



**Projekat Gradske uprave za zdravstvo, broj XII-51-64-16/2018
Grad Novi Sad**

**"Prepoznavanje faktora rizika iz životne sredine
značajnih za prevenciju hronične opstruktivne
bolesti pluća među stanovništvom
Grada Novog Sada"**

PRILOG

Nosioc Projekta: **Institut za javno zdravlje Vojvodine**

Ovlašćena osoba za podnošenje Izveštaja: **Prof. dr Vladimir Petrović**

Odgovorna osoba za realizaciju Projekta: **Prof. dr Sanja Bijelović**

Izvršioци Projektnih zadataka: prof. dr Sanja Bijelović
asist. dr Nataša Dragić
asist. dr sci. med. Ivana Radić
dipl. inž. Danijela Grujić

Institut za javno zdravlje Vojvodine
Janura 2019

UVOD

Prema izveštaju Svetske zdravstvene organizacije (SZO) o globalnom opterećenju bolešću utvrđeno je da zagađenje vazduha životne sredine, kao peti po redu faktor rizika od analiziranih 79, doprinosi 6% izgubljenih godina života stanovništva (1). Iako se čini da je procenjen zdravstveni rizik od zagađenja vazduha životne sredine relativno nizak, na regionalnom ili nacionalnom nivou opseg od samo nekoliko procenata obuhvata prilično značajan broj ljudi koji su pod uticajem zagađenog vazduha.

Prema podacima SZO zagađenje vazduha životne sredine je doprinosni činilac za oko 4,2 miliona smrti širom sveta (2). HOBP se nalaze na trećem mestu svih uzroka smrti usled zagađenje vazduha životne sredine (3). U pogledu oboljevanja od HOBP, rezultati epidemioloških studija ukazuju na značaj akutnih efekata aerozagađenja, odnosno na egzacerbaciju HOBP kod već obolelog stanovništva u uslovima narušenog kvaliteta vazduha (4). Utvrđeno je da porast koncentracija suspendovanih čestica, sumpor dioksida, prizemnog ozona i azot dioksida povezan sa porastom respiratornih simptoma, bolničkih prijema i prijema u hitnu pomoć zbog egzacerbacije, kao i porastom mortaliteta od HOBP (5, 3, 6).

Međutim većina najsavremenijih epidemioloških studija koje koriste sofisticirane statističke metode pokazale su da su koncentracije zagađujućih materija, koje su povezana sa povećanim zdravstvenim rizikom od oboljevanja, dosta niske (7). Odnosno, čak i kada su dostignute preporuke SZO za kvalitet vazduha životne sredine i dalje postoji povećan zdravstveni rizik.

Rezultati decenijskih istraživanja (8) pokazuju da najznačajniji doprinos navedenim zdravstvenim efektima imaju suspendovne čestice PM_{10} i $PM_{2.5}$, i gasovite zagađujuće materije SO_2 , NO_2 i O_3 , kao posledica kratkotrajne (dnevne ili nedeljne) i dugotrajne (višegodišnje) izloženosti. Utvrđeno je da suspendovane čestice, zbog svojih karakterističnosti (poreklo, veličine, hemijski sastav) tj. mogućnosti dopiranja do različitih dubina respiratornog sistema dovode do iritantnih ili opstruktivnih efekata. Epidemiološka istraživanja ukazuju na snažnu korelacionu povezanost čestica PM_{10} i $PM_{2.5}$ sa respiratornim morbiditetom i mortalitetom (9).

Posledica izloženosti visokim koncentracijama SO_2 jeste nadražaj respiratornog sistema, što može prouzrokovati kašalj ili rezultirati obično reverzibilnim promenama u plućnoj funkciji. Pri proceni uticaja kratkoročne izloženosti koncentracijama SO_2 na respiratorni sistem, u pojedinim studijama je utvrđena značajna povezanost između SO_2 i bolničkih prijema za astmu (10), odnosno za hroničnu opstruktivnu plućnu bolest (11). Međutim dobijeni rezultati za SO_2 nisu u potpunosti konzistentni.

U pogledu NO_2 stručna tela SZO su potvrdila njegove direktne efekte na oboljenja respiratornog trakta, posebno na simptome smanjenja respiratornih funkcija (8,12). Utvrđeno da izloženost i koncentracijama O_3 vazduha životne sredine takođe može da ugrozi respiratorne funkcije, izazivajući opstruktivne promene respiratornog trakta, naročito kod osoba sa astmom i alergijskim rinitisom (13).

Uvrđivanje kvaliteta vazduha životne sredine kao faktora rizika za hronične opstruktivne bolesti pluća je od značaja za usmerevanje napora ka prevenciji istih. Svaka procena kvaliteta vazduha životne sredine i utvrđivanje povezanosti sa oboljevanjem stanovništva, odnosno procena uticaja faktora životne sredine na zdravlje stanovništva, od neprocenjive je važnosti za unapređenje politike unapređenje zdravlja stanovništva i upravljanja kvalitetom vazduha životne sredine.

CILJ PROJEKTA

Utvrđiti faktore rizika iz vazduha životne sredine koji doprinose oboljevanju stanovništva Grada Novog Sada od hronične opstruktivne bolesti pluća je postavljen kao opšti cilj Projekta, dok su pojedinačni ciljevi sledeći:

- Utvrđiti vrstu zagađujućih materija koja najviše doprinosi oboljevanju od hronične opstruktivne bolesti pluća među stanovništvom Grada Novog Sada;
- Definisanje modela za procenu uticaja faktora rizika iz životne sredine na zdravlje stanovništva.

OVLAŠĆENJA, AKREDITACIJA I SERTIFIKATI INSTITUTA ZA JAVNO ZDRAVLJE VOJVODINE

1. Izvod iz rešenja Privrednog suda u Novom Sadu posl. br. 5–354 od 19.07.2012. godine;
 2. Dozvola za merenje kvaliteta vazduha broj 353-01-00043/2017-03 od 17.07.2017. godine, Ministarstvo zaštite životne sredine;
 3. Privremeno Rešenje Pokrajinskog Sekretarijata za zaštitu životne sredine i održivi razvoj broj 119–501–00275/2003–14 od 26.05.2003. godine.
- Sertifikat o akreditaciji laboratorije broj 01–131 od 05.11.2018. godine, kojim se potvrđuje da organizacija Institut za javno zdravlje Vojvodine zadovoljava zahteve standarda SRPS ISO/IEC 17025:2006;
 - Sertifikat, registracioni broj 018–04 od 28.12.2017. godine kojim sertifikaciono telo DOO PANCERT NOVI SAD potvrđuje da Institut za javno zdravlje Vojvodine primenjuje sistem menadžmenta kvalitetom u skladu sa zahtevima standarda SRPS ISO 9001:2015;
 - Sertifikat, registracioni broj 019–04 od 28.12.2017. godine kojim sertifikaciono telo DOO PANCERT NOVI SAD potvrđuje da Institut za javno zdravlje Vojvodine primenjuje sistem upravljanja zaštitom životne sredine u skladu sa zahtevima standarda SRPS ISO 14001:2015.

METOD RADA

Radi realizacije Projekta analizirani su podaci o zagađujućim materijama vazduha životne sredine Grada Novog Sada na dnevnom nivou po tipu vremenske serije, kao i podaci o dnevnom broju hospitalizacija od hroničnih respiratornih bolesti među stanovništvom Grada Novog Sada.

Podaci o dnevnim koncentracijama zagađujućih materija iz vazduha i meteoroloških pokazatelja

Za analizu podataka o kvalitetu vazduha odabrane su sledeće zagađujuće materije: sumpordioskida (SO₂), azotdioksida (NO₂) i suspendovanih čestica PM₁₀. Period ispitivanja (01.01.2016 – 31.12.2016. godina) odabran je na osnovu postignutosti kontinuiranog obuhvata ekvivalentnih vrednosti koncentracija navedenih zagađujućih materija. Prosečne dnevne vrednosti koncentracija analiziranih gasovitih i čestičnih zagađujućih materija obezbeđene su od strane Centra za higijenu i humanu ekologiju Instituta za javno zdravlje Vojvodine (IZJZV). Tokom analiziranog perioda koncentracije gasovitih i čestičnih zagađujućih materija iz vazduha određivane su svakodnevno iz 24-časovnih uzoraka vazduha sa po dva (2) reprezentativna merna mesta na području Grada Novog Sada. Prosečne dnevne vrednosti izvedene iz utvrđenih 24-časovnih vrednosti za svako merno mesto su analizirane kao reprezentativna dnevna vrednost za Grad Novi Sad za svaki dan.

Prosečne dnevne vrednosti za temperaturu vazduha, vazdušni pritisak i relativnu vlažnost vazduha za ispitivani period preuzete su od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Republike Srbije (14).

Podaci o dnevnom broju hospitalizacija

Tokom je evidentiran i dnevni broj bolničkih prijema od hroničnih respiratornih bolesti među stanovništvom Grada Novog Sada na osnovu mesta prebivališta i postavljene dijagnoze na otpustu prema Medjunarodnoj klasifikaciji bolesti, 10 revizija (MKB 10) (15), odnosno dnevni broj bolničkih prijema zbog HOBP (MKB10:J44) i astme (MKB10:J45). Navedeni podaci su obrađeni od strane stručnjaka Centra za informatiku i biostatistiku u zdravstvu IZJZV, prikazani i analizirani kao ukupan broj bolničkih prijema na dnevnom nivou, a potom i u odnosu na pol (muški/ženski) i starosnu dob (od 18 do 64 godine / 65 i više godina).

Statistička obrada podataka

Statistička obrada podataka o zagađujućim materijama iz vazduha i bolničkom morbiditetu od hroničnih respiratornih bolesti urađena je po principu vremenske serije podataka upotrebom statističkog softvera SPSS, verzija 23. U odnosu na vrstu podataka primenjeni su parametrijski testovi (nezavisni T - test, Pirson-ov (Pearson) koeficijent korelacije, jednostruki i višestruki generalizovani regresioni modeli). Radi definisanje modela za procenu uticaja faktora rizika iz životne sredine na zdravlje stanovništva, statistička obrada podataka je urađena za vremensku seriju podataka u toku jednogodišnjeg perioda, ali i u odnosu na sezonu (leto / zima) kao i u odnosu na sva četiri godišnja doba. Letnja sezona je definisana kao april – septembar, dok je period oktobar – mart posmatran kao zimski period.

Odabir najboljeg modela za procenu doprinosa kvaliteta vazduha oboljevanju stanovništva od analiziranih hroničnih respiratornih bolesti baziran je na *AIC* informacionom kriterijumu, a rezultat iskazan kao relativni rizik (RR) sa 95% intervalom poverenja (IP). Procenat povećanja broja hospitalizacija je izražen primenom sledeće jednačine:

$$\% \text{ povećanja broja hospitalizacije} = (\exp^{(\text{coef} * \Delta)} - 1) * 100$$

gde je “*coef*” vrednost koeficijenta generalizovanog regresinog modela tipa *Poisson*, a “ Δ ” svako povećanje koncentracije analizirane zagađujuće materije iz vazduha životne sredine. Vrednosti $p < 0,05$ smatrana je statistički značajnom.

Rezultati su prikazani kao:

- opis zagađujućih materija vazduha životne sredine (prosečne dnevne koncentracije; odstupanje u odnosu na godišnji/dnevni nacionalni normativ; razlike u odnosu na sezonu);
- međusobna povezanost zagađujućih materija, kao i povezanost sa meteorološkim pokazateljima;
- broj hospitalizacija od HOBP i astme (ukupan broj, muškarci, žene, starosti 18 do 64 godine i ≥ 65 godina);
- povezanost zagađujućih materija iz vazduha životne sredine i hospitalizacija od astme;
- povezanost zagađujućih materija iz vazduha životne sredine i hospitalizacija od HOBP;

Svi statistički modeli koji nisu bili statistički značajni, bilo da su obuhvatali ukupan analizirani period ili sezonu, a u odnosu na svaki od analiziranih zdravstvenih ishoda (dnevni broj hospitalizacija od astme i HOBP, posmatrano kao ukupan broj ili u odnosu na pol i uzrast) nisu prikazani.

REZULTATI I DISKUSIJA

Zagađujuće materije iz vazduha životne sredine (prosečne dnevne koncentracije; odstupanje u odnosu na godišnji/dnevni nacionalni normativ; razlike u odnosu na sezonu)

Tokom ispitivanog jednogodišnjeg perioda prosečne dnevne koncentracije PM₁₀, NO₂ i SO₂ su iznosile 44,39±22,27 μg/m³, 19,06±7,46 μg/m³ i 17,22±9,18 μg/m³, redom (Tabela 1). Opseg prosečnih dnevnih koncentracija za PM₁₀ je bio 9–142 μg/m³, za NO₂ 4–53,5 μg/m³, a za SO₂ 6–123 μg/m³ (Tabela 1).

U toku analiziranog perioda u Gradu Novom Sadu prosečna dnevna vrednost temperature vazduha je bila 12,37±8,45 °C, vazdušnog pritiska 1007,08 hPa, a relativna vlažnost vazduha 77,55±11,17% (Tabela 1).

Tabela 1. Zagađujuće materije iz vazduha životne sredine Grada Novog Sada i mikroklimatski pokazatelji u toku jednogodišnjeg perioda

	Prosečna vrednost	Minimalna vrednost	Maksimalna vrednost	Standardna Devijacija
PM ₁₀ (μg/m ³)	44,39	9,00	142,00	22,77
NO ₂ (μg/m ³)	19,06	4,00	53,50	7,46
SO ₂ (μg/m ³)	17,22	6,00	123,00	9,18
Temperatura (°C)	12,37	-7,40	27,60	8,45
Vazdušni pritisak (hPa)	1007,08	986,50	1029,60	7,87
Relativna vlažnost vazduha (%)	77,55	49,00	98,00	11,17

Posmatrano u odnosu na propisane nacionalne normative za kvaliteta vazduha navedenog jednogodišnjeg perioda, utvrđeno je prekoračenje na godišnjem nivou za PM₁₀ od 10,97%, dok prosečne godišnje koncentracije NO₂ i SO₂ nisu prekoračile navedeni normativ. Dnevna prekoračenja su utvrđena samo za PM₁₀ tokom 41-og dana analiziranog perioda (Tabela 2).

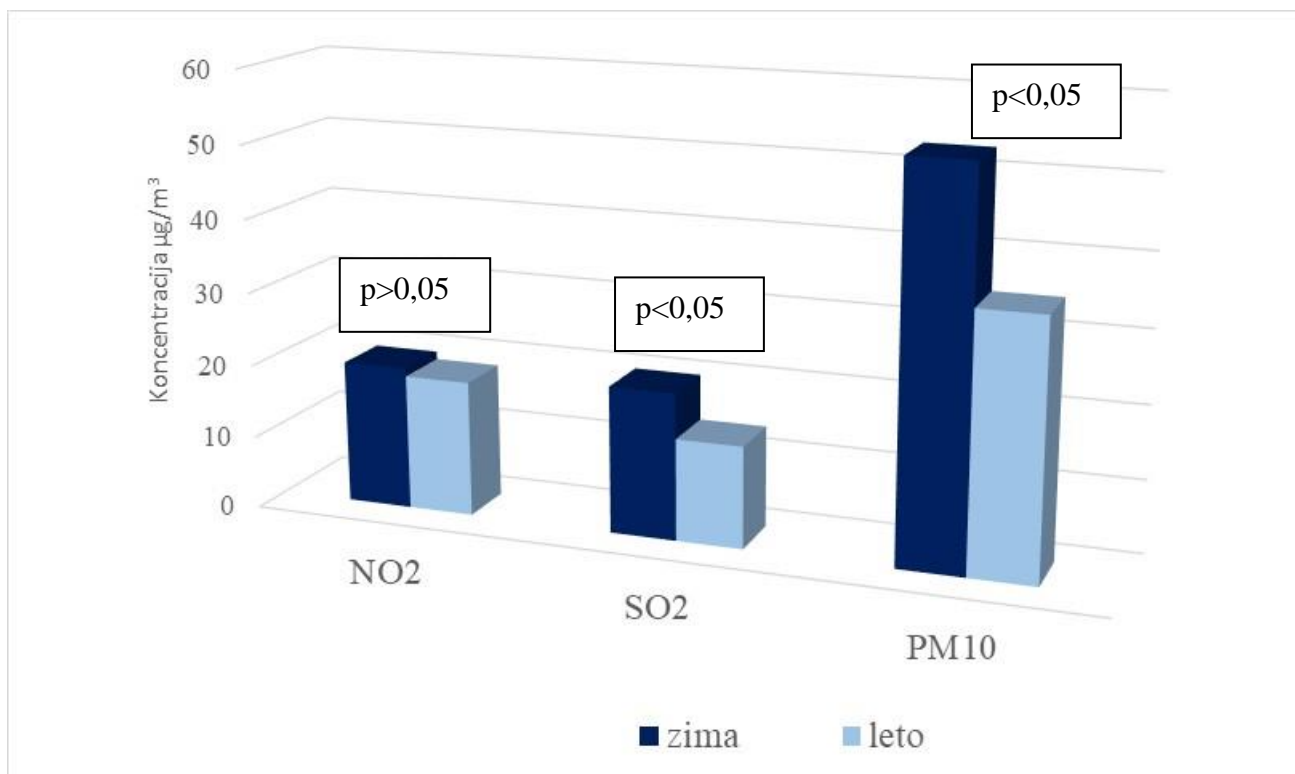
Tabela 2. Prekoračenja godišnjeg i dnevnog nacionalnog normativa za analizirane zagađujuće materije iz vazduha životne sredine Grada Novog Sada

Zagađujuća materija	Prosečna vrednost	Nacionalni normativ za godinu*	Nacionalni normativ za dan*	% Prekoračenja godišnjeg normativa	Broj dana prekoračenja dnevnog normativa
PM ₁₀ (μg/m ³)	44,39	40	50	10,97	41
NO ₂ (μg/m ³)	19,06	40	85	0,00	0
SO ₂ (μg/m ³)	17,22	50	125	0,00	0

*Nacionalni normativi na godišnjem i dnevnom nivou su prikazani kao propisane granične vrednosti.

U odnosu na sezonu (zima/leto) utvrđene su statistički značajno veće prosečne dnevne koncentracije SO_2 i PM_{10} tokom zimskog perioda ($p < 0,05$), dok se prosečne dnevne koncentracije NO_2 nisu značajno razlikovale u tom pogledu ($p > 0,05$) (Grafikon 1).

Grafikon 1. Prosečne dnevne koncentracije gasovitih i čestičnih zagađujućih materija iz vazduha životne sredine u odnosu na zimski i letnji period



Veće koncentracije zagađujućih materija tokom zimskog perioda nisu iznenađujuće (16) s obzirom da se usled grejne sezone i očekuje povećana potošnja uglja, lož ulja ili prirodnog gasa za grejanje domaćinstava, odnosno rad termoelektrana. Može se pretpostaviti da je upotreba navednih fosilnih goriva doprinela povećanju dnevnih koncentracija SO_2 i PM_{10} tokom zimskog perioda.

Međusobna povezanost zagađujućih materija, kao i povezanost sa meteorološkim pokazateljima

Ispitivanjem međusobne povezanosti analiziranih zagađujućih materija iz vazduha životne sredine i meteoroloških pokazatelja tokom jednogodišnjeg perioda (Tabela 3) uočena je statistički značajna pozitivna korelacija između dnevnih koncentracija NO₂ i PM₁₀ (p<0,01), SO₂ i PM₁₀ (p<0,01), PM₁₀ i vazdušnog pritiska (p<0,01), relativne vlažnosti i vazdušnog pritiska (p<0,05). Statistički značajna negativna korelacija je utvrđena između dnevnih koncentracija SO₂ i temperature (p<0,01), PM₁₀ i temperature (p<0,01), vazdušnog pritiska i temperatura vazduha (p<0,01), kao i temeprature i relativne vlažnosti (p<0,01).

Tabela 3. Međusobna povezanost meteoroloških pokazatelja, gasovitih i čestičnih zagađujućih materija iz vazduha životne sredine Grada Novog Sada u toku jednogodišnjeg perioda

	Vazdušni pritisak	Temperatura	Relativna vlažnost	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
Vazdušni pritisak	1					
Temperatura	-0,374**	1				
Relativna vlažnost	0,120*	-0,540**	1			
NO₂	-0,006	-0,096	-0,101	1		
SO₂	0,074	-0,305**	0,168**	0,084	1	
PM₁₀	0,322**	-0,412**	0,104	0,335**	0,434**	1

* Koeficijent korelacije je značajna na nivou p<0,05.

** Koeficijent korelacije je značajan na nivou p<0,01.

Sličan međusobni odnos zagađujućih materija je zadržan i tokom zimskog perioda (Tabela 4), dok se tokom letnjeg perioda (Tabela 5) izdvaja značajna negativna povezanost PM₁₀ i relativne vlažnosti (p<0,01), kao i NO₂ i temperature, odnosno relativne vlažnosti vazduha (p<0,01), ali i pozitivna povezanost PM₁₀ i NO₂ (p<0,01). Tokom letnjeg perioda za razliku od jednogodišnjeg, ali i zimskog perioda, nije zadržana značajna pozitivna povezanost PM₁₀ i SO₂ (p>0,05) (Tabela 5).

Tabela 4. Međusobna povezanost meteoroloških pokazatelja, gasovitih i čestičnih zagađujućih materija iz vazduha životne sredine Grada Novog Sada u toku zimskog perioda

	Vazdušni pritisak	Temperatura	Relativna vlažnost	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
Vazdušni pritisak	1					
Temperatura	-0,213**	1				
Relativna vlažnost	0,102	-0,372**	1			
NO₂	-0,024	0,023	-0,079	1		
SO₂	-0,010	-0,087	0,106	0,134	1	
PM₁₀	0,355**	-0,136	0,166	0,309**	0,323**	1

* Koeficijent korelacije je značajan na nivou p<0,05; ** Koeficijent korelacije je značajan na nivou p<0,01.

Tabela 5. Međusobna povezanost meteoroloških pokazatelja, gasovitih i čestičnih zagađujućih materija iz vazduha životne sredine Grada Novog Sada u toku letnjeg perioda

	Vazdušni pritisak	Temperatura	Relativna vlažnost	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
Vazdušni pritisak	1					
Temperatura	-0,006	1				
Relativna vlažnost	-0,149*	-0,273**	1			
NO₂	-0,029	-0,201**	-0,214**	1		
SO₂	-0,045	0,078	-0,211*	-0,139	1	
PM₁₀	-0,042	0,126	-0,504**	0,407**	0,187	1

* Koeffcijent korelacije je značajna na nivou $p < 0,05$.

** Koeffcijent korelacije je značajna na nivou $p < 0,01$.

Navedena povezanost zagađujućih materija i meteoroloških prametara, kako u toku jednogodišnjeg perioda, tako i u odnosu na sezonu, ukazuje na moguće izvore zagađenja u Gradu Novom Sadu, odnosno moguć uticaj meteoroloških prametara na kvalitet vazduha.

Uzimajući u obzir moguća porekla zagađujućih materija vezanih za gradske sredine (saobraćaj/ložišta), navedeni rezultati ukazuju da je kvalitet vazduha tokom letnjeg perioda u većoj meri posledica uticaja saobraćaja, za razliku od zimskog, gde je prisutan i uticaj individualnih ložišta i toplana. Takođe, kvalitet vazduha je povezan i sa meteorološkim parametrima, odnosno u toku letnjeg perioda kada je smanjena vlažnost vazduha stvoreni su uslovia za širenje zagađujućih materija u vazduhu životne sredine urbanog područja, dok je u zimskom periodu, uz povećan vazdušni pritisak, stvoren uslov za zadržavanje većih koncentracija PM₁₀.

Hospitalizacija od HOBP i astme među stanovništvom Grada Novog Sada

Tokom analiziranog jednogodišnjeg perioda na području Grada Novog Sada, među odraslim stanovništvom (≥ 18 godina) ukupno je hospitalizovano 306 osoba zbog HOBP i 96 osoba zbog astme. Broj hospitalizacija osoba uzrasta do 18 godina od HOBP je bio nedovoljan za statističku obradu u odnosu na primenjen metodološki pristup, te je navedeni uzrast izuzet iz dalje statističke analize.

Utvrđen je veći broj žena (73,95% vs 26,04%) koje su hospitalizovane zbog astme, dok je zbog HOBP približno isti broj žena i muškaraca hospitalizovan (50,99% vs 49,01%) (Tabela 6). Starosna dob hospitalizovanih stanovnika zbog HOBP je u 60% slučajeva bila preko 64 godine, dok je zbog astme u 87% slučajeva starost ispitanika bila od 18 do 64 godine (Tabela 6).

Tabela 6. Broj hospitalizacija zbog hroničnih respiratornih bolesti među stanovništvom Grada Novog Sada u toku 2016. godine

	Ukupan broj	
	n	%
HOBP (ukupno)	306	100,00
HOBP - muškarci	156	50,99
HOBP - žene	150	49,01
HOBP – uzrasta 18 – 64 god	120	39,12
HOBP - ≥ 64 godine	186	60,74
Astma (ukupno)	96	100,00
Astma - muškarci	25	26,04
Astma - žene	71	73,95
Astma – uzrasta 18 – 64 god	84	87,50
Astma - ≥ 64 godine	12	12,50

Povezanost zagađujućih materija iz vazduha životne sredine i hospitalizacija od astme

Analizirajući doprinos kvaliteta vazduha oboljevanju muškog, odnosno ženskog dela populacije Grada Novog Sada u toku *jednogodišnjeg perioda*, izdvojio se model prilagođen za sezonu, relativnu vlažnost vazduha, vazdušni pritisak i gasovite zagađujuće materija u kojem je utvrđena statistički značajna pozitivna povezanost ($p=0,025$) dnevnih koncentracija suspendovanih čestica PM_{10} sa brojem hospitalizacija žena zbog astme (Tabela 7). RR za PM_{10} je iznosio 1,019 (95% IP: 1,002 - 1,036), odnosno svako povećanje dnevne koncentracije PM_{10} od $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ doprinosi porastu dnevnog broja hospitalizacija žena zbog astme za 19%.

Tabela 7. Povezanost broja hospitalizacija **žena zbog astme** i zagađujućih materija iz vazduha u toku **jednogodišnjeg perioda**

Zagađujuće materije*	Koeficijent β	Vrednost p	RR	95% IP	
				Donja granica	Gornja granica
NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-0,045	0,082	0,956	0,910	1,006
SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-0,030	0,393	0,971	0,906	1,039
PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,019	0,025	1,019	1,002	1,036

* Model prilagođen pored prikazanih gasovitih zagađujućih materija i za sezonu, relativnu vlažnost vazduha i vazdušni pritisak.

Autori pojedinih istraživanja navode da urbanizacija dovodi do porasta broja obolelih od astme zbog povećanog zagađenja vazduha na otvorenom prostoru (vazduhu životne sredine) (17, 18). Brojne sveobuhvatne studije među decom, ali i odraslima su takođe pokazale povezanost između kratkotrajne izloženosti česticama PM_{10} u gradskim sredinama i povećane opterećenosti sistema zdravstvene zaštite na svim nivoima (19, 20, 21). Za područje Grada Novog Sada, povezanost dnevnog kvaliteta vazduha i broja hospitalizacija od astme je bila najsnažnija kada se istovremno posmatra zajednički doprinos meteoroloških pokazatelja i smeše gasovitih i čestičnih zagađujućih materija. Međutim, u navedenoj smeši zagađujućih materija, suspendovane čestice PM_{10} su se izdvojile kao zagađujuće materije iz vazduha životne sredine sa statistički značajnim doprinosom oboljevanju žena od astme. Posebno su značajni sastavni delovi čestica PM_{10} (teški metali i policiklični aromatični ugljovodonici) s obzirom da je utvrđen njihov značajan potencijal da izazovu oksidativni stres i fenotipske promene povezane sa astmom (21).

Takođe, na području Grada Novog Sada je utvrđena i statistički značajna pozitivna povezanost PM_{10} i hospitalizacije žena zbog astme (RR=1,44; 95% IP:1,008 - 1,082; $p<0,05$) (Tabela 9) u toku *letnjeg perioda*. Naime, sa svakim povećanjem dnevnih koncentracija PM_{10} od $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u toku letnjeg perioda broj dnevnih hospitalizacija žena zbog astme se povećava za 44%

Tabela 9. Povezanost broja hospitalizacija **žena zbog astme** i zagađujućih materija iz vazduha **u toku letnjeg perioda**

Zagađujuće materije*	Koeficijent β	Vrednost p	RR	95% IP	
				Donja granica	Gornja granica
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,043	0,017	1,044	1,008	1,082
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-0,27	0,413	0,995	0,913	1,038

* Model prilagođen pored prikazanih gasovitih zagađujućih materija i za relativnu vlažnost vazduha.

