

Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/17

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

24.02.2021.

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације
и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета",
број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске
дисертације:

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

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Инжењерство заштите животне средине

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Милена (Марко)Пијовић

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду,

Технолошко-металуршки факултет,Мастер студије, Мастер инжењер технологије

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2015.

4. Година уписа на докторске студије: 2017.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Инжењерство заштите животне средине

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Владимир Павићевић

Звање: Доцент

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Lazarević S., Janković-Častvan I., D. Tanasković I., Pavićević V., Janačković Đ., Petrović R.: *Sorption of Pb^{2+} , Cd^{2+} and Sr^{2+} Ions on Calcium Hydroxyapatite Powder Obtained by the Hydrothermal Method*, J. Env. Engin., Vol 134, 2008, 683–688., ISSN 0733–9372, IF(2008) =1,371
2. Pavićević V., Marković M., Milojević S., Ristić M., Povrenović D., Veljković V.: *Microwave-assisted hydrodistillation of juniper berry essential oil: kinetic modeling and chemical composition*, J Chem Technol Biot, Vol 91, No 4, 2016, 883–891., IF(2016)=3,135
3. Marković M., Radosavljević D., Pavićević V., Ristić M., Milojević S., Bošković-Vragolović N., Veljković V.: *Influence of common juniper berries pretreatment on the essential oil yield, chemical composition and extraction kinetics of classical and microwaveassisted hydrodistillation*, Industrial Crops & Products 122 (2018), 402–413., IF(2018)=4,191
4. Milica Karanac, Maja Đolić, Đorđe Veljović, Vladana Rajaković-Ognjanović, Zlate Veličković, Vladimir Pavićević and Aleksandar Marinković, *The removal of Zn^{2+} , Pb^{2+} , and As(v) ions by lime activated fly ash and valorization of the exhausted adsorbent*, Waste Management, Elsevier, Vol. 78, 2018, pp. 366-378., ISSN 0956 053X, IF(2018)=5,431
5. Bojan Ranković, Andrea Sagatova, Ivica Vujčić, Slobodan Mašić, Đorđe Veljović, Vladimir Pavićević, Željko Kamberović, *Utilization of gamma and e-beam irradiation in the treatment of waste sludge from a drinking water treatment plant*, Radiation Physics and Chemistry, 177 (2020), Article109074. DOI:10.1016/j.radphyschem.2020.109174, ISSN 0969-806X, IF(2019)=2,226

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 2:

Име и презиме ментора: др Бојан Јанковић

Звање: Виши научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Bojan Janković, Nebojša Manić, Vladimir Dodevski, Ivana Radović, Milena Pijović, Đurica Katnić, Gvozden Tasić, Physico-chemical characterization of carbonized apricot kernel shell as precursor for activated carbon preparation in clean technology utilization, Journal of Cleaner Production, Volume 236, 117614, November 2019. IF (2019) 7.246 ISSN 0959-6526
2. Bojan Janković, Nebojša Manić, Vladimir Dodevski, Jasmina Popović, Jelena Rusmirović, Miloš Tošić, Characterization analysis of Poplar fluff pyrolysis products. Multi-component kinetic study, Fuel, 238 (2019) 111-128. IF (2018) 5.128 ISSN 0016-2361
3. Bojan Janković, Nebojša Manić, Dragoslava Stojiljković, Vladimir Jovanović, TSA-MS characterization and kinetic study of the pyrolysis process of various types of biomass based on the Gaussian multi-peak fitting and peak-to-peak approaches, Fuel, 234 (2018) 447-463. IF (2018) 5.128 ISSN 0016-2361
4. Bojan Janković, Estimation of the distribution of reactivity for powdered cellulose pyrolysis in isothermal experimental conditions using the Bayesian inference, Cellulose, 22 (4) (2015) 2283-2303. IF (2014) 3.573 ISSN 0969-0239
5. Bojan Janković, The pyrolysis of coffee paper cup waste samples using non-isothermal thermo-analytical techniques. The use of combined kinetic and statistical analysis in the interpretation of mechanistic features of the process, Energy Conversion and Management, 85 (2014) 33-49. IF (2014) 4.380 ISSN 0196-8904

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф.дрПетарУскоковћ

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

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

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.43. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 04.02.2021. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Милене Пијовић**, број индекса 4020/2017, под називом: **„Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама“**.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За менторе се одређују др Владимир Павићевић, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Бојан Јанковић, виши научни сарадник Института за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, менторима, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Милене Пијовић за израду докторске дисертације

Одлуком Наставног-научног већа Технолошко-металуршког факултета бр. 35/384 од 24.12.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње Милене Пијовић, мастер инжењера технологије за израду докторске дисертације и научне заснованости теме докторске дисертације „Оптимизација процеса добијања високопорозних угљеничних материјала термохемијском конверзијом биомасе за примену у зеленим технологијама“.

На основу материјала приложеног уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Милена Пијовић рођена је 17.06.1992. године, у Бору. Завршила је Геолошко-хидрометеоролошку школу у Београду. На Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду уписала се школске 2010/2011. године, смер Инжењерство заштите животне средине. Дипломирала је септембра 2014. године на Катедри за инжењерство заштите животне средине са завршним радом на тему „Утицај аерације млазничног тока на ефикасност преноса масе кисеоника у фонтанско-флуидизованом слоју са централном цеви“. Исте године је уписала мастер академске студије на смеру Хемијско инжењерство (профил Неорганска хемијска технологија) на Технолошко-металуршком факултету. Завршни мастер рад „Испитивање могућности консолидације депонија пепела „Старо косточачко острво“ термоелектране Костолац“ је одбранила у септембру 2015. године на Катедри за неорганску хемијску технологију, са оценом 10,00 и просечном оценом током студија 9,75. Школске 2017/18. се уписала на докторске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Инжењерство заштите животне средине. Тренутно је запослена у Институту за нуклеарне науке „Винча“.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Милена Пијовић положила је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија, укључујући и завршни испит, са просечном оценом 8,92. Списак положених испита са оценама и оствареним бодовима приказан је у следећој табели:

	Предмет	Оцена	ЕСПБ
1	Завршни испит	10	30
2	Технологија припреме воде	10	5
3	Технологија пречишћавања отпадних вода	10	5
4	Електрохемијски и алтернативни извори електричне енергије	10	5
5	Органске загађујуће материје	10	4
6	Термодинамика чврстог стања	10	5
7	Анализа трагова специфичних загађујућих материја	9	5
8	Течна хроматографија-масена спектрометрија	8	5
9	Економија животне средине и одрживи развој	8	4
10	Индустријска екологија	8	5
11	Одабрана поглавља нумеричке анализе	8	5
12	Хемијска кинетика	6	5
13	Енглески језик	10	-

Од 2018. до 2020. године била је ангажована на пројекту основних истраживања Министарства просвете, науке и технолошког развоја, ОИ 172045 „Водонична енергија - развој нових материјала: електролитичко добијање водоника, водоничне горивне ћелије, изотопски ефекти“. Од 2021. године ангажовна је на две теме истраживања „Експериментално и теоријско испитивање термо-хемијске конверзије отпадног материјала у циљу добијања већег приноса био-гаса (сингаса (синтетичког гаса))“ и „Фундаментални и примењени аспекти електрокатализе у енергетским системима и зеленим технологијама“.

У наставку је списак објављених научноистраживачких радова Милене Пијовић.

Међународни часопис изузетних вредности (M21a)

1. Bojan Janković, Nebojša Manić, Vladimir Dodevski, Ivana Radović, **Milena Pijović**, Đurica Katnić, Gvozden Tasić, Physico-chemical characterization of carbonized apricot kernel shell as precursor for activated carbon preparation in clean technology utilization, *Journal of Cleaner Production* 236 (2019) 117614 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117614>

Врхунски међународни часопис (M21)

1. Nebojša Manić, Bojan Janković, **Milena Pijović**, Hadi Waisi, Vladimir Dodevski, Dragoslava Stojiljković, Vladimir Jovanović, Apricot kernel shells pyrolysis controlled by non-isothermal simultaneous thermal analysis (STA), *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 142 (2020) 565-579. <https://doi.org/10.1007/s10973-020-09307-5>

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу – M34

1. **Milena M. Pijović**, Bojan Ž. Janković, Dragoslava D. Stojiljković, Miloš B. Radojević, Nebojša G. Manić, Thermo-analytical characterization of various biomass feedstocks for assessments of light gaseous compounds and solid residues, „International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies“ The Book of Abstracts, Eds. N. Mitrović, M. Milošević, G. Mladenović, 02-05 July 2019, Zlatibor, Serbia, p. 31.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Истраживачко искуство и остварени резултати током докторских студија указују на способност Милене Пијовић за бављењем научноистраживачким радом. Из области којој припада предложена тема докторске дисертације, Милена је коаутор у раду објављеном у часопису изузетне вредности, коаутор у раду објављеном у врхунском међународном часопису, као и аутор саопштења са међународног скупа. Она има велико искуство у лабораторијском раду као и изражену склоност ка писању научних радова и активној колегијалној кооперативности током истраживачког рада, што се нарочито може видети из наведених публикација.

2. Предмет и циљ истраживања

Због индустријализације и дугорочних пољопривредних активности, квалитет животне средине се значајно погоршао и неопходно је ефикасно контролисати и уклањати загађујуће материје у животној средини [1]. У овом контексту, показало се да је развој високоефикасних материјала од изузетног значаја за очување и заштиту животне средине. Бројне студије су показале да примена угљеничних материјала представља ефикасну стратегију за решавање главних изазова у области глобалне потрошње енергије и загађења животне средине [2]. Угљенични материјали су се показали као одлични адсорбенти у заштити животне средине због њихове разнолике структуре, развијене површине и добре хемијске стабилности. С тим у вези, разне врсте угљеничних материјала (као био-чађ, угљеничне наноцеви, активни угаљ и графен) били су опсежно истраживани [3,4].

Ресурси биомасе представљају перспективни угљенични прекурсор одрживости, економичности и расположивости везаних за сва питања у области енергетике и екологије [5–7]. Прво, угљенични материјали добијени из биомасе имају јединствену порозну структуру. Друго, разноликост биомасе омогућава широки простор за истраживање при чему се њене изузетно биолошки значајне компоненте (хемицелулоза, целулоза и лигнин) и деликатна структура могу у потпуности искористити. Треће, већина биомасе долази из пољопривредно-шумског отпада или комуналног отпада, што у великој мери истиче њене еколошке и економске предности. Данас порозни графитни материјали добијени из биомасе привлаче велико интересовање у области заштите животне средине. Био-чађ и активирани угљенични материјали добијени из биомасе су нашли широку примену као специјализовани сорбенти у технологијама заштите животне средине, укључујући третман отпадних вода и санацију и рекултивацију земљишта, што је резултирало бројним студијама о материјалима на бази биогорива који могу заменити конвенционални активни угљеник (из фосилних горива) [8,9]. Имајући ово у виду, истраживања у оквиру ове докторске дисертације ће се одвијати кроз стратегијску анализу био-чађи и активiranог угљеничног материјала (хемијски и физички модификоване структуре био-чађи) добијених из основног биолошког прекурсора – биомасе и њене хомогене мешавине (клипови кукуруза - пољопривредни отпад, дрвне пиљевине (буква) - дрвни индустријски отпад, мешавине дрвног индустријског отпада и пољопривредног отпада (пиљевина-пистаћи запреминска мешавина), листови медвеђег грожђа - биљни отпад, кошнице кајсије - пољопривредни отпад, при чему сви изабрани прекурсор потичу из домаћих ресурса) путем високотемпературног поступка карбонизације ($T \sim 800\text{ }^{\circ}\text{C}$), у циљу њихове примене као ефикасног сорбента за уклањање разних загађивача из животне средине.

Највећа пажња биће усмерена на испитивање квалитета структура пора био-чађи произведеног из биомасе путем карбонизације, као сорбената за уклањање боја и тешких метала (попут Cd, Ni, Cr, Zn(II)) из отпадних вода. Посебна пажња ће бити усмерена на анализирање добијених резултата морфологије активираних угљеника као и на идентификацију уочених разлика, имајући у виду да би се у овом случају, као активациони реагенси користили фосфорна киселина (H_3PO_4 – хемијско модификована био-чађ) и угљеник(IV)-оксид (CO_2 – физички модификована био-чађ). Резултати ове докторске дисертације ће дати увид у којој мери експериментални параметри попут температуре, времена задржавања, брзине загревања испитиваних узорака и концентрације активационих реагенаса утичу на жељене карактеристике финално синтетисаног материјала путем термохемијске конверзије биомасе, попут специфичне површине, порозности, запремине присутних пора и категоризације истих (мезо-, микро-, макро-порозни угљенични материјали). На основу добијених физикохемијских карактеристика синтетисаних материјала, резултати ове докторске дисертације омогућиће спровођење анализе процене добијених материјала за њихову евентуалну комерцијалну употребу у виду адсорбенса за уклањање загађујућих органског материја попут синтетичких боја и фенолних једињења, као и катјона тешких метала из отпадних вода индустријских постројења. Поред овога, на основу

добijenih rezultata i kvaliteta dobijenih ugljenicnih materijala, izvršit će se analiza o isplativosti postupka proizvodnje (sinteze) bio-čah i odgovarajućih hemijski i fizički aktiviranih ugljenicnih analoga. Ova analiza biće sprovedena u smislu da li primenjeni postupci sinteze vode do krajnjih proizvoda koji imaju mnogo bolje fizickohemijske karakteristike za gore navedene namene (za njihovu upotrebu kao komercijalni adsorbenci), u poređenju sa rezultatima dobijenih od drugih istraživača širom sveta koji rade na istoj ili sličnoj problematiki. Sve analize i pregled krajnjih rezultata ove doktorske disertacije omogućit će da se na jednostavan način izdvoje one vrste biomase koje se mogu eksploatirati za komercijalnu upotrebu kao prekursora za proizvodnju visokoporoznih adsorbentata na bazi ugljenika. Takođe, ova doktorska disertacija pružit će diskusiju o svim prednostima i eventualnim manama uoceni u postupcima sinteze ovih tipova ugljenicnih materijala putem termohemijske konverzije biomase iz domaćih izvora, kao i predloge za uklanjanje ovih nedostataka.

Rелевантни библиографски извори повезани са предметом истраживања ове докторске дисертације, који уједно представљају основ за даљи ток истраживања су:

- [1] W. T. Mook, M. K. Aroua, G. Issabayeva, Prospective applications of renewable energy based electrochemical systems in wastewater treatment: A review, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 38 (2014) 36–46.
- [2] M.-M. Titirici, R. J. White, N. Brun, V. L. Budarin, D. S. Su, F. del Monte, J. H. Clark, M. J. MacLachlan, Sustainable carbon materials, *Chem. Soc. Rev.* 44 (2015) 250–290.
- [3] L. Jiang, Y. Liu, S. Liu, G. Zeng, X. Hu, X. Hu, Z. Guo, X. Tan, L. Wang, Z. Wu, Adsorption of estrogen contaminants by graphene nanomaterials under natural organic matter preloading: Comparison to carbon nanotube, biochar, and activated carbon, *Environ. Sci. Technol.* 51(11) (2017) 6352– 6359.
- [4] X.-F. Tan, Y.-G. Liu, Y.-L. Gu, Y. Xu, G.-M. Zeng, X.-J. Hu, S.-B. Liu, X. Wang, S.-M. Liu J. Li, Biochar-based nano-composites for the decontamination of wastewater: A review, *Bioresour. Technol.* 212 (2016) 318–333.
- [5] X. Tan, Y. Liu, G. Zeng, X. Wang, X. Hu, Y. Gu, Z. Yang, Application of biochar for the removal of pollutants from aqueous solutions, *Chemosphere* 125 (2015) 70–85.
- [6] Y. Ding, Y. Liu, S. Liu, X. Huang, Z. Li, X. Tan, G. Zeng, L. Zhou, Potential benefits of biochar in agricultural soils: A review, *Pedosphere* 27(4) (2017) 645–661.
- [7] C. Zhang, G. Zeng, D. Huang, C. Lai, M. Chen, M. Cheng, W. Tang, L. Tang, H. Dong, B. Huang, X. Tan, R. Wang, Biochar for environmental management: Mitigating greenhouse gas emissions, contaminant treatment, and potential negative impacts, *Chem. Eng. J.* 373 (2019) 902–922.
- [8] P. Devi, A. K. Saroha, Utilization of sludge based adsorbents for the removal of various pollutants: A review, *Sci. Total Environ.* 578 (2017) 16–33.
- [9] K. K. Shimabuku, J. P. Kearns, J. E. Martinez, R. B. Mahoney, L. Moreno-Vasquez, R. S. Summers, Biochar sorbents for sulfamethoxazole removal from surface water, stormwater, and wastewater effluent, *Water Res.* 96 (2016) 236–245.

