора ове докторске дисертације именована је др Татјана Ђуркић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, која испуњава све неопходне услове да руководи израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Данијела Прокић, дипломирани биолог заштите животне средине, рођена је 26.6.1987. године у Лозници. Основну школу завршила је у Осечини, а средњу медицинску школу у Ваљеву. Године 2006. уписала је Биолошки факултет Универзитета у Београду, на студијском програму Екологија и заштита животне средине. Дипломирала је 2012. године са просечном оценом током студија 8,26. Дипломски рад под називом „Еколошка карактеризација и квалитет воде у сливу Јадра на основу структуре заједница риба“ одбранила је са оценом 10, стекавши звање дипломирани биолог заштите животне средине.

Школске 2015/2016 уписала је докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Инжењерство заштите животне средине. У оквиру докторских студија успешно је положила све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 8,94 и одбранила је са оценом 10 завршни испит са темом „Детекција и уклањање естрогенних хормона из воде на угљеничним материјалима“.

Од јуна 2017. године запослена је у Иновационом центру Технолошко-металуршког факултета у Београду. Била је ангажована на пројекту „Развој и примена метода и материјала за мониторинг нових загађујућих материја и тешких метала“ (евиденциони број ОI 172007) под руководством проф. др Миле Лаушевић, од маја 2017. до децембра 2019. године. У јулу 2020. године изабрана је у звање истраживач сарадник. Научно-истраживачки рад Данијеле Прокић обухвата модификацију и карактеризацију угљеничних материјала, као и развој метода за уклањање и детекцију естрогенних хормона из воде. Члан је Српског хемијског друштва.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Данијеле Прокић написана је на 112 страна и садржи 43 слике, 21 табелу и 282 литературна навода. Дисертација обухвата следећа поглавља: Увод (2 стране), Теоријски део (35 страна), Експериментални део (8 страна), Резултати и дискусија (43 стране), Закључак (3 стране) и Литература (21 страна). Поред тога, постоји и резиме на српском и енглеском језику, садржај, захвалница, као и биографија кандидата, списак радова проистеклих из докторске дисертације, изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије и изјава о коришћењу. По структури и садржају, дисертација задовољава прописане стандарде Универзитета у Београду.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У поглављу **Увод** истакнути су област и предмет истраживања, као и циљ докторске дисертације. Указано је на значај уклањања естрогенних хормона из отпадних вода, као и на мониторинг хормона у природним водама. Посебно је истакнут процес адсорпције као једноставна, ефикасна и економична метода, а угљенични материјали као ефикасни адсорбенти, чије се површинске карактеристике могу прилагодити накнадним третманима.

У **Теоријском делу** дат је детаљан литературни преглед области истраживања докторске дисертације. У првом потпоглављу дат је приказ релевантних истраживања која се односе на естрогене хормоне, њихова физичко-хемијска својства, начин доспевања и дистрибуцију у животној средини, утицај на живе организме, са посебним освртом на одабране хормоне, естрон, 17 β -естрадиол и 17 α -етинилестрадиол. Приказан је и преглед истраживања везаних за процесе уклањања одабраних хормона из воде. У другом потпоглављу описан је процес адсорпције, дат је приказ различитих кинетичких модела, различитих типова адсорпционих изотерми, као и параметара који утичу на процес адсорпције. У потпоглављу, које се односи на угљеничне материјале дат је кратак увид у процесе њиховог добијања и активације и описана су најважнија физичко-хемијска својства која утичу на адсорпцију. Дат је и литературни преглед примене угљеничних материјала у адсорпцији органских загађујућих материја, са освртом на примену за уклањање естрогенних хормона из воде. Такође, дат је преглед угљеничних материјала коришћених у овој докторској дисертацији. У четвртом потпоглављу табеларно је приказан литературни преглед метода припреме и анализе

естрогених хормона из узорака вода. Детаљно су описани принципи методе течне хроматографије-тандем масене спектрометрије, као и методе екстракције на чврстој фази.

У **Експерименталном делу** дат је преглед одабраних угљеничних материјала, процедуре њихове производње, као и хемијске модификације и активације. Описане су методе коришћене за карактеризацију испитиваних материјала: одређивање специфичне површине и порозности методом адсорпције азота на температури течног азота, одређивање функционалних група методом инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом, одређивање тачке нултог наелектрисања и рН-вредности водене суспензије узорка. Описани су услови извођења експеримената приликом испитивања утицаја различитих параметара на процес адсорпције, као што су рН-вредност раствора, време контакта, почетна концентрација раствора хормона и температура. Детаљно је описан поступак оптимизације екстракције хормона уз коришћење угљеничног криогела, као адсорбента. Описан је избор параметара који имају највећи утицај на ефикасност екстракције, попут масе адсорбента, запремине и почетне рН-вредности узорка, врсте растварача за елуирање, његове запремине, као и методе модификације материјала. Приказани су оптимизовани параметри методе течне хроматографије-тандем масене спектрометрије за одређивање концентрације одабраних хормона, као и поступак валидације методе. У последњем делу описана су места узорковања површинских, подземних и отпадних вода из којих је вршена анализа хормона.

