

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Машински факултет

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Владице Чудић, дипл.инж. технологије, студента докторских студија

Одлуком број 8/2 од 19.01.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Владице Чудић, дипл. инж. технологије, студента докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду под насловом

МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ ПРОЦЕСА РЕМЕДИЈАЦИЈЕ ЗЕМЉИШТА ЗАГАЂЕНОГ ТЕШКИМ МЕТАЛИМА И АРСЕНОМ КОРИШЋЕЊЕМ АУТОХТОНИХ БИЉНИХ ВРСТА УЗ ЊИХОВО КОРИШЋЕЊЕ У ЕНЕРГЕТСКЕ СВРХЕ

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња Владица Чудић, дипл. инж. технологије, Последипломске (магистарске) студије, смер Процесна техника, уписала је 2002. године и положила све испите. Након увођења новог плана и програма уписала је Докторске студије школске 2009/10 године (прелазак са магистарских студија). У циљу реализације програма усавршавања кандидаткиња је положила је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија са просечном оценом 10 (десет).

По захтеву кандидаткиње Владице Чудић од 1632/1 од 11.07.2016. године и предлога професора др Александра Јововића и професора др Драгославе Стојиљковић, да се кандидаткињи одобри пријава теме докторске дисертације и именује Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације а на основу Мишљења Катедре за процесну технику, бр. 1632/2 од 11.07.2016. године, Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду донело је Одлуку бр. 1632/3 од 14.07.2016. године којом се прихвата тема докторске дисертације и именују ментори проф. др. Александар Јововић и проф. др. Драгослава Стојиљковић и Комисија за подношење извештаја о прихватању теме докторске дисертације и њене научне заснованости у саставу: др Александар Јововић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, ментор, др Драгослава Стојиљковић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, ментор, др Дејан Радић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, ментор, др Небојша Манић, доцент

Машинског факултета Универзитета у Београду и др. Горан Вујић, ванредни професор Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду.

Комисија за прихватање теме и оцену научне заснованости докторске дисертације у саставу:

- професор др Александар Јововић, ментор;
- професор др Драгослава Стојиљковић, ментор;
- професор др Дејан Радић;
- професор др Небојша Манић;
- др Горан Вујић, ванредни професор, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду

поднела је Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду извештај број 1632/4 од 22.09.2016. године.

Одлуком Наставно-научног већа број 1632/5 од 29.09.2016. године прихваћен је предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације и за ментора су именовани професор др Александар Јововић и професор др Драгослава Стојиљковић.

На основу ове одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је на седници од 31.10.2016. године (Одлука бр. 61206-5259/2-16 од 31.10.2016. године) дало сагласности о одобравању рада на теми докторске дисертације под називом „Могућност примене процеса ремедијације земљишта загађеног тешким металима и арсеном коришћењем аутохтоних биљних врста уз њихово коришћење у енергетске сврхе”. За ментора дисертације су именовани професор др Александар Јововић и професор др Драгослава Стојиљковић.

На основу обавештења професора др Александра Јововића и професора др Драгославе Стојиљковић, ментора, да је докторанткиња Владица Чудић, завршила докторску дисертацију „Могућност примене процеса ремедијације земљишта загађеног тешким металима и арсеном коришћењем аутохтоних биљних врста уз њихово коришћење у енергетске сврхе” и предлога Катедре за процесну технику, број 8/1 од 09.01.2017. године), Наставно-научно веће Машинског факултета донело је одлуку број 8/2 од 19.01.2017. године о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- професор др Александар Јововић, ментор;
- професор др Драгослава Стојиљковић, ментор;
- професор др Дејан Радић;
- професор др Небојша Манић;
- др Горан Вујић, ванредни професор, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду.

1.2. Научна област дисертације

Научна област докторске дисертације је машинско инжењерство, а ужа научна област је процесна техника, за коју је матичан Машински факултет Универзитета у Београду. Израдом дисертације руководили су проф. др Александар Јововић, редовни професор на Катедри за Процесну технику и проф. др Драгослава Стојиљковић, редовни професор на Катедри за Технологију материјала.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидаткиња Владица Чудић је рођена 10.01.1966. године у Кикинди. Основну школу и средњу школу "Радоје Марић", смер програмер, је завршила у Ужицу. Школске 1984/85 године уписала

је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду, где је 1991. године дипломирала на одсеку Заштита животне средине. Последиломске (магистарске) студије, смер Процесна техника, уписала је 2002. године и положила све испите. Након увођења новог плана и програма уписала је докторске студије школске 2009/10 године (прелазак са магистарских студија).

Од 1991. до 2012. године је била запослена у Градском заводу за јавно здравље, Београд, где је од звања аналитичар – здравствени сарадник напредовала до звања одговорни аналитичар за област класификације и карактеризације отпада. Од децембра 2012. до данас је запослена као координатор за тржишну, техничку и регулаторну подршку у предузећу РWW ДОО Ниш на пословима координације пројеката и послова у РWW Холдинг-Беч, Аустрија.

У периоду од 2001. године до данас боровила је на више специјализација и усавшавања из области управљања отпадом, управљања ризицима, коришћења алтернативних горива, управљања контаминираним локацијама, развоја националних стандарда итд.

Као студент докторских студија кандидаткиња је одржала више предавања студентима Технолошко - металуршког факултета о карактеризацији отпада, уз обилазак Лабораторије Градског завода за јавно здравље Београд, у оквиру сарадње Градског завода за јавно здравље и Технолошко - металуршког факултета, студентима Природно – математичког факултета, Универзитета у Крагујевцу и студентима ВЗСШ „ВИСАН у оквиру сарадње Градског завода за јавно здравље и ВЗСШ „ВИСАН“. Осим тога, кандидаткиња је држала и држи обуку општинских органа за област управљања отпадима и обуку републичких органа за процедуре везане за прекогранично кретање отпада и друге аспекте управљања отпадом.

У оквиру научноистраживачке делатности учествовала је као аутор или ко-аутор у изради радова изложених на симпозијумима и стручним скуповима и научним часописима. Аутор је и коаутор преко 20 научних и стручних радова од којих је два рада на SCI листи. Учествовала је као стручни консултант и сарадник у реализацији 30 пројеката од којих су три међународна пројекта. Течно говори енглески језик (чита и пише) и користи следеће програмске језике и пакете: BASIC, FORTRAN, Microsoft Office.

Кандидаткиња је члан више струковних удружења:

- Отворена радна група за примену Базеске конвенције у Републици Србији, од 2001.
- Председник Комисије за карактеризацију отпада, Институт за стандардизацију, од 2003.-2016.
- Комисија за управљање отпадом, Институт за стандардизацију, од 2003.
- Комисија за метале, Удружење за хемију и технологију, од 1997.
- Center of Excellence on Solid Waste Management, Okoyama University, Japan од 2003.
- Inter-sessional Working Group on POPs Waste, Секретаријат Базелске конвенције, од 2003.
- Радна група Министарства животне средине и просторног планирања за ираду листа отпада за предузећа која подлежу IPPC дозволи, од априла 2006.
- Радна група за отпад Агенције за заштиту животне средине Републике Србије, од 2006.
- Техничка комисија Министарства животне средине и просторног планирања, од марта 2008.
- Одбор за заштиту животне средине и одрживи развој Привредне коморе Србије, од 2008.
- Савет за рециклажну индустрију Привредне коморе Србије од 2011.
- Удружење за чврст отпад SeSWA, од 2011.
- Удружења JICA – Alumni Serbia, од 2011.
- Српско Удружење за горива и мазива, од 2013.
- International Solid Waste Association, ISWA, од 2015.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Владице Чудић, дипл. инж. технологије, под насловом "Могућност примене процеса ремедијације земљишта загађеног тешким металима и арсеном коришћењем аутохтоних биљних врста уз њихово коришћење у енергетске сврхе" изложена је на 356 страна са 4 прилога, 152 слике и 50 табела, и списком литературе од 321 наслова. Дисертација поред садржаја, прилога, списка слика, табела и литературе, садржи следећих осам поглавља:

1. Увод
2. Општа разматрања управљања локацијама контаминираних тешким металима
3. Опште карактеристике и могућности употребе биомаса биљног порекла из ремедијације локација загађених тешким металима
4. Преглед стања проблема на локацији истраживања и избор примењеног поступка управљања загађеном локацијом истраживања
5. Поставка истраживања – материјал и методе
6. Резултати истраживања
7. Анализа резултата истраживања
8. Закључак.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У поглављу *Увод* обрађене су теме које обухватају: основне процесе у управљању ризиком са аспекта загађења земљишта, циклус загађујућих материја у природном окружењу, значај замене фосилних горива обновљивим изворима енергије, енергетско коришћење биомасе, интеракције између биодиверзитета, земљишта, заштите природе и биоенергије, хране и сировина потребних за производњу и синергије њиховог коришћења, предмет тезе, локација истраживања, програм и научни циљ истраживања, кораци у истраживању и значај резултата истраживања.

У поглављу *Општа разматрања управљања локацијама контаминираних тешким металима* дат је преглед радова и истраживања у области ремедијације земљишта загађених тешким металима и арсеном, приказана су претходна истраживања на којима се заснивају истраживања везана за ремедијацију у овом раду. Описани су извори и динамика тешких метала у земљишту кроз процесе сорпције и десорпције, преципитације и растварања, оксидације и редукције, метилације. Дати су критеријуми за дозвољене концентрације тешких метала као загађивача у земљишту у земљама Европске Уније, Аустрији и Холандији и Републици Србији. Дат је приказ технологија ремедијације земљишта загађеног металима, физичке и хемијске ремедијације и биолошке ремедијације. На основу критичког прегледа литературе, изабран је радни медијум за који су спроведена истраживања и у том смислу је посебно дат приказ свих релевантних процеса везаних за фиторемедијацију, као одабрану методу у истраживању, као и преглед биљних врста које се користе у процесима фиторемедијације и њихов значај као биоиндикатора или биомонитора са описом механизма усвајања тешких метала и различитим утицајима којима се може променити динамика усвајања. Дат је преглед фитотоксичних концентрација тешких метала, као и толерантне вредности за живи свет у ланцу исхране. Дате су једначине којима се описују механизми усвајања тешких метала, интеракције између загађеног земљишта и биљака, механизми у самој биљци. Дати су фактори за процену могућности фиторемедијације: фактор биоконцентрације, транслокацијски фактор, фактор бидоступности и фактор биоакумулације. За утврђивање потенцијала доступности и мобилности загађујућих материја који се односе на

пренос загађујућих материја између земљишта и биљке и на њихову миграцију у профилу земљишта који се обично повезује са проблемима подземних вода дат је преглед екстракционих тестова, експерименталних истраживања. На основу ове анализе примењен је одговарајући екстракциони раствор у односу на тешке метале који су предмет истраживања и спроведена су експериментална истраживања. Дат је математички израз за одређивање дужине трајања фиторемедијације. Дат је преглед литературних података о биљкама које су предмет истраживања као и принос биомаса.

У поглављу *Опште карактеристике и могућности употребе биомаса биљног порекла из ремедијације локација загађених тешким металима* приказан је литературни преглед истраживања везаних за енергетске биљне културе и њихово узгајање. Дате су карактеристике биомасе као извора енергије и карактеристике биомаса различитог порекла и њихово поређење укључујући и биомасе које су предмет истраживања. Приказани су литературни подаци елементарних анализа пепела биомаса и дат је преглед поређења сагоревања биомаса на различитим температурама сагоревања са анализом механизма понашања главних и минорних елемената при сагоревању. Дат је преглед истраживања трансфера метала у различитим постројењима за сагоревање. Дат је преглед процеса сагоревања у пећима и механизми формирања пепела у зависности од типа постројења, а посебно преглед истраживања везаних за настајање пепела од сагоревања биомаса и начина поступања са пепелом.

