

Број захтева: _____

Датум: _____

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. став 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

Маје (Мирко) Нујкић

КАНДИДАТ: **Маја (Мирко) Нујкић**

Пријавила је докторску дисертацију под називом:

БИОМОНИТОРИНГ ТЕШКИХ МЕТАЛА У ОБЛАСТИМА ЗАГАЂЕНИМ РУДАРСКО-МЕТАЛУРШКИМ АКТИВНОСТИМА КОРИШЋЕЊЕМ ВОЋНИХ ВРСТА: ДИВЉА КУПИНА, ВИНОВА ЛОЗА, ВИНОГРАДАРСКА БРЕСКВА И ЈАБУКА

Из научне области: **Технолошко инжењерство**

Универзитет је дана **16.05.2016.** године својим актом под бројем **61206-2347/2-16** дао сагласност на предлог теме дисертације која гласи: **БИОМОНИТОРИНГ ТЕШКИХ МЕТАЛА У ОБЛАСТИМА ЗАГАЂЕНИМ РУДАРСКО-МЕТАЛУРШКИМ АКТИВНОСТИМА КОРИШЋЕЊЕМ ВОЋНИХ ВРСТА: ДИВЉА КУПИНА, ВИНОВА ЛОЗА, ВИНОГРАДАРСКА БРЕСКВА И ЈАБУКА**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **Маје (Мирко) Нујкић** образована је на седници одржаној **23.06.2016.** године, одлуком факултета под бр. **VI/4-10-6.2.**, у саставу:

Име и презиме члана комисије / звање / научна област / установа у којој је запослен

1. Др Миле Димитријевић, ван. професор, хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство, Технички факултет у Бору, ментор
2. Др Слађана Алагих, доцент, хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство, Технички факултет у Бору, члан
3. Др Снежана Милић, ван. професор, хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство, Технички факултет у Бору, члан
4. Др Снежана Тошић, ван. професор, хемија, Природно-математички факултет у Нишу, члан

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **01.09.2016.** године, под бројем: **VI/4-11-2.2.**

В. Д. Декан Факултета

Проф. др Нада Штрбац

Прилог:

1. Извештај комисије са предлогом
2. Акт наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било

На основу члана 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 01. 09. 2016. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **Маје Нуркић**, мастер инж. технологије, под називом: „**Биомониторинг тешких метала у областима загађеним рударско-металуршким активностима коришћењем воћних врста: дивља купина, винова лоза, виноградарска бресква и јабука**“, на који није било примедби.

II Универзитет у Београду је дана 16. 05. 2016. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

Рад у врхунском међународном часопису категорије - M21

1. Alagić S. Č., Tošić S. B., Dimitrijević M. D., Antonijević M. M., **Nurkić M. M.**: *Assessment of the quality of polluted areas based on the content of heavy metals in different organs of the grapevine (Vitis vinifera) cv. Tamjanika*, Environmental Science and Pollution Research, 22 (2015) 7155–7175. (IF (2015) = 2,828 (Environmental Sciences 54/223)) ISSN 0944-1344.
2. Tošić S., Alagić S., Dimitrijević M., Pavlović A., **Nurkić M.**: *Plant parts of the apple tree (Malus spp.) as possible indicators of heavy metal pollution*, Ambio: a journal of the human environment, (2015), DOI 10.1007/s13280-015-0742-9. (IF (2015) = 2,555 (Engineering, Environmental (13/47), Environmental Sciences 64/223))

Рад у истакнутом међународном часопису категорије - M22

1. Dimitrijević M. D., **Nurkić M. M.**, Alagić S. Č., Milić S., Tošić S. B.: *Heavy metal contamination of topsoil and parts of peach-tree growing at different distances from a smelting complex*, International Journal of Environmental Science and Technology, 13 (2016) 615-630. (IF (2015) = 2,344 (Environmental Sciences 86/223))
2. **Nurkić M.**, Dimitrijević M., Alagić S., Tošić S., Petrović J.: *Impact of metallurgical activities on the content of trace elements in the spatial soil and plant parts of Rubus fruticosus L.*, Environmental Science: Processes & Impacts, 2016, **18**, 350-360, 768 – 768, (IF (2015) = 2,401 (Environmental Sciences 87/223))

Рад у часопису међународног значаја верификован посебном одлуком - M24

1. Alagić S. Č., **Nurkić M. M.**, Dimitrijević M. D., *Strategije biljaka u borbi protiv fitotoksičnih koncentracija metala kao ključni preduslov uspešne fitoremedijacije: Ekskluderi i hiperakumulatori, deo II*, Zaštita materijala, 4 (2014) 435-440. (IF (2014) = 0.815 (ISSN 0351-9465))

IV Именована ће бранити докторску дисертацију пред Комисијом у саставу:

1. Др Миле Димитријевић, ванредни професор Техничког факултета у Бору – ментор;
2. Др Слађана Алагић, доцент Техничког факултета у Бору – члан;
3. Др Снежана Милић, ванредни професор Техничког факултета у Бору – члан;
4. Др Снежана Тошић, ванредни професор Природно-математичког факултета у Нишу – члан.

V Одлуку доставити надлежном Већу научних области Универзитета у Београду, ради давања сагласности. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности именованог Већа Универзитета.

VI О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

Доставити:

- именованој
- Већу научних области Универзитета у Београду
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

в. д. декан

Проф. др Нада Штрбац

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат комисије о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Маје Нујкић, дипл. инж. технолошког инжењерства-мастер

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору број VI/4-10-6.2. од 23.06.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану урађене докторске дисертације кандидаткиње Маје Нујкић, под називом:

„Биомониторинг тешких метала у областима загађеним рударско-металуршким активностима коришћењем воћних врста: дивља купина, винова лоза, виноградарска бресква и јабука“.

Након прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

Р Е Ф Е Р А Т

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Хронологија одобравања у изради дисертације одвијала се следећом динамиком:

Кандидаткиња Маја Нујкић, дипл. инж. технолошког инжењерства-мастер, почела је са радом на својој докторској дисертацији школске 2012/2013. године.

На седици Катедре за Хемију и хемијску технологију Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду од 17.03.2016. године, констатовано је да је кандидаткиња Маја Нујкић пријавила тему докторске дисертације и Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду је предложена Комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-7-7 од 25.03.2016. године именована је Комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-8-9 од 21.04.2016. усвојен је Реферат Комисије за оцену научне заснованости пријављене теме докторске дисертације.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 16.05.2016. године донело је одлуку, број 61206-2347/2-16, о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације.

На седници Катедре за Хемију и хемијску технологију Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду од 20.06.2016. године, констатовано је да је кандидаткиња Маја Нујкић урадила докторску дисертацију и Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду је предложена Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-10-6.2. од 23.06.2016. године именована је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Маје Нујкић.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „Биомониторинг тешких метала у областима загађеним рударско-металуршким активностима коришћењем воћних врста: дивља купина, винова лоза, виноградарска бресква и јабука“ по предмету истраживања припада научној области **Техничко-технолошке науке**, односно ужој научној области: **Технолошко инжењерство**, за коју је Технички факултет у Бору акредитован.

За ментора докторске дисертације одређен је проф. др Миле Димитријевић, ванредни професор Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду који је на основу досад објављених радова компетентан да руководи израдом ове докторске дисертације. Као аутор и коаутор публиковао је 19 радова у часописима са JCR-листе (11 категорије M21) цитираних 195 пута (подаци према SCOPUS-у од 02.02. 2016. године).

1.3. Биографски подаци о кандидату

Маја Нујкић (девојачко Љубић) је рођена 01.05.1978. године у Бору где је завршила основну и средњу школу. Студије хемијске технологије на Техничком факултету у Бору је уписала 2002. године, а завршила 2008. године на смеру Инжењерство за заштиту животне средине са просечном оценом 8,42 и оценом 10 на дипломском раду. Исте године уписала је и дипломске академске студије на студијском програму Технолошко инжењерство на матичном факултету. Дипломске академске студије је завршила 19.07.2010. године са оценом 10 на дипломском и просечном оценом 9,33 у току студија, чиме је стекла академски назив дипломирани инжењер технолошког инжењерства–мастер. Докторске академске студије, одсек Технолошко инжењерство, је уписала 2010. године на Техничком факултету у Бору.

Од октобра 2008. године Маја Нујкић ради на Техничком факултету у Бору као сарадник у настави, а од 2010. године у звању асистента на студијском програму Технолошко инжењерство. У оквиру наставне активности тренутно је ангажована на основним академским студијама на следећим предметима: Физичка хемија, Основи инструменталних метода и Заштита животне средине. На основу анонимно спроведене анкете у циљу оцењивања рада наставника и сарадника добила је просечну оцену 4,63.

Аутор/коаутор је: 5 радова објављених у водећим часописима међународног значаја, једног рада у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком, 6 саопштења на међународним научним скуповима штампаних у целини, једног рада саопштеног на међународном скупу штампаног у изводу, 2 рада у часописима националног значаја, једног предавања по позиву на скупу националног значаја штампаног у целини и 2 саопштења са скупова националног значаја штампаних у целини.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Маје Нујкић написана је на 218 страна и садржи 42 табеле, 21 слику и 306 литературних цитата. Састоји се из осам поглавља:

1. Увод
2. Општи део
3. Циљ рада
4. Експериментални део
5. Резултати и дискусија
6. Закључак
7. Биографија
8. Списак научних радова проистеклих из докторске дисертације.

На почетку дисертације је дата захвалница кандидата, извод на српском и енглеском језику и садржај, а на крају дисертације биографија кандидата, списак радова проистеклих из докторске дисертације и потписане изјаве о ауторству, истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и начину коришћења докторске дисертације.

По својој форми, садржају и постигнутим резултатима, дисертација у потпуности задовољава критеријуме и стандарде Универзитета у Београду за докторску дисертацију

2.2. Кратак приказ појединих поглавља

Увод – у првом поглављу приказан је утицај тешких метала на загађење животне средине. Приказани су природни и антропогени извори тешких метала са посебним освртом на рударско-металуршку производњу бакра као једним од главних антропогених извора тешких метала у животној средини. Истакнуте су биљне врсте које се користе у биомониторингу тешких метала у загађеним подручјима као и значај биомониторинга у процени загађења одређеног подручја.

Општи део – у другом поглављу дат је утицај тешких метала на животну средину и утицај Рударско-топионичарског басена Бор као главног емитера тешких метала у региону. У овом поглављу дат је и литературни преглед и анализа досадашњих истраживања о утицају тешких метала на биљке. Литературни преглед обухватио је

истраживања везана за улогу метала у биљкама, факторе који утичу на усвајање метала, механизме мобилизације метала од стране биљака и усвајања из земљишта, категоризацију биљака по постизању резистентности/толерантности према металном стресу, утицај бакра, цинка, олова, арсена, кадмијума, никла и гвожђа на процесе у биљкама, као и утицаје тешких метала на воћне врсте: купину, брескву, јабуку и винову лозу из различитих загађених региона у свету (уз табеларни приказ).

Поглавље 3 - **Циљ рада**, садржи јасно дефинисане циљеве докторске дисертације.

У **Експерименталном делу**, четвртом поглављу дисертације, дат је опис испитиваног подручја као и места узорковања са различитих локација Борског региона. Објашњени су начини узорковања биљног материјала и земљишта, као и припрема и хемијска анализа сакупљених узорка. На крају поглавља су дате методе обраде добијених експерименталних резултата.

У поглављу 5 - **Резултати и дискусија**, приказани су експериментални резултати и њихова дискусија. Ово поглавље састоји се од четири потпоглавља, која приказују сваку испитивану воћну врсту појединачно (дивља купина, винова лоза, виноградарска бресква и јабука). У свим потпоглављима приказане су концентрације тешких метала у земљишту са осам испитиваних локација, дате су рН вредности, садржај органске материје и електоропроводљивост земљишта. Такође, за све четири воћне врсте које расту на испитиваним локацијама дат је садржај тешких метала у њиховим деловима (корен, гранчице/стабљика, лист, плод). У сва четири потпоглавља квантификован је ниво загађености земљишта и биљних делова сваке воћне врсте, упоређивањем добијених садржаја тешких метала са законски дефинисаним граничним вредностима, као и применом различитих биолошких фактора (фактор обogaћења, однос концентрација елемената у надземним деловима, биолошки фактори акумулације). На основу Пирсонове корелационе анализе утврђена је зависност између удаљености места узорковања од топионице бакра и концентрације тешких метала у земљишту. Утврђене су бројне корелације између садржаја метала у земљишту и биљним деловима што је омогућило да се изведу бројни закључци о интеракцији тешких метала на релацији земљиште – биљка, али пре свега земљиште - корен. Додатно, у потпоглављима који анализирају брескву и купину примењена је анализа главних компоненти, док је код винове лозе и јабуке примењена хијерархијска кластер анализа. Примењене методе показале су да је топионица бакра главни извор загађења испитиваним металима, осим никла. На основу свих урађених анализа утврђено је да је лишће све четири воћне врсте најбољи индикатор атмосферског загађења и такође је указано која од испитиваних воћних врста може да се користи у биомониторингу, али и фитостабилизацији.

Закључак – у шестом поглављу изнети су главни закључци изведени на основу резултата добијених истраживањима у оквиру дисертације. Потврђено је да је општина Бор једна од најзагађенијих у овом делу Европе. Земљиште и воћне врсте су највише загађене бакром. Поред бакра често су биле забележене и високе концентрације олова, арсена и кадмијума. Највећи садржај тешких метала забележен је у опраном корењу и неопраном лишћу, а најмањи у неопраним плодовима испитиваних воћних врста, изузев плодова купине. Генерално, највеће загађење тешким металима (како земљишта, тако и биљака) детектовано је на локацијама најближим топионици, као и

на правцу доминантних ветрова. Од испитиваних метала само је за никл утврђено да је његово порекло геохемијско. Неопрано лишће све четири воћне врсте се показало као најбољи индикатор атмосферског загађења у односу на све остале биљне делове што је значајно за биомониторинг тешких метала у областима без зимзеленог дрвећа. Све четири воћне врсте успешно расту и развијају се на јако контаминираном земљишту без значајнијих видљивих симптома токсикације металима што указује на добру толеранцију у односу на тешке метале и уједно их препоручује за биомониторинг и фиторемедијацију.

Седмо поглавље се односи на **Биографију** кандидаткиње, док су у осмом поглављу наведени публиковани и саопштени радови проистекли као резултат рада на дисертацији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Рудници и топионице обојених метала препознати су као главни извори уласка тешких метала у животну средину. Овде свакако предњаче рудници и топионице бакра због емисије гасова и прашине, испуштања отпадних вода са дуготрајним загађивачима и депоновања великих количина чврстог отпада (рудничке и флотацијске јаловине, шљаке). Ипак, емисија финих честица прашине и испарљивих оксида тешких метала из димњака топионица бакра, са застарелом технологијом, представљају главни пут доспевања тешких метала у атмосферу. Аеросоли тешких метала уклањају се из атмосфере путем суве и мокре депозиције, а рецептори су површински слој земљишта, вегетација, површинске воде, односно све површине у контакту са ваздухом.

Загађеност ових области и забринутост за здравље становништва на тим просторима захтева стални мониторинг тешких метала у окружењу. Континуално узорковање у дужем периоду времена и инсталирање скупе мерне опреме за узорковање и квантификацију тешких метала (класичан мониторинг) довели су до све већег коришћења различитог биоматеријала за добијање информација о квалитету животне средине (биомониторинг). Једноставно узорковање, већи број места за узорковање, велика осетљивост према ширем спектру загађивача, праћење кумулативног загађења и све то без потребе за скупом опремом чине биомониторинг добром алтернативном или паралелном/упоредном методом класичном мониторингу.

Присуство одређених биљних врста на контаминираном подручју указује на њихову адаптацију на постојеће загађење. У том смислу јако је значајно испитати могућност коришћења тих биљних врста у биомониторингу загађења животне средине.

Коришћење воћних врста у биомониторингу тешких метала до сада није испитивано на овакав начин и представља оригинални допринос процени квалитета животне средине у областима под утицајем рударско-металуршких активности.

Потенцијал испитиваних воћних врста као биомонитора потврђен је коришћењем савремених статистичких метода (Пирсонова корелациона анализа, анализа главних

компоненти, хијерархијска кластер анализа, ANOVA) и добијени резултати дају значајан допринос употпуњујући базу података о могућим биомониторима, њиховој ефикасности и могућностима примене у биоремедијацији. Поред тога, пошто је у овом истраживању праћен садржај тешких метала и у плодовима воћних врста, указано је на потенцијални ризик од конзумације плодова.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У литературном прегледу докторске дисертације наведено је 306 литературних цитата, који су омогућила да се сагледају и прикажу досадашња истраживања тематски везана за биомониторинг тешких метала тј. за докторску дисертацију. Цитирана литература обухвата претежно радове новијег датума јер је у последњих десетак година значајно порасло интересовање за биомониторинг. Многи од ових радова објављени су у врхунским међународним часописима што указује на актуелност биомониторинга животне средине а самим тим и теме докторске дисертације. Резултати истраживања других аутора приказани у литературном прегледу, у општем делу, поређени су са резултатима које је кандидаткиња добила у свом истраживању. Из пописа литературе која је коришћена у дисертацији, уочава се познавање предметне области истраживања, као и познавање актуелног стања истраживања у овој области у свету.

У наставку овог извештаја су, у том смислу, наведени најзначајнији радови коришћени и цитирани у дисертацији:

1. Alagić, S.Č., Šerbula, S.S., Tošić, S.B., Pavlović, A.N., Petrović, J. V., Bioaccumulation of arsenic and cadmium in birch and lime from the Bor region., *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 65 (2013) 671–682.
2. Balabanova, B., Stafilov, T., Šajn, R., Bačeva, K., Comparison of response of moss, lichens and attic dust to geology and atmospheric pollution from copper mine. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 11 (2013) 517–528.
3. Brunetti, G., Soler-Rovira, P., Farrag, K., Senesi, N., Tolerance and accumulation of heavy metals by wild plant species grown in contaminated soils in Apulia region, Southern Italy. *Plant Soil*, 318 (2008) 285–298.
4. Candeias, C., Melo, R., Ávila, P.F., Ferreira da Silva, E., Salgueiro, A.R., Teixeira, J.P., Heavy metal pollution in mine–soil–plant system in S. Francisco de Assis – Panasqueira mine (Portugal). *Appl. Geochemistry* 44 (2014) 12–26.
5. Chopin E.I.B., Marin B., Mkoungafoko R., Rigaux A., Hopgood M.J., Delannoy E., Cance B., Laurain M., Factors affecting distribution and mobility of trace elements (Cu, Pb, Zn) in a perennial grapevine (*Vitis vinifera L.*) in the Champagne region of France, *Environmental Pollution* 156 (2008) 1092–1098.
6. Dimitrijević M., Kostov A., Tasić V., Milosević N., Influence of pyrometallurgical copper production on the environment, *Journal of Hazardous Materials*, 164 (2009) 892–899.
7. Gall, M.L., Poore, A.G.B., Johnston, E.L., A biomonitor as a measure of an ecologically-significant fraction of metals in an industrialized harbour. *Journal of Environmental Monitoring*, 14 (2012) 830–8.
8. González, R.C., González-Chávez, M.C., Metal accumulation in wild plants surrounding mining wastes. *Environmental Pollution*, 144 (2006) 84–92.
9. Kabata-Pendias, A., (2011). *Trace Elements in Soils and Plants*, 4th ed. CRC Press, Boca Raton.

10. Kubova J., Matus P., Bujdos M., Hagarova I., Medved J., Utilization of optimized BCR three-step sequential and dilute HCl single extraction procedures for soil–plant metal transfer predictions in contaminated lands, *Talanta*, 75 (2008) 1110–1122.
11. Lin V.S., Research highlights: natural passive samplers – plants as biomonitors, *Environmental Science Processes & Impacts*, 17 (2015) 1137.
12. Nikolić Đ., Milošević N., Mihajlović I., Živković Ž., Kovačević R. i Petrović N., Multi-criteria analysis of soil pollution with heavy metals in vicinity of copper smelting plant in Bor (Serbia), *Journal of the Serbian Chemical Society*, 76 (2011) 625–641.
13. Serbula S.M., Miljkovic D.J.D., Kovacevic M.R., Ilic A.A., Assessment of airborne heavy metal pollution using plant parts and topsoil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 76 (2012) 209–214.
14. Vamerali T, Bandiera M, Mosca G, Field crops for phytoremediation of metal-contaminated land. A review. *Environ Chem Lett*, 8 (2010) 1-17.
15. Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., Ma, L.Q., Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Sci. Total Environ.* 368 (2006) 456–64.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживање је реализовано применом метода које су се показале као адекватне за испитивања постављеног проблема биомониторинга тешких метала коришћењем воћних врста. Коришћене су следеће методе: 1) узорковање биљног материјала и земљишта; 2) припрема узорака биљног материјала и земљишта за физичко-хемијске анализе (прање, сушење, уситњавање, растварање); 3) одређивање физичко-хемијских карактеристика земљишта; 4) одређивање садржаја одређених елемената у биљном материјалу и земљишту; 5) методе обраде добијених резултата.

Репрезентативни узорци испитиваних воћних врста и земљишта на коме расту добијени су коришћењем стандардних метода за узорковање и припрему испитиваних материјала. Узорци су прикупљени са осам локација различито удаљених од топионичких димњака. Избор локација на којима су узорковани земљиште и биоматеријал је одређен на основу заступљености испитиваних биљних врста, положаја индустријских постројења, типа насеља и метеоролошких и топографских параметара. Изабрана места узорковања обухватају урбано-индустријске (УИ) и руралне (Р) области. Сваки део узоркованих воћних врста (корен, лист, стабљика/грана и плод) и узорци земљишта (0-30 cm, у зони корена) су припремљени као композитни узорци састављени од по 3-5 подузорака. Узорци су потом сушени на собној температури до константне масе и млевени у фини прах. Припрема узорака спроведена је на Техничком факултету у Бору.

Микроталасно растварање узорака је изведено у микроталасној пећи ETHOS 1 (опремљеној ротором СК 12, Милестоне, Бергамо, Италија) у затвореним политетрафлуоретиленим (ПТФЕ) киветама, по методи 3052 US EPA. Микроталасна дигестија узорака изведена је у акредитованој лабораторији за хемијско-технолошка испитивања (ХТК), Института за рударство и металургију у Бору.

Садржај тешких метала у свим узорцима одређиван је на iCAP 6000 оптичком емисионом спектрометру са индуктивно спрегнутом плазмом (ICP – OES, Termo

Scientific, Кембриџ, Велика Британија) са оптичким системом (Ешелетном решетком) и вишеканалним CID детектором. Концентрације испитиваних елемената у биљном материјалу и земљишту одређене су на Департману за хемију Природно-математичког факултета у Нишу.

pH вредност и електрична проводљивост (EC) узорака земљишта (односно земљиште:дестилована вода = 1:2,5) су одређивани помоћу pH метра (3510 Jenway, UK) и кондуктометра (4510 Jenway, UK). Садржај органске материје у земљишту (OM) је одређен методом жарења (LOI) на 550°C. Ова мерења обављена су на Техничком факултету у Бору.

За обраду података кандидаткиња је користила софтверски пакет SPSS (верзија 17) који омогућује систематско анализирање података по критеријумима и моделима који су коришћени у научним радовима из области биомониторинга и фиторемедијације.

Примењене методе за изведена испитивања у овој докторској дисертацији су адекватне за дату врсту истраживања и користе се у истраживањима објављеним у најновијим публикацијама и часописима са импакт фактором.

3.4. Применљивости остварених резултата

Резултати и закључци изнети у дисертацији, потврдили су могућности примене воћних врста у биомониторингу. Дивља купина али и старе сорте винове лозе, брескве и јабуке показале су толерантност на тешке метале. Због тога ове воћне врсте највећу примену могу имати као биомонитори у областима загађеним тешким металима али се могу применити и као фитостабилизатори. У овом истраживању уочени су и одређени ризици од конзумације неопраних плодова.

С обзиром да су резултати до којих је дошла кандидаткиња практични и применљиви, могуће је кроз даљи рад на проблематици биомониторинга извршити њихову верификацију у дужем временском интервалу (вишегодишње праћење) и проширењем испитивања у смислу праћења специфичних карактеристика сваке воћне врсте понаособ утврдити селективност према појединим тешким металима.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Урађена докторска дисертација, анализа добијених резултата, проистекли публиковани научни радови и саопштења као и свеукупни досадашњи рад кандидаткиње указују на способност Маје Нујкић за самостални научни рад, али и за активно учешће у тимском раду. Кандидаткиња је током израде дисертације у потпуности овладавала методологијом научно-истраживачког рада као и презентовањем добијених резултата научној јавности.

4. ОСТВАРЕН НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Прегледом доступне литературе пронађено је врло мало литературних података о испитиваним воћним врстама на загађеним подручјима, нарочито у областима

загађеним рударско-металуршким активностима. Због тога истраживања изнета у овој докторској дисертацији представљају значајан **научни допринос у области примене воћних врста у биомониторингу и фиторемедијацији**. Он се огледа у добијању потпунијег увида о загађености тешким металима на територији општине Бор кроз одређивање концентрација тешких метала у воћним врстама и земљишту на коме расту. У том смислу остварени су следећи научни доприноси:

- Утврђено је да дивља купина и старе сорте винове лозе, брескве и јабуке успешно расту и развијају се на земљишту које је јако загађено тешким металима, што је указало на њихову адаптацију на постојеће загађење,
- Коришћење ових воћних врста у биомониторингу тешких метала до сада није испитивано на овакав начин и представља оригинални допринос процени квалитета животне средине у областима под утицајем рударско-металуршких активности,
- Утврђено је у којој мери и који биљни органи (корен, стабљике/гранчице, лист, плод) најбоље репрезентују загађење,
- Утврђен је главни извор загађења тешким металима (природни/антропогени) као и интензитет загађености на различитим удаљеностима од топионице бакра и на правцима доминантних ветрова,
- Указано је на стање животне средине у урбано-индустријским и руралним областима које су директно или индиректно изложене дејству полутаната из рударско-металуршке производње,
- Одређивањем садржаја тешких метала у плодовима испитиваних воћних врста указано је на евентуални ризик од њихове конзумације,
- Различитим методолошким приступом процењене су могућности испитиваних воћних врста за примену у биомониторингу и фиторемедијацији.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Постављени циљеви и задаци истраживања у дисертацији остварени су у потпуности. Испитиване воћне врсте су вишегодишње биљке, које су изложене кумулативном загађењу тешким металима из земљишта, и у овој дисертацији испитан је њихов потенцијал као биомонитора тешких метала, будући да су распрострањене на територији општине Бор и да се могу наћи на различитој удаљености од главног емитера тешких метала. Резултати ове докторске дисертације су показали да на земљишту које је загађено тешким металима успешно расту и развијају се испитиване воћне врсте што значи да оне поседују неке веома ефикасне механизме за толеранцију тешких метала, укључујући и различите тактике ограниченог усвајања метала из земљишта, као и задржавања неких асимиллованих метала у кореновом систему.

Резултати добијени истраживањем у оквиру ове дисертације обезбеђују додатне и нове корисне информације везане за могућност примене ових воћних врста у биомониторингу и фиторемедијацији. Ово је јако значајно обзиром на оскудне литературне податке и бројна подручја у свету која су изложена контаминацији из рударско-металуршке производње.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос ове докторске дисертације је верификован кроз публикације проистекле као резултат истраживања у оквиру теме, о чему сведоче радови објављени у научним часописима и радови саопштени на конференцијама.

Рад у врхунаком међународном часопису категорије - M21

1. Alagić S. Č., Tošić S. B., Dimitrijević M. D., Antonijević M. M., **Nujkić M. M.:** *Assessment of the quality of polluted areas based on the content of heavy metals in different organs of the grapevine (Vitis vinifera) cv. Tamjanika*, Environmental Science and Pollution Research, 22 (2015) 7155–7175. (IF (2015) = 2,828 (Environmental Sciences 54/223)) ISSN 0944-1344.
2. Tošić S., Alagić S., Dimitrijević M., Pavlović A., **Nujkić M.:** *Plant parts of the apple tree (Malus spp.) as possible indicators of heavy metal pollution*, Ambio: a journal of the human environment, (2015), DOI 10.1007/s13280-015-0742-9. (IF (2015) = 2,555 (Engineering, Environmental (13/47), Environmental Sciences 64/223))

Рад у истакнутом међународном часопису категорије - M22

1. Dimitrijević M. D., **Nujkić M. M.**, Alagić S. Č., Milić S., Tošić S. B.: *Heavy metal contamination of topsoil and parts of peach-tree growing at different distances from a smelting complex*, International Journal of Environmental Science and Technology, 13 (2016) 615-630. (IF (2015) = 2,344 (Environmental Sciences 86/223))
2. **Nujkić M.**, Dimitrijević M., Alagić S., Tošić S., Petrović J.: *Impact of metallurgical activities on the content of trace elements in the spatial soil and plant parts of Rubus fruticosus L.*, Environmental Science: Processes & Impacts, 2016, **18**, 350-360, 768 – 768, (IF (2015) = 2,401 (Environmental Sciences 87/223))

Рад у часопису међународног значаја верификован посебном одлуком - M24

1. Alagić S. Č., **Nujkić M. M.**, Dimitrijević M. D., *Strategije biljaka u borbi protiv fitotoksičnih koncentracija metala kao ključni preduslov uspešne fitoremedijacije: Ekskluderi i hiperakumulatori, deo II*, Zaštita materijala, 4 (2014) 435-440. (IF (2014) = 0.815 (ISSN 0351-9465))

Саопштење са скупа међународног значаја штампано у целини – M33

1. Dimitrijević M., Alagić S., Tošić S., **Nujkić M.**, *Heavy metal distribution in the topsoil from different locations near copper smelter in Bor (East Serbia)*, 46th International October Conference on Mining and Metallurgy, Eds. N. Štrbac, D. Živković and S. Nestorović, Bor Lake, Serbia, October 01-04, 2014, p. 273 (ISBN: 978-86-6305-012-9)

2. Dimitrijević M., Alagić S., **Nujkić M.**, Milić S., *Impact of metallurgical activities on the content of heavy metals in spatial soil and plant parts of peach growing near Bor lake*, 46rd International October Conference on Mining and Metallurgy, Eds. N. Štrbac, D. Živković and S. Nestorović, Bor Lake, Serbia, October 01-04, 2014, p. 277, ISBN: 978-86-6305-012-9
3. Alagić S. Č., Dimitrijević M. D., Tošić S. B., Milić S., **Nujkić M. M.**: *Iron content in fruits of the apple and blackberry which naturally grow in the close proximity of the copper smelter in Bor*. International Scientific Conference on the environment and adaption of industry to climate change, Belgrade, Book of Abstracts, 22-24.4.2015., p. 185, ISBN: 978-86-8689061-07-9

Рад у часопису националног значаја - М51

1. Alagić S. Č., Tošić S. B., Dimitrijević M. D., **Nujkić M. M.**: *Iron Content in the Fruits of the Grapevines and Peach Trees Growing Near the Mining and Smelting Complex Bor, East Serbia*, Facta Universitatis, Series: Physics, Chemistry and Technology, 13 (2015) 99-107. ISSN: 0354-4656
2. Alagić S. Č., Dimitrijević M. D., Tošić S. B., Milić S., **Nujkić M. M.**: *Sadržaj gvožđa u plodovima jabuka i kupina koje prirodno rastu u neposrednoj blizini topionice bakra u Boru*, Ecologica, 22 (2015) 503-507. (ISSN 0354-3285).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидаткиње Маје Нујкић, дипл. инж. технолошког инжењерства-мастер, под насловом „Биомониторинг тешких метала у областима загађеним рударско-металуршким активностима коришћењем воћних врста: дивља купина, винова лоза, виноградарска бресква и јабука“, представља савремен, оригиналан и значајан научни допринос у области Технолошког инжењерства и посебно заштите животне средине. Дисертација је у сагласности са образложењем у пријави теме и садржи све елементе које предвиђа Правилник о докторским студијама Универзитета у Београду – Техничког факултета у Бору. У дисертацији кандидаткиње Маје Нујкић, предмет и циљеви истраживања су јасно наведени и остварени, а приказани резултати се могу применити и у пракси.

На основу прегледане докторске дисертације, као и увида у верификован научни допринос кроз објављене радове у научним часописима (4 рада у међународним часописима категорије М20), Комисија за оцену и одбрану урађене докторске дисертације закључује, да кандидаткиња испуњава све законске и остале услове за одбрану докторске дисертације. Такође, Комисија закључује да је урађена дисертација написана према стандардима научно-истраживачког рада, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, као и Статутом Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду. Стога, Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору, да се докторска

дисертација под називом: „**Биомониторинг тешких метала у областима загађеним рударско-металуршким активностима коришћењем воћних врста: дивља купина, винова лоза, виноградарска бресква и јабука**“, кандидаткиње Маје Нујкић, дипл. инж. технолошког инжењерства-мастер, прихвати, изложи на увид јавности у законски предвиђеном року и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, као и да након завршетка ове процедуре, позове кандидаткињу на усмену одбрану дисертације, пред Комисијом у истом саставу.

У Бору, 5. јула 2016. године.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Др **Миле Димитријевић**, ванредни професор, *ментор*
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

Др **Слађана Алагих**, доцент, *члан*
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

Др **Снежана Милић**, ванредни професор, *члан*
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

Др **Снежана Тошић**, ванредни професор, *члан*
Универзитет у Нишу, Природно-математички факултет у Нишу