

AMBIJENTALNO ZAGAĐENJE ZRAKA U KANTONU SARAJEVO I UTICAJ NA ZDRAVLJE / AMBIENT AIR POLLUTION IN THE CANTON OF SARAJEVO AND IMPACT ON HEALTH

Rijad Tikveša¹, Edvina Šunj²

¹Internacionalni univerzitet Travnik, Ul. Aleja Konzula – Meljanac bb, BiH

²Klinika za neurohirurgiju, Klinički centar Univerziteta u Sarajevu, Ul. Bolnička 25, BiH
e-mail: rijadt@gmail.com, edvina.sunj@gmail.com

Stručni članak

<https://www.doi.org/10.58952/zr20251402283>

UDK / UDC 614.84:504.06(497.6)

Sažetak

Trenutno u svijetu, 99% populacije živi u sredini sa zagađenim zrakom. Svake godine, u zimskom periodu, mediji navode Sarajevo kao jedan od najzagađenijih gradova u svijetu. Zagađenje suspendovanim česticama PM₁₀ i PM_{2.5}, je dominantno tokom zimskog perioda, te u danima temperaturnih inverzija, dolazi do koncentrisanja i sakupljanja zagađujućih materija, te višestrukih prekoračenja graničnih vrijednosti. Pored PM čestica, povremeno se javljaju i prekomjerne vrijednosti SO₂, O₃, i drugih polutanata. Osnovni izvori ovih emisija su kućna ložišta, te saobraćaj. Izloženost PM_{2.5} česticama, naročito je opasna po ljudsko zdravlje, jer ove čestice, zbog svoje male veličine, prodiru duboko u pluća i krvotok. Zagađen zrak prouzrokuje bolesti kao što su infekcije donjih disajnih organa; bronhitis, astma, rak dušnika, bronhija i pluća; ishemična bolest srca; moždani udar; te hronična opstruktivna bolest pluća (HOBP). Cilj ovog rada je istražiti i predstaviti ambijentalno zagađenje zraka u Sarajevu, analizirati iz dostupnih podataka vrste zagađujućih materija, te predstaviti uticaj na zdravlje.

Ključne riječi: *aerozagađenje, zagađenje zraka; smog; ljudsko zdravlje; kardiovaskularne bolesti; respiratorni poremećaji; zagađujuće materije (polutanti)*

JEL klasifikacija: Q53, I18, Q52

Abstract

Currently, 99% of the world's population lives in areas with polluted air. Every year, during the winter period, the media list Sarajevo as one of the most polluted cities in the world. Pollution caused by suspended particles PM₁₀ and PM_{2.5} is dominant during the winter months, and during temperature inversions, pollutants accumulate and concentrate, leading to multiple exceedances of limit values. In addition to PM particles, excessive levels of SO₂, O₃, and other pollutants occasionally occur. The main sources of these emissions are household heating and traffic. Exposure to PM_{2.5} particles is particularly dangerous to human health, as these fine particles can penetrate deep into the lungs and bloodstream due to their small size. Polluted air causes diseases such as lower respiratory tract infections, bronchitis, asthma, cancer of the trachea, bronchi and lungs, ischemic heart disease, stroke, and chronic obstructive pulmonary disease (COPD). The aim of this paper is to investigate and present ambient air pollution in Sarajevo, analyze the types of pollutants based on available data, and illustrate their impact on human health.

Keywords: *air pollution; smog; human health; cardiovascular diseases; respiratory disorders; air pollutants*

JEL classification: Q53, I18, Q52

UVOD

Trenutno u svijetu, 99% populacije živi u sredini sa prekomjerno zagađenim zrakom. (Health Effects Institute, 2024) Stanovnici Bosne i Hercegovine i regiona, izloženi su najzagađenijem zraku u Europi. (World Bank Group, 2021) Svake godine, u zimskom periodu, mediji navode Sarajevo, kao jedan od najzagađenijih gradova u svijetu. (Euronews, 2024) Zagađenje suspendovanim česticama PM₁₀ i PM_{2.5} je dominantno tokom zimskog perioda, a posebno u danima temperaturnih inverzija, kada dolazi do koncentrisanja i sakupljanja zagađujućih materija, i do višestrukih prekoračenja satnih i dnevnih graničnih vrijednosti. Pored PM čestica, povremeno se javljaju i prekomjerne vrijednosti SO₂, O₃, NO₂ i drugih polutanta. Osnovni izvori ovih emisija su kućna ložišta, te saobraćaj. (UNEP, WHO, Daul, M. Č., Krzyzanowski M., Kujundžić, O., 2021)

Izloženost zagađenom zraku glavni je uzrok hroničnih respiratornih bolesti, akutnih infekcija donjih disajnih puteva kod djece, hroničnog bronhitisa kod odraslih i raka pluća. Također je jedan od vodećih uzroka nezaraznih bolesti, kao što su moždani udar, srčane bolesti i hronična opstruktivna plućna bolest (HOPB) kod odraslih.

Širom svijeta, vlade poduzimaju različite aktivnosti i mjere, kako bi smanjile izloženost stanovništva zagađenom zraku i poboljšale javno-zdravstveno stanje. Od smanjenja graničnih vrijednosti u zakonodavstvu, i usaglašavanja sa WHO preporukama, do različitih aktivnosti na smanjenju emisija iz industrije, saobraćaja, pa i kućnih ložišta. Tako je recimo u Krakowu, Poljska, potpuno zabranjeno korištenje uglja i drveta za grijanje, a Europska unija je najavila u potpunosti zabraniti korištenje drveta za grijanje od 2027. godine.

Cilj ovog rada je istražiti i predstaviti ambijentalno zagađenje zraka u Sarajevu, analizirati iz dostupnih podataka vrste zagađujućih materija, te predstaviti uticaj na zdravlje.

1. AMBIJENTALNO ZAGAĐENJE ZRAKA

Trenutno u svijetu, 99% populacije živi u sredini sa prekomjerno zagađenim zrakom. U 2021. godini zagađenje zraka doprinijelo je sa 8,1 milion smrti — više od jedne od osam smrti širom svijeta. Zagađen zrak postao je drugi uzročnik smrti u svijetu, odmah nakon visokog krvnog pritiska, i nadmašio pušenje. (Health Effects Institute, 2024)

Stanovnici Bosne i Hercegovine, izloženi su najzagađenijem zraku u Europi. Zrak, prekomjerno zagađen PM_{2.5} česticama, dovodi do 3300 preuranjenih smrti svake godine u Bosni i Hercegovini. (World Bank, 2019)

Zagađenje zraka predstavlja prisustvo materija, čestica i štetnih gasova u atmosferi koji u prirodnim uslovima tamo ne bi trebali biti prisutni. Step en zagađenja zraka zavisi od topografskih, meteoroloških i demografskih karakteristika određenog područja, kao i od obima i vrste industrijske aktivnosti. (Ličanin & Tikveša, 2024). Zrak se smatra zagađenim kada sadrži materije u koncentracijama koje mogu izazvati štetne posljedice po žive organizme, posebno čovjeka.

Ambijentalno zagađenje zraka sastoji se od sitnih čestica (particulate matter; PM) i više toksičnih gasova. Najčešći gasoviti zagađivači su ugljen-monoksid (CO), crni ugljik (BC), azotni oksidi (NO_x), sulfati (SO₄²⁻) i ozon (O₃). Sastav zagađenog zraka zavisi od izvora emisije; na primjer, saobraćajne emisije sadrže visoke koncentracije NO₂.

U Sarajevu, naročito tokom zimskih mjeseci, dominantan izvor zagađenja zraka je grijanje stambenih objekata, najčešće putem ložišta na ugalj i drva. Stanovništvo u velikoj mjeri koristi ugalj s visokim sadržajem sumpora, koji sagorijevanjem prelazi u sumpor-dioksid (SO_2) i time dodatno zagađuje zrak. Zbog nepotpunog sagorijevanja ovih goriva dolazi do značajnih emisija lebdećih čestica (PM) i ugljen-monoksida (CO).

Saobraćaj u urbanom području Sarajeva, značajno doprinosi zagađenju zraka zbog starijih vozila, lošijeg kvaliteta goriva, tehnički neispravnih vozila (katalizator), ali i velikih gužvi i zastoja, što povećava emisije PM čestica, VOC i NO_2 te potiče nastanak prizemnog ozona (O_3).

1.1. GRANIČNE VRIJEDNOSTI ZAGAĐUJUĆIH MATERIJIA

Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) propisala je smjernice za granične vrijednosti za ambijentalni zrak. Smjernice su skup preporuka, koje bi trebale da pomognu zemljama da postignu kvalitet zraka koji štiti javno zdravlje. U skladu sa istraživanjima uticaja pojedinih zagađujućih materija na zdravlje stanovništva i brojnim zdravstvenim uticajima ove granične se ažuriraju. Prvo izdanje objavljeno je 1987., a posljednje ažuriranje je bilo 2021., kada su smjernice postrožile granične vrijednosti. Tako su recimo granične vrijednosti za $\text{PM}_{2,5}$ čestice smanjene sa $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za 24-satni prosjek, na $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a PM_{10} na $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za 24-satni prosjek. Godišnji prosjek za $\text{PM}_{2,5}$ čestice smanjene je sa $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, na $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$; a za PM_{10} sa $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zatim, O_3 – Ozon je smanjen na $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8-satna vrijednost). Sumpor dioksid (SO_2) smanjen je na $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za 24-satni prosjek, a Azotni dioksid (NO_2) na $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za 24-satni prosjek. (WHO, 2025)

U entitetu Federacija BiH granične vrijednosti definirane su na osnovu zakona i pravilnika o monitoringu kvalitete zraka. Propisane granične vrijednosti, pragovi upozorenja i uzbune, prate EU regulativu i propise, iz vremena kada su doneseni zakoni i pravilnici. (EC, 2025) Tako je propisana vrijednost za Sumpor dioksid (SO_2) $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za 24-satni prosjek, a Azotni dioksid (NO_2) na $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za 24-satni prosjek. $\text{PM}_{2,5}$ čestice nemaju propisanu graničnu vrijednost za 24-satni prosjek, ali za godišnji prosjek vrijednost je $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a PM_{10} je $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za 24-satni prosjek, a godišnji prosjek je $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ozon (O_3) je $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8-satna vrijednost). (FHMZ, 2025)

1.2. PM ČESTICE (PARTICULATE MATTER, LEBDEĆE ČESTICE)

čestica i kapljica tečnosti koje se nalaze u zraku. One variraju po veličini, obliku i hemijskom sastavu, te mogu sadržavati veliki broj različitih hemikalija. (EPA, 2025) Pojedine čestice, poput prašine, čađi ili dima, dovoljno su velike da se vide golim okom, dok su druge toliko sitne da ih je moguće uočiti isključivo uz pomoć mikroskopa

PM se klasificira prema veličini čestica na:

- grube čestice (manje od $10 \mu\text{m}$, PM_{10}),
- fine čestice (manje od $2,5 \mu\text{m}$, $\text{PM}_{2,5}$) i
- ultrafine čestice (manje od 1 nm , $\text{PM}_{0,1}$).

Mikrometar (μm) predstavlja milioniti dio metra. Ljudsko oko može uočiti čestice veličine oko 25 mikrometara ili više. (UNEP, WHO, Daul, M. Č., Krzyzanowski M., Kujundžić, O., 2021) Najsitnije PM čestice (fine $\text{PM}_{2,5}$ i Ultrafine $\text{PM}_{0,1}$) koje su dovoljno male da dospiju duboko u pluća tokom disanja, predstavljaju najveći rizik po zdravlje.

1.3. SUMPOR-DIOKSID (SO_2)

Sumpor-dioksid (SO_2) predstavlja jedan od najznačajnijih gasovitih zagađivača zraka, a njegove emisije dominantno potiču iz sagorijevanja goriva bogatih sumporom, poput uglja i teških lož ulja (mazut) koji se koriste u termoelektranama, toplanama i industrijskim postrojenjima.

U Sarajevu, individualna (kućna) ložišta često koriste lokalni ugalj s visokim sadržajem sumpora, što dovodi do izraženog lokalnog zagađenja tokom zimskih mjeseci kada je grijanje najintenzivnije.

Dodatno, prisustvo SO_2 u atmosferi doprinosi stvaranju sekundarnih čestica i kiselih kiša, što dodatno pogoršava kvalitet zraka i utiče na ekosisteme.

1.4. AZOTNI OKSIDI (NO_2 , NO_x)

Svi procesi sagorijevanja u prisustvu zraka proizvode azotne okside, poznate kao NO_x . Glavni predstavnici ove grupe su azot-oksid (NO) i azot-dioksid (NO_2), koji se zajednički nazivaju NO_x . Najznačajniji izvor NO_x emisija je drumski saobraćaj, a slijede ih termoelektrane, industrijski pogoni i drugi komercijalni izvori.

Azotni oksidi nastaju kada se dušik iz zraka hemijski veže s kisikom tokom izgaranja. Oni ne samo da direktno ulaze u atmosferu, nego i učestvuju u složenim atmosferskim procesima. Na primjer, NO_x doprinosi nastanku sekundarnih čestica i prizemnog ozona, što su ključni faktori u formiranju smoga.

1.5. OZON (O_3)

Ozon (O_3) u prizemnim slojevima atmosfere, poznat kao troposferski ozon, nastaje sekundarno i predstavlja značajan zagađivač zraka. Ne emituje se direktno, već se formira fotohemijskim reakcijama između azotnih oksida (NO_x) i hlapljivih organskih jedinjenja (VOC), uz prisustvo sunčeve svjetlosti, vodene pare i ugljen-monoksida.

Glavni izvori NO_x i VOC emisija su ispušni gasovi motornih vozila, industrijska postrojenja i sagorijevanje fosilnih goriva. Kombinacija ovih supstanci dovodi do stvaranja tzv. fotokemijskog smoga, fenomena koji je prvi put sistematski istražen sredinom 20. vijeka u Los Angelesu, zahvaljujući naučniku Haagenu-Smitu.

Prizemni ozon utiče na okolišne procese, posebno na vegetaciju, smanjujući rast šuma i usjeva, te doprinosi formiranju sekundarnih zagađivača u urbanim sredinama.

1.6. PAH - POLICIKLIČKI AROMATSKI UGLJIKOVODONICI

Policiklički aromatski ugljikovodonici (PAH) predstavljaju grupu organskih spojeva izgrađenih od dva ili više međusobno povezanih benzenskih prstenova. Ova brojna skupina jedinjenja nastaje prvenstveno tokom nepotpunog sagorijevanja fosilnih goriva, biomase i drugih materijala bogatih ugljikom, zbog čega se emisije PAH povezuju s različitim industrijskim, komercijalnim i kućnim izvorima. (dr. sc. Vesna Šimunić- Mežnarić, 2025)

PAH se međusobno razlikuju prema hemijskoj strukturi, volatilnosti, stabilnosti i stepenima toksičnosti. Spojevi sa većim brojem benzenskih prstenova (visokoprstenasti PAH) obično su postojaniji u okolišu, teže razgradivi i pokazuju izraženiji potencijal za ekotoksične efekte u poređenju s niskoprstenastim PAH.

Kao marker za najopasnija PAH jedinjenja, uzet je benzol-a-piren (B[a]P). Drumski saobraćaj je najveći izvor ukupnih PAH-jedinjenja, ali u emisijama iz saobraćaja dominiraju jedinjenja manje opasna od B[a]P.

Postojeći uslovi u Federaciji Bosne i Hercegovine ne omogućavaju redovan monitoring svih navedenih parametara, a pojedini parametri se ne mjere uopšte (benzen, benzo-a-piren, poliaromatski ugljikovodici itd.) ili samo povremeno i na nekim lokacijama (metali u lebdećim česticama). (Federalni hidrometeorološki zavod, 2025)

2. UTICAJ NA ZDRAVLJE

Većina ljudi na svijetu izložena je nezdravim nivoima zagađenja zraka, 99% populacije živi u sredini sa prekomjerno zagađenim zrakom. U 2021. godini zagađenje zraka doprinijelo je sa 8,1 milion smrti — više od jedne od osam smrti širom svijeta. Zagađen zrak postao je drugi uzročnik smrti u svijetu, odmah nakon visokog krvnog pritiska, i nadmašio pušenje.

2.1. ZDRAVSTVENI RIZICI PM ČESTICA (PARTICULATE MATTER, LEBDEĆE ČESTICE)

PM čestice (particulate matter, lebdeće čestice) mogu ozbiljno narušiti ljudsko zdravlje, jer su dovoljno male da dospiju duboko u pluća, a najfinije od njih (PM_{2.5} i ultrafine PM_{0.1}) mogu prodrijeti i u krvotok. Upravo ove najmanje čestice predstavljaju najveći zdravstveni rizik. Brojna istraživanja, uključujući studiju provedenu u 652 grada širom svijeta, dokazala su jasnu povezanost između povećanih koncentracija PM čestica i povećane smrtnosti. Ova studija je obuhvatila gotovo 60 miliona smrti u 652 grada u 24 zemlje, u periodu od 1986 do 2015. godine. Glavni nalazi studije "Ambijentalno zagađenje zraka česticama i dnevni mortalitet u 652 grada" pokazali su da je povećanje od 10 µg/m³ u dvodnevnom prosjeku koncentracije PM₁₀, bilo je povezano sa povećanjima od 0,44% u dnevnoj smrtnosti od svih uzroka, 0,36% u dnevnoj smrtnosti od kardiovaskularnih bolesti i 0,47% u dnevnoj smrtnosti od respiratornih bolesti. Odgovarajuća povećanja dnevne smrtnosti za istu promjenu u koncentraciji PM_{2.5} bila su 0,68% u dnevnoj smrtnosti od svih uzroka, 0,55% u dnevnoj smrtnosti od kardiovaskularnih bolesti i 0,74% u dnevnoj smrtnosti od respiratornih bolesti. Ove povezanosti su ostale značajne i nakon prilagođavanja za gasovite zagađivače. Povezanosti su bile jače na lokacijama sa nižim godišnjim prosječnim koncentracijama PM-a i višim godišnjim prosječnim temperaturama. Rezultati ove studije donose značajan dokaz prostorne heterogenosti u povezanostima između koncentracije PM i dnevne smrtnosti širom zemalja i regija. (Liu C, 2019)

PM čestice prodiru duboko u pluća i krvotok, uzrokujući kardiovaskularne probleme (ishemijska bolest srca), cerebrovaskularne poremećaje (moždani udar) i respiratorne efekte. I kratkotrajna i dugotrajna izloženost česticama povezana je s povećanom učestalošću obolijevanja i smrtnosti od kardiovaskularnih i respiratornih bolesti. Dugotrajna izloženost dodatno je povezana s nepovoljnim perinatalnim ishodima i karcinomom pluća. Godine 2013. Međunarodna agencija za istraživanje raka (IARC) pri WHO-u klasifikovala je čestice kao uzrok raka pluća. (WHO, n.d.)

2.2. ZDRAVSTVENI RIZICI AZOTNI OKSIDI (NO_x)

Azot-dioksid (NO₂) i azot-oksidi (NO) predstavljaju dvije glavne vrste azotnih oksida, koje se zajednički označavaju kao NO_x. NO₂ je zagađivač koji može izazvati niz nepovoljnih reakcija u organizmu. Povišene koncentracije ovog gasa dovode do iritacije i upalnih procesa u disajnim putevima, dok dugotrajna izloženost može smanjiti funkcionalni kapacitet pluća i pogoršati respiratorne tegobe. Također, NO₂ može povećati reaktivnost disajnih puteva i pojačati osjetljivost na alergene kod određenih osoba.

2.3. ZDRAVSTVENI RIZICI OZON (O₃)

Izloženost povišenim koncentracijama ozona može uzrokovati poteškoće pri disanju, potaknuti napade astme, smanjiti funkciju pluća i doprinijeti razvoju oboljenja respiratornog sistema. (WHO, n.d.)

2.4. ZDRAVSTVENI RIZICI UGLJEN-MONOKSID (CO)

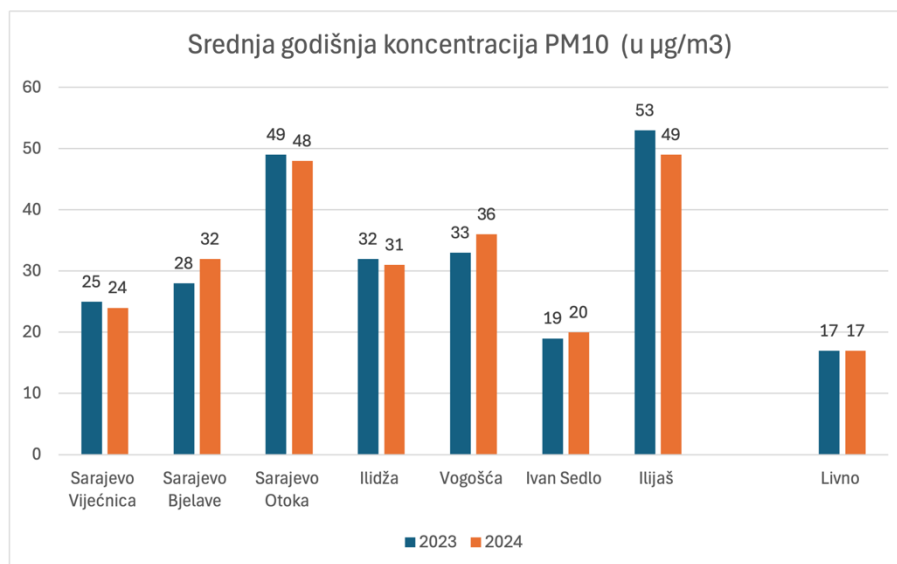
Ugljen-monoksid (CO) je bezbojan i bezmirisan gas koji nastaje pri nepotpunom sagorijevanju goriva koja sadrže ugljik. Glavni izvor ugljen-monoksida (CO) u vanjskom zraku su motorna vozila. Ugljen-monoksid prelazi kroz plućno tkivo u krvotok, otežavajući vezivanje kiseonika za ćelije u organizmu. Ovaj nedostatak kiseonika oštećuje tkiva i ćelije. Izloženost ugljen-monoksidu može uzrokovati otežano disanje, iscrpljenost, vrtoglavicu i druge simptome slične gripi. Izloženost visokim koncentracijama ugljen-monoksida može biti smrtonosna. (WHO, n.d.)

2.5. ZDRAVSTVENI RIZICI SUMPOR-DIOKSID (SO₂)

Sumpor-dioksid (SO₂) može izazvati sužavanje disajnih puteva i otežano disanje, a ovaj efekat je posebno izražen kod osoba s astmom i hroničnim plućnim oboljenjima. Izloženost SO₂ povezuje se s povećanim brojem bolničkih prijema i hitnih intervencija. Hemijskim transformacijama SO₂ u atmosferi nastaju sulfati, koji ostaju prisutni kao sekundarne čestice i doprinose ukupnoj koncentraciji PM u zraku. (WHO, n.d.)

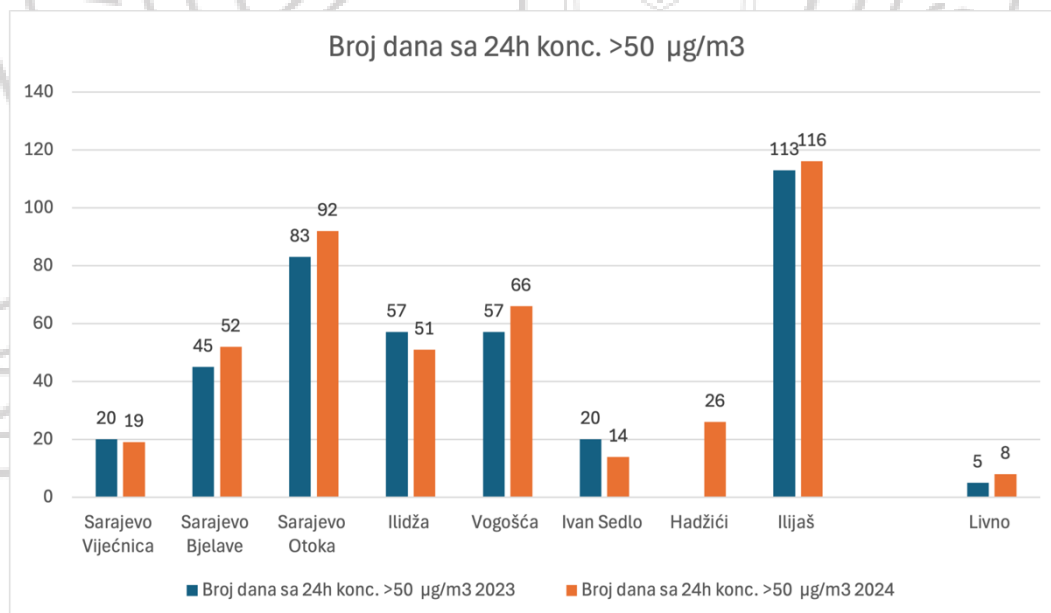
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

S obzirom da je u studijama dokazano da prekoračenje preporučenih graničnih vrijednosti (WHO) za PM₁₀ i PM_{2,5} čestica ima jasnu povezanost sa povećanom smrtnosti, istražili smo statističke rezultate mjerenja PM₁₀ čestica za 2023. i 2024. godinu. Iz dostupnih godišnjih izvještaja o kvaliteti zraka za 2023. i 2024. godinu, koje priprema i objavljuje Federalni hidrometeorološki zavod, evidentno je da je u Sarajevu srednja godišnja vrijednost PM₁₀, značajno iznad preporuka WHO (15 µg/m³), čak i na pozadinskoj stanici Ivan Sedlo. Prema važećim zakonskim propisima u FBiH, srednja godišnja koncentracija PM₁₀ je 40 µg/m³, što znači da je samo na mjernim stanicama Otoka i Ilijaš ova vrijednost prekoračena u 2023.g i 2024. godini. (Federalni hidrometeorološki zavod, 2025) Na Grafikonu 1, prikazane su srednje godišnje koncentracije PM₁₀.



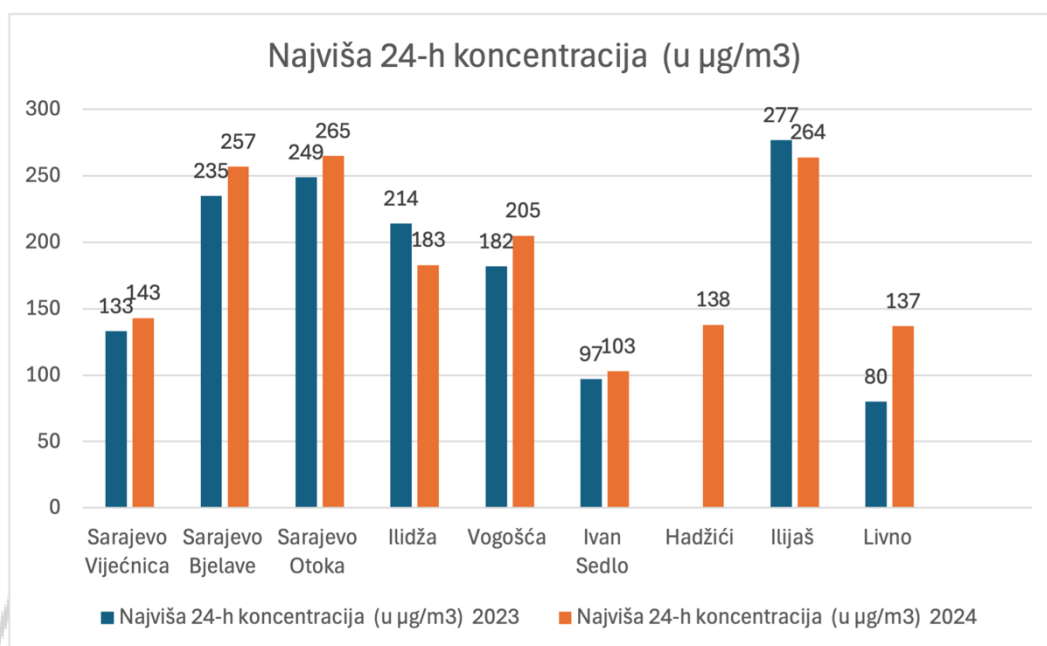
Grafikon 1: Srednja godišnja koncentracija PM 10, autori (izvor podataka FHMZ)

Granične vrijednosti za 24-satne koncentracije PM_{10} u FBiH su $50 \mu g/m^3$, dok u novim preporukama, WHO preporučuje vrijednost od $45 \mu g/m^3$. Granična vrijednost od $50 \mu g/m^3$, ne bi smjela biti prekoračena više od 35 puta u godini. Iz grafikona 2. vidimo da je na svim mjernim stanicama, osim Vijećnice, Ivan sedla i Livna, bilo više od 35 dana sa koncentracijama PM_{10} , većim od propisane granične vrijednosti. (Na mjernoj stanici u Hadžićima, nije ostvaren dovoljan broj mjerenja). Mjerne stanice u Ilijašu i na Otoci pokazuju najveći broj prekoračenja za obje posmatrane godine. Dnevne granične vrijednosti za $PM_{2,5}$ čestice nisu propisane u FBiH, a da je riječ o manjoj frakciji istog polutanta, FHMZ koristi graničnu vrijednost kao za PM_{10} . Na mjernim stanicama koje su opremljene za mjerenje $PM_{2,5}$ čestica, bilo je oko 45 dana u 2023. i 2024. godini, sa izmjerenim vrijednostima preko $50 \mu g/m^3$. U grafikonu 2, predstavljen je broj dana sa prekoračenom prosječnom dnevnom vrijednosti PM_{10} .



Grafikon 2: Broj dana sa dnevnim koncentracijama većim od $50 \mu g/m^3$ (autori, izvor podataka FHMZ)

S obzirom da je studija o povezanosti ambijentalnog zagađenja česticama pokazala da je povećanje od $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u dvodnevnom prosjeku koncentracije PM_{10} , bilo je povezano sa povećanjima od 0,44% u dnevnoj smrtnosti od svih uzroka (Liu C, 2019), analizirali smo i najviše dnevne koncentracije PM_{10} . Rezultati su predstavljeni u grafikonu 3.



Grafikon 3: Najviše 24-satna koncentracija PM_{10} čestica u 2023 i 2024 g. (Autori, izvor podataka: FHMZ)

Policiklički aromatski ugljikovodonici (PAH) predstavljaju grupu spojeva poznatih po svojim štetnim efektima na ljudsko zdravlje. Mnogi među njima su dokazani karcinogeni, posebno oni sa pet i šest aromatskih prstenova. Benzo(a)piren (BaP) se često mjeri kao njihov opšti predstavnik. U Sarajevu, koje se ubraja među evropske gradove sa najlošijim kvalitetom zraka, PAH spojevi se ne mjere rutinski u okviru mreže za praćenje kvaliteta zraka. Tokom zime 2017/2018. realiziran je projekat SAFICA (Sarajevo Canton Winter Field Campaign 2018) s ciljem karakterizacije hemijskog sastava organskog i neorganskog aerosola u Kantonu Sarajevo. U sezoni grijanja, izvršeno je mjerenje i analiza koncentracija PM_{10} čestica, i PAH jedinjenja. U prosjeku, koncentracija PM_{10} bila je 25% viša u Sarajevu (50 prema $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za Sarajevo i Zagreb), dok su ukupni PAH spojevi bili viši za 157% ($64,8$ prema $25,4 \text{ ng}/\text{m}^3$). Ukupna karcinogena potentnost PAH spojeva u Sarajevu bila je više nego dvostruko veća nego u Zagrebu, pri čemu je BaP imao najveći doprinos ukupnoj karcinogenoj potentnosti na obje lokacije. (G. Pehcec, 2020)

U cilju povezivanja ambijentalnog zagađenja zraka i uticaja na zdravlje, analizirali smo vodeće uzroke smrti stanovništva u FBiH, za Kanton Sarajevo i Kanton 10 (Livno), a što je predstavljeno u Tabeli 1. (Zavod za javno zdravstvo Federacije Bosne i Hercegovine, 2025)

Tabela 1: Tabela 1: Vodeći uzroci smrti u FBiH (izvor: Zavod za javno zdravstvo Federacije Bosne i Hercegovine. Zdravstveno statistički godišnjak Federacije Bosne i Hercegovine (2024).

VODEĆI UZROCI (MKB-X) SMRTI STANOVNIŠTVA U FBiH, 2024. /PREGLED PO KANTONIMA
Leading causes (10 ICD) of death in the Federation of B&H, 2024/survey by cantons

Rang	Šifra	Uzroci smrti	Broj umrlih	Šifra	Uzroci smrti	Broj umrlih
Rank	Cod	Causes of death	No.of deaths	Cod	Causes of death	No.of deaths
Kanton Sarajevo				Kanton 10		
1	I63	Moždani udar/ Cerebral infraction	463	I21	Akutni infarkt miokarda/ Acute myocardial infarction	45
2	I25	Hronična ishemična oboljenja srca/ Chronic ischaemic heart disease	361	I63	Moždani udar/ Cerebral infraction	31
3	I21	Akutni infarkt miokarda/ Acute myocardial infarction	277	C34	Maligne neoplazme bronha i pluća/ Malignant neoplasm of bronchus and lung	24
4	C34	Maligne neoplazme bronha i pluća/ Malignant neoplasm of bronchus and lung	274	I69	Sekvele cerebrovaskularnih oboljenja/ Sequelae of cerebrovascular disease	22
5	E11	Inzulino-neovisni diabetes mellitus/ Non-insulin dependent diabetes mellitus	266	C20	Maligna neoplazma rektuma/ Malignant neoplasm of rectum	11
		Ostali uzroci smrti/Other causes of death	2.311		Ostali uzroci smrti/Other causes of death	574
		UKUPNO/TOTAL	3.952		UKUPNO/TOTAL	707

Od oboljenja cirkulatornog sistema kategoriziranih kao (I00-I99), u Kantonu Sarajevo tokom 2024 umrlo je 1728 osoba, što predstavlja stopu od 41 na 10.000 stanovnika. Istovremeno, u Livnu (Kanton 10), od istih ovih oboljenja umrlo je 414 osoba, što predstavlja stopu od 54 na 10.000.

Od bolesti kategoriziranih kao (J00-J99), odnosno oboljenja respiratornog sistema, u 2024 u Kantonu Sarajevo umrlo je 195 osoba, što predstavlja stopu od 5 na 10.000 stanovnika, a u Kantonu 10 (Livno) 21 osoba, što predstavlja stopu od 3 na 10.000 stanovnika.

Tokom 2024.god. u Kantonu Sarajevo umrlo je 1011 stanovnika od bolesti kategoriziranih kao C00-C99 (Maligne neoplazme - maligni kancer), što predstavlja stopu od 24 na 10.000 stanovnika. U istom periodu, od ovih bolesti u Kantonu 10 (Livno) umrlo je 123 osobe, što predstavlja stopu od 16 na 10.000 stanovnika. Za oboljenja respiratornog sistema i maligne neoplazme, Kanton Sarajevo ima znatno veću stopu smrtnosti. (Zavod za javno zdravstvo Federacije Bosne i Hercegovine, 2025)

ZAKLJUČAK

Ambijentalno zagađenje zraka, vodeći je javno-zdravstveni izazov u svijetu. U Bosni i Hercegovini, posebno u Sarajevu, evidentno je prekoračenje graničnih vrijednosti emisija za više polutanata, koji imaju dokazani negativan uticaj na zdravlje. Potrebno je unaprijediti sistem za monitoring zraka, kojim bi se radile propisane redovne analize, posebno za PAH i teške metale. Pored toga, potrebno je dodatno istražiti povezanost ambijentalnog zagađenja zraka i različitih vrsta oboljenja, te razviti javno-zdravstvene politike, kako bi se djelovalo preventivno. Budući naučni radovi i istraživanja trebala bi da se usmjere u pravcu analize povezanosti aerozagađenja i različitih bolesti. Naporedo, neophodno je i smanjiti emisije u zrak, a to je moguće jedino dobrim politikama i dobrim strateškim pristupom zagađenju zraka.

LITERATURA

- [1] Ličanin, D., & Tikveša, R. (2024). „*Smjernice za edukaciju učenika osnovnih i srednjih škola o klimatskim promjenama*“. Sarajevo: Save the children.
- [2] Arsenijević, B. (2019). *Inženjering u zaštiti životne sredine*. Travnik: Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku.
- [3] Health Effects Institute. (2024). *State of Global Air 2024 Special Report*. Boston, MA: Health Effects Institute.
- [4] Federalni hidrometeorološki zavod. (2025). *Godišnji izvještaj o kvalitetu zraka u Federaciji Bosne i Hercegovine za 2024. godinu*. Sarajevo: Federalni hidrometeorološki zavod.
- [5] Zavod za javno zdravstvo Federacije Bosne i Hercegovine. (2025). *Zdravstveno statistički godišnjak Federacije Bosne i Hercegovine*.
- [6] UNEP, WHO, Daul, M. Č., Krzyzanowski M., Kujundžić, O. (2021). *Air pollution in the Western Balkans - Key Messages for Policymakers and the Public*. United Nations Environment Programme.
- [7] World Bank. (2019). *Air Pollution Management in Bosnia and Herzegovina*. World bank.
- [8] EC. (2025, 11 23). *EU air quality standards*. Retrieved from https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality/eu-air-quality-standards_en
- [9] FHMZ. (2025, 11 23). Retrieved from Federalni hidrometeorološki zavod: <https://www.fhmzbih.gov.ba/latinica/ZRAK/regulativa.php>
- [10] WHO. (2025, 11 23). *What are the WHO Air quality guidelines?* Retrieved from <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines>
- [11] World Bank Group. (2021, May 17). Retrieved from Going green means cleaner air, healthier living in the Western Balkans: <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2021/05/17/going-green-means-cleaner-air-healthier-living-in-the-western-balkans>
- [12] Euronews. (2024, 12 20). Retrieved 11 23, 2025, from Sarajevo ranks third most-polluted city worldwide with AQI of 225: <https://www.euronews.com/my-europe/2024/12/20/sarajevo-third-most-polluted-city-in-the-world-as-air-quality-index-hits-225>
- [13] EPA. (2025, 11 23). *Particulate matter pm basics*. Retrieved from Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
- [14] dr. sc. Vesna Šimunić- Mežnarić, z. s. (2025, 11 23). *Koliko smo izloženi PAH*. Retrieved from BIOINSTITUT: <https://www.bioinstitut.hr/blog/hrana-i-predmeti-opce-uporabe/koliko-smo-izlozeni-policlickim-aromatskim-ugljikovodicimag-69/>
- [15] Liu C, C. R. (2019). Ambient particulate air pollution and daily mortality in 652 cities. *The New England Journal of Medicine*, 381, 705-715.
- [16] WHO. (n.d.). *Types of pollutants*. Retrieved 11 2025, from <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants>
- [17] G. Pehnec, I. J. (2020, September 10). Carcinogenic organic content of particulate matter at urban locations with different pollution sourc..., *Science of the Total Environment*, 734, 10 2020, 139414(139414).