U toku *letnje sezone* utvrđena je i statistički značajna pozitivna povezanost PM₁₀ i hospitalizacije stanovnika starosti od 18 do 64 godine (Tabela 10) (RR=1,048; 95% IP:1,012 - 1,084, $p<0,01$). Sa svakim povećanjem dnevnih koncentracija PM₁₀ od 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ u toku letnjeg perioda broj dnevnih hospitalizacija stanovnika starosti od 18 do 64 godina zbog astme se povećava za 48% (Tabela 10).

Tabela 10. Povezanost broja hospitalizacija **stanovnika starosti od 18 do 64 godine zbog astme** i zagađujućih materija iz vazduha **u toku letnjeg perioda**

Zagađujuće materije*	Koeficijent β	Vrednost p	RR	95% IP	
				Donja granica	Gornja granica
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,052	0,425	1,054	0,927	1,198
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	0,046	0,008	1,048	1,012	1,084
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-0,005	0,881	0,995	0,936	1,058

* Model prilagođen pored prikazanih gasovitih zagađujućih materija i za temperaturu vazduha, relativnu vlažnost i vazdušni pritisak.

Navedeni rezultati koji ukazuju na povećanu osetljivost žena i odraslog stanovništva u toku letnjeg perioda usled izlaganja zagađujućim materijama nisu neočekivani, s obzirom da je utvrđeno da pored teških metala, čestice PM₁₀ često sadrže i različite imunogene supstance, kao što su spore gljivica i polen, koje su nezavisno povezane sa pogoršanjem simptoma astme (21). Imajući u vidu navedeno, upravo letnji period predstavlja rizik za potencijalni interaktivni uticaj zagađujućih materija iz vazduha sa alergenima. Dobijeni rezultati se mogu objasniti i dužim i učestalijim boravkom mlađe populacije na otvorenom tokom letnjeg perioda za razliku od starijih (22), ali i međusobnim odnosom meteoroloških parametara i PM₁₀ čestica upravo u tom periodu (što je manja relativna vlažnost vazduha, to je veća dnevna koncentracija čestica PM₁₀). Takođe, poznato je da je kod žena aktivna astma češća nego kod muškaraca (23) što je utvrđeno i u ovom ispitivanju, ali još uvek nema konsistentnih dokaza u pogledu rizika od egzacerbacije astme povezane sa zagađenjem vazduha, a da je zavisna od pola.

Povezanost zagađujućih materija iz vazduha životne sredine i hospitalizacija od HOBP

Prema dosadašnjim saznanjima, smatra se da je od svih plućnih bolesti HOBP najznačajnije povezana sa izlaganjem zagađenom vazduhu (24). Rezultati brojnih epidemioloških studija ukazuju na povezanost povećanog nivoa čestičnog, ali i gasovitog zagađenja sa većim brojem hospitalizacija zbog HOBP (25, 26) ali i smrtnih slučajeva (27).

U ovom ispitivanju, u toku analiziranog *jednogodišnjeg perioda* utvrđena je i statistički značajna pozitivna povezanost ($p=0,002$) dnevnih koncentracija SO_2 i dnevnog broj hospitalizacija muškaraca zbog HOBP (Tabela 8). RR za SO_2 je iznosio 1,054 (95% IP: 1,020 - 1,088), odnosno svako povećanje dnevne koncentracije SO_2 od $10 \mu g/m^3$ značajno doprinosi porastu dnevnog broja hospitalizacija muškaraca zbog HOBP za 54%.

Tabela 8. Povezanost broja hospitalizacija **muškaraca zbog HOBP** i zagađujućih materija iz vazduha **u toku jednogodišnjeg perioda**

Zagađujuće materije*	Koeficijent β	Vrednost p	RR	95% IP	
				Donja granica	Gornja granica
$SO_2 (\mu g/m^3)$	0,052	0,002	1,054	1,020	1,088
$PM_{10} (\mu g/m^3)$	-0,005	0,397	0,995	0,984	1,007

* Model prilagođen pored prikazanih čestičnih zagađujućih materija i za relativnu vlažnost vazduha i vazdušni pritisak.

Dobijena veličina rizika za oboljevanja, odnosno pogoršanje HOBP koja rezultira hospitalizacijom je u poređenju sa rezultatima drugih istraživanja (28) veća. Pozitivna povezanost SO_2 i hospitalizacija od HOBP je postojna samo u prisustvu PM_{10} i odgovarajućih meteoroloških uslova. Moguće je da i niske koncentracije SO_2 mogu dovesti do oboljevanja/pogoršanja HOBP nakon dospevanja u donje partije disajnih sistema putem apsorpcije/adsorpcije za čestice. Velika verovatnoća je da su simptomi nastali usled iritirajućeg i inflamatornog efekta čestičnog zagađenja (29) i povećanje otpora disajnih puteva nakon duboko inhaliranih nižih koncentracija SO_2 (30). Osetljivost muške populacije se može objasniti većim promerom gornjih disajnih puteva i većim plućnim kapacitetima u odnosu na žene (31) što može usloviti da zagađujuće materije (PM_{10} i SO_2) lakše dospevaju u donje partije plućnog sistema.

ZAKLJUČAK SA PREDLOGOM MERA

Na području Grada Novog Sada:

- Čestične zagađujuće materije u smeši sa gasovitim zagađujućim materijama iz vazduha životne sredine, uz odgovarajuće meteorološke uslove, doprinose oboljevanju žena od astme, posebno u letnjem periodu;
- U letnjem periodu čestične zagađujuće materije u smeši sa gasovitim zagađujućim materijama iz vazduha životne sredine, uz odgovarajuće meteorološke uslove, doprinose oboljevanju stanovnika starosti od 18 do 64 godine od astme;
- Gasovite zagađujuće materija u smeši sa čestičnim zagađujućim materijama iz vazduha životne sredine, uz odgovarajuće meteorološke uslove, doprinose oboljevanju muškaraca od HOBP;
- Model za procenu uticaja faktora rizika iz životne sredine na zdravlje stanovništva zasnovan je na obuhvatu većeg broja pojedinačnih činilaca (zagađujuće materije, meteorološki parametri, broj obolelih) udruženih na osnovu dokazanih naučnih saznanja o međusobnim povezanostima.

Dobijeni rezultati nesumjivo ukazuju na značajan doprinos kvaliteta vazduha oboljevanju stanovnika Grada Novog Sada od hroničnih respiratornih bolesti, ali i na potrebu za daljim istraživanjem. Naime, kako je veličina rizika od pogoršanja HOBP i astme usled izlaganja koncentracijama analiziranih zagađujućih materija iz vazduha životne sredine, generalno veća nego što je prikazano u drugim studijama, potrebno je višegodišnje praćenje prema istovetnom metodološkom pristupu radi adekvatne procena veličine rizika i komparabilnosti rezultata sa istraživanjima na drugim područjima. Primenjeni metodološki pristup ukazao je na to da se regresija zdravstvenih efekata treba odvijati i po sezoni u višegodišnjem periodu, jer se tada može uočiti i utvrditi veličina doprinosa pojedinačnih zagađujućih materija (31). Ipak, zbog malog broja slučajeva hospitalizacije tokom ispitivanog perioda (posebno za astmu) moguće je postojanje pristrasnosti u pogledu dobijenih rezultata, koja u velikoj meri zavisi od broja slučajeva hospitalizacije u ispitivanom periodu. Odnosno, najbolji modeli predviđanja mogućih negativnih zdravstvenih ishoda usled izlaganja zagađenju vazduha životne sredine bi trebali da obuhvate višegodišnji period (zastupljenost većeg broja sezonskih promena i slučajeva bolničkih prijema), smešu zagađujućih materija koje su u međusobnoj povezanosti, i da se prilagode za odgovarajuće meteorološke parametre, jer je utvrđeno da se i pored izdvajanja najznačajnijeg pojedinačnog doprinosa neke od zagađujućih materija, ne može zanemarti njihov zajednički doprinos oboljevanju stanovništva.

Iako ovakva ispitivanja imaju brojne nedostatke (ne uzimaju u razmatranje individualne karakteristike, životne navike, vreme izloženosti, period izloženosti, komorbiditet...) one ipak omogućavaju da se povezanost kvaliteta vazduha životne sredine i oboljevanje stanovništva uoče pre svega na populacionom nivou. Poznavanje odnosa između nivoa zagađenja vazduha životne sredine, vremenskih uslova i oboljevanja celokupnog stanovništva značajno mogu pomoći u preduzimanju adekvatnih preventivnih mera sa ciljem unapređenja zdravlja ljudi.

Očuvanje i unapređenje zdravlja stanovništva Grada Novog Sada, a na osnovu dobijenih rezultata, zahteva multisektorski pristup radi unapređenja:

- **saobraćaja** (upotreba “čistijeg” pogona za vozila, prioritizacija javnog transporta uz unapređenje saobraćajne infrastrukture, razvijanje mreže međugradskog saobraćaja, pešačkih i biciklističkih staza);
- **urbanog razvoja** (unapređenje energetske efikasnosti kroz kompaktnije urbane celine i poboljšanje energetske efikasnosti zgrada, zoniranje naselja uz unapređenje zelene infrastrukture);
- **energetskih resursa** (redukcija upotrebe fosilnih goriva na račun goriva sa niskom emisijom i obnovljivih izvora energije: solarni paneli, hidroelektrane ili energija vetra);
- **tehnoloških procesa** (primena “čiste” tehnologije u procesu proizvodnje koja smanjuje emisije iz dimnjaka, unapređenje upravljanja otpadom (komunalnim i poljoprivrednim otpadom), razvijanjem i primenom sistema za proizvodnju biogasa od emitovanog metana sa deponija);
- **životne sredine** (razvijanje i usvajanje dokumenata neophodnih za unapređenje stanja životne sredine, odnosno kvaliteta vazduha, unapređenje programa monitoringa vazduha životne sredine i procena kvaliteta vazduha);
- **javnog zdravlja** (institucionalno umrežavanje i jačanje kapaciteta za monitoring kvaliteta vazduha životne sredine radi procene izloženosti stanovništva, procena uticaja kvaliteta vazduha životne sredine na zdravlje stanovništva primenom modela koji, unutar višegodišnjeg perioda, obuhvataju veći broj pojedinačnih udruženih faktora (širi opseg zagađujućih materija iz vazduha i činilaca životne sredine), unapređenje informacionog sistema (umrežavanje podataka zdravstvene statistike i stanja životne sredine, javno informisanje stanovništva primenom “Indeksa kvaliteta vazduha”), povećanje nivoa ekološke svesti i obrazovanja kroz izradu posebnih programa).

LITERATURA

1. GBD 2013 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioral, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*. 2015;386(10010): 2287-323.
2. WHO Factsheet: Ambient (outdoor) air quality and health. dostupno na: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (posećeno 23.01.2019.)
3. Burney PG, Patel J, Newson R, Minelli C, Naghavi M. Global and regional trends in COPD mortality, 1990-2010. *Eur Respir J*. 2015; 45(5):1239-47.
4. Li L, Yang J, Song YF, Chen PY, Ou CQ. The burden of COPD mortality due to ambient air pollution in Guangzhou, China. *Sci Rep*. 2016;6:25900.
5. Schikowski T, Mills IC, Anderson HR, Cohen A, Hansell A, Kauffmann F, et al. Ambient air pollution: a cause of COPD?. *European Respiratory Journal*. 2014;43:250-263.
6. Heinrich J, Schikowski T. COPD Patients as Vulnerable Subpopulation for Exposure to Ambient Air Pollution. *Curr Environ Health Rep*. 2018;5(1):70-76.
7. Olmo NR, Saldiva PH, Braga AL, Lin CA, Santos Ude P, Pereira LA. A review of low-level air pollution and adverse effects on human health: implications for epidemiological studies and public policy. *Clinics (Sao Paulo)*. 2011;66(4):681-90.
8. World Health Organization. Review of evidence on health aspects of air pollution — REVIHAAP Project, Technical Report. Copenhagen: WHO, Regional Office for Europe; 2013.
9. Anderson RH, Atkinson RW, Peacock JL, Marston L, Konstantinou K. Meta-analysis of time-series studies and panel studies of particulate matter (PM) and ozone (O₃). Report of a WHO task group. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2004.
10. Sunyer J, Spix C, Queñel P, Ponce-de-León A, Poñka A, Barumandzadeh T, et al. Urban air pollution and emergency room admissions for asthma in four European cities: the APHEA project. *Thorax*. 1997;52:760–5.
11. Anderson HR, Spix C, Medina S, Schouten JP, Castellsague J, Rossi G, et al. Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities: results from the APHEA project. *Eur Respir J*. 1997;10:1064–71.
12. US Environmental Protection Agency. Integrated Science Assessment (ISA) for Oxides of Nitrogen – Health Criteria (Second External Review Draft, EPA/600/R-14/006). Washington: US EPA; 2015.
13. World Health Organization. Health risks of ozone from long-range transboundary air pollution. Denmark: WHO, Regional Office for Europe; 2008.
14. Republički hidrometeorološki zavod. Republika Srbija. Meteorološki godišnjak – klimatološki podaci. Dostupno na: http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteo_godisnjaci (posećeno 03.10.2018)
15. Medjunarodna klasifikacija bolesti i srodnih zdravstvenih problema, 10 revizija, verzija 2007. Svetska zdravstvene organizacija; 2007. Dostupno na: <http://apps.who.int/classifications/apps/icd/icd10online/>
16. Cichowicz R, Wielgosiński G, Fetter W. Dispersion of atmospheric air pollution in summer and winter season. *Environ Monit Assess*. 2017;189(12):605.
17. Robinson CL, Baumann LM, Romero K, et al. Effect of urbanisation on asthma, allergy and airways inflammation in a developing country setting. *Thorax*. 2011;66:1051–57.

18. Brunekreef B, Stewart AW, Anderson HR, Lai CKW, Strachan DP, Pearce N. Self-reported truck traffic on the street of residence and symptoms of asthma and allergic disease: a global relationship in ISAAC phase 3. *Environ Health Perspect*. 2009;117:1791–98.
19. Delamater PL, Finley AO, Banerjee S. An analysis of asthma hospitalizations, air pollution, and weather conditions in Los Angeles County, California. *Sci Total Environ*. 2012;425:110–18.
20. Son JY, Lee JT, Park YH, Bell ML. Short-term effects of air pollution on hospital admissions in Korea. *Epidemiology*. 2013;24:545–54.
21. Guarnieri M, Balmes JR. Outdoor air pollution and asthma. *Lancet*. 2014;383(9928):1581–92.
22. Klepeis NE, Nelson WC, Ott WR, Robinson JP, Tsang AM, Switzer P, et al. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2001;11(3):231–52
23. Johnston NW, Sears MR. Asthma exacerbations.1: epidemiology. *Thorax*. 2006;61:722–28.
24. Saygın M, Gonca T, Öztürk Ö, Has M, Çalışkan S, Has ZG, et al. To Investigate the Effects of Air Pollution (PM10 and SO2) on the Respiratory Diseases Asthma and Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Turkish thoracic journal*. 2017;18(2):33–39.
25. Pope CA, 3rd, Kanner RE. Acute effects of PM10 pollution on pulmonary function of smokers with mild to moderate chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*. 1993;147:1336–40.
26. Ko FW, Tam W, Wong TW, Chan DPS, Tung AH, Lai CKW, et al. Temporal relationship between air pollutants and hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease in Hong Kong. *Thorax*. 2007;62:780–5.
27. Smith K, Mehta S, Maeusezahl-Feuz M. Indoor air pollution from household use of solid fuels. In: Ezzati M, Lopez A, Rodgers A, Murray C, editors. Comparative quantification of health risks Global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2004: 1435–93
28. Moore E, Chatzidiakou L, Kuku MO, Jones RL, Smeeth L, Beevers S, et al. Global Associations between Air Pollutants and Chronic Obstructive Pulmonary Disease Hospitalizations A Systematic Review. *Ann Am Thorac Soc*. 2016;13(10):1814–1827.
29. Vodonos A, Friger M, Katra I, Avnon L, Krasnov H, Koutrakis P, et al. The impact of desert dust exposures on hospitalizations due to exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Air Qual Atmos Health*. 2014;7:433–439.
30. Liu SK, Cai S, Chen Y, Xiao B, Chen P, Xiang XD. The effect of pollutional haze on pulmonary function *J Thorac Dis*. 2016;8(1):E41–56
31. Particle-Lung Interactions Lung Biology in Health and Disease. Editors, Peter Gehr, Joachim Heyder. Publisher, CRC Press, 2000. ISBN, 0824746899
32. Ito K, Thurston GD, Silverman RA. Characterization of PM2.5, gaseous pollutants, and meteorological interactions in the context of time-series health effects models. *J Expo. Sci. Environ. Epidemiol*. 2007;17(Suppl2):S45–S60.