У поглављу *Преглед стања проблема на локацији истраживања и избор примењеног поступка управљања загађеном локацијом истраживања* дате су карактеристике локације истраживања и разлози који су довели до настајања еколошког проблема на локацији истраживања. Дат је преглед радова и истраживања сличних локација у свету. Приказана је класификација отпадног јаросит муља који је узрок загађења на локацији истраживања. Дате су фазе у истраживању и начин одабира ремедијационог поступка на локацији истраживања, као и преглед радова везано за трошкове за поједине ремедијационе технологије. Детаљно је приказан правац истраживања, могућност фиторемедијације као одабране технологије ремедијације и одабир биљне културе која је заступљена на локацији и могућа употреба добијене биомасе као извора за добијање енергије.

У поглављу *Поставка истраживања – материјал и методе* указано је на ризик од загађења животне средине проузрокован неодговарајућим управљањем опасним отпадом, јаросит муљем. Дефинисан је програм узорковања и узимање узорака. Идентификовани су кључни елементи који би могли утицати на узорковање. Дат је преглед одабраних места и тачки узорковања која су везана за биљне врсте чије је присуство утврђено на локацији истраживања и дат начин узорковања медија истраживања, а применом техничких стандарда. Одабрана је Лабораторија за хуману екологију и екотоксикологију, Градски завод за јавно здравље, Београд за физичко хемијска испитивања узорака. Дат је временски период истраживања, медији за узорковање и испитивање и параметри испитивања. Описане су методе узорковања, поступак узорковања и припреме узорака за транспорт, а дат је и опис метода хемијских анализа и примењених техника и опреме. Представљени су уређаји за одређивање метала, неметала и металоида, оптички емисиони спектрометар са индуктивно спрегнутом плазмом и атомски апсорпциони спектрофотометар. Дат је опис експерименталних истраживања биодоступности метала, металоида, односно садржаја лако приступачних метала, металоида који су предмет истраживања и испитивања продукта сагоревања, пепела са дна након експерименталног подвргавања предметних биомаса двема температурама сагоревања. На основу анализе литературних података о истраживањима бидоступности метала и узимајући у обзир текстуру испитиваног земљишта и његову влажност, за сврху истраживања је одабран експеримент мобилизације метала из земљишта у раствор земљишта коришћењем хелирајућег једињења

Etilen diamino tetrasirćetne kiseline, EDTA. На основу анализе литературних података везано за сагоревање различитих биомаса и потребе за одређивањем могућности сагоревања испитиваних биомаса у одређеним постројењима у лабораторијским условима је извршено испитивање биомаса са локације истраживања у односу на две температуре сагоревања: на 550 °C и на 815 °C како би се евалуирале разлике међу њима.

У поглављу *Резултати истраживања* је у складу са постављеним циљевима истраживања спроведена експериментална провера претпоставки о загађењу и могућности уклањања загађења уз процену потенцијалних метода коришћења одабраних биљних врста за одабрану технологију ремедијације, фиторемедијације на локацији истраживања загађеној идентификованим загађујућим елементима: Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr и As са нагласком на енергетском коришћењу биомасе и с тим у вези повезаних процеса. Дати су резултати анализе испитиваних узорка загађеног и незагађеног земљишта и граничне и ремедијационе вредности концентрација испитиваних параметара, као и резултати испитивања рН вредности земљишта и влаге. Извршено је поређење одабраних параметара испитивања у иницијалној првој години истраживања са загађене и незагађене локације. Идентификоване су биљке које природно расту на локацији истраживања, а које садрже загађујуће елементе: Pb, Cd, Zn, Cu, и As и дата је анализа у односу на концентрације везано за фитотоксичност биљних врста. Дати су подаци о природи и обиму контаминације за сваку област од интереса (земљиште, биљни свет, процедурна вода) и начин одржавања и праћења ефеката изабраног поступка. Дати су резултати сталних испитивања који су у релацији са одабраним методом ремедијације: рН вредности и влага земљишта у области корена одабраних биљних врста, садржај елемената у земљишту у области корена одабраних биљних врста, доступност елемената у земљишту кроз експериментално истраживање у лабораторијским условима, садржај елемената у корену одабраних биљних врста, садржај елемената у надземном делу одабраних биљних врста, садржај елемената у површинској води на локацији узорковања вршених у свим годинама узорковања и анализа (прва, друга, трећа и пета година истраживања). Дати су резултати анализа помоћних испитивања и једнократних анализа елемената у различитим медијима за сваку област од интереса. Идентификоване су значајне биљне врсте као предмет истраживања са аспекта биоремедијације и са аспекта употребе биљних врста са великом биомасом: *Artemisia artemisiifolia* L., *Ailanthus glandulosa* L., false acacia, *Populus* ssp. и *Verbascum thapsus* L. Приказана је упоредна анализа концентрација сваког од испитиваних тешких метала у земљишту у области корена испитиваних биљних култура. Дата је анализа земљишта у областима корена сваке од одабраних биљних врста у смислу промена концентрација одабраних елемената испитивања у односу на анализирани елемент током година истраживања и минималне и максималне вредности и стандардна девијација. Резултати испитивања доступности елемената у земљишту у области корена биљних врста кроз експериментално истраживање у лабораторијским условима и упоредна анализа испитивања доступности Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni и As у земљишту у области корена одабраних биљних култура су приказани, као и приказ анализе доступности у земљишту у областима корена сваке од одабраних биљних врста у смислу промена доступних концентрација одабраних елемената испитивања у односу на анализирани елемент током година истраживања са статистичком анализом. Ради доношења закључака о фиторемедијацији као одабраној техници ремедијације приказана је спроведена временска периодичност у истраживању као и детаљније истраживање биљних врста и путева загађујућих елемената, од земљишта преко корена до надземног дела биљке. Дати су резултати испитивања садржаја Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni и As у корену и у надземном делу одабраних биљних врста кроз године узорковања и анализе. Приказан је степен задржавања испитиваних елемената: Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni и As у корену и надземном делу одабраних биљних врста и извршено је поређење испитиваних биљних култура. Дати су резултати испитивања карактеристика биомаса одабраних самониклих биљних култура *Populus* ssp., False acacia, *Ailanthus glandulosa* L., *Artemisia*

artemisiifolia L., *Verbascum thapsus* L. (садржај воде, топлотна моћ, садржај коксног остатка и волатила, садржај пепела). Приказана је разлика у одређивању пепела на две температуре сагоревања и дати су резултати релативне разлике између садржаја пепела добијеног сагоревањем биомасе на две температуре. Дати су резултати испитивања пепела добијених сагоревањем биомаса одабраних самониклих биљних култура *Artemisia artemisiifolia* L., *Ailanthus glandulosa* L., False acacia, *Populus ssp.* и *Verbascum thapsus* L. са локације истраживања током свих година узорковања и испитивања. Анализа садржаја метала у пепелу дата је појединачно по испитиваној биљној култури. Дати су резултати анализе експерименталних испитивања сагоревања биомаса *Artemisia artemisiifolia* L., *Populus ssp.* и *Verbascum thapsus* L. на температурама 550 °C и 815 °C.

У поглављу *Анализа резултата истраживања* је дата евалуација података о загађењу, успостављању циљева ремедијације, идентификацији ризика, фитоекстракционом потенцијалу пет одабраних биљних врста: *Artemisia artemisiifolia* L., *Ailanthus glandulosa* L., False acacia, *Populus ssp.* и *Verbascum thapsus* L. за ремедијацију земљишта контаминираног металима Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr и металоидом As, евалуацији одабране ремедијационе опције и одређивању могуће ремедијационе стратегије за локацију истраживања. Дата је анализа резултата истраживања добијених примењеним поступком фиторемедијације контаминираног земљишта. Ради утврђивања потенцијала одабраних самониклих биљних култура са локације истраживања за ремедијацију земљишта загађеног Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni и As дати су резултати анализа односа концентрација укупних и екстрактивних испитиваних метала, односа концентрација испитиваних метала у корену биљке према концентрацијама метала у земљишту и односа концентрација испитиваних метала у стаблу, тј. надземном делу биљке, и концентрација метала у корену биљке. Дати су резултати поређења средњих концентрација садржаја укупних и доступних метала Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni и металоида As у земљишту у области корена појединачно, током времена истраживања за све биљне врсте од интереса и израчунати фактори биодоступности испитиваних елемената, метала Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni и металоида As, појединачно за све биљне врсте које су биле предмет истраживања. На основу приказа вредности средњих концентрација садржаја укупних и доступних испитиваних метала и металоида у земљишту у области корена испитиваних биљних култура у периоду узорковања и испитивања приказани су донети одговарајући закључци.

Одговарајући закључци су донети и на основу анализе резултата фактора биодоступности током година истраживања. За дефинисање својстава испитиваних биљних култура као акумулатора, односно хиперакумулатора, а за испитиване загађујуће елементе, приказани су израчунати фактори биоконцентрације за сваки од испитиваних елемената и с њим у вези одговарајућу испитивану биљну културу у свакој од година испитивања и узорковања. На основу ових резултата донети су одговарајући закључци. Дати су резултати промена фактора биоконцентрације испитиваних елемената појединачно током година за испитиване биљне врсте и дати су резултати анализе ових промена кроз одговарајуће закључке. За одређивање способности биљних култура на толеранцију и акумулацију Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni и As у надземном делу, који је могуће подвргнути сечи или брању дати су резултати анализе израчунатих вредности фактора транслокације испитиваних метала/металоида за испитиване биљне културе за период узорковања и испитивања. Дата је анализа резултата промена фактора транслокације Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni и As појединачно током година за испитиване биљне врсте и на основу анализе су приказани одговарајући закључци. Дат је потенцијал за фиторемедијацију, односно фитоекстракцију или фитостабилизацију, самониклих биљних култура: *Artemisia artemisiifolia* L., *Ailanthus glandulosa* L., false acacia, *Populus ssp.* и *Verbascum thapsus* L. при чему су *Verbascum thapsus* L. и *Populus ssp.* показали тенденцију пада биоконцентрације и пораста транслокације и на основу тога су издвојене као биљне врсте од

значаја за фиторемедијацију и искоришћење њихове биомасе од надземних делова. Узимајући у обзир резултате истраживања и литературног податка да клонови биљне врсте *Populus ssp.* имају највећу регистровану надземну биомасу дати су резултати израчунатог временског периода за које би биле достигнуте граничне и ремедијационе вредности количина метала на локацији истраживања коришћењем биљне врсте *Populus ssp.* Дата је анализа резултата испитивања добијених примењеним поступком у односу на енергетско искоришћење биомасе и с тим у вези повезаних процеса. Дати су резултати дистрибуције тешких метала Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr и As у различитим фракцијама при сагоревању биомаса испитиваних биљних култура и анализа резултата експерименталних испитивања подвргавања биомаса *Artemisia artemisiifolia* L., *Populus ssp.* и *Verbascum thapsus* L. двама температурама сагоревања. На основу свих сазнања током истраживања приказани су изведени закључци у погледу коришћења чврстог остатка након сагоревања узимајући у обзир могућност коришћења пепела од сагоревања испитиваних биомаса као ђубрива, односно компоста или као материјала за поновно искоришћење метала или његовог одлагања на депоније. Дат је однос концентрација Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr и As у пепелу од сагоревања биомаса и надземним деловима биљних култура *Artemisia artemisiifolia* L., *Ailanthus glandulosa* L., false acacia, *Populus ssp.* и *Verbascum thapsus* L. Приказани су резултати удела Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr и As који “волатизују”, односно који не остају у пепелу при сагоревању, при чему је примењен поступак обрачуна са одређеним претпоставкама. Имајући у виду да је област истраживања релативно нова, посебно у нашој земљи, да радови у овој области представљају резултат дугогодишњих истраживања, извршено је једино могуће поређење резултата са резултатима доступним у литератури. Постигнуто је задовољавајуће слагање литературних података са подацима добијеним истраживањем. Дата је анализа резултата анализе експерименталних испитивања сагоревања биомаса *Artemisia artemisiifolia* L., *Populus ssp.* и *Verbascum thapsus* L. на две температуре сагоревања. На основу поређења садржаја пепела насталих сагоревањем биомаса *Populus ssp.* и *Verbascum thapsus* L., закључено је да је садржај пепела при сагоревању биомасе већи у случају дрвенасте биљке, *Populus ssp.* него у случају зељасте биљке, *Verbascum thapsus* L. што је потврда ранијих истраживања. Дати су прикази анализа односа концентрација Pb, Cd, Cu, Zn, As, Mn и Fe у пепелима од сагоревања биомасе *Artemisia artemisiifolia* L. на два температурама сагоревања, 550 °C и 815 °C и односа вредности концентрација Pb, Cd, Cu, Zn, As, Ni, Cr, Sb, Ba, Al, Co, Mo, V, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, Ti и Mn у пепелима од сагоревања биомасе *Populus ssp.* и *Verbascum thapsus* L. на два температурама сагоревања, 550 °C и 815 °C и дати су одговарајући закључци о понашању одабраних биомаса при сагоревању на два температурама и у односу на садржај испитиваних елемената, као и избор температуре сагоревања испитиваних биомаса. Дат је правац даљих истраживања, додатних лабораторијских експеримената или експеримената на пилот постројењу како би се добиле детаљније информације о механизмима трансфера испитиваних елемената при сагоревању како би се извршио одговарајући одабир технологије за сагоревање.

У поглављу **Закључак** дати су главни резултати истраживања добијени у току рада и донети закључак о нивоу остварених циљева постављених на почетку истраживања као и научном доприносу резултата тих истраживања. Истакнут је оригиналан приступ у праћењу природног процеса на загађеној локацији и значај потенцијала аутохтоних биљних култура са којима би могла да се врши ремедијација, фиторемедијацијом, било фитоекстракцијом или фитостабилизацијом, са нагласком на енергетском искоришћењу биомасе биљних култура насталих фиторемедијацијом и с тим у вези повезаних процеса. Указано је на значај примене поступака евалуације и верификације програмских испитивања из године у годину истраживања са неопходношћу проширивања програма истраживања ради добијања потребног и довољног броја података, како би се извршио одабир у реалним условима примењивог процеса ремедијације загађеног земљишта и онемогућавања повећања загађења кроз различите природне процесе, али и кроз поступке човека. Утврђен је потенцијал биомаса биљних култура

Artemisia artemisiifolia L., *Ailanthus glandulosa* L., false acacia, *Populus ssp.* и *Verbascum thapsus* L. за фиторемедијацију и одређени су основни елементи везано за њихово учешће у енергетским процесима уз анализу ризика коришћења добијених биомаса у енергетске сврхе и дати су даљи правци у истраживању. Указано је да је процес одлучивања, о коришћењу биомасе биљне културе која потиче са загађене локације у енергетске сврхе, у одређеном индустријском енергетском постројењу, сложен и захтеван.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Знање о преносу загађујућих материја у животну средину је мало, а такође и знање о ризицима који могу настати услед проблема загађења животне средине код будућих генерација. У раду је развијен научни метод који даје део одговора о важним процесима који се дешавају на одлагалишту индустријског отпада, специфично, одабраној, оригиналној, локацији вишегодишњег одлагања јаросит муља из процеса производње цинка, и данас постојећег предузећа у реструктурирању, њиховим еколошким утицајима и ризицима који произилазе из таквог начина поступања са опасним отпадом. Такође, биомаса са контаминираних локација и њена употреба у енергетске сврхе је реалан, могући еколошки проблем, уколико није добро контролисан, што је приказано у раду. Аутохтоност одабраних биљних култура за истраживање даје оригиналност раду. Истраживање је, услед дуготрајности деградационих процеса у земљишту и дуготрајних и сложених процеса прихватања метала из земљишта од стране самониклих биљака које расту на загађеној локацији, захтевало временску димензију у чему се такође огледа оригиналност рада. Степен примене ремедијационе технологије којом би се умањило загађење и довело у еколошки прихватљиве границе и употреба одабране биљне културе за ремедијацију у смислу енергетског искоришћења су базирани на анализи и примењеном управљању ризиком којим је истовремено разматран ниво ризика повезан са опасношћу од загађења животне средине, али и користи за животну средину и друштво од регулисања ове опасности.

Примењене методе су адекватне и обезбеђују валидност и репродуктивност рада. За анализе резултата су коришћени јасно конципирани и адекватни тестови, док су резултати приказани бројним прегледним табелама и графиконима, а који у потпуности произилазе из примењене методологије истраживања. На основу приказаних резултата се види да је аутор дошао до поузданих закључака који су произашли из праксе и који су оригинални.

Разумевање, које је показано у раду, интеракције између биодиверзитета, земљишта, заштите природе и биоенергије, хране и сировина потребних за производњу и синергије њиховог коришћења је неопходно у сагледавању биоенергетских могућности, будућег коришћења земљишта и уопште управљања биомасом. Обзиром да у Републици Србији не постоји ни један програм који се мултидисциплинарно бави природним процесима загађених локација и везом са енергетским искоришћењем, сматрамо да овај рад има своју оправданост и да се закључци могу користити у планирању програма ремедијације земљишта загађених тешким металима са могућношћу коришћења одабране биљне врсте у енергетске сврхе, а која би била и произвођач кисеоника и редуктор угљен диоксида у ваздуху на локацијама загађеним тешким металима.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Анализом списка литературе која је коришћена током израде докторске дисертације може се закључити да је кандидаткиња имала на располагању веома обимну литературу коју је проучила

и на основу које је дефинисала циљеве истраживања саме дисертације. Кандидаткиња је кроз објављивање резултата свог рада у међународном часопису и на међународној конференцији, имала прилике да упозна стручну и научну јавност са резултатима својих истраживања. Од наведених радова који су коришћени као литература већина је из часописа са импакт фактором.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Сви експерименти у оквиру докторске дисертације су изведени у лабораторији Градског завода за јавно здравље Београд. Научни методи који су примењени се односе на постављање проблема и повезивање и оцењивање кроз временски контекст примењујући одговарајуће методе узорковања и хемијских анализа за утврђивање различитих ефеката који проузрокују тешки метали. Коришћени су савремени инструменти аналитичке технике: атомски апсорбер Spectra AA 20+, Varian Vapor generator Accessory VGA 76, оптичка плазма ICP – OES, VISTA – PRO Varian. Обрада експерименталних резултата је спроведена методама статистичке анализе у циљу утврђивања релевантних параметара који утичу на однос усвајања тешких метала као и на продукцију и квалитет биомасе.

Такође су у истраживању коришћени различити програмски пакети за обраду и класификовање добијених резултата.

3.4. Применљивост остварених резултата

Ова истраживања представљају добру основу за даљи рад, у циљу изналажења најповољније опције ремедијације предметне локације истраживања и могућностима коришћења добијене биомасе као алтернативног енергента и представљају иновацију у ремедијацији локација контаминираних опасним отпадом, јаросит муљем из производње цинка и искоришћењу контаминираних биомасе са оваквих локација у енергетске сврхе. Применом метода прорачуна и експерименталних испитивања добијени су резултати који су засновани на синтези досадашњих проучавања и експерименталној провери научних информација из области фиторемедијације и употребе биомасе са загађених локација. Обзиром да се резултати истраживања у лабораторијским и природним условима могу практично применити на одабраној локацији хемијске индустрије „Обојена металургија“, акционарског друштва за производњу и прераду цинка „Зорка“, Шабац у реструктурирању ради процеса чишћења загађеног земљишта и онемогућавања повећања загађења кроз различите природне процесе, дисертацијом је показана како њена научна оправданост, тако и практична примена.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

За време израде тезе кандидаткиња је показала способност за самостални научноистраживачки рад на локацији истраживања и у лабораторији Градског завода за јавно здравље Београд, у којој су вршене анализе и изведени експерименти за докторску дисертацију.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Кандидаткиња је истражујући процес ремедијације загађеног земљишта самониклим биљним врстама у природном окружењу сагледала детаљан увид у одвијање процеса ремедијације земљишта биљним врстама, утврдила је ефикасност примењеног процеса ремедијације за одабране биљне врсте у различитим условима испитивања.

- Вишегодишњим истраживањем је дошла до **избора биљне врсте која се препоручује као могући пречистач земљишта од тешких метала и арсена**, а истовремено и произвођач кисеоника и редуктор угљен диоксида у ваздуху у подручјима контаминираним тешким металима и арсеном на земљишту Републике Србије. На основу свих извршених анализа земљишта и биљних врста, анализама односа доступности метала Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr и As и анализама транспорта метала од земљишта до надземног дела биљке, кандидаткиња је закључила да је *Populus ssp.*, брзо растућа дрвенаста биљна врста погодна за фиторемедијацију, фитоекстракцијом загађеног земљишта.
- Кандидаткиња је дошла до избора **биљне врсте која би могла да буде искоришћена и као енергент, у циљу оптимизације и веће ефикасности процеса фиторемедијације.**
- Кандидаткиња је обухватила **мултидисциплинарну систематизацију постојећих сазнања из више области**, заштите животне средине и енергетике, области управљања земљиштем на индустријским локацијама контаминираним тешким металима, управљања опасним индустријским отпадом који садржи тешке метале и управљања биомасом са локација контаминираних тешким металима, анализом научних радова, студија, међународних препорука, пројеката и другог, али и области геологије, хемије и биологије, и тиме указала на неопходност повезаности више научних области у истраживањима процеса у загађеној животној средини и искоришћењу природних ресурса са загађених простора.
- Кроз истраживање је **показала да су природни процеси непредвидиви и сложени, подложни разним утицајима и да је животна средина изложена ризицима од загађења**, било од неадекватног управљања отпадом који настаје током индустријских процеса, било од процеса сагоревања.
- Кандидаткиња је **разматрајући време за које је могуће извршити „чишћење“** локације која је контаминирана високим концентрацијама Pb, Cd, Cu, Zn, и As, **израчунавањем фактора биоконцентрације, транслокације, биодоступности и биоакумулације, успостављањем међусобне зависности између параметара фиторемедијације** указала на несавесно понашање човека према природи и немање свести о управљању са отпадом у односу на заштиту животне средине, чиме је човек деградирао животну средину у периоду од 50 година, и да је за враћање стања у животној средини на прихватљив ниво потребно од два пута више времена па до скоро педесет пута у случају неких метала. За фиторемедијацију, односно фитостабилизацију или фитоекстракцију тешким металима загађених локација, је потребан дуг временски период како би се земљиште на таквим локацијама могло употребити за другу намену.
- Кандидаткиња је истраживањем указала да **примењивост методе фиторемедијације ограничена** због: броја циљаних метала који се могу екстраховати при чему је истраживање ограничено на Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr и As, али је током истраживања једнократним анализама утврђено присуство и других метала Sb, Ba и Hg у земљишту који су од значаја са аспекта контаминираних подручја на којој је одлаган отпадни јаросит муљ, а који нису испитани и чија доступност *Populus ssp.* није позната; ограничене дубине ремедијације, због ограничене дубине корена у земљишту, при чему модели који израчунавају метални флуks у земљишту не покривају и процесе интеракција корена биљке и земљишта, што упућује на сложеност хемијских и микробиолошких процеса и моделовање ових процеса у зони корена; тешкоће производње жељеног рода биљне културе са високом биомасом и недостатка знања о пракси и управљању жељеним родом биљне врсте и захтеваног временског трајања.
- Кандидаткиња је разматрајући карактеристике биомаса контаминираних тешким металима и арсеном са локације истраживања и њиховим поређењем **дефинисала**

биљне културе које су повољне за енергетску употребу. За путеве транспорта контаминирајућих елемената, Pb, Cd, Zn и As је од важности врста биомасе, у погледу зељасте или дрвенасте биљне културе, која ће се употребити у процесима сагоревања. При сагоревању биомасе дрвенасте биљке повећање температуре сагоревања доводи до повећања испарљивих облика Pb, Cd, Zn и As и стварања мањег депозита, док је у случају сагоревања биомасе зељасте биљке веће издвајање депозита.

- Кандидаткиња је поређењем карактеристика биомаса контаминираних тешким металима и арсеном у смислу сагоревања на два температурама **дефинисала препоручене радне температуре сагоревања биомаса *Artemisia artemisiifolia* L., *Populus ssp.* и *Verbascum thapsus* L. уз задовољење енергетских и еколошких карактеристика.**
- Кандидаткиња је разматрањем утицаја температуре сагоревања на настајање и састав пепела и даље поступање са пепелом, као и на настајање испарљивих облика елемената од значаја за процес сагоревања и са тим везано могућих процеса који би се одвијали током сагоревања у енергетским постројењима, показала следеће: са аспекта топлотне моћи, **све испитиване контаминирание биљне културе** показују да су са аспекта искоришћења енергије **погодне за употребу као горива; употреба биомаса *Artemisia artemisiifolia* L., *Ailanthus glandulosa* L., false acacia, *Populus ssp.* и *Verbascum thapsus* L. је погодна за већа постројења са сагоревањем на решетки или у флуидизованом слоју** због већег садржаја пепела и високог садржаја тешких метала у биомаси; **са аспекта стварања отпадних гасова при сагоревању биомаса на 550 °C *Artemisia artemisiifolia* L., *Ailanthus glandulosa* L., false acacia, *Populus ssp.* и *Verbascum thapsus* L. повољност употребе биомаса би била у опадајућем низу: *Populus ssp.* > *Verbascum thapsus* L. > *Artemisia artemisiifolia* L. > *Ailanthus glandulosa* L. > false acacia, док сагоревање биомасе *Populus ssp.* не доводи до значајнијег издвајања испарљивих једињења Pb, Cd, Zn и As.**
- Кандидаткиња је испитивањем пепела од сагоревања контаминирание биомасе **указала на проблем даљег третмана пепела као опасног отпада у циљу даљег унапређења технологија за његову утилизацију.**

Остварени научни доприноси докторске дисертације се заснивају на оригиналном приступу експерименталним истраживањима, обради и анализи добијених резултата, дефинисању биљних култура погодних за фиторемедијацију индустријских локација загађених тешким металима и арсеном у циљу даљих унапређења у смислу одабира одређеног клона биљне културе за ефикаснији процес ремедијације, дефинисању биљних култура са индустријски загађених локација које би биле погодне за енергетско искоришћење у циљу даљих унапређења енергетских постројења која би користила контаминирану биомасу, као и коначним корелацијама и закључцима.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Научни доприноси представљају унапређење научних знања у поређењу са постојећим стањем из разлога што је први пут урађено вишегодишње истраживање аутохтоне биомасе на специфичној, индустријској локацији контаминираној тешким металима.

Резултати ове докторске дисертације су показали да постоји утицај на животну средину индустријских депонија на којима је одложен опасан отпад у значајним количинама, а које нису израђене по техничким препорукама и стандардима; да поступак одређивања технологије ремедијације загађене локације захтева детаљно и свеобухватно планирање фаза истраживања и испитивање различитих медија уз разумевање њихових међусобних интеракција, посебно када су предмет ремедијације загађена индустријска земљишта и да то испитивање треба да има

одређену временску димензију уз одржавање и праћење ефеката изабраног поступка; да је ремедијација локације загађене металима фиторемедијацијом, односно фитостабилизацијом аутохтоним биљним културама, могућа, али временски је јако дуготрајан процес и са тог аспекта је непрепоручљива за јако загађене локације; да је могуће искоришћење биомаса биљних култура *Artemisia artemisiifolia L.*, *Ailanthus glandulosa L.*, *false acacia*, *Populus ssp.* и *Verbascum thapsus L.* из ремедијације земљишта у енергетске сврхе; да биљна култура *Populus ssp.* има карактеристике фитостабилизатора локација загађених металима; да биомаса биљне културе *Populus ssp.* има добре карактеристике за енергетско искоришћење биомасе; да је процес одлучивања, о коришћењу биомасе биљне културе која потиче са загађене локације у енергетске сврхе, у одређеном индустријском енергетском постројењу, сложен и захтеван, при чему је неопходно детаљно познавање карактеристика биомасе, и механизма и производа сагоревања употребљене биомасе, ради одабира технологије процеса сагоревања, технологија које ће бити примењене у постројењу за спречавање емисија загађујућих материја у животну средину, као и технологија којима би се користили нус-производи сагоревања који најчешће имају карактеристике опасних материја.

На основу презентованих експеримената током истраживања и дискутованих резултата, оправдано је разматрање примењеног поступка. Локација истраживања је након престанка рада фабрике до данашњих дана изложена природном процесу фиторемедијације без искоришћења биомасе, а такве или сличне локације загађене металима на којима расту аутохтоне биљне културе без енергетског искоришћења постоје широм света.

На основу прегледа релевантне научне литературе и сагледавања постојећих решења из области докторске дисертације, констатирамо да су резултати истраживања у тези значајни како са аспекта теоријских истраживања, тако и са становишта практичне примене. На основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у докторској дисертацији, можемо закључити да су пружени одговори на сва релевантна питања и превазиђени проблеми са којима се кандидаткиња сусрела током истраживања, као и да је кандидаткиња показала завидан ниво иновативности и мултидисциплинарног знања.

Поред несумњивог научног доприноса, практичан значај остварених резултата треба посматрати из три правца: потреба за унапређивањем уређаја за сагоревање контаминираних биомасе; заштита животне средине (редукција емисија штетних продуката сагоревања из уређаја за сагоревање контаминираних биомасе); борба против климатских промена (допринос могућности супституције фосилних горива контаминираним биомасом у сектору производње топлотне енергије).

4.3. Верификација научних доприноса

М 23

Научни радови у часописима међународног значаја (SCI листа)

- **Чудић В.**, Стојиљковић Д., Јововић А. Phytoremediation potential of wild plants growing on soil contaminated with heavy metals, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju-archives of industrial hygiene and toxicology, 67 (3), 229-239, 2016., doi: 10.1515/aiht-2016-67-2829, IF 2015 = 1,019
- Животић М., Стојиљковић Д., Јововић А., **Чудић В.**, Potential Usage of Fly Ash and Bottom Ash from Thermal Power Plant "Nikola Tesla" Landfill, Serbia, Хемијска индустрија, 66 (3), 403-412, 2012., doi:10.2298/HEMIND110905095Z, IF 2012 = 0,312

М 51

Научни радови у водећим часописима националног значаја

- **Чудић В.**, Кисић Д., Јововић А., Стојиљковић Д., Ash from Thermal Power Plants as a Secondary Products Material, Архив Хигијене Рада Токсикол., 58 (2), 233-238, 2007., doi: 10.2478/v10004-007-0014-6

М 33

Рад саопштен на скупу међународног значаја штампан у целини

- Карловић Е., Ристовић И., **Чудић В.**, Рударске активности и опасан отпад, стр. 306-311, Зборник радова IV међународног симпозијума Рударство и заштита животне средине, МЕР 03, Врдник 2003.
- **Чудић В.**, Карактеризација отпада и идентификација опасних компоненти у отпаду, Зборник радова Међународне конференције Отпадне воде, комунални чврсти отпад и опасан отпад, Удружење за технологију воде и санитарно инжињерство, Златибор 2004.
- **Чудић В.**, Лекић С., Карактеризација отпада при његовом коришћењу као чврстог обновљивог горива, Зборник радова Међународне конференције Отпадне воде, комунални чврсти отпад и опасан отпад, ст. 286-290, Удружење за технологију воде и санитарно инжињерство, Београд, 2009.

М 34

Радови штампани у изводу у материјалима међународних скупова

- **Чудић В.**, Стојиљковић Д., Јововић А., Øyvind Skreiberg, Јовановић Љ., Ристић М., Тодоровић Д., Туцаковић Д., Обрадовић М., Biomass produced from trace metal and arsenic phytoextraction as an energy source, Зборник радова Међународне конференције 18. Европске конференције о биомаси, стр. 2280, Лион, Француска, 2010.

М 63

Рад саопштен на скупу националног значаја штампан у целини

- **Чудић В.**, Поповић Д., Стојановић Р., Першић Ј. Карактеризација отпада, Зборник, Савез здравствених радника Републике Србије, страна 74-75, Златибор, 2003.
- **Чудић В.** Узорковање чврстог отпада за физичко – хемијске анализе, Зборник, Савез здравствених радника Републике Србије, Златибор, 2005.

Стручни пројекти, експертизе и сарадња са привредом

- Пројекат ПА.12, фаза 1, Градски завод за заштиту здравља Београд, UNEP/UNOPS., Clean-up projects for clean-up of environmental hot-spots, Waste characterization of sludge from interior of wastewater pipeline from NIS Oil Refinery to WWTP HIP Petrohemija, 2002;
- Пројекат ПА.12, фаза 2, Градски завод за заштиту здравља Београд, UNEP/UNOPS., Clean-up projects for clean-up of environmental hot-spots, Извештај о анализама Report on analyses of raw wastewater characteristics at NIS Oil Refinery Pancevo, 2002.;
- Пројекат ПА.12, фаза 3, Градски завод за заштиту здравља Београд, UNEP/UNOPS., Clean-up projects for clean-up of environmental hot-spots, Waste characterization of oily sludge from existing concrete storage basin at NIS Oil Refinery Pancevo, 2002.;
- Пројекат YUG/00/R71-KR1, UNEP/UNOPS., Clean-up projects for clean-up of environmental hot-spots, Final Report of Sampling and Analyses, Градски завод за заштиту здравља Београд, 2002.;
- Пројекат YUG/00/R71-KR2, UNEP/UNOPS., Clean-up projects for clean-up of environmental hot-spots, Final Report of Sampling and Analyses, Градски завод за заштиту здравља Београд, 2002.;
- Приручник Опасан отпад у Републици Србији у постројењима која подлежу Закону о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине (IPPC), Пантелић Ж., Станојевић Љ., Чудић В., Newby D., Лекић С., Парезанин С., Станић З., Тешић З., Миленковић С., Република Србија, Министарство заштите животне средине, Београд, јун 2007.
- Упутство за производњу чврстог обновљивог горива (SRF - Solid recovered fuel) са контролом квалитета, Holcim (Serbia) a.d. Поповац.
- Пројекат: Прибављање интегрисане (IPPC) дозволе за цементару Holcim а.д. у Поповцу, TИHAL-FIDECO, 2009. Београд.

- Пројекат: Прибављање интегрисане (IPPC) дозволе за цементару Титан у Косјерићу, ТАНАЛ-FIDECO, 2009. Београд.
- Пројекат: Упутство за прихватање отпада на депонију, PORR – Werner & Weber d.o.o., Ниш, 2010-2011.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да теза представља оригинални научни рад са научним доприносом у области машинства-процесне технике и технологије материјала, утицаја тешких метала и арсена на загађење земљишта и искоришћењу природних ресурса, аутохтоних биљних врста са загађених простора у енергетске сврхе, па сагласно томе предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом "Могућност примене процеса ремедијације земљишта загађеног тешким металима и арсеном коришћењем аутохтоних биљних врста уз њихово коришћење у енергетске сврхе" кандидаткиње Владице Чудић, дипл. инж. технологије, прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, када се за то стекну законски услови, пред Комисијом у истом саставу.

Београд, 16.03.2017. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
 др Александар Јововић, редовни професор
 Универзитет у Београду
 Машински факултет

.....
 др Драгослава Стојиљковић, редовни професор
 Универзитет у Београду
 Машински факултет

.....
 др Дејан Радић, редовни професор
 Универзитет у Београду
 Машински факултет

.....
 др Небојша Манић, доцент
 Универзитет у Београду
 Машински Факултет

.....
 др Горан Вујић, ванредни професор
 Универзитет у Новом Саду
 Факултет техничких наука