

Факултет

ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/55

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

04.04.2022.

(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 синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог
алуминијумом

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ

ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Наташа (Небојша) Младеновић Николић

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: 2018.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Хемијско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ :

Име и презиме ментора: др Катарина Тривунац

Звање: доцент

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1.Snežana Mihajlović, Marija Vukčević, Biljana Pejić, Aleksandra Perić-Grujić, Mirjana Ristić and **Katarina Trivunac**, Waste Cotton and Cotton/Polyester Yarns as Adsorbents for Removal of Lead and Chromium from Wastewater, Journal of Natural Fibers (2021) (ISSN 1544-0478, IF (2020) 5,323) DOI: 10.1080/15440478.2021.1993414

2.Mladenović N., Kljajević Lj., Nenadović S., Ivanović M., Čalić B., Gulicovski J., **Trivunac K.**, The Applications of New Inorganic Polymer for Adsorption Cadmium from Waste Water, Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials 30 (2020) 554-563 (ISSN 1574-1443, IF (2019) 1,941) DOI: 10.1007/s10904-019-01215-y

3.Aleksandar Zdujčić, **Katarina Trivunac**, Biljana Pejić, Marija Vukčević, Mirjana Kostić, Milan Milivojević, A comparative study of Ni(II) removal from aqueous solutions on Ca-alginate beads and alginate-impregnated hemp fibers, Fibers and Polymers 22 (2021) 9-18 (ISSN 1229-9197, IF (2020) 2,153) DOI: 10.1007/s12221-021-9814-6

4.Marković J., Jović M., Smičiklas I., Šljivić-Ivanović M., Onjia A., **Trivunac K.**, Popović A., Cadmium retention and distribution in contaminated soil: effects and interactions of soil properties, contamination level, aging time and in situ immobilization agents, Ecotoxicology and Environmental Safety 174 (2019) 305–314 (ISSN 0147-6513, IF (2019) 4,872) DOI: 10.1016/j.ecoenv.2019.03.001

5.Nenadović S. S., Kljajević Lj., Nešić M. A., Petković M. Ž., **Trivunac K. V.**, Pavlović V. B., Structure analysis of geopolymers synthesized from clay originated from Serbia, Environmental Earth Science 76 (2017) 79 (ISSN 1866-6280, IF (2014) 1,765) DOI: 10.1007/s12665-016-6360-4

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

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ :

Име и презиме ментора: др Љиљана Кљајевић

Звање: виши научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Снежана С. Ненадовић, **Љиљана М. Кљајевић**, Марија М. Ивановић, Миљана М. Мирковић, Надежда Радмиловић, Лазар З. Ракочевић, Милош Т. Ненадовић, Structural and Chemical Properties of Geopolymer Gels Incorporated with Neodymium and Samarium, Gels, 7(4) (2021) 195; (ISSN 2310-2861, IF (4.702) DOI;10.3390/gels7040195
2. **Љиљана М. Кљајевић**, Миљана М. Мирковић, Сабина Доленец, Катарина Штер, Мустафа Хаџалић, Ивана С. Вуканац, Милош Т. Ненадовић; Radiological and Physico-Chemical Characterization of Red Mud as an Al-Containing Precursor in Inorganic Binders for the Building Industry; Nuclear Technology & Radiation Protection; 36 (2) (2021) 182-191; (ISSN 0272-8842; IF (2021) 1.242); DOI:10.2298/NTRP2002182K
3. Матеј Суранек, Зузана Мелицхова, Валериа Курекова, **Љиљана Кљајевић**, Снежана Ненадовић; Removal of Nickel from Aqueous Solutions by Natural Bentonites from Slovakia; Materials; 14 (2) (2021) 282; (ISSN 0272-8842; IF (2021) 3.623); DOI: 10.3390/ma14020282
4. **Кљајевић Љиљана М**, Ненадовић Снежана С, Ненадовић Милош Т, Бундалески Ненад К, Тодоровић Братислав Ж, Павловић Владимир Б, Ракочевић Златко Љ., Structural and chemical properties of thermally treated geopolymer samples, Ceramics International, 43 (9) (2017) 6700-6708; (ISSN 0272-8842; IF (2017) 3.057); DOI:[10.1016/j.ceramint.2017.02.066](https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.02.066)
5. **Кљајевић Љиљана М**, Шапоњић Александра Б, Илић Светлана М, Ненадовић Снежана С, Кокунешоски Маја Ј, Егелја Адела Д, Девечерски Александар Б, Fabrication of non-oxide ceramic powders by carbothermal-reduction from industrial minerals, Ceramics International, 42 (7) (2016) 8128-8135; (ISSN 0272-8842; IF (2016) 2.986); DOI: 10.1016/j.ceramint.2016.02.017

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф.дрПетарУскоковић

- 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 10.03.2022. 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 **Наташе Младеновић Николић**, број индекса 4006/2018, под називом: **„Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“**.

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

За ментора се одређују др Катарина Тривунац, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Љиљана Кљајевић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, ментоима, 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 Наташе Младеновић Николић, мастер инж. технологије, за израду докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета бр. 35/20 од 03.02.2022. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Наташе Младеновић Николић, мастер инж. технологије, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под називом:

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

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Наташа Младеновић Николић је рођена 30.09.1992. у Београду, Република Србија. Основне академске студије уписала је и дипломирала 2011/2015 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 студије уписала је и дипломирала 2016/2017 на Катедри за аналитичку хемију и контролу квалитета на Технолошко-металуршком факултету, са темом под називом „Одређивање адитива и јонских врста у освежавању безалкохолних и енергетских пића помоћу HPLC и IC”. Докторске студије уписала је 2018. године на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, одсек - Хемијско инжењерство, под менторством доцента др Катарине Тривунац. У истраживачко звање истраживач приправник изабрана је 27. децембра 2018. Наташа Младеновић Николић запослена је од 01. августа 2019. године у Лабораторији за

нуклеарну и плазма физику, Института за нуклеарне науке „Винча” – Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду. Говори енглески језик.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Наташа Младеновић Николић је у Институту Винча ангажована на следећим темама: “Дизајн и синтеза нових мулти компонентних екоматеријала” (2020. година) и “Дизајн нових еколошких композитних материјала” (2021. година), руководилац др Љиљана Кљајевић, која се наставља у 2022. години, и „Примена метода нуклеарне физике у заштити од зрачења“ (2021. и 2022. година), руководилац др Ивана Вуканац. Сарадник је на међународном пројекту “Transforming GRIM materials”- EU4TECH PoC project, у току 2021. године, чији је руководилац др Љиљана Кљајевић, виши научни сарадник Института за нуклеарне науке „Винча”-Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду. У периоду од 24. до 28. маја 2021. учествовала је на „Students online Training School” - „Al-rich industrial residues for inorganic materials” у оквиру међународног RIS-ALiCE пројекта (18258), чији је руководилац др Снежана Ненадовић, виши научни сарадник Института за нуклеарне науке „Винча”-Институт од националног значаја за Републику Србију.

У оквиру докторских студија Наташа Младеновић Николић положила је све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 9,75. Списак положених испита, оцено и остварени бодови на докторским студијама приказани су у Табели 1.

Табела 1. Положени испити, оцене и остварени бодови у оквиру докторских студија

Редни бр.	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1.	Анализа трагова специфичних загађујућих материја	10	5
2.	Аналогије феномена преноса	9	5
3.	Виши курс аналитичке хемије	10	5
4.	Математичка обрада експерименталних података	8	5
5.	Неоргански адсорбенти-теоријски основи и примена	10	4
6.	Одабрана поглавља инструменталне анализе	10	7
7.	Одабрани мембрански процеси	10	5
8.	Сепарационе методе у контроли квалитета	10	5
9.	Хемија чврстог стања	10	5
10.	Хемијска термодинамика	10	5
11.	Завршни испит	10	30
12.	Енглески језик	10	
Средња оцена/укупно		9,75	81

Област научноистраживачког рада Наташе Младеновић Николић је усмерена на синтезу, карактеризацију и примену нових материјала синтетисаних алкалном активацијом различитих нус производа индустријских процеса, као и продуката

насталих сагоревањем биомасе. Посебан интерес обухвата могућност примене нових алумосиликатних материјала у области заштите животне средине и грађевинарству што је предмет предложене теме докторске дисертације.

Објављени научни радови и саопштења

У току досадашњег научно-истраживачког рада Наташа Младеновић Николић је аутор и коаутор: два рада у истакнутом међународном часопису (M22), два рада у часопису националног значаја (M52), тринаест научних саопштења у зборницима радова са међународних скупова (M34) и два научна саопштења у зборницима радова са националних скупова (M63).

