

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Технолошко-металуршки факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Јелене Ђуричић-Миланковић, дипл. хемичара - мастера

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, бр. 35/74 од 7.3.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Јелене Ђуричић-Миланковић, дипл. хемичара – мастера, по насловом:

„Физичко-хемијске карактеристике субурбаног атмосферског аеросола и процена доприноса извора емисија применом рецептор модела“

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

- Школске 2009/10 године кандидат Јелена Ђуричић-Миланковић, дипл. хемичар-мастер је уписао докторске академске студије на Универзитету у Београду, Технолошко-металуршки факултет, студијски програм Инжењерство заштите животне средине.
- 14.4.2016. на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета донета је одлука (бр. 35/157) о именовању чланова Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јелене Ђуричић-Миланковић, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Карактеристике субурбаног атмосферског аеросола: тешки метали и елементи у траговима као обележивачи њиховог порекла“.
- 26.5.2016. на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду донета је одлука (бр. 35/255) о прихватању теме докторске дисертације под, у односу на предлог кандидата, измењеним насловом: „Физичко-хемијске карактеристике субурбаног атмосферског аеросола и процена доприноса извора емисија применом рецептор модела“, а за менторе су именовани др Душан Антоновић, редовни професор, Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Драгана Ђорђевић, научни саветник, Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију.
- 13.6.2016. Веће научних области техничких наука доноси одлуку (бр. 61206-2704/2-16) по којој даје сагласност на предлог теме „Физичко-хемијске карактеристике субурбаног

атмосферског аеросола и процена доприноса извора емисија применом рецептор модела“ кандидата Јелене Ђуричић-Миланковић.

- 7.3.2019. на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета донета је одлука (бр. 35/74) о именовану чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Јелене Ђуричић-Миланковић, под насловом „Физичко-хемијске карактеристике субурбаног атмосферског аеросола и процена доприноса извора емисија применом рецептор модела“.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Техничко-технолошких наука и ужој научној области Инжењерство заштите животне средине, за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. За менторе ове докторске дисертације именовани су др Душан Антоновић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Драгана Ђорђевић, научни саветник, Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, који су на основу објављених публикација и искуства компетентни да руководе израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Јелена Ђуричић-Миланковић рођена је 25. септембра 1980. године у Шапцу, где је завршила основну школу и гимназију. Хемијски факултет Универзитета у Београду уписала је школске 1999/2000. године, на смеру Дипломирани хемичар. Дипломирала је 2006. године, на Катедри за примењену хемију, са просечном оценом 8,67 и одбрањеним дипломским радом на тему „Садржај и порекло главних јонских врста у аеросолу граничне области (морски-континентални) у зимском периоду” са оценом 10. Мастер академске студије, на студијском програму Хемија, Хемијског факултета Универзитета у Београду завршила је 2011. године са просечном оценом 9,75 и одбрањеним мастер радом под називом „Примена микроталасне дигестије царском водом и ВСР поступка помоћу микроталаса у циљу одређивања концентрације живе у узорцима седимената и муљева (индустријска зона и околина Панчева)” са оценом 10.

Од 2007. до 2008. године била је запослена у основној школи као професор хемије. Од 2008. до 2011. године била је запослена на радном месту стручни сарадник за наставне предмете: Хемија и Заштита животне средине, а 2011. године је изабрана у звање асистента за ужу научну област: Заштита животне средине, на Високој медицинској и пословно-технолошкој школи струковних студија у Шапцу, где и данас ради.

Докторске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду студијски програм Инжењерство заштите животне средине, уписала је школске 2009/2010. године. Испите предвиђене планом и програмом докторских студија положила је са просечном оценом 9,73. Школске 2013/2014. и 2014/2015. имала је статус мировања права и обавеза ради одржавања трудноће и неге детета до годину дана старости.

Удата је и мајка двоје деце.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Јелене Ђуричић-Миланковић под насловом „Физичко-хемијске карактеристике субурбаног атмосферског аеросола и процена доприноса извора емисија применом рецептор модела“ написана је на 185 страна и укључује 68 слика, 42 табеле, као и 236 литературних навода. Дисертација садржи следећа поглавља: Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак, Литература и Прилози. На почетку дисертације дати су изводи на српском и енглеском језику, садржај, списак скраћеница, списак слика и списак табела. На крају дисертације дати су обавезни прилози који садрже биографију кандидата, као и потписане изјаве о ауторству, истоветности електронске и штампане верзије докторског рада и изјаве о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У поглављу **Теоријски део** дат је приказ значаја испитивања утицаја атмосферског аеросола на здравље људи и животну средину, опис класификације честица атмосферског аеросола према величини, преглед важеће законске регулативе која се односи на концентрације суспендованих честица у амбијенталном ваздуху, опис природних и антропогених извора емисија честица и опис хемијског састава честица атмосферског аеросола. Како се међу супстанцама које могу изазвати негативне ефекте по људско здравље и животну средину, посебна пажња посвећује елементима у траговима, у подпоглављима која следе дат је приказ значаја испитивања елемената у траговима који могу бити присутни у честицама атмосферског аеросола различитих величина пречника, преглед важеће законске регулативе која се односи на концентрације елемената у суспендованим честицама амбијенталног ваздуха, опис природних и антропогених извора емисија елемената у атмосферу и приказ расподеле елемената у честицама атмосферског аеросола. Посебно подпоглавље Теоријског дела се односи на рецепторско моделовање које представља један од најчешће коришћених алата за идентификовање и квантификовање доприноса индивидуалних извора емисија амбијенталним концентрацијама суспендованих честица у атмосфери. У овом раду дат је приказ мултиваријантних модела PCA (*Principal Component Analysis – PCA*) и PMF (*Positive Matrix Factorization – PMF*) који представљају најчешће коришћене моделе који захтевају квалитативно познавање извора присутних у посматраној области.

У поглављу **Експериментални део** дат је опис мерног места на коме је вршено прикупљање узорака атмосферског аеросола фракционисаног према величини, као и опис климатских карактеристика региона рецептора. Такође је дат опис каскадног импактора ниског притиска Prof. Dr. Bernera – LPI 25/0,0085/2 који је коришћен за узорковање честица атмосферског аеросола и описан поступак сакупљања узорака. На крају су описане процедуре мерења маса празних и филтера са депозитом, растварања узорака атмосферског аеросола применом микроталасне дигестије и одређивање концентрације елемената применом масене спектрометрије са индуктивно спрегнутом плазмом (ICP-MS).

У поглављу **Резултати и дискусија** прво су приказане временске и сезонске варијације у расподели величина честица атмосферског аеросола. У посебном подпоглављу описани су резултати испитивања корелисаности масених концентрација честица сваке испитиване фракције са метеоролошким параметрима (ваздушним притиском, температуром ваздуха, релативном влажношћу, брзином ветра, инсолацијом, облачношћу и преципитатом). У следећем подпоглављу приказани су резултати испитивања главних праваца доприноса

аеросолних честица на испитиваном мерном месту. Потом су приказани резултати добијени статистичком анализом основне базе података масених концентрација аеросолних честица раздвојених на једанаест фракција величина, тј. резултати добијени тестирањем слагања статистичких функција добијених из реалних података са теоријским применом графичке анализе квантила и резултати добијени применом факторске анализе.

У следећем подпоглављу су приказане временске и сезонске варијације масених концентрација елемената измерених у честицама атмосферског аеросола. Такође су израчунате вредности односа концентрација елемената фини/груби мод током сезоне без грејања и грејне сезоне у циљу процене утицаја антропогених извора емисија на садржај испитиваних елемената. Потом су приказани резултати испитивања корелисаности концентрација елемената измерених у честицама атмосферског аеросола и метеоролошких параметара. На основу података о концентрацијама елемената измерених у испитиваним фракцијама, у наредном подпоглављу приказани су резултати добијени испитивањем слагања реалних статистичких функција са очекиваним помоћу квантила, како би се проценила удаљеност извора емисија елемената од мерног места. Потом су презентовани резултати добијени анализом фактора обогаћења. У последња два подпоглавља приказани су резултати добијени применом мултиваријантних рецептор модела PCA и PMF.

У поглављу **Закључак** сумирани су резултати добијени на основу изведених испитивања.

У поглављу **Литература** наведене су референце цитиране у докторској дисертацији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оргиналност

Испитивања утицаја атмосферског аеросола на животну средину представља једну од централних тема у савременим научним истраживањима у областима атмосферске хемије и животне средине. Атмосферске аеросоли изазивају све већу пажњу међународне научне заједнице, али и јавности, због њихове потврђене улоге у климатским променама, утицаја на хидролошки циклус, утицаја на екосистеме, локалну видљивост и негативног утицаја на људско здравље. Најзначајнији параметри од којих зависи утицај атмосферског аеросола на животну средину и људско здравље су њихова концентрација, величина честица, структура и хемијски састав. Ови параметри су просторно и временски веома променљиви. Карактеризација атмосферског аеросола представља сложен задатак, како због комплексног хемијског састава, тако и због великог опсега величина честица (10^{-9} - 10^{-4} m). Због свега наведеног, масена расподела честица аеросола, њихова хемијска карактеризација, али и њихов утицај на животну средину још увек нису у потпуности разјашњени. У последњих десетак година у Европи је урађен већи број истраживања чији је предмет хемијска анализа фракционисаног субурбаног аеросола, али до сада ни једно истраживање није укључило регион Балкана. Имајући у виду чињеницу да се над нашом земљом мешају ваздушне масе различитог порекла истраживања обухваћена овом докторском дисертацијом представљају оргиналан научни допринос истраживањима у области атмосферског аеросола – његове хемијске карактеризације, оцене оптерећења аеросола испитиваним елементима у траговима и утврђивања њихових потенцијалних извора емисија у региону.

Савременост и оргиналност истраживања у оквиру ове докторске дисертације потврђена су публикавањем радова у истакнутим међународним часописима и саопштењима на скуповима од међународног значаја.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде докторске дисертације кандидат Јелена Ђуричић-Миланковић је извршио детаљну анализу научне и стручне литературе из предметне области. У докторској дисертацији је цитирано 236 референци, од којих највећи број чине радови публиковани у међународним часописима са тематиком значајном за израду докторске дисертације. Током израде тезе детаљно је прегледана литература која се односи на природне и антропогене изворе емисија аеросолних честица и њихове емисионе карактеристике, расподелу величина честица атмосферског аеросола и њихове сезонске варијације, хемијски састав аеросолних честица различитих опсега величина, природне и антропогене изворе емисија елемената у атмосферу и њихове емисионе карактеристике, расподеле елемената у траговима у аеросолним честицама различитих опсега величина, идентификацију могућих извора аеросолних честица и процену доприноса извора емисија применом мултиваријантних рецептор модела. На основу приказа литературе коришћене у истраживању, као и објављених радова кандидата, може се закључити да кандидат адекватно познаје предметне области истраживања.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживање у оквиру ове докторске дисертације је спроведено користећи узорке суспендованих честица атмосфере фракционисаних по величини узоркованих у субурбаном делу Београда на позадинској мерној станици Зелено брдо, као рецепторском месту. Коришћењем каскадног импактора ниског притиска Prof. Dr. Bernera – LPI 25/0,0085/2 добијени су подаци о масеним концентрацијама честица атмосферског аеросола раздвојених на једанаест фракција величина, које обухватају величине честица од 8,5nm до 16 μ m. Двадесетдвомесечна кампања мерења омогућила је испитивање временских и сезонских варијација у расподели величина атмосферских честица на посматраном рецепторском месту. Корелациона анализа између концентрација честица и осам метеоролошких параметара спроведена је ради испитивања зависности концентрације честица сваке испитиване фракције од метеоролошких параметара. У циљу испитивања главних праваца доприноса честица на испитиваном мерном месту база података сачињена од масених концентрација аеросолних честица подељена је на осам главних праваца струјања ваздушних маса који одговарају метеоролошкој класификацији. За одређивање порекла ваздушних маса у овом раду коришћен је HYSPLIT (*Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory* - HYSPLIT) модел, који представља широко коришћен модел за генерисање трајекторија уназад (*backward trajectories*) на датим стартним локацијама. Тестирање слагања реалних статистичких функција са очекиваним помоћу квантила је спроведено да би се одредила релативна удаљеност извора емисија честица од мерног места, док су применом мултиваријантне статистичке методе факторске анализе идентификовани главни фактори који су у вези са могућим изворима емисија аеросолних честица различитих опсега величина.

Техника микроталасне дигестије коришћена је за разарање сакупљеног депозита аеросолних честица. Концентрације 25 испитиваних елемената су одређене применом индуковано спрегнуте плазме са масеном спектрометријом (ICP-MS). Вршено је праћење концентрација испитиваних елемената у честицама атмосферског аеросола фракционисаних према величини и разматране сезонске варијације концентрација елемената у честицама. На основу података о концентрацијама елемената измерених у испитиваним фракцијама аеросолних честица, извршено је тестирање слагања реалних статистичких функција са очекиваним помоћу квантила, како би се проценила удаљеност извора емисија елемената од мерног места. Анализа фактора обogaћења (*enrichment factor* - EF) примењена је у циљу испитивања везе између

елемената у атмосферском аеросолу и њихових извора емисија. Мултиваријантна статистичка техника факторске анализе (РСА) је коришћена за процену важних асоцијација група елемената које указују на природу њихових извора емисија. Мултиваријантни рецептор модел РМФ примењен је за идентификацију типова извора и квантификацију њихових доприноса амбијенталним концентрацијама аеросолних честица на испитиваном мерном месту.

3.4. Примењивост остварених резултата

Честице различитих величина субурбаног аеросола се разликују по механизму свог настанка, хемијском саставу, оптичким карактеристикама, трансформацијама и могућностима преноса у атмосфери, механизмима уклањања из атмосфере, утицају на различите сфере животне средине, као и по утицају на људско здравље. За развој и имплементацију политика заштите здравља људи и животне средине у вези са атмосферским суспендованим честицама, доносиоцима одлука су потребна научна сазнања о појави, снази, просторном распореду и варијабилности извора овог полутанта.

У овој докторској дисертацији фракционисањем честица атмосферског аеросола по величини омогућена је анализа расподеле масених концентрација елемената у траговима у функцији величине аеродинамичког пречника честица. Користећи податке о измереним концентрацијама честица и садржаја елемената у траговима на посматраном рецепторском месту извршена је идентификација извора и њихових доприноса маси суспендованих честица применом техника рецепторског моделовања. Узорковање и анализа честица различитих опсега величина омогућила је увид о изворима и судбини елемената у траговима и пружила могућност да се разјасне процеси који узрокују присуство елемената у траговима у честицама атмосферског аеросола на испитиваном рецепторском месту. Примењивост резултата ове докторске дисертације се огледа у могућности дизајнирања ефикасних стратегија редукције емисија које могу допринети значајном смањењу загађености ваздуха овим полутантом.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Јелена Ђуричић-Миланковић је током израде докторске дисертације показао стручност и самосталност у претраживању научне литературе, припреми и реализацији експеримената, обради података и критичкој анализи добијених резултата. На основу досадашњег рада и постигнутих резултата, Комисија сматра да кандидат поседује све квалитете неопходне за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси резултата истраживања остварених у овој докторској дисертацији огледају се у следећем:

- разјашњени су процеси који узрокују присуство испитиваних елемената у честицама атмосферског аеросола и процењени извори емисија;
- дата је оцена оптерећења честица атмосферског аеросола елементима који су били предмет овог истраживања;
- утврђене су временске и сезонске варијације масених концентрација честица и садржаја елемената у траговима у честицама различитих опсега величина;
- извршена је диференцијација утицаја природних и антропогених извора емисија суспендованих честица које садрже елементе у траговима и квантификација њихових

доприноса, што може представљати основу за развој стратегија контроле емисија токсичних елемената у ваздух из антропогених извора емисија.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Проучавање и карактеризација извора аеросолних честица представља једну од централних тема у савременим научним истраживањима у области заштите животне средине. Разумевање доприноса извора емисија аеросолних честица представља важан задатак који даје информације о могућности контроле квалитета ваздуха кроз циљне стратегије редукције емисија овог полутанта у ваздух.

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације су пружила вредне резултате и информације о временским и сезонским варијацијама концентрација честица атмосферског аеросола фракционисаног према величини. Током израде ове дисертације анализирани су садржаји елемената у траговима у честицама субурбаног аеросола фракционисаног по величини што је омогућило да се разјасне процеси који узрокују присуство елемената у честицама атмосферског аеросола и квантитативно процене доприноси њихових извора емисија.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Јелена Ђуричић-Миланковић је резултате истраживања ове докторске дисертације потврдио објављивањем радова у истакнутим међународним часописима, као и презентовањем радова на међународним научним скуповима. Из дисертације су проистекла два рада објављена у истакнутим међународним часописима (M22) и шест саопштења са међународних скупова штампана у изводу (M34).

Категорија M22 (Рад у истакнутом међународном часопису)

1. **Ђуричић-Миланковић J.**, Anđelković I., Pantelić A., Petrović S., Gambaro A., Antonović D., Đorđević D., Partitioning of particulate matter and elements of suburban continental aerosols between fine and coarse modes, *Environmental Science and Pollution Research*, vol 25, pp. 20841–20853, 2018. (**IF(2017)=2.800**) (ISSN:0944-1344)
2. **Ђуричић-Миланковић J.**, Anđelković I., Pantelić A., Petrović S., Gambaro A., Đorđević D., Size-segregated trace elements in continental suburban aerosols: seasonal variation and estimation of local, regional, and remote emission sources, *Environmental Monitoring and Assessment*, 190:615, 2018. (**IF(2017)=1.804**) (ISSN: 0167-6369)

Категорија M34 (Саопштење са међународног скупа штампано у изводу)

1. Đorđević D., **Ђуричић-Миланковић J.**, Pantelić A., Petrović S., Gambaro A., Coarse, Fine and Ultrafine Particles of Sub-urban Continental Aerosols, 10th International Aerosol Conference, St. Louis, Missouri, 2018, pp. 264. (<http://aaarabstracts.com/2018IAC/AbstractBook.pdf>)
2. **Ђуричић-Миланковић J.**, Anđelković I., Pantelić A., Petrović S., Gambaro A., Đorđević D., Partitioning of Particulate Matter and Elements of Suburban Continental Aerosols between Fine and Coarse Mode, The American Association for Aerosol Research, 36th Annual Conference, Raleigh, North Carolina, 2017, pp. 114. (<http://aaarabstracts.com/2017/AbstractBook.pdf>)
3. **Ђуричић-Миланковић J.**, Anđelković I., Pantelić A., Petrović S., Gambaro A., Đorđević D., Size-Segregated of Trace Elements Contents in Sub-urban Aerosols of Central Balkan

- Region, The American Association for Aerosol Research, 35th Annual Conference, Portland, Oregon, 2016, pp. 260. (<http://aaarabstracts.com/2016/AbstractBook.pdf>)
4. Petrović S., **Đuričić-Milanković J.**, Anđelković I., Pantelić A., Gambaro A., Đorđević D., Emission sources estimation of size-segregated suburban aerosols measured in continental part of Balkan region using PMF5.0 multivariate receptor model, European Geosciences Union General Assembly 2017, Vienna, Austria, pp. 515. (<http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2017/EGU2017-515.pdf>)
 5. Đorđević D., **Đuričić-Milanković J.**, Anđelković I., Pantelić A., Petrović S., Gambaro A., Size-Segregated Sub-urban Aerosols of Central Balkan Region, 18th DKMT Euroregional Conference on Environment and Health, Novi Sad, Serbia, 2016., pp. 125 (ISBN 978-86-6253-059-2)
 6. Đorđević D., **Đuričić-Milanković J.**, Pantelić A., Petrović S., Gambaro A., Mass Size-segregated of Sub-urban Aerosol of Continental Part of Balkans, The American Association for Aerosol Research, 34th Annual Conference, Minneapolis, Minnesota USA, 2015., pp. 96. (<http://aaarabstracts.com/2015/viewabstract.php?pid=634>)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу изнетих података, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата **Јелене Ђуричић-Миланковић**, дипл. хемичара – мастера, под насловом: „**Физичко-хемијске карактеристике субурбаног атмосферског аеросола и процена доприноса извора емисија применом рецептор модела**“ представља значајан и оригиналан научни допринос предметној области истраживања. Оригиналноост докторске дисертације потврђена је објављивањем радова у часописима међународног значаја и саопштавањем резултата на међународним конференцијама.

Имајући у виду квалитет и научни допринос постигнутих резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, да се докторска дисертација под насловом „**Физичко-хемијске карактеристике субурбаног атмосферског аеросола и процена доприноса извора емисија применом рецептор модела**“ кандидата Јелене Ђуричић-Миланковић, прихвати, изложи на увид јавности у законски предвиђеном року и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и да након завршетка ове процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 17.05.2019.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

др Душан Антоновић, редовни професор у пензији
Универзитета у Београду, Технолошки-металуршки факултет

др Драгана Ђорђевић, научни саветник, Универзитета у
Београду, Институт за хемију, технологију и металургију

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

др Александар Маринковић, ванредни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет