

Факултет Технолошко-металуршки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/224

(Број захтева)

29. 8. 2025.

(Датум)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану

Молимо да, сходно чл. 48 ст. 5 тач. 3) Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације::

КАНДИДАТ Милена (Марко) Пијовић
Радовановић

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму: **Инжењерство заштите животне средине**

пријавио је докторску дисертацију под називом:

Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијамаиз научне области: **Инжењерство заштите животне средине**

Универзитет је дана 3. 3. 2021. својим актом под бр. 61206-974/2-21 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама

Име и презиме ментора: др Владимир Павићевић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Име и презиме ментора 2: др Бојан Јанковић, научни саветник Универзитета у Београду, Института за нуклеарне науке „Винча“, Института од националног значаја за Републику Србију

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној 27. 5. 2025.одлуком факултета под бр. 35/128, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Маја Болић	доцент	Инжењерство заштите животне средине	ТМФ
2.	Др Радојица Пешић	доцент	Хемијско инжењерство	ТМФ
3.	Др Марија Јечменица Дучић	научни сарадник	Хемијско инжењерство	Институт за нуклеарне науке "Винча"

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности 18. 7. 2025.

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана 28. 8. 2025.

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној **28. 8. 2025.**

одлуком факултета под бр. 35/224, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Маја Болић	доцент	Инжењерство заштите животне средине	ТМФ
2.	Др Радојица Пешић	доцент	Хемијско инжењерство	ТМФ
3.	Др Марија Јечменица Дучић	научни сарадник	Хемијско инжењерство	Институт за нуклеарне науке "Винча"

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Студент је уписан на докторске студије школске 2017/2018. године.

На захтев студента, у складу са Статутом Универзитета у Београду и Статутом Факултета, декан је донео Решење бр. 20/4 од 26. 1. 2022. године о мировању права и обавеза студента у шк. 2021/22. године.

На захтев студента, у складу са Статутом Универзитета у Београду и Статутом Факултета, декан је донео Решење бр. 20/179 од 28. 11. 2022. године о мировању права и обавеза студента у шк. 2022/23. године.

ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА

др Мирјана Кијевчанин, редовни професор

-
- Прилози:**
1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације
 2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
 3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

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



Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

Бр. 20/4

26. 01. 2022 год.

На основу чл. 100. Статута Универзитета и чл. 75. Статута Технолошко-металуршког факултета, а на лични захтев студента, доноси се

РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев који је упутио, **Милена Пијовић**, студент ДАС, број индекса 2017/4020, и одобрава мировање права и обавеза у школској 2021/2022. години, на основу приложених докумената.

Декан

Проф. др Петар Ускоковић





Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 20/49
28. 11. 2022 год.
БЕОГРАД

На основу чл. 100. Статута Универзитета и чл. 75. Статута Технолошко-металуршког факултета, а на лични захтев студента, доноси се

РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев који је упутио, **Милена Пијовић**, студент ДАС, број индекса 2017/4020, и одобрава мировање права и обавеза у школској 2022/2023. години, на основу приложених докумената.



Декан

P. Uskocovic
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. 41. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 28. 8. 2025. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Извештаја о оцени докторске дисертације

Прихвата се Извештај Комисије у саставу: др Маја Ђолић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Радојица Пешић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Марија Јечменица Дучић, научни сарадник Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: **„Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама“** коју је поднела **Милена Пијовић Радовановић**, мастер инжењер технологије 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 Милене Пијовић Радовановић, под називом **„Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама“** Одлуком број: 61206-974/2-21 од 3. 3. 2021. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M21:

1. **Pijović, M.**, Manić, N., Vasić Anićijević, D., Krstić, A., Mitrić, M., Matić, T., Janković, B. (2022). Simple and effective one-step production of high-quality mesoporous pyrolytic char from waste tires: Rhodamine B adsorption kinetics and density functional theory (DFT) study, *Diamond & Related Materials*, 121, 108768. (IF=4,1) (ISSN:0925-9635) <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2021.108768>

