

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Невенке Мијатовић

Одлуком бр. 35/239 од 20.09.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Невенке Мијатовић под насловом:

„Хеометријски приступ испитивању утицаја хемијских својстава електрофилтерског пепела, зеолита и бентонита на својства еколошки прихватљивих грађевинских материјала“

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

Кандидат Невенка Мијатовић, мастер инжењер технологије уписала је докторске академске студије школске 2015/2016, на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Хемија.

07.03.2019. - На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, донета је Одлука о именовању Комисије за оцену подобности теме и кандидата Невенке Мијатовић, дип. инж. технологије за израду докторске дисертације и оцену научне заснованости теме под називом „Хеометријски приступ испитивању утицаја хемијских својстава електрофилтерског пепела и сорптивних глина на карактеристике еколошки прихватљивих констукционих материјала“ (одлука бр. 35/88).

30.05.2019. - На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета у Београду донета је Одлука о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата Невенке Мијатовић за израду докторске дисертације под називом „Хеометријски приступ испитивању утицаја хемијских својстава електрофилтерског пепела, зеолита и бентонита на својства еколошки прихватљивих констукционих материјала“ (одлука бр. 35/190).

На предлог Већа области природних наука, НН Веће Технолошко-металуршког факултета је на седници одржаној 29.08.2019. усвојило корекцију назива теме тако да коначан назив теме гласи: „Хеометријски приступ испитивању утицаја хемијских својстава електрофилтерског пепела, зеолита и бентонита на својства еколошки прихватљивих грађевинских материјала“.

23.09.2019. - Веће научних области природних наука Универзитета у Београду је на својој седници дало сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Невенке Мијатовић под насловом „Хеометријски приступ испитивању утицаја хемијских својстава електрофилтерског пепела, зеолита и бентонита на својства еколошки прихватљивих грађевинских материјала“ (одлука бр. 61206-3475/4-19).

20.09.2021. - На седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, усвојена је Одлука о именовању Комисије за оцену и

одбране докторске дисертације кандидата Невенке Мијатовић под називом „Хеометријски приступ испитивању утицаја хемијских својстава електрофилтерског пепела, зеолита и бентонита на својства еколошки прихватљивих грађевинских материјала“ (одлука бр. 35/239)

1.2. Научна област дисертације

Научна област дисертације припада области хемије за коју је Технолошко-металуршки факултет матичан. За ментора је одређена др Драгана Живојиновић, доцент ТМФ-а., која је бирана за област аналитичка хемија и која је својим досадашњим наставним и научно-истраживачким радом показала да је компетентна да буде ментор за област којој теза припада.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Невенка Мијатовић је рођена у Зајечару 26.02.1981. године. Основну и средњу школу завршила је у Бору. Дипломирала је на Хемијском факултету Универзитета у Београду 2007. године са просечном оценом у току студија 7,43 (седам и 43/100) и оценом 10 (десет) на дипломском испиту. У априлу 2013. године на Техничком факултету у Бору Универзитета у Београду завршила је Мастер академске студије са просечном оценом 9,13 (девет и 13/100) и тиме стекла академски назив мастер инжењера технологије.

Докторске академске студије, на студијском програму Хемија, уписала је школске 2015/2016. на Технолошко металуршком факултету, Универзитета у Београду. Редовно је испуњавала све обавезе предвиђене планом и програмом докторских студија и студирала у редовном року (6 година). Положила је све испите предвиђене програмом студирања са просечном оценом 10,00 (десет и 00/100) и одбранила завршни испит оценом 10.

Од децембра 2007. до 2010. године била је запослена у Институту за рударство и металургију у Бору. Основне активности у хемијској лабораторији Института за рударство и металургију у Бору биле су везане за развој инструменталних аналитичких метода за испитивање различитих материјала везаних за рударску и металуршку делатност.

Од 2010. године је запослена у Институту за испитивање материјала, у лабораторији за везиво, хемију и малтере. Основне активности које обавља су везане за хемијска испитивања материјала ICP-OES i XRF техникама.

Невенка Мијатовић је инжењер у лабораторији за везива, хемију и малтере од 2010. године и технички експерт за чврсти отпад ПТ проваједера ИМС-а од 2017. Члан је међународног комитета за међулабораторијска испитивања КОМИМ.

Поседује више сертификата, везаних за обуке на уређајима на којима ради, као и за успешно савладане обуке у оквиру статистичке обраде података, развој и валидацију метода.

Поред стручних послова Невенка Мијатовић се бави научно-истраживачким радом у оквиру института ИМС и ангажована је на пројектима које финансира МНТР Републике Србије.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Хеометријски приступ испитивању утицаја хемијских својстава електрофилтерског пепела, зеолита и бентонита на својства еколошки прихватљивих грађевинских материјала“, кандидата Невенке Н. Мијатовић, мастер дипл. инж. технологије, написана је на 133 страна, садржи 19 слика, 25 табела и 175 литературних навода.

Садржај тезе има уобичајену структуру: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључна разматрања и Закључак и Литература. На почетку дисертације дат је Извод на српском и енглеском језику, Списак скараћеница и симбола, Списак слика и Списак табела, док су на крају дисертације дати Прилози.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У Уводу дисертације су истакнути проблеми загађења животне средине чврстим отпадом (пепелом). Указано је да се пепео све више користи у цементној индустрији, али да садржај тешких метала у пепелима представља главни еколошки ризик. Употребом зеолита и бентонита као минералних додатака са адсорптивним својствима елиминише се ризик од излуживања тешких метала из пепела. Такође је указано да са развојем нових грађевинских вишекомпонентних материјала потребно развити нове хемијске аналитичке технике и методе које ће што поузданије, брзо и економично испитати хемијски састав узорака. Нове методе је потребно валидовати. У ту сврху се примењује хеометријски приступ. У уводу је дат предмет истраживања, истакнути су циљеви и допринос ове докторске дисертације.

Теоријски део докторске дисертације подељен је у пет поглавља.

У првом поглављу дате су основне карактеристике везива и минералних додатака (зеолит, бентонит и пепео). У другом поглављу су дата физичко-хемијска својства минералних додатака. Објашњени су појмови сорпције и лужења, као и процес имобилизације тешких метала у цементним везивима са минералним додацима. У трећем поглављу је дат детаљан опис и принципи коришћених инструменталних аналитичких техника: енергетско-дисперзивне рендгенско флуоросцентне спектроскопије (EDXRF) и оптичко емисионе спектрометрије са индуктивно куплованом плазмом (ICP-OES). Описани су делови уређаја, предности и мане, као и примена ових техника. Четврто поглавље се односи на основне аспекте хеометрије. Описан је поступак валидације метода као и параметри валидационог поступка: линеарност, лимит детекције (LoD), лимит квантификације (LoQ), радни опсег, прецизност, тачност, робусност. Такође, је дат преглед: мерне несигурности, средстава која се користе приликом валидационог поступка, као и инерне и екстарне провере квалитета. У овир четвртог поглавља теоријског дела такође су описане мултиваријационе анализе и експериментални дизајн. Од мултиваријационих анализа детаљно су описане анализа главних компоненти (PCA) и кластер анализа (CA). У петом поглављу дат је преглед досадашњих истраживања примене хеометријских метода за хемијску карактеризацију неорганских материјала помоћу EDXRF и ICP-OES технике.

Експериментални део докторске дисертације је подељен на седам поглавља (од поглавља број 6 до поглавља број 12). У шестом поглављу је дата експериментална поставка, преглед материјала и хемијских реагенса. У седмом поглављу је детаљно описана методологија рада. Припрема експерименталних везива и малтера је описана у осмом поглављу, док је у деветом поглављу представљен тест лужења. Десето поглавље садржи опис и преглед адсорпционих експеримената.

У делу Резултати и дискусија приказани су експериментални резултати истраживања и извршена је њихова анализа и дискусија. Део резултати и дискусија је подељен на четири поглавља (од поглавља 13 до поглавља 16). У поглављима под бројем 13, 14 и 15 се налази оцена валидационих поступака за развијене методе у овом истраживању. Обрађени су сви валидациони параметри, мерне несигурности користећи различите стратегије за развој методе.

Прва од развијених метода енергетско дисперзивне рендгенско флуоросцентне спектрометрије (EDXRF) је метода за испитивање везива на бази цемента са додатком минералних сировина (пепела, зеолита и бентонита). У ту сврху анализирано је осамнаест елемената присутних у саставу материјала: десет главних елемената (Si, Al, Fe, Ca, Mg, S, Na, K, Ti, P) и осам елемената у траговима (Cr, Zn, Cu, As, Ni, Pb, Sr, Mn). Тридесет пет узорака од којих су три сертификовани референтни материјали и тридесет два референтна материјала направљена од цемента, пепела, зеолита и бентонита коришћени су током валидације и оптимизације испитиване EDXRF методе. Метода је потврђена у смислу селективности, прецизности, радног опсега, линеарности, тачности, робусности, границе детекције и квантификације. Тридесет два узорка, односно три сертификована референтна материјала и двадесет девет референтних материјала, истовремено су анализирани помоћу EDXRF и оптичке-емисионе спектрометрије са индуктивно спрегнутом плазмом (ICP-OES). Поређења

результата добијених применом ових метода су показала минимално мале разлике, јер су коефицијенти корелације били изузетно добри (≈ 1), што истиче EDXRF технику као добру алтернативу ICP-OES техници за хемијску анализу цементних везив

Друга метода енергетско дисперзивне рендгенско флуоресцентне спектрометрије (EDXRF) је развијена за десет хемијских елемената (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn) у елуатима добијеним из цементних везива. У експерименту је коришћено 29 узорака. Сви узорци су направљени на бази портланд цемента. Летећи пепео различитог порекла, зеолити и бентонит су коришћени као минерални додаци у цементним везивима. Дестилована вода је коришћена за излуживање. Валидација ове EDXRF методе је спроведена одређивањем граница детекције и квантификације, радног опсега, линеарности, селективности, прецизности, истинитости и робусности. Следљивост је успостављена коришћењем сертифицираних референтних материјала. Мерна несигурност је потврђена интерним лабораторијским приступом валидације. Проширене несигурности за десет анализираних елемената добијене су за све радне опсеге EDXRF методе. Робусност EDXRF методе је процењена помоћу хеометријског интерног приступа који укључује анализу главних компоненти (PCA) и кластерску анализу (CA). Резултати добијени рендгенском флуоресцентном методом су додатно поређени са резултатима добијеним помоћу оптичко емисионе спектрометрије са индуктивно спрегнутом плазмом (ICP-OES) како би се потврдило да се EDXRF може користити као ефикасна и поуздана алтернативна метода за анализу елуата цементних везива.

Трећа метода је развијена применом оптичко емисионе спектрометрије са индуктивно спрегнутом плазмом (ICP-OES). Метода је развијена и потврђена за хемијску анализу 35 елемената (Al, Be, Cd, So, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, V, Mo, Zn, Pb, Bi, Si, Zr, V, As, Se, Sb, Sn, Ti, Ba, B, Ag, Mg, Ca, K, Na, S, P, Ga, In, Li) у елуату летећег пепела и елуатима у везивима и малтерима са и без додатка летећег пепела. Одређене су перформансе валидације и несигурност мерења. Несигурност мерења израчуната је на три начина: поступак валидације, учешће у шемама тестирања оспособљености (PT) и помоћу података датих у стандардној методи. Да би се доказала тачност и прецизност, коришћена је развијена метода на лабораторијским узорцима цементних везива и малтера. Мултиваријационе анализе, тј. кластер анализа или анализа груписања (CA) и анализа главних компоненти (PCA), примењене су за успостављање међусобних односа између анализираних узорака, и за потврду развијене ICP-OES методе.

У поглављу број 16 испитана је и дискутована је способност имобилизације токсичних елемената у оквиру самих цементних везива са поменутиим минералним додацима. Истражене су адсорптивне способности две сировине (зеолит и бентонит), односно њихов афинитет за имобилизацију јона тешких метала Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} и Cu^{2+} помоћу припремљених појединачних и мулти-елементарних раствора Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} и Cu^{2+} . Добијени резултати су подвргнути анализи путем модела псеудо-првог и псеудо-другог реда кинетичких реакција. Анализирани су Ленгмирова (Langmuir) и Фројндлихоа (Freundlich) изотерме. Бентонит је показао бољи афинитет адсорпције од зеолита према сва четири испитивана катјона. Као доказ, тест излуживања је спроведен на седам различитих цементних везива са различитим минералним адитивима (летећи пепео, зеолит, бентонит). Елуат добијен на узорцима цемента са додатком летећег пепела и глина (било зеолит или бентонит) садржавао је ниже концентрације јона Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} и Cu^{2+} него елуати добијени на узорцима цементног везива са летећим пепелом искључиво као резултат механизма адсорпције и хидратације који имобилизују тешке метале у цементној маси композита.

На крају дисертације су изнета закључна разматрања са истакнутим резултатима и доприносима ових истраживања, дат је списак коришћене литературе и приложени су прилози.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Интензивна индустријализација и урбанизација довела је до све веће потребе за идејним решењима која ће допринети очувању животне средине. Исто се дешава и у области грађевинске индустрије, где се депоновани чврст неоргански отпад све више користи као минерална сировина у цементној индустрији. У том смислу намећу се нове глобалне тенденције за побољшање перформанси метода хемијских анализа више компонентних материјала.

У оквиру ове докторске дисертације развијене су три методе од којих се две методе спроводе користећи енергетско дисперзивну рендгенско флуоросцентну спектрометрију (EDXRF), а трећа метода се заснива на оптичко емисионој спектрометрији са индуковано спрегнутом плазмом (ICP-OES).

Када је у питању развој метода за грађевинске материјале у постојећој литературној бази приказани су само делимично развијени поступци. Ова докторска дисертација има допринос у потпуној валидацији ICP-OES и EDXRF метода. Такође, досадашња истраживања у погледу развоја хемијских метода у области грађевинских материјала су ограничена на једнокомпонентне материјале, док су у овој дисертацији објекат истраживања вишекомпонентни материјали (везива и малтери са минералним додацима). У том смислу је и процес развоја хемијских метода комплекснији и компликованији. Најкреативнији део истраживања је испитивање робусности као параметра валидације где је развијена посебна аналитичка и статистичка стратегија која свакако доприноси представљању ове перформансе валидације која у литератури у сваком погледу није довољно истражена.

Предмет рада ове докторске дисертације је поред развоја метода за испитивање цементних везива са минералним додацима (пепео, зеолит и бентонит) и утицај полазних компоненти на својства везива – т.ј. способност имобилизације токсичних елемената. Еколошка прихватљивост добијених грађевинских материјала на бази цемента са минералним додацима (летећи пепео, зеолит и бентонит) је доказана помоћу адсорпционих експеримената и тестова лужења. Експерименти са адсорпцијом спроведени су помоћу појединачних и мултиелементарних раствора јона Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} и Cu^{2+} . Анализиране су Ленгмирова (Langmuir) и Фројндлихова (Freundlich) изотерма и, као и кинетички модел адсорпционих реакција. Седам различитих цементних везива са различитим минералним адитивима (летећи пепео, зеолит, бентонит) подвргнута су тесту лужења. Елуати добијени на узорцима цемента уз додатак летећег пепела и глине (зеолита или бентонита) садржале су ниже концентрације јона Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} и Cu^{2+} од елуата добијених на узорцима цементног везива са летећим пепелом. Овакви резултати су последица адсорпционих механизма и процеса хидратације у току којих се врши имобилизација тешких метала у цементним композитима.

Експерименти у оквиру ове докторске дисертације везани су за испитивање хемијског састава у полазним компонентама, готовим везивима и малтерима, за испитивање процеса адсорпције, као и за испитивање евентуалног излуживања метала из цементних везива и малтера са додатком пепела, зеолита и бентонита. Значајан допринос ове дисертације се огледа што се по први пут детаљно оптимизују и валидују методе у оквиру ICP-OES и EDXRF техника на сложеним матриксама сачињеним од више компоненти као што су цементна везива са додатком минералних адитива (електофилтерски пепео, зеолит и бентонит). За ове методе је такође значајно да се добијају поуздани резултати за што краће време и као такве се могу успешно примењивати у производњи и контроли оваквих врста материјала. Ова истраживања имаће и практичан значај јер представљају значајан допринос развоју и примени еколошки прихватљивих материјала у грађевинарству.

На основу опсежног прегледа литературе, може се закључити да се истраживања у оквиру ове докторске дисертације уклапају у светске трендове и указују на значај и актуелност проучаване проблематике.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У литературном прегледу докторске дисертације дата су досадашња истраживања примене хеометријских метода за хемијску карактеризацију неорганских материјала помоћу ICP-OES и EDXRF технике. Дат је велики број литературних навода, од којих највећи број чине радови објављени у међународним часописима новијег датума који се баве тематиком значајном за израду докторске дисертације. Наведене референце садрже експерименталне резултате истраживања многих истраживача, анализу и дискусију добијених резултата и изведене закључке, као и теоријске основе примењених метода испитивања, њихове предности и ограничења. Кандидат је проширио своја сазнања из области хеометрије и мултиваријантне анализе, продубио претходна знања о методама за анализу неорганских материјала где се свакако могу сврстати и грађевински материјали, разрадио комплетну аналитичку методологију од дизајнирања и припреме узорака до евалуације резултата и доношења закључака. Из образложења предложене теме докторске дисертације и објављених радова које је кандидат приложио, као и из прегледа литературе која је коришћена у истраживању, уочава се адекватно познавање предметне области истраживања, као и познавање актуелног стања истраживања у овој области у свету.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У овој докторској дисертацији примењене су методе енергетско дисперзивне рендгенско флуоросцентне спектрометрије (EDXRF) и методе које се заснивају на оптичко емисионој спектрометрији са индуковано спрегнутом плазмом (ICP-OES), које се сматрају модерним веома осетљивим техникама за одређивање врло ниских концентрација елемената у чврстим односно течним узорцима.

У хеометријској обради резултата примењене су мултиваријантне статистичке технике: анализа главне компоненте (PCA), анализа груписања тзв. кластерска (HCA) и регресиона анализа. За извођење ових анализа коришћени су статистички и математички програми *SPSS* софтвер верзија 20 (*IBM, SPSS Statistics*) и *Statistica* софтвер верзија 12 (*Statistica, StatSoft Inc. 2012, USA*).

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације Невенке Н. Мијатовић пружају значајан допринос развоју и примени савремених аналитичких метода, за потребе анализе и контроле цементних везива са додатком минералних адитива (електофилтерски пепео, зеолит и бентонит) и њихових елуата. Постигнути су оригинални експериментални резултати у области развоја метода када су грађевински материјали у питању.

Научни циљ докторске дисертације био је усмерен је на хеометријском приступу при обради и систематизацији добијених резултата испитивања у сврху валидације метода. Спровођење параметарских метода мултиваријационе статистичке анализе ради испитивања робусности као валидационог параметра, поређења техника, тумачења корелације између елемената и визуелног приказа резултата добијених излуживањем узорака везива. Извршено је планирање експерименталног дизајна који укључује синтезу малтера и цементних везива са различитим уделитема минералних додатака (пепео, зеолит и бентонит). Испитано је излуживање тешких метала из поменутих синтетисаних малтера у животну средину, а такође су испитана сорпциона својстава бентонита и зеолита и ефикасност адсорпције појединих тешких метала као што су Ni, Cu, Pb и Zn на синтетисаним цементним везивима са додатком претходно поменутих минералних адитива.

Верификација резултата је потврђена и од стране међународне научне јавности, објављивањем резултата ових истраживања у међународним часописима из домена ове проблематике (*Spectrochimica Acta part B:atomic Spectroscopy, Science of Sintering, Journal of the Serbian Chemical Society, Construction and Building Materials* и *Zaštita materijala*), а практичан значај овог истраживања потврђен је доношењем техничког решења.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Невенка Н. Мијатовић, мастер дипл. инж. технологије је током израде докторске дисертације испољила изузетну способност и стручност у поставци, припреми и реализацији експеримената, претраживању савремених литературних извора, коришћењу инструменталних техника EDXRF и ICP-OES, анализи резултата мерења и комплетној статистичкој евалуацији познавањем великог броја статистичких и рачунарских алата. Кандидат поседује све квалитете који су неопходни за самостални научни рад, компетентност за решавање нових изазова и проблема, као и изузетну способност за сарадњу са колегама из различитих области истраживања, која је испољена током израде ове докторске дисертације.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Крајњи резултат ове докторске дисертације има двоструки значај:

- научни, јер је основа целог рада била разрада метода и поступака у оквиру аналитичке хемије, са посебним акцентом на избор, примену и дефинисање стратегије за развој метода за комплексну анализу везива добијених додатком минералних адитива (електофилтерски пепео, зеолит и бентонит) и њихових елуата. Досадашња истраживања у погледу унапређења хемијских метода у области грађевинских материјала су ограничена на једнокомпонентне материјале, док су у овој дисертацији објекат истраживања вишекомпонентни материјали (везива и малтери са минералним додацима);
- практични, јер предложене методе и поступци могу да буду примењене за анализу у реалним узорцима еколошко прихватљивих грађевинских материјала.

Посебан научни допринос ове докторске дисертације огледа се у систематском испитивању сваког параметра у оквиру валидационог поступка развијених метода са освртом на параметар робусности који до сада у литератури није довољно истражен. У овој докторској дисертацији су дата два начина како представити параметар робусности. Први, преко Јоуденовог (Youdenovog) теста и други преко мултиваријационих анализа, анализе главних компоненти (PCA) и анализе груписања (HCA). Такође, у оквиру ове докторске дисертације остварен је значајан допринос у испитивању адсорпције и излуживања Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} и Cu^{2+} из везива и малтера у којима је део цемента замењен електрофилтерским пепелом, бентонитом и зеолитом.

Најважнији резултати овог истраживања су следећи:

- Развијене, унапређене и валидиране су три хемијске методе за анализу вишекомпонентних везивних материјала,
- Развијен је параметар робусности у поступку валидације,
- Дат је допринос у испитивању адсорпције и излуживања Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} и Cu^{2+} из везива и малтера у којима је део цемента замењен електрофилтерским пепелом, бентонитом и зеолитом.

На основу изложеног може се закључити да је кандидат својим резултатима дао значајан научни допринос пре свега у области развоја и примене аналитичких хемијских инструменталних метода за анализу, испитивање и контролу грађевинских материјала који би били еколошки прихватљиви.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања у оквиру ове дисертације конципирана су на основу дефинисаних циљева и детаљне анализе литературних података из области истраживања о грађевинским материјалима, аналитичке хемије, хеометрије и заштите животне средине. Пошто је методологија ове дисертације сложена, због разумевања и следивости састоји се из неколико елемената. Основни елементи ове методологије су подељени у две групе: развој и валидација

метода, и испитивање својстава везива која се односе на имобилизацију тешких метала у циљу добијања еколошки прихватљивих материјала (адсорпциони експерименти и тестови лужења).

Развој хемијских метода за испитивање хемијског састава везива са минералним додацима (пепео, бентонит, зеолит) обухватала је: стратегију, развој и валидацију инструменталних аналитичких метода (EDXRF и ICP-OES) за испитивање нових еколошких везива и њихових елуата, као и избор, разраду и примену мултиваријационих хеометријских метода у циљу развоја и оптимизације метода.

Испитивање својстава везива која се односе на имобилизацију тешких метала (адсорпциони експерименти и тестови лужења) обухватала је: испитивања адсорпције и излуживања цементних везива са минералним адитивима и поређење резултата испитивања елуата везива са додатком пепела, зеолита и бентонита са цементним везивима без минералних додатака, као и примену мултиваријационих техника за визуелни преглед и потврду закључака који проистичу из процеса која се дешавају у оквиру самог материјала. Пошто се ради о нестандардном материјалу најпре су развијене методе за испитивање везива EDXRF техником. Ради увида да ли су експериментална везива еколошки прихватљива спроведени су тестови лужења, као и адсорптивни експерименти. У циљу испитивања течних узорака (елуата и раствора након адсорпције) развијене су методе за испитивање ICP-OES техником.

Посебан допринос представља целовитост и повезаност аналитичког и статистичког приступа, који је резултирао да валидациони поступци за све методе буду потпуни. Увидом у литературу из ове области истраживања, може се закључити да резултати постигнути у оквиру ове дисертације представљају допринос и напредак у овој области. Посебно су значајни резултати који представљају примену хеометрије за развој метода у области грађевинских материјала, јер та област није довољно испитана, и може се означити као почетак практичне примене статистичких мултиваријационих техника у анализи вишекомпонентних материјала, какава су везива са додатком минералних адитива.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Невенка Н. Мијатовић је своје резултате потврдила објављивањем радова у часописима међународног и националног значаја и саопштавањем радова на међународним скуповима. Из дисертације су проистекла три рада објављена у међународним часописима од тога један у врхунском међународном часопису категорије M21, један рад у истакнутом часопису категорије M22 и један рад у међународном часопису категорије M23. Један рад објављен је у истакнутом часопису националног значаја категорије M51. Из тезе је саопштено више саопштења на међународним и домаћим скуповима и то једно саопштење са међународног скупа штампано у целини категорије M33 и три саопштења са међународних скупова штампаних у изводу категорије M34. Такође из дисертације је проистекло и једно техничко решење категорије M83.

Списак објављених радова и саопштења

Рад у врхунском међународном часопису

Категорија (M21):

1. **Mijatović, N., Terzić, A., Pezo, L., Miličić, Lj., Živojinović, D.:** Validation of energy-dispersive X-ray fluorescence procedure for determination of major and trace elements present in the cement based composite, *Spectrochimica Acta part B:atomic Spectroscopy*, vol 162, pp. , 2019 (**IF (2019)=3.086**) (ISSN 0584-8547) (DOI: 10.1016/j.sab.2019.105729)

Рад у истакнутом међународном часопису

Категорија (M22):

1. **Mijatović, N.**, Terzić, A., Pezo, L., Miličić, Lj, Milosavljević, A., Živojinović, D.: Novel approach for determination of potentially toxic elements via ICP–OES in aqueous solutions of building materials with industrial byproduct addition, *Science of Sintering*, vol. 51 no. 4, pp. 429–444, 2019 (**IF(2019)=1.172**) (ISSN: 0350-820X)

Рад у међународном часопису

Категорија (M23):

1. **Mijatović, N.**, Terzić, A., Pezo, L., Miličić, Lj, Živojinović, D., Improvement and modification of the energy-dispersive X-ray fluorescence method for the determination of metal elements in cement leachates - A chemometric approach, *Journal of the Serbian Chemical Society*, vol. 85 no. 12, pp. 1605–1619, 2020 (**IF (2020)=1.240**) (ISSN: 0352-5139) (DOI: 10.2298/JSC200501067M)

Саопштења са међународног скупа штампана у целини

Категорија (M33):

1. **Mijatović, N.**, Terzić, A., Miličić, Lj., Živojinović, D.: “Validation of ICP–OES procedure for major and trace elements determination in the leachates of fly ash and fly ash based composites“, *XIII International mineral processing and recycling conference IMPRO*, Belgrade, Serbia, 2019, pp. 70–76. (ISBN 978-86-6305-091-4, COBISS.SR-ID 275969036)

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

Категорија (M34):

1. **Mijatović, N.**, Terzić, A., Jović-Jovičić, N., Milutinović Nikolić, A., Jovanović, D., Živojinović, D.: “Adsorption study on natural clays as cement mineral additives: possibility of toxic metallic cations immobilization“, *Serbian Ceramic Society Conference “Advanced Ceramic and Application VII – New frontiers in multifunctional material science and processing”*, Beograd, Srbija, 2018, pp. 70–71. (ISBN 978-86-915627-6-2, COBISS.SR-ID 267569676).
2. **Mijatović, N.**, Terzić, A., Miličić, Lj., Živojinović, D.: “Correlation of ED-XRF and ICP-OES methods applied in chemical characterization of cementitious materials“, *1st International Conference on Advanced Production and Processing*, Novi Sad, Serbia, 2019, pp. 157.
3. **Mijatović, N.**, Terzić, A., Miličić, Lj., Vasić, M., Radojević, Z.: “Clay sample preparation by microwave digestion for Fe determination using inductively coupled plasma optical emission spectrometry“, *Serbian Ceramic Society Conference “Advanced Ceramic and Application IX– New frontiers in multifunctional material science and processing”*, Belgrade, Serbia, 2021, pp. 86–87. (ISBN 978-86-915627-8-6, COBISS.SR-ID 45804553)

Рад у истакнутом часопису националног значаја

Категорија (M51):

1. **Mijatović, N.**, Terzić, A., Miličić, Lj., Živojinović, D.: „Immobilization of heavy metal ions Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} and Cu^{2+} in the structure of cement-based materials“, *Zaštita Materijala*, vol 61 no. 2, pp.116–127, 2020 (ISSN 0351-9465, E-ISSN 2466-2585; UDC:661.183.124:666.945:66.081.312 doi: 10.5937/zasmat2002116M)

Битно побољшано техничко решење на међународном нивоу

Категорија (M83)

Mijatović, N., Terzić, A., Pezo, L., Miličić, Lj., Živojinović, D.: „Laboratorijski razvijena metoda za određivanje glavnih elemenata i elemenata u tragovima u uzorcima cementnih veziva pomoću energetske disperzivne rendgenske fluorescentne (ED-XRF) tehnike“, *Korisnik/naručilac: Institut za ispitivanje materijala IMS, (Centralna laboratoriji za ispitivanje materijala - Laboratorija za veziva, hemiju i maltere u okviru Centra za materijale), 2020.*

Поред наведених резултата који су директно везани за дисертацију и представљају верификацију научних доприноса тезе научној и стручној јавности и у којима је кандидат први аутор, неки резултати из тезе нашли су се и у другим објављеним радовима и саопштењима везаним за пројекте МНТР Републике Србије.

5. Провера оригиналности докторске дисертације

Услед тренутне немогућности обављања поступка провере оригиналности докторских дисертација због проблема набавке софтвера, оригиналност докторске дисертације Невенке Мијатовић, мастер инж. технолофије није проверена употребом програма iThenticate на начин прописан Правилником о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду (Гласник Универзитета у Београду, бр. 204/22.06.2018.) Докторска дисертација је послата на проверу оригиналности и извештај о провери ће бити накнадно дат, у складу са дописом из Ректората Универзитета у Београду (допис од 27.09.2021. године, евиденциони број: 612-3844/1-21).

6. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

6.1. Закључак

На основу свега изнетог Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Невенке Н. Мијатовић, мастер. дипл. инж. технологије, под називом „Хеометријски приступ испитивању утицаја хемијских својстава електрофилтерског пепела, зеолита и бентонита на својства еколошки прихватљивих грађевинских материјала“ представља значајан и оригиналан научни допринос у области хемије, посебно у области развоја аналитичких метода и хеометрије, њиховој разради и примени у области грађевинских материјала, што је потврђено објављивањем радова у истакнутим часописима међународног значаја и саопштењима на међународним конференцијама. Поред научног ова дисертација има и практичан допринос што потврђује пријава техничког решења на међународном нивоу. Предмет и циљеви истраживања су јасно дефинисани и остварени.

Комисија такође сматра да докторска дисертација под називом „Хеометријски приступ испитивању утицаја хемијских својстава електрофилтерског пепела, зеолита и бентонита на својства еколошки прихватљивих грађевинских материјала“ у потпуности испуњава све захтеване критеријуме квалитета, те да је кандидат исполио изузетну научно-истраживачку способност и зрелост у свим фазама израде ове дисертације.

6.2. Предлог комисије Наставно-научном већу

Имајући у виду актуелност проблематике, предмет и циљ дисертације, квалитет, обим и научни допринос постигнутих резултата у оквиру ове дисертације, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко металуршког факултета да се докторска дисертација под називом „Хеометријски приступ испитивању утицаја хемијских својстава електрофилтерског пепела, зеолита и бентонита на својства еколошки прихватљивих грађевинских материјала“ кандидата Невенке Мијатовић прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области природних наука Универзитета у Београду, те да након завршетка ове процедуре, позове кандидата на усмену одбрану дисертације, пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 10.11.2021.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Драгана Живојиновић, доцент,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Др Ања Терзић, Научни саветник,
Институт за испитивање материјала

Др Радмила Јанчић-Heinemann, редовни професор,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

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

Др Илија Брчески, ванредни професор
Универзитет у Београду, Хемијски факултет
