

# Onesnaženost zunanjega zraka kot kontinuiran javnozdravstveni izziv

## AMBIENT AIR POLLUTION AS A CONTINUING PUBLIC HEALTH CHALLENGE

Tanja Carli<sup>1</sup>, Peter Otorepec<sup>1</sup>, Janja Turšič<sup>2</sup>, Mojca Gabrijelčič Blenkuš<sup>1</sup>, Andreja Kukec<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Nacionalni inštitut za javno zdravje, Trubarjeva 2, 1000 Ljubljana

<sup>2</sup> Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje in prostor

<sup>3</sup> Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Katedra za javno zdravje

### Kaj je znanega?

Onesnaženost zunanjega zraka je prvi okoljski vzrok prezgodnje smrti v Evropski uniji in vodilni vzrok globalnega bremena kroničnih nenalezljivih bolezni, vključno z boleznimi srca in ožilja, boleznimi dihal in presnove ter raka. Zadnje raziskave kažejo tudi škodljive učinke zračnih onesnaževal, predvsem ultrafine frakcije delcev z aerodinamskim premerom 2,5 µm na centralni živčni sistem. V slovenskem prostoru sta ključni onesnaževali v zunanjem zraku delci PM<sub>10</sub> (angl. *particulate matter*, PM) kot posledica izpustov iz lokalnih virov (male kurilne naprave, industrijski viri, cestni promet (predvsem v prometno bolj obremenjenih urbanih središčih, npr. Ljubljanska kotlina)) in meteoroloških značilnosti (slabo prevetrene kotline, npr. Zasavska in Celjska kotlina, temperaturne inverzije) ter prizemni ozon (O<sub>3</sub>) kot sekundarno onesnaževalo, ki kaže regionalne značilnosti z vplivom čezmejnega transporta (daljinski transport iz Padske nižine v Italiji).

### Kaj je novega?

V članku sta prikazana dva vidika onesnaženosti zunanjega zraka: 1) učinki onesnaženega zunanjega zraka na zdravje ljudi, s poudarkom na delcih PM in O<sub>3</sub> ter 2) pregled razpoložljive slovenske literature s področja povezanosti med izpostavljenostjo onesnaženemu zunanjemu zraku in opazovanimi izidi: boleznimi dihal, zaznavanje kakovosti zunanjega zraka in okoljska neenakost v zdravju. Odločitev za prikaz teh dveh onesnaževal je temeljila na dejstvu, da je zaradi čezmerne ravni delcev PM<sub>10</sub> in O<sub>3</sub> onesnaženost zunanjega zraka v Sloveniji pomemben javnozdravstveni problem. Slabo raziskano je predvsem področje povezanosti med zaznavanjem kakovosti zunanjega zraka in objektivnimi meritvami (okoljskim monitoringom) kakovosti zunanjega zraka na območju. Po nam razpoložljivih podatkih, raziskave, ki bi proučevala povezanost med okoljsko neenakostjo v zdravju in izpostavljenostjo onesnaženemu zunanjemu zraku v Sloveniji ni.

### Navajajte kot:

Carli T., et al. Onesnaženost zunanjega zraka kot kontinuiran javnozdravstveni izziv. *Javno zdravje* 2021; 7: 1-9.

### Prispelo:

26. 5. 2021

### Sprejeto:

10. 8. 2021

### Korespondenca:

tanja.carli@nijz.si

Članek je licenciran pod pogoji Creative Commons Attribution 4.0 International licence. (CC-BY licenca). The article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY license).

### Izvleček

Onesnažen zunanji zrak je kompleksna mešanica plinov in delcev, ki lahko škodljivo deluje na vse elemente okolja, vključno s podtalnico, prstjo in zrakom in s tem neposredno oz. posredno na žive organizme (ljudi, živali, rastlinje) ali materiale (lastnino). Mednarodna agencija za raziskave raka (angl. *International Agency for Research on Cancer*, IARC) je onesnaženost zunanjega zraka in delce PM uvrstila v 1. skupino, to je med dokazano rakotvorne snovi za ljudi. Z vidika velikosti delca imajo verjetno največji učinek na zdravje ljudi delci PM<sub>2,5</sub>, zlasti pri občutljivih posameznikih, ki so izpostavljeni visokim koncentracijam delcem PM<sub>2,5</sub>. V slovenskem prostoru je bilo največ epidemioloških raziskav narejenih na področju povezanosti med izpostavljenostjo onesnaženemu zunanjemu zraku in boleznimi dihal. Malo je znanega o povezanosti med zaznavanjem kakovosti zunanjega zraka in objektivnimi meritvami (okoljskim monitoringom) kakovosti zunanjega zraka na območju, medtem, ko področje povezanosti med okoljsko neenakostjo v zdravju in izpostavljenostjo onesnaženemu zunanjemu zraku ostaja neraziskano.

**Ključne besede** onesnaženost zunanjega zraka, delci PM, prizemni ozon, učinki na zdravje ljudi, epidemiološke raziskave, neenakosti v zdravju.

### Abstract

Ambient air pollution is a complex mixture of chemicals in gaseous and aerosol form that can pose harmful effects on all components of the environment, including groundwater, soil, and air, hence directly and indirectly affect living organisms (people, animals, vegetation) and materials (possession). *The International Agency for Research on Cancer* (IARC) has classified ambient air pollution and PM particles as carcinogenic to humans (Group 1). From the view of particle size, it is likely that the greatest harm in susceptible individuals is caused due to exposure to high PM<sub>2,5</sub> concentrations. In Slovenia, most epidemiological research has been oriented towards connection between the exposure to ambient air pollution and respiratory diseases. Little is known about the link between ambient air quality perception and objective measurements (environmental monitoring) of ambient air quality in the area, while the association between health inequalities and exposure to ambient air pollution remains unexplored.

**Keywords** ambient air pollution, PM particles, ozone, impacts on human health, epidemiological research, health inequalities.

## I UVOD

Onesnaženost zunanjega zraka je globalni problem zato je bila leta 1979 sprejeta Konvencija o onesnaževanju zraka na velike razdalje preko meja (Konvencija LRTAP, angl. *Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*, LRTAP Convention), ki države članice zavezuje k zmanjševanju izpustov posameznih onesnaževal v zrak in k vodenju evidenc nacionalnih emisij onesnaževal zraka (1). Po navedbah poročila Evropske agencije za okolje (angl. *European Environmental Agency*, EEA), »Kakovost zraka v Evropi – poročilo za leto 2020«, so evropske, nacionalne in lokalne politike ter zmanjšanje emisij v ključnih gospodarskih panogah sicer pripomogle k izboljšanju kakovosti zraka po vsej Evropi (2), vendar je pri tem pomembno zavedanje, da je onesnažen zrak mešanica kemikalij v plinasti in aerosolni obliki delcev, ki ne vplivajo samo eden na drugega, ampak tudi na druge elemente okolja in socialno-ekonomske ter biološke dejavnike (t. i. **eksposom**), kar nenazadnje določa učinke na zdravje ljudi (3).

Namen strokovnega prispevka je prikazati dva vidika onesnaženosti zunanjega zraka:

1. učinke onesnaženega zunanjega zraka na zdravje ljudi, s poudarkom na delcih PM in O<sub>3</sub> ter
2. pregled razpoložljive slovenske literature s področja povezanosti med izpostavljenostjo onesnaženemu zunanjemu zraku in opazovanimi izidi: boleznimi dihal, okoljsko neenakostjo v zdravju in zaznavanje kakovosti zunanjega zraka.

## 2 UČINKI ONESNAŽENEGA ZUNANJEGA ZRAKA NA ZDRAVJE LJUDI

V fizioloških razmerah odrasla oseba vdihne 6–10 L zraka/minuto oz. do 15.000 L zraka/dan (4), torej znatno več od priporočljivega dnevnega vnosa tekočine (1,5–2,5 L) (5), ki naj bi zadoščala za pokritje fizioloških potreb. Temu primerno večja je izpostavljenost številnim onesnaževalom v zunanjem zraku in z njimi povezanimi učinki na zdravje. **Potencialno škodljive učinke** na javno zdravje in/ali okolje imajo O<sub>3</sub>, delci PM, dušikov dioksid (NO<sub>2</sub>), žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>), ogljikov monoksid (CO) in svinec (Pb) (6). Pri tem Svetovna zdravstvena organizacija (SZO) navaja, da najbolj **trdni dokazi** za zdravju škodljive učinke obstojijo za O<sub>3</sub>, delce PM, NO<sub>2</sub> in SO<sub>2</sub> (7). Učinki so lahko kratko- ali dolgoročni in pogosto odvisni od razmer v okolju (npr. podnebne, vremenske razmere, geomorfološke značilnosti), koncentracij in značilnosti onesnaževal v zunanjem zraku ter posameznikove dovzetnosti zanje.

