

**Nastavno-naučnom veću Hemijskog fakulteta**

**Univerzitet u Beogradu**

**Dekanu, profesoru dr Ivanu Gržetiću**

Na sednici Nastavno-naučnog veća Hemijskog fakulteta, održanoj 21.11.2013. godine, određeni smo u Komisiju za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije (koja je prema članu 17 Pravilnika o doktorskim studijama i Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije) Renate M. Kovačević, magistra hemijskih nauka, prijavljene pod naslovom:

**"Sadržaj i sastav respirabilnih čestica u urbanoj sredini grada Bora".**

Pošto smo podnetu disertaciju pregledali, podnosimo sledeći

## **IZVEŠTAJ**

### **1. PRIKAZ SADRŽAJA DOKTORSKE DISERTACIJE**

Doktorska disertacija **Renate Kovačević**, pod naslovom **"Sadržaj i sastav respirabilnih čestica u urbanoj sredini grada Bora"**, napisana je na 235 strane i sadrži 64 slika, 11 jednačina, 50 tabela i 255 literaturnih navoda. Teza sadrži sledeća poglavlja: 1. Uvod, 2. Opšti deo, 3. Metodologija rada, 4. Rezultati i diskusija, 5. Zaključak. Navedena je i Literatura. Pored navedenog, disertacija sadrži: Rezime na srpskom i engleskom jeziku, Sadržaj, Listu skraćenica i simbola, Spisak slika, Spisak tabela i Biografiju kandidata.

U Opštem delu dat je kratak opis pirometalurškog procesa proizvodnje bakra u RTB kompleksu u Boru. Dalje, dat je kratak opis suspendovanih čestica, pregled važećih standarda koji propisuju i preporučuju dozvoljene vrednosti određenih zagađivača u vazduhu.

Posebno podpoglavlje u Opštem delu odnosi se na identifikaciju izvora zagađenja upotrebom receptorskih modela, u konkretnom slučaju, pozitivne matriks faktorizacije- PMF modela. Faktorska analiza uključujući i PMF koristi hemijski profil PM čestica na lokacijama receptora. Prednost ovog modela je što ne zahteva detaljne podatke o profilima izvora, a umesto toga zahteva poznavanje literature koje pomaže u identifikaciji izvora. U ovom radu je na osnovu PMF modela izvršena identifikacija faktora i određen udeo izvora u ukupnoj masi PM<sub>10</sub> čestica u urbano-industrijskoj zoni grada Bora tokom 4 posmatrana perioda: negrejna sezona (NS), grejna sezona (GS), perioda kada topionica radi (TR), i kada ne radi (TNR).

Kandidat je detaljno opisao marker vrste koje predstavljaju takozvani "otisak prsta" određenog izvora zagađenja. Pored toga, radi razlikovanja vrsta koje vode litogeno poreklo od onih antropogenog porekla opisana je upotreba takozvanog "faktora obogaćenja." Takođe je dat i pregled elementarnih odnosa koji se između ostalog koriste pri identifikaciji određenih izvora zagađenja ili kao njihova potvrda.

Kandidat je stavio akcenat na štetno delovanje određenih metala na zdravlje ljudi sa posebnim osvrtom na arsen zbog činjenice da je koncentracija arsena u ambijentnom vazduhu Bora visoka, viša u odnosu na mnoga mesta u svetu koja se nalaze u blizini rudnika ili postrojenja za proizvodnju bakra, kao i zbog činjenice da je prema IACR i EPA klasifikaciji arsen svrstan u grupu materija dokazano kancerogenih po ljude..

U delu pod nazivom Metodologija rada kandidat daje detaljan opis postupka uzorkovanja PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub> čestica, izbor mernog mesta, opis postupka za rastvaranje uzoraka izloženih filtera (mikrotalasna digestija), gravimetrijsko određivanje masene koncentracije PM čestica, kao i primenu analitičkih tehnika za utvrđivanje elementarnog (ICP-AES) i jonskog (jonski hromatograf) sastava čestica.

U Zaključku su sumirani rezultati dobijeni u okviru ove doktorske disertacije. Literatura sadrži 255 citata i obuhvata radove koji su relevantni za problematiku istraživanja kandidata.

## **2. KRATAK OPIS POSTIGNUTIH REZULTATA**

Kandidat je dao poseban osvrt na tri grupe dobijenih podataka: masene koncentracije respirabilnih čestica iz spoljašnje sredine i unutrašnjeg prostora, podatke dobijene modeliranjem i karakterizacijom izvora emisije i podatke dobijene proračunom o izloženosti detektovanim vrednostima PM čestica i određenim teškim metalima (As, Cd, Cr, Ni i Pb) koji su u njima sadržani.

Kandidat prvo prikazuje rezultate gravimetrijskog određivanja PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub> čestica, sakupljenih iz spoljašnje sredine, i unutrašnjeg prostora tokom perioda negrejne i grejne sezone. Pored toga, radi utvrđivanja udela topionice bakra na zagađenje vazduha, kandidat je posmatrao razliku u masenom i elementarnom odnosu PM čestica tokom perioda kada topionica nije radila u odnosu na period kada je radila. Prikazan je i elementarni sastav PM čestica, obe frakcije, ukupno je detektovano po 23 hemijska elementa ICP AES tehnikom. Jonskom hromatografijom je analizirano 6 jonskih vrsta.

Utvrđeno je da se javlja statistički značajna razlika za masenu koncentraciju PM<sub>10</sub> na 95% nivou poverenja između negrejne i grejne sezone, a da ovakva razlika ne postoji kada se posmatraju periodi kada je topionica radila i kada nije radila. Veće koncentracije najvećeg broja polutanata su utvrđene tokom perioda kada je topionica radila, a to je posebno izraženo za arsen. Analizirani rezultati većim delom su saglasni onima koji se mogu naći u dostupnoj literaturi. Takođe je utvrđeno da srednje dnevne vrednosti respirabilnih čestica u ambijentalnom vazduhu prelaze granične vrednosti u odnosu na postojeću regulativu.

U posebnom podpoglavlju prikazani su rezultati koji se odnose na aerozagađenje unutrašnje sredine, sezonskih varijacija (negrejna/grejna sezona), kao i varijacija uslovljenih radnim režimom topionice (topionica radi/topionica ne radi). Pored toga dati su rezultati faktora obogaćenja na osnovu kojih se jasno vidi da li određene vrste sadržane u PM česticama vode litogeno ili antropogeno poreklo. Izračunate su i vrednosti elementarnih odnosa što je doprinelo identifikaciji pojedinih izvora zagađenja.

Posebno podpoglavlje kandidat posvećuje uticaju meteoroloških parametara (temperature, vazdušnog pritiska, relativne vlažnosti vazduha, pravca i brzine vetra) na maseni i elementarni sastav PM čestica iz spoljašnje sredine, kao i uticaju ovih parametara na vrednost odnosa koncentracije respirabilnih čestica u unutrašnjem prostoru i spoljašnjoj sredini, U/S (unutra/spolja).

Prikazani su rezultati PMF analize za sadržaj metala i katjona i anjona u PM<sub>10</sub> česticama. Identifikovani su faktori, kao i udeo svakog izvora u ukupnoj masi PM<sub>10</sub>, tokom sve četiri kampanje (NS, GS, TNR, TR). Tokom različitih kampanja uočene su i diskutovane razlike u profilima i procentualnoj zastupljenosti određenih izvora.

Na osnovu modelovanja i karakterizacija izvora emisije može se konstatovati sledeće: u ambijentalnom vazduhu dominiraju markeri za industrijsku prašinu i sagorevanje goriva (uglja) kao izvor zagađenja. Ukupno je tokom sve četiri kampanje identifikovano devet različitih faktora, izvora zagađenja. Topionica kao izvor aerozagađenja učestvuje oko 10% u formiranju PM<sub>10</sub> u zavisnosti od posmatranog perioda, sa izuzetkom perioda kada topionica nije radila.

Na kraju, kandidat prikazuje rezultate procene rizika od pojave astmatičnog napada, koji zahteva hitnu intervenciju, usled izloženosti populacije mlađe od 18 godina detektovanoj koncentraciji PM čestica tokom trajanja kampanje, kao i rezultate procene rizika od nastanka raka pluća kod građana Bora kada bi bili izloženi tokom životnog veka izmerenim

koncentracijama (u proračunu su uzete srednje vrednosti dobijene tokom četiri različita scenarija-NS, GS, TNR, TR) arsena, kadmijuma, hroma, nikla i olova.

Rezultati su pokazali da je povećan rizik od nastanka raka pluća tokom životnog veka usled izloženosti detektovanim vrednostima za As, Cd, Ni i Cr. Ovakvi rezultati ukazuju da je potrebna rigoroznija strategija za kontrolu emisije suspendovanih čestica.

Dalji napori se moraju uložiti za smanjenje čestičnog zagađenja i metala koje one sa sobom nose.

### **3. UPOREDNA ANALIZA REZULTATA KANDIDATA SA PODACIMA IZ LITERATURE**

Utvrđen je visok koeficijent korelacije između srednjih 1h vrednosti čestica frakcija  $PM_{10}$  i  $PM_{2.5}$ , koje su detektovane u unutrašnjem prostoru i spoljašnjoj sredini što je u skladu sa zaključcima do kojih su došli i drugi istraživači koji su ispitivali aerozagađenje i prisustvo PM čestica.

Dobijene vrednosti odnosa  $PM_{2.5}/PM_{10}$  tokom kampanja nalaze se u opsegu od 0.68 do 0.72 i tipične su za industrijske sredine. Podaci za  $PM_{2.5}/PM_{10}$  odnos tokom trajanja kampanje u skladu su sa vrednostima dobijenim sa preko 60 različitih lokaliteta širom Evrope u periodu od 2000-2010. Nezavisno od mesta uzorkovanja odnos  $PM_{2.5}/PM_{10}$  kretao se u opsegu od 0.5 do 0.9.

Sa porastom temperature vazduha dolazi do intenzivnog zagrevanja tla i donjih slojeva vazduha usled čega zagađujuće materije više difunduju i koncentracije PM čestica opadaju. Efekat je izraženiji kod finije frakcije. Do sličnih rezultata koji pokazuju negativnu korelaciju između temperature i koncentracije  $PM_{10}$  čestica došlo se u nekoliko objavljenih studija.

Izračunata vrednost faktora obogaćenja - FO za As od 652.1 istog je reda veličine sa vrednostima FO za As u  $PM_{10}$  i  $PM_{2.5}$  česticama, i spolja i unutra, tokom perioda kada topionica nije radila. I drugi istraživači su izračunali visoke vrednosti FO za As, Ag, Cd, Cr, Se i Zn u urbanoj zoni, na udaljenosti manjoj od 1 km od topionice bakra, što svakako ukazuje na antropogeno poreklo ovih elemenata. Visoke vrednosti FO, preko 200, zabeležene su za Cd, Sb, Mo, Pb, As, S, Zn i Cu, te se njihovo prisustvo u  $PM_{10}$  česticama spolja objašnjava antropogenim uticajem. Vrednosti FO za Cr, Ni, Na i Ca su između 10 i 100, te se oni smatraju "umereno obogaćenim". Na osnovu izračunatih vrednosti ( $FO < 10$ ) prisustvo K, Mg, Sr, Mn, Fe i Ti u  $PM_{10}$  česticama ukazuje da ovi elementi vode poreklo iz

zemljine kore. Ovi elementi su se u PM<sub>10</sub> frakciji našli usled resuspenzije prašine sa puteva. Do istih saznanja došli su autori koji su dobili niske vrednosti FO za ove elemente u PM<sub>10</sub> frakciji, prilikom merenja unutra i spolja u severnoj Kaliforniji.

Upoređujući izračunate vrednosti FO za PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub> frakcije unutra tokom čitavog posmatranog perioda uočava se sličan trend kao i kod ovih frakcija merenih u spoljašnjoj sredini. Najniže vrednosti FO za gotovo sve elemente, za obe frakcije, zabeležene su tokom perioda kada topionica nije radila, a najviše tokom grejne sezone i u periodu kada je topionica radila. Tokom negrejne sezone izmerene vrednosti FO za sve elemente u PM<sub>2.5</sub> frakciji više su unutra u odnosu na spolja. Za većinu elemenata je to slučaj u periodu kada topionica nije radila, što je u skladu sa rezultatima objavljenih studija.

Procesi sagorevanja u toplani i topionici su odgovorni za dobijene povišene vrednosti odnosa Zn/Pb u PM<sub>2.5</sub> frakciji od 5.5 i 4.2 tokom grejne sezone i u periodu kada je topionica radila, respektivno. Vrednosti odnosa Zn/Pb bliske su onima koje su dobijene za totalno suspendovane čestice sakupljene sa četiri različita lokaliteta na Kosovu u studiji objavljenoj 2005. godine. Ako se posmatra samo arsen u PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub>, odnos PM<sub>2.5</sub>/(PM<sub>10</sub>-PM<sub>2.5</sub>) za arsen tokom sva četiri perioda (NG, GS, TR, TNR) je u skladu sa onima koje su dobili autori u nedavno studiji iz 2014. i ukazuju na akumulaciju arsena u PM<sub>2.5</sub> frakciji, pogotovu tokom GS ili TR perioda.

Ukupno je tokom perioda trajanja kampanja identifikovano 9 različitih izvora PM<sub>10</sub> zagađenja. Sledeći faktori daju doprinos zagađenju, u različitom stepenu, tokom sva četiri perioda posmatranja: (1) sagorevanje goriva, 10.2-33.3% , (2) industrijska prašina 26.5-58.3% , (3) prašina sa jalovišta, 3-30.5% (4) skladištenje i priprema sirovina, 0.7-16.1% i (5) sekundarni nitrati, 0.3-7.8%. Ostala četiti faktora imaju udela u PM zagađenju samo tokom određenih kampanja: (6) topionica, 9.3-12.3% (NS, GS, TR) (7) saobraćaj, 7.7% (samo u TNR) (8) kadmijum, 3.3% (samo u TR) i (9) pogon Zlatare, 9.1-9.6% (GS i TNR).

PMF studija sprovedena u gradu Tocopilla u Čileu na tri različite lokacije, gradu sa izraženim aktivnostima vezanim za proizvodnju bakra, pokazala je da sulfati nastali u procesu sagorevanja doprinose ukupnoj masi PM<sub>10</sub> čestica u iznosu od 12-31%, aktivnosti vezane za proizvodnju bakra u iznosu od 6.6-41%, a mešoviti izvor prašine u iznosu od 10-16% . Studija objavljena 2012. koju su sproveli u Santiagu, Čile, na istom mernom mestu tokom kampanja sprovedenih 1999. god. i tokom 2004. god., pokazala je da udeo topionice bakra u ukupnoj masi PM<sub>2.5</sub> čestica iznosi  $11.5 \pm 1.4$  % i  $9.7 \pm 3.3$  % respektivno. U gradu

Daejeon u Koreji utvrđen je doprinos od 6.8% izvora topljenja metala u ukupnoj masi PM<sub>10</sub> , a najveći doprinos potiče od sekundarnih aerosola gde je sednju vrednost od 23% za sve kampanje koje se posmatraju.

#### 4. OBJAVLJENI RADOVI KOJI ČINE DEO DOKTORSKE DISERTACIJE

Prikaz objavljenih radova u stranim i domaćim časopisima i saopštenja na domaćim i međunarodnim konferencijama, učešće u radionicama i projektima, a koji su vezani za temu ove doktorske disertacije su:

##### M21

1. Tasić Viša, Jovašević-Stojanović Milena, Vardoulakis Sotiris, Milošević Novica, **Kovačević Renata**, Petrović Jelena, *Comparative assessment of the real-time particle monitor against the reference gravimetric method for PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in the indoor air*, Atmospheric Environment, Vol. 54, July 2012, pp. 358-364 ISSN 1352-2310 (JCR, impakt faktor 3.110 u 2012 - **M21**, kategorija Environmental Sciences (37/210) и Meteorology&Atmospheric Sciences (17/74))  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.02.030>

##### M22

1. Dj.Nikolić, N.Milošević, I.Mihajlović, Ž.Živković, V.Tasić, **R.Kovačević** and N.Petrović, *Multi-criteria Analysis of Air Pollution with SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> in Urban Area Around the Copper Smelter in Bor, Serbia*, Water Air and Soil Pollution, Vol.206. pp.369-383, 2010, ISSN 0049-6979 (Print) 1573-2932 (Online), DOI:10.1007/s11270-009-0113-x (JCR, impakt faktor 1.765 u 2010 - **M22**, kategorija Environmental Sciences (83/193))  
<http://dx.doi.org/10.1007/s11270-009-0113-x>
2. Serbula Snezana M Miljkovic Dusanka Dj **Kovacevic Renata M Ilic Ana A** , *Assessment of airborne heavy metal pollution using plant parts and topsoil*, Ecotoxicology and environmental safety, Vol. 76 br. 1, pp. 209-214, 2012, JCR, impakt faktor 2.203 u 2012 - **M22**, kategorija Environmental Sciences (79/210)

##### M23

1. Tasić Viša, Milošević Novica, **Kovačević Renata**, Petrović Nevenka, *Analysis of air pollution caused by particle matter emission from the copper smelter complex Bor (Serbia)*, Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly, 16 (3) 219-228 (2010) (**M23**, impakt faktor za 2010 iznosi 0.58, Chemical Engineering)  
<http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=1451-93721000011T#>
2. **Kovačević Renata**, Jovašević-Stojanović Milena, Tasić Viša, Milošević Novica, Petrović Nevenka, Stanković Suzana, Matić-Besarabić Snežana, *Preliminary Analysis of Levels of Arsenic and Other Metallic Elements in PM<sub>10</sub> Sampled Near Copper Smelter Bor (SERBIA)*, Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly, 16 (3) 269-279 (2010) (**M23**, impakt faktor za 2010 iznosi 0.58, Chemical Engineering)  
<http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=1451-93721000049K>
3. Tasić Viša, Milošević Novica, **Kovačević Renata**, Jovašević-Stojanović Milena, Dimitrijević Mile, *Indicative Levels of PM in The Ambient Air in The Surrounding Villages of The Copper Smelter Complex Bor, Serbia*, Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly, 18 (4) 643-652 (2012) (**M23**, impakt faktor za 2011 iznosi 0.61, Chemical Engineering)  
<http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/1451-9372/2012/1451-93721200109T.pdf>
4. **Kovačević Renata**, Tasić Viša, Živković Marija, Živković Nenad, Đorđević Amelija, Manojlović Dragan, Jovašević-Stojanović Milena, *Mass Concentrations and Indoor-Outdoor Relationships of PM in Selected Educational Buildings in Niš, Serbia*, Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly, 21 (1/II) 149-158 (2015) (**M23**, impakt faktor za 2013 iznosi 0.659, Chemical Engineering)  
DOI:10.2298/CICEQ140207013K, <http://www.ache.org.rs/CICEQ/2015/No1/No01-II.html>
5. Nikolic Djordje Milosevic Novica M Zivkovic Zivan D Mihajlovic Ivan N **Kovacevic Renata M** Petrovic Nevenka B, *Multi-criteria analysis of soil pollution by heavy metals in the vicinity of the Copper Smelting Plant in Bor (Serbia)*, Journal of the Serbian chemical society, Vol. 76 No 4, 99 625-641, 2011, JCR, impakt faktor 0.786 u 2010 - **M23**, kategorija Chemistry, Multidisciplinary (91/147)

## M51

1. Tasić, V., **Kovačević, R.**, Milošević, N., *Investigating the Impacts of Winds on SO<sub>2</sub> Concentrations in Bor, Serbia*, J. sustain. dev. energy water environ. syst., 1(2), pp 141-151, 2013, DOI: <http://dx.doi.org/10.13044/j.sdewes.2013.01.0010>
2. Viša Tasić, Tatjana Apostolovski - Trujić, **Renata Kovačević**, Mirjana Šteharik, Suzana Stanković, 2014, *What is Air Quality Plan?*, Chemical Engineering Transactions - Special Issue SDEWES2013, 42, pp.97-102, ISBN 978-88-95608-33-4; ISSN 2283-9216 DOI:10.3303/CET1442017
3. Viša Tasić, Biljana Maluckov, **Renata Kovačević**, Tatjana Apostolovski - Trujić, Mirjana Šteharik, Suzana Stanković, 2014, *Analysis of SO<sub>2</sub> Concentrations in the Urban Areas near Copper Mining and Smelting Complex Bor, Serbia*, Chemical Engineering Transactions - Special Issue SDEWES2013, 42, pp.103-108, ISBN 978-88-95608-33-4; ISSN 2283-9216 DOI: 10.3303/CET1442018
4. Viša Tasić, **Renata Kovačević**, M.Jovašević-Stojanović, Tatjana Apostolovski - Trujić, Mirjana Šteharik, Suzana Stanković, 2015, *Analiza suspendovanih čestica PM<sub>10</sub> u gimnaziji 'Bora Stanković' u Boru*, Bakar, Broj 1, Vol. 40, str. 63-74, 2015., ISSN 0351-0212

## M52

1. V.Tasić, B.Maluckov, T.Apostolovski-Trujić, R.Kovačević, M.Živković, I.Lazović, *Particulate Matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) Concentrations in Naturally Ventilated Offices in Bor, Serbia*, Facta Universitatis, Series: Working and Living Environmental Protection, Vol. xx. No.xx., 2015, pp. xx-xx.

## M33

1. V.Tasić, N.Milošević, **R.Kovacević**, N. Petrović, A Contribution to Analyses of Air Pollution Caused by Particulate Matter in Bor (Serbia), WeBIOPATR project 2. Workshoop, Proceedings of Papers, 31.8.-2.9.2009, Mokra Gora, Serbia, pp.26-31., ISBN: 978-82-425-2130-9 (printed) ISBN: 978-82-425-2131-6 (electronic)



2. V.Tasić, **R.Kovačević**, N.Milošević, *Particulate Matter (PM) Indoor-Outdoor Relationships in Buildings in Bor, Serbia*, CD Proceedings of 6th. International Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 25. - 29.9.2011. Dubrovnik, Croatia, ISBN 978-953-7738-13-6
3. V.Tasić, M.Jovšević-Stojanović, **R.Kovačević**, N.Milošević, *Comparison of the Grimm EDM 180 with Reference Gravimetric Method for PM<sub>10</sub> Measurements in Ambient Air*, Proceedings of 43. International October Conference on Mining and Metallurgy, 13.10.-15.10.2011, Kladovo, Serbia, pp.582-585, ISBN: 987-86-80987-87-3
4. V.Tasić, B.Maluckov, **R.Kovačević**, M.Jovašević-Stojanović, M.Živković, *Field Comparison of Continuous Particulate Matter Monitors for Measurement of Ambient Aerosols*, Proceedings of XX International Scientific and Professional Meeting Ecological Truth, Eco-Ist'12, 30.05.-02.06.2012, Zaječar, Serbia, pp.386-391, ISBN: 978-86-80987-98-9 (printed)
5. V.Tasić, **R.Kovačević**, N.Milošević, *Investigating the Impacts of Winds on SO<sub>2</sub> Concentrations in Bor, Serbia*, CD Proceedings of 7th. International Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 1.7. - 6.7.2012. Ohrid, FYR Macedonia, pp. 0062-1/0062-10, ISSN 1847-7178 (CD)
6. V.Tasić, B.Maluckov, **R.Kovačević**, M.Jovašević-Stojanović, M.Zivković, *Indoor/Outdoor Levels and Chemical Composition of PM<sub>10</sub> at a Residential Environment in Bor, Serbia*, Proceedings of XXI International Scientific and Professional Meeting Ecological Truth, Eco-Ist'13, 04.06.-07.06.2013, Bor Lake, Bor, Serbia, pp.442-447, ISBN: 978-86-6305-007 (printed)
7. V.Tasić, **R.Kovačević**, T.Apostolovski-Trujić, N.Milošević, *Air Quality Plan for the Bor Agglomeration, Serbia*, Digital Proceedings of 8th. International Conference on

Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 22. - 27.9.2013. Dubrovnik, Croatia, pp. 450/1-450/12, ISSN 1847-7178

8. V.Tasić, **R.Kovačević**, T.Apostolovski-Trujić, N.Milošević, *Spatial and Temporal Variations of SO<sub>2</sub> in the Urban Areas near Copper Smelter Complex Bor, Serbia*, Digital Proceedings of 8th. International Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 22. - 27.9.2013. Dubrovnik, Croatia, pp. 1031/1-1031/16, ISSN 1847-7178
9. V.Tasić, **R.Kovačević**, M. Živković, Nenad Živković, Amelija Đorđević, *Assessment of PM Levels and Indoor-Outdoor Relationships of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in the Selected Primary School in Niš, Serbia*, Proceedings from the 4<sup>th</sup> International WeBIOPATR Workshop&Conference Particulate Matter: Research and Management WeBIOPATR2013, 02.10.-04.10.2013, Belgrade, Serbia, pp. 113-116, ISBN: 978-86-83069-40-8
10. V.Tasić, **R.Kovačević**, B. Maluckov, *Preliminary Measurements of PM<sub>10</sub> in Apartments in Bor, Serbia*, Proceedings from the 4<sup>th</sup> International WeBIOPATR Workshop&Conference Particulate Matter: Research and Management WeBIOPATR2013, 02.10.-04.10.2013, Belgrade, Serbia, pp. 117-120, ISBN: 978-86-83069-40-8
11. V.Tasić, **R.Kovačević**, M.Jovašević-Stojanović, M.Živković, I.Lazović, *Real-Time Measurements of Particulate Matter (PM<sub>10</sub>) in the Indoor Environment – Comparison of the Results*, Proceedings of the 46<sup>th</sup> International October Conference on Mining and Metallurgy, 01.10.-04.10.2014, Bor Lake, Bor, Serbia, pp. 557-560. ISBN: (978-86-6305-026-6)

### M34

1. **R.Kovacević**, N. Petrović, N.Milošević, V.Tasić, S.Stanković, *Chemical Composition of PM<sub>10</sub> in Bor WeBIOPATR project 2. Workshoop*, Proceedings of

Papers, 31.8.-2.9.2009, Mokra Gora, Serbia, pp.139, ISBN: 978-82-425-2130-9 (printed) ISBN: 978-82-425-2131-6 (electronic)

2. V.Tasić, **R.Kovačević**, N.Milošević, *Particulate Matter (PM) Indoor-Outdoor Relationships in Buildings in Bor, Serbia*, Book of Abstracts of 6th. International Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, 25. - 29.9.2011. Dubrovnik, Croatia, pp. 288, ISBN 978-953-7738-12-9 (printed)
3. V.Tasić, N.Milošević, **R.Kovacević**, M.Jovšević-Stojanović, *Levels of PM in Ambient Air of Surrounding Villages in the Vicinity of the Copper Smelter Plant in Bor, Serbia*, The 3rd International WeBIOPATR Workshop & Conference Particulate Matter: Research and Management WeBIOPATR2011 Abstracts of Keynote Invited Lectures and Contributed Papers, 15.11.-17.11.2011, Belgrade, Serbia, pp. 28, ISBN: 978-86-83069-36-1
4. V.Tasić, **R.Kovacević**, M.Jovašević-Stojanović, N.Živković, A.Đorđević, N.Milošević, *Preliminary Assessment of Seasonal Variation of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in Niš Urban Area, Serbia*, The 3rd International WeBIOPATR Workshop Particulate Matter: Research and Management WeBIOPATR2011 Abstracts of Keynote Invited Lectures and Contributed Papers, 15.11.-17.11.2011, Belgrade, Serbia, pp. 31, ISBN: 978-86-83069-36-1
5. **R.Kovacević**, V.Tasić, M.Jovašević-Stojanović, N.Milošević, N.Petrović, J.N.Petrović, *Indoor and Outdoor PM Concentrations at a Kindergarten in the Vicinity of Industrial Area of Bor, Serbia*, The 3rd International WeBIOPATR Workshop Particulate Matter: Research and Management WeBIOPATR2011 Abstracts of Keynote Invited Lectures and Contributed Papers, 15.11.-17.11.2011, Belgrade, Serbia, pp. 29, ISBN: 978-86-83069-36-1
6. Milena Jovašević-Stojanović, Viša Tasić, **Renata Kovačević**, Novica Milošević, Nenad Živković, Amelija Đorđević, *A Comparison of Indoor and Outdoor PM<sub>10</sub> And*

*PM<sub>2.5</sub> Concentrations Collected During Seasonal Campaigns in Urban Area of Niš and Bor, Serbia, Days of Preventive Medicine, XLVI International Congress, Book of Abstracts, pp.50, 25-29.9.2012., Niš, Serbia*

7. M.Živković, V.Tasić, M.Jovašević-Sojanović, **R.Kovačević**, *PM Levels in Selected Urban Microenvironments Near the Copper Smelter Complex, Bor, Serbia, Conference of ISEE, ISES and ISIAQ, Basel, Switzerland, 19 – 23 August 2013.*
8. **R.Kovacević**, M.Jovašević-Stojanović, V.Tasić, A.Cvetković, D.Manojlović, *Chemical Characterisation of Resprable Particulate Matter in Ambient Air of the Town of Bor, The 4rd International WeBIOPATR Workshop&Conference Particulate Matter: Research and Management WeBIOPATR2013 Abstracts of Keynote Invited Lectures and Contributed Papers, 02.10.-04.10.2013, Belgrade, Serbia, pp. 44, ISBN: 978-86-83069-39-2*
9. **R.Kovacević**, V.Tasić, T.Apostolovski-Trujić, *TSP Levels and Elemental Content (Pb, Cd, Ni, As) of TSP in Urban-Industrial Area of Bor, Serbia, The 4rd International WeBIOPATR Workshop&Conference Particulate Matter: Research and Management WeBIOPATR2013 Abstracts of Keynote Invited Lectures and Contributed Papers, 02.10.-04.10.2013, Belgrade, Serbia, pp. 60, ISBN: 978-86-83069-39-2*
10. V.Tasić, **R.Kovacević**, M.Jovašević-Stojanović, M.Živković, T.Apostolovski-Trujić, *Monitoring of Particulate Matter in Naturally Ventilated Offices in Bor, Serbia, Workshop: Improving the system of monitoring and assesment of long-term population exposure to environmental pollutants, University of Niš, Faculty of occupational safety, 17.09.-18.09.2014, Niš, Serbia, CD Book of Abstracts, pp. 33*
11. V.Tasić, **R.Kovacević**, T.Apostolovski-Trujić, M. Živković, I.Lazović, *The Assessment of PM Levels in the Town Library in Bor, Serbia, The 5<sup>th</sup> International WeBIOPATR Workshop&Conference Particulate Matter: Research and Management*

WeBIOPATR2015 Abstracts of Keynote Invited Lectures and Contributed Papers, 14.10.-16.10.2015, Belgrade, Serbia, pp. 72, ISBN: 978-86-83069-42-2

12. V.Tasić, B.Maluckov, **R.Kovacević**, T.Apostolovski-Trujić, I.Lazović, M. Živković, *The Influence of Human Activities on PM Levels in the Apartments in Bor, Serbia*, The 5<sup>th</sup> International WeBIOPATR Workshop&Conference Particulate Matter: Research and Management WeBIOPATR2015 Abstracts of Keynote Invited Lectures and Contributed Papers, 14.10.-16.10.2015, Belgrade, Serbia, pp. 70, ISBN: 978-86-83069-42-2
13. **R.Kovacević**, V.Tasić, M.Jovašević-Stojanović, *Assessment of Public Health Risk Associated With Atmospheric Exposure to Particulate Matter in the Vicinity of RTB BOR Copper Smelter Complex*, The 5<sup>th</sup> International WeBIOPATR Workshop&Conference Particulate Matter: Research and Management WeBIOPATR2015 Abstracts of Keynote Invited Lectures and Contributed Papers, 14.10.-16.10.2015, Belgrade, Serbia, pp. 29, ISBN: 978-86-83069-42-2
14. V.Tasić, **R. Kovačević**, M. Živković, N. Živković, A. Đorđević, M. Jovašević – Stojanović, *PM Levels And I/O Ratios of PM in the School Located in the Niš City Center, Serbia*, COST Action TD1105 EuNetAir, *Air Quality Monitoring and Calibration: Horizons in Sensing Technologies, Methods and Modelling*, 2<sup>nd</sup> EuNetAir Air Quality Joint-Exercise Intercomparison, Belgrade (Serbia), 13-14 October 2015, Booklet of Abstracts (pdf)  
[http://www.eunetair.it/cost/meetings/docBelgrade/BOOKLET\\_Belgrade\\_EuNetAir-Meeting.pdf](http://www.eunetair.it/cost/meetings/docBelgrade/BOOKLET_Belgrade_EuNetAir-Meeting.pdf)

## M63

1. V.Tasić, D. Milivojević, N.Milošević, **R. Kovačević**, N.Petrović, *The Characterisation of Respirable Particles in Bor*, Scientific-Professional Conference with International Participation: Modern Technologies for Cities' Sustainable Development, Collection of papers, pp. 291-300. Banja Luka, 14-15. November 2008. ISBN 978-99938-846-1-3

## **M86**

1. Radionica "Školske i predškolske ustanove u Srbiji juče, danas i sutra: Kvalitet vazduh, energetska efikasnost i zdravstveni efekti kod dece", 20.10.2011, Institut Vinča, Beograd, V. Tasić, **R.Kovačević**, M.Jovašević Stojanović, A.Cvetković, N.Milošević, S. Matić-Besarabić - Zagađenje respirabilnim česticama u spoljašnjem sredini i unutrašnjem prostoru na primeru obdaništa u Boru.

## **M87 - Učešće na projektima MNTR**

1. Evidencioni broj projekta – TR 42008

Unapređenje energetske karakteristika i kvaliteta unutrašnjeg prostora u zgradama obrazovnih ustanova u Srbiji sa uticajem na zdravlje - rukovodilac: *dr Žarko Stevanović*, vreme trajanja: 2011 – 2016. god.

2. Evidencioni broj projekta – TR 42008 37001

Uticaj rudarskih otpada iz RTB-a Bor na zagađenje vodotokova sa predlogom mera i postupaka za smanjenje štetnog dejstva na životnu sredinu - rukovodilac: *dr Mile Bugarin, dipl. ing. geol.*, vreme trajanja: 2011 – 2016. god.

3. Evidencioni broj projekta – 600-00-00557/2013-09/07

Comparison of air pollution levels and exposure assessment in selected public buildings and spaces in China and Serbia – bilateralni projekat između Srbije i NR Kine – vreme trajanja 2013-2015

4. Evidencioni broj projekta – CCI 2007CB16IPO006-2009-1-24

## **5. ZAKLJUČAK**

Aerozagađenje u ambijentu spoljašnje sredine je 2013. klasifikovano u Grupu 1 kancerogenih materija. Respirabilne čestice su evaluirane posebno i takođe svrstane u Grupu 1 kancerogenih materija, odnosno materija dokazano kancerogenih za ljude. Aerozagađenje, kao i respirabilne čestice predstavljaju smešu materija koja usled raznih antropogenih i

prirodnih uticaja varira i u prostoru i tokom vremena. Uzimajući u obzir lokalne uticaje, nivo i sadržaj respirabilnih čestica u urbanim sredinama, a opšte posmatrajući antropogene uticaje, zavise od saobraćaja i načina grejanja. Posebna pažnja se posvećuje aerozagađenju urbanih sredina koje se nalaze u neposrednoj blizini industrijskih zona. Urbane sredine koje se nalaze u blizini topionica obojenih metala, karakteriše geohemijsko obeležje metala i metaloida emitovanih iz topionica obojenih metala i drugih izvora vezanih za preradu rude. Ova disertacija predstavlja doprinos izučavanju nivoa, sadržaja i izvora respirabilnih čestica u urbano-industrijskoj oblasti grada Bora.

Ovaj rad predstavlja sveobuhvatni pristup problematici zagađenja životne sredine respirabilnim česticama u urbanoj sredini Bora. Uzorkovanje  $PM_{10}$  i  $PM_{2.5}$  čestica je sprovedeno prema važećim standardima, urađene su hemijske analize, procene izloženost stanovništva kancerogenim metalima iz ambijentnog vazduha u blizini industrijskog kompleksa za proizvodnju bakra u Boru. Primenjena metodologija i dobijeni rezultati mogu da posluže kao dobar putokaz za dalja istraživanja. Istovremeno, ovi rezultati mogu biti od koristi za preduzimanje mera u cilju smanjenja uticaja aerozagađenja na zdravlje građana Bora.

Na osnovu rezultata ove disertacije identifikovani su i kvantifikovani izvori navedenih zagađujućih materija u spoljašnjoj sredini i unutrašnjem prostoru i urađena je procena rizika po zdravlje stanovništva u ispitivanom području. Dobijeni rezultati i izvedeni zaključci predstavljaju naučni doprinos aktuelnoj problematici kvaliteta vazduha u industrijsko-urbanim sredinama. Ova teza daje model za sprovođenje efikasnijeg monitoringa kvaliteta vazduha u urbanim sredinama u blizini rudarsko-topioničarskih kompleksa obojenih metala, a posebno pri preduzimanju adekvatnih preventivnih i korektivnih mera sa ciljem zaštite zdravlja građana.

Komisija je na osnovu detaljnog pregleda doktorske disertacije Renate Kovačević pod naslovom "**Sadržaj i sastav respirabilnih čestica u urbanoj sredini grada Bora**", zaključila da je kandidat sistematičnim i detaljnim proučavanjem uspešno obavila postavljene zadatke i ciljeve, da urađena disertacija ima naučne kvalitete i daje nova saznanja u oblasti zaštite vazduha urbane sredine od zagađivanja te predlažemo Nastavno-naučnom veću da prihvati ovaj Izveštaj i odobri mr Renata Kovačević usmenu odbranu predmetne doktorske disertacije. Iz ove doktorske disertacije proisteklo je osam radova iz kategorije M20, i to jedan M21, dva M22 i pet M23 rada. Pored toga, ukupno pet radova iz kategorije M50, četiri

M51 i jedan M52, jedanaest iz kategorije M33 i četrnaest iz kategorije M34, po jedan iz kategorije M63 i M86.

Na osnovu svega izloženog, Komisija smatra da su ispunjeni svi uslovi da se ovaj rad Renate Kovačević pod naslovom: "**Sadržaj i sastav respirabilnih čestica u urbanoj sredini grada Bora**", prihvati kao doktorska teza, čime se stižu uslovi za sticanje akademskog stepena i zvanja doktora hemijskih nauka. Na osnovu toga, predlažemo Nastavno-naučnom veću Hemijskog fakulteta da se kandidatu Renati Kovačević odobri odbrana doktorske teze pod navedenim naslovom.

U Beogradu, 13.06.2016. godine

Komisija:

dr Dragan Manojlović, redovni profesor (mentor)

Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu

dr Milena Jovašević-Stojanović, (mentor)

Institut- za nuklearne nauke Vinča, naučni savetnik

Univerzitet u Beogradu

dr Goran Roglić, vanredni profesor

Hemijski fakultet, Univerzitet u Beogradu