

Факултет Технолошко-металуршки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/22
(Број захтева)
03.02.2023.
(Датум)

Веће научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ

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

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

КАНДИДАТ Стефан (Милорад) Павловић
(име, име једног од родитеља и презиме)

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

пријавио је докторску дисертацију под називом:
Синтеза и карактеризација наноструктурног хетерогеног катализатора на бази калцијум-оксида валоризацијом чврстих отпадних материјала и његова активност у метанолизи сунцокретовог уља

Технолошко инжењерство				
из научне области:				
Универзитет је дана	22.04. 2019.	својим актом под бр.	61206-1844/2-19	дао сагласност на предлог теме докторске дисертације
која је гласила:				

Синтеза и карактеризација наноструктурног хетерогеног катализатора на бази калцијум-оксида валоризацијом чврстих отпадних материјала и његова активност у метанолизи сунцокретовог уља

Име и презиме ментора: др Љиљана Мојовић, редовни професор у пензији Универзитета у Београду, Технолошко-металуршког факултета (у пензији од 30.09.2022.)
Име и презиме ментора 2: др Далибор Маринковић, научни сарадник, Универзитета у Београду, Института за хемију, технологију и металургију-Института од националног значаја за Републику Србију.

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној 22.11.2022. одлуком факултета под бр. 35/279 , у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Зорица Кнежевић-Југовић	редовни професор	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
2.	Др Александра Ђукић-Вуковић	доцент	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
3.	Др Предраг Банковић	научни саветник	Хемија-катализа	Институт за хемију, технологију и металургију

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

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности 21.12.2022.

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана 02.02.2023.

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној 02.02.2023.

одлуком факултета под бр. 35/24, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Зорица Кнежевић-Југовић	редовни професор	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
2.	Др Александра Ђукић-Вуковић	доцент	Биохемијско инжењерство и биотехнологија	ТМФ
3.	Др Предраг Банковић	научни саветник	Хемија-катализа	Институт за хемију, технологију и металургију

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

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
др Петар Ускоковић, редовни професор

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

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



Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 20/184
28. 11. 2022 год.
БЕОГРАД

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

РЕШЕЊЕ

о продужењу рока за завршетак студија

Студенту **Стефан Павловић**, број индекса 2016/4027, уписан у прву годину докторских академских студија школске 2016/2017 године продужава се рок за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма, односно до краја школске 2025/2026 године.



Декан
Проф. др Петар Ускоковић

ДІВа

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. 52. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 02.02.2023. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Зорица Кнежевић-Југовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Александра Ђукић-Вуковић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Предраг Банковић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: **„Синтеза и карактеризација наноструктурног хетерогеног катализатора на бази калцијум-оксида валоризацијом чврстих отпадних материјала и његова активност у метанолизи сунцокретовог уља“** коју је поднео **Стефан Павловић**, мастер инжењер 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 Стефана Павловића, под називом **„Синтеза и карактеризација наноструктурног хетерогеног катализатора на бази калцијум-оксида валоризацијом чврстих отпадних материјала и његова активност у метанолизи сунцокретовог уља“** Одлуком број: 61206-1844/2-19 од 22.04.2019. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија М21а:

1. **Pavlović SM**, Marinković DM, Kostić MD, Janković-Častvan IM, Mojović L V., Stanković M V., et al. A CaO/zeolite-based catalyst obtained from waste chicken eggshell and coal fly ash for biodiesel production. Fuel 2020;267:117171. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2020.117171> (ISSN 0016-2361), IF(2019)=5.776 (Energy&Fuels 29/112; Engineering, Chemical 14/143).

2. **Pavlović SM**, Marinković DM, Kostić MD, Lončarević DR, Mojović L V., Stanković M V., et al. The chicken eggshell calcium oxide ultrasonically dispersed over lignite coal fly ash-based cancrinite zeolite support as a catalyst for biodiesel production. Fuel 2021;289:119912. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2020.119912> (ISSN 0016-2361), IF(2019)=5.776 (Energy&Fuels 29/112; Engineering, Chemical 14/143).

Категорија М22:

1. **Pavlović S**, Šelo G, Marinković D, Planinić M, Tišma M, Stanković M. Transesterification of Sunflower Oil over Waste Chicken Eggshell-Based Catalyst in a Microreactor: An Optimization Study. Micromachines 2021;12:120. <https://doi.org/10.3390/mi12020120> (ISSN 2072-666X), IF(2021)=3.523 (Chemistry, Analytical 35/87; Instruments & Instrumentation 21/64).

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

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

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. 52. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 02.02.2023. године, донета је

О Д Л У К А

о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације

Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације **Стефана Павловића**, мастер инжењера, са темом под називом „Синтеза и карактеризација наноструктурног хетерогеног катализатора на бази калцијум-оксида валоризацијом чврстих отпадних материјала и његова активност у метанолизи сунцокретовог уља“, у саставу:

1. Др Зорица Кнежевић-Југовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
2. Др Александра Ђукић-Вуковић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет,
3. Др Предраг Банковић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију.

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

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Стефана М. Павловића, мастера хемијског инжењерства**

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду бр. 35/279 од 22.11.2022. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Стефана М. Павловића, мастера хемијског инжењерства** под насловом:

„Синтеза и карактеризација наноструктурног хетерогеног катализатора на бази калцијум-оксида валоризацијом чврстих отпадних материјала и његова активност у метанолизи сунцокретовог уља“

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- Школске 2016/17, кандидат је уписао докторске академске студије на студијском програму Хемијско инжењерство. Положио је све испите према плану и програму, а завршни рад је одбранио 25.09.2018. године.
- 07.03.2019. године, ННВ факултета је на 4. редовној седници донела Одлуку о прихватању Комисије за оцену научне заснованости теме и подобности Кандидата и то у саставу: проф. др Љиљана Мојовић, проф. др Зорица Кнежевић-Југовић, проф. др Марина Тишма, др Мирослав Станковић и др Далибор Маринковић.
- 11.04.2019. године, ННВ факултета је на 5. редовној седници је прихватило одлуку Комисије о оцени научне заснованости теме и подобности Кандидата.
- 12.04.2019. године, Технолошко-металуршки факултет је упутио захтев Већу научних области техничких наука, Универзитета у Београду, за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и одређивању ментора.
- 22.04.2019. године, Веће научних области, Универзитета у Београду, је донело одлуку број 61206-1844/2-19, којом је Кандидату дата сагласност на предлог теме докторске дисертације под називом: *Синтеза и карактеризација наноструктурног хетерогеног катализатора на бази калцијум-оксида валоризацијом чврстих отпадних материјала и његова активност у метанолизи сунцокретовог уља*, а за менторе су одређени др Љиљана Мојовић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду и др Далибор Маринковић, научни сарадник, Универзитета у Београду, Института за хемију, технологију и металургију-Института од националног значаја за Републику Србију.
- 19.10.2022. године, Кандидату је због истека законски предвиђеног рока за завршетак студија од 6 година, уз поднету молбу извршен продужетак рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.
- 22.11.2022. године, ННВ факултета је на 38. редовној седници донело Одлуку бр. 35/279 о именовању Комисије за оцену написане докторске дисертације Кандидата.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања рађена у оквиру докторске дисертације Кандидата припадају научној области Технолошко инжењерство, односно ужој научној области Хемијско инжењерство. Израда докторске дисертације је вршена под менторством др Љиљане Мојовић, редовног професора у пензији, Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду и др Далибора Маринковића, вишег научног сарадника, Института за хемију, технологију и металургију-Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду. Ментори се дужи низ година баве проблематиком, која је предмет ове дисертације, објавили су бројне научне радове у међународним часописима изузетних вредности и врхунским међународним часописима и тиме показали компетентност за руковођење израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Стефан (Милорад) Павловић је рођен 31. октобра 1992. године у Београду. Основну и средњу школу завршио је у Бијељини (Босна и Херцеговина, Република Српска). Технолошки факултет, Универзитета у Источном Сарајеву уписао је школске 2011/2012. године и дипломирао са средњом оценом 9,89. Дипломски рад под називом „Моделовање дестилационих колона” одбранио је 09.07.2015. године са оценом 10. Школске 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014 и 2014/2015 године проглашаван је за најбољег студента године, а основне академске студије је завршио као студент генерације. Мастер академске студије на Технолошком факултету, Универзитета у Источном Сарајеву уписао је школске 2015/2016. године и завршио са средњом оценом 10,00. Мастер рад под називом „Утицај динамике струјања и температуре на састав и конверзију масних киселина у процесу хидрогеновања сунцокретоног уља” одбранио је 17.10.2016. године са оценом 10. Средња просечна оцена Стефана М. Павловића на основним и мастер академским студијама је 9,95. Школске 2016/2017. године на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду уписао је прву годину докторских академских студија – студијски програм Хемијско инжењерство. Завршио је другу годину докторских академских студија и положио све испите предвиђене планом и програмом са средњом оценом 10,00. Школске 2017/2018. године уписао је трећу годину докторских академских студија. Докторска дисертација кандидата је из области хетерогене катализе и каталитичког реакционог инжењерства, а реализација експерименталног дела се одвија у лабораторијама Центра за катализу и хемијско инжењерство (НУ Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду), где је и запослен у истраживачком звању истраживач-сарадник на пројекту интегралних и интердисциплинарних истраживања под називом „Наноструктурни функционални и композитни материјали у каталитичким и сорпционим процесима” који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (ИИИ 45001, руководилац пројекта др Предраг Банковић, научни саветник). У досадашњем научно-истраживачком раду кандидат Стефан М. Павловић, мастер хемијског инжењерства, био је ангажован на научно-истраживачким пројектима из области основних истраживања и технолошког развоја које је финансирало Министарство науке и технологије Републике Српске, као и на пројектима билатералне сарадње између Републике Српске и Републике Словеније и Српске академије наука и уметности и Бугарске академије наука. Кандидат је учествовао на више научних скупова националног и међународног значаја. Објавио је више научних и стручних радова штампаних у међународним часописима изузетне вредности, врхунским међународним и националним часописима, као и у зборницима радова саопштених на научним скуповима међународног значаја. Коаутор је једног универзитетског уџбеника. Током основних академских студија стицао је практичне вештине обављајући индустријску праксу у секторима ваздухопловне и хемијске индустрије: Завод за ремонт турбо-млазних мотора Орао (Бијељина), Фабрика глинице Алумина (Зворник), Рафинерија нафте Брод (Брод) и Рафинерија уља Модрича (Модрича). У оквиру стручних посета и обука кандидат Стефан М. Павловић, мастер

хемијског инжењерства, је боравио у више иностраних индустријских привредних субјеката као што су: *Chemie Site-Chemie Park Marl* (Немачка), *Vereinigte Fettwarenindustrie GmbH* (Аустрија), *Expandable Polystyrene (EPS) Producer* (Грчка) и *Sajobabony Chemical Industrial Park* (Мађарска). Као носилац стипендије Централно-европског програма за размену универзитетског особља (CEEPUS) између Републике Србије и Републике Хрватске, 2018. и 2019. године боравио је на Прехрамбено-технолошком факултету, Универзитета Јосип Јурај Штросмајер у Осијеку. Током боравка учествовао је у реализацији експеримената који су се односили на синтезу и проверу каталитичке активности слојевитих двоструких хидроксида типа хидроталцита као катализатора за производњу биодизела и развијању методе за анализу метил-естара масних киселина методом течне хроматографије високих перформанси (HPLC). Као асистент на Технолошком факултету у Зворнику, Универзитета у Источном Сарајеву био је ангажован у извођењу наставе на основним академским студијама на следећим предметима: Физичка хемија 1 и Физичка хемија 2 (школске 2013/2014 и 2014/2015 године). Школске 2015/2016, 2016/2017 и 2017/2018 године био је ангажован у извођењу наставе и реализацији лабораторијских и рачунских вежби на следећим предметима: Механичко процесно инжењерство, Топотно и дифузионо процесно инжењерство и Основе реакционог инжењерства у својству сарадника у настави на Технолошком факултету у Зворнику, Универзитета у Источном Сарајеву. Од школске 2018/2019 до 2021/2022 године био је радно ангажован као сарадник у настави на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, где је обављао активности у реализацији вежби на предмету Биотехнолошки практикум. Област научног интересовања Стефана М. Павловића, мастера хемијског инжењерства, је усмерена на хемијско-инжењерске процесе са посебним освртом на инжењерску термодинамику и каталитичко реакционо инжењерство. У инжењерској термодинамици кандидат је проучавао различите физичке и хемијске процесе примењујући упрошћене термодинамичке методе, вршио прорачуне термодинамичких величина, развијао и оптимизовао физичке методе раздвајања различитих флуидних система, као и термодинамичке прорачуне размене топлоте и масе за одабране физичке и хемијске процесе. У оквиру истраживања у областима инжењерске термодинамике и јединичних операција које налазе примену у хемијском инжењерству Стефан М. Павловић, мастер хемијског инжењерства, је објавио више радова у међународним часописима изузетних вредности и врхунским међународним и националним часописима. У области каталитичког реакционог инжењерства проучавао је различите каталитичке системе у циљу повезивања фундаменталних знања хетерогене катализе и каталитичких процеса везаних за дизајнирање и рад хемијских реактора. Посебну пажњу у овој научној области је посветио синтези и карактеризацији катализатора који се користе сложеним процесима каталитичког парцијалног хидрогеновања и метанолизе биљних уља. Такође, великим делом истраживачки рад Стефана М. Павловића је усмерен и на истраживања у области науке о материјалима са посебним акцентом на анализирање текстуалних својстава различитих органских и нероганских материјала који примену проналазе у фармацији, електрохемији, биотехнологији и општој катализи. Стефан М. Павловић, мастер хемијског инжењерства, је добитник плакете Универзитета у Источном Сарајеву за резултате које је постигао у образовном и педагошком раду на Технолошком факултету. За време основних и мастер студија био је стипендиста фондације „др Милан Јелић“ и стипендиста Министарства науке и технологије Републике Српске. Члан је Српског хемијског друштва, Клуба младих хемичара Србије и Савеза инжењера и техничара Србије. На Шестој конференцији младих хемичара Србије одржаној у Београду 2018. године за постер презентацију рада *Preparation of zeolite from coal fly ash as waste raw material* освојио је прву награду, а 2019. године је добио награду за најбоље усмено саопштење за рад под насловом *Calcium oxide on coal fly ash cancrinite-type zeolite as a catalyst for biodiesel production* на Осмој конференцији српског керамичког друштва (*Advanced Ceramics and Application VIII: New Frontiers in Multifunctional Material Science and Processing*). Рецензирао је неколико научних радова у међународним часописима изузетних вредности и врхунским међународним часописима (*Fuel, Biomass*

Conversion and Biorefinery, Journal of Polymer Research, Hemijska industrija и *Journal of Renewable Materials*). Стефан М. Павловић течно говори немачки и енглески језик (чита и пише).

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Стефана М. Павловића, мастера хемијског инжењерства написана је према Упутству које је 2019. године издао Универзитет у Београду. Докторска дисертација је написана на 157 страна од којих је 133 нумерисаних страна, садржи *Увод* и пет главних делова (*Литературни преглед*, *Експериментална испитивања*, *Резултати и дискусија*, *Закључци* и *Литература*) подељених у одговарајуће тематске целине, 72 слике, 31 табела од којих су 3 у *Прилозима* и 346 литературна навода. На почетку дисертације дате су насловне стране на српском и енглеском језику, подацима о менторима и члановима комисије, захвалница, сажетак на српском и енглеском језику и садржај целокупне дисертације. На крају дисертације дата је кратка биографија Кандидата, списак научних радова проистеклих из истраживања предметне дисертације и *Прилози* који се састоје од 3 табеле које се односе на *Литературни преглед* дисертације и обавезни прилози који се односе на Изјаве о ауторству, Изјаве о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаве о коришћењу са кратким описом лиценци Креативне заједнице.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У *Уводу* је кратко приказан значај проблематике којом се ова дисертација бави, чиме је указано на битне правце развоја како у прошлости тако и у будућности. Приказана је предност хетерогено-катализованих у односу на хомогено-катализоване процесе метанолизе биљних уља, као и предност примене различитих природних и отпадних материјала у синтези катализатора. Такође, у уводном делу су кратко наведене коришћене методе синтезе и карактеризације катализатора, процеса метанолизе у шаржном и континуалном реактору и праћења успешности реакције. Кратко су описани сви делови дисертације, као и њихов научни и практични значај, чиме је олакшано разумевање и тумачење резултата добијених истраживањима спроведеним у овој дисертацији.

Литературни преглед дисертације садржи три тематске целине: 1-*Метанолиза биљних уља*, 2-*Катализатори за метанолизу на бази отпада* и 3-*Метанолиза биљних уља у микрореакторима* написане на 40 страна. У оквиру прве тематске целине дат је осврт на развој поступка метанолизе кроз историју, развој првог мотора са унутрашњим сагоревањем, који је као погонско гориво користио биљна уља, потребу за смањењењем вискозности биљних уља и добијање метил-естара масних киселина као горива посебних перформанси. Детаљно је приказан хемизам реакције метанолизе биљних уља са освртом на безбедносно-техничка и термодинамичка ограничења у примени других, виших алкохола у процесу хетерогено-катализоване алкохолизе. Посебан осврт дат је на примену сунцокретовог уља. Анализирана је доступност и производња овог уља у Србији, Европи и Свету са посебним освртом на климатско-педолошке и педогенетске факторе који утичу на узгој сунцокрета и принос уља добијеног његовом екстракцијом и рафинацијом из семена сунцокрета. Приказане су основне физичко-хемијске особине сунцокретовог уља, чиме је указано на кључне факторе који могу утицати на вођење процеса метанолизе и његову сложеност која би подразумевала различите предтретмане у циљу уклањања слободних масних киселина и воде, посебно у случају коришћеног сунцокретовог уља. Као важан производ метанолизе сунцокретовог уља је биодизел, који у основи представља смешу метил-естара масних киселина. У наставку ове тематске целине, приказана је основна дефиниција ове врсте биогорива, приказане основне физичко-хемијске карактеристике и дате важне информације о могућностима производње, капацитетима и примени у Србији, Европи и Свету. Указано је на стандарде (EN14214 и ASTM D6751) који дефинишу карактеристике које ово гориво мора да испуњава како би могло успешно да се користи у конвенционалним дизел моторима без

додатних измена постојећих конструкција. У другој тематској целини приказани су правци развоја катализатора за метанолизу биљних уља који су у основи сачињени од природних материјала и индустријског отпада. Посебно су анализирани љуска кокошијег јајета као јефтин и широко-доступан извор калцијум-оксида, најчешће коришћеног јефтиног и одрживог катализатора и електрофилтерски летећи пепео настао сагоревањем угља у термо-енергетским системима, погодан за трансформацију и добијање материјала посебне вредности какви су зеолити. Детаљно је описана генеза љуске кокошијег јајета у дисталном делу јајовода птица тј. посебне подврсте *Gallus gallus domesticus*, што се означава као кокошка, кокош или домаћа кокош. Описана је улога љуске у заштити плода, као и њене физичко-хемијске карактеристике које се уз адекватну измену у поступцима трансформације (калцинација, хидротермални третман и депозиција на носач) могу прилагодити физичко-хемијским карактеристикама активних и стабилних катализатора заснованих на калцијум-оксиду за метанолизу биљних уља. Приказан је механизам реакције метанолизе и улога катализатора у том механизму, као и резултати примене оваквих катализатора у скоријим истраживањима уз поређење резултата добијених у случају примене чистог калцијум-оксида и калцијум-оксида на одговарајућем порозном носачу. У наставку је дат опиширан и детаљан приказ карактеристика летећег пепела које га кандидују за каталитички материјал посебних особина. Детаљно су описани угљеви из којих настаје пепео сагоревањем, њихов хемијско-минералогски састав, као и услови сагоревања у пећима термо-енергетских система. Приказана је анализа светске експлоатације угљева са посебним акцентом на угљеве лигнитног типа и токове њиховог извоза и увоза у земљама Европе и целог Света. Посебно је описана генеза летећег пепела на микроскопском нивоу и детаљно описано на који начин услови сагоревања у пећима (степен уситњености угља, температура у пећи, односа ваздух/угаљ и температуре хлађења пепела) утичу на формирање сфероидне структуре летећег пепела и стварање посебних шупљина и пора унутар сфероидних члестица летећег пепела. Дат је приказ физичко-хемијских карактеристика летећег пепела и дијаграми прелаза минералогских фаза којима се на основу садржаја кључних елемената (силицијума и алуминијума) класификује ова врста материјала и одређују правци даље примене. Описан је механизам зеолитизације летећег пепела и указано на који начин различити поступци и услови третмана и синтезе (врста алкалног агенса, температура фузије и хидротермалног третмана, однос летећи пепео/алкални агенс, време кристализације, старење и стабилизација кристала) утичу на стварање зеолита, њихову чистоћу и разноврсност фаза. У сваком делу ове тематске целине дат је критички осврт на савремена истраживања која су занована на примени катализатора добијених из овде описаних материјала у метанолизи биљних уља уз приказ њихових перформанси у погледу активности и стабилности. Трећа тематска целина *Литературног прегледа* односи се на примену савремених микрореакторских система у метанолизи биљних уља. У овом делу су описани основни принципи микрофлуидике, њене предности у савременом хемијском инжењерству и недостаци који се сусрећу посебно у хетерогено-катализованим реакцијама, што представља додатан изазов у дизајнирању и конструисању система који би били ефикаснији у односу на конвенционалне шаржне и континуалне реакторске системе. Указано је на начине конструисања микрореактора и посебних елемената који треба да обезбеде добру мешљивост реактаната и обезбеде униформност тока у микроканалу чиме ће се остварити максимална ефикасност ове врсте реактора и обезбедити неометана дифузија реактаната и производа током реакције метанолизе. Приказани су посебно одабрани резултати досадашњих истраживања и примене микрореактора у метанолизи сунцокретоног уља и важност утицајних параметара (температура, запремински/молски однос уље/метанол и концентрација катализатора) на активност катализатора и продуктивност реактора. Такође, указано је и на отворено поље и важност даљих истраживања у области микрофлуидике и хетерогено-катализованих реакција у микроканалима.

Експериментални део дисертације је написан на 17 страна и садржи детаљно навођење и опис свих коришћених материјала (сировина) и хемикалија, као и метода за синтезу катализатора, њихову карактеризацију, реакцију метанолизе и карактеризацију производа метанолизе. Детаљно је дат опис припреме активне компоненте катализатора из љуске кокошијег јајета сакупљене у домаћинству. Описан је начин припреме носача поступком зеолитизације (алкалне активације) летећег пепела насталог сагоревањем лигнитног угља Колубарског басена сакупљеног у термоенергетским постројењима Електропривреде Србије (ЕПС) у посебно дизајнираном минијатурном ротирајућем аутоклавном реактору и комерцијалном хидротермалном реактору. Дат је јасан приказ синтезе прекурсора катализатора применом два поступка: хидратација-дехидратација-калцинација и ултразвучна дисперзија активне компоненте у алкохолној суспензији носача. Све методе карактеризације, које подразумевају дефинисање хемијског састава, минералошке, структурне, морфолошке, текстуралне и базне карактеристике, детаљно су описане уз прецизно навођење коришћених уређаја/апаратура са назначеним произвођачима и земљама производње, као и навођење свих услова при којима су карактеризације и мерења вршени. Метанолиза сунцокретовог уља добијена припремљеним катализаторима описана је уз прецизно навођење коришћеног уља и методама и условима његове карактеризације. Описано је извођење метанолизе у шаржном реактору и континуалном микрореактору и приказане су јасне скице свих реакторских апаратура са свим припадајућим ознакама кључних елемената за управљање и регулацију процесом. Такође, јасно је описан поступак праћења напредовања реакције и у квалитативном (танкослојна хроматографија - TLC) и у квантитативном (течна хроматографија високих перформанси – HPLC) смислу. Наведене су и описане коришћене оптимизационе технике које су коришћене за одређивање оптималних параметара метанолизе (температура, молски однос уље/метанол и концентрација катализатора), али и оптималних параметара синтезе катализатора (садржај калцијум-оксида и температуре калцинације као последње фазе активације катализатора). На крају овог дела, детаљно су изведени математички модели примењени у кинетичкој студији за метанолизу катализовану синтетисаним катализаторима који разматрају два различита реакциона механизма: 1-реакција псеудо-првог реда у хетерогеном и псеудо-хомогеном режиму и 2-променљиви механизам који укључује ограничења у преносу масе триацилглицерола (ТАГ-а).

Резултати и дискусија представљају најобимнији део дисертације написан на 54 стране и могу се поделити у две подцелине: 1-*Резултати испитивања физичко-хемијских својстава сировина и катализатора* и 2-*Каталитички тестови – метанолиза сунцокретовог уља*. У првој подцелини приказани су резултати хемијског састава љуске кокошијег јајета и летећег пепела, чиме су потврђени висок садржај калцијум-оксида у љусци који адекватно може бити валоризован и високи садржаји силицијума и алуминијума у летећем пепелу потребни и довољни за успешну конверзију у материјал зеолитног типа. Резултати добијени рендгено-структурном анализом су приказани одговарајућим рендгенограмима и детаљно продискутовани, чиме је стечена јасна слика о успешној екстракцији калцијум-оксида из љуске кокошијег јајета и разарању сложене минералошке структуре летећег пепела превођењем у чист зеолит канкринитног типа. Структурне карактеристике материјала су јасно приказане инфрацрвеним спектрима са јасно уцртаним вредностима таласних бројева карактеристичних спектралних линија које сведоче о успешности спроведеног поступка синтезе. Морфолошке карактеристике су приказане јасним СЕМ микрографијама високе резолуције и прецизности, које потврђују претходне теоријске поставке које сведоче о сфероидној морфологији честица летећег пепела и игличастој морфологији карактеристичну за зеолит канкринитног типа добијен у истраживањима спроведеним у овој дисертацији. Текстурална својства одређена живином порозиметријом и физисорпцијом азота на -196 °C су детаљно описана и продискутована, а добијени резултати су поткрепљени одабраним литературним наводима који појашњавају и потврђују синтезом креиран систем пора и канала адекватан за реакцију метанолизе сунцокретовог уља. Базне карактеристике катализатора одређене температурно-програмираном десорпцијом угљен-диоксида детаљно

су описане и графички приказане одговарајућим зависностима са указаном јасном разликом између појединих група узорака, чиме је указано на оправданост, исправност и успешност одабраног поступка синтезе катализатора. У другој подцелини дела *Резултати и дискусија* описано је понашање синтетисаних катализатора у погледу активности и стабилности. Детаљно је приказано на који начин кључни параметри метанолизе сунцокретовог уља (температура, молски одос уље/метанол и концентрација катализатора) утичу на активност, при чему су јасно одређени оптимални параметри процеса применом синтетисаних катализатора. Додатном оптимизационом студијом, приказани су резултати који су повезали процес синтезе катализатора са процесом метанолизе чиме је расветљена повезаност самог хемизма синтезе у последњим фазама активације катализатора са његовом активношћу у метанолизи сунцокретовог уља. Студијама стабилности је анализирано и описано понашање синтетисаних катализатора у поновљеним реакционим циклусима и њихово понашање услед деловања неодговарајуће ваздушне атмосфере из које претњу катализатору представљају влага и угљен-диоксид. Детаљно је спроведена и описана хетерогено-катализована метанолиза сунцокретовог уља у микрореакторском систему. Представљен је и спроведен план оптимизације, при чему су изведене оптимизационе једначине. Одређени су оптимални параметри и пронађена је веза између одређених оптимизационих параметара, а такође је представљена општа слика применљивости ове врсте катализатора у овако сложеним системима. Предочена су ограничења која постоје у примени оваквих система и предложени су даљи правци развоја, како би се та ограничења превазишла, а систем унапредио.

Закључци су таксативно наведени и представљају сажет приказ најважнијих резултата, као и њихов допринос предметној области истраживања.

Литература обухвата 346 литературна навода који у потпуности одговарају области докторске дисертације, коришћени током истраживања и тумачења резултата добијених истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Повећана глобална потражња за енергијом и озбиљни еколошки проблеми (глобално загревање, климатске промене, угрожен биодиверзитет и различите врсте загађења) узроковани употребом фосилних горива подстакли су опсежне истраживачке активности усмерене на развој алтернативних горива, при чему важан сегмент у том развоју има валоризација различитих отпадних токова. Једно од таквих алтернативних горива је и биодизел, нетоксичан, биоразградив, обновљив и еколошки прихватљив извор енергије, који се углавном добија метанолизом различитих триацилглицеролних сировина. Тренутна производња биодизела углавном се изводи хомогено-катализованом метанолизом биљних уља, међутим бројни недостаци (корозивност катализатора, скупа опрема, тешко раздвајање катализатора од производа, велике количине отпадних вода насталих испирањем производа и др.) које овакав поступак са собом носи, усмерили су пажњу истраживача широм света да развију нове, напредније системе у којима би се користили чврсти кисело-базни катализатори чиме би се превазишли проблеми хомогено-катализованих процеса и утицали на добијање квалитетних производа у еколошко-економским прихватљивим стандардима.

Најчешће коришћени чврсти базни катализатор је калцијум-оксид, који се сврстава у ред јефтиних и лако доступних катализатора, који се показао као веома успешан у реакцији метанолизе сунцокретовог уља. Његови евентуални недостаци који се приписују афинитету ка излуживању у реакциону смешу, могу се адекватно решити. Бројни природни материјали, међу којима су љуска кокошијег јајета и летећи пепео настао сагоревањем угља у термоелектранама, могу се погодним методама употребити и превести у високоактивне катализаторе. Љуска кокошијег јајета представља одличан отпадни извор калцијум оксида (>90%), који се из љуске може екстраховати једноставним методама. С друге стране, летећи пепео, који у основи има алумосиликатну природу, представља добар материјал из кога се могу добити специфични производи, чија их порозна структура, специфична површина и

термичка стабилност кандидује за погодне каталитичке носаче, што је и показано у овој докторској дисертацији. Такви су материјали зеолитног типа, који се могу добити у чистој форми или пак као смеша различитих зеолитних материјала, све у зависности какав поступак третмана летећег пепела је коришћен. Пратећи основне принципе савремене производње и заштите животне средине, развијен је поступак добијања катализатора потпуно синтетисаних из отпадних материјала који се стварају у домаћинствима и индустријским системима Републике Србије. Такви катализатори своју успешност показују у шаржној и континуалној производњи биодизела, поступком метанолизе сунцокретовог уља, чиме се на још један начин доприноси јасном еколошком отisku, успостављањем равнотеже између коришћења природних ресурса од стране човека и капацитета планете да апсорбује отпад настао људском активношћу.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

На основу увида у коришћену литературу у овој докторској дисертацији, јасно је да је кандидат извршио детаљан преглед научне и стручне литературе, чиме је омогућено да се успоставе основни принципи и правци истраживања и успешно реализују постављене хипотезе. У оквиру докторске дисертације цитирано је укупно 346 референци, које указују на актуелност истраживања у испитиваној области. Цитиране референце су углавном радови објављени у последњих десет година у међународним часописима изузетне вредности и истакнутим међународним часописима. Истраживања приказана у наведеним референцама су омогућила да се јасно поставе експериментални планови и прецизно поставе услови рада и анализирања погодним експерименталним методама. Такође, наведена истраживања су омогућила и јасније сагледавање добијених резултата, њихово тумачење и представљање. Основни појмови који се односе на принципе физичко-хемијске синтезе, карактеризације материјала, хемијске кинетике, математичког моделовања, оптимизације и механике флуида су разјашњени применом релевантних уџбеника и прегледних радова ранијег датума, који садрже базична сазнања из предметне области и цитирани су у овој докторској дисертацији.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

План истраживања ове докторске дисертације је реализован применом адекватних експерименталних метода и техника које се могу поделити у три групе: *1-методе и технике синтезе катализатора; 2-методе и технике карактеризације катализатора и 3-методе и технике провере каталитичке активности и анализе производа реакције.* **Синтеза катализатора** је подразумевала најпре предtretман тј. припрему сировина љуске кокошијег јајета и летећег пепела. Љуска кокошијег јајета је испрана (отклањање нечистоћа и протеинског дела) и осушена, а летећи пепео је калцинисан и термо-хемијски третиран на атмосферском притиску. Екстракција калцијум-оксида из љуске кокошијег јајета је изведена једноставно калцинацијом. Синтеза зеолитног носача је извршена у посебно дизајнираном ротирајућем минијатурном аутоклавном реактору, а поређење је вршено синтезом спроведеном у комерцијалном хидротермалном реактору. Параметри вођења процеса синтезе су били: температура алкалне активације, концентрација алкалног агенса и време активације. Синтеза катализатора је вођена применом два поступка: *1-хидратација-дехидратација-калцинација и 2-ултразвучна дисперзија калцијум-оксида на зеолитни носач.* **Карактеризација катализатора** обухватала је дефинисање хемијског састава, структурних, морфолошких, текстуалних и базних карактеристика. Хемијски састав је у свим узорцима одређиван класичном хемијском анализом разарањем узорака коктелом киселина и сукцесивним одређивањем гравиметријским и спектрофотометријским методама и методом индуковано спрегнуте плазме. Детекција минералних форми у свим узорцима и праћење трансформације минералних форми вршени су рендгено-структурном анализом (XRD), док је хемијска структура функционалних група на површини одређена инфрацрвеном спектроскопијом са Фуријеровом трансформацијом (ATRFT-IR). Морфологија површине свих узорака дефинисана је применом скенирајуће електронске микроскопије (SEM). Текстуална својства у погледу дефинисања параметара порозне структуре (кумулативна

запремина пора, привидна густина, средњи пречник пора и укупна порозност) у мезо- и макропорозној области одређена су живином порозиметријом, док је дефинисање специфичне површине и расподеле величина пора у микро- и мезопорозној области одређено физисорпцијом азота на $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Расподела базних центара и базност синтетисаних катализатора је одређена температурно-програмираном десорпцијом угљен-диоксида. **Провера каталитичке активности** у метанолизи сунцокретовог уља вршена је у шаржном и континуалном микрореактору. Одређивање оптималних параметара метанолизе у шаржном реактору је извршено применом методе експерименталне оптимизације, где је експериментални план креиран анализирајући кључне реакционе факторе: температуру реакције, концентрацију катализатора и молски однос уље/метанол. Куплована оптимизација параметара синтезе катализатора и параметара метанолизе у шаржном реактору извршена је комбиновањем методе одзива површина и тропараметарског Бокс-Бенкен (*Box-Behnken*) дизајна. Оптимизација параметара метанолизе (концентрација катализатора, запремински однос уље/метанол и време задржавања) сунцокретовог уља у микрореактору је такође извршена применом методе одзива површине и тропараметарског Бокс-Бенкен (*Box-Behnken*) дизајна. Тестови стабилности су вршени у погледу употребљивости у поновљеним реакционим циклусима и у погледу отпорности катализатора на неповољне атмосферске услове, висок садржај влаге и атмосферског угљен-диоксида. Праћење напредовања реакције је вршено квалитативним и квантитативним одређивањем састава реакционе смеше (метил-естара масних киселина, моноацилглицерола, диацилглицерола и триацилглицерола) коришћењем метода танкослојне хроматографије и течне хроматографије високих перформанси. Излуживање активне врсте (калцијум-оксида) катализатора у реакциону смешу (сирови метил-естарски слој) праћено је одређивањем садржаја Ca^{2+} методом индуковано спрегнуте плазме. Обрада резултата оптимизације је вршена применом софтверског пакета *Design-Expert 11* (*State-Ease Inc*, Минеаполис-САД), док је обрада свих осталих резултата и њихово графичко представљање вршено применом софтверског пакета *Origin® 2018 Graphing & Analysis* (*OriginLab Corporation*, Нортхемптон, Масачусетс-САД).

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати добијени истраживањима спроведеним у оквиру ове докторске дисертације пружају јасну научну основу за будуће правце научног и практичног развоја у области катализе биогорива. Добијени резултати се могу разматрати у широком спектру применљивости, најпре у валоризацији отпадних индустријских токова чврстих материјала који се акумулирају у околинама великих насељених места, заузимају обрадива земљишта и представљају озбиљну претњу по животну средину и здравље људи. Њиховом валоризацијом се добијају материјали посебне вредности и широке применљивости, какви су зеолити. У случају истраживања ове докторске дисертације то су мезо-макропорозни, зеолитни носачи канкринитног типа, који су се показали адекватним за наношење активне каталитичке компоненте какав је калцијум-оксид, чиме је добијен високоактиван и стабилан катализатор за метанолизу сунцокретовог уља, најчешће коришћену методу за добијање биодизела, биообновљивог и нетоксичног горива. Оваквим катализатором се обезбеђује одговарајућа замена конвенционалним процесима хомогено-катализоване метанолизе биљних уља, којом се стварају бројни додатни токови отпадних вода, знатни процесни трошкови и немогућност издвајања катализатора. Такође, овакви катализатори су примењиви и у континуалној метанолизи у савременим микрореакторским системима, којима се обезбеђује дуготрајна висока производност са постизањем високих приноса за доста краће време него у шаржним реакторима и са много већом продуктивношћу него у конвенционалним континуалним реакторима. Посебна предност оваквих система се огледа у њиховој примењивости у пољопривредним домаћинствима, која посебно у Републици Србији могу обезбедити задовољавајуће количине сировина за метанолизу и тиме обезбедити довољне количине енергената за домаћинство и нормално функционисање пољопривредне механизације.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Стефан М. Павловић, мастер хемијског инжењерства је током израде докторске дисертације и досадашњег богатог научног рада показао изузетну стручност, способност, висок степен креативности и иновативности, висок ниво колегијалности, склоност ка тимском раду, али и самосталност у претраживању и тумачењу научно-стручне литературе, креирању експерименталних планова и њиховој реализацији, тумачењу резултата добијених истраживањима, њиховој интерпретацији и представљању у оквиру публикација у међународним часописима, међународним научним скуповима и креирању техничких решења. У свом досадашњем раду, кандидат је показао изузетну склоност доброг организовања експерименталног рада, припреме експерименталних инсталација, као и извођење експеримената који се односе на синтезу каталитичких материјала и њихову карактеризацију. У експерименталном раду, Стефан М. Павловић, мастер хемијског инжењерства је са успехом савладао различите поступке синтезе чврстих каталитичких материјала и њихове карактеризације на софистицираним инструментима за одређивање хемијских, структурно-морфолошких, текстуралних и каталитичких својстава чврстих материјала. На основу биографских података и приказаних референци у библиографској листи уочава се да је кандидат и доста раније стекао знања о основним принципима и методологији научно-истраживачког рада. На основу целокупног досадашњег ангажовања, залагања и постигнутих резултата, Комисија је мишљења да Кандидат поседује све квалитете неопходне за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос ове докторске дисертације огледа се у добијању новог наноструктурног калцијум-оксидног катализатора на носачу у потпуности заснованом на отпадним материјалима генерисаним у домаћинствима и индустријским секторима Републике Србије и његовој примени у реакцији метанолизе сунцокретоног уља, као најчешће коришћене методе за добијање биодизела, нетоксичног, биообновљивог горива. Резултати истраживања у оквиру ове докторске дисертације имају вишеструко значајан научни, али и практични допринос при чему су:

- потпуно хемијски, структурно-морфолошки и текстурално окарактерисани отпадни материјали љуска кокошијег јајета и летећи пепео настао сагоревањем лигнитног угља и појашњено њихово понашање и механизам трансформације у поступцима предтретмана (калцинације и термо-хемијског третмана) и алкалне активације;
- успешно у једноступеном поступку применом посебно дизајнираног ротирајућег минијатурног аутоклавног реактора и комерцијалног хидротермалног реактора добијени зеолитни материјали, канкринитног типа, чије су га особине кандидовале за погодан каталитички носач. Применом посебно дизајнираног реактора је чист зеолитни материјал добијен за доста краће време, него у комерцијалном реактору;
- одређени оптимални услови синтезе зеолитног носача и то температуре алкалне активације, концентрације алкалног агенса и температуре алкалне активације;
- дефинисане две методе синтезе катализатора и извршена оптимизација услова синтезе (концентрација активне компоненте и температура коначне активације);
- установљене везе између структурно-морфолошких и текстуралних карактеристика катализатора са понашањем катализатора у хетерогено-катализованом метанолизи сунцокретоног уља;
- дефинисани оптимални услови (температура реакције, концентрација катализатора и молски однос уље/метанол) метанолизе сунцокретоног уља која се одигравала у присуству новосинтетисаног наноструктурног катализатора у шаржном реактору и изведене основне оптимизационе једначине;

- развијени поступци метанолизе у новом посебно дизајнираном континуалном микрореактору и одређени оптимални услови (концентрација катализатора, запремински однос уље/метанол и време задржавања);
- утврђени степен стабилности и отпорности катализатора на излуживање активне каталитичке компоненте у реакциону смешу и деловање влаге и угљен-диоксида из ваздушне атмосфере. Знатна стабилност и знатно нижи степен излуживања је остварен применом новосинтетисаног катализатора на носачу у поређењу са чистим калцијум-оксидом, где су вредности излуживања биле знатно веће.
- анализирани кинетика, утврђени кинетички модели реакције метанолизе сунцокретовог уља и одређени кључни кинетички параметри, константе брзине хемијске реакције и коефицијенти дифузности за два развијена и примењена модела: реакција псеудо-првог реда у хетерогеном и псеудо-хомогеном режиму и променљиви механизам који укључује ограничења у преносу масе триацилглицерола.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Бројни недостаци који се везују за хомогено-катализовану метанолизу биљних уља (скупа опрема, немогућност одвајања катализатора, велики степен излуживања активне компоненте и генерисање знатних токова отпадне воде за испирање коначног производа реакције) у процесу добијања биодизела наводе на закључак да постоји јасна потреба за развојем нових каталитичких система који би у научном и техно-економском смислу били адекватна замена постојећим системима. Предмет ове докторске дисертације је усмерен на развој метода и техника којима ће се успешно валоризовати различити отпадни токови из домаћинства и индустријских система Републике Србије, трансформацијом у производе посебне вредности, а потом одабраним методама синтезе извршити добијање нових, високоактивних и стабилних наноструктурних катализатора на бази калцијум-оксида за реакцију метанолизе сунцокретовог уља, као најчешће коришћеног поступка за добијање биодизела. У том погледу, извршено је успешно трансформисање отпадних материјала, једноставним и економичним поступцима у чисте форме калцијум-оксида и канкринитног типа зеолита, који су одабраним методама успешно преведени у катализатор добрих структурно-морфолошких, текстуалних и базних особина одговарајућих за реакције у којима учествују велики органски молекули, попут метанолизе биљних уља. Корак даље у истраживњу води ка успешној примени ове врсте катализатора и у савременим микрореакторима који за разлику од конвенционалних континуалних реактора функционишу по строго дефинисаним принципима микрофлуидике у којима се режими струјања прилагођавају посебним површинским појавама које знатно доприносе бољој дифузији у систему где се сусрећу две немешљиве течности које треба да дифундују до активних центара чврстог катализатора на којима ће доћи до кључног реакционог акта. Развијеним и одабраним поступцима синтезе показано је да катализатори на носачу испољавају боље перформансе у погледу активности и стабилности, чиме је знатно смањено излуживање активне каталитичке компоненте и побољшана њена дисперзија по површини носача, а тиме омогућена с једне стране адекватна дифузија реактаната и производа, а с друге могућност примене у више реакционих циклуса без посебног третмана и припреме.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Стефан М. Павловић је резултате добијене у оквиру истраживања предметне докторске дисертације верификовао објављивањем радова у међународном часопису изузетних вредности (категија M21a – два рада), истакнутом међународном часопису (категија M22 – један рад) и презентовањем рада на предавању по позиву на међународном скупу (категија M32 – један рад).

Научни радови и саопштења проистекли из истраживања докторске дисертације

Рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a)

1. **Pavlović SM**, Marinković DM, Kostić MD, Janković-Častvan IM, Mojović L V., Stanković M V., et al. A CaO/zeolite-based catalyst obtained from waste chicken eggshell and coal fly ash for biodiesel production. Fuel 2020;267:117171. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2020.117171> (ISSN 0016-2361), **IF(2019)=5.776** (Energy&Fuels 29/112; Engineering, Chemical 14/143).
2. **Pavlović SM**, Marinković DM, Kostić MD, Lončarević DR, Mojović L V., Stanković M V., et al. The chicken eggshell calcium oxide ultrasonically dispersed over lignite coal fly ash-based cancrinite zeolite support as a catalyst for biodiesel production. Fuel 2021;289:119912. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2020.119912> (ISSN 0016-2361), **IF(2019)=5.776** (Energy&Fuels 29/112; Engineering, Chemical 14/143).

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. **Pavlović S**, Šelo G, Marinković D, Planinić M, Tišma M, Stanković M. Transesterification of Sunflower Oil over Waste Chicken Eggshell-Based Catalyst in a Microreactor: An Optimization Study. Micromachines 2021;12:120. <https://doi.org/10.3390/mi12020120> (ISSN 2072-666X), **IF(2021)=3.523** (Chemistry, Analytical 35/87; Instruments & Instrumentation 21/64).

Предавање по позиву на међународном научном скупу штампано у изводу (M32)

1. **Pavlović S**, Kosić V, Lončarević D, Kostić M, Marinković D. Acceleration of biodiesel production from off-grade oil over waste-based CaO catalyst. 9th Int. Conf. Fuel Sci. Prod. to Propuls. 2021, Fuel Science Center; Aachen, Germany, 2022.

5. ПРОВЕРА ОРИГИНАЛНОСТИ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду („Гласник Универзитета у Београду“ број 201/18 од 22.06.2018) и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „Синтеза и карактеризација наноструктурног хетерогеног катализатора на бази калцијум-оксида валоризацијом чврстих отпадних материјала и његова активност у метанолизи сунџокретовог уља“, аутора Стефана М. Павловића 4027/2016, утврђено је да подударање текста износи 15%. Овај степен подударности последица је цитирања личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, општих места и података, као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања, који су проистекли из његове дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника. На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника, извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свих изнетих података о Кандидату и написаној докторској дисертацији, Комисија је мишљења да докторска дисертација кандидата **Стефана М. Павловића, мастера хемијског инжењерства**, под називом „Синтеза и карактеризација наноструктурног хетерогеног катализатора на бази калцијум-оксида валоризацијом чврстих отпадних материјала и његова активност у метанолизи сунцокретовог уља“ представља значајан и оригиналан научни и практични допринос предметној области истраживања. Комисија је установила да је ова докторска дисертација написана према упутству Универзитета у Београду и мишљења је да испуњава све захтеване критеријуме, као и да је кандидат током израде докторске дисертације показао научно-истраживачку способност, самосталност и креативност у свим фазама истраживања и израде дисертације. Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, да се докторска дисертација под називом „Синтеза и карактеризација наноструктурног хетерогеног катализатора на бази калцијум-оксида валоризацијом чврстих отпадних материјала и његова активност у метанолизи сунцокретовог уља“ кандидата **Стефана М. Павловића, мастера хемијског инжењерства**, прихвати, изложи на увид јавности у законом предвиђеном року и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и да након завршетка ове процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 22.12.2022. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Зорица Кнежевић-Југовић, редовни професор,
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

Др Александра Ђукић-Вуковић, доцент
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

Др Предраг Банковић, научни саветник
Универзитет у Београду
Институт за хемију, технологију и металургију -
Институт од националног значаја за Републику Србију