У поглављу **Резултати и дискусија** представљени су и детаљно анализирани добијени резултати. У првом делу овог поглавља дат је приказ резултата који се односе на карактеризацију површине испитиваних угљеничних материјала. Показано је да примењени хемијски третмани доводе до промене морфологије и састава функционалних група на површини материјала. У потпоглављима који се односе на адсорпцију хормона на угљеничним материјалима приказани су зависност адсорпције од рН-вредности раствора, времена контакта, почетне концентрације раствора и температуре. Примењени су теоријски кинетички модели за одређивање реда реакције, као и различити модели адсорпционих изотерми, што је довело до бољег разумевања и описивања брзине адсорпције, адсорпционих механизма и афинитета адсорбента. Испитивање процеса адсорпције естрогених хормона на немодификованим и модификованим материјалима је показало да ефикасност и брзина адсорпције расту са повећањем удела мезопорозности, а да зависе и од састава површинских група. Предложени механизам адсорпције је формирање водоничних веза између хидроксилних група естрогених хормона и кисеоничних група на површини материјала. Приказано је и поређење резултата, добијених у оквиру ове докторске дисертације, са резултатима из литературе. Вредности максималних адсорпционих капацитета хемијски модификованих материјала су високе и указују на могућу примену за уклањање естрогених хормона из воде, а највише вредности су добијене за хемијски модификован карбон криогел. Ефикасност десорпције хормона са модификованих материјала је такође висока, што је корисно са аспекта поновне употребе материјала. Испитивањем адсорпције из спајкованих узорака подземних, површинских и отпадних вода, запажено је да модификовани материјали показују високу селективност према одабраним хормонима. У последњем потпоглављу приказани су резултати оптимизације екстракције хормона на чврстој фази уз коришћење хемијски модификованог угљеничног криогела, при чему су добијене високе вредности приноса и висока селективност методе. Приказани су и резултати везани за валидацију развијене и оптимизоване методе, базиране на екстракцији на чврстој фази и анализи течном хроматографијом-тандем масеном спектрометријом, који су показали да је метода осетљива, да има добру поновљивост и линеарност и да је поуздана за одређивање трагова естрогених хормона у узорцима вода. Валидирана и оптимизована метода примењена је за анализу реалних узорака вода. Код већине анализираних узорака је детектован бар један хормон, што указује на њихово знатно присуство у акватичној средини.

У поглављу **Закључак** сумирани су и прегледно наведени најважнији резултати проистекли из ове докторске дисертације у три тематске целине које се односе на карактеризацију површине угљеничних материјала, адсорпцију естрогених хормона на угљеничним материјалима и екстракцију естрогених хормона на угљеничним материјалима. Након закључка наведена је коришћена литература која садржи све референце цитиране у докторској дисертацији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Естрогени хормони су широко распрострањени у површинским и подземним водама, а најзначајнији извор ових загађујућих материја у води су комуналне отпадне воде. Одабрани хормони (17 α -етинилестрадиол, 17 β -естрадиол и естрон) су постављени на листу супстанци које је неопходно пратити у води (енгл. Watch list), коју је формирала Европска комисија 2015. године. Вишегодишња истраживања су показала да ове супстанце могу представљати значајан ризик за акватичну средину и 2022. године су уврштене у предлог допуне листе приоритетних загађујућих супстанци Оквирне Директиве о водама Европске Уније. Све наведено довело је до пораста интересовања за развој метода за уклањање одабраних естрогених хормона из воде, као и детекцију ниских концентрација ових супстанци из узорака воде. У литератури су описане бројне методе за уклањање естрогених хормона из воде, а једна од најекономичнијих метода је адсорпција. У току је велики број истраживања која имају за циљ развој материјала одговарајућих физичко-хемијских карактеристика за ефикасну адсорпцију естрогених хормона. У овој докторској дисертацији, као адсорбенти су изабрани различити микропорозни и мезопорозни угљенични материјали: угљеничне наноцеви, угљенични криогел, активирани угљенични тканине и карбонизовани хидротермални угљеник. Колико је познато из литературе, угљеничне тканине, угљенични криогел и хидротермални угљеник до сада нису коришћени за адсорпцију естрогених хормона, што сведочи о иновативности и оригиналности истраживања у овој дисертацији. У циљу прилагођавања површине испитиваних материјала за ефикасну адсорпцију хормона вршена је хемијска модификација и активација коришћењем различитих агенаса. Накнадном третманом добијени су материјали који показују висок степен адсорпционог капацитета у поређењу са претходним студијама, као и високу ефикасност десорпције, што указује на то да се могу користити као веома ефикасни адсорбенти за уклањање хормона из воде. Такође, у оквиру ове тезе први пут је коришћен угљенични криогел као адсорбент за екстракцију естрогених хормона на чврстој фази. Коришћењем хемијски модификованог угљеничног криогела развијена је метода за детекцију одабраних хормона из воде, базирана на екстракцији на чврстој фази и анализи течном хроматографијом-тандем масеном спектрометријом, при чему су добијене високе вредности приноса, добра поновљивост и низак ефекат матрице за све испитиване хормоне.

Након детаљног прегледа релевантне литературе, може се закључити да истраживања која су обављена у оквиру ове докторске дисертације прате светске трендове и представљају оригиналан допринос проучаваној теми.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији цитирано је 282 навода литературе, од којих највећи број чине савремени радови објављени у релевантним међународним часописима са тематиком значајном за израду докторске дисертације. На основу прегледане литературе припремљени

су планови извођења експеримената, а наведени радови су коришћени и при анализи резултата истраживања и дискусији, као и при извођењу закључака. На основу списка коришћене литературе и радова који су објављени као део истраживања ове докторске дисертације, може се закључити да кандидат Данијела Прокић адекватно познаје област истраживања и да прати савремене трендове у овој области.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Карактеризација површине угљеничних материјала вршена је применом различитих метода. На основу адсорпционо-десорпционих изотерми азота на температури $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, специфична површина је одређена БЕТ методом (енгл. Brunauer-Emmet-Teller, BET), док је за израчунавање расподеле величине пора коришћена је ВЈН метода (енгл. Barrett, Joyner, Halenda, ВЈН). Функционалне групе, присутне на површини материјала, испитиване су методом инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом. Тачка нултог наелектрисања одређена је равнотежном статичком методом, а одређена је и рН-вредности суспензија материјала након достизања равнотеже (енгл. pH slurry).

Адсорпција естрогених хормона на угљеничним материјалима из водених раствора вршена је експериментима у статичким условима, при чему је испитана зависност адсорпције од рН-вредности, времена контакта, почетне концентрације раствора и температуре. У циљу одређивања механизма адсорпције и корака који контролишу брзину, коришћени су кинетички модели псеудо–првог и псеудо–другог реда, Еловичев модел, као и модел међучестичне дифузије. Интеракција између адсорбата и адсорбента у стању равнотеже описана је применом адсорпционих изотерми уз коришћење Ленгмировог (Langmuir), Фројндлиховог (Freundlich), Дубинин-Радушкевич (Dubinin-Radushkevich) и Темкиновог (Temkin) модела. На основу испитивања процеса адсорпције на различитим температурама, применом Вант Хофових (Van't Hoff) једначина израчунате су вредности промене стандардне Гибсове слободне енергије (ΔG°), енталпије (ΔH°) и ентропије (ΔS°) процеса.

За ефикасну екстракцију и предконцентрисање хормона одабрана је метода екстракције на чврстој фази. Ову методу карактерише брзина и једноставност извођења, као и употреба мале количине органских растварача. Са циљем да се добију што више вредности приноса методе екстракције, вршена је оптимизација различитих параметара (маса материјала, запремина и почетна рН-вредност узорка, врста и запремина растварача за елуирање и метода модификације материјала).

Концентрација хормона у раствору одређивана је методом течне хроматографије-тандем масене спектрометрије, која спада у савремене аналитичке методе за поуздану идентификацију и квантификацију трагова одабраних хормона.

Комисија сматра да су примењене методе истраживања адекватне областима које су обухваћене у докторској дисертацији.