3. Полазне хипотезе

На ефикасност адсорпције утичу многи фактори као што су особине адсорбента и загађујуће материје која се адсорбује и услови процеса (pH вредност, време контакта, температура). Пошто се процес адсорпције одвија на површини адсорбента, његова специфична површина игра кључну улогу у ефикасности адсорпције. Имајући у виду да се у овој дисертацији ради о адсорбенсу на бази угљеника добијеног путем термohemijsке конverzije biomase из домаћих извора, важни чинилац представља његова техноeкономска исплативост као комерцијалног производа у облику адсорпционог материјала.

Испитивањем физичкохемијских карактеристика биомасе (коштице кајсије, лист медвеђег грожђа, кочанке, пиљевина од дрвета букве, мешавина пиљевине и пистаћа) путем инструменталних експерименталних техника анализе биће проверено да ли након термохемијске конверзије биомасе у угљенични прекурсор и његовом накнадном физичком активацијом (путем гасификационог процеса са CO_2) и хемијском активацијом (хемијским путем, третманом са H_3PO_4) долази до значајне промене морфолошке структуре (екстерне и интерне) активiranог угљеничног материјала у односу на првобитни (неактивирани) прекурсор, као и до повећања њиховог адсорпционог капацитета. Како би процес адсорпције био што ефикаснији, неопходно је да добијени угљенични материјал буде значајно селективнији према азо бојама и тешким металима у односу на остале нечистоће које се налазе у отпадним водама.

Други веома битан фактор угљеничних материјала добијених из биомасе јесте економска исплативост. Неопходно је да материјал првенствено буде лако доступан и због тога дат је посебан акценат на домаће производе (као што су коштице кајсије, лист медвеђег грожђа, кочанке, пиљевине од букве (листопадно дрво), мешавина пиљевина и пистаћа), потребну пре-припрему, прераду и поновну употребу.

Глави циљ докторске дисертације јесте развој и оптимизација технологије термохемијске конверзије обновљивих горива (биомасе) путем споре пиролизе за производњу био-угља (био-чађи) и његовом хемијском и физичком активацијом путем гасификације за производњу активiranог био-угља (АС) као комерцијалних адсорбената за употребу у третману отпадних вода у текстилној индустрији, као и металопрерађивачкој индустрији. Путем оптимизације експерименталних параметара у спорој пиролизи спроведеној на лабораторијском нивоу, поставиће се најбољи експериментални дизајн који ће довести до достизања карактеристика синтетисаних адсорбената да поседују комерцијалне квалитете за ефикасно уклањање загађивача: по могућству високу специфичну површину око 1000 m^2 као и високу макро-порозност (за адсорпцију већих органских молекула) и високу микро-порозност (за адсорпцију катјона неких метала и можда неких гасовитих загађујућих материја).

Био-угаљ представља чврсти производ из пиролизе биомасе и намењен је за употребу као додатак земљишту. Био-угаљ је материјал богат угљеником који је отпоран на биолошко пропадање, за разлику од биљне биомасе из које се производи. Сходно томе, био-угаљ има потенцијал да складишти угљеник који би се уклањао као CO_2 из атмосфере током фотосинтезе и спречава брзо ослобађање CO_2 који би произашло из биолошког распадања, ако биомаса не би била обрађивана термохемијском конверзијом (пиролизом). Стога, дуална предност резултата добијених из ове докторске дисертације односила би се не само на еколошки утицај употребе конверзије домаћих потенцијала биомасе у угљеничне материјале путем пиролизе за уклањање течних и чврстих полутаната, већ уједно и за њихову примену за уклањање CO_2 из атмосфере у регулацији ефекта стаглене баште (*eng. GHG - "Greenhouse gas emissions"*) [10]. Треба истаћи, да зависно од добијених резултата, процена квалитета добијених угљеничних материјала за складиштење енергије (водоника) неће бити искључена. Два битна фактора који ће бити обухваћени овом дисертацијом односиће се на добијање нових информација о новим стратегијама у погледу метода припреме, методама конверзије и њиховим могућим применама, када се употребљава биомаса из домаћих ресурса за синтезу најквалитетнијих угљеничних материјала.

Биомаса као енергетски ресурс има неколико еколошких и економских предности и потенцијално може значајно допринети данашњим потребама за горивом. Тренутно се термохемијски процеси за пољопривредну биомасу у циљу њихове трансформације у енергију чине обећавајућим и изводљивим. Релативна предност термохемијске конверзије над другима је због веће продуктивности и компатибилности са постојећим инфраструктурним објектима. Међутим, већина ових процеса је још увек у фази развоја и покушава да обезбеди тржишни удео због различитих изазова, управо од одговарајуће инфраструктуре, сировина, техничких ограничења, владиних политика и социјалног прихватања. Доступно знање сугерише да биомаса може постати одржив и значајан

допринос тренутним енергетским захтевима, ако се подстичу истраживања и развој на пољу термохемијске конверзије за различите типове пољопривредне биомасе [11]. На бази наведеног, докторска дисертација која ће бити остварена, према проблематици коју обрађује и резултатима које ће пружити, у сваком аспекту прати најмодерније трендове везане за развој процеса и технологија за конверзију биомасе у течна и гасовита горива и хемикалије, а посебно за развој јефтиних адсорбента.

Релевантне референце у тренду са глобалним активностима у науци су:

[10] N.L. Panwar, R. Kothari, V.V. Tyagi, Thermo chemical conversion of biomass – Eco friendly energy routes, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16(4) (2012) 1801-1816.

[11] M. Verma, S. Godbout, S.K. Brar, O. Solomatnikova, S. P. Lemay, J. P. Larouche, Biofuels production from biomass by thermochemical conversion technologies, *Int. J. Chem. Eng.* Vol. 2012, Article ID 542426, 18 pages, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/542426>.

4. Научне методе истраживања

Методе истраживања у овој дисертацији обухватају следеће експерименталне методе:

Експерименталне методе:

Експерименти за одређивање физичкохемијских особина угљеничних материјала

У овом раду карактеризација угљеничних материјала биће извршена различитим инструменталним експерименталним методама и то:

- Специфична површина угљеничних материјала одређује се на основу капацитета адсорпције гасова, углавном азота. Метода Брунауер, Емет и Телер (Brunauer, Emmett i Teller (BET)) је прихваћена као стандардна метода за одређивање специфичне површине, средње величине и укупне запремине пора порозних угљеничних материјала.
- Скенирајућом електронском микроскопијом (SEM) се омогућава могућност непосредног посматрања структуре узорка помоћу различитог степена увећања. Ова метода нам омогућава детаљну анализу и „мапирање“ површине угљеничних материјала.
- Инфрацрвена спектроскопија са Фуријевом трансформацијом је најчешће примењивана метода за одређивање функционалних група на површини угљеничних материјала.
- Рендгенска дифракциона анализа (XRD) ће нам омогућити одређивање и праћење фазног састава узорка.
- Раманска спектроскопија представља веома корисну методу за анализу структуре материјала која се користи за изучавање вибрационих, ротационих и других ниско фреквентних модова система.
- Гасна хроматографија – масена спектрометрија (GC-MS) нам омогућава увид у хемијски састав угљеничних материјала.

Експерименти праћења уклањања азо боја и тешких метала

- Ултразубичаста-видљива спектрометрија нам омогућава праћење адсорпције азо боја које ће се користити у овој дисертацији.
- Оптичка емисиона спектрометрија са индуковано спрегнутом плазмом представља методу за детекцију елемента у траговима односно тешких метала.

Оптимизација испитиваних процеса конверзије биомасе и производног био-угља

- У циљу оптимизације процеса термохемијске конверзије биомасе у био-угаљ као и гасификације добијеног био-угља, биће извршена кинетичка анализа датих процеса методама “model-free” кинетике (које примењују кинетичку анализу процеса без

унапред знаног кинетичког модела/механизма) и методе кинетике “model-based”, која са заснива на употреби скупа физичко-геометријских реакционих модела на бази кинетике на граници фаза “чврсто-гас”, уз примену не-линерног мултиваријатног регресионог принципа. Сви подаци који ће бити прикупљени за кинетичку анализу, биће добијени из термогравиметријске анализе (TGA) и диференцијалне термичке анализе (DTA) прекурсорског био-материјала (биомасе) и добијеног био-угља у атмосфери азота (N_2 – инертна атмосфера), окси-атмосфери (ваздух) и у атмосфери CO_2 , у неизотермним (динамичким, на више брзина загревања) и у изотермним (статичким, на више константних вредности температура) експерименталним условима. На бази добијених механистичких схема процеса конверзије датих материјала и њихове оптимизације, биће извршена предикција датог материјала у смислу процене животног века материјала, као и адијабатска предикција испитиваних конверзионих процеса.

У реализацији одређених научних доприноса који ће бити представљени у овој докторској дисертацији, први пут ће бити представљени резултати оптимизације неизотермне и изотермне пиролизе испитиваних узорка биомасе до жељеног крајњег производа – био-угља (био-чађи) коришћењем најмодернијег кинетичког софтвера (NETZSCH Kinetics Neo – Професионална едиција, верзија 2.4.6.8, датум објаве 30.01.2020) при чему ће се дати оптимизациони приступ први пут применити у овој дисертацији.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће резултати ове докторске дисертације дати следеће научне доприносе:

- развој нових угљеничних материјала добијених од домаће биомасе (коштице кајсије, лист медвеђег грожђа, кочанке, пиљевина од букве, мешавина пиљевине и пистаћа) термохемијском конверзијом
- увид у промену морфолошке структуре био-чађи приликом њихове активације хемијским и физичким путем и идентификације дате промене применом различитих метода физикохемијске карактеризације селектованих материјала
- детаљну анализу могућности уклањања азо боја и тешких метала исплативим „low-cost“ адсорбентима
- испитивање могућности производње и примене синтетисаних угљеничних материјала у комерцијалне сврхе за уклањање поменутих загађујућих материја.

6. План истраживања и структура рада

План ове дисертације састоји се од уводног дела, који пружа опште информације шта је биомаса, њене предности као обновљивог и одрживог извора енергије, у односу на неодрживе и необновљиве ресурсе енергије, попут фосилних горива. Затим, о предности поступка конверзије биомасе у одрживе производе, утичући на смањење ефекта „гасова стаклене баште“. У овом делу биће представљене методе конверзије биомасе до комерцијалних производа, као и њихова даља употреба и примена.

Први део би обухватао опис карбонизације – пиролизе биомасе (коштице кајсије, лист медвеђег грожђа, кочанке, пиљевина од букве, мешавине пиљевине и пистаћи) ради добијања поменутих угљеничних материјала. Поред карбонизације радиће се и активација угљеничних материјала физичким путем помоћу CO_2 и хемијским употребом H_3PO_4 . Због коришћења различитих активатора, посебна пажња ће бити усмерена на анализирање уочених разлика између ова два типа активације. Други део биће усмерен ка детаљној карактеризацији добијених угљеничних материјала што подразумева одређивање специфичне површине, укупне запремине пора, присутност функционалних група на површини материјала, фазни састав, хемијски састав материјала, посматрање и анализу морфолошке структуре узорка. Трећи део ће обухватати селекцију најбољих узорка за даљу примену по својим

физичкохемијским особинама. У том смислу селекција ће се извршити по квалитативним заједно са специфичним квантитативним параметрима. У овом делу ће се приказати и анализирати резултати оптимизације термохемијске конверзије биомасе. Четврти део биће везан за одређивање адсорпционог капацитета угљеничних материјала за уклањање азо боја и тешких метала из отпадних вода. Пети део дисертације односиће се на анализу исплативости синтетисаних материјала као адсорбената у комерцијалне сврхе. Ова анализа биће спроведена у смислу да ли примењени поступци синтезе воде до крајњих производа који имају боље физичкохемијске карактеристике у поређењу са резултатима других истраживача широм света који раде на истој или сличној проблематици.

Предвиђа се следећа структура дисертације:

- *Уводни део*
- *Експериментални део*
- *Резултати и дискусија*
- *Закључак*
- *Литература.*

7. Закључак и предлог

На основу изложеног, Комисија сматра да кандидаткиња Милена Пијовић, мастер инжењер технологије испуњава све услове за израду предложене докторске дисертације, која је научно утемељена и чији ће резултати дати значајан допринос научној области Инжењерству заштите животне средине, за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа, те предлаже Наставно-научном већу да прихвати израду предметне дисертације. За менторе се предлажу др Владимир Павићевић, доцент Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду и др Бојан Јанковић, виши научни сарадник Института за нуклеарне науке „Винча“.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Владимир Павићевић, доцент
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Бојан Јанковић, виши научни сарадник
Институт за нуклеарне науке „Винча“
Институт од националног значаја за Републику Србију

др Ђорђе Вељовић, доцент
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет