

35/197  
(Број захтева)  
26.05.2016.  
(датум)

(назив већа научне области коме се захтев упућује)

Београд, Студентски трг бр. 1

### ЗАХТЕВ

#### за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

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

**ИСИДОРЕ (Владимир) ДЕЉАНИН, дипл. биолог заштите животне средине**  
(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ: **ИСИДОРА (Владимир) ДЕЉАНИН, дипл. биолог заштите животне средине**

пријавила је докторску дисертацију под називом:

**„Мониторинг елемената у траговима у животној средини применом одабраних биљних врста“**

Из научне области: **ИНЖЕЊЕРСТВО ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ**

Универзитет је дана **15.04.2013.** године, својим актом **02 број: 61206-1836/2-13** дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

**„Мониторинг елемената у траговима у животној средини применом одабраних биљних врста“**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

**ИСИДОРЕ (Владимир) ДЕЉАНИН, дипл. биолог заштите животне средине**  
(име, име једног од родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној **03.03.2016.** године Одлуком Факултета под бр. **35/89**, у саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1. Др Александра Перић Грујић	Редовни професор	Контрола квалитета
2. Др Мирјана Ристић	Редовни професор	Инжењерство заштите животне средине
3. Др Виктор Поцајт	Ванредни професор	Инжењерство заштите животне средине
4. Др Милица Томашевић	Научни саветник	Биологија
5. Др Мира Аничић Урошевић	Научни сарадник	Примењена хемија

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **14.04.2016.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаковић

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ и чл. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 14.04.2016. године, донета је

## О Д Л У К А

### о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Александра Перић-Грујић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Мирјана Ристић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Виктор Поцајт, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Милица Томашевић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за физику, др Мира Аничич-Урошевић, научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за физику, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: „**Мониторинг елемената у траговима у животној средини применом одабраних биљних врста**“ коју је поднела **Исидора Дељанин**, дипл. биолог заштите животне средине и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Исидоре Дељанин под називом „Мониторинг елемената у траговима у животној средини применом одабраних биљних врста“ Одлуком 02 број: 61206-1836/2-13 од 15.04.2013. године.

Верификација научних доприноса:

#### Kategorija M21

1. **Deljanin I.**, Antanasijević D., Bjelajac A., Aničić Urošević M., Nikolić M., Perić-Grujić A., Ristić M.: Chemometrics in biomonitoring: distribution and correlation of trace elements in tree leaves, *Science of the Total Environment* vol. 545-546, pp. 361-371, 2016 (**IF (2014) = 4.099**; ISSN 0048-9697)
2. **Deljanin I. V.**, Tomašević M. N., Aničić Urošević M. P., Antanasijević D. Z., Perić-Grujić A. A., Ristić M. Đ.: Lead isotopic composition in tree leaves as tracers of lead in an urban environment, *Ecological Indicators* vol. 45, pp. 640-647, 2014 (**IF (2014) = 3.444**; ISSN 1470-160X)
3. **Deljanin I.**, Antanasijević D., Vuković G., Aničić Urošević M., Tomašević M., Perić-Grujić A., Ristić M.: Lead spatio-temporal pattern identification in urban microenvironments using moss bags and the Kohonen self-organizing maps, *Atmospheric Environment* vol. 117, pp. 180-186, 2015 (**IF (2014) = 3.281**; ISSN 1352-2310)

### Kategorija M22

1. **Deljanin I.**, Antanasijević D., Aničić Urošević M., Tomašević M., Perić-Grujić A., Ristić M.: The novel approach to the biomonitor survey using one- and two-dimensional Kohonen networks, *Environmental Monitoring and Assessment* vol. 187, no. 618, pp. 1-11, 2015 (**IF (2014) = 1.679**; ISSN 0167-6369)

### Kategorija M23

1. **Deljanin I.**, Antanasijević D., Aničić Urošević M., Tomašević M., Sekulić Z., Perić-Grujić A., Ristić M.: Selected trace element concentrations in ambient air and in horse chestnut leaves in Belgrade, *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly* vol. 21, no. 1-2, pp. 169-178, 2015 (**IF (2014) = 0.892**; ISSN 2217-7434 (Online))

Докторска дисертација и Реферат о оцени докторске дисертације достављају се на увид јавности, а по истеку рока од 30 дана, на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, докторанду, ментору, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU**

**Predmet:** Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata **Isidore Deljanin**

Odlukom br. 35/89 od 03.03.2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata **Isidore Deljanin**, dipl. biologa zaštite životne sredine, pod naslovom

„**Monitoring elemenata u tragovima u životnoj sredini primenom odabranih biljnih vrsta**“.

Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa Kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

**R E F E R A T**

**1. UVOD**

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- 20.09.2012. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu doneta je Odluka o imenovanju Komisije za ocenu Završnog ispita na doktorskim studijama kandidata **Isidore Deljanin** (Odluka br. 35/290 od 28.09.2012.).
- 24.09.2012. – **Isidora Deljanin** je odbranila Završni ispit – pristupni rad za izradu doktorske disertacije, pod nazivom „*Platinska grupa elemenata – izvori, ponašanje i praćenje u životnoj sredini*“, sa ocenom 10, pred komisijom u sastavu: dr Mirjana Ristić, red. prof., dr Aleksandra Perić-Grujić, van. prof. i dr Viktor Pocaajt, docent.
- 17.01.2013. – **Isidora Deljanin** prijavila je temu doktorske disertacije, pod nazivom: „*Monitoring elemenata u tragovima u životnoj sredini primenom odabranih biljnih materijala*“.
- 31.01.2013. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu doneta je Odluka o imenovanju Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije **Isidore Deljanin**, pod nazivom „*Monitoring*“

*elemenata u tragovima u životnoj sredini primenom odabranih biljnih vrsta“* (Odluka br. 35/14 od 01.02.2013.)

- 28.03.2013. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu doneta je Odluka o prihvatanju Izveštaja Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme i odobrenju izrade doktorske disertacije kandidata **Isidore Deljanin**, pod nazivom „*Monitoring elemenata u tragovima u životnoj sredini primenom odabranih biljnih vrsta“*. Za mentora je određena dr Mirjana Ristić, red. prof. TMF-a (Odluka br. 35/76 od 29.03.2013.).
- 15.04.2013. – Na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka data je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije **Isidore Deljanin**, pod nazivom: „*Monitoring elemenata u tragovima u životnoj sredini primenom odabranih biljnih vrsta“* (Odluka br. 1239/1 od 19.04.2013.).
- 28.01.2016. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu doneta je Odluka o izmeni odluke Nastavno-naučnog veća br. 35/76 od 29.03.2013. godine o prihvatanju Izveštaja Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme i odobrenju izrade doktorske disertacije **Isidore Deljanin** u vezi sa predloženim mentorom. Za mentora je određena dr Aleksandra Perić-Grujić, red. prof. TMF-a (Odluka br. 35/31 od 28.01.2016.)
- 03.03.2016. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu doneta je Odluka o imenovanju Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije **Isidore Deljanin**, pod nazivom „*Monitoring elemenata u tragovima u životnoj sredini primenom odabranih biljnih vrsta“* (Odluka br. 35/89 od 03.03.2016.).

Isidora Deljanin, dipl. biolog zaštite životne sredine, je upisala doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu školske 2010/2011. godine.

## 1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja rađena u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Mentor, dr Aleksandra Perić-Grujić, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, je do sada publikovala 40 radova iz ove oblasti i bila je mentor jedne magistarske teze i član komisije 13 odbranih doktorskih disertacija i 7 odbranih magistarskih teza. Na osnovu dosadašnjih rezultata, smatramo da je mentor bio kompetentan da rukovodi izradom ove doktorske disertacije.

## 1.3. Biografski podaci o kandidatu

Isidora (Vladimir) Deljanin, dipl. biolog zaštite životne sredine, rođena je 23.09.1985. godine u Beogradu, gde je 2004. godine završila Treću beogradsku gimnaziju sa odličnim uspehom. Osnovne studije na Biološkom fakultetu u Beogradu započela je 2004/2005. školske godine, a diplomirala je 2010. godine sa prosečnom ocenom 9,11 na smeru Ekologija i zaštita životne

sredine. Diplomski rad pod nazivom „Gastrointestinalni paraziti sivog pacova *Rattus norvegicus* (Berk.1769) sa šireg područja Beograda”, odbranila je sa ocenom 10, 15. januara 2010. godine. Školske 2010/2011. upisala je doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na studijskom programu Inženjerstvo zaštite životne sredine. Rešenjem Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu br. 20/53 od 31.05.2011. godine, Isidora Deljanin je izabrana u zvanje istraživač pripravnik. Odlukama Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, br. 20/87 od 31.12.2012. i br. 20/59 od 21.09.2015. godine, Isidora Deljanin je izabrana, i reizabrana u zvanje istraživač saradnik.

Isidora Deljanin je od 01. februara 2011. godine angažovana kao saradnik na Projektu OI 172007, „*Razvoj i primena metoda i materijala za monitoring novih zagađujućih i toksičnih organskih materija i teških metala*“. Od februara 2011. godine, Isidora Deljanin je uključena u rad Laboratorije za masenu spektrometriju sa indukovano spregnutom plazmom (ICP-MS) na TMF-u.

Isidora Deljanin je bila angažovana i na izradi Lokalnog registra izvora zagađivanja životne sredine na teritoriji Beograda (u periodu od 2011. do 2012. godine), u realizaciji Sekretarijata za zaštitu životne sredine Grada Beograda i Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Isidora Deljanin je član Srpskog hemijskog društva. Govori engleski, a služi se španskim jezikom.

## **2. OPIS DISERTACIJE**

### 2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata Isidore Deljanin je napisana na 230 strana i sadrži 6 poglavlja: Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija, Zaključak i Literatura. Disertacija sadrži 57 slika, 26 tabela i 359 literaturnih navoda. Na početku disertacije dat je Rezime na srpskom i engleskom jeziku, kao i spiskovi skraćenica i simbola, slika i tabela, dok su Prilozi, kao i Biografija autora dati na kraju disertacije.

### 2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U uvodnom delu su iznete osnovne postavke i polazne pretpostavke same disertacije. Uvodni deo sadrži kratak opis značaja poznavanja sadržaja elemenata u tragovima u životnoj sredini i značaj biomonitoringa, kao načina praćenja koncentracija i izvora elemenata u tragovima. U okviru ovog poglavlja su definisani predmet i ciljevi istraživanja, kao i struktura disertacije.

Teorijski deo je podeljen na više potpoglavlja: *Zagađenje životne sredine i zagađenje vazduha, Biomonitori i bioindikator, Olovo i izotopi olova u životnoj sredini, Platina u životnoj sredini, Sakupljanje i priprema uzoraka za hemijsku analizu, Analitičke tehnike i Statistička analiza.*

Potpoglavlje *Zagađenje životne sredine i zagađenje vazduha* sadrži dva dela: *Čestice kao zagađujuće materije vazduha* i *Elementi u tragovima kao zagađujuće materije vazduha*, u kojima su opisani glavni izazovi u pogledu zagađenja vazduha, trenutno stanje u praksi, kao i najznačajniji zakonodavni okviri kojima se reguliše kvalitet vazduha. U okviru potpoglavlja *Biomonitori i bioindikatori* je definisan pojam, prednosti i nedostaci biomonitoringa, sa osvrtom na pasivni i aktivni biomonitoring, a posebna pažnja je posvećena višim biljkama i mahovinama kao biomonitorima. Takođe su u okviru ovog potpoglavlja opisane uloge elemenata u tragovima u biljkama i njihova potencijalna toksičnost, kao i načini unošenja u biljke. U naredna dva potpoglavlja, *Olovo i izotopi olova u životnoj sredini* i *Platina u životnoj sredini*, posebna pažnja se posvećuje ovim elementima i njihovom unošenju u biljna tkiva, ponašanju i uticaju na životnu sredinu. Poseban akcenat je stavljen na izotope olova, kao pogodan alat za određivanje porekla olova u životnoj sredini, koje je poslednjih decenija predstavljalo jedan od najzastupljenijih i najtoksičnijih elemenata u tragovima u životnoj sredini. U okviru potpoglavlja *Analitičke tehnike* dat je pregled korišćenih tehnika u radu, dok su u okviru potpoglavlja *Statističke analize* opisane i navedene hemometrijske metode korišćene tokom izrade ove doktorske teze, i dati su osnovni podaci o neuronskim mrežama primenjenim u obradi rezultata.

Poglavlje *Eksperimentalni deo* sadrži 9 potpoglavlja: *Opis ispitivanog područja*, *Postavke eksperimenata biomonitoringa*, *Uzorkovanje listova i priprema za dalju analizu*, *Aktivni biomonitoring korišćenjem mahovina*, *Uzorkovanje čestica i određivanje koncentracija teških metala u filterima*, *Određivanje koncentracija elemenata i odnosa izotopa olova u uzorcima*, *Određivanje koncentracije platine u uzorcima*, *SEM-EDS (Skenirajuća elektronska mikroskopija sa energo-disperzivnom spektroskopijom) analiza*, *Statistička analiza*.

Prvo potpoglavlje, *Opis ispitivanog područja*, daje osnovne geografske i demografske podatke o Beogradu, kao i potencijalne izvore zagađenja vazduha, sa posebnim osvrtom na saobraćaj. Naredna tri potpoglavlja u Eksperimentalnom delu se odnose na postavke eksperimenata (odabir lokacija za sakupljanje uzoraka, odabir biljnih vrsta, trajanje eksperimenata i vreme sakupljanja uzoraka) i opis pripreme uzoraka (prepriprema uzoraka i priprema za samu hemijsku analizu) u sprovedenom pasivnom i aktivnom biomonitoringu. U sledećem potpoglavlju opisano je sakupljanje uzoraka čestica iz vazduha, njihova priprema i hemijska analiza. Potpoglavlja *Određivanje koncentracija elemenata i odnosa izotopa olova u uzorcima* i *Određivanje koncentracije platine u uzorcima* daju detaljan opis metodologije merenja posmatranih elemenata u tragovima i izotopa olova, tehnikom masene spektrometrije sa indukovano spregnutom plazmom (ICP-MS), kao i podatke vezane za obezbeđivanje i kontrolu kvaliteta merenja. U potpoglavlju *SEM-EDS analiza* prikazani su opis pripreme uzoraka, način snimanja mikrografija SEM tehnikom i parametri merenja sadržaja elemenata EDS tehnikom. U potpoglavlju *Statistička analiza* opisana je priprema podataka za potrebe klasifikovanja i njihovog grupisanja primenom veštačkih neuronskih mreža, kao i optimizacija parametara metode primenjene za rangiranje podataka na osnovu višekriterijumske analize. Deo ovog potpoglavlja se odnosi i na primenu statističkih analiza i testova.

U četvrtom poglavlju, *Rezultati i diskusija*, prikazani su i prodiskutovani rezultati dobijeni tokom izrade doktorske disertacije. Ovo poglavlje je podjeljeno na tri potpoglavlja: *Karakterizacija površine listova i deponovanih frakcija*, *Koncentracije elemenata u tragovima u česticama u vazduhu i uzorcima listova tokom višegodišnjeg perioda* i *Koncentracija i izotopi olova u listovima drveća i uzorcima mahovina*.

U okviru prvog potpoglavlja prikazani su rezultati SEM-EDS analize, tj. prikazana je morfološka karakterizacija površine listova i deponovanih čestica, kao i elementarni sastav tih čestica. Čestice uočene na površini listova su se razlikovale po obliku i veličini, i bile su neravnomerno raspoređene. Broj čestica je bio veći na licu lista, posebno u neravnim zonama i/ili u blizini glavnih nerava. Rezultati EDS analize su pokazali da su najzastupljeniji elementi na površini listova bili, redom:  $O > C > Si > Al > Fe$ . Takođe, prikazani su i rezultati hemijske analize deponovanih frakcija na površini listova, frakcije na samoj površini lista i frakcije zadržane u voštanom sloju, kao i sadržaj elemenata u tragovima u tkivu listova. Ustanovljeno je da priprema uzoraka, tj. ispiranje uzoraka vodom i/ili hloroformom utiče na smanjenje koncentracije elemenata u tragovima u uzorcima listova. Najveći stepen ispiranja je bio za Al, V, Cr, Cu, Zn, As, Cd, Sb i Pb, a najveći stepen zadržavanja elemenata je uočen za vrste *Tilia* spp. (Al, V, Cr, Cu, Zn, As, Cd i Sb) i *B. pendula* (Pb). Pored toga, prikazani su i rezultati klasifikacije, rangiranja i grupisanja uzoraka na osnovu sadržaja elemenata u tragovima u njima, primenom veštačkih neuronskih mreža i metoda za višekriterijumsko rangiranje. Pokazano je da se samo-organizujuće mape (*Self-organizing maps* - SOM), samo-organizujuće mreže (*Self-organizing networks* - SON) i PROMETHEE-GAIA (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) analize mogu primeniti za procenjivanje ukupnog sadržaja elemenata u tragovima u uzorcima listova, određivanje sezonskih akumulacija i godišnjih trendova koncentracija elemenata, razlika u akumulaciji elemenata između različitih biljnih vrsta, mapiranje lokaliteta sa različitim nivoom zagađenja i rangiranje uzoraka listova na osnovu ukupnog sadržaja elemenata u tragovima u njima.

U okviru drugog potpoglavlja su prikazani rezultati analize koncentracija čestica u vazduhu, kao i elemenata u tragovima u česticama u vazduhu i u uzorcima listova tokom višegodišnjeg perioda. Takođe je vršeno i poređenje metode biomonitoringa sa referentnim monitoringom ispitivanih elemenata u tragovima u vazduhu. Tokom praćenog perioda, vrednosti koncentracije elemenata u tragovima u česticama u vazduhu su bile ispod propisanih graničnih vrednosti prema pravilnicima Republike Srbije i Evropske unije. Koncentracija Pb je imala opadajući trend tokom perioda istraživanja, uporedo sa postepenim izbacivanjem olovnog benzina iz upotrebe u Republici Srbiji, i njegovom konačnom zabranom upotrebe 2011. godine. To ukazuje da je sagorevanje fosilnih goriva, pre svega goriva za vozila, bio jedan od glavnih izvora olova u Beogradu. Pokazano je i da je ICP-MS tehnika, uz korišćenje *matrix-match* kalibracionih standarda, pogodna metoda određivanja platine u uzorcima listopadnog drveća.

U trećem potpoglavlju, *Koncentracija i izotopi olova u listovima drveća i uzorcima mahovina*, prikazani su trendovi koncentracije i odnosa izotopa olova u uzorcima listova tokom ispitivanog



perioda, kao i trend promene odnosa izotopa u periodu pre i posle zabrane upotrebe olovnog benzina u Republici Srbiji. Tokom posmatranog perioda, koncentracija olova u listovima ispitivanih vrsta imala je trend opadanja zbog smanjenog sadržaja olova u vazduhu, dok je povećanje vrednosti odnosa izotopa Pb u uzorcima listova tokom posmatranog perioda posledica smanjenja upotrebe olovnog benzina, kao i promene olovnih aditiva dodavanih u benzin korišćen u tom periodu. U okviru ovog potpoglavlja prikazani su i rezultati odnosa izotopa olova u zavisnosti od načina pripreme uzoraka listova. Zaključeno je da različita priprema uzoraka listova pre analize utiče na izotopski sastav Pb u uzorcima, pri čemu su neoprani uzorci pogodniji za ispitivanje kratkotrajne izloženosti zagađenju olovom, dok uzorci oprani vodom daju bolji uvid u dugotrajnu izloženost olovu. Rezultati aktivnog biomonitoringa sadržaja i izotopskog sastava olova korišćenjem vrećica sa mahovinom su prikazani na uobičajen način, korišćenjem odnosa izotopa Pb, ali su takođe prikazani i rezultati dobijeni nakon primene neuronskih mreža za određivanje sadržaja olova u urbanoj sredini. SOM analiza predstavlja pogodan instrument za prostornu i vremensku identifikaciju i diferencijaciju zagađenja olovom u biomonitoring istraživanjima i pokazala se kao efikasnija tehnika od uobičajenom pristupa analize zagađenja i izvora emisije olova, korišćenjem odnosa izotopa Pb. Poslednji deo prikazanih rezultata u okviru ovog potpoglavlja se odnosi na primenu veštačkih neuronskih mreža na koncentraciju i izotope olove u uzorcima listova različitih biljnih vrsta. Zaključeno je da se listovi listopadnog drveća mogu koristiti za biomonitoring sadržaja i izotopa olova tokom kraćeg i/ili dužeg perioda, u zavisnosti od njihove prethodne pripreme (sa ili bez ispiranja vodom). Takođe, na osnovu rezultata analize elemenata u tragovima i izotopa olova u listovima, ustanovljeno je da vrsta *A. hippocastanum* predstavlja pogodniji biomonitor od ostalih ispitivanih vrsta jer su dobijeni dosledniji rezultati u analizama deponovanih frakcija, hemometrijskim analizama i prilikom poređenja rezultata sa referentnim monitoringom.

Peto poglavlje doktorske disertacije sadrži kratak pregled istraživanja i glavne zaključke proistekle iz disertacije. U poslednjem, šestom poglavlju dat je spisak korišćene literature tokom sprovođenja istraživanja i pisanja ove doktorske disertacije, kao i reference kandidata Isidore Deljanin, proistekle iz ove disertacije, koje su objavljene u međunarodnim časopisima.

### **3. OCENA DISERTACIJE**

#### **3.1. Savremenost i originalnost**

Kruženje elemenata u prirodi je od presudnog značaja za funkcionisanje života na zemlji, te je znanje o ovom fenomenu neophodno za razumevanje globalnih procesa koji se odigravaju u životnoj sredini. Praćenje koncentracija i izvora elemenata u tragovima je jedan od glavnih preduslova za formiranje adekvatnih zakonskih propisa kojima bi se regulisao prekomerni unos ovih supstanci u životnu sredinu. Instrumentalne tehnike monitoringa, koje se primenjuju za razne medijume životne sredine, trenutno predstavljaju jedini način praćenja potencijalnih zagađujućih materija, koji se koristi kao osnova za definisanje graničnih vrednosti imisije i

graničnih vrednosti koncentracija zagađujućih materija u životnoj sredini. Poslednjih decenija se sve više koriste biljni materijali za potrebe monitoringa, pre svega zagađenja vazduha, zbog mogućnosti biljaka da usvajaju materije iz vazduha koje se talože na nadzemnim delovima biljke. Korišćenje biljaka je pogodno za dobijanje podataka o zagađenju prisutnom tokom određenog vremenskog perioda, od početka vegetacionog ciklusa biljke, kao i o sinergističkom delovanju više zagađujućih materija na žive organizme. U okviru ove doktorske disertacije je ispitivana mogućnost korišćenja različitih biljnih vrsta (*Aesculus hippocastanum*, *Tilia* spp., *Betula pendula* i *Acer platanoides*) za biomonitoring elemenata u tragovima u vazduhu, praćenjem koncentracija odabranih elemenata i izotopskog sastava olova u listovima drvenastih vrsta tokom višegodišnjeg perioda, kao i određivanje najpogodnije biljne vrste za biomonitoring elemenata u tragovima u vazduhu. Razmatrani su i različiti načini pripreme uzoraka listova pre hemijske analize i vršena je hemijska karakterizacija istaloženih frakcija čestica na površini listova i u voštanom sloju, da bi se odredila mogućnost ispitivanih biljnih vrsta da zadržavaju elemente u tragovima na površini listova ili u njihovom tkivu, i da bi se standardizovala metoda pripreme uzoraka listova koja bi omogućila lakše upoređivanje rezultata iz različitih istraživanja. Posebna pažnja je posvećena primeni različitih hemometrijskih metoda i softvera za statističku analizu, kao i primeni odabranih neuronskih mreža za analizu koncentracije elemenata u tragovima i izotopa olova u uzorcima, kao novog pristupa u određivanju prostornih i vremenskih obrazaca i izvora elemenata u tragovima u biomonitoringu.

### 3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U toku izrade doktorske disertacije kandidat je pregledala literaturu vezanu za čestice i elemente u tragovima, kao zagađujuće materije u vazduhu, sa posebnim osvrtom na olovo, izotope olova i platinu. Pregledana je obimna literatura koja se odnosi na biomonitoring elemenata u tragovima korišćenjem listova i mahovina, a takođe i literatura koja se odnosi na različite analitičke tehnike korišćene u izradi ove doktorske disertacije, kao i veštačke neuronske mreže i hemometrijske metode primenjene za obradu rezultata. Iz obrazloženja predložene teme doktorske disertacije i objavljenih radova kandidata Isidore Deljanin, kao i iz popisa literature koja je korišćena u istraživanju, od čega je ~ 60 % radova objavljenih u poslednjih 10 godina, uočava se adekvatno poznavanje predmetne oblasti istraživanja, kao i poznavanje aktuelnog stanja istraživanja u ovoj oblasti u svetu.

### Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U okviru rada na ovoj doktorskoj disertaciji dobijeni su podaci o sadržaju elemenata u tragovima u biljnim uzorcima i uzorcima čestica, korišćenjem instrumentalnih tehnika (indukovano spregnuta plazma sa masenom spektrometrijom – ICP-MS i energo-disperzivna spektroskopija – EDS), i izvršena je karakterizacija morfologije deponovanih čestica i površine listova ispitivanih biljnih vrsta korišćenjem skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM). Vršeno je praćenje koncentracija odabranih elemenata i izotopskog sastava olova u listovima drvenastih vrsta tokom

višegodišnjeg perioda i poređenje rezultata dobijenih instrumentalnim monitoringom sa rezultatima biomonitoringa. Pored toga, rađeno je klasifikovanje, rangiranje i grupisanje uzoraka na osnovu sadržaja elemenata u tragovima u njima, primenom veštačkih neuronskih mreža, samo-organizujućih mapa (*Self-Organizing Maps* – SOM) i samo-organizujućih mreža (*Self-Organizing Networks* – SON) i metoda za rangiranje, PROMETHEE-GAIA, čime je omogućena procena ukupne akumulacije elemenata u tragovima u listovima. Takođe su udeli izotopa olova, izmereni ICP-MS tehnikom, korišćeni kao ulazni podaci za SOM, što je omogućilo bolje određivanje prostornih i vremenskih razlika u zagađenju olovom u odnosu na korišćenje samo izotopskih odnosa olova.

### 3.3. Primenljivost ostvarenih rezultata

U okviru izrade ove doktorske disertacije ispitana je mogućnost korišćenja listova različitih biljnih vrsta i vrećica sa mahovinama u biomonitoringu elemenata u tragovima i izotopa olova. Biljke i različiti delovi biljaka se sve više koriste kao pasivni ili aktivni bioindikatori elemenata u tragovima u istraživanjima atmosferske depozicije zagađujućih materija. Prednosti biomonitoringa, u odnosu na instrumentalne tehnike, su dobijanje informacija o uticaju atmosferskih polutanata na biljke i niži troškovi sprovođenja istraživanja. Urađena je karakterizacija morfologije površine listova i čestica na njima, kao i hemijska karakterizacija istaloženih frakcija na površini listova i u voštanom sloju, kao i sadržaj elemenata u tkivu listova. Na taj način su određene frakcije čestica na površini listova rastvorljive u vodi i organskom rastvaraču (hloroform), koje potiču iz vazduha. Po prvi put su primenjene više-kriterijumske metode za odlučivanje i kombinovane samo-organizujuće mape i samo-organizujuće mreže za procenu multielementarnog sadržaja, što omogućuje procenjivanje ukupnog zagađenja ispitivanim elementima u tragovima u uzorcima. Analiza rezultata dobijenih različitim načinima pripreme uzoraka pre hemijske analize omogućava standardizaciju metode pripreme uzoraka, što bi olakšalo upoređivanje rezultata iz različitih istraživanja. Takođe, primena samo-organizujućih mapa za analizu izotopa olova predstavlja precizniju metodu za određivanje prostornih i vremenskih razlika između posmatranih uzoraka, pogotovo u slučaju delimičnog preklapanja sastava izotopa olova iz mogućih izvora i/ili kada različiti izvori emisije imaju isti izotopski „potpis”.

### Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Isidora Deljanin, dipl. biolog zaštite životne sredine, je tokom pripreme i realizacije eksperimenata, analize i obrade dobijenih rezultata, u okviru izrade doktorske disertacije, pokazala stručnost, kreativnost i sistematičnost. Komisija smatra da kandidat poseduje sve kvalitete koji su neophodni za samostalan naučni rad.

## **4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS**

### 4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Rezultati istraživanja urađenih tokom izrade ove doktorske disertacije predstavljaju značajan naučni doprinos:

- primeni uzoraka listova i vrećica mahovina za biomonitoring elemenata u tragovima i izotopa olova u životnoj sredini;
- standardizaciji metode pripreme uzoraka listova pre hemijske analize, u zavisnosti od potreba eksperimenta; pokazano je da različita priprema uzoraka listova (sa ili bez ispiranja vodom) pre analize utiče na izotopski sastav Pb u uzorcima, pri čemu su neoprani uzorci pogodniji za ispitivanje kratkotrajnog izloženosti zagađenju olovom, dok uzorci oprani vodom daju bolji uvid za dugotrajnu izloženost zagađenju olovom;
- hemijskoj karakterizaciji istaloženih frakcija na površini i u voštanom sloju listova primenom različite pripreme uzoraka; ustanovljen je najveći stepen zadržavanja elemenata kod vrste *Tilia* spp. (Al, V, Cr, Cu, Zn, As, Cd i Sb) i *B. pendula* (Pb), dok je Al u najvećoj meri bio prisutan u voštanom sloju, a Cu na površini listova;
- novim pristupima praćenja multielementarnog sadržaja u uzorcima listova korišćenjem SOM, SON i PROMETHEE-GAIA analiza, koji omogućavaju određivanje sezonskih akumulacija i godišnjih trendova koncentracija elemenata, kao i razlika u akumulaciji elemenata između različitih biljnih vrsta;
- primeni SOM analize u biomonitoring istraživanjima za određivanje prostorne i vremenske razlike u zagađenju olovom; ova tehnika se pokazala efikasnijom od klasičnog pristupa analize zagađenja i izvora emisije olova, korišćenjem odnosa izotopa Pb;
- praćenju trenda koncentracije Pb i vrednosti odnosa izotopa olova u periodu postepenog prestanka upotrebe i konačne zabrane korišćenja olovnog benzina, i određeni su izvori zagađenja olovom, na osnovu izotopskih odnosa;
- analizi elemenata u tragovima i izotopa olova u listovima; ustanovljeno je da vrsta *A. hippocastanum* predstavlja pogodniji biomonitor od ostalih ispitivanih vrsta.

#### 4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja kojima se bavi ova doktorska disertacija su koncipirana na osnovu definisanih ciljeva i detaljne analize literature iz oblasti biomonitoringa elemenata u tragovima. Ispitivanje različitih načina pripreme uzoraka pre hemijske analize je omogućilo hemijsku karakterizaciju istaloženih frakcija na površini i u voštanom sloju listova i sposobnost različitih biljnih vrsta da zadržavaju čestice iz vazduha, obogaćene elementima u tragovima. Prilikom izrade disertacije analizirani su sadržaji elemenata u tragovima u uzorcima listova, pri čemu su prilikom obrade podataka primenjene različite hemometrijske tehnike analize koje omogućavaju istovremenu procenu ukupnog zagađenja elementima u tragovima. Na taj način je omogućena sezonska, višegodišnja i prostorna diferencijacija zagađenja elementima u tragovima u biomonitoringu. U analizi izotopa olova, upoređivana su dva načina analize dobijenih rezultata, korišćenjem odnosa izotopa olova i primenom SOM-a, što je omogućilo određivanje pogodnije metode za identifikaciju zagađenja olovom.

#### 4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Na osnovu rezultata proisteklih iz ove disertacije publikovano je pet radova, tri rada u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21), jedan rad u istaknutom međunarodnom časopisu (M22) i jedan rad u međunarodnom časopisu (M23). Dva rada su saopštena na skupovima međunarodnog značaja, od čega je jedan štampan u celini, a drugi u izvodu. Takođe, pet radova je saopšteno na skupovima nacionalnog značaja i štampani su u izvodu.

#### **Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja - M20**

##### Kategorija M21 – Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu

1. **Deljanin I.**, Antanasijević D., Bjelajac A., Aničić Urošević M., Nikolić M., Perić-Grujić A., Ristić M.: Chemometrics in biomonitoring: distribution and correlation of trace elements in tree leaves, *Science of the Total Environment* vol. 545-546, pp. 361-371, 2016 (**IF (2014) = 4.099**; ISSN 0048-9697)
2. **Deljanin I. V.**, Tomašević M. N., Aničić Urošević M. P., Antanasijević D. Z., Perić-Grujić A. A., Ristić M. Đ.: Lead isotopic composition in tree leaves as tracers of lead in an urban environment, *Ecological Indicators* vol. 45, pp. 640-647, 2014 (**IF (2014) = 3.444**; ISSN 1470-160X)
3. **Deljanin I.**, Antanasijević D., Vuković G., Aničić Urošević M., Tomašević M., Perić-Grujić A., Ristić M.: Lead spatio-temporal pattern identification in urban microenvironments using moss bags and the Kohonen self-organizing maps, *Atmospheric Environment* vol. 117, pp. 180-186, 2015 (**IF (2014) = 3.281**; ISSN 1352-2310)

##### Kategorija M22 – Rad u istaknutom međunarodnom časopisu

1. **Deljanin I.**, Antanasijević D., Aničić Urošević M., Tomašević M., Perić-Grujić A., Ristić M.: The novel approach to the biomonitor survey using one- and two-dimensional Kohonen networks, *Environmental Monitoring and Assessment* vol. 187, no. 618, pp. 1-11, 2015 (**IF (2014) = 1.679**; ISSN 0167-6369)

##### Kategorija M23 – Rad u međunarodnom časopisu

1. **Deljanin I.**, Antanasijević D., Aničić Urošević M., Tomašević M., Sekulić Z., Perić-Grujić A., Ristić M.: Selected trace element concentrations in ambient air and in horse chestnut leaves in Belgrade, *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly* vol. 21, no. 1-2, pp. 169-178, 2015 (**IF (2014) = 0.892**; ISSN 2217-7434 (Online))

#### **Zbornici međunarodnih naučnih skupova – M30**

### Kategorija M33 – Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini

1. **Deljanin I.**, Antanasijević D., Aničić Urošević M., Tomašević M., Sekulić Z., Perić-Grujić A., Ristić M.: “Traffic-related trace element concentrations in PM10 and in horse chestnut leaves”, Book of proceedings of the 4<sup>th</sup> International WeBIOPATR Workshop & Conference, Particulate Matter: Research and Management, Belgrade, Serbia, 2<sup>nd</sup>-4<sup>th</sup> October, 2013, pp. 185-188. ISBN 978-86-83069-40-8

### Kategorija M34 – Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu

1. **Deljanin I.**, Vuković G., Aničić Urošević M., Antanasijević D., Tomašević M., Perić-Grujić A., Ristić M.: “Active moss biomonitoring of lead isotopic composition in Belgrade urban area”, Book of Abstracts of the 8<sup>th</sup> International Conference of the Chemical Societies of the South-East European Countries, Belgrade, Serbia, June 27<sup>th</sup>-29<sup>th</sup>, 2013, p. 47. ISBN 978-86-7132-053-5

### **Zbornici skupova nacionalnog značaja – M60**

#### Kategorija M64 – Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu

1. **Deljanin I. V.**, Aničić M. P., Antanasijević D. Z., Tomašević M. N., Perić-Grujić A. A., Ristić M. Đ.: “Lead isotopes in tree leaves from Belgrade urban area”, Book of abstracts of the 50<sup>th</sup> Meeting of Serbian Chemical Society, Belgrade, Serbia, June 14<sup>th</sup>-15<sup>th</sup> 2012, p. 82. ISBN 978-86-7132-048-1

2. **Deljanin I. V.**, Antanasijević D. Z., Aničić Urošević M. P., Tomašević M. N., Perić-Grujić A. A., Ristić M. Đ.: “Određivanje koncentracije platine u listovima listopadnog drveća sa područja Beograda”, Knjiga abstrakta Prve konferencije mladih hemičara, 19.-20. oktobar 2012, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, p. 19. ISBN 978-86-7132-050-4

3. **Deljanin I.**, Antanasijević D., Aničić Urošević M., Tomašević M., Perić-Grujić A., Ristić M.: “Determination of platinum concentration in deciduous tree leaves”, Book of Abstracts of the 6<sup>th</sup> Symposium Chemistry and Environmental Protection EnviroChem 2013, Vršac, Serbia, May 21<sup>th</sup>-24<sup>th</sup> 2013, pp. 234-235. ISBN 978-86-7132-052-8

4. **Deljanin I. V.**, Vuković G. P., Aničić Urošević M. P., Antanasijević D. Z., Tomašević M. N., Perić-Grujić A. A., Ristić M. Đ.: “Active moss biomonitoring of lead isotope ratio in public garages and tunnel in Belgrade urban area”, Book of abstracts of the 51<sup>th</sup> Meeting of Serbian Chemical Society, Niš, Serbia, June 5<sup>th</sup>-7<sup>th</sup> 2014, p. 57. ISBN 978-86-7132-054-2

5. **Deljanin I.**, Antanasijević D., Aničić Urošević M., Tomašević M., Perić-Grujić A., Ristić M.: “Application of self-organizing maps for trace element and lead isotopes biomonitoring in the Belgrade urban area”, Book of Abstracts of the 7<sup>th</sup> Symposium Chemistry and

Environmental Protection EnviroChem 2015, Palić, Serbia, June 9<sup>th</sup>-12<sup>th</sup> 2015, pp. 162-163.  
ISBN 978-86-7132-058-0

## 5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu svega napred izloženog, Komisija smatra da doktorska disertacija Isidore Deljanin, pod nazivom „**Monitoring elemenata u tragovima u životnoj sredini primenom odabranih biljnih vrsta**“ predstavlja značajan i originalan naučni doprinos u oblasti Inženjerstva zaštite životne sredine, što je pokazano, između ostalog, i objavljivanjem radova u relevantnim časopisima međunarodnog značaja, kao i prezentovanjem rezultata istraživanja na konferencijama. Ispitana je mogućnost korišćenja različitih biljnih vrsta i vrećica sa mahovinom za biomonitoring elemenata u tragovima u vazduhu, korišćenjem različitih hemometrijskih analiza, ispitivanjem frakcija istaloženih na površini listova i praćenjem izotopskog sastava olova u listovima listopadnog drveća pre i nakon izbacivanja olovnog benzina iz upotrebe u Republici Srbiji. Kandidat je samostalno i sistematično uradila istraživanja i analizu dobijenih rezultata.

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da se doktorska disertacija pod nazivom „**Monitoring elemenata u tragovima u životnoj sredini primenom odabranih biljnih vrsta**“ kandidata **Isidore Deljanin**, dipl. biologa zaštite životne sredine, prihvati, izloži na uvid javnosti i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 31. 03. 2016.

### ČLANOVI KOMISIJE:

---

Dr Aleksandra Perić-Grujić, redovni profesor  
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

---

Dr Mirjana Ristić, redovni profesor  
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

---

Dr Viktor Pocajt, vanredni profesor  
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

---

Dr Milica Tomašević, naučni savetnik  
Univerzitet u Beogradu, Institut za fiziku

---

Dr Mira Aničić Urošević, naučni saradnik  
Univerzitet u Beogradu, Institut za fiziku