3.4. Применљивост остварених резултата

На основу резултата проистеклих из ове докторске дисертације, може се закључити да је постигнут значајан допринос у унапређењу постојећих и развоју нових метода за уклањање и анализу естрогених хормона из воде. Накнадним третирањем испитиваних угљеничних материјала добијени су материјали одговарајућих физичко-хемијских карактеристика и високе адсорпционе ефикасности за примену у адсорпцији одабраних естрогених хормона из воде. Модификовани материјали су показали и високу ефикасност и селективност за

предконцентрисање естрогених хормона из воде методом екстракције на чврстој фази и показано је да се они могу користити приликом анализе ових супстанци из реалних узорака. Резултати истраживања ове докторске дисертације потврђени су објављивањем радова у врхунским међународним часописима, као и презентовањем резултата на конференцијама од националног и међународног значаја.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Данијела Прокић је током израде докторске дисертације показала самосталност у погледу претраживања и коришћења литературе, планирања и извођења експерименталног рада, стручност приликом извођења инструменталних метода анализе, као и способност критичког сагледавања, обраде и анализе добијених резултата. Према томе, Комисија сматра да кандидат поседује све квалитете неопходне за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру ове докторске дисертације остварени су следећи научни доприноси:

- Сечена су нова сазнања везана за утицај примењених хемијских третмана на површинска својства угљеничних материјала;
- Хемијском модификацијом добијени су материјали са високом ефикасношћу адсорпције одабраних естрогених хормона, која указује на могућу примену материјала за уклањање хормона из воде;
- Одређени су фактори који имају највише утицаја на адсорпцију и одабрани су оптимални услови за адсорпцију хормона на модификованим угљеничним материјалима;
- Ефикасност десорпције хормона са модификованих материјала је такође висока, што је корисно са аспекта поновне употребе материјала;
- Дат је допринос сазнањима о утицају површинских карактеристика угљеничних материјала на ефикасност адсорпције естрогених хормона;
- Унапређена су знања о механизмима и кинетици адсорпције одабраних естрогених хормона из водених раствора, применом угљеничних материјала различите морфологије и различитог састава површинских група;
- Развијена је метода екстракције на чврстој фази за предконцентрисање естрогених хормона коришћењем хемијски модификованог угљеничног криогела;
- Оптимизована је и валидирана селективна и осетљива метода за анализу трагова одабраних естрогених хормона из узорака површинских, подземних и отпадних вода.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације конципирана су на основу дефинисаних циљева и опсежне анализе литературе из области модификације и карактеризације угљеничних материјала, као и адсорпције и детекције естрогених хормона из воде. Хемијском модификацијом угљеничних материјала добијени су материјали високог адсорпционог капацитета за уклањање одабраних хормона из воде. Резултати истраживања обављених у оквиру ове дисертације доприносе разумевању механизма и кинетике адсорпције естрогених хормона на различитим типовима угљеничних материјала. Идентификација кључних фактора који утичу на процес адсорпције омогућава усмеравање

даљих истраживања у овој области. Хемијски модификован угљенични криогел се показао као ефикасан адсорбент за екстракцију хормона на чврстој фази. Његовом применом за предконцентрисање хормона из реалних узорака, развијена је метода са ниским ефектом матрице, што је проблем који је често навођен у литератури.

Увидом у доступну литературу из ове области истраживања и резултата истраживања добијених у оквиру ове дисертације, може се закључити да добијени резултати представљају значајан допринос у овој области.

4.3. Верификација научних доприноса

Резултати истраживања ове докторске дисертације су објављени у врхунским међународним часописима и конференцијама од националног и међународног значаја. Из дисертације су проистекла два рада објављена у врхунским међународним часописима (M21), један рад објављен у зборнику скупа међународног значаја штампан у целини (M33), шест радова објављених у зборницима скупова националног значаја штампаних у целини (M63) и један рад објављен у зборнику скупа националног значаја штампан у изводу (M64).

Радови у врхунским међународним часописима (M21):

1. **Prokić, D.,** Vukčević, M., Kalijadis, A., Maletić, M., Babić, B., Đurkić, T.: Removal of Estrone, 17 β -Estradiol, and 17 α -Ethinylestradiol from Water by Adsorption onto Chemically Modified Activated Carbon Cloths, *Fibers and Polymers*, vol. 21, no. 10, pp. 2263-2274, 2020 (IF = 2.153) (ISSN 1229-9197) (DOI: <https://doi.org/10.1007/s12221-020-9758-2>).
2. **Prokić, D.,** Vukčević, M., Mitrović, A., Maletić, M., Kalijadis, A., Janković-Častvan I., Đurkić, T.: Adsorption of estrone, 17 β -estradiol, and 17 α -ethinylestradiol from water onto modified multi-walled carbon nanotubes, carbon cryogel, and carbonized hydrothermal carbon, *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, pp. 4431-4445, 2022 (IF = 5.8) (ISSN 0944-1344) (DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15970-4>).

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33):

1. **Prokić D.,** Vukčević, M., Maletić, M., Janković-Častvan I., Đurkić, T.: Solid-phase extraction of estrogen hormones from water using multi-walled carbon nanotubes as sorbent, *15th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry*, Belgrade, Serbia, 2021., Proceedings, pp. 529-532. ISBN: 978-86-82475-39-2.

Саопштења са скупова националног значаја штампана у целини (M63):

1. **Prokić D.,** Vukčević, M., Matić Bujagić, I., Maletić, M., Kalijadis, A., Đurkić, T.: Uklanjanje estrona, 17 β -estradiola i 17 α -etinilestradiola iz vode na aktivnim ugljeničnim tkaninama, *4. Naučno-stručni skup Politehnika*, Beograd, Srbija, 2017., Zbornik radova, str. 148-153. ISBN: 978-86-7498-074-3.
2. **Prokić D.,** Vukčević, M., Maletić, M., Janković-Častvan I., Rusmirović, J., Đurkić, T.: Hemijski modifikovane aktivirane ugljenične tkanine: Karakterizacija površine i adsorpcija estrogenih hormona, *12. Naučna konferencija Etikum*, Novi Sad, Srbija, 2018., Zbornik radova, str. 185-188. ISBN: 978-86-6022-123-2.

3. **Prokić, D.**, Mitrović, A., Matić Bujagić, I., Vukčević, M., Đurkić, T.: Adsorpcija estrogenih hormona iz vodenih rastvora na različitim ugljeničnim materijalima, 5. *Naučno-stručni skup Politehnika*, Beograd, Srbija, 2019., Zbornik radova, str. 198-203. ISBN: 978-86-7498-081-1.
4. **Prokić, D.**, Matić Bujagić, I., Vukčević, M., Kalijadis, A., Đurkić, T.: Ekstrakcija estrogenih hormona iz vode korišćenjem aktivirane ugljenične tkanine kao adsorbenta, 5. *Naučno-stručni skup Politehnika*, Beograd, Srbija, 2019., Zbornik radova, str. 204-208. ISBN: 86-7498-081-1.
5. **Prokić, D.**, Vukčević, M., Maletić, M., Kalijadis, A., Babić, B., Janković-Častvan I., Đurkić, T.: Ekstrakcija estrogenih hormona iz vode korišćenjem ugljeničnog kriogela kao sorbenta, 34. *Međunarodni kongres o procesnoj industriji*, Novi Sad, Srbija, 2021., Zbornik radova, str. 123-127. ISBN: 978-86-85535-08-6.
6. Maletić, M., Vukčević, M., **Prokić, D.**, Kalijadis, A., Babić, B., Đurkić, T.: Analiza estrogenih hormona iz uzoraka površinskih, podzemnih i otpadnih voda, 6. *Naučno-stručni skup Politehnika*, Beograd, Srbija, 2021., Zbornik radova, str. 49-54. ISBN: 978-86-7498-087-3.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64):

1. **Prokić, D.**, Vukčević, M., Maletić, M., Rusmirović, J., Đurkić, T.: Adsorpcija estrogenih hormona na modifikovanim ugljeničnim tkaninama, 8. *Simpozijum Hemija i zaštita životne sredine*, Kruševac, Srbija, 2018., Knjiga izvoda, str. 83-84. ISBN: 978-86-7132-068-9.

4.4. Провера оригиналности докторске дисертације

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма „iThenticate“ којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „Утицај модификације површине угљеничних материјала на њихова својства и адсорпцију одабраних естрогених хормона из воде“, кандидата Данијеле Прокић, утврђено је да подударање текста износи 3%. Овај степен подударности последица је општих места и података, као што су стручни термини који се користе у области у коју спада дисертација, што је у складу са чланом 9. Правилника.

На основу изложеног, Комисија сматра да је докторска дисертација Данијеле Прокић оригинална, као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега изнетог, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Данијеле Прокић под називом „Утицај модификације површине угљеничних материјала на њихова својства и адсорпцију одабраних естрогених хормона из воде“ представља значајан и оригиналан научни допринос у области Инжењерства заштите животне средине, што је потврђено објављивањем радова у врхунским међународним часописима и презентовањем резултата на конференцијама од међународног и националног значаја. Комисија је установила да су предмет и циљеви докторске дисертације постављени у пријави теме у потпуности остварени, и да докторска дисертација испуњава све захтеване критеријуме.

Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос објављених резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да поднету докторску дисертацију Данијеле Прокић прихвати, изложи на увид јавности у законски предвиђеном року и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, као и да након завршетка ове процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације, пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 31.10.2023.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Татјана Ђуркић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Светлана Грујић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Марина Малетић, научни сарадник
Иновациони центар Технолошко-металуршког факултета

.....
Др Ана Калијадис, научни саветник
Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“,
Институт од националног значаја за Републику Србију