ПОДАЦИ О ЧЛАНУ КОМИСИЈЕ:

Име и презиме: Проф. др Александар Цвјетић
Звање: редовни професор
Списак радова који квалификују за учешће у Комисији за оцену докторске дисертације:

1. Popović, O., Živković, M., **Cvjetić, A**., Milisavljević, V. Experimental Research on Heat Dissipation of Li-Ion Cells Under Various Conditions. Applied Sciences, 2026; 16(4), 2093. **M22**

   doi: 10.3390/app16042093 **IF=2,9**

2. Žujović, L., **Cvjetić, A.,** Kecojević, V., Gomilanović, M., Stanić, N., Bugarin, D., Stanković, T. A conceptual framework for improving employee training in surface mines through virtual reality and serious game. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2026; 126(6), 335–342. **M22**

   doi:10.17159/2411-9717/3621/2026 **IF=0,9**

3. Pantelic, U., Lilic, P., **Cvjetic, A**., Lilic, N. Environmental noise impact assessment for large-scale surface mining operations in Serbia. Sustainability, 2023; 15(3), 1798. **M22**

   doi: 10.3390/su15031798 **IF=3,3**

4. Nisic, D., Knezevic, D., **Cvjetic, A**., Nisic, N., Jovanovic, V. Applicability of the risk ranking methodology designed for water reservoirs to tailings storage facilities. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2022; 122(11), 673–679. **M23**

   doi: 10.17159/2411-9717/1492/2022 **IF=0,9**

5. Josimović, B., **Cvjetić, A**., Furundžić, D. Strategic Environmental Assessment and the precautionary principle in the spatial planning of wind farms–European experience in Serbia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2021; 136, 110459. **M21a+**

   doi: 10.1016/j.rser.2020.110459 **IF=16,799**

ДЕКАН
Рударско-геолошког факултета

_____

Проф. др
Александар Цвјетић

ПОДАЦИ О ЧЛАНУ КОМИСИЈЕ:

Име и презиме: др Марија Живковић
Звање: редовни професор
Списак радова који квалификују за учешће у Комисији за оцену докторске дисертације:

1. **Živković, M.,** Pavlović, B., Ivezić, D., Tanasijević, M., Stojanović, D. Challenges on the pathway to climate neutrality: Insights from district heating systems in Serbia. Utilities Policy, 2025, 96, 102002. **M21**

   doi: 10.1016/j.jup.2025.102002 **IF = 4,9**

2. **Živković, M.,** Ivezić, D. Utilizing sewage wastewater heat in district heating systems in Serbia: effects on sustainability. Clean Technologies and Environmental Policy, 2022; 24(1). **M22**

   doi: 10.1007/s10098-021-02063-6 **IF = 4,3**

3. Pavlović, B., Ivezić, D., **Živković, M**. A multi-criteria approach for assessing the potential of renewable energy sources for electricity generation: Case Serbia. Energy Reports, 2021; 7, 8624–8632. **M22**

   doi: 10.1016/j.egyr.2021.02.072 **IF = 4,937**

4. Grubač, B., Šević, S., **Živković, M.** Effect of gas-lift on liquefied petroleum gas (LPG) product yield: A case study of Chinarevskoe gas treatment unit (Kazakhstan). Journal of Petroleum Science and Engineering, 2018; 165, 586–595. **M21a**

   doi: 10.1016/j.petrol.2018.02.069 **IF = 2,886**

5. Madžarević, A., Ivezić, D., **Živković, M.,** Tanasijević, M., Ivić, M. Assessment of vulnerability of natural gas supply in Serbia: State and perspective. Energy Policy, 2018; 121, 415–425. **M21**

   doi: 10.1016/j.enpol.2018.06.037 **IF = 4,88**

ДЕКАН
Рударско-геолошког факултета

Проф. др
Александар Цвјетић

ПОДАЦИ О ЧЛАНУ КОМИСИЈЕ:

Име и презиме: др Јелена Гулицовски
Звање: Научни саветник

Списак радова који квалификују за учешће у Комисији за оцену докторске дисертације:

1. Nikolić, K., Kragović, M., Stojmenović, M., Popović, J., Krstić, J., Kovač, J., **Gulicovski, J.** Sustainable Carbon Source from Almond Shell Waste: Synthesis, Characterization, and Electrochemical Properties. Materials, 2025; 19(1), 8. **M21**

   doi: 10.3390/ma19010008 **IF=3,2**

2. **Gulicovski, J.**, Stojmenović, M., Rosić, M., Vasić, A., Ristović, I., Janković-Častvan, I., Kragović, M. Mineralogical Characterization of the Grot Lead and Zinc Mine Tailings from Aspects of Their Further Use as Raw Material. Applied Sciences, 2024; 14(3), 1167. **M21**

   doi: 10.3390/app14031167 **IF=2,5**

3. Stojmenović, M., **Gulicovski, J**., Nišić, N., Ristić, N., Liu, S., Loredo, J., Kragović, M. Sustainable Application of Waste Sludges from the Wastewater Treatment Plant Generated during the Production of Heating Devices in the Construction Industry. Materials, 2024; 17(5), 1089. **M21**

   doi: 10.3390/ma17051089 **IF=3,2**

4. **Gulicovski, J.**, Kragović, M., Nikolić, K., Rosić, M., Ristić, N., Janković-Častvan, I., Stojmenović, M. Possibility of Using Vitreous Enamel Waste in the Construction Industry as the Concept of Cleaner Production. Applied Sciences, 2023; 13(14), 8215. **M21**

   doi: 10.3390/app13148215 **IF=2,5**

5. **Gulicovski, J**., Nenadović, S., Kljajević, L., Mirković, M., Nišavić, M., Kragović, M., Stojmenović, M. Geopolymer/CeO2 as solid electrolyte for IT-SOFC. Polymers, 2020; 12(1), 248. **M21**

   doi: 10.3390/polym12010248 **IF=4,329**

ДЕКАН
Рударско-геолошког факултета

Проф. др
Александар Цвјетић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

Наставно - научном већу

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета бр. 1/445 од 26.10.2026. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидаткиње Неде Ништић под насловом

„МУЛТИФУНКЦИОНАЛНА ПРИМЕНА ОТПАДНИХ МУЉЕВА ИЗ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА ХЕМИЈСКЕ ИНДУСТРИЈЕ”

На основу прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала, Комисија је сачинила следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ И ДИСЕРТАЦИЈИ

Неда Ништић, мастер инжењер рударства, рођена је 22.08.1996. године у Београду, Република Србија. Основну школу „Павле Савић” завршила је 2011. године у Београду, а Четрнаесту београдску гимназију завршила је 2015. године. Основне академске студије завршила је 2019. године са просечном оценом 10,00 (десет) на Рударско - геолошком факултету, Универзитета у Београду, студијски програм Рударско инжењерство, модул Припрема минералних сировина, одбранивши дипломски рад под називом „Плива-тоне анализа угља лежишта Распоточје”. Мастер академске студије је уписала 2019. године и завршила 2020. године, такође на Рударско-геолошком факултету, Универзитета у Београду, са просечном оценом 10,00 (десет) одбранивши мастер рад под називом „Третман муља из процеса чишћења угља рудника Зеница” и тако стекла звање мастер инжењер рударства. Осим тога, примила је одликовање за најбољег студента своје генерације на Рударско-геолошком факултету и била носилац Доситејеве стипендије, како на основним, тако и на мастер академским студијама.

Докторске академске студије уписала је школске 2020/2021. године на студијском програму Рударско инжењерство. Закључно са школском 2022/2023. годином, положила је 16 испита предвиђених студијским планом и програмом, остваривши просечну оцену 10,00 (десет) и укупно 175 ЕСПБ бодова.

Од априла 2021. године запослена је у Лабораторији за материјале (170) Института за нуклеарне науке „Винча“ Института од националног значаја за Републику Србију Универзитета у Београду, са звањем истраживача приправника. Звање истраживача сарадника стекла је у јануару 2024. године. Током истраживачког рада у Лабораторији за материјале Института за нуклеарне науке "Винча" ангажована је на спровођењу различитих истраживања која су подразумевала синтезу и

карактеризацију иновативних, еколошки прихватљивих и економичних материјала, који у свом саставу имају извесни удео отпадних сировина као и проналажење употребне вредности и примене оваквих материјала у различитим индустријским гранама, као нпр. у грађевини и енергетици. Притом, бавила се испитивањем потенцијала и могућности коришћења овако синтетисаних материјала у различите сврхе: за израду ватросталних керамичких индустријских лепкова отпорних на изузетно високе температуре за производњу конструкција различитих грејних тела, за производњу различитих грађевинских материјала одличних физичко-механичких особина, који су еколошки безбедни, као и за израду високотемпературних заптивача, као једној од кључних компонената SOFC горивних ћелија која омогућава структурни интегритет самог уређаја. Такође, ангажована је и на испитивањима која су се односила на развој и примену електролита за SOFC горивне ћелије са посебним осврtом на SOFC технологију средњетемпературног опсега.

Током досадашњег рада у организационој јединици 170 - Лабораторији за материјале, овладала је бројним експерименталним и инструменталним техникама које се примењују у карактеризацији материјала. Оспособљена је за самостално руковање на уређају за утврђивање структуре материјала- рендгенском дифрактометру, модел Ригаку и у софтверском програму PDXL2 за анализу добијених резултата, као и за руковање са разним високотемпературним пећима, сушницама и цилиндричним пресама. Такође је добро упозната и са бројним другим научним методама као што су скенирајућа електронска микроскопија (SEM) инфрацрвена спектроскопија (FTIR), UV/VIS спектрофотометрија, оптичка емисиона спектроскопија (ICP-OES) као и са радом на уређајаима који се тим путем примењују. Учествовала је и у извођењу лабораторијских тестова и проба функционалности одређених материјала у конкретним условима примене , као што је рецимо тестирање лабораторијске IT-SOFC горивне ћелије у отвореном колу.

Своја истраживања представила је на бројним међународним стручним конференцијама, међу којима су MEP 2021, 6CSCS 2022, Physical Chemistry 2022, MEP 2023, XV ISC Modern Education, X KPMS 2023, 8CSCS-2025, MEP 2026 и др. Поред тога, била је члан Организационог одбора конференције MEP 2023.

Кандидаткиња је коаутор укупно 34 научна рада и саопштења, од чега је један рад објављен у водећем међународном часопису категорије M21a, један рад у водећем међународном часопису категорије M21, три рада у међународним часописима категорије M22 и два рада у међународним часописима категорије M23. Поред тога, кандидаткиња је коаутор два рада објављена у водећим националним часописима категорије M51, као и 25 саопштења са научних скупова, од којих је 13 саопштења са међународних скупова штампано у целини (M33), 10 саопштења са међународних скупова штампано у изводу (M34), једно пленарно или уводно предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у целини (M63) и једно пленарно или уводно предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у изводу (M64).

1.1. Наслов и обим дисертације

Наслов докторске дисертације кандидаткиње Неде Нишић, мастер инжењера рударства, гласи: „Мултифункционална примена отпадних муљева из постројења за пречишћавање отпадних вода хемијске индустрије".

Докторска дисертација садржи:

- 159 страна рачунарски обрађеног текста А4 формата, укључујући додатке, односно 138 страна текста А4 формата без додатака,
- 21 табела у тексту дисертације,
- 57 илустрација (графикона и слика) у тексту дисертације,
- 3 прилога - Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу, и
- 219 литературна навода у списку литературе.

1.2. Хронологија одобравања и израде дисертације

Одлуком Наставно - научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду бр. 1/204 од 03.07.2023. године, а на основу пријаве теме докторске дисертације кандидаткиње Неде Нишић, мастер инжењера рударства, под називом „Мултифункционална примена отпадних муљева из постројења за пречишћавање отпадних вода хемијске индустрије", формирана је Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације, кандидаткиње у саставу: др Ивица Ристовић, редовни професор, Универзитет у Београду, Рударско - геолошки факултет др Александар Цвјетић, редовни професор, Универзитет у Београду, Рударско - геолошки факултет, др Предраг Лазић , редовни професор, Универзитет у Београду, Рударско - геолошки факултета, др Милан Краговић, научни саветник Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча" - Институт од националног значаја за Републику Србију, др Марија Стојменовић, научни саветник Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча" - Институт од националног значаја за Републику Србију.

Наставно - научно веће Рударско - геолошког факултета Универзитета у Београду је одлуком бр 1/214 од 10.07.2023., усвојило позитиван извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидаткиње и за ментора именовало др Ивицу Ристовића, редовног професора Универзитета у Београду, Рударско - геолошког факултета и др Марију Стојменовић, научног саветника, Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча" - Институт од националног значаја за Републику Србију. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је на седници одржаној 10.07.2023. године донело одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације кандидата Неде Нишић под називом „Мултифункционална примена отпадних муљева из постројења за пречишћавање отпадних вода хемијске индустрије" (Одлука бр. 61206-2442/2-23 од 10.07.2023.).

1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација „ Мултифункционална примена отпадних муљева из постројења за пречишћавање отпадних вода хемијске индустрије" припада научној области „ Рударско инжењерство". Докторска дисертација је урађена у лабораторији за

Материјале, Института за нуклеарне науке „Винча”- Институт од националног значаја за Републику Србију. За менторе су именовани: др Ивица Ристовић, редовни професор Рударско - геолошког факултета, Универзитета у Београду и др Марија Стојменовић,научни саветник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча” - Институт од националног значаја за Републику Србију.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Предмет докторске дисертације

Предмет докторске дисертације је испитивање могућности мултифункционалне валоризације отпадних муљева насталих у постројењима за пречишћавање отпадних вода хемијске индустрије, у циљу развоја нових, економски исплативих и еколошки прихватљивих материјала за различите индустријске примене. Истраживање је засновано на принципима циркуларне економије и одрживог развоја, са посебним освртом на смањење количине индустријског отпада који се одлаже на депоније, очување природних ресурса и замену конвенционалних сировина алтернативним отпадним материјалима. Посебна пажња посвећена је испитивању физичких, хемијских, структурних и других релевантних својстава отпадних муљева, као и процени њиховог потенцијала за поновну употребу, уз уважавање техничких и еколошких захтева.

У оквиру дисертације разматрана је примена отпадних муљева алумосиликатног састава у производњи три групе материјала различите намене: грађевинских материјала (малтера и бетона), високотемпературних керамичких лепкова за спајање конструкционих делова грејних уређаја и заптивача за горивне ћелије са чврстим оксидом средњег температурног опсега (IT-SOFC). Предмет истраживања обухвата утврђивање утицаја додатка отпадног муља на својства, квалитет, функционалност и стабилност добијених материјала, применом одговарајућих метода карактеризације и експерименталних испитивања. На тај начин сагледане су могућности примене једне врсте индустријског отпада у различитим производним и енергетским системима, уз истовремено разматрање техничке оправданости и потенцијалних еколошких користи његове валоризације.

2.2. Циљ докторске дисертације

Главни циљ истраживања докторске дисертације усмерен је на очување животне средине и ублажавање негативних утицаја индустријског отпада. Истраживачки рад заснива се на савременом концепту циркуларне економије, који подразумева враћање отпадних материја у употребни ланац и проналажење могућности за њихову поновну примену у различитим индустријским областима. Посебан акценат стављен је на развој практичних решења за адекватно управљање отпадом у складу са важећом законском регулативом. Примена таквих решења може допринети смањењу негативних утицаја на животну средину, али и остваривању одређених економских користи. Оне се, пре свега, односе на смањење потрошње енергије и воде, потребе за простором за депоновање отпада и трошкова повезаних са еколошким таксама. На овај начин предложени приступ

је усклађен са основним принципима циркуларне економије (Circular Economy - CE) и „zero waste“ концептом развоја индустрије у Републици Србији.

Сходно томе, истраживање је усмерено на утврђивање употребне вредности отпадних материјала, односно отпадних муљева генерисаних у постројењу за пречишћавање отпадних вода, кроз њихову примену у напредним технолошким решењима у различитим индустријским областима. При томе, посебан акценат стављен је на еколошке и економске аспекте њихове примене. То се првенствено односи на демонстрацију успешне примене ових отпадних материја у производњи иновативних, еколошких, исплативих и високоефикасних материјала различитих намена.

У оквиру наведеног општег циља могу се дефинисати три специфична правца истраживања сходно циљаној намени отпадних муљева и то су:

1. Испитивање могућности искоришћења отпадних муљева из процеса пречишћавања отпадних вода у грађевинској индустрији, у производњи малтера и бетона (као додатка цементној пасти);
2. Испитивање могућности искоришћења отпадних муљева из процеса пречишћавања отпадних вода у производњи индустријских високо-температурних керамичких лепкова за спајање конструкција разних грејних тела (пећи, сушница итд.);
3. Испитивање могућности искоришћења отпадних муљева из процеса пречишћавања отпадних вода за производњу заптивача у технологији горивних ћелија са чврстим оксидом средње-температурног опсега (IT-SOFC), обезбеђујући херметичност самог уређаја (развој јединственог, иновативног састава заптивача и утврђивање подобности добијеног материјала у смислу термостабилности, структурне интегрисаности и дуготрајног радног века, чиме ће се омогућити ефективно функционисање горивне ћелије са задовољавајућим вредностима излазне струје).

3. ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ И ПОЛАЗНИ ПОДАЦИ

Докторска дисертација је заснована на следећим хипотезама:

- Полазна (нулта) хипотеза - Решавање еколошких проблема који проистичу из потребе за одлагањем велике количине потенцијално опасног отпадног материјала је могуће путем ревалоризације тј. њихове поновне употребе као полазних сировина за различите намене уз истовремено остваривање вишеструке економске користи.
- Хипотеза I. - Отпадни муљ који настаје у процесима пречишћавања отпадних вода и чије депоновање представља првенствено еколошки проблем, али и економску потешкоћу може потенцијално имати употребну вредност, односно може се искористити у производњи вредних полазних сировина различите намене.
- Хипотеза II. - Отпадни муљ који настаје у процесима пречишћавања отпадних вода поседује потенцијал искористљивости као компонента за производњу различитих грађевинских материјала, попут малтера и бетона (различитим физичко-

хемијским методама установиће се да ли новодобијени материјали са садржајем отпада поседују задовољавајуће перформансе са аспекта примене у грађевини, као и да ли су еколошки прихватљиви).

- Хипотеза III - Отпадни муљ који настаје у процесима пречишћавања отпадних вода може се успешно искористити као компонента у производњи ватросталних керамичких лепкова намењених за спајање делова различитих грејних тела попут пећи и сушница (одговарајућим експерименталним техникама утврдиће се оптимални процес производње и предтретмана датих материјала као и оптимални удео отпада у саставу којим ће се постићи добијање еколошког, исплативог и постојаног керамичког материјала са највећом ефикасношћу лепљења).

- Хипотеза IV - Отпадни муљ који настаје у процесима пречишћавања отпадних вода може се успешно имплементирати као компонента у производњи заптивача са применом у SOFC технологији средње-температурног опсега (детаљном карактеризацијом и пробама самог заптивног материјала са додатком муља у реалним оперативним условима биће утврђено под којим условима је потребно је фабриковати сам материјал и на који начин га третирати како би имао оптимални учинак у заптивању горивних ћелија).

4. ОПИС САДРЖАЈА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација кандидаткиње Неде Нишић садржи 8 поглавља:

1. Увод,
2. Преглед литературе,
3. Експериментални део,
4. Резултати и дискусија,
5. Закључак и правци будућих истраживања,
6. Литература,
7. Биографија,
8. Прилози.

Докторска дисертација обухвата: насловну страну на српском и енглеском језику, страницу са саставом комисије и именима ментора, резиме на српском и енглеском језику, изјаву захвалности, списак скраћеница, садржај, списак литературе и прилоге.

На крају дисертације приложени су Биографски подаци кандидаткиње, као и три изјаве: Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу.

4.1 Кратак приказ појединачних поглавља

У уводном делу докторске дисертације представљена је савремена проблематика настајања и управљања индустријским отпадом, са посебним освртом на отпадне муљеве

који се генеришу у постројењима за пречишћавање отпадних вода хемијске индустрије. Размотрени су негативни утицаји неадекватног одлагања ових материјала на животну средину, као и потреба за развојем ефикаснијих и еколошки прихватљивијих поступака њиховог збрињавања. Посебна пажња посвећена је принципима циркуларне економије, одрживог развоја и концепту „нултог отпада“, који подразумевају рационално коришћење природних ресурса и поновно укључивање отпадних материјала у производне процесе. Истакнут је значај развоја иновативних технологија које омогућавају трансформацију индустријског отпада у вредне секундарне сировине, чиме се истовремено доприноси смањењу загађења животне средине и унапређењу одрживости индустријске производње.

Прво потпоглавље увода посвећено је дефинисању предмета истраживања и сагледавању могућности мултифункционалне примене отпадних муљева из постројења за пречишћавање отпадних вода хемијске индустрије. У оквиру овог потпоглавља представљене су три потенцијалне области примене испитиваних отпадних материјала. Прва се односи на њихово коришћење као алтернативних сировинских компоненти у производњи малтера, конвенционалног и самоуграђујућег бетона, са циљем смањења потрошње цемента и других примарних сировина. Друга област обухвата испитивање могућности примене отпадних муљева у развоју ватросталних керамичких лепкова, намењених за спајање материјала који се користе у условима повишених температура. Трећа област усмерена је на развој заптивних материјала за горивне ћелије са чврстим оксидом средње-температурног опсега (IT-SOFC), при чему је посебна пажња посвећена захтевима које ови материјали морају да испуне у погледу термичке стабилности, компатибилности и непропусности. На тај начин представљен је концепт истраживања заснован на различитим могућностима валоризације истих отпадних материјала у више индустријских области.

Друго потпоглавље увода обухвата дефинисање основних и специфичних циљева докторске дисертације, усмерених ка утврђивању могућности ефикасног искоришћења индустријских отпадних муљева у производњи материјала различитих функционалних својстава. Као један од основних циљева истакнуто је испитивање физичко-хемијских, структурних и морфолошких карактеристика отпадних муљева, ради процене њиховог потенцијала за поновну употребу. Посебни циљеви односе се на одређивање утицаја додатка отпадних муљева на својства грађевинских композита, развој термички стабилних керамичких лепкова и испитивање функционалности заптивача за примену у IT-SOFC технологији. Поред тога, истакнута је потреба за проценом еколошке прихватљивости развијених материјала, као и њиховог потенцијала за замену конвенционалних сировина и примену у индустријским условима. Дефинисани циљеви представљају основу за избор одговарајућих експерименталних метода и систематично спровођење планираних истраживања.

Треће потпоглавље увода односи се на постављање и образлагање полазних научних хипотеза, које су формулисане у складу са предметом и циљевима докторске дисертације. Основна претпоставка истраживања заснива се на могућности валоризације индустријских отпадних муљева кроз њихову поновну употребу у производњи материјала са одговарајућим техничким и функционалним карактеристикама. Појединачне хипотезе усмерене су на испитивање могућности делимичне замене конвенционалних сировина отпадним муљевима у грађевинским материјалима, њихове примене у добијању ватросталних керамичких лепкова, као и развоја заптивних материјала погодних за рад у средње-температурним горивним ћелијама са чврстим оксидом. Посебно је размотрена претпоставка да се одговарајућим избором састава и поступака припреме могу добити материјали који испуњавају захтеве предвиђене

намене. Постављене хипотезе представљају полазну основу за експерименталну проверу могућности мултифункционалног искоришћења испитиваних отпадних муљева.

Четврто потпоглавље увода посвећено је приказу плана истраживања и структуре докторске дисертације, са прегледом основних фаза експерименталног рада и примењених методолошких приступа. Представљена је организација истраживања кроз три међусобно повезане целине, које обухватају карактеризацију отпадних муљева и испитивање њихове примене у производњи грађевинских материјала, ватросталних керамичких лепкова и IT-SOFC заптивача. Описан је редослед спровођења експерименталних поступака, од припреме и карактеризације полазних материјала до испитивања физичко-механичких, термичких и функционалних својстава добијених производа. Поред тога, дат је кратак преглед садржаја појединачних поглавља дисертације, чиме је омогућено јасније сагледавање логичке повезаности теоријских разматрања, експерименталних истраживања и анализе добијених резултата. На овај начин представљен је систематичан приступ реализацији постављених истраживачких циљева и провери научних хипотеза.

Друго поглавље докторске дисертације, под називом „**Преглед литературе**“, садржи систематичан и свеобухватан приказ релевантних научних и стручних сазнања из области пречишћавања индустријских отпадних вода, управљања насталим отпадним муљевима и могућности њихове поновне примене у различитим индустријским секторима. Посебна пажња посвећена је савременим приступима валоризацији отпадних материјала, њиховом коришћењу као алтернативних сировина и развоју материјала са унапређеним функционалним својствима. У оквиру овог поглавља размотрени су и важећи законски оквири који регулишу управљање отпадом, као и савремене аналитичке методе које се примењују за карактеризацију индустријских отпадних материјала и испитивање својстава производа добијених њиховом прерадом. Приказана литературна разматрања представљају теоријску и методолошку основу за разумевање и реализацију експерименталних истраживања обухваћених докторском дисертацијом.

У првом потпоглављу литературног прегледа разматрани су основни принципи и технолошки поступци пречишћавања индустријских отпадних вода, са посебним освртом на процесе филтрације и настајање отпадних муљева као споредних производа третмана. Представљени су теоријски основи филтрирања, механизми раздвајања чврсте и течне фазе, као и карактеристике технолошких процеса који се примењују у постројењима за пречишћавање отпадних вода. Посебна пажња посвећена је генерисању отпадних муљева индустријског порекла, њиховом хемијском саставу, физичким својствима и потенцијалном утицају на животну средину. Размотрена је и зависност карактеристика насталих муљева од врсте индустријске производње, састава отпадних вода и примењених поступака пречишћавања. На тај начин представљена су основна својства ових отпадних материјала, чије је познавање неопходно за процену могућности њихове даље обраде, рециклаже и поновног искоришћења.

У другом потпоглављу литературног прегледа представљене су могућности поновне примене индустријских отпадних муљева, уз разматрање релевантних законских прописа, досадашњих научних истраживања и савремених приступа њиховој валоризацији. Најпре је анализиран законодавни оквир који регулише управљање отпадом, његову класификацију, третман и услове поновне употребе, са посебним освртом на прописе Републике Србије. У наставку је дат преглед научних публикација које се односе на примену отпадних муљева у производњи грађевинских материјала, пре свега малтера и бетона, као и на могућности њиховог коришћења у производњи ватросталних материјала и компоненти за горивне ћелије са чврстим оксидом. Размотрени су различити технолошки поступци прераде отпадних муљева, њихов утицај

на својства добијених материјала и могућности замене конвенционалних сировина. Потпоглавље је заокружено критичким осврtом на досадашња истраживања из области валоризације отпадних муљева, чиме је истакнут значај развоја мултифункционалних приступа њиховом искоришћењу.

У трећем потпоглављу литературног прегледа дат је приказ савремених методологија које се примењују у карактеризацији отпадних материјала индустријског порекла и испитивању њихових физичко-хемијских, структурних, морфолошких и функционалних својстава. Представљени су теоријски принципи и могућности примене оптичке емисионе спектрометрије са индуктивно спрегнутом плазмом (ICP-OES), рендгенске дифракције праха (XRPD), Раманове и инфрацрвене спектроскопије (FTIR), као и метода за одређивање специфичне површине и порозности материјала. Поред тога, размотрене су методе електронске микроскопије (SEM и TEM), које омогућавају детаљну анализу морфологије и микроструктуре испитиваних узорака. Посебна пажња посвећена је дилатометријској анализи, електрохемијској импедансној спектроскопији (EIS) и испитивању напона отвореног кола (OCV), које су од значаја за процену термичких и електрохемијских карактеристика развијених материјала. Описом наведених метода представљена је научна и методолошка основа за избор одговарајућих експерименталних поступака и поуздано тумачење резултата добијених у наредним поглављима дисертације.

Треће поглавље докторске дисертације обухвата **експериментални део** истраживачког рада и даје детаљан приказ примењених материјала, експерименталних поступака и метода карактеризације коришћених за испитивање могућности мултифункционалне примене отпадних муљева из постројења за пречишћавање отпадних вода хемијске индустрије. На почетку поглавља описани су поступци узорковања и припреме отпадних муљева, након чега су представљене методологије испитивања њихових физичко-хемијских, структурних и морфолошких својстава. Прва истраживачка целина посвећена је испитивању могућности примене отпадних муљева у производњи грађевинских материјала, при чему су описани поступци одређивања хемијског и фазног састава, специфичне површине, порозности и пуцоланске активности испитиваних материјала. Представљене су методе припреме и испитивања цементних пасти, малтера, конвенционалног и самоуграђујућег бетона са различитим уделима отпадних муљева, укључујући поступке одређивања њихових физичко-механичких својстава и параметара трајности. Друга истраживачка целина обухвата припрему композитног отпадног муља и развој ватросталних керамичких лепкова, као и методе испитивања њиховог хемијског и фазног састава, микроструктуре, механичких својстава и термичке стабилности. Посебна пажња посвећена је дилатометријским испитивањима, одређивању чврстоће и микротврдоће, испитивању излуживања тешких метала и процени стабилности адхезивних спојева током вишеструких циклуса загревања. Трећа истраживачка целина односи се на развој и карактеризацију заптивних материјала за горивне ћелије са чврстим оксидом средње-температурног опсега (IT-SOFC), са посебним осврtом на припрему полазних смеша, одређивање њихових структурних, морфолошких и термичких својстава и испитивање еколошке прихватљивости. У оквиру ове целине описани су и поступци синтезе и карактеризације електролита на бази церијум-оксида, примена електрохемијске импедансне спектроскопије, као и конструкција лабораторијске горивне ћелије и испитивање функционалности развијеног заптивача мерењем напона отвореног кола. На тај начин, треће поглавље пружа свеобухватан приказ експерименталне методологије, која представља основу за анализу и тумачење резултата истраживања.

Четврто поглавље докторске дисертације обухвата **резултате и дискусију**, у оквиру којих су систематично приказани, анализирани и протумачени резултати спроведених експерименталних истраживања, организованих у три међусобно повезане истраживачке целине.

У првој истраживачкој целини представљени су резултати физичко-хемијске, структурне и морфолошке карактеризације отпадних муљева WSEP и WSLP, као и испитивања могућности њихове примене у производњи грађевинских материјала. Резултати испитивања пуцоланске активности показали су да отпадни муљ WSEP припада класи 5 пуцоланских материјала и испуњава критеријуме индекса активности према стандарду EN 450-1, док отпадни муљ WSLP не показује пуцоланска својства, због чега је разматрана његова примена као замене за минерални филер. Испитивањима цементних пасти утврђено је да додатак отпадног муља WSEP повећава потребу за водом и продужава време почетка везивања цемента. Анализом физичко-механичких својстава малтера и бетона показано је да замена цемента отпадним муљем WSEP у уделу до 20 % не доводи до значајног нарушавања њихових механичких карактеристика и трајности у односу на еталонске узорке. Посебно је утврђено да се повећањем удела отпадног муља притисна чврстоћа бетона постепено смањује, док се чврстоћа на савијање након 90 дана повећава за 11 –19 % у односу на референтни бетон. Испитивања самоуграђујућег бетона са додатком муља WSLP показала су могућност његове примене као замене за кречњачки филер, уз повећану потребу за суперпластификатором ради постизања одговарајуће конзистенције бетонске мешавине.

У другој истраживачкој целини приказани су резултати развоја и карактеризације ватросталних керамичких лепкова са различитим уделима композитног отпадног муља. Резултати XRPD и SEM анализа показали су да испитивани материјали задржавају релативно стабилан фазни састав и микроструктуру након термичке обраде на температурама до 700 °C. Посебно значајни резултати добијени су применом дилатометријске анализе, којом је утврђено да сви испитивани узорци керамичких лепкова током загревања до 800 °C показују веома мале линеарне промене димензија, реда величине 0,5 %. Израчунате вредности коефицијената термичког ширења кретале су се у опсегу од 7×10^{-6} до 8×10^{-6} K^{-1}, што указује на повољну термичку стабилност материјала и чињеницу да додатак отпадног муља не доводи до значајних промена њиховог термомеханичког понашања. Резултати механичких испитивања потврдили су задовољавајуће вредности чврстоће на притисак, чврстоће на савијање и микротврдоће, при чему је утврђено повећање микротврдоће након синтеровања. Посебна пажња посвећена је испитивању излуживања тешких метала из сирових и термички обрађених узорака GC_{15} и GC_{20}. Резултати ICP-OES анализе показали су да термичка обрада на 750 °C током 80 часова доприноси смањењу концентрација већине испитиваних елемената у елуату, уз изузетак хрома, код којег је забележена повећана мобилност након синтеровања. Утврђено је да се концентрације релевантних тешких метала углавном налазе у оквиру прописаних граничних вредности, што указује на повољне карактеристике испитиваних материјала са становишта њихове еколошке прихватљивости. Резултати испитивања термичке стабилности адхезивних спојева показали су да развијени керамички лепкови задржавају структурни интегритет и способност повезивања керамичких компоненти током вишеструких циклуса загревања на температурама до 800 °C, у укупном трајању дужем од 100 часова. На основу резултата свих спроведених анализа, узорак GC15 издвојен је као посебно перспективан за примену у својству високотемпературног керамичког лепка, с обзиром на повољан однос садржаја отпадног муља, механичких и термичких својстава и резултата испитивања излуживања.

Трећа истраживачка целина обухвата резултате развоја и испитивања керамичког заптивача CSW_{10} са додатком индустријског отпадног муља, намењеног примени у горивним ћелијама са чврстим оксидом средње-температурног опсега (IT-SOFC). Резултати XRPD, FTIR и FE-SEM анализа указали су на одговарајућу структурну стабилност и повољне микроструктурне карактеристике развијеног материјала. Испитивањем запреминске густине утврђене су вредности од 3,6864 g/cm³ за референтни узорак CS и 3,8573 g/cm³ за узорак CS_{W10}, што је у сагласности са вредностима карактеристичним за комерцијално доступне заптивне материјале. Дилатометријска испитивања показала су да коефицијент термичког ширења референтног узорка CS износи приближно $9,5 \times 10^{-6}$ K^{-1}, док је за узорак CS_{W10} добијена вредност од око $10,2 \times 10^{-6}$ K^{-1}. Наведени резултати указују на повољно термомеханичко понашање развијеног заптивача и потенцијал његове примене у условима повишених радних температура. Значајан сегмент истраживања обухватао је и испитивање излуживања тешких метала из отпадне мешавине Wmix, коришћене за припрему заптивног материјала. Резултати ICP-OES анализе показали су да су концентрације свих испитиваних тешких метала у елуату биле испод законски прописаних граничних вредности. Посебно ниске концентрације забележене су за арсен, хром, бакар, никл и олово, док су концентрације кадмијума и живе биле испод границе детекције примењене аналитичке методе. Ови резултати указују на ниску мобилност тешких метала из испитиване отпадне мешавине и њену повољну еколошку прихватљивост у условима спроведеног теста. Посебна пажња посвећена је и карактеризацији електролита на бази церијум-оксида, при чему су резултати XRPD и Раманове спектроскопије потврдили формирање одговарајуће кристалне структуре. Електрохемијском импедансном спектроскопијом утврђена је температурна зависност јонске проводљивости електролита, са највећом забележеном вредношћу од $2,88 \times 10^{-2}$ Ω^{-1} cm^{-1} на температури од 700 °C. Функционалност развијеног заптивача испитана је у лабораторијској горивној ћелији у температурном опсегу 500–700 °C, при чему су измерене релативно стабилне вредности напона отвореног кола (OCV) од приближно 0,65–0,73 V. Након спроведених испитивања није уочена појава видљивих пукотина, оштећења или деламинације заптивног материјала, што потврђује његову структурну стабилност и указује на задовољавајућу способност заптивања у испитиваним лабораторијским условима. На основу добијених резултата потврђен је потенцијал развијеног материјала за даља истраживања и примену у савременим енергетским технологијама.

На крају четвртог поглавља извршена је верификација постављених научних хипотеза на основу резултата све три истраживачке целине. Добијени резултати указали су на оправданост мултифункционалне примене индустријских отпадних муљева и њиховог коришћења као алтернативних сировина за развој материјала различитих индустријских намена. Посебно је истакнут значај остварених резултата у погледу функционалности, термичке стабилности и еколошке прихватљивости развијених материјала, чиме је потврђен потенцијал предложеног приступа валоризацији отпада у складу са принципима циркуларне економије.

Пето поглавље докторске дисертације, посвећено **закључним разматрањима и правцима будућих истраживања**, обухвата сумирање најзначајнијих резултата спроведених експерименталних испитивања, њихово свеобухватно сагледавање и оцену остварености постављених истраживачких циљева и научних хипотеза. На основу резултата добијених у све три истраживачке целине изведени су јасни и научно утемељени закључци који потврђују значајан потенцијал отпадних муљева из постројења за пречишћавање отпадних вода хемијске индустрије за мултифункционалну примену у различитим индустријским областима. У оквиру прве истраживачке целине потврђена је оправданост примене испитиваних отпадних муљева као алтернативних сировинских

компоненти у производњи грађевинских материјала. Утврђено је да се отпадни муљ WSEP, захваљујући својим пуцоланским својствима, може успешно применити као делимична замена цемента у производњи малтера и бетона, при чему се препоручује удео замене до 20 %, без значајног нарушавања кључних механичких карактеристика и трајности добијених материјала. Истовремено је показано да се отпадни муљ WSLP, упркос одсуству пуцоланске активности, може ефикасно користити као замена за минерални филер у производњи самоуграђујућег бетона, уз задржавање задовољавајућих својстава финалног производа. У другој истраживачкој целини потврђен је значајан потенцијал композитног отпадног муља за производњу ватросталних керамичких лепкова, при чему су резултати испитивања показали повољна механичка својства, високу термичку стабилност и задовољавајућу отпорност адхезивних спојева на вишеструке циклусе загревања до 800 °C. Посебно су истакнути резултати дилатометријских испитивања и тестова излуживања, који су потврдили повољно термомеханичко понашање материјала и њихову еколошку прихватљивост у испитиваним условима. На основу остварених резултата, узорак GC15 издвојен је као нарочито перспективан за примену у својству високотемпературног керамичког лепка. У трећој истраживачкој целини успешно је развијен и лабораторијски испитан керамички заптивач са додатком отпадног муља, намењен примени у горивним ћелијама са чврстим оксидом средње-температурног опсега (IT-SOFC). Резултати структурних, морфолошких и дилатометријских анализа потврдили су повољна својства развијеног материјала, док су испитивања излуживања указала на ниску мобилност тешких метала из коришћене отпадне мешавине. Посебно значајни резултати добијени су испитивањем функционалности заптивача у лабораторијској горивној ћелији, при чему су постигнуте релативно стабилне вредности напона отвореног кола, уз очуван структурни интегритет заптивног материјала након завршетка експерименталних испитивања. Наведени резултати потврдили су перспективност примене индустријског отпадног муља у развоју напредних функционалних материјала за савремене енергетске технологије. На основу свеобухватне анализе остварених резултата закључено је да су постављени истраживачки циљеви успешно реализовани, а полазне научне хипотезе потврђене у оквирима спроведених експерименталних испитивања. Посебно је истакнут научни и практични значај добијених резултата, који указују на могућности смањења потрошње примарних сировина, рационалнијег управљања индустријским отпадом и развоја еколошки прихватљивијих производних поступака.

У **потпоглављу** посвећеном **правцима будућих истраживања** размотрене су могућности даљег унапређења развијених материјала и проширења њихове примене у различитим индустријским областима. Посебна пажња посвећена је потреби за додатном оптимизацијом састава и технолошких поступака припреме материјала, као и за спровођењем дугорочних испитивања њихове стабилности, трајности и функционалних својстава. Истакнут је значај наставка истраживања у условима који су ближи реалним експлоатационим захтевима, како би се потврдила поузданост добијених резултата и проценила могућност њихове примене у индустријским размерама. Посебно су размотрене могућности даљег развоја ватросталних керамичких лепкова и заптивних материјала за IT-SOFC технологију, са циљем унапређења њихових термомеханичких карактеристика, дугорочне стабилности и поузданости у радним условима. Предложени правци будућих истраживања представљају логичан наставак остварених научних резултата и отварају простор за њихову даљу технолошку разраду и практичну примену. На тај начин указано је на значајан потенцијал спроведених истраживања за развој одрживих технологија, унапређење управљања индустријским отпадом и ширу примену принципа циркуларне економије.

5. ОСТВАРЕНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС

5.1 Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација под називом „Мултифункционална примена отпадних муљева из постројења за пречишћавање отпадних вода хемијске индустрије ” је оригинални научни рад који припада области „Рударско инжењерство”,

Дисертација се бави актуелном и научно значајном проблематиком управљања индустријским отпадом, са посебним освртом на могућности његове поновне употребе и валоризације. Савременост истраживања огледа се у усаглашености са принципима циркуларне економије, одрживог развоја и рационалног коришћења природних ресурса, који представљају један од приоритетних праваца савремених научних и технолошких истраживања. Посебан значај има испитивање отпадних муљева насталих пречишћавањем индустријских отпадних вода хемијске индустрије, чије одлагање представља еколошки изазов због потенцијалног присуства опасних материја. У том контексту, дисертација разматра могућности трансформације ових отпадних материјала у корисне секундарне сировине, чиме се доприноси развоју одрживих технолошких решења и смањењу негативних утицаја индустријске производње на животну средину.

Оригиналност докторске дисертације огледа се у свеобухватном и мултидисциплинарном приступу испитивању могућности примене отпадних муљева из хемијске индустрије у развоју материјала различитих функционалних својстава и индустријских намена. За разлику од већине досадашњих истраживања, која су претежно усмерена на појединачне начине искоришћења отпадних муљева, у овој дисертацији систематски је размотрена њихова примена у три различите области: производњи грађевинских материјала, ватросталних керамичких лепкова и заптивних материјала за горивне ћелије са чврстим оксидом средње-температурног опсега (IT-SOFC). Посебну оригиналност представља испитивање могућности употребе индустријског отпадног муља као компоненте заптивача у IT-SOFC технологији, што представља нов приступ валоризацији ове врсте отпада у области напредних функционалних материјала. Применом савремених метода карактеризације и експерименталних испитивања успостављена је веза између физичко-хемијских, структурних и функционалних својстава испитиваних материјала и могућности њихове практичне примене.

Научни и практични значај дисертације огледа се у добијеним резултатима који потврђују потенцијал испитиваних отпадних муљева за примену у различитим индустријским секторима, уз очување захтеваних својстава развијених материјала. Истраживањем су идентификоване могућности делимичне замене конвенционалних сировина у производњи цементних композита, развоја термички стабилних керамичких лепкова, као и добијања перспективних заптивних материјала за примену у савременим енергетским технологијама. Остварени резултати представљају значајну основу за даљи развој еколошки прихватљивих материјала и унапређење поступака управљања индустријским отпадом. Истовремено, отварају могућности за смањење потрошње примарних сировина, трошкова одлагања отпада и потенцијалних ризика по животну средину. На основу наведеног, може се закључити да докторска дисертација представља савремено, оригинално и научно утемељено истраживање, чији резултати имају значајан потенцијал за даљу научну разраду и будућу индустријску примену.

Оригиналност докторске дисертације кандидаткиње Неде Нишић, мастер инжењера рударства, под називом „Мултифункционална примена отпадних муљева из постројења за пречишћавање отпадних вода хемијске индустрије“, проверена је у складу са поступком дефинисаним „Правилником о поступку провере оригиналности

докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду“. Провером применом софтвера iThenticate утврђен је индекс текстуалне сличности од 20 %. На основу анализе извештаја о подударности и процене природе идентификованих поклапања, Комисија је оценила да утврђени степен текстуалне сличности не доводи у питање оригиналност докторске дисертације кандидаткиње Неде Нишић, мастер инжењера рударства.

5.2 Оцена способности кандидата за самосталан научни рад

У току израде докторске дисертације, кандидаткиња Неда Нишић, мастер инжењер рударства је показала способност у постављању хипотеза и експерименталном раду, што је у реализацији истраживања потврђено кроз валидност и високу вредност добијених резултата. Кроз истраживање, кандидаткиња је исказала систематичност и аналитичност као и познавање научне методе у циљу добијања адекватних резултата.

На основу прегледане дисертације и других расположивих информација, Комисија констатује да је кандидаткиња Неда Нишић, мастер инжењер рударства у потпуности способна за самосталан научни рад.

5.3 Остварени научни допринос

Основни научни допринос овог доктората огледа се у следећим кључним постигнућима:

- Усвајање интегрисаног концепта материјалне ревалоризације индустријских отпадних муљева из хемијске индустрије;
- Повезивање састава отпада са функционалним својствима материјала;
- Прва примена испитиване врсте индустријског отпадног муља као компоненте заптивних материјала за IT-SOFC, чиме се отварају нове могућности његове валоризације у области савремених енергетских технологија;
- Развој напредних функционалних материјала применом секундарних сировина, уз могућност смањења производних трошкова и очувања захтеваних својстава материјала.

Дакле, највећи значај докторске дисертације суштински лежи у доприносу очувању животне средине и ублажавању или решавању бројних еколошких проблема путем савременог приступа CE модела, односно кружења материјала у природи. Отпадни материјали се враћају у употребу као корисне сировине с применом у различитим индустријским областима, првенствено грађевини и енергетици, уз значајан осврт на еколошке и економске предности. Конкретно, дисертацијом се исказује тежња ка проналажењу практичних решења за адекватно финално управљање отпадом у сагласности са важећом законском регулативом. Тиме се смањују негативни еколошки ефекти и обезбеђују одређене економске користи у виду смањења енергетске потрошње и потребе за одлагањем отпада. Сходно поменутим иницијативама, спроведено је једно успешно и иновативно еколошки оријентисано истраживање које се води кључним принципима CE и подржава тзв. „zero waste“ стратегију развоја индустријске производње у Републици Србији.

5.4 Критичка анализа резултата истраживања

На основу детаљне **анализе остварених резултата истраживања**, њиховог поређења са постављеним циљевима и полазним научним хипотезама, може се закључити да је докторска дисертација „Мултифункционална примена отпадних муљева из постројења за пречишћавање отпадних вода хемијске индустрије" успешно одговорила на постављене истраживачке задатке. Добијени резултати пружају научно утемељене доказе о могућностима поновног искоришћења индустријских отпадних муљева у развоју материјала различитих функционалних својстава. Њиховим критичким сагледавањем потврђена је оправданост примењеног истраживачког приступа, као и значај добијених сазнања за даљи развој одрживих технологија и ефикасније управљање индустријским отпадом.

Кандидаткиња Неда Нишић је, применом одговарајућих савремених аналитичких и експерименталних метода, спровела систематична и свеобухватна испитивања, уз уважавање специфичности испитиваних отпадних материјала и ограничења која произилазе из њиховог променљивог састава и својстава. Посебна вредност истраживања огледа се у мултидисциплинарном приступу, који обједињује знања и методологије из области заштите животне средине, науке о материјалима, грађевинарства и савремених енергетских технологија. Критичким поређењем експерименталних резултата са релевантним литературним подацима и важећим стандардима омогућена је објективна процена могућности примене развијених материјала, као и идентификација њихових предности и потенцијалних ограничења. На тај начин обезбеђена је поуздана основа за тумачење резултата и доношење аргументованих научних закључака.

Резултати истраживања указују на оправданост примене испитиваних отпадних муљева као алтернативних сировинских компоненти у различитим индустријским областима, при чему су утврђени услови под којима се могу постићи задовољавајућа функционална и експлоатациона својства добијених материјала. Истовремено, препозната је потреба за додатним испитивањима ради потврђивања њихове дугорочне стабилности и применљивости у реалним индустријским условима. Овакав приступ указује на критичко промишљање и одговоран однос кандидаткиње према анализи и тумачењу експерименталних резултата. На основу свега наведеног, може се оценити да су спроведена истраживања дала конкретне, научно релевантне и потенцијално применљиве резултате у области рударског инжењерства и заштите животне средине, уз значајан допринос развоју концепта циркуларне економије и одрживог коришћења ресурса.

5.5 Очекивана примена резултата у пракси

Резултати докторске дисертације кандидаткиње Неде Нишић оцењени су високим степеном потенцијалне применљивости у пракси. Сагледавањем свих аспеката спроведеног истраживачког рада може се закључити да је остварен значајан допринос у области рударског инжењерства и заштите животне средине, пре свега кроз развој нових могућности за ефикасно искоришћење индустријских отпадних материјала. Практични значај добијених резултата огледа се у могућности примене испитиваних отпадних муљева као алтернативних сировинских компоненти у производњи грађевинских материјала, ватросталних керамичких лепкова и заптивача за горивне ћелије са чврстим

оксидом средње-температурног опсега. На овај начин отварају се могућности за унапређење постојећих производних процеса, смањење потрошње природних ресурса и трошкова управљања индустријским отпадом. Посебан значај истраживања огледа се у потенцијалу развијених материјала за примену у савременим индустријским и енергетским технологијама, уз потребу за њиховом даљом провером у реалним експлоатационим условима. Добијени резултати представљају поуздану основу за будућа истраживања и развој технолошких решења усмерених ка одрживој производњи, ефикаснијем управљању отпадом и широј примени принципа циркуларне економије у индустријској пракси.

5.6 Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде докторске дисертације кандидаткиња Неда Нишић прикупила је, систематизовала и критички анализирала велики број релевантних научних и стручних референци из области управљања индустријским отпадом, његове валоризације и примене у производњи савремених материјала. Посебна пажња посвећена је литератури која обрађује физичко-хемијска својства отпадних муљева из постројења за пречишћавање отпадних вода, могућности њиховог поновног искоришћења и утицај на животну средину. Анализирани литературни извори пружили су свеобухватан увид у савремене приступе рециклажи индустријског отпада, као и у актуелне научне и технолошке правце развоја материјала заснованих на примени секундарних сировина.

Значајан део коришћене литературе односи се на примену отпадних материјала у грађевинској индустрији, нарочито у производњи малтера и бетона, са посебним освртом на њихова физичко-механичка својства, трајност и могућности замене конвенционалних сировина. Поред тога, детаљно су размотрена истраживања из области ватросталних керамичких материјала, њихове термичке стабилности и функционалних карактеристика. Посебна пажња посвећена је и научним публикацијама које се баве развојем и карактеризацијом заптивних материјала за горивне ћелије са чврстим оксидом средње-температурног опсега (IT-SOFC). На овај начин обезбеђена је одговарајућа теоријска основа за све три истраживачке целине обухваћене докторском дисертацијом.

Коришћена литература обухвата научне радове објављене у релевантним међународним часописима, стручне публикације, важеће стандарде и законску регулативу из предметне области. Избор литературних извора указује на систематичан приступ кандидаткиње и добро познавање савремених научних достигнућа у области рударског инжењерства, заштите животне средине и науке о материјалима. Критичким сагледавањем и повезивањем литературних података са сопственим експерименталним резултатима омогућено је њихово објективно тумачење и научно утемељено извођење закључака. Може се констатовати да је коришћена литература адекватно одабрана, тематски усклађена са предметом и циљевима дисертације и да представља поуздану научну основу за спроведена истраживања.

Од укупног броја референци у дисертацији 219, већина се односи на истраживања извршена у протеклих 10 година, што додатно потврђује актуелност тематике којом се бави докторска дисертација.

На основу прегледа обрађених и цитираних литературних извора, може се констатовати да је кандидаткиња Неда Нишић показала одговарајући ниво познавања токова и стања у предметној области, како у светским оквирима, тако и код нас, као и да проблем обрађен у дисертацији, по својој структури, предмету и другим аспектима, одговара актуелним трендовима у литератури.

6. ОБЈАВЉЕНИ И САОПШТЕНИ РЕЗУЛТАТИ

M21a - Рад у водећем међународном часопису:

1. **Nišić, N**., Žunić, M., Kragović, M., Gulicovski, J., Nišić, D., Milićević, S., Stojmenović, M. (2025). Development of novel high-temperature alumina-based ceramic adhesive as a sealing material for IT-SOFC with the ddition of wastewater sludge. Journal of Alloys and Compounds, 1040, 183202. doi: 10.1016/j.jallcom.2025.183202 **IF = 6,7**

M21 - Рад у водећем међународном часопису:

1. Stojmenović, M., Gulicovski, J., **Nišić, N**., Ristić, N., Liu, S., Loredo, J., Kragović, M. (2024). Sustainable Application of Waste Sludges from the Wastewater Treatment Plant Generated during the Production of Heating Devices in the Construction Industry. Materials, 17(5), 1089. doi: 10.3390/ma17051089 **IF = 3,2**

M22 - Рад у међународном часопису:

1. Stojmenović, M., **Nišić, N**., Kragović, M., Gulicovski, J., Basoli, F., Bajuk-Bogdanović, D., Žunić, M. (2024). Multidoped CeO_2 single-phase as electrolyte for IT-SOFC. Solid State Ionics, 414, 116645. doi: 10.1016/j.ssi.2024.116645 **IF = 3,3**
2. Vasić, A., Gulicovski, J., Stojmenović, M., **Nišić, N**., Nikolić, K., Nuić, I., Kragović, M. (2024). Removal of Ethyl Xanthate Anions from Contaminated Aqueous Solutions Using Hazardous Waste Slag Generated by Lignite Combustion. Water, 16(14), 2037. doi: 10.3390/w16142037 **IF = 3,0**
3. **Nišić, N**., Kragović, M., Gulicovski, J., Žunić, M., Basoli, F., Gordić, M., Stojmenović, M. (2023). The Incorporation of Waste Sludge into the Production of High-Temperature-Resistant Adhesive Ceramic Materials. Applied Sciences, 13(16), 9044. doi: 10.3390/app13169044 **IF = 2,5**

M23 - Рад у међународном часопису:

1. **Nišić, D**., Knežević, D., Cvjetić, A., Nišić, N., Jovanović, V. (2022). Applicability of the risk ranking methodology designed for water reservoirs to tailings storage facilities. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 122(11), 673–680. doi: 10.17159/2411-9717/1492/2022 **IF = 0,9**
2. Stojmenović, M., **Nišić, N**., Žunić, M., Basoli, F., Gulicovski, J., Ristović, I., Kragović, M. (2022). Development of a new system of solid ionic conductors based on multi-doped ceria for application in IT-SOFCs. Processing and Application of Ceramics, 16(4), 391–401. doi: 10.2298/PAC2204391S **IF = 1,1**

M51 - Рад у водећем националном часопису:

1. Nišić, D., Pantelić, U., **Nišić, N**. (2024). Legal regulations of industrial solid waste management in Serbia: Challenges on the way of developing the circular economy. Tehnika, 79(1), 47–54. doi: 10.5937/tehnika2401047N
2. Nišić, D., Pantelić, U., Aleksić, N., **Nišić, N**. (2021). Klasifikacija deponija rudarskog otpada prema zakonskoj regulativi u Srbiji. Tehnika, 76(5), 575–583. doi: 10.5937/tehnika2105575N

M33 - Саопштење са међународног скупа штампано у целини:

1. Ristović, M., **Nišić, N.,** Nikolić, K., Jelić, I., Gulicovski, J., Kragović, M., Stojmenović, M. (2026). Comparative Structural and Microstructural Characterization of Enamel Waste Mixtures. 10th International Conference Mining and Environmental Protection (MEP 2026), Sokobanja, Serbia, 2026.
2. Stefanović, K., **Nišić, N**., Nikolić, K., Gulicovski, J., Kragović, M., Simić, V., Stojmenović, M. (2026). Application of Remote Sensing for the Identification of Clinoptilolite-Rich Zeolites: A Case Study of the Zlatokop Deposit, Serbia. 10th International Conference Mining and Environmental Protection (MEP 2026), Sokobanja, Serbia, 2026.
3. Nikolić, K., Ristović, M., Lišanin, R., **Nišić, N**., Kragović, M., Stojmenović, M., Gulicovski, J. (2026). Effect of Modification Route on the Electrochemical Properties of Almond Shell Activated Carbon. 10th International Conference Mining and Environmental Protection (MEP 2026), Sokobanja, Serbia, 2026.
4. Lišanin, R., Kandić, I., Nikolić, K., **Nišić, N**., Stojmenović, M., Gulicovski, J., Kragović, M. (2025). Valorisation of Potato Peel Waste into Metal-Modified Biochar for Phenol Removal from Water. 15th International Conference Economic and

Management-Based on New Technologies (EMoNT 2025), Vrnjačka Banja, Serbia, 22–25 June 2025.

5. Stojmenović, M., Kandić, I., Gulicovski, J., **Nišić, N**., Lišanin, R., Nikolić, K., Kragović, M. (2023). Education of the Population About Potential Risks the Cyanobacteria Bloom During Ten Years – Study Case of Aleksandrovac Lake. XV International Scientific Conference Modern Education – Availability, Quality, Recognition, Ukraine, 2023.

6. **Nišić, N**., Kragović, M., Žunić, M., Gulicovski, J., Vasić, A., Kandić, I., Stojmenović, M. (2023). Application of a New System of Solid Ionic Conductors Based on Multi-Doped Ceria as Electrolytes for IT-SOFC Technology – Test in a Single Cell. 9th International Conference Mining and Environmental Protection (MEP 2023), Sokobanja, Serbia, 2023.

7. Vasić, A., Stojmenović, M., Nikolić, K., **Nišić, N.,** Gulicovski, J., Lišanin, R., Kragović, M. (2023). Xanthate Removal as a Function of pH and the Point of Zero Charge. 9th International Conference Mining and Environmental Protection (MEP 2023), Sokobanja, Serbia, 2023.

8. Nikolić, K., Kragović, M., Stojmenović, M., Vasić, A., Kandić, I., **Nišić, N**., Gulicovski, J. (2023). Activated Carbon from Almond Pits as Low-Cost Material for Electrochemical Application. 9th International Conference Mining and Environmental Protection (MEP 2023), Sokobanja, Serbia, 2023.

9. **Nišić, N**., Kragović, M., Gulicovski, J., Nikolić, K., Vasić, A., Žunić, M., Stojmenović, M. (2023). Characterization of Innovative High-Temperature Resistant Adhesives with Addition of Aluminosilicate Waste. 9th International Conference Mining and Environmental Protection (MEP 2023), Sokobanja, Serbia, 2023.

10. Kandić, I., Kragović, M., Gulicovski, J., Nikolić, K., **Nišić, N**., Karadžić, V., Stojmenović, M. (2023). Removal of Potentially Toxic Cyanobacteria by Using Activated Carbons Obtained from Biowaste. 9th International Conference Mining and Environmental Protection (MEP 2023), Sokobanja, Serbia, 2023.

11. Nišić, D., **Nišić, N.** (2021). Variability of Accident Risk Level at Industrial Waste Landfills as a Result of Different Factors. 8th International Conference Mining and Environmental Protection (MEP 2021), Sokobanja, Serbia, 2021.

12. Nedeljković, A., **Nišić, N**., Kandić, I., Ristić, N., Stojmenović, M., Gulicovski, J., Kragović, M. (2021). Potential Use of Slag Generated from Lignite Combustion in Hitting Plants. 15th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Belgrade, Serbia, 20–24 September 2021.

13. Nedeljković, A., **Nišić, N**., Stojmenović, M., Gulicovski, J., Ristović, I., Jović, A., Kragović, M. (2021). Influence of the Modification on the Point of Zero Charge of the Waste Slag Generated by Lignite Combustion in Heating Plants and Its Properties for Xanthates Removal from Aqueous Solutions. 8th International Conference Mining and Environmental Protection (MEP 2021), Sokobanja, Serbia, 2021.

M34 - Саопштење са међународног скупа штампано у изводу:

1. Stefanović, K., Vasić, A., **Nišić, N**., Kragović, M., Gulicovski, J., Simić, V., Stojmenović, M. (2026). Tectonic Control of the Skadar-Peć Fault on Peri-Aegean Domain Basins Formation. 19th Congress of Geologists of Serbia, Bor, Serbia, 2026.

2. Nikolić, K., Vasić, A., **Nišić, N**., Ristović, M., Stojmenović, M., Kragović, M., Gulicovski, J. (2025). Carbonized Almond Shells as a Sustainable Material for Electrochemical Applications. 8th Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials (8CSCS-2025), Belgrade, Serbia, 2025.

3. Stefanović, K., Nikolić, K., **Nišić, N**., Kragović, M., Gulicovski, J., Simić, V., Stojmenović, M. (2025). Understanding the Impact of Tectonics on the Formation of Zlatokop Zeolite as an Ecological Raw Material. 8th Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials (8CSCS-2025), Belgrade, Serbia, 2025.

4. **Nišić, N**., Vasić, A., Kandić, I., Žunić, M., Stojmenović, M., Kragović, M., Gulicovski, J. (2025). Novel Multidoped Solid Ionic Conductor Based on CeO_2 for Application as Electrolyte in IT-SOFC Devices. 8th Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials (8CSCS-2025), Belgrade, Serbia, 2025.

5. Ristović, M., Ristić, N., Nikolić, K., **Nišić, N**., Gulicovski, J., Kragović, M., Stojmenović, M. (2025). Industrial Waste as a Resource in Asphalt Production and Road Engineering. 8th Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials (8CSCS-2025), Belgrade, Serbia, 2025.

6. Vasić, A., **Nišić, N**., Nikolić, K., Kandić, I., Stojmenović, M., Gulicovski, J., Kragović, M. (2022). Influence of pH of Aqueous Solutions on Xanthates Removal by Using Waste Slag. Physical Chemistry 2022, Belgrade, Serbia, 2022.

7. **Nišić, N.,** Kragović, M., Nedeljković, A., Kandić, I., Nikolić, K., Gulicovski, J., Stojmenović, M. (2022). Characterization of High Temperature Ceramic Composite Sealants (CCS) with Addition of Alumosilicate Based Waste Material for the Potential Use in IT-SOFC. 6th Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials (6CSCS-2022), Belgrade, Serbia, 2022.

8. Kandić, I., Kragović, M., Vasić, A., **Nišić, N.,** Nikolić, K., Gulicovski, J., Stojmenović, M. (2022). Characterization of Active Carbon Materials Obtained from Bio Waste for Potential Use in Water Purification. 6th Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials (6CSCS-2022), Belgrade, Serbia, 2022.

9. Nedeljković, A., **Nišić, N.,** Nikolić, K., Kandić, I., Stojmenović, M., Gulicovski, J., Kragović, M. (2022). Xanthate Absorption Kinetics as a Function of the Starting Concentration with the Use of the Waste Slag as Adsorbent. 6th Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials (6CSCS-2022), Belgrade, Serbia, 2022.

10. **Nišić, N**., Gulicovski, J., Kragović, M., Nedeljković, A., Žunić, M., Rosić, M., Stojmenović, M. (2021). Novel Glass-Ceramic Sealant with Addition of Alumosilicate-Based Waste Material for Application in IT-SOFC. Advanced

Ceramics and Application IX: New Frontiers in Multifunctional Material Science and Processing (ACA IX), Belgrade, Serbia, 20–21 September 2021.

M63 – Пленарно или уводно предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у целини:

1. **Nišić, N**., Nišić, D. (2023). Prečišćavanje otpadnih voda i tretman mulja iz postrojenja za PMS – preduslovi, metode i izazovi. X Kolokvijum o pripremi mineralnih sirovina, Beograd, Srbija, 2023. **M63**

M64 - Пленарно или уводно предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у изводу:

1. Nikolić, K., **Nišić, N**., Vasić, A., Rosić, M., Stojmenović, M., Kragović, M., Gulicovski, J. (2024). Structural Properties of Synthesized Domestic Carbon from Almond Shells for Carbon Paste Electrode. 27th Congress of SCTM, Ohrid, North Macedonia, 25–28 September 2024. **M64**

7. ЗАКЉУЧАК

Докторска дисертација „Мултифункционална примена отпадних муљева из постројења за пречишћавање отпадних вода хемијске индустрије" представља свеобухватан научноистраживачки рад посвећен испитивању могућности валоризације индустријских отпадних муљева. Истраживања су усмерена на развој нових функционалних материјала кроз три различита правца примене: у грађевинској индустрији, производњи високотемпературних керамичких лепкова и заптивача за горивне ћелије са чврстим оксидом средње-температурног опсега (IT-SOFC). Применом савремених метода карактеризације и свеобухватних експерименталних испитивања утврђена су повољна физичко-хемијска, структурна, механичка и функционална својства развијених материјала. Добијени резултати потврдили су оправданост разматраних праваца валоризације и указали на значајан потенцијал примене отпадних муљева као алтернативних сировина у различитим индустријским областима. На тај начин отварају се могућности за развој еколошки прихватљивих и економски исплативих материјала, уз смањење количине отпада и потрошње природних ресурса. Остварени резултати у складу су са савременим принципима циркуларне економије, одрживог развоја и „зелених технологија".

8. ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Научни допринос кандидаткиње Неде Нишић потврђен је, између осталог, објављивањем седам научних радова у међународним часописима. Током израде докторске дисертације кандидаткиња је показала висок степен самосталности, систематичности и аналитичности у научноистраживачком раду, што потврђују резултати спроведених експерименталних истраживања. Када се узму у обзир експериментални рад кандидаткиње и добијени адекватни резултати у докторској дисертацији, Комисија закључује да је кандидаткиња Неда Нишић испунила задате циљеве научноистраживачког рада, те да су тиме испуњени услови за јавну одбрану докторске дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње **Неде Нишић**, под насловом **„Мултифункционална примена отпадних муљева из постројења за пречишћавање отпадних вода хемијске индустрије”** и омогући кандидаткињи јавну одбрану рада.

У Београду 2.11.2026. године

КОМИСИЈА:

др Александар Цвјетић, редовни професор на катедри за Заштиту на раду и заштиту животне средине

Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет

др Марија Живковић, редовни професор на катедри за Опште машинство и термодинамику

Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет

др Јелена Гулицовски, научни саветник

„Институт за нуклеарне науке „Винча” - Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду