

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
Физичког факултета Универзитета у Београду
Студентски трг 12
11000 Београд

На седници Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду одржаној 30. марта 2016. године одређени смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације под насловом: „**ПРИМЕНА ХИБРИДНИХ РЕЦЕПТОРСКИХ МОДЕЛА У АНАЛИЗИ КВАЛИТЕТА ВАЗДУХА И ТРАНСПОРТА ЗАГАЂУЈУЋИХ МАТЕРИЈА У БЕОГРАДУ**” коју је Физичком факултету Универзитета у Београду пријавила Мирјана Перишић, дипломирани физичар, смер Општа физика. Докторска дисертација је предата Физичком факултету 28. марта 2016. године.

Након прегледа дисертације и увида у приложене материјале Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци о кандидату

Мирјана Перишић је дипломирала физику 2007. године на Физичком факултету Универзитета у Београду на смеру Општа физика са просечном оценом 9,12. Уписала је докторске студије на истом факултету школске 2007/2008. године у ужој научној области Физика атома и молекула. Све испите на докторским студијама положила је са оценом 10.

Од јула 2007. године запослена је у Лабораторији за физику околине Института за физику Универзитета у Београду. Учесник је три национална (два интердисциплинарна и једног пројекта основних истраживања) и два међународна пројекта.

Научно-истраживачки рад Мирјане Перишић припада научној области физике атома и молекула и њеној примени у физици екологије. Као истраживач сарадник, бави се испитивањем атмосферских аеросола под руководством др Славице Рајшић, научног саветника Института за физику Универзитета у Београду, која је одлуком Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду на седници одржаној 18. децембра 2013. године именована за ментора ове докторске дисертације. Објавила је укупно шест научних радова, од којих је пет са импакт фактором већим од један и три су из области истраживања за докторску дисертацију, четири поглавља у књизи, осамнаест саопштења на међународним и пет на националним конференцијама. Још један рад се тренутно налази у процесу рецензије у врхунском међународном часопису. Листа публикација је приказана у прилогу на крају овог извештаја.

2. Предмет докторске дисертације

Ова докторске дисертације рађена је у Лабораторији за физику околине Института за физику Универзитета у Београду. Предмет дисертације је процена стања квалитета ваздуха у Београду коришћењем најпогоднијих аналитичких техника за свеобухватну анализу концентрација атмосферских аеросола и њиховог елементног састава. Тема дисертације се односи на нека од најважнијих питања идентификације извора загађујућих материја, процене неопходне редукције да би се достигли стандарди квалитета ваздуха, прогнозе повећаних нивоа концентрација аеросола и квантификације њиховог штетног утицаја у урбаној, семиурбаној и руралној средини на подручју града Београда.

3. Садржај и закључци дисертације

Докторска дисертација је написана на српском језику, ћириличним писмом на сто дваесет две стране, не рачунајући насловне стране на српском и енглеском језику, захвалницу, резиме на српском и енглеском језику, садржај и прилоге. Организована је у седам поглавља и списак коришћене литературе. Садржи педесет једну слику, осамнаест табела, деведесет две референце, као и пет прилога са додатних три табеле и педесет слика.

Уводно поглавље садржи кратак преглед циљева истраживања, значај резултата и структуру дисертације.

У другом поглављу приказане су основне карактеристике атмосфере, особине и динамика планетарног граничног слоја.

У трећем поглављу приказани су основни принципи мониторинга квалитета ваздуха, уз релевантне изводе из актуелних домаћих и међународних регулатива које садрже информације о утврђеним граничним вредностима појединих загађујућих материја.

У четвртном поглављу представљене су мерне методе за одређивање масених концентрација PM_{10} и $PM_{2.5}$ (атмосферски аеросоли аеродинамичног дијаметра мањег од $10 \mu m$, односно $2,5 \mu m$), њиховог елементног и јонског састава, као и садржаја органског и елементног угљеника. Описани су и основни принципи мерења концентрација неорганских гасних оксида CO , NO , NO_2 , NO_x , SO_2 и O_3 , као и основних метеоролошких параметара.

Најважније методе коришћене за анализу података у дисертацији приказане су у петом поглављу. Описане су основне карактеристике рецепторских модела, хибридни рецепторских модела, модела коришћених за анализу транспорта загађујућих материја, мултиваријативне методе, метода мултифракталне и инверзне мултифракталне анализе и модела за процену штетног утицаја загађења ваздуха на здравље људи.

Шесто поглавље садржи опис и дискусију добијених резултата, и у њему су приказани резултати анализе вишегодишње базе часовних и дневних масених концентрација PM_{10} , $PM_{2.5}$ и њиховог елементног састава, на 15 мерних места на територији града Београда.

У седмом поглављу су укратко сумирани закључци истраживања приказани у дисертацији.

Истраживања приказана у дисертацији обухватила су две врсте анализе загађујућих материја на подручју града Београда. Прва анализа обухватала је податке средњих дневних вредности масених концентрација суспендованих честица PM_{10} измерених у периоду од 2011. до 2015. године и њихов хемијски састав (садржај чађи, As, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Cl⁻, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺ и бензо(а)пирена), на мерним местима различитог типа и под утицајем различитих извора загађења. У другу врсту анализе укључене су часовне вредности масених концентрација PM_{10} , $PM_{2,5}$, одговарајући метеоролошки параметри, висина планетарног граничног слоја и трајекторије кретања ваздушних маса на шест локација у Београду. Приказана анализа квалитета ваздуха у Београду од посебног је значаја пошто је утемељена на истраживању обимне и разноврсне базе података.

Анализа података је извршена применом великог броја савремених аналитичких метода које, поред статистичке анализе, укључују и рецепторски модел Unmix за идентификацију извора и процену њиховог доприноса, два модела за процену штетног утицаја загађења на здравље људи, моделе који описују транспорт загађујућих материја (TSA, TCA, PSCF, CWT, RTWC и sQTBA), детаљну анализу зависности од метеоролошких параметара, анализу периодичности концентрација и мултифракталну и инверзну мултифракталну анализу за испитивање варијабилности података, мултиваријативне методе (MVA) помоћу којих је добијена прогноза повећаних концентрација PM_{10} , као и анализу измерених концентрација математичким моделима функција расподеле и процену неопходне редукације из извора загађења у циљу достизања стандарда квалитета ваздуха.

Резултати изнети у дисертацији указују на потребу коришћења рецепторских и хибридних рецепторских модела ради идентификације утицаја различитих извора загађујућих материја у великој области какву представља град Београда. Међутим, додатне анализе усмерене на истраживање просторних и временских варијација концентрација атмосферских аеросола и доприноса појединих извора, као и неопходност истраживања утицаја метеоролошких фактора, од кључне су важности у циљу суштинског разумевања порекла загађујућих материја у комплексном атмосферском окружењу анализиране области. Процена штетног утицаја загађења на здравље људи, уз могућност прогнозе повећаних вредности концентрација и процену неопходне редукације емисије загађујућих материја у циљу достизања прописаних граничних вредности, у дисертацији су представљене као аналитичке технике које могу пружити поуздану основу за формирање стратегија усмерених ка побољшању квалитета ваздуха и унапређењу здравља људи, пре свега осетљивих категорија становништва.

За разлику од анализе транспорта загађујућих материја која се може наћи у литератури, у овој дисертацији је представљен напреднији приступ који подразумева динамички одабир трајекторија кретања ваздушних маса на основу њихове репрезентативности, и на висинама које одговарају областима најинтезивнијег транспорта (половина висине планетарног граничног слоја), као и упоредно коришћење четири модела за процену географских области и доприноса удаљених извора загађења. Анализом која је урађена на великом броју мерних

места и у дугом временском периоду, вршено је испитивање карактеристика појединих модела транспорта загађујућих материја и услова за њихову што адекватнију примену.

Нова и прецизна метода анализе варијабилности података масених концентрација PM_{10} мултифракталном и инверзном мултифракталном анализом, у оквиру дисертације први пут је примењена у анализи података из животне средине.

У оквиру дисертације приказана је примена напредних мултиваријативних метода у циљу предвиђања масених концентрација PM_{10} коришћењем лако мерљивих метеоролошких параметара. У насељеним срединама предвиђање повећаних нивоа загађења је од кључне важности за контролу стања животне средине јер представља основ за јавно узбуђивање осетљивих категорија становништва, док прецизна прогноза концентрација загађујућих материја утемељена на неколико значајних метеоролошких параметара омогућава рационалније коришћење средстава и смањење броја мерних станица у некој области.

4. Публиковани резултати докторске дисертације

На основу истраживања приказаних у оквиру ове докторске дисертације објављена су три научна рада у међународним часописима и једно поглавље у књизи:

- M21, импакт фактор: 2,828 (ISSN: 1614-7499)
Stojić, A., Stanišić Stojić, S., Reljin, I., Čabarkapa, M., Šoštarić, A., **Perišić, M.** and Mijić, Z. (2016). Comprehensive analysis of PM_{10} in Belgrade urban area on the basis of long term measurements, *Environmental Science and Pollution Research*, First online: 18 February 2016.
- M22, импакт фактор 1,804 (ISSN: 1873-9326)
Perišić, M., Stojić, A., Stojić, S. S., Šoštarić, A., Mijić, Z. and Rajšić, S. (2015). Estimation of required PM_{10} emission source reduction on the basis of a 10-year period data. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 8 (4): 379-389.
- M23, импакт фактор 1,164 (ISSN: 1093-4529)
Todorovic, M., **Perišić, M.**, Kuzmanoski, M., Stojic, A., Sostaric, A., Mijic, Z. and Rajsic, S. (2015). Assessment of PM_{10} pollution level and required source emission reduction in Belgrade area. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 50(13):1351-1359.
- M13 (ISBN: 978-1-62417-746-0)
M. Tomašević, Z. Mijić, M. Aničić, A. Stojić, **M. Perišić**, M. Kuzmanoski, M. Todorović and S. Rajšić (2013). Air Quality Study in Belgrade: Particulate Matter and Volatile Organic Compounds as Threats to Human, In: *Air Pollution: Sources, Prevention and Health Effects*, Editors: Rajat Sethi. Nova Science Publishers (Texas A&M Health Science Center (TAMHSC), Bryan, Texas, USA), ISBN: 978-1-62417-735-4.

5. Закључак

На основу сагледавања изложених података и добијених резултата, Комисија сматра да ова докторска дисертација представља оригиналан научно-истраживачки рад и значајан научни допринос области истраживања. Комисија стога предлаже Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду да прихвати докторску дисертацију кандидата Мирјане Перишић под називом „**ПРИМЕНА ХИБРИДНИХ РЕЦЕПТОРСКИХ МОДЕЛА У АНАЛИЗИ КВАЛИТЕТА ВАЗДУХА И ТРАНСПОРТА ЗАГАЂУЈУЋИХ МАТЕРИЈА У БЕОГРАДУ**” и да одобри њену јавну одбрану.

У Београду, 19. Априла 2016. године

Комисија за преглед и оцену докторске дисертације:

Др Славица Рајшић, научни сарадник
Институт за физику Универзитета у Београду

Проф. др Драгољуб Белић, редовни професор
Физички факултет Универзитета у Београду

Проф. др Лазар Лазић, редовни професор
Физички факултет Универзитета у Београду

Прилог

Списак научних радова кандидата

Радови у међународним часописима:

Stojić, A., Stanišić Stojić, S., Reljin, I., Čabarkapa, M., Šoštarić, A., **Perišić, M.** and Mijić, Z. (2016). Comprehensive analysis of PM₁₀ in Belgrade urban area on the basis of long term measurements, *Environmental Science and Pollution Research*, First online: 18 February 2016.

Perišić, M., Stojić, A., Stojić, S. S., Šoštarić, A., Mijić, Z. and Rajšić, S. (2015). Estimation of required PM₁₀ emission source reduction on the basis of a 10-year period data. *Air Quality, Atmosphere & Health* 8, 379 – 389.

Todorovic, M., **Perišić, M.**, Kuzmanoski, M., Stojic, A., Sostaric, A., Mijic, Z. and Rajsic, S. (2015). Assessment of PM₁₀ pollution level and required source emission reduction in Belgrade area. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 50(13):1351-1359.

Dmitrović, S., **Perišić, M.**, Stojić, A., Živković, S., Boljević, J., Živković, J. N., ... & Mišić, D. (2015). Essential oils of two *Nepeta* species inhibit growth and induce oxidative stress in ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) shoots in vitro. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(3), 1-15.

Mijić, Z., Stojić, A., **Perišić, M.**, Rajšić, S., & Tasić, M. (2012). Receptor modeling studies for the characterization of PM₁₀ pollution sources in Belgrade. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 18(4-2), 623-634.

Mijić, Z., Stojić, A., **Perišić, M.**, Rajšić, S., Tasić, M., Radenković, M., & Joksić, J. (2010). Seasonal variability and source apportionment of metals in the atmospheric deposition in Belgrade. *Atmospheric Environment*, 44(30), 3630-3637.

Радови у међународним часописима у процесу рецензије:

Perišić, M., Rajšić, S., Šoštarić, A., Mijić, Z. and Stojić, A., "Levels of PM₁₀ bound species in Belgrade, Serbia: spatio-temporal distributions and related human health risk estimation", *Air Quality, Atmosphere and Health*.

Поглавља у књизи:

A. Stojić, S. Stanišić Stojić, Z. Mijić, L. Ilić, M. Tomašević, Marija Todorović, and **Mirjana Perišić** (2015). Comprehensive Analysis of VOC Emission Sources in Belgrade Urban Area, Nova Science Publishers, ISBN: 978-1-62417-735-4.

M. Tomašević, Z. Mijić, M. Anić, A. Stojić, **M. Perišić**, M. Kuzmanoski, M. Todorović and S. Rajšić (2013). Air Quality Study in Belgrade: Particulate Matter and Volatile Organic Compounds as Threats to Human, In: *Air Pollution: Sources, Prevention and Health Effects*, Editors: Rajat Sethi (Texas A&M Health Science Center (TAMHSC), Bryan, Texas, USA), ISBN: 978-1-62417-735-4.

Zoran Mijić, Andreja Stojić, **Mirjana Perišić**, Slavica Rajšić and Mirjana Tasić (2012). In: Air Quality - New Perspective, Statistical Character and Transport Pathways of Atmospheric Aerosols in Belgrade, pp. 199 - 226, Edited by Gustavo Lopez Badilla, Benjamin Valdez and Michael Schorr, Published by InTech, ISBN: 978-953-51-0674-6.

Zoran Mijić, Slavica Rajšić, Andrijana Žekić, **Mirjana Perišić**, Andreja Stojić and Mirjana Tasić (2010). Characteristics and application of receptor models to the atmospheric aerosols research, Book chapter in Air quality edited by Ashok Kumar, 143-167. ISBN 978-953-307-131-2.

Саопштења са међународних скупова:

A. Šoštarić, **M. Perišić**, A. Stojić, Z. Mijić and S. Rajsic, Dynamics of gaseous pollutants in Belgrade urban area, Physical Chemistry 2014: proceedings. Vol. 1. 12th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, September 22-26, 2014, Belgrade, Serbia, str. 953-956.

M. Perišić, Z. Mijić, A. Stojić, Frequency analysis of PM₁₀ time series and assessing source reduction for air quality compliance in Serbia, Book of Abstracts, 4th WeBIOPATR 2013, October 2-6, 2013, Belgrade, Serbia, pp.56.

A. Šoštarić, **M. Perišić**, A. Stojić, Z. Mijić, S. Rajšić, M. Tasić, The influence of air mass origin and potential source contributions on PM₁₀ in Belgrade, Book of Abstracts, 4th WeBIOPATR 2013, October 2-6, 2013, Belgrade, Serbia, pp.61.

Marija Todorović, **Mirjana Perišić**, Andreja Stojić and Slavica Rajšić: Concentrations trend of NO, NO₂ and O₃ during the 2011 in Belgrade urban area, Book of abstracts pg. 320-321, the 6th Symposium Chemistry and Environmental Protection, Vršac, May 21 - 24, 2013.

Mirjana Perišić, Marija Todorović, Andreja Stojić, Maja Kuzmanoski and Slavica Rajšić: Health risk assessment of VOCs in Belgrade semi-urban area, Book of abstracts pg. 378-379, the 6th Symposium Chemistry and Environmental Protection, Vršac, May 21 - 24, 2013.

Mirjana Perišić, Andreja Stojić, Zoran Mijić, Marija Todorović and Slavica Rajšić: Source apportionment of ambient VOCs in Belgrade semi-urban area, 6th International Conference on Proton Transfer Reaction Mass Spectrometry and Its Application, Book of Contributions pg. 204-208, Innsbruck, Austria (2013).

A. Stojić, **M. Perišić**, Z. Mijić, S. Rajšić, D. Ristic: Ambient VOCs Measurement in Belgrade Semi-urban Area: Winter Case Study (poster), Book of Abstracts, pp. 534, EUROanalysis, Belgrade, Serbia, September 11-15, 2011.

Andreja Stojić, **Mirjana Perišić**, Zoran Mijić and Slavica Rajšić: Ambient VOCs measurement in winter: Belgrade semiurban area, Book of Abstracts pg. 248, 5th PTR-MS Conference, 23-31 January 2011, Obergurgl, Austria.

Mirjana Perišić, Andreja Stojić, Zoran Mijić and Slavica Rajšić: Source Apportionment of Volatile Organic Compounds in Belgrade Semi-urban Area, Book of Abstracts pg.

232, 11th European Meeting on Environmental Chemistry EMEC 11, Portoroz, 8-11 December 2010, Slovenia.

M. Perišić, A. Stojić, S. Rajšić and Z. Mijić, Assessment of VOCs concentrations in Belgrade semi-urban area, Proceedings of the 10th International Conference of Fundamental and Applied aspects of Physical Chemistry, pg. 579-581, 21-24 September 2010, Belgrade, Serbia.

Andreja Stojić, **Mirjana Perišić**, Zoran Mijić, and Slavica Rajšić: Proton Transfer Reaction Mass Spectrometry: Ambient Air VOCs Measurement in Belgrade Semi-urban Area, 20th ESCAMPIG, Novi Sad, July, 2010.

A. Stojić, **M. Perišić**, Z. Mijić, S. Rajšić and D. Ristic, Ambient VOCs Measurement In Belgrade Semi-Urban Area Using Proton Transfer Reaction Mass Spectrometer, 1st Center of Excellence for Food Safety and Emerging Risk (CEFSE) Workshop "Regional perspectives in food safety", 12th Danube-Kris-Mures-Tisa (DKMT) Euroregion Conference on Food, Environment and Health, CD Book of Abstracts, Faculty of Technology, University of Novi Sad, September 2010, Novi Sad, Serbia.

Jasmina Nestorović, Danijela Mišić, Branislav Šiler, Suzana Živković, Gordana Malović, **Mirjana Perišić**, Andreja Stojić, Dragoljub Grubišić: Application of PTR-MS in Detection of Volatile Compounds: In Vitro Culture of Three Nepeta Species, 20th ESCAMPIG, Novi Sad, July, 2010.

J. Nestorovic, D. Mišic, B. Šiler, S. Živkovic, A. Stojić, **M. Perišić**, D. Grubišic, PTR-MS detection of nepetalatone in shoot cultures of three Nepeta species grown under different carbohydrate source, New research in biotechnology, 2009, Bucharest Proceeding of the 2nd International Symposium 138.

A. Stojić, **M. Perišić**, S. Rajšić, Z. Mijić, M. Tasić, Assesment of ambient VOCs levels in Belgrade semi-urban area, 4th International Conference on Proton Transfer Reaction Mass Spectrometry and Its Application, Book of Contributions pg. 289-293, 2009. Innsbruck, Austria.

Nestorovic J., Misic D., Stojić A., **Perišić M.**, Zivkovic S., Siler B., Aničić M., Malovic G., Grubisic D, In vitro selection of nepetalactone-rich genotypes of Nepeta rranjensis by using HPLC and PTR-MS, 4th International Conference on Proton Transfer Reaction Mass Spectrometry and its Applications, February 16th – February 21st, 2009, Obergurgl, Austria, IUP Innsbruck University Press, Conference Series, Eds. Tilmann D.Mark, Birgit Holzner, Contributions 263-267.

A. Stojić, **M. Nešić**, Z. Mijić, V. Novakovic, S. Rajšić, M. Tasić, Heavy metal concentrations in street dust and soils adjacent to roads in Belgrade, Serbia, 9th Highway and Urban Environmental Symposium, Book of Abstracts pg. 87. 9-11. June 2008. Madrid, Spain.

Nesic Mirjana, Stojić Andreja, Mijić Zoran, Novaković Velibor, Rajšić Slavica, First results of outdoor and indoor VOCs measurements using PTR-MS in Belgrade, Serbia, The 8th European Meeting on Environmental Chemistry (EMEC8) Book of Abstracts pg. 37., December 5-8, 2007, Inverness, Scotland.

Саопштења са националних скупова:

Mirjana Perišić, Andreja Stojić, Marija Todorović, Zoran Mijić i Slavica Rajšić: Analiza dinamike i transporta CO, NO_x i SO₂ u urbanoj sredini Beograda, XII Kongres fizicara Srbije, Zbornik radova str. 444-448, Vrnjacka Banja, Serbia (2013).

Andreja Stojić, **Mirjana Perišić**, Zoran Mijić, Marija Todorović, and Slavica Rajšić: Odredjivanje izvora emisije isparljivih organskih jedinjenja u Beogradu, XII Kongres fizicara Srbije, Zbornik radova str. 453-457, Vrnjacka Banja, Serbia (2013).

Andreja Stojić, **Mirjana Perišić**, Nikola Petović, Merenje isparljivih organskih jedinjenja u realnom vremenu masenim spektrometrom (PTR-MS) Naucno strucni skup sa medunarodnim ucešcem, Banja Luka, 14-15 Novembar 2008, Zbornik radova, Institut zaštite, ekologije i informatike, Banja Luka, 2008, 257- 262.

M. Nešić, A. Stojić, Z. Mijić, S. Rajšić, M. Tasić, Prvi rezultati merenja isparljivih organskih jedinjenja u ambijentalnom vazduhu Beograda korišćenjem uređaja PTR-MS, 5th Symposium Chemistry and Environmental Protection with international participation, Book of Abstracts pp.40-41, 27-30 maj 2008, Tara, Srbija.

Nestorović J, Mišić D, Siler B, Grubišić D, **Nešić M**, Stojić A, Tasić M (2008): Uticaj isparljivih jedinjenja rtañske metvice (*Nepeta rtañensis*) na klijanje semena *Lepidum sativum*: alelopatski potencijal. IX dani lekovitog bilja, Kosmaj, Book of abstracts, 138.