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. **Nataša Mladenović**, Ljiljana Kljajević, Snežana Nenadović, Marija Ivanović, Bojan Čaliја, Jelena Gulicovski, Katarina Trivunac, The applications of new inorganic polymer for adsorption cadmium from waste water, Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials, 30 (2) (2020) 554-563. DOI: 10.1007/s10904-019-01215-y, ISSN: 1574-1443, IF(2020)= 3,543.
2. Ljiljana Kljajević, Miloš Nenadović, Marijana Petković, Dušan Bučevac, Vladimir Pavlović, **Nataša Mladenović Nikolić**, Snežana Nenadović, Physico-chemical and mechanical properties of geopolymer/zircon composites, Science of Sintering, 54 (2022). doi:https://doi.org/10.XXXX/IIIIIIIIII. ISSN: 0350-820X, IF(2020)= 1,412.

Рад у националном часопису (M52)

1. **Nataša Mladenović N.**, Marija Ivanović M., Ljiljana Kljajević M., Jelena Gulicovski J., Snežana Nenadović S., Katarina Trivunac V., Adsorption study of cadmium ions on kaolinite modified by histidine and cysteine, Tehnika, 74 (1) (2019) 15-22. DOI:10.5937/tehnika1901015M ISSN:0040-2176
2. **Mladenović Nataša N.**, Ivanović Marija M., Kljajević Ljiljana M., Nenadović Snežana S., Gulicovski Jelena J., Pavlović Vera P., Trivunac Katarina V., Application of aluminosilicate polymers based on metakaolin in adsorption of cadmium ions from waste water, Tehnika 73 (6) (2018) 749-756. DOI:10.5937/tehnika1806749M ISSN:0040-2176

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

1. Ljiljana M. Kljajević, Katarina Trivunac, **Nataša Mladenović**, Adela Egelja, Svetlana Ilić, Jelena J. Gulicovski, Snežana S. Nenadović, Effect of high-temperature heat treatment on structural properties of metakaolin - based geopolymer samples, 25th Congress of Chemists and Technologists of Macedonia, Ohrid, Macedonia, 19 - 22. September 2018, Book of Abstract, p.24.
2. Jelena J. Gulicovski, Marija Ivanović, **Nataša Mladenović**, Katarina Trivunac, Ljiljana M. Kljajević, Snežana S. Nenadović, Microstructure analysis and adsorption properties of metakaolin based geopolymer samples, 25th Congress of Chemists and Technologists of Macedonia, Ohrid, Macedonia, 19.-22. September 2018, Book of Abstract, p.27.

3. Marija Ivanović, **Nataša Mladenović**, Jelena Gulicovski, Vladimir Pavlović, Vera Pavlović, Ljiljana Kljajević, Snežana Nenadović, Effect of alkaline activator properties on structure of metakaolin-based geopolymer samples, Serbian Ceramic Society Conference Advanced Ceramics And Application VII, New Frontiers in Multifunctional Material Science and Processing, Belgrade, Serbia, 17-19. September 2018, Book of Abstracts, p.73-74.
4. **Nataša Mladenović**, Marija Ivanović, Ljiljana Kljajević, Jelena Gulicovski, Snežana Nenadović, Katarina Trivunac, Adsorption study of cadmium ions on modified kaolinite by some amino acids, Seventeenth Young Researchers Conference–Materials Science and Engineering December 5-7, 2018, Belgrade, Serbia, page 83.
5. Marija Ivanović, **Nataša Mladenović**, Jelena Gulicovski, Bratislav Todorović, Ljiljana Kljajević, Katarina Trivunac, Snežana S. Nenadović, Metakaolin-Based Inorganic Polymer Synthesis using Alkaline Activator, Book of Abstract, 5th Conference of The Serbian Society for Ceramic Materials, June 11-13 2019, page 77.
6. Snežana S. Nenadović, Marija Ivanović, **Nataša Mladenović**, Miloš Nenadović, Marijana Petković, Bratislav Todorović, Ljiljana Kljajević, Improvement of physical and mechanical properties of geopolymer through addition of zircon, Programme of the Book of Abstract, 5CSCS, June 11-13, 2019, Belgrade Serbia, p.79.
7. Ljiljana Kljajević, Marija Ivanović, **Nataša Mladenović**, Miljana Mirković, Ivana Vukanac, Jelena Gulicovski, Snežana Nenadović, Radiological and structural characterization of fly ash-based alkali activated materials, Programme of the Book of Abstract 5CSCS, June 11-13, 2019, Belgrade, Serbia, p.96.
8. Ljiljana Kljajević, Miljana Mirković, Mira Vukčević, Ivana Bošković, **Nataša Mladenović**, Marija Ivanović, Snežana Nenadović, Preparation of Low –CO₂ Cement from Al-rich by-products, Book of Abstract, The 51st International October Conference on Mining and Metallurgy, 16 - 19 October, 2019, Bor Lake, Bor, Serbia, page 288-291.
9. Snežana Nenadović, Ljiljana Kljajević, Miljana Mirković, **Nataša Mladenović**, Marija Ivanović, Ivana Vukanac, Miloš Nenadović, Radiological Properties of Fly-Ash as Component of Low-CO₂ cements, Book of Abstract, The 51st International October Conference on Mining and Metallurgy, 16 - 19 October, 2019, Bor Lake, Bor, Serbia, page 292-294.
10. **Nataša N. Mladenović Nikolić**, Ljiljana M. Kljajević, Ivana S. Vukanac, Katarina V.Trivunac, Alkali activation of fly ash as a waste product of coal combustion process, Seventh Conference of the Young Chemists of Serbia, 2nd November 2019, Belgrade, Serbia, 137.
11. Marija Ivanović, Dunja Đukić, **Nataša Mladenović**, Ljiljana Kljajević, Vladimir Pavlović, Snežana Nenadović, Miljana Mirković, The influence of thermodynamic parameters of the alkaline activator on the mechanical properties of geopolymers, Eighteenth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, December 4-6, 2019, Belgrade, Serbia, page 87.

12. **Nataša Mladenović Nikolić**, Snežana Nenadović, Miloš Nenadović, Katarina Šter, Sabina Dolenec, Ivana Vukanac and Ljiljana Kljajević, Physical-chemical characterization of fly-ash for utilization in building material industry, The book of abstracts, Students online Training School - Al-rich Industrial Residues for Inorganic Materials, May 24-28, 2021, Belgrade, Serbia, page 71-73.
13. Gianmarco Di Rienzo, Ana Nikolova, Maria-Alexandra Stamatović, **Nataša Mladenović Nikolić**, Ljiljana Kljajević, Recycling and reuse of wood ash in geopolymer concrete to reduce environmental pollution, The book of abstracts, Students online Training School - Al-rich Industrial Residues for Inorganic Materials, May 24-28, 2021, Belgrade, Serbia, page 79-80.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

1. Mirjana Đurašević, Aleksandar Kandić, Ivana Vukanac, Igor Čeliković, **Nataša Mladenović Nikolić**, Tamara Milanović, Zorica Obradović, Dugovremenska stabilnost kalibracionih standarda različitih matriksa u gamaspektrometriji, XXXI Simpozijum DZZSCG Beograd, 06.-08. oktobar 2021, str. 181-186.
2. Marina Maletić, Sara Živojinović, **Nataša Mladenović Nikolić**, Ljiljana M.Kljajević, Snežana S. Nenadović, Marija Vukčević, Katarina Trivunac, Određivanje efikasnosti adsorbenata na bazi modifikovane dijatomejske zemlje za adsorpciju katjonske boje metilensko plavo, Šesti naučno-stručni skup Politehnika 2021, Beograd, Srbija, 10.12.2021. Zbornik radova, str.124-129.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и постигнутих резултата током докторских студија и у оквиру научно-истраживачког рада, Наташа Младеновић Николић, мастер инж. технологије, показала је склоност и интересовање за бављење научно-истраживачким радом. У току експерименталног истраживачког рада показала је самосталност у осмишљавању и реализацији истраживања, сагледавању и обради научних резултата и писању научних радова. На основу приказаних биографских и библиографских података кандидата, Комисија сматра да кандидат испуњава све неопходне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Угаљ и данас представља главни извор енергије у целом свету. Велика количина чврстог отпада која настаје у процесу сагоревања угља у термоелектранама је летећи пепео који се одлаже на депоније у њиховој непосредној близини. Доказано је да овај начин одлагања има велики негативан утицај на животну средину и здравље људи. Из тог разлога многа научна истраживања испитују могућност примене и рециклаже летећег пепела. Предмет ове докторске дисертације је примена отпада богатог алуминијумом као полазног материјала за синтезу и развој нових, еколошки прихватљивих материјала. Алкално активирани материјали су релативно нова група

везивних материјала који се добијају реакцијом различитих алумосиликатних материјала са алкалним активатором. Ови материјали се разликују у погледу хемијског састава и структуре везивне фазе. Алкално активирани материјали, су чврсти, стабилни и незапаљиви при високим температурама. Настају дејством алкалног активатора на чврсти алумосиликатни прекурсор, где долази до трансформације полазне алумосиликатне структуре, полимеризације и очвршћавања при ниским температурама (до 100 °C). Коначни производ хемијске реакције између полазне сировине (алумосиликата) и раствора алкалног активатора (нпр. Na_2SiO_3 и NaOH), која се у литератури зове и геополимеризација, уобичајено садржи смешу аморфне и делом кристалних фаза, које углавном потичу из полазног материјала. Међутим, механизам реакције геополимеризације/алкалне активације још увек није довољно испитан и пошто се ради о врло сложеним системима, неопходно је да се испита синтеза, гелирање, очвршћивање, односно стварање коначног производа и оптимизација услова синтезе.

Циљ истраживања у оквиру предложене докторске тезе је развој алтернативних материјала произведених од отпадних материјала, као што су летећи пепео из термоелектрана и дрвени пепео настао процесом сагоревања у домаћинствима, што уз економско, има и еколошко значење, јер решава проблем збрињавања различите врсте отпада. Истраживања ће бити усмерена на оптимизацију поступка синтезе полазећи од различитих смеша прекурсора (летећи пепео, дрвени пепео, метакаолин). Такође, истраживања ће бити усмерена на испитивање структурних карактеристика са акцентом на физичко-хемијска својства, испитивање површинских особина, механичких својстава, природне радиоактивности. Оптимизација синтезе ове врсте алкално активираних материјала биће базирана на избору најповољнијег односа чврсте фазе, узимајући у обзир хемијски, минералoшки састав, морфолошка и механичка својства, као и присуство радионуклида у синтетисаном материјалу. Током истраживања упоређиваће се добијене особине материјала и одредиће се најбољи однос компонената материјала који би нашли примену у области заштите животне средине, али и другим потенцијалним применама (у грађевинарству, нпр.). Могућност примене добијених материјала као сорбената биће испитана у процесу уклањања јона метала из воде, при различитим радним параметрима. Применом различитих модела адсорпционих изотерми, као и кинетичких модела на експерименталне податке, утврдиће се механизам адсорпције одабраних тешких метала на испитиваним адсорбентима/алкално активираним материјалима и њихова ефикасност. Осим тога, биће испитана и њихова примена у грађевинарству, као алтернативни везивни материјали, односно замена за Портланд-цемент. Развој технологије алкалне активације алуминосиликатних материјала, као алтернативног везива, је еколошког карактера, и последица је потребе да се снизи ниво емисије CO_2 у атмосферу. 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 испитаће се присуство радионуклида у полазним материјалима/смешама, као и у синтетисаним алкално активираним материјалима.

Најважнији литературни подаци на којима ће се заснивати истраживања су:

1. P. Duxson, A. Fernández-Jiménez, J. L. Provis, G. C. Lukey, A. Palomo, J. S. J. van Deventer, Geopolymer technology: the current state of the art, *Journal of Materials Science* 42 (2007) 2917-2933.
2. G. J. B. Silva, V. P. Santana, M. Wójcik, Investigation on mechanical and microstructural properties of alkali-activated materials made of wood biomass ash and glass powder, *Powder Technology* 377 (2021) 900-912.
3. S. V. Vassilev, D. Baxter, L. K. Andersen, C. G. Vassileva, An overview of the composition and application of biomass ash. Part 1. Phase-mineral and chemical composition and classification, *Fuel* 105 (2013) 40-76.
4. W. Y. Lin, A. K. Prabhakar, B. C. Mohan, Ch.-H. Wang, A factorial experimental analysis of using wood fly ash as an alkaline activator along with coal fly ash for production of geopolymer cementitious hybrids, *Science of the Total Environment* 718 (2020) artical number 135289.
5. Y. Luna-Galiano, A. Cornejo, C. Leiva, L.F. Vilches, C. Fernández-Pereira, Properties of fly ash and metakaolin based geopolymer panels under fire resistance tests, *Materiales de Construcción* 65 (2015) e059.
6. R. Rajamma, J. A. Labrincha, V. M. Ferreira, Alkali activation of biomass fly ash–metakaolin blends, *Alkali activation of biomass fly ash–metakaolin blends*, *Fuel* 98 (2012) 265–271.
7. M. S. Al-Harashseh, K. Al Zboon, L. Al-Makhadmeh, M. Mahasneh, Copper Removal using Fly Ash-based Geopolymer, *Journal of Environmental Chemical Engineering* 3 (2015) 1669–1677.
8. M. N. L. Leroy, F. M. C. Dupont, K. Elie, Valorization of Wood Ashes as Partial Replacement of Portland Cement: Mechanical Performance and Durability *European Journal of Scientific Research* 151 (4) (2019) 468-478.
9. Q. Tian and K. Sasaki, Application of fly ash-based geopolymer for removal of cesium, strontium and arsenate from aqueous solutions: kinetic, equilibrium and mechanism analysis, *Water Science and Technology* 79 (11) (2019) 2116-2125.
10. L. Zheng, W. Wang, Y. Shi, The effects of alkaline dosage and Si/Al ratio on the immobilization of heavy metals in municipal solid waste in cineration fly ash-based geopolymer, *Chemosphere*, 79 (2010) 665–671.
11. M.J. Madruga, C. Miró, M. Reis, L. Silva, Radiation exposure from natural radionuclides in building materials, *Radiation Protection Dosimetry* (2018) 1-9.
12. J.L. Provis, J.S.J. van Deventer (Editors) (2014) *Alkali Activated Materials*, State-of-the-Art Report, RILEM TC 224-AAM, Springer, ISSN 2213-2031 (electronic)
13. M. Salvo, S. Rizzo, M. Caldirola, G. Novajra, F. Canonico, M. Bianchi & M. Ferraris (2015) Biomass ash as supplementary cementitious material (SCM), *Advances in Applied Ceramics*, 114:sup1, S3-S10, DOI: 10.1179/1743676115Y.0000000043
14. M. Nenadović, C. Ferone, Lj. Kljajević, M. Mirković, B. Todorović, I. Vukanac, S. Nenadović; Alkali Activation of Different Type of Ash as a Production of Combustion Process; *Nuclear Technology & Radiation Protection*; 36(1) (2021) 66-73.
15. M. Criado, A. Fernández-Jiménez, A.G. de la Torre, M.A.G. Aranda, A. Palomo: An XRD study of the effect of the SiO₂/Na₂O ratio on the alkali activation of fly ash, *Cement and Concrete Research* 37, 2007, pp 671-679.

3. Полазне хипотезе

На основу досадашњих испитивања познатих у научној литератури, предложена истраживања у оквиру ове докторске дисертације полазе са основног становишта да се процесом алкалне активације отпада богатог алуминијумом могу добити материјали са смањеним и инкапсулираним садржајем штетних супстанци, а који могу имати примену као везива у грађевинарству или као јефтини адсорбенти за уклањање различитих загађујућих материја из отпадних вода.

Полазне хипотезе које су основа за научноистраживачки рад у оквиру ове докторске дисертације су следеће:

-алкалном активацијом отпада богатог алуминијумом долази до поликондензације алумината и силиката и формирања тродимензионалне порозне структуре. У реакцији алкалне активације учествује аморфна фаза из полазног алумосиликатног материјала. Кристалне фазе које су присутне у полазном материјалу се веома споро разлажу у условима реакције које се одигравају на атмосферском притиску и температури до 100°C, и поред великих вредности рН реакционог медијума.

- површина честица летећег пепела/метакаолина као прекурсора богатих алуминијумом и дрвеног пепела богатог калцијумом се раствара уз ослобађање алуминатних и силикатних јона као мономера. Интеракцијом мономера долази до образовања алумосиликатних олигомера који у концентрованом алкалном раствору граде алумосиликатну мрежу. Структуру алкално активираних материјала чине неуређени алумосиликатни и C-S-H гел – тродимензионално умрежена структура.

-оптимизација односа компонената чврсте фазе (дрвени пепео као компонента чврсте фазе је богат калцијумом, тако да процентуални удео дрвеног пепела у полазној смеси утиче на брзину реакције), моларитета алкалног активатора, односа чврсте и течне фазе, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ односа, температуре геополимеризације, услова старења, утицаће на одређена физичко хемијска, механичка и термичка својства новосинтетисаног еколошки прихватљивог материјала,

-могућа је регенерација и поновна употреба добијених материјала на бази отпада богатог алуминијумом како у адсорпционим процесима тако и за производњу грађевинског материјала.

4. Научне методе истраживања

Планираним истраживањима биће обухваћена синтеза алкално активираних материјала полазећи од смеше различитих прекурсора (летећи пепео/дрвени пепео/метакаолин-двокомпонентни и трокомпонентни системи) такође алумосиликатног порекла и алкалних активатора одређених моларитета NaOH.

Карактеризација полазних сировина, као и добијених алкално активираних материјала биће извршена следећим техникама:

- рентгенска дифракциона анализа (енг. *X-ray diffraction- XRD*) за минералошку карактеризацију, односно извршиће се идентификација фаза и удео аморфне фазе у синтетисаном алкално активираним материјалу,
- инфрацрвена спектрометрија са Фуријеовом трансформацијом (енг. *Fourier–Transform Infrared Spectroscopy*, FT-IR) ће се користити за одређивање функционалних група у прекурсор материјалима као и образовање одређених функционалних група током процеса синтезе алкално активираних материјала,
- рентгенска фотоелектронска спектроскопија (*X-Ray Photoelectron Spectroscopy-XPS*) биће примењена за карактеризацију површине материјала,
- скенирајућа електронска микроскопија (енг. *Scanning Electron Microscopy*) користиће се за испитивање морфологије и величине честица прахова прекурсора, величине и облика пора алкално активираних материјала, док ће се енергетски дисперзионом спектроскопијом (*Energy Dispersive Spectroscopy-EDS*) испитати хемијски састав одређене честице или површине прекурсора и синтетисаног материјала,
- БЕТ метода (енг. *Brunauer-Emmett-Teller methods-BET*) ће се користити за одређивање специфичне површине и порозности прекурсора и алкално активираних материјала,
- гама спектроскопијом ће се испитати природна радиоактивност прекурсора и алкално активираних материјала са посебним освртом на здравље људи прорачуном који се односи на дозу одређених природних радионуклида,
- универзална машина за испитивање материјала-*INSTRON 1185* (енг. *Instron 1185 Universal Testing Machine*) користиће се за испитивање механичких својстава алкално активираних материјала,
- одредиће се површинске групе алкално активираних материјала као потенцијалних сорбената,
- величина честица синтетисаних материјала пратиће се ласерском методом за одређивање величине честица.

За одређивање концентрације јона метала користиће се:

- индуктивно спрегнута плазма са масеном спектрометријом (енг. *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*, ICP-MS) и оптичка емисиона спектрометрија са индуктивно спрегнутом плазмом (енг. *Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry*, ICP-OES), и
- атомска апсорпциона спектрофотометрија (енг. *Atomic Absorption Spectrophotometry*, AAS).

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни допринос у оквиру ове докторске дисертације се огледа у следећем:

- развој алтернативних материјала произведених од отпадних материјала чиме се може смањити проблем збрињавања различитих врста отпада;
- оптимизација састава чврсте фазе, односа течност/чврсто, односа Al/Si, SiO₂/Na₂O, температуре геополимеризације, услова старења;
- дефинисање механизма алкалне активације;
- испитивање утицаја односа Al/Si, као и концентрације алкалног активатора на радиолошке особине материјала;

- дефинисање примене алкално активiranог материјала као везивног материјала у зависности од његових структурних, механичких и радиолошких својстава;
- дефинисање примене алкално активiranог материјала као ефикасног сорбента различитих тешких метала из отпадних вода;
- процена могућности регенерације коришћених алкално активirаних материјала као адсорбената и њихова употреба.

Очекује се да ће резултати предложене теме докторске дисертације значајно допринети повећању могућности примене летећег пепела чија је употреба тренутно у Србији око 3%, као и решавању проблема који се односе на присутне тешке метале у води коришћењем алкално активirаних материјала на бази нус производа индустријских процеса алумосиликатног порекла (летећи пепео), комуналног/кућног отпада (дрвени пепео) и природних сировина (глина каолинског типа), као и примене продуката сагоревања дрвне биомасе.

6. План истраживања и структура рада

Предмет ове докторске дисертације је синтеза алкално активirаних материјала на бази отпада богатог алуминијумом, што уз економско, има и еколошко значење. Оптимизација синтезе ове врсте материјала биће базирана на избору најповољнијег односа чврсте фазе, узимајући у обзир хемијски, минералошки састав, морфолошка и механичка својства, као и присуство радионуклида у синтетисаном материјалу. Испитаће се утицај чврсте фазе, односа течност/чврсто, односа Al/Si , SiO_2/Na_2O , температуре геополимеризације, услова старења на одређена својства алкално активiranог материјала. На основу експерименталних података и карактеризације одабраће се материјали који ће се испитати као потенцијални адсорбенти за уклањање одабраних загађујућих материја присутних у води. Планирано је да докторска дисертација садржи следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература*.

У поглављу *Увод* биће наглашен значај и предмет истраживања, дефинисани циљеви истраживања, као и очекивани научни допринос дисертације.

Теоријски део докторске дисертације обухватиће преглед и анализу литературних података релевантних истраживања везаних за проблематику предложене дисертације која се односе на:

- врсте (типове) алкално активirаних материјала,
- врсте прекурсора
- процес алкалне активације,
- порекло, токсичност и радиоактивност нус производа индустријских процеса алумосиликатног порекла (летећи пепео), комуналног/кућног отпада (дрвени пепео) и природних сировина (глина каолинског типа),
- структурне и површинске карактеристике алкално активirаних материјала,
- утицај услова синтезе на структуру алкално активirаних материјала,

- примену алкално активираних материјала са посебним освртом на употребу као адсорбената у процесу уклањања одабраних загађујућих материја из воде, као и примена у грађевинарству.

Експериментални део ће садржати:

- опис различитих прекурсора, апаратура, хемикалија и реагенаса,
- опис поступака, услова процеса и радних параметара за синтезу алкално активираних материјала,
- опис метода за физичко-хемијску карактеризацију отпадних сировина богатих алуминијумом и добијених материјала,
- опис гама спектрометрије са једначинама за израчунавање радијумовог еквивалента активности, Ra_{eq} , индекса радијационог ризика H_{ex} , јачине екстерне апсорбоване дозе $\dot{D}$ (nGy/h) и годишње ефективне дозе EDR (mSv/y),
- опис процеса и параметара под којима је испитивана адсорпција јона тешких метала из водених раствора,
- опис методе и коришћених стандарда за испитивање механичких својстава (компресиона чврстоћа).

У поглављу **Резултати и дискусија** биће детаљно приказани, размотрени и дискутовани сви резултати добијени током израде докторске дисертације, са следећим садржајем:

- резултати испитивања хемијског састава прекурсора и алкално активираних материјала,
- резултати испитивања микроструктуре прекурсора и алкално активираних материјала,
- резултати испитивања површинских особина, морфологије и расподеле величине честица и порозности прекурсора и синтетисаних материјала,
- резултати испитивања природне радиоактивности, утицаја односа Al/Si у полазним смешама и утицаја одређених радионуклида присутних у прекурору и синтетисаном материјалу на здравље људи,
- резултати оптимизације поступка синтезе (дефинисање најповољнијег односа двокомпонентног и трокомпонентног система полазних смеша, дефинисање односа Al/Si, однос чврсте и течне фазе, рН алкалног активатора, температуре геополимеризације, услова старења),
- дефинисање механизма алкалне активације за оптимизоване системе (двокомпонентни/трокомпонентни),
- резултати процеса адсорпције јона тешких метала, регенерације адсорбената и избор најефикаснијег сорбента,
- резултати испитивања механичких особина алкално активираних материјала.

У поглављу **Закључак** биће сумирано целокупно истраживање и најважнији закључци до којих ће кандидат доћи у току израде ове докторске дисертације. **Литература** ће садржати референце које су цитиране у дисертацији, као и радове настале као резултата истраживања током израде ове докторске дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података о досадашњем раду и постигнутим резултатима, Комисија сматра да кандидат Наташа Младеновић Николић, мастер инж. технологије, испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође, на основу изложеног, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације под називом **„Оптимизација синтезе и примена алкално активираних материјала на бази отпада богатог алуминијумом“** научно заснована и предлаже Наставно-научном већу да је прихвати. За менторе се предлажу др Катарина Тривунац, доцент Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Љиљана Кљајевић, виши научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Хемијско инжењерство за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа.

У Београду, 28.02.2022. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Катарина Тривунац, доцент
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Др Љиљана Кљајевић, виши научни сарадник Универзитета у
Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од
националног значаја за Републику Србију

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

Др Снежана Ненадовић, виши научни сарадник Универзитета у
Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Институт од
националног значаја за Републику Србију,

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