

ЗАХТЕВ

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

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

КАНДИДАТ **Наташа (Небојша)
Младеновић Николић**

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму: **Хемијско инжењерство**

пријавио је докторску дисертацију под називом:

**Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог
алуминијумом**

из научне области: **Технолошко инжењерство**

Универзитет је дана 12. 4. 2022. својим актом под бр. 61206-1407/2-22 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

**Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог
алуминијумом**

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

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

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној 24. 4. 2025.

одлуком факултета под бр. 35/101, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Александра Перић-Грујић	редовни професор	Контрола квалитета	ТМФ
2.	Др Драгана Живојиновић	ванредни професор	Аналитичка хемија	ТМФ
3.	Др Марина Малетић	научни сарадник	Хемија	ИЦ ТМФ
4.	Др Снежана Ненадовић	научни саветник	Хемија	ИНН „Винча“
5.	Др Александар Кандић	виши научни сарадник	Физика	ИНН „Винча“

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности 20. 5. 2025.

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана 26. 6. 2025.

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној **26. 6. 2025.**

одлуком факултета под бр. 35/151, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Александра Перић-Грујић	редовни професор	Контрола квалитета	ТМФ
2.	Др Драгана Живојиновић	ванредни професор	Аналитичка хемија	ТМФ
3.	Др Марина Малетић	научни сарадник	Хемија	ИЦ ТМФ
4.	Др Снежана Ненадовић	научни саветник	Хемија	ИНН „Винча“
5.	Др Александар Кандић	виши научни сарадник	Физика	ИНН „Винча“

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

Студент је уписан на докторске студије школске 2018/2019. године.

Решењем декана бр. 20/8-1 од 1. 3. 2021. а на лични захтев студента, одобрено је мировање права и обавеза у шк. 2020/21. години.

ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА

др Мирјана Кијевчанин, редовни професор

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

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



Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 20/8-1

01. 03. 2021 год.

БЕОГРАД

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

РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев који је упутио, **Наташа Младеновић Николић**, студент ДАС, број индекса 2018/4006, и одобрава мировање права и обавеза у школској 2020/2021. години, на основу приложених докумената.



Декан

Проф. др Петар Ускоковић

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 41. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 26. 6. 2025. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Александра Перић-Грујић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Драгана Живојиновић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Марина Малетић, научни сарадник Иновационог центра Технолошко-металуршког факултета у Београду, др Снежана Ненадовић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију и др Александар Кандић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: **„Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“** коју је поднела **Наташа Младеновић Николић**, мастер инжењер технологије и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Наташе Младеновић Николић, под називом **„Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“** Одлуком број: 61206-1407/2-22 од 12. 4. 2022. године. Верификација научних доприноса:

Категорија M21:

1. **Nataša Mladenović Nikolić**, Ljiljana Kljajević, Snežana S. Nenadović, Jelena Potočnik, Sanja Knežević, Sabina Dolenec and Katarina Trivunac, Adsorption Efficiency of Cadmium (II) by Different Alkali-Activated Materials, Gels 2024, 10, 317. <https://doi.org/10.3390/gels1005031>. (ISSN 2310-2861, IF (2023) 5,0)

2. **Nataša Mladenović Nikolić**, Aleksandar Kandić, Jelena Potočnik, Nemanja Latas, Marija Ivanović, Snežana Nenadović, Ljiljana Kljajević, Microstructural Analysis and Radiological Characterization of Alkali-Activated Materials Based on Aluminosilicate Waste and Metakaolin, Gels 2025, 11(1), 57. <https://doi.org/10.3390/gels11010057>. (ISSN 2310-2861, IF (2023) 5,0)

Категорија M22:

1. **Nataša Mladenović Nikolić**, Aleksandar B. Kandić, Katarina V. Trivunac, Miljana M. Mirković, Ivana S. Vukanac, Snežana S. Nenadović, Ljiljana M. Kljajević, Radiological and Structural Characterization of Raw and Alkali-Activated Wood Ash and Metakaolin Blends. Sustainability 2022, 14, 12960. <https://doi.org/10.3390/su142012960>. (ISSN 2071-1050, IF (2022) 3,9)

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

Д Е К А Н К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

ДУ

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 41. и 42. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 26. 6. 2025. године, донета је

О Д Л У К А

о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације

Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације **Наташа Младеновић Николић**, мастер инжењера технологије, са темом под називом **„Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“**, у саставу:

1. Др Александра Перић-Грујић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
2. Др Драгана Живојиновић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
3. Др Марина Малетић, научни сарадник Иновационог центра Технолошко-металуршког факултета у Београду,
4. Др Снежана Ненадовић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију,
5. Др Александар Кандић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију

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

Д Е К А Н К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње **Наташе Н. Младеновић Николић**, мастер инжењера технологије

Одлуком бр. 2025-35/101 од 24.04.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидаткиње Наташе Н. Младеновић Николић, мастер инжењера технологије, под насловом:

„Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

24.01.2022. - Кандидаткиња Наташа Н. Младеновић Николић, мастер инжењер технологије, предложила је Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду тему докторске дисертације под називом „Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“.

03.02.2022. - На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду донета је Одлука бр. 35/20 о именовању Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње Наташе Н. Младеновић Николић, мастер инжењера технологије, за израду докторске дисертације под називом „Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“.

10.03.2022. - На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду донета је Одлука бр. 35/55 о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње и одобравању израде докторске дисертације кандидаткиње Наташе Н. Младеновић Николић, мастер инжењера технологије, под називом „Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“, а за менторе ове докторске дисертације су именоване др Катарина Тривунац, доцент Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду и др Љиљана Кљајевић виши научни сарадник Института за нуклеарне науке „Винча“- Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду.

12.04.2022. - На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност (Одлука бр. 61206-1407/2-22) на предлог теме докторске дисертације кандидаткиње Наташе Н. Младеновић Николић, мастер инжењера технологије, под називом „Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“ и именовању др Катарине Тривунац и др Љиљане Кљајевић за менторе.

24.04.2025. - На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду донета је Одлука бр. 2025-35/101 о именовању Комисије за оцену докторске дисертације кандидаткиње Наташе Младеновић Николић, мастер инжењера технологије, под називом „Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“ у саставу: др Александра Перић-Грујић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду; др Драгана Живојиновић, ванредни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду; др Марина Малетић, научни сарадник Иновационог центра Технолошко-металуршког факултета; др Снежана Ненадовић, научни саветник Института за нуклеарне науке „Винча“ - Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду и др Александар Кандић, виши научни сарадник Института за нуклеарне науке „Винча“ - Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду.

Кандидаткиња Наташа Н. Младеновић Николић, мастер инжењер технологије, уписала је докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, студијски програм Хемијско инжењерство, школске 2018/2019. године.

29.09.2021. - Решењем бр. 20/68 замрзнута је 3. година докторских студија кандидата Наташе Н. Младеновић Николић, због породичног одсуства, па је рок за завршетак студија продужен до 30.09.2025.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа. Ужа научна област је Хемијско инжењерство. За менторе ове докторске дисертације именоване су др Катарина Тривунац, ванредни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду и др Љиљана Кљајевић, научни саветник Института за нуклеарне науке „Винча“ - Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду, чија је компетенција за вођење докторске дисертације потврђена на основу искуства и објављених публикација из области којој дисертација припада.

Ментор др Катарина Тривунац, ванредни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду била је ментор 2 одбрањене докторске дисертације и члан Комисије за оцену и одбрану 3 одбрањене докторске дисертације, ментор 19 мастер радова и 31 завршног рада и публиковала је 28 радова у часописима који су на SCI листи, чиме је потврђена компетентност ментора да руководи изразом ове докторске дисертације.

Ментор др Љиљана Кљајевић, научни саветник Института за нуклеарне науке „Винча“-Института од националног значаја за Републику Србију Универзитета у Београду је до сада из области Науке о материјалима публиковала 61 рад у часописима са SCI листе. Учествовала је у изради великог броја докторских дисертација одбрањених на Универзитету у Београду и била члан Комисије за оцену и одбрану једне докторске дисертације, чиме је потврђена компетентност ментора да руководи изразом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Наташа Младеновић Николић (<https://orcid.org/0000-0001-8814-0734>), рођена је 30.09.1992. у Београду, Република Србија. Основне академске студије је уписала 2011. године и дипломирала 2015. године на Катедри за аналитичку хемију и контролу квалитета Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, са темом „Уклањање јона тешких метала адсорпцијом на модификованом каолину“. Мастер академске студије је уписала 2016. године и дипломирала 2017. године на Катедри за аналитичку хемију и контролу квалитета, Технолошко-металуршког факултета, на тему „Одређивање адитива и јонских врста у освежавајућим безалкохолним и енергетским пићима помоћу HPLC и IC“. Докторске академске студије је уписала 2018. године на студијском програму Хемијско инжењерство

Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, под менторством др Катарине Тривунац доцента Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду. Положила је све предвиђене испите на докторским студијама, као и завршни испит, са просечном оценом 9,75. Наташа Младеновић Николић запослена је од 01. августа 2019. године у Институту за нуклеарне науке „Винча“, Институту од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду. У истраживачко звање - истраживач приправник изабрана је 27. децембра 2018, а у истраживачко звање - истраживач сарадник 07. јула 2022. године. Наташа Младеновић Николић је била сарадник на међународном пројекту „Трансформисање GRIM материјала“ - EU4TECH PoC пројекат, током 2021. године, којим је руководила др Љиљана Кљајевић, научни саветник Института за нуклеарне науке „Винча“, Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду. У периоду од 24. до 28. маја 2021. године учествовала је на првој студентској on line тренинг школи - „AI - богати индустријски остаци за неорганске материјале” у оквиру међународног пројекта RIS-ALiCE (18258), чији је руководилац др Снежана Ненадовић, виши научни сарадник Института за нуклеарне науке „Винча“, Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду. У току досадашњег научноистраживачког рада Наташа Младеновић Николић је аутор и коаутор 7 научних радова објављених у часописима са SCI листе (M20), 2 рада категорије M52 и 18 саопштења на међународним и домаћим конференцијама.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Наташе Н. Младеновић Николић, мастер инжењера технологије, под називом „Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала (ААМ) на бази отпада богатог алуминијумом“, написана је на српском језику на 169 страна, од којих је 158 страна нумерисано, и садржи 78 слика, 29 табела и 277 литературних навода. Дисертација садржи поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак, Литература, Биографија кандидаткиње, као и прилоге са Изјавом о ауторству, Изјавом о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада, Изјавом о коришћењу и Оцену извештаја о провери оригиналности докторске дисертације. Дисертација, такође, садржи и сажетак на српском и енглеском језику. Наведена докторска дисертација по свом облику и садржају испуњава све прописе и стандарде, који се односе на докторске дисертације које се бране на Универзитету у Београду.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У **Уводном делу** (поглавље 1) представљени су предмет и циљ докторске дисертације који се односе на развој алтернативних материјала произведених од отпадних материјала, као што су летећи пепео из термоелектрана и дрвени пепео настао процесом сагоревања у домаћинствима. Уз економско, ово истраживање има и еколошко значење, јер се решава проблем збрињавања различитих врста отпада који се најчешће непрописно одлажу на обрадиве и необрадиве површине па долази до контаминације животне средине. Нови материјали се у зависности од њихових структурних и радиолошких својстава могу употребити као адсорбенти различитих тешких метала из отпадних вода или као алтернативни адитиви у грађевинарству.

У **Теоријском делу** (поглавље 2) дисертације дат је историјски преглед развоја нових везивних материјала и терминологије. Детаљно је описан процес алкалне активације, почевши од сировина односно прекурсора који се најчешће користе, преко алкалних активатора и фактора који утичу на сам процес. Кроз преглед досадашњих истраживања дискутовани су механизам алкалне активације и финални производи. Посебан осврт дат је предностима алкално активираних материјала у односу на традиционалне материјале. На крају је разматрана

могућност примене овако добијених материјала у области заштите животне средине, као адсорбената за уклањање тешких метала из отпадних вода, и у грађевинарској индустрији, као материјала који су безбедни по здравље становништва.

У **Експерименталном делу** (поглавље 3) докторске дисертације детаљно су описани метакаолин, летећи пепео и дрвени пепео који су коришћени као прекурсори за синтезу, и алкални активатори, натријум-хидроксид (NaOH) различитих концентрација и натријум-силикат (Na_2SiO_3), који су коришћени приликом активације. Затим је описан поступак и параметри процеса синтезе алкално активираних материјала од чистих прекурсора и њихових смеша. Детаљно су описане примењене инструменталне методе испитивања и карактеризација материјала према редоследу истраживачког рада, уз навођење опреме и софтверских пакета, коришћених током истраживања и обраде резултата. Хемијски састав анализиран је рендгенском флуоресцентном анализом (XRF), а присуство функционалних група утврђено је инфрацрвеном спектроскопијом са Фуријеовом трансформацијом (DRIFT). Структурна и морфолошка анализа извршена је методом рендгенске дифракције праха (XRD), скенирајуће електронске микроскопије (SEM) и трансмисионе електронске микроскопије (TEM). Радиолошка анализа материјала извршена је гама спектрометријском анализом. Такође, одређивање специфичне површине и порозност материјала извршена је методом адсорпције азота и применом БЕТ (Brunauer-Emmet-Teller) методе, као и расподела величине честица методом дифракције ласерске светлости на честицама. Методом уравнотежавања посебних проба испитана је тачка нултог наелектрисања. Одређивање концентрације тешких метала након адсорпције из воденог раствора извршена је методом пламене атомске апсорпционе спектрофотометрије (FAAS). На крају су описане методе испитивања адсорпционих карактеристика добијених алкално активираних материјала као и одређивање густине, отворене порозности и апсорпције воде, параметара који се користе за утврђивање могућности примене материјала у области заштите животне средине и у грађевинарству.

У поглављу **Резултати и дискусија** (поглавље 4) приказани су сви резултати произашли из истраживања обухваћених докторском дисертацијом. У оквиру првог подпоглавља, сумирани су резултати карактеризације сировина. Рендгенска флуоресцентна анализа потврдила је да летећи пепео и метакаолин имају висок садржај Al_2O_3 и SiO_2 , док дрвени пепео садржи већи удео CaO и K_2O . Инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом потврдила је вибрације савијања у силикатном тетраедру које потичу од O-Si-O , као и карактеристичне Si-O-Si и Al-O-Si вибрације. Рендгенском дифракцијом праха идентификован је кварц као доминантна кристална фаза у сировинама, а идентификоване су и фазе албита, мулита, калцита, ларнита и портландита. Скенирајућа електронска микроскопија је показала различитост у структури сировина, где се метакаолин састоји од љуспичастих честица, летећи пепео има карактеристичне сферне честице, док се дрвени пепео састоји од низа испреплетених ланаца. ЕДС анализа је у сагласности са анализом хемијског састава, метакаолин и летећи пепео имају висок садржај Si и Al , док дрвени пепео показује значајан удео K и Ca . Гама спектрометријска анализа је показала да дрвени пепео има веће вредности специфичне активности ^{137}Cs . Такође, највећу вредност специфичне активности за ^{40}K има дрвени пепео, затим метакаолин и летећи пепео. Одређена је специфична површина сировина помоћу БЕТ методе, која показује да метакаолин има већу специфичну површину, док летећи пепео и дрвени пепео поседују специфичну површину мању од $5,0 \text{ m}^2/\text{g}$. У оквиру другог и трећег подпоглавља, сумирани су резултати карактеризације референтних ААМ и двокомпонентних и трокомпонентних ААМ. Утврђено је да процесом алкалне активације долази до физичко-хемијских промена. Рендгенска флуоресцентна анализа је показала да долази до промене састава након алкалне активације код референтних ААМ и то до смањења удела оксида Al_2O_3 и SiO_2 код метакаолина и летећег пепела, као смањења CaO и K_2O код дрвеног пепела, али се уочава пораст удела Na_2O . Код двокомпонентних и трокомпонентних ААМ, додатком дрвеног пепела долази до повећања садржаја CaO . Инфрацрвена

спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом потврдила је формирање аморфног алуминосиликатног гела, утврђено је присуство карактеристичних Si–O–Si/Si–O–Al вибрација. Приметан је и утицај пораста концентрације NaOH у алкалном активатору, јер долази до померања главног пика ка нижим таласним дужинама. Рендгенском дифракцијом праха идентификовано је присуство аморфне фазе и кристалних фаза, а доминантна фаза је кварц. Када је коришћен раствор NaOH концентрације 12 М у алкалном активатору, идентификовано је формирање нових фаза: нефелина, фужасита и геленита. Скенирајућом електронском микроскопијом уочен је утицај повећања концентрације NaOH у алкалном активатору на морфологију ААМ. Код одређених ААМ долази до формирања честица штапићастог облика. ЕДС анализа је у сагласности са анализом хемијског састава референтних ААМ и двокомпонентних и трокомпонентних ААМ. Трансмисионом електронском микроскопијом потврђено је присуство албита, мулита, мусковита и калцита, што је у складу са рендгенском дифракционом анализом праха. Методом дифузне дифракције прстенова потврђена је аморфна структура гела. Гама спектрометријска анализа је показала да са порастом концентрације NaOH у алкалном активатору долази до опадања вредности специфичних активности мерених радионуклида у ААМ. До пораста специфичне површине долази код алкално активираних летећег пепела и дрвеног пепела, такође утврђено је присуство мезопора. Анализом тачке нултог наелектрисања утврђено је да ААМ који садрже дрвени пепео имају високе вредности.

У поглављу **Примена алкално активираних материјала** (поглавље 5) представљени су резултати адсорпције кадмијума и других тешких метала (олово, бакар, никл, цинк) на референтним ААМ и двокомпонентним и трокомпонентним ААМ, и показано је да се алкално активирани материјали могу ефикасно користити као адсорбенти за уклањање тешких метала. Испитиван је утицај експерименталних параметара, као што су време контакта, концентрација јона кадмијума у раствору и рН вредност раствора на процес адсорпције. Применом различитих модела адсорпционих изотерми, као и кинетичких модела на експерименталне податке, утврђен је механизам адсорпције одабраних тешких метала на испитиваним адсорбентима/алкално активираним материјалима и њихова ефикасност. Осим тога, испитана је и њихова примена у грађевинарству. Вредности густине, апсорпције воде и отворене порозности, као и привидне специфичне тежине и спољашњи волумен израчунати су на основу одговарајућих формула. Испитан је утицај радиоактивности материјала, са аспекта безбедности по здравље људи. На основу добијених резултата, синтетисани алкално активирани материјали су безбедни за употребу у грађевинарству.

У поглављу **Закључци** (поглавље 6) дат је сумирани преглед добијених резултата. У току израде докторске дисертације истакнута су основна сазнања до којих се дошло, наведени су најважнији закључци изведених истраживања уз наглашавање иновативности и значаја примене сировина на бази отпада.

У поглављу **Литература** (поглавље 7) наведен је списак свих литературних извора (277 референци), који су коришћени током израде докторске дисертације.

На крају дисертације приложена је кратка биографија кандидаткиње, прилози са Изјавом о ауторству, Изјавом о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјавом о коришћењу, уз Оцену извештаја о провери оригиналности докторске дисертације, потписану од стране ментора.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Предмет истраживања докторске дисертације кандидаткиње Наташе Н. Младеновић Николић је могућност употребе алкално активираних материјала на бази отпадних пепела за употребу у заштити животне средине и у грађевинарству. Летећи пепео који у великој количини

настаје приликом сагоревања угља у термоелектранама одлаже се на депоније у њиховој непосредној близини, што има велики негативан утицај на животну средину и здравље људи. Такође, дрвени пепео који настаје сагоревањем дрвета у индивидуалним, кућним ложиштима се без контроле одлаже на обрадиве и необрадиве површине и може довести до загађења земљишта и подземних вода. Из тог разлога научници истражују различите начине за употребу ових отпадних материјала. Један од начина рециклаже је процес алкалне активације природних и отпадних чврстих материјала реакцијом са алкалним активатором, где долази до трансформације полазне алумосиликатне структуре, полимеризације и очвршћавања при ниским температурама (до 100 °C). Међутим, механизам реакције геополимеризације/алкалне активације није довољно испитан и пошто се ради о врло сложеним системима, неопходно је да се испитају фазе процеса, односно стварање коначног производа и оптимизација услова синтезе.

Истраживања у оквиру ове докторске тезе била су усмерена на оптимизацију поступка синтезе нових материјала полазећи од различитих прекурсора (метакаолин, летећи и дрвени пепео), као и на испитивање структурних карактеристика са акцентом на физичко-хемијска својства, испитивање површинских особина и природне радиоактивности. У литератури се могу наћи научни радови везани за коришћење летећег пепела као полазне сировине за синтезу, али је употреба дрвеног пепела веома мало испитана. Додавање дрвеног пепела, који садржи већи проценат калцијума, може утицати на стабилизацију пепела. Током истраживања упоређена су добијена својства материјала и изабран је најбољи однос компонената материјала који би нашли примену у области заштите животне средине, али и другим потенцијалним областима. Могућност примене добијених материјала као сорбената је испитана у процесу уклањања јона тешких метала из воде, при различитим радним параметрима. Замена природних необновљивих сировина као што су глине са отпадним врстама пепела довела је до повећања ефикасности адсорпције тешких метала на алкално активираним материјалима. Повећање садржаја изменљивих јона натријума и калцијума у узорцима са смешом дрвеног и летећег пепела допринела је уклањању јона тешких метала процесом јонске измене. Детаљним прегледом литературе утврђено је такође да не постоје значајни литературни подаци који се односе на процену утицаја алкално активираних материјала као конструкционих материјала у грађевинској индустрији на здравље људи са радиолошког аспекта. С обзиром на ту чињеницу испитано је присуство радионуклида у полазним материјалима/смешама, као и у синтетисаним материјалима. Резултати су показали да су вредности гама индекса за алкално активиране материјале ниже од максимално дозвољене вредности, док за полазне сировине имају веће вредности. Испитивани ААМ материјали су безбедни по здравље становништва и могу се употребити у нискоградњи. Примењене научне методе и резултати потврђују значај и оригиналност спроведених истраживања. На основу опсежног прегледа литературе, може се закључити да се истраживања у оквиру ове докторске дисертације уклапају у светске трендове и указују на значај и актуелност проучавање проблематике.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је током израде докторске дисертације извршио преглед стручне и научне литературе из релевантних научних области која се односи на испитивање утицаја радних услова током процеса синтезе и активације материјала на бази природних и отпадних сировина, методе карактеризације добијених материјала, могућности употребе алкално активираних материјала као адсорбената за тешке метале и примени у грађевинске сврхе са здравствено безбедносног аспекта. У оквиру докторске дисертације цитирана су 277 литературна навода, од којих највећи број чине најновији радови из међународних часописа. Истраживања приказана у наведеним референцама су коришћена за постављање полазних хипотеза, планирање експерименталног рада, анализу, обраду и дискусију резултата добијених током израде докторске дисертације, као и извођење закључака. У оквиру литературних

навода, приказаних у овој докторској дисертацији, налазе се и публикације кандидаткиње Наташе Н. Младеновић Николић, мастер инжењера технологије, проистекле из рада на изради ове докторске дисертације. Прегледана обимна литература и објављени радови кандидата указују на актуелност истраживања и адекватно познавање предметне области истраживања.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Током израде ове дисертације примењена су експериментална испитивања, савремене аналитичке инструменталне методе анализе и одговарајући математички модели за обраду података. Алкално активирани материјали су синтетисани реакцијом чврстих прекурсора који садрже алуминијум (метакаолин, летећи пепео и дрвени пепео) и алкалног активатора према прегледаној литератури уз одређене модификације радних параметара. Хемијски састав сировина, као и добијених алкално активираних материјала, одређен је рендгенском флуоресценцијом (енг. X-ray fluorescence - XRF). Минералозна карактеризација и идентификација кристалних фаза извршена је рендгенском дифракцијом праха (енг. X-ray diffraction - XRD). Функционалне групе у прекурсор материјалима као и функционалне групе настале током процеса синтезе алкално активираних материјала одређене су инфрацрвеном спектрометријом са Фуријеовом трансформацијом (енг. Fourier-Transform Infrared Spectroscopy, FTIR). За испитивање морфологије и величине честица коришћена је скенирајућа електронска микроскопија (енг. Scanning Electron Microscopy - SEM), док је хемијски састав одређене честице или површине испитан коришћењем енергетски дисперзионе спектроскопије (енг. Energy Dispersive Spectroscopy - EDS). Трансмисионом електронском микроскопијом (енг. Transmission Electron Microscopy - TEM) утврђен је фазни састав и присуство кристалних структура. Такође, урађена је и електронска дифракција на одабраној површини (енг. Selected Area Diffraction - SAD) за детаљнију анализу структуре и састава. БЕТ методом (енг. Brunauer-Emmett-Teller methods - BET) одређене су специфичне површине и порозност, а ласерском методом за одређивање величине честица праћена је величина честица синтетисаних материјала. Методом уравнотежавања посебних проба одређена је тачка нултог наелектрисања. Радиоактивност материјала испитана је гама спектроскопијом (енг. Gamma-ray spectroscopy - GRS), док је математичким прорачуном који се односи на дозу одређених радионуклида и вредност хазард индекс сагледан утицај присутних радионуклида на здравље људи. Након синтезе и карактеризације полазних и добијених материјала, испитано је понашање алкално активираних материјала у процесу адсорпције јона тешких метала. Одређивање концентрације јона метала у раствору након адсорпције извршено је пламеном атомском апсорпционом спектрофотометријом (енг. Flame Atomic Absorption Spectrophotometry - FAAS). Резултати добијени коришћењем програмског пакета Visual MINTEQ 3.1 коришћени су за анализу утицаја рН раствора и присутних јона у води на процес адсорпције. Применом Ленгмировог и Фројндлиховог модела адсорпционих изотерми описан је процес адсорпције за добијене материјале, док су за анализу механизма адсорпције коришћене једначине кинетичких модела псеудо-првог и псеудо-другог реда.

3.4. Применљивост остварених резултата

На основу увида у до сада објављене резултате истраживања, као и резултате приказане у оквиру ове докторске дисертације, може се закључити да је кроз реализацију истраживања у оквиру ове докторске дисертације остварен значајан научни допринос у области употребе отпадног материјала богатог алуминијумом у заштити животне средине и грађевинарству. Испитивани алкално активирани материјали на бази отпадног материјала – нуспроизвода сагоревања угља и дрвета (летећи пепео, дрвени пепео) и природних сировина (глина) имају висок потенцијал као адсорбенти за уклањање јона тешких метала из отпадне воде. Такође, резултати су показали да се замена природних материјала са отпадним материјалом показала врло ефикасном, имајући у виду даљу употребу ових материјала, посебно у грађевинарству. На

основу вредности хазард индекса са здравствено безбедносног аспекта, закључено је да се испитивани ААМ могу успешно користити у грађевинарству, посебно су погодни за употребу у нискоградњи без опасности.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидаткиње за самостални научни рад

На основу досадашњег ангажовања у научно-истраживачком раду, реализованих научноистраживачких активности и публикованих резултата, који су проистекли из рада кандидаткиње Наташе Младеновић Николић, мастер инжењера технологије, у научноистраживачкој области од интереса, закључује се да је кандидаткиња показала стручност, способност, систематичност, самосталност и креативност у претраживању и коришћењу научне литературе, планирању и реализацији експеримената, обради и анализи добијених података, дискусији резултата и припреми публикација. Комисија је на основу досадашњег залагања и постигнутих резултата, као и на основу поднете докторске дисертације, утврдила да кандидат поседује све квалитете неопходне за самостални научноистраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Резултати истраживања, остварени током израде докторске дисертације кандидаткиње Наташе Н. Младеновић Николић, под називом „Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“, довели су до вишеструких значајних научних доприноса:

- развоја алтернативних материјала произведених од отпадних материјала богатих алуминијумом, чиме се смањује проблем одлагања ове врсте отпада;
- употребе јефтиних алтернатива и локалних отпадних материјала као полазних прекурсора уместо природних, необновљивих сировина;
- оптимизације састава чврсте фазе, односа течност/чврсто као и температуре и услова старења током процеса алкалне активације;
- бољег разумевања механизма алкалне активације, као и утицаја концентрације алкалног активатора на физичко-хемијске карактеристике и на радиолошке особине материјала;
- примене алкално активираних материјала као ефикасних адсорбената, са једне стране, и њихову употребу у грађевинске сврхе са здравствено безбедносног аспекта, са друге стране.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Увидом у доступну литературу из предметне области, констатовано је да добијени резултати не само да се надовезују, већ и значајно допуњују и надограђују постојеће резултате. Експериментални услови процеса алкалне активације, као што су концентрација алкалног активатора и процентни удео сировина, имају значајан утицај на физичко-хемијска својства, као и на радиолошке карактеристике и њиховом оптимизацијом може се произвести материјал побољшаних карактеристика. Алкалном активацијом сировина, као и њихових смеша добијени су ААМ који се могу ефикасно применити у заштити животне средине за уклањање тешких метала из отпадних вода, као и у грађевинској индустрији, при чему су материјали испитани са радиолошког аспекта безбедни по здравље становништва и могу се употребити у нискоградњи. Развој алтернативних материјала произведених од отпадних материјала, као што су летећи пепео из термоелектрана и дрвени пепео настао процесом сагоревања у домаћинствима, уз економско, има и еколошко значење, јер се може решити проблем

збрињавања великих количина различитих врста отпада, а технологија алкалне активације алуминосиликатних материјала се одвија уз смањење нивоа емисије CO₂ у атмосферу.

Методе примењене у изради докторске дисертације су у складу са савременим научним методама и показују мултидисциплинарни приступ истраживању. Ова докторска дисертација садржи научне резултате који представљају важан помак ка даљем развоју и практичној примени испитиваних алкално активираних материјала.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидаткиња Наташа Н. Младеновић Николић је резултате истраживања добијене у току израде ове докторске дисертације потврдила објављивањем радова у часописима међународног значаја (3 рада) и саопштавањем радова на међународним и националним скуповима (7 радова).

M21-Врхунски међународни часопис

1. **Nataša Mladenović Nikolić**, Ljiljana Kljajević, Snežana S. Nenadović, Jelena Potočnik, Sanja Knežević, Sabina Dolenec and Katarina Trivunac, Adsorption Efficiency of Cadmium (II) by Different Alkali-Activated Materials, Gels 2024, 10, 317. <https://doi.org/10.3390/gels1005031>. (ISSN 2310-2861, IF (2023) 5,0)
2. **Nataša Mladenović Nikolić**, Aleksandar Kandić, Jelena Potočnik, Nemanja Latas, Marija Ivanović, Snežana Nenadović, Ljiljana Kljajević, Microstructural Analysis and Radiological Characterization of Alkali-Activated Materials Based on Aluminosilicate Waste and Metakaolin, Gels 2025, 11(1), 57. <https://doi.org/10.3390/gels11010057>. (ISSN 2310-2861, IF (2023) 5,0)

M22-Истакнути међународни часопис

1. **Nataša Mladenović Nikolić**, Aleksandar B. Kandić, Katarina V. Trivunac, Miljana M. Mirković, Ivana S. Vukanac, Snežana S. Nenadović, Ljiljana M. Kljajević, Radiological and Structural Characterization of Raw and Alkali-Activated Wood Ash and Metakaolin Blends. Sustainability 2022, 14, 12960. <https://doi.org/10.3390/su142012960>. (ISSN 2071-1050, IF (2022) 3,9)

5. ПРОВЕРА ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација, које се бране на Универзитету у Београду, коришћењем програма iThenticate извршена је провера оригиналности докторске дисертације кандидаткиње Наташе Н. Младеновић, мастер инжењера технологије, под називом „Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“. Извештај, који садржи резултате провере оригиналности, ментори су добили дана 25.04.2025. године. Утврђени проценат подударности је 5 %. Неки од узрока подударања делова текста докторске дисертације са изворима из литературе су навођење назива примењених метода истраживања, физичких величина, установа у којима су запослени чланови Комисије и др. У тексту докторске дисертације постоје и подударања са општим местима из литературе, као и са радовима у којима су објављени резултати докторандовога истраживања, који су проистекли из рада на изради докторске дисертације. На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8 став 2 Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујемо да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те да се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити (позитивна оцена).

6. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега наведеног Комисија сматра да докторска дисертација кандидаткиње Наташе Н. Младеновић Николић, мастер инжењера технологије, под насловом „Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“ представља значајан и оригиналан научни допринос у области Технолошког инжењерства, што је и потврђено кроз објављивање радова у часописима међународног значаја и зборницима скупова националног и међународног значаја. Предмет и циљеви, који су постављени, су јасно наведени и у потпуности остварени. Комисија је мишљења да докторска дисертација под називом „Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“ у потпуности испуњава све захтеване критеријуме, као и да је кандидаткиња током израде дисертације показала изузетну научноистраживачку способност у свим фазама израде ове дисертације.

Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос постигнутих и приказаних резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да прихвати овај Реферат и да га заједно са поднетом дисертацијом Наташе Н. Младеновић Николић, мастер инжењера технологије, под називом „Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“ пружи на увид јавности у Законом предвиђеном року и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и да након завршетка процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду 12.05.2025.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Александра Перић-Грујић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Драгана Живојиновић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

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

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

.....
Др Александар Кандић, виши научни сарадник
Институт за нуклеарне науке „Винча“,
Институт од националног значаја за Републику Србију,
Универзитет у Београду