

Универзитет у Београду – Хемијски факултет

Наставно-научно веће

Предмет: Извештај Комисије за преглед и оцену докторске дисертације Кристине Б. Касалице, мастер биохемичара.

На редовној седници Наставно-научног већа Хемијског факултета, одржаној 10. септембра 2026. године, одлука бр. 418/7, изабрани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Кристине Б. Касалице, мастер биохемичара, под насловом:

„Ефикасност адсорпције, фотокатализе и микробиолошких трансформација у ремедијацији воде загађене перфлуорованим једињењима”

Веће научних области природних наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације на седници 19. септембра 2024. године, одлука број: 61206-2395/4-24. Комисија је докторску дисертацију прегледала и Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Хемијског факултета подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

А. Приказ садржаја дисертације

Докторска дисертација Кристине Касалице написана је на 141 страну, А4 формата (фонт 12, проред 1) и садржи 38 слика и 19 табела. Подељена је на поглавља: 1. Увод (2 стране), 2. Преглед литературе (38 страна) 3. Материјал и методе (13 страна), 4. Резултати и дискусија (59 страна), 5. Закључак (3 стране), 6. Литература (13 страна, 159 цитата). Поред наведеног, дисертација садржи извод на српском и енглеском језику (по једна страна), Садржај (3 стране), Листу скраћеница (4 стране), Захвалницу (1 страна) и Прилоге (5 страна) у којима се налази Биографија кандидаткиње, Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу. Дисертација је по својој структури и садржају у потпуности у складу са стандардима прописаним од стране Универзитета у Београду.

У поглављу **Увод** описан је предмет и основни циљеви истраживања ове докторске дисертације. Кандидаткиња истиче проблем загађења вода пер- и полифлуороалкилованим супстанцама (PFAS), са посебним освртом на перфлуорооктанску киселину (PFOA) као модел једињењем, те значај развоја ефикасних приступа уклањања ових једињења из животне средине. У том контексту, размотрена је примена и комбиновање адсорпционих, фотокаталитичких и биолошких приступа у уклањању и трансформацији ових једињења. Циљ истраживања био је испитивање ефикасности адсорпције PFOA употребом различитих

сорбената, развој и карактеризација фотокаталитичких материјала за деградацију PFOA, као и испитивање адаптационих механизма микроорганизама изложених PFOA. У складу са постављеним циљем, дефинисани су задаци истраживања који су детаљно разрађени у наредним поглављима дисертације.

Преглед литературе обухвата три целине. У првој целини описана је историја PFAS, њихова примена, хемијска класификација, као и структура и физичко-хемијске особине ових једињења. Друга целина посвећена је присуству PFAS у животној средини и отпадним водама, као и њиховом утицају на здравље људи, са посебним освртом на дејство на имуни систем, хепатотоксичност, хормоналне и репродуктивне ефекте, канцерогени потенцијал, као и неуротоксичност и развојне ефекте. У трећој целини описани су различити приступи ремедијацији PFAS, укључујући мембранску филтрацију под високим притиском, електрокоагулацију, фракционисање помоћу пене и озона, адсорпционе методе, електрохемијску оксидацију, нетермалну плазму, напредне оксидационе процесе, као и биодеградацију.

У оквиру **Материјала и метода** детаљно су описане експерименталне процедуре, материјали и хемикалије коришћене током истраживања. Представљене су методе испитивања адсорпције PFOA, укључујући примењене изотермске моделе, затим поступци припреме и карактеризације фотокатализатора и праћења фотокаталитичке деградације, као и методе испитивања биодеградације, од изоловања микроорганизама из животне средине загађене PFAS до протеомске анализе микроорганизама изложених високој концентрацији PFOA. За све три целине описани су и аналитички поступци коришћени за квантификацију PFOA и производа његове разградње.

Поглавље **Резултати и дискусија** садржи три логично повезане целине у којима је кандидаткиња детаљно приказала и продискутовала добијене резултате. Прва целина посвећена је адсорпцији PFOA на испитиваним сорбентима. Друга целина односи се на фотокаталитичку деградацију PFOA, у оквиру које су приказани резултати карактеризације синтетисаних фотокатализатора, праћење саме деградације, идентификација продуката разградње применом „non-target” LC-MS/MS анализе, као и предложени механизам деградације. Такође, размотрени су и кинетички фактори процеса, стабилност превлака и екотоксичност добијених продуката деградације. Трећа целина посвећена је биодеградацији PFOA, где је описано изоловање микроорганизама толерантних на високе концентрације овог једињења, као и утицај PFOA на раст, ензимску активност и протеомски одговор соја *Pseudomonas chlororaphis* подврста *aurantiaca* након раста без присуства PFOA и при високој концентрацији PFOA. У оквиру ове целине детаљно су приказане промене на нивоу ћелијског зида и мембране, редокс хомеостазе, хомеостазе гвожђа и сумпора, обраде протеина, метаболизма кључних биомолекула, као и одговора повезаног са вирулентношћу.

У поглављу **Закључак** кандидаткиња је на основу детаљно продискутованих резултата, систематски резимирала закључке који су проистекли из ове дисертације.

У делу **Литература** (159 цитата) обухваћене су публикације релевантне за област истраживања и покривени су сви делови дисертације.

Б. Кратак приказ резултата

У оквиру ове докторске дисертације, коришћењем PFOA као модел једињења, испитана су три комплементарна приступа ремедијацији вода контаминираних PFAS: адсорпција, фотокаталитичка деградација и микробиолошке трансформације.

У првом делу истраживања испитивана је адсорпција PFOA на прашкастом активном угљу К/В и јоноизмењивачкој смоли Amberlite IRA 402 применом четири изотермска модела. Након 24 часа, оба сорбента су показала ефикасност адсорпције PFOA од око 99%. Утврђено је да се адсорпција не одвија искључиво у једном слоју, већ да је карактеришу хетерогеност адсорпционих места и вишеслојна адсорпција. Темкинов модел најбоље је описао експерименталне податке за оба сорбента, док су вредности енергије адсорпције добијене применом Дубинин-Радушкевичевог модела потврдиле да је доминантан механизам физичка адсорпција. К/В прах је показао нешто већи афинитет према PFOA у односу на јоноизмењивачку смолу IRA 402, што потврђује потенцијал оба материјала за примену у третману контаминираних вода.

Други део истраживања био је усмерен на развој имобилисаних фотокатализатора на бази TiO_2 и TiO_2 допираног редукованим графен-оксидом (rGO) (синтетисаних методом плазма електролитичке оксидације). Утврђено је да повећање концентрације rGO доводи до повећања фотокаталитичке активности, при чему је највећа ефикасност деградације PFOA, од 70%, постигнута при највећој испитиваној концентрацији rGO. Фотокаталитички третман довео је до настанка краћих перфлуорованих једињења и ослобађања флуоридних јона. Добијени резултати, уз смањење токсичности третираних раствора, потврђују потенцијал развијених превлака за фотокаталитичку деградацију PFOA.

Трећи део истраживања посвећен је испитивању адаптационог одговора бактерије *Pseudomonas chlororaphis* подврста *aurantiaca* при излагању PFOA. Утврђено је успоравање раста и продужење лаг фазе, док је протеомска анализа показала промене повезане са структуром и функцијом ћелијске мембране, хомеостазом гвожђа и других металних јона, метаболизмом липида и другим централним метаболичким процесима. Уочено је и повећано формирање реактивних врста кисеоника и активирање антиоксидативних механизма, што указује на оксидативни стрес као значајну компоненту одговора бактерије на PFOA. Добијени резултати пружају увид у молекуларне механизме адаптације

микроорганизама на присуство ових перзистентних загађујућих супстанци и представљају основу за даља истраживања биолошких приступа њиховој ремедијацији.

В. Упоредна анализа резултата кандидата са резултатима из литературе

Пер- и полифлуороалкиловане супстанце (PFAS) су веома постојана једињења која се, због својих специфичних физичко-хемијских својстава, широко примењују у различитим индустријским и комерцијалним производима [1]. Њихова висока хемијска и термичка стабилност отежава њихово уклањање и деградацију, што представља значајан проблем у третману вода контаминираних овим једињењима [2]. У циљу решавања овог проблема испитују се различити приступи, међу којима се издвајају адсорпција, фотокаталитичка деградација и биолошке трансформације [1,2,3]. Резултати добијени у овој дисертацији могу се сагледати у односу на резултате претходних истраживања која су се бавила применом наведених приступа за уклањање и трансформацију PFAS.

Адсорпција представља један од најчешће примењиваних физичко-хемијских приступа за уклањање PFAS из отпадних вода, при чему се као сорбенти најчешће користе гранулисани активни угаљ и јоноизмењивачке смоле [1]. На ефикасност адсорпције утичу различите интеракције између PFAS и површине сорбента, при чему се као најзначајније издвајају електростатичке и хидрофобне интеракције [1]. У овој дисертацији утврђена је хетерогеност адсорпционих места и вишеслојна адсорпција PFOA, док је Темкинов изотермски модел најбоље описао експерименталне податке за оба испитивана сорбента. Вредности енергије адсорпције добијене применом Дубинин-Радушкевичевог изотермског модела биле су ниже од 8 kJ/mol, што указује на доминантни механизам физисорпције, што је у сагласности са резултатима добијеним за адсорпцију PFOA на модификованој глини [4].

У овој дисертацији оба сорбента показала су високу ефикасност адсорпције PFOA, при чему је за оба након 24 h постигнута адсорпција од око 99%. Слични резултати су забележени и у истраживањима у којима је испитивана адсорпција PFAS на различитим активним угљевима и јоноизмењивачким материјалима, при чему је ефикасност појединачних сорбената зависила од врсте PFAS, карактеристика сорбента и услова испитивања [5]. Добијени резултати указују да се ефикасност активног угља и јоноизмењивачких смола не може посматрати независно од особина конкретног једињења и услова адсорпције, што је од значаја за избор одговарајућег сорбента у третману вода контаминираних PFAS.

Фотокаталитичка деградација на бази TiO_2 представља један од најчешће испитиваних приступа за разградњу PFAS, при чему се побољшање фотокаталитичке активности постиже и применом композита са rGO. Додатак rGO може допринети ефикаснијем раздвајању фотогенерисаних електрона и електронских шупљина, чиме се повећава ефикасност деградације PFOA [2]. У овој дисертацији утврђено је да се са

повећањем концентрације rGO повећава и ефикасност деградације PFOA, при чему је при највећој испитиваној концентрацији постигнута деградација од 70%. Настанак хомологих једињења краћих перфлуорованих ланаца и ослобађање флуоридних јона указују на постепену деградацију и дефлуоринацију PFOA, што је у сагласности са резултатима претходних истраживања [2].

Међутим, опадање концентрације PFOA није поуздан показатељ степена његове дефлуоринације. Наиме, истраживања на фотокатализаторима на бази TiO_2 и rGO показала су да се висок степен деградације PFOA може постићи уз знатно мањи степен ослобађања флуорида, што указује на заостајање интермедијера који и даље садрже флуор [2]. Због тога праћење флуоридних јона представља значајан показатељ успешности процеса, што је примењено и у овој дисертацији. Поред тога, ефикасност фотокаталитичке деградације зависи од услова реакције, укључујући рН, температуру, концентрацију кисеоника и састав воде, при чему присуство органске супстанце у реалним отпадним водама може смањити ефикасност процеса [6]. С тим у вези, испитивање развијених имобилисаних фотокатализатора у реалним воденим матриксама представља један од праваца за даља истраживања.

За разлику од адсорпције и фотокатализе, биолошки приступи углавном се повезују са трансформацијом PFAS, док је њихова потпуна минерализација и разградња и даље недовољно потврђена. У овој дисертацији, изложеност *Pseudomonas chlororaphis* подврсте *aurantiaca* PFOA довела је до продужења лаг фазе и успореног раста, уз изражене промене протеомског профила, посебно у процесима повезаним са ћелијском мембраном, транспортом, метаболизмом липида и редокс хомеостазом. Добијени резултати су у сагласности са претходно описаним утицајем PFOA на структуру и функцију бактеријске мембране, промене метаболизма и повећање оксидативног стреса, што се одражава и на раст микроорганизама [7]. Такође, показано је да PFOA може да ступа у интеракције са фосфолипидним слојевима и мења њихова физичка својства, што може допринети променама мембранског профила уоченим код *P. chlororaphis* [3]. Промене у метаболизму липида и протеина укључених у централни метаболизам у овој дисертацији сагласне су са налазима добијеним код *Pseudomonas aeruginosa* изложене PFAS, код које су промене у метаболизму масних киселина и фосфолипида биле праћене променама функције ћелијске мембране и ћелијске комуникације [8]. Поред тога, код *P. chlororaphis* уочене су промене у хомеостазу гвожђа и антиоксидативном одговору, што је у складу са претходно описаним утицајем PFOA на оксидативни стрес, антиоксидативне ензиме и ћелијски метаболизам [7,9].

Добијени резултати показују да излагање PFOA доводи до промена у функцији ћелијске мембране, метаболичким процесима и редокс хомеостазу *P. chlororaphis*, што указује на развој адаптационог одговора бактерије. Иако су уочене промене у заступљености бројних протеина укључених у ове процесе, оне саме по себи не представљају доказ биодеградације

PFOA, већ пружају увид у механизме адаптације и преживљавања бактерије при излагању овом једињењу. Добијени резултати могу представљати основу за даља истраживања потенцијала *P. chlororaphis* за биолошку трансформацију PFAS.

Сагледана заједно, три испитивана приступа показују да сваки од њих има специфичне предности, али и ограничења у ремедијацији вода контаминираних PFOA. Адсорпција омогућава ефикасно уклањање PFOA, али не доводи до његове деградације, док фотокатализа омогућава трансформацију PFOA уз постепено скраћивање перфлуорованог ланца и ослобађање флуоридних јона, али без потпуне дефлуоринације [1]. Протеомски резултати указују да се одговор бактерије на PFOA првенствено заснива на механизмима адаптације и детоксикације, док су докази о директној ензимској деградацији PFAS и даље ограничени [10]. Добијени резултати показују значај истовременог праћења промена концентрације PFOA, ослобађања флуоридних јона и промена у протеомском профилу, чиме се омогућава свеобухватнија процена ефикасности и механизма испитиваних приступа.

1. Dixit, F., Dutta, R., Barbeau, B., Berube, P., & Mohseni, M. (2021). PFAS removal by ion exchange resins: A review. *Chemosphere*, 272, 129777. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129777>
2. Gomez-Ruiz, B., Ribao, P., Diban, N., Rivero, M. J., Ortiz, I., & Urtiaga, A. (2018). Photocatalytic degradation and mineralization of perfluorooctanoic acid (PFOA) using a composite TiO₂- rGO catalyst. *Journal of hazardous materials*, 344, 950-957. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.11.048>
3. Naumann, A., Alesio, J., Poonia, M., & Bothun, G. D. (2022). PFAS fluidize synthetic and bacterial lipid monolayers based on hydrophobicity and lipid charge. *Journal of environmental chemical engineering*, 10(2), 107351. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107351>
4. Li, S., & Mohseni, M. (2025). Enhanced removal of per- and poly-fluoroalkyl substances (PFAS) by modified clay: Adsorption behavior, simulation, and regeneration. *Colloids and Surfaces C: Environmental Aspects*, 100083. <https://doi.org/10.1016/j.colsuc.2025.100083>
5. McCleaf, P., Englund, S., Östlund, A., Lindegren, K., Wiberg, K., & Ahrens, L. (2017). Removal efficiency of multiple poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) in drinking water using granular activated carbon (GAC) and anion exchange (AE) column tests. *Water research*, 120, 77-87. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.04.057>
6. Xu, B., Ahmed, M. B., Zhou, J. L., Altaee, A., Wu, M., & Xu, G. (2017). Photocatalytic removal of perfluoroalkyl substances from water and wastewater: Mechanism, kinetics and controlling factors. *Chemosphere*, 189, 717-729. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.110>

7. Liu, G., Zhang, S., Yang, K., Zhu, L., & Lin, D. (2016). Toxicity of perfluorooctane sulfonate and perfluorooctanoic acid to *Escherichia coli*: Membrane disruption, oxidative stress, and DNA damage induced cell inactivation and/or death. *Environmental Pollution*, 214, 806-815. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.04.089>
8. Wu, E., Wang, K., Zhou, J., Wang, J., Liu, Z., Yan, H., ... & Chen, B. (2025). Fatty acid metabolic impairment in soil microbes induced by PFAS: dependence on the fluorocarbon chain length, headgroups, and ether attached. *Environmental science & technology*, 59(11), 5452-5462. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c10654>
9. Obiako, P., Sevcik, A., & Sayes, C. M. (2023). Rapid enzymatic activity model (REAM) to decipher the toxic action of per-and polyfluoroalkyl substances. *Food and Chemical Toxicology*, 182, 114117. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.114117>
10. Shahid, M., & Shafi, Z. (2026). Microbial and molecular approaches for PFAS transformation in soils: prospects and limitations. *RSC advances*, 16(5), 4184-4203. <https://doi.org/10.1039/d5ra07508d>

Г. Научни радови објављени у међународним часописима и саопштења са скупова који су део докторске дисертације

Резултати истраживања у оквиру ове докторске дисертације до сада су објављени у оквиру три научна рада. Два рада су штампана у водећем међународном часопису категорије M21a, а један рад у међународном часопису категорије M22. Поред тога, део резултата је презентован у облику четири саопштења на међународним скуповима штампаним у изводу M34 и једном раду у часопису националног значаја M52.

1. Радови објављени у научним часописима међународног значаја:

M21a, Радови у водећим међународним часописима

- Lješević, M., Kasalica, K., Medić, A., Lončarević, B., Khraibah, A., Li, Y., ... & Beškoski, V. P. (2026). Insights into adaptation mechanisms and survival strategies of *Pseudomonas chlororaphis* subsp. *aurantiaca*: A comparative proteomic study under PFOA exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 311, 119859. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2026.119859>
- Kasalica, K., Stojadinović, S., Lješević, M., Ivanov, P., Yamamoto, A., Nakano, T., ... & Beškoski, V. P. (2025). Photocatalytic degradation of PFOA over rGO-doped TiO₂ coatings formed by plasma electrolytic oxidation. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 13(5), 117452. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.117452>

M22, Рад у међународном часопису

- **Kasalica, K.**, Petronijević, N., Radulović, J., Slavković Beškoski, L., Lješević, M., Marković, B., & Beškoski, V. P. (2024). Adsorption analysis of PFOA on activated carbon and ion-exchange resin: A comparative study using four isotherm models. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 89(12), 1619-1628. <http://dx.doi.org/10.2298/JSC241120097K>

2. Саопштења са научних скупова од међународног значаја штампана у изводу (M34)

- **Kasalica, K.**, Jimenez, B., Yamamoto, A., Inui, H., Lješević, M., Radić, N., Gojgić-Cvijović, G., Slavković Beškoski, L., Radulović, J., Nakano, T., & Beškoski, V. (2023). PFAS, from here to eternity – or maybe not. In *18th EuChemS International Conference on Chemistry and the Environment: Book of abstracts* (p. 183). Ca' Foscari University of Venice.
- **Kasalica, K.**, Lješević, M., Joksimović, K., Žerađanin, A., Radić, N., Jiménez, B., & Beškoski, V. (2025). Development and Characterization of Innovative Materials for Photocatalytic Degradation of Perfluorooctanoic Acid. In *21st European Symposium on Fluorine Chemistry-ESFC Lisbon, E-Book of Abstracts, Lisbon, Portugal, 3-9 August 2025* (No. 258).
- **Kasalica, K.**, Lješević, M., Marković, B., Radić, N., Radulović, J., & Beškoski, V. (2025). From capture to destruction: A two-step concept for PFOA remediation in aqueous systems. In *Book of abstracts: TwiNSol CECs International Conference on Environmental and Sustainable Research Solutions* (p. 46).
- **Kasalica, K.**, Lješević, M., Lončarević, B., Medić, A., Karadžić, I., & Beškoski, V. (2025). Adaptation of *Pseudomonas* sp. enzymatic activity in response to PFOA exposure. In *Book of abstracts: FEBS3+ meeting "Advances in molecular biosciences: From genes to personalized therapies"* (pp. 138–139).

3. Радови у часописима националног значаја:

M52, Рад у националном часопису

- **Kasalica, K.**, Lješević, M., Joksimović, K., Lončarević, B., Petronijević, N., & Beškoski, V. (2024). Per- i polifluoroalkil supstance (PFAS) – izvori zagađenja, izazovi remedijacije i potencijalni abiotički tretmani zagađenih voda. *Voda i sanitarna tehnika*, 2, 5–16.

Д. Провера оригиналности докторске дисертације

Оригиналност докторске дисертације „Ефикасност адсорпције, фотокатализе и микробиолошких трансформација у ремедијацији воде загађене перфлуорованим једињењима”, аутора **Кристине Б. Касалице** је проверена на начин прописан Правилником о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду (Гласник Универзитета у Београду, бр. 204/22.06.2018). Помоћу

програма iThenticate утврђено је да подударање текста износи **8%**. У извештају је регистровано укупно 127 извора подударности и то са једним радом 2% а за остале мање од 1%. Подударности од 2% утврђена је са радом кандидаткиње проистеклим из истраживања обухваћених дисертацијом: Kasalica, K., Stojadinović, S., Lješević, M., Ivanov, P., Yamamoto, A., Nakano, T., ... & Beškoski, V. P. (2025). Photocatalytic degradation of PFOA over rGO-doped TiO₂ coatings formed by plasma electrolytic oxidation. Journal of Environmental Chemical Engineering, 13(5), 117452. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.117452>.

Овај степен подударности последица је универзалних скраћеница, назива једињења, цитата, дефиниција и описа коришћених експерименталних метода, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, тзв. општих места и података, као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања, који су проистекли из њене дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника.

Стога сматрамо да је утврђено да је докторска дисертација **Кристине Касалице** у потпуности оригинална, као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања.

Ђ. Закључак

Комисија је на основу детаљног прегледа докторске дисертације под насловом **„Ефикасност адсорпције, фотокатализе и микробиолошких трансформација у ремедијацији воде загађене перфлуорованим једињењима”** закључила да је кандидаткиња Кристина Б. Касалица успешно одговорила на постављене задатке везане за испитивање адсорпције перфлуорооктанске киселине на различитим сорбентима, развој и карактеризацију имобилисаних фотокатализатора за њену деградацију, као и испитивање молекуларног и адаптационог одговора бактерије *Pseudomonas chlororaphis* подврста *aurantiaca* на присуство PFOA применом протеомске анализе. Научно-истраживачки рад кандидаткиње је публикован у оквиру три научна рада директно проистекла из докторске дисертације: два рада у водећим међународним часописима (категорија M21a) и један рад у међународном часопису (категорија M22). Такође, резултати истраживања проистекли из ове дисертације су представљени у виду четири саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (категорија M34) и једном раду објављеном у националном часопису (категорија M52). Комисија је мишљења да резултати објављени у поднетој докторској дисертацији представљају значајан допринос развоју и унапређењу адсорпционих, фотокаталитичких и микробиолошких приступа ремедијацији вода контаминираних пер- и полифлуороалкилованим супстанцама, као и бољем разумевању механизма њиховог уклањања и трансформације.

На основу свега изложеног, а у складу са Законом о Универзитету и Статутом Хемијског факултета, Комисија сматра да су испуњени услови за одбрану докторске дисертације и са задовољством предлаже Наставно-научном већу Хемијског факултета Универзитета у Београду да поднету докторску дисертацију **Кристине Б. Касалице**, мастер биохемичара, под насловом „**Ефикасност адсорпције, фотокатализе и микробиолошких трансформација у ремедијацији воде загађене перфлуорованим једињењима**” прихвати и одобри њену одбрану за стицање академског звања доктора биохемијских наука.

У Београду, 7.10.2026. године

Комисија:

Др Дубравка Релић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Хемијски факултет

Др Љубодраг Вујисић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Хемијски факултет

Др Ана Медић, доцент
Универзитет у Београду, Медицински
факултет

Др Ненад Радић, научни саветник
Универзитет у Београду, Институт за хемију,
технологију и металургију

Др Бојана Марковић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду, Институт за хемију,
технологију и металургију