KONCENTRACIJA ČADI KAO FAKTOR PROMENE KVALITETA VAZDUHA

AUTORI

Ilić Danijela¹, Jović Jelena¹, Mirković Momčilo¹, Milošević Jovana¹, Đurić Slađana¹, Bukumirić Zoran² i Ćorac Aleksandar¹

¹ Katedra za preventivnu medicinu, Medicinski fakultet Priština - Kosovska Mitrovica, Srbija

² Institut za statistiku i informatiku, Medicinski fakultet Beograd, Srbija

KORESPONDENT

Danijela Ilić

Medicinski fakultet Priština,
Kosovska Mitrovica, Srbija
danijeladeni1@gmail.com

SAŽETAK

Uvod: Čađ najčešće nastaje kao posledica nepotpunog sagorevanja goriva koja sadrže ugljenik (fosilnih goriva - drvo, ugalj).

Cilj rada je da se utvrdi u kojoj meri kretanje koncentracija čađi u vazduhu utiče na kvalitet vazduha na ispitivanom području.

Metod rada: U periodu od 2007. do 2011. godine praćena je emisija čađi na dva merna mesta u Kosovskoj Mitrovici i Zvečanu. Koncentracija čađi određena je reflektometrijskom metodom. Statističke hipoteze su testirane na nivou statističke značajnosti od 0,05. **Rezultati:** Sveukupno za oba merna mesta došlo je do statistički značajne promene vrednosti koncentracije čađi u vazduhu ($F=6,779$; $p=0,009$). Došlo je do značajnog porasta koncentracije čađi u vazduhu tokom ispitivanih godina, sa najvećim vrednostima u 2010. i 2011. godini. Prosečna vrednost koncentracije čađi za period od 2007. do 2009. godine iznosila je $17,7 \pm 21,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dok je u periodu od 2010. do 2011. godine iznosila $36,7 \pm 45,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ što predstavlja statistički značajnu razliku ($U=910082,5$; $p<0,001$). Kretanje prosečne koncentracije čađi u grejnoj sezoni bilo je $32,8 \pm 44,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dok je van grejne sezone $16,8 \pm 15,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ što je statistički značajna razlika ($U=1030936$; $p<0,001$). Distribucija prosečne koncentracije čađi u vazduhu po mesecima, pokazala je, najviše vrednosti u mesecu januaru na oba merna mesta, u Kosovskoj Mitrovici $86,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a u Zvečanu $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ukupan broj dana čađi preko granične vrednosti (GV), u ispitivanom periodu u Kosovskoj Mitrovici iznosio je 256 dana, a u Zvečanu 90 dana.

Zaključak: U skladu sa ciljem postavljenim u ovom istraživanju i rezultatima koje smo dobili, utvrdili smo da postoje značajne razlike u kretanju koncentracija čađi i njegovom uticaju na kvalitet vazduha.

Ključne reči: čađ, kvalitet vazduha

ENGLISH

THE CONCENTRATION OF SOOT AS A FACTOR OF CHANGE IN THE AIR QUALITY

Ilić Danijela¹, Jović Jelena¹, Mirković Momčilo¹, Milošević Jovana¹, Đurić Slađana¹, Bukumirić Zoran² i Ćorac Aleksandar¹

¹ Department of Preventive Medicine - Faculty of Medicine Pristina - Kosovska, Serbia

² Institute for Medical Statistics and Informatics - Faculty of Medicine Belgrade, Serbia

SUMMARY

Introduction: Soot usually occurs as a result of incomplete combustion of fuels containing carbon (fossil fuels - wood, coal). Air pollution is one of the most serious environmental threats to the urban population, which has harmful effects on human health, regardless of age.

Objective to determine the extent to which the development of concentrations of soot in the air affects the air quality in the area tested.

Methods: In the period from 2007. to 2011. the soot immission was followed at two sites: in Kosovska Mitrovica and Zvečan. The concentration of soot is determined by the reflectometric method. The statistical hypotheses were tested on statistical significance level of 0.05.

Results: Overall, for both measuring points, there was a statistically significant change in value of the concentration of soot in the air ($F = 6.779$; $p = 0.009$). There was a significant increase in the concentration of soot in the air during the investigated years, with the highest values in 2010. and 2011. The average value of soot concentration for the period from

2007 to 2009 was $17.7 \pm 21.3 \text{ mg} / \text{m}^3$ while in the period from 2010. to 2011. it was $36.7 \pm 45.2 \text{ } \mu\text{g} / \text{m}^3$, which represents a statistically significant difference ($U = 910082.5$; $p < 0.001$). The amount of average concentrations of soot in the heating season was $32.8 \pm 44.2 \text{ } \mu\text{g} / \text{m}^3$ while out of the heating season it was $16.8 \pm 15.6 \text{ } \mu\text{g} / \text{m}^3$ which is a statistically significant difference ($U = 1030936$; $p < 0.001$). The distribution of average concentrations of soot in the air represented by month showed the highest value in January at both measuring locations, in Kosovska Mitrovica $86.8 \text{ } \mu\text{g} / \text{m}^3$, and in Zvečan $34 \text{ } \mu\text{g} / \text{m}^3$. The total number of soot over the limit value in the period surveyed was in Kosovska Mitrovica 256 days, and in Zvečan 90 days.

Conclusion: In accordance with the objectives set out in this study and the results that we got, we found that there are significant differences in the movement of soot concentration and its impact on air quality.

Key words: soot, air quality.

UVOD

Rast potražnje za energijom, usled urbanizacije, industrijskog razvoja i povećanja energetske potrebe domaćinstava, doveo je i do porasta emisije zagađujućih materija u vazduhu [1, 2]. Zagađenje vazduha predstavlja jednu od najozbiljnijih ekoloških pretnji urbanoj populaciji, koja ima štetne posledice po zdravlje ljudi, bez obzira na uzrast. Izloženost zagađenom vazduhu povezana je sa širokim spektrom negativnih zdravstvenih ishoda, uključujući respiratorne i kardiovaskularne bolesti, pogoršanje astme, smanjenje funkcije pluća i pre vremena smrti [3].

Prema Svetskoj zdravstvenoj organizaciji (SZO), zagađenje vazduha u životnoj sredini odgovorno je za preko tri miliona preranih smrti svake godine [4]. Od toga, 2 miliona preranih smrti je rezultat izlaganja u zatvorenom prostoru (od čega skoro polovina smrtnih slučajeva nastaje zbog upale pluća kod dece ispod 5 godina starosti), a 1.15 miliona nastaje kao rezultat izlaganja u spoljašnjoj sredini [4].

Zakonom o zaštiti vazduha ("Sl. glasnik RS", br. 11/2010.) čađ je definisana kao: "Masena koncentracija suspendovanih čestica ekvivalentna smanjenju refleksije filter papira usled sakupljanja crnih čestica i meri se samo u aglomeracijama gde prevladavaju crne čestice" [5]. Primarno se sastoji od čistog ugljenika oko kog se sakupljaju mnoge hemijske supstance, kao što su sulfati, nitrati, neki metali i policiklični aromatični ugljovodonici [od kojih je većina kancerogena] [6]. Prema Međunarodnoj agenciji za istraživanje tumora (International Agency for Research on Cancer - IARC) čađ spada u 2b grupu kao moguće kancerogena za čoveka [7].

Čađ najčešće nastaje kao posledica nepotpunog sagorevanja goriva koja sadrže ugljenik (fosilnih goriva - drvo, ugalj) [1, 8, 9, 10,]. Sve procese sagorevanja tih goriva prati i pojava dima koji zavisno od efikasnosti sagorevanja može sadržati manje ili više čvrstih čestica. Čađ čine veoma fine, male čestice čija se veličina kreće oko $5 \mu\text{m}$ i koje u obliku aerosola ostaju u vazduhu. U zavisnosti od veličine, oblika i gustine čestica, zadržava se u vazduhu od 1 do 3 nedelje i može da se transportuje na velike udaljenosti [11].

Čestice čađi mogu da se deponuju u alveolama i traheobronhijalnom putu i tako izazovu zapaljenje i oksidativni stres u plućima i endotelijumu krvnih sudova [12]. Bez obzira na to odakle potiče, čađ ima značajnu ulogu u nastanku tumora pluća, kardiovaskularnog morbiditeta i mortaliteta, kao i moguće negativno dejstvo na nervni sistem [13].

Kratkotrajne (dnevne) varijacije čađi povezane su sa kratkotrajnim promenama zdravstvenog ishoda kod osoba obolelih od kardiovaskularnih i respiratornih bolesti, a dugotrajno izlaganje je povezano sa kardiorpulmonalnim mortalitetom [14].

Kako je, na području istraživanja, glavni zagađivač, u dugom nizu godina, bila industrija proizvodnje olova i cinka i istraživanja su bila uglavnom usmerena na ispitivanje posledica prisustva teških metala na zdravlje stanovništva [15]. I pored toga što se u blizini područja istraživanja nalazi veliki i značajan izvor čađi (termoelektrana Obilić) kao i to, što je glavni način grejanja u domaćinstvima bila upotreba fosilnih goriva, istraživanje efekata čađi na zdravlje nije sprovedeno.

CILJ RADA

Cilj rada je da se utvrdi u kojoj meri kretanje koncentracija čađi u vazduhu utiče na kvalitet vazduha na ispitivanom području.

Kako bi smo ostvarili navedeni cilj definisali smo zadatke istraživanja:

- Utvrditi nivoe prisustva čađi u vazduhu u ispitivanom periodu.
- Analizirati strukturu i dinamiku promena nivoa čađi.

Utvrditi međusobnu povezanost prisustva čađi u vazduhu sa kvalitetom vazduha.

MATERIJAL I METODE

U periodu od 01.01.2007. godine do 31.12.2011. godine praćena je emisija čađi na dva merna mesta: Zavod za javno zdravlje - Kosovska Mitrovica i Osnovna škola "Vuk Karadžić" - Zvečan. Merenje je sprovedeno kontinuirano, sa očitavanjem rezultata svakoga dana u toku istraživanja. Dobijeni rezultati su sistematizovani i iskorišćeni za analizu kretanja koncentracije čađi u odnosu na merno mesto i vreme.

Rezultati koncentracije čađi u ispitivanom vazduhu dobijeni su analizom uzoraka vazduha koji su prikupljeni na mernim mestima savremenim aparatima marke Proekos (model AT 801 x 2). Uzorkovanje čađi vršeno je propuštanjem vazduha preko belog filter-papira (Whatman br.1) u toku 24 časa brzinom $0,5 \text{ l} / \text{min}$, dok je analiza vršena reflektometrijskom metodom.

Za analizu podataka korišćene su deskriptivne statističke metode i metode za testiranje statističkih hipoteza. Od deskriptivnih statističkih metoda korišćene su mere centralne tendencije (aritmetička sredina, medijana) i mere varijabiliteta (standardna devijacija, opseg). Od metoda za testiranje statističkih hipoteza korišćeni su: Anova, Mann-Whitney test i Hi-kvadrat test. Za analizu podataka ponovljenih merenja primenjena je Anova ponovljenih merenja. Za multiple komparacije podataka ponovljenih merenja primenjena je procedura po Bonferroniju. Statističke hipoteze

su testirane na nivou statističke značajnosti (alfa nivo) od 0,05.

REZULTATI

Prosečne godišnje koncentracije čađi u vazduhu izmerene na mernim mestima Kosovska Mitrovica i Zvečan u periodu od 2007. do 2011. godine prikazane su u tabelama br. 1. i 2. Iz tabele 1. se može uočiti da je najviša prosečna koncentracija čađi u Kosovskoj Mitrovici bila 2011. godine ($58,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a najmanja 2009. godine ($18,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Na mernom mestu Zvečan (tabela 2.) najviša prosečna godišnja koncentracija čađi u ispitivanom periodu, bila je takođe 2011. godine i iznosila je $33,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a najniža 2007. godine ($10,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabela 1. Prosečne godišnje koncentracije čađi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) u vazduhu na mernom mestu Kosovska Mitrovica

Godina	$\bar{x}$	sd	med	min	max
2007	22.3	13.8	16.4	9.6	49.7
2008	22.5	15.3	19.7	9.9	64.4
2009	18.7	12.9	13.8	7.5	52.2
2010	30.1	32.7	19.5	13.1	131.8
2011	58.5	66.5	41.9	7.8	261.2

Tabela 2. Prosečne godišnje koncentracije čađi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) u vazduhu na mernom mestu Zvečan

Godina	$\bar{x}$	sd	med	min	max
2007	10.8	8.3	8.4	3.9	34.9
2008	15.9	9.5	13.5	8.5	42.2
2009	13.0	9.5	7.9	4.8	31.1
2010	14.8	9.3	11.6	6.6	35.0
2011	33.3	17.3	38.6	3.3	5.4

Sveukupno za oba merna mesta došlo je do statistički značajne promene vrednosti koncentracije čađi u vazduhu ($F=6,779$; $p=0,009$). Došlo je do značajnog porasta koncentracije čađi u vazduhu tokom ispitivanih godina, sa najvećim vrednostima u 2010. i 2011. godini. Ove promene vrednosti se mogu videti na grafikonu 1.

Grafikon 1. Prosečna godišnja koncentracija čađi po mernim mestima i godinama

Prosečna vrednost koncentracije čađi za period od 2007. do 2009. godine (bez obzira na merno mesto) iznosila je $17,7 \pm 21,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dok je u periodu od 2010. do 2011. godine iznosila $36,7 \pm 45,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (grafikon 2.), što predstavlja statistički značajnu razliku ($U=910082,5$; $p<0,001$).

Grafikon 2. Prosečne vrednosti koncentracije čađi u vazduhu tokom ispitivanog perioda

Ispitali smo distribuciju prosečnih vrednosti koncentracije čađi u vazduhu po mesecima u obuhvaćenim godinama (grafikon 3.). U Kosovskoj Mitrovici najviša prosečna koncentracija čađi bila je u januaru ($86,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i decembru ($51,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a najniža tokom letnjih meseci. Slična je koncentracija bila i na mernom mestu Zvečan, najviša u januaru $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i decembru $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a najniža tokom letnjih meseci (septembar $8,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i jul $12,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Grafikon 3. Polarni dijagram koncentracije čađi u vazduhu prema mesecima tokom ispitivanog perioda

Kretanje prosečne koncentracije čađi u vazduhu u odnosu na grejnu sezonu (period od oktobra do aprila), pokazalo nam je, da je prosečna koncentracija čađi u grejnoj sezoni iznosila je $32,8 \pm 44,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dok je van grejne sezone iznosila $16,8 \pm 15,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ što je statistički značajna razlika ($U=1030936$; $p<0,001$). Ove promene se mogu videti na grafikonu 4.

Grafikon 4. Prosečne vrednosti koncentracije čađi za oba merna mesta u odnosu na grejnu sezonu

Distribucija broja dana sa koncentracijom čađi u vazduhu preko graničnih vrednosti (GV) u zavisnosti od godine ispitivanja za Kosovsku Mitrovicu data je na grafikonu 5. a za Zvečan na grafikonu 6. Utvrđeno je postojanje statistički značajne razlike u učestalosti broja dana preko graničnih vrednosti, u Kosovskoj Mitrovici u odnosu na godinu istraživanja (hi-kvadrat=158,96; $p < 0,001$). Najveći broj dana preko GV bio je 2011. Godine, i iznosio je 123 (35,8%) dana. U Zvečanu, takođe, postoji statistički značajna razlika u učestalosti broja dana preko GV u odnosu na godinu istraživanja (hi-kvadrat=59,37; $p < 0,001$). Najveća učestalost broja dana preko GV je bila u 2011. godini i iznosila je 46 (13,6%) dana.

Grafikon 5. Broj dana preko GV (granične vrednosti) na mernom mestu Kosovska Mitrovica, po godinama ispitivanja

Grafikon 6. Broj dana preko GV (granične vrednosti) na mernom mestu Zvečan po godinama ispitivanja

DISKUSIJA

Čađ kao zagađujuća materija najčešće nastaje sagorevanjem organskih materija (drvo, ugalj) u ložištima domaćinstava. Dozvoljena granična vrednost čađi u vazduhu, prema Pravilniku o graničnim vrednostima, metodama merenja imisije, kriterijumima za uspostavljanje mernih mesta i evidenciji podataka ("Sl. glasnik RS", br. 54/92, 30/99 i 19/ 2006), izražena kao prosečna godišnja vrednost je $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [15].

Vrednosti koje smo dobili u našim rezultatima pokazuju, da je u 2011. godini u Kosovskoj Mitrovici prosečna godišnja koncentracija čađi bila viša od dozvoljene granične vrednosti ($58,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). U Zvečanu nijedne godine u toku ispitivanog perioda nije bilo prekoračenja dozvoljene granične vrednosti čađi u vazduhu, ali je isto tako najviša prosečna vrednost čađi bila u 2011. godini ($33,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Analiza kretanja prosečne godišnje koncentracije čađi u vremenu 2007-2011. godina, pokazala je da se koncentracija čađi tokom godina povećavala i da je 2011. dostigla najviše vrednosti, kako u Kosovskoj Mitrovici tako i u Zvečanu.

Sveukupno, na oba merna mesta prosečna godišnja koncentracija čađi se povećala u periodu od 2010-2011. godine u odnosu na period 2007-2009. kada je koncentracija čađi bila znatno niža. Pretpostavljamo da povećanje koncentracije čađi od 2010. godine možemo povezati sa promenom načina grejanja (veća upotreba drva i uglja za zagrevanje domaćinstava,

čijim sagorevanjem nastaje čađ kao nusproizvod) [1, 2].

U našem istraživanju utvrdili smo da su u obe ispitivane oblasti, najviše prosečne mesečne koncentracije čađi u vazduhu, bile u decembru i januaru, a najniže u letnjim mesecima (jun, jul, avgust). Takođe, utvrdili smo, da su prosečne koncentracije čađi bile povišene u grejnoj sezoni, u odnosu na vangrejnju sezonu. Povišene koncentracije čađi u zimskim mesecima u odnosu na letnje, mogu se videti i u radovima drugih autora [9,16,17,18]. Istraživanje u Vojvodini za period 2001-2008. godine, pokazalo je povišene prosečne koncentracije čađi u zimskim mesecima (decembar, januar, februar), zbog povećane upotrebe fosilnih goriva [19]. Studija u Zagrebu je takođe, pokazala da prisustvo čađi u vazduhu ima sezonski ritam sa visokim vrednostima u zimskim, a niskim vrednostima u letnjim mesecima [20]. Na povećanje koncentracije čađi u hladnom periodu godine utiče povećana upotreba fosilnih goriva za zagrevanje domaćinstava (individualna ložišta), kao i izvesne meteorološke promene, (češća pojava prizemnih temperaturnih inverzija), koja prolongira zadržavanje zagađujućih materija u vazduhu [21].

Tokom ispitivanog perioda u Kosovskoj Mitrovici i Zvečanu, svake godine je zabeleženo prekoračenje granične vrednosti od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za čađ [15]. Prema Evropskoj uniji (EU 2008) granična vrednost za čađ ne sme biti premašena više od 25 puta godišnje [18,22]. Naši rezultati su pokazali da je tokom godina došlo do postepenog porasta broja dana preko granične vrednosti, sa najvećim prekoračenjem u 2011. godini. U Kosovskoj Mitrovici je zabeleženo prekoračenje od 123 puta, a u Zvečanu iste godine 46 puta, što je značajno više od preporuka Evropske unije. To nam ukazuje da je u navedenim periodima čađ bila značajan faktor pogoršanja kvaliteta vazduha. Na osnovu rezultata koje smo dobili, a prema Zakonu o zaštiti vazduha ("Sl. Glasnik RS", br. 36/2009) kvalitet vazduha u Kosovskoj Mitrovici i Zvečanu možemo da svrstamo u drugu kategoriju kvaliteta vazduha, koja podrazumeva umereno zagađen vazduh gde su prekoračene granične vrednosti nivoa za jednu ili više zagađujućih materija [5].

ZAKLJUČAK

U skladu sa ciljem postavljenim u ovom istraživanju i rezultatima koje smo dobili, utvrdili smo da postoje značajne razlike u kretanju koncentracija čađi. Uočili smo da postoje sezonske varijacije prisustva čađi u vazduhu, i da su najveći nivoi zagađenja prisutni u zimskim mesecima, kada su prekoračenja iznad granične vrednosti bila i najčešća. Tokom hladnijeg perioda godine, učešće dodatnih izvora emisije (individualna ložišta) kao i odgovarajuće meteorološke prilike (temperaturna inverzija) pogoduju dužem zadržavanju čađi u vazduhu. Za razliku od zimskog perioda u letnjim mesecima nivo čađi u vazduhu nije presudno uticao na kvalitet vazduha u ispitivanom području.

U cilju smanjenja koncentracije čađi u vazduhu potrebno je doneti plan gasifikacije i toplifikacije opština čime bi se smanjio broj individualnih ložišta i obezbedilo korišćenje energenata koji manje zagađuju životnu sredinu i pri čijoj upotrebi se emituje najmanja količina čađi.

- Istraživanje je realizovano u okviru projekta TP37016 kod Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije

LITERATURA

1. Talukdar S, Jana S, Maitra A. Variation of black carbon concentration associated with rain events at a tropical urban location. *Curr Sci.* 2014;107(1):72-8
2. Sreekanth V, Niranjana, K. and Madhavan, B. L. Radiative forcing of black carbon over eastern India. *Geophysical Research Letters* 2007; 34 (17), L17818
3. Gorai AK. A GIS Based Approach for assessing the association between air pollution and asthma in New York State, USA. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2014; 11, 4845-4869
4. World Health Organization. Global health risks. Mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Geneva. World Health Organization. 2009.
5. Službeni glasnik Republike Srbije. Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha. Službeni glasnik Republike Srbije br. 11/2010, 75/2010 i 63/2013.
6. Jorga J. Higijena sa medicinskom ekologijom. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Medicinski fakultet; 2014.
7. World Health Organization. IARC: Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Geneva; 2015. Available from: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification>
8. Salako GO, Hopke PK, Cohen DD, Begum BA, Biswas SK, Pandit GG et al. Exploring the variation between EC and BC in a variety of locations. *Aerosol Air Qual Res.* 2012;12:1-7
9. Reddy et al. *Aerosol and Air Quality Research.* 2012; 12: 344-358
10. Latha KM, Badarinath KVS. Environmental pollution due to black carbon aerosols and its impacts in a tropical urban city. *J Quant Spectrosc Radiat Transf.* 2005;92(3):311-9
11. Babu SS. Aerosol black carbon over a tropical coastal station in India. *Geophys Res Lett.* 2002;29(23):2098
12. Kocijančić IR. Higijena. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva; 2002.
13. Grahame TJ, Klemm R, Schlesinger RB. Public health and components of particulate matter: The changing assessment of black carbon. *J Air Waste Manage Assoc.* 2014;64:620-60
14. World Health Organization. Health effects of black carbon. The WHO European Centre for Environment and Health, Bonn, WHO Regional Office for Europe, 2012.
15. Ćorac A, Parlić M, Dragicevic I, Ilić D, Barać N i Milovanović A. Fizičko funkcionisanje i ograničenja usled fizičkih problema kod različitih nivoa zagađenja životne sredine. *Svet Rada.* 2012; 5 (9), 668-677
16. Pravilnik o graničnim vrednostima, metodama merenja imisije, kriterijumima za uspostavljanje mernih mesta i evidenciji podataka. Službeni glasnik Republike Srbije br. 54/92, 30/99 i 19/2006. Beograd
17. Saha A, Despiou S. Seasonal and diurnal variations of black carbon aerosols over a Mediterranean coastal zone. *Atmos Res.* 2009;92(1):27-41
18. Cao JJ, Zhu CS, Chow JC, Watson JG, Han YM, Wang G hui, et al. Black carbon relationships with emissions and meteorology in Xi'an, China. *Atmos Res.* 2009;94(2):194-202
19. Vujić BB, Milovanović DB, Ubavin DM. Analiza koncentracionih nivoa čestičnih materija. *Hem ind.* 2010;64(5):453-8
20. Malinović-Milićević S. Monitoring nejonizujućeg zračenja, zagađujućih materija, toplotnih indeksa u regionu Vojvodine (doktorska disertacija). Novi Sad: Prirodno matematički fakultet, Geografija; 2012.
21. Vadić V. Mjerenje crnog dima u Zagrebu. *Sigurnost.* 2006;48(3):243-256
22. Shmool JL, Michanowicz DR, Cambal L, Tunno B, Howell J, Gillooly S, et al. Saturation sampling for spatial variation in multiple air pollutants across an inversion-prone metropolitan area of complex terrain. *Environ Health.* 2014;16;13(1):28
23. European Parliament and of the Council. Directive 2008/50/ec of the European parliament and of the council. Official Journal of the European Union 2008; L152:1-44