2. **Pijović Radovanović, M.**, Zdolšek, N., Brković, S., Ječmenica Dučić, M., Vasić Anićijević, D., Janković Častvan, I., Pavićević, V., Janković, B. (2025). Production and characterization of biochar and modified biochars by carbonization process of bearberry (*Arctostaphylos uva-ursi*. L.): Adsorption capacities and kinetic studies of Pb²⁺, Cd²⁺ and rhodamine B removal from aqueous solutions, *Diamond and Related Materials*, 151, 111794. (IF=5,1) (ISSN:0925-9635) <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2024.111794>

Категорија M22:

1. **Pijović Radovanović, M.**, Ječmenica Dučić, M., Vasić Anićijević, D., Dodevski, V., Živković, S., Pavićević, V., Janković, B. (2025). Activated carbons from apricot kernel shells for wastewater treatment: Adsorption of Pb²⁺ and Rhodamine B with equilibrium, kinetics, thermodynamics, and DFT analysis, *Processes*, 13, 1715. (IF=3,1) (ISSN:2227-9717) <https://doi.org/10.3390/pr13061715>

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

Д Е К А Н К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

ДV

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. 41. и 42. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 28. 8. 2025. године, донета је

О Д Л У К А

о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације

Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације **Милена Пијовић Радовановић**, мастер инжењера технологије, са темом под називом **„Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама“**, у саставу:

1. Др Маја Ђолић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
2. Др Радојица Пешић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
3. Др Марија Јечменица Дучић, научни сарадник Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију.

Одлуку доставити: Одлуку доставити: члановима Комисије, Универзитету у Београду, Служби за наставно-студентске послове и Архиви Факултета.

Д Е К А Н К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Милене Пијовић Радовановић

Одлуком бр. 35/128 од дана 27.05.2025. године именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидата Милене Пијовић Радовановић, мастер инжењера технологије под насловом: „Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама“.

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

Извештај

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Школске 2017/2018 године кандидат Милена Пијовић Радовановић, мастер инжењер технологије уписала је докторске академске студије, на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Инжењерство заштите животне средине.

14. децембра 2020. године – Милена Пијовић Радовановић је Наставном-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду пријавила тему за израду докторске дисертације под називом „Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама“.

24. децембра 2020. године – На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду донета је Одлука бр. 35/384 о именовању Комисије за оцену подобности теме за израду докторске дисертације кандидата Милене Пијовић Радовановић, мастер инжењера технологије под називом: „Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама“, а за менторе ове докторске дисертације су именовани др Владимир Павићевић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-Металуршки факултет и др Бојан Јанковић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Института за нуклеарне науке „Винча“, Института од националног значаја за Републику Србију.

3. марта 2021. године – На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду донета је Одлука бр. 61206-974/2-21 о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације кандидата Милене Пијовић Радовановић, мастер инжењера технологије, под називом: „Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама“.

26. јануара 2022. године – Решењем бр. 20/4 замрзнута је 3. година докторских студија кандидата Милене Пијовић Радовановић због породилског одсуства.

28. новембра 2022. године – Решењем бр. 20/179 поново је замрзнута 3. година докторских студија због неге детета, па је рок за завршетак студија продужен до краја школске 2024/25. године.

27. маја 2025. године – На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду донета је Одлука бр. 35/128 о именовању Комисије за оцену докторске дисертације коју чине: др Маја Ђолић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Радојица Пешић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Марија Јечменица Дучић, научни сарадник Универзитета у Београду, Института за нуклеарне науке „Винча“, Института од националног значаја за Републику Србију.

1.2. Научна област дисертације

Научна област дисертације је Инжењерство заштите животне средине, за коју је Технолошко-металуршки факултет матичан. Ментори ове докторске дисертације су др Владимир Павићевић, ванредни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, који је својим досадашњим наставним и научноистраживачким радом доказао компетентност за руковођење изработом ове докторске дисертације и др Бојан Јанковић, научни саветник Универзитета у Београду, Института за нуклеарне науке „Винча“, Института од националног значаја за Републику Србију, који на основу објављених публикација и дугогодишњег искуства у науци има компетентност да буде ментор за област којој ова теза припада.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Милена (Марко) Пијовић Радовановић је рођена 17. јуна 1992. године у Бору. Основну школу „Вук Караџић“ завршила је у Бору, док је средњу стручну Геолошку и хидрометеоролошку школу „Милутин Миланковић“ завршила у Београду. Године 2010. уписала је основне академске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Инжењерство заштите животне средине и дипломирала 2014. године одбравивши завршни рад „Утицај аерације млазничног тока на ефикасност преноса масе кисеоника у фонтанско-флуидизованом слоју са централном цеви“, са просечном оценом током студирања 7,86.

Мастер академске студије уписала је школске 2014. године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Неорганска хемијска технологија. Мастер студије је завршила 2015. године са просечном оценом 9,75, одбравивши мастер рад под називом „Испитивање могућности консолидације депонија пепела „Старо костолачко острво“ термоелектране „Костолац“. Октобра 2017. године уписала је докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Инжењерство заштите животне средине.

Од фебруара 2018. године Милена Пијовић Радовановић је запослена на Универзитету у Београду, Институту за нуклеарне науке „Винча”, Институту од националног значаја за Републику Србију у Лабораторији за физичку хемију. Била је учесник на пројекту „Водонична енергија – развој нових материјала: електролитичко добијање водоника, водоничне горивне ћелије, изотопски ефекат” (пројекат бр. 172045, финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије). Од 2020/2021. године учествовала је на пројекту “Водонични едукативни сет – H2EduS”, финансиран од стране Фонда за иновациону делатност Републике Србије. Од јула 2023. године је учесник пројекта „Sustainable deployment of biomass catalytic gasification technology to increase the utilization of renewable energy in the Serbian industry“ Фонда за науку Републике Србије – Зелени програм сарадње науке и привреде. У оквиру научноистраживачког рада бави се карактеризацијом и модификацијом угљеничних материјала добијених од отпадне биомасе и применом угљеничних материјала за адсорпцију органских и неорганских загађујућих супстанци. Милена Пијовић Радовановић је до сада објавила шест радова у међународним часописима категорије M20, од тога један рад у часопису категорије M21a (међународни часопис изузетних вредности), два рада у часопису категорије M21 (врхунски међународни часопис), два рада у часопису M22 категорије (истакнути међународни часопис) и један рад у часопису M23 категорије (међународни часопис), једно поглавље у монографији M14 (поглавље у монографији категорије M12), девет саопштења са међународних скупова штампаних у целини (M33), осам саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (M34) и једно саопштење са скупова националног значаја штампаних у изводу (M64).

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама“, кандидата Милене Пијовић Радовановић, мастер инжењера технологије, написана је на 179 страна, садржи 76 слика, 56 табела и 241 литературни навод. Садржај дисертације има уобичајену структуру: Теоријски део (21), Експериментални део (7), Резултати и дискусија (99), Закључак (2), Литература (19) и Прилози (15). На почетку дисертације дат је Сажетак на српском и енглеском језику. Поред тога, у дисертацији се налази садржај, захвалница, биографија кандидата, списак радова проистеклих из докторске дисертације и изјаве прописане правилима Универзитета у Београду о подношењу докторских дисертација на одобравање. По структури и садржају дисертација задовољава прописане стандарде Универзитета у Београду.

2.1.1. Кратак приказ појединачних поглавља

Теоријски део разматра порекло и основне физичкохемијске карактеристике отпадне биомасе, као и термохемијске процесе њене конверзије у корисне производе (енергија, топлота, биоматеријали), са акцентом на сагоревање, пиролизу, гасификацију, торефикацију и карбонизацију. Посебна пажња посвећена је процесу адсорпције, укључујући анализу адсорпционе кинетике, изотермских модела (Лангмир, Фројндлих, Темкин, Дубинин–Радушкевич, Флори-Хагинс) и кинетичких модела (псеудо-први ред, псеудо-други ред, Елович, Аврами, интра-честични, дифузионо-хемисорпциони, фракција снаге, дифузија кроз течни филм, Бојд и Бангам), у циљу разјашњења механизма адсорпције. Такође су анализирани и термодинамички параметри као основа за инжењерску процену потенцијала комерцијалне примене адсорбената.

Експериментални део дисертације обухвата два поглавља. У поглављу 2.1. представљени су избор и припрема полазних прекурсора за процесе карбонизације и активације, који су коришћени у

изради адсорбената. Поглавље 2.2. обухвата структурну и морфолошку карактеризацију добијених адсорбената применом савремених аналитичких техника (ICP-OES, GC-MS, SEM, XRD, BET, FTIR и DFT), као и опис експерименталне поставке адсорпционог процеса.

У делу *Резултати и дискусија* приказани су и анализирани експериментални резултати, структурисани кроз три поглавља, од којих је свако посвећено појединачном адсорбенту. Поглавље 3.1. описује адсорбенте добијене из отпадних аутомобилских гума (WCT – waste car tires), при различитим условима карбонизације: WCT 800°C (0,5 h), WCT 800°C (1 h), WCT 800°C (2 h). Извршена је детаљна структурна и морфолошка карактеризација ових материјала коришћењем инструменталних техника као што су SEM, XRD, BET, FTIR и GC-MS, са циљем идентификације оптималних услова термичке обраде за добијање високопорозног адсорбента. Посебна пажња посвећена је анализи адсорпционе ефикасности адсорбента WCT 800°C (1 h) у уклањању боје родамина Б (RhB) из водених раствора. Употребом DFT (Density Functional Theory) методологије омогућено је дубље разумевање електронских и структурних аспеката интеракције између адсорбента и адсорбованих врста. Поред тога, у овом поглављу приказана је и економска анализа производње наведеног адсорбента, као критеријум за процену његове потенцијалне примене у реалним условима.

Поглавље 3.2. У овом поглављу приказани су резултати карактеризације угљеничних адсорбената добијених из листа медвеђег грожђа (*Arctostaphylos uva-ursi* L.), означени као BL (сирови узорак), BL-C (карбонизован угљенични материјал), BL-CO₂ (физички активиран CO₂ гасом) и BL-H₃PO₄ (хемијски активиран фосфорном киселином). Основни узорак BL-C добијен је процесом карбонизације на 800 °C (1 h), након чега су спроведене различите методе физичке и хемијске активације у циљу унапређења адсорпционих својстава. Извршена је детаљна физичко-хемијска карактеризација свих узорака, која је обухватила SEM, XRD, BET, FTIR, GC-MS анализу. Адсорпциона способност добијених адсорбената испитивана је у погледу уклањања органског загађивача родамина Б (RhB), као и јона тешких метала Pb²⁺ и Cd²⁺ из водених раствора. Поређењем различитих третмана модификације, утврђена је значајна варијација у адсорпционој ефикасности, што указује на утицај активационих процедура на структуру и хемију површине адсорбената. У циљу бољег разумевања механизма интеракције између адсорбената и адсорбата, примењени су DFT прорачуни.

Поглавље 3.3. представља детаљну карактеризацију угљеничних материјала добијених из љуски коштице кајсије (*Prunus armeniaca*), који су коришћени као биомаса (означени као AKS). Активирање је изведено физичким путем применом CO₂ (AKS-CO₂) и хемијским путем помоћу фосфорне киселине (AKS-H₃PO₄). Процес активације је спроведен на температури од 800°C, уз задржавање на тој температури у трајању од једног сата и применом мале брзине загревања. Материјали су окарактерисани коришћењем различитих аналитичких техника SEM, XRD, BET, FTIR, GC-MS. Испитана је адсорпциона ефикасност припремљених адсорбената (AKS-CO₂ и AKS-H₃PO₄) у уклањању тешких метала Pb²⁺ и Cd²⁺, као и боје родамина Б из водених раствора. Детаљна анализа адсорпционих својстава спроведена је за адсорбент AKS-H₃PO₄, будући да је показао знатно већу ефикасност у уклањању Pb²⁺ и родамина Б у поређењу са AKS-CO₂. Поред тога, у овом поглављу приказана је и термодинамичка студија адсорпције, као и анализа трошкова производње адсорбената, чиме се процењује потенцијал примене у третману отпадних вода.

У делу *Закључак* сумирани су кључни резултати истраживања обухваћени дисертацијом.

У делу *Литература* наведене су цитиране референце коришћење у дисертацији.

У делу *Прилози* налазе се додатне табеле из дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Ова докторска дисертација представља иновативно истраживање усмерено на примену угљеничних адсорбената добијених из три различита типа биомасе, различитог порекла и еколошког значаја. Први тип обухвата отпадне аутомобилске гуме, настале првенствено од природног каучука, које представљају озбиљан еколошки изазов услед своје масовне акумулације и споре разградње. Други тип обухвата биомасу природног порекла – лишће медвеђег грожђа (*Arctostaphylos uva-ursi*), док трећи тип представља пољопривредни отпад, односно љуске коштица кајсије (*Prunus armeniaca*).

У оквиру истраживања, адсорбенти су припремљени поступцима карбонизације и активације, коришћењем угљен-диоксида и фосфорне киселине као активатора. Добијени угљенични материјали су подвргнути свеобухватној физичкохемијској карактеризацији, применом савремених аналитичких техника: скенирајуће електронске микроскопије (SEM), инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом (FTIR), индуковано спрегнуте плазме са оптичком емисионом спектроскопијом (ICP-OES), гасне хроматографије са масеном спектрометријом (GC-MS), рендгенске дифракције (XRD), и анализе специфичне површине методом BET. Додатно, примењени су и DFT (Density Functional Theory) прорачуни ради бољег разумевања механизма интеракције између адсорбента и адсорбата на молекулском нивоу.

Припремљени угљенични материјали коришћени су за испитивање адсорпционе ефикасности у уклањању јона тешких метала Pb^{2+} и Cd^{2+} , као и боје родамина Б из водених раствора. Процеси адсорпције анализирани су применом одговарајућих кинетичких и изотермских модела, чиме је омогућено детаљно разумевање механизма и капацитета адсорпције.

Оригиналност истраживања огледа се у првом систематичном поређењу три биомасе различитог порекла – индустријског отпада, природне флоре и пољопривредног остатка – у циљу добијања ефикасних и еколошки прихватљивих адсорбената. Оваквим приступом, дисертација значајно доприноси области заштите животне средине, рециклаже и третмана отпадних вода. Савременост и релевантност проучавање проблематике потврђују се кроз усклађеност са глобалним научним трендовима и кроз публикацију више научних радова у водећим међународним часописима.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У оквиру докторске дисертације цитирано је укупно 241 релевантних литературних извора, који обухватају најсавременије научне радове из области карактеризације биомасе, њене примене као адсорбента у третманима отпадних вода, као и студије усмерене на анализу економске исплативости и одрживости процеса. Обимна и темељна анализа литературе указују на висок ниво упућености кандидаткиње у актуелне токове и истраживачке домете у области заштите животне средине, обновљивих извора и иновација у управљању отпадом.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У овој докторској дисертацији примењене су савремене научне методе за синтезу и карактеризацију модификованих угљеничних материјала добијених из биомасе и за испитивање њихове ефикасности у адсорпцији јона тешких метала и боја из водених раствора. Карактеризација синтетисаних адсорбената извршена је применом различитих инструменталних техника.

Површинска морфологија угљеничних материјала одређена је методом скенирајуће електронске микроскопије (SEM), док су текстурне карактеристике, укључујући специфичну површину и порозност, анализирани методом адсорпције/десорпције азота по Брунауер–Емет–Телеру (BET). Присуство и тип функционалних група идентификовани су Фурије трансформационом инфрацрвеном спектроскопијом (FTIR), а кристалне фазе утврђене рендгенском дифракционом анализом (XRD). Присуство органских једињења у добијеним материјалима испитивано је методом гасне хроматографије спрегнуте са масеном спектрометријом (GC–MS). За моделовање интеракције молекула са површином адсорбената коришћени су прорачуни базирани на теорији функционалне густине (DFT).

Концентрације јона тешких метала након адсорпције одређиване су методом индуктивно спрегнуте плазме са оптичком емисионом спектрометријом (ICP–OES), док је концентрација боје праћена ултраљубичасто–видљивом (UV–Vis) спектроскопијом.

У циљу одређивања механизма адсорпције и корака који контролишу брзину процеса, примењени су кинетички модели псеудо-првог и псеудо-другог реда, као и Еловичев, Аврамијев, интра-честични, дифузионо-хемисорпциони, Бојдов и Бангамов модел, модел фракционе снаге и дифузије кроз течни филм. Интеракција између адсорбента и адсорбата у стању равнотеже описана је применом адсорпционих изотермских модела: Лангмир, Фројндлих, Дубинин–Радушкевич, Темкин и Флори–Хагинс. На основу испитивања температурне зависности адсорпционог процеса и применом Ван Хофових једначина, израчунате су термодинамичке величине: промена стандардне Гибсове енергије (ΔG°), енталпије (ΔH°) и ентропије (ΔS°).

Комисија је оценила да су примењене методе истраживања у потпуности адекватне тематици и циљевима докторске дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати представљени у овој докторској дисертацији указују на потенцијал примене различитих врста отпадне биомасе као ефикасних адсорбената за уклањање јона тешких метала и боје из водених раствора. Детаљно је приказано који од синтетисаних адсорбената испољава највећу ефикасност у уклањању тешких метала, а који у уклањању боје, што омогућава циљану примену у зависности од врсте загађивача. Такође, показано је да модификација угљеничних материјала доводи до повећања порозности, што директно утиче на побољшање адсорпционе способности.

Валидација резултата истраживања потврђена је објављивањем научних радова у међународним часописима, чиме је потврђена релевантност и значај овог рада у области инжењерства заштите животне средине, конкретно угљеничних материјала за пречишћавање отпадних вода.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидаткиња Милена Пијовић Радовановић, мастер инжењер технологије током израде докторске дисертације исказала је изражену склоност ка научноистраживачком раду, показујући

висок ниво одговорности, самосталности и стручности. У свим фазама истраживања – од прегледа и анализе релевантне литературе, преко планирања и реализације експерименталног дела, до обраде и интерпретације резултата, кандидаткиња је показала изузетну посвећеност и научну зрелост. У току истраживања у потпуности је овладавала савременим експерименталним техникама. На основу свеобухватног приступа и квалитета спроведеног рада, Комисија је утврдила да кандидаткиња у потпуности поседује неопходне компетенције за самостално бављење научноистраживачким радом.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос ове докторске дисертације огледа се у следећем:

- Развијени су еколошки прихватљиви угљенични материјали добијени из отпадне биомасе (отпадне аутомобилске гуме, лист медвеђе грожђе и коштице кајсије), који служе као ефикасни адсорбенти за уклањање јона тешких метала (олово и кадмијум) и боје (родамин Б) из водених раствора, чиме се омогућава иновативна и одржива примена секундарних сировина;
- Извршена је модификација угљеничних материјала применом физичких (CO_2) и хемијских (H_3PO_4) метода, што је довело до повећања њихове специфичне површине и порозности, а самим тим и до значајног побољшања адсорпционе ефикасности;
- Угљенични материјали су детаљно окарактерисани применом савремених аналитичких техника, чиме су добијени нови увиди у њихову морфологију, структуру и хемијски састав
- Даје значајан допринос разумевању утицаја површинских карактеристика угљеничних адсорбената на процес адсорпције, као и интеракције између адсорбената и адсорбата;
- Идентификовани су кључни фактори који утичу на ефикасност адсорпције, а такође су оптимизовани услови процеса за уклањање тешких метала и боје са површине модификованих угљеничних материјала;
- Спроведена је анализа трошкова производње угљеничних адсорбената, чиме је обезбеђена основа за процену економске исплативости и избор оптималне методологије у индустријским применама.

Ови научни резултати пружају нова сазнања у области инжењерства заштите животне средине и примене угљеничних материјала, са посебним освртом на њихову улогу у заштити животне средине и одрживом управљању отпадом. Истовремено, дисертација указује на значајну могућност трансфера развијених адсорбената у реалне системе за пречишћавање отпадних вода.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Увидом у релевантну научну литературу и на основу добијених експерименталних резултата, може се закључити да истраживања представљена у овој докторској дисертацији доприносе значајном унапређењу постојећих научних сазнања у области термохемијске конверзије отпадне биомасе и адсорпције контаминаната из водених система. Посебан научни допринос огледа се у истраживању угљеничних материјала добијених карбонизацијом три различите врсте отпадне биомасе – отпадних аутомобилских гума (на бази природног каучука), листова медвеђег грожђа и коштице кајсије – који су по први пут систематски анализирани као потенцијални адсорбенти за уклањање јона тешких метала (олова и кадмијума) и боје (родамина Б) из водених раствора. Дисертација обухвата детаљну физичкохемијску карактеризацију синтетисаних угљеничних

материјала, као и њихову модификацију применом физичких и хемијских метода, што је дало резултат добијања адсорбената високог специфичног капацитета. Ови материјали су показали високу ефикасност у уклањању одабраних полутаната, при чему је за сваки адсорбент утврђена селективност и адекватна адсорпциона способност у зависности од природе контаминаната. Резултати кинетичких и изотермских студија допринели су бољем разумевању механизма адсорпције на различитим типовима угљеничних површина. Допунски, DFT прорачуни пружили су увид у квантномеханичке аспекте интеракција између површинских функционалних група адсорбената и полутаната, што је додатно потврдило експерименталне анализе. Поред тога, спроведена је економска анализа производње адсорбената, чиме је омогућена процена исплативости процеса и идентификовања најпогодније методологије за потенцијалну индустријску примену. Остварени резултати имају мултидисциплинарни значај и представљају основу за даљи развој одрживих технологија у области инжењерства заштите животне средине, управљања отпадом и третмана загађених отпадних вода.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Милена Пијовић Радовановић је своје резултате истраживања током израде докторске дисертације потврдила објављивањем два рада објављена у врхунским међународним часописима (M21) и један рад у међународном часопису (M22).

Категорија M21

1. **Pijović, M.,** Manić, N., Vasić Anićijević, D., Krstić, A., Mitrić, M., Matić, T., Janković, B. (2022). Simple and effective one-step production of high-quality mesoporous pyrolytic char from waste tires: Rhodamine B adsorption kinetics and density functional theory (DFT) study, *Diamond & Related Materials*, 121, 108768. (IF=4,1) (ISSN:0925-9635) <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2021.108768>
2. **Pijović Radovanović, M.,** Zdolšek, N., Brković, S., Ječmenica Dučić, M., Vasić Anićijević, D., Janković Častvan, I., Pavićević, V., Janković, B. (2025). Production and characterization of biochar and modified biochars by carbonization process of bearberry (*Arctostaphylos uva-ursi*. L.): Adsorption capacities and kinetic studies of Pb^{2+} , Cd^{2+} and rhodamine B removal from aqueous solutions, *Diamond and Related Materials*, 151, 111794. (IF=5,1) (ISSN:0925-9635) <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2024.111794>

Категорија M22

1. **Pijović Radovanović, M.,** Ječmenica Dučić, M., Vasić Anićijević, D., Dodevski, V., Živković, S., Pavićević, V., Janković, B. (2025). Activated carbons from apricot kernel shells for wastewater treatment: Adsorption of Pb^{2+} and Rhodamine B with equilibrium, kinetics, thermodynamics, and DFT analysis, *Processes*, 13, 1715. (IF=3,1) (ISSN:2227-9717) <https://doi.org/10.3390/pr13061715>

5. **ПРОВЕРА ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду (Гласник Универзитета у Београду, бр. 204 од 22. јуна 2018. године), коришћењем програма iThenticate извршена је провера оригиналности докторске дисертације кандидата Милене Пијовић Радовановић, мастер инжењера технологије под називом „Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама“. Из налаза у извештају који садржи

результате провере оригиналности, а који је достављен 28. маја 2025. године ментору из матичне установе проф. др Владимиру Павићевићу, утврђено је да подударање текста износи 16%. Проценат подударности углавном произилази из употребе стручне терминологије, дефиниција, назива експерименталних метода и њихових скраћеница, статистичких појмова, једначина, описа стандардизованих процедура и техника, објашњења кључних појмова који су део наведене тезе, библиографских података о коришћеној литератури, тзв. општих места и података, као и претходно публикованих резултата истраживања, који су проистекли из дисертације, што је у складу са чланом 9 Правилника. На основу свега изложеног Комисија сматра да је докторска дисертација кандидата Милене Пијовић Радовановић оригинална, као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

6. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега наведеног, Комисија сматра да докторска дисертација Милене Пијовић Радовановић, мастер инжењера технологије под називом „Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама“ представља значајан и оригиналан научни допринос у области Инжењерства заштите животне средине, што је потврђено објављеним радовима и резултатима саопштеним на међународним скуповима. Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама“ Милене Пијовић Радовановић прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, као и да се након завршетка ове процедуре кандидаткиња позове на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 11. јул 2025. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
др Маја Ђолић, доцент
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
др Радојица Пешић, доцент
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
др Марија Јечменица Дучић, научни сарадник
Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“
Институт од националног значаја за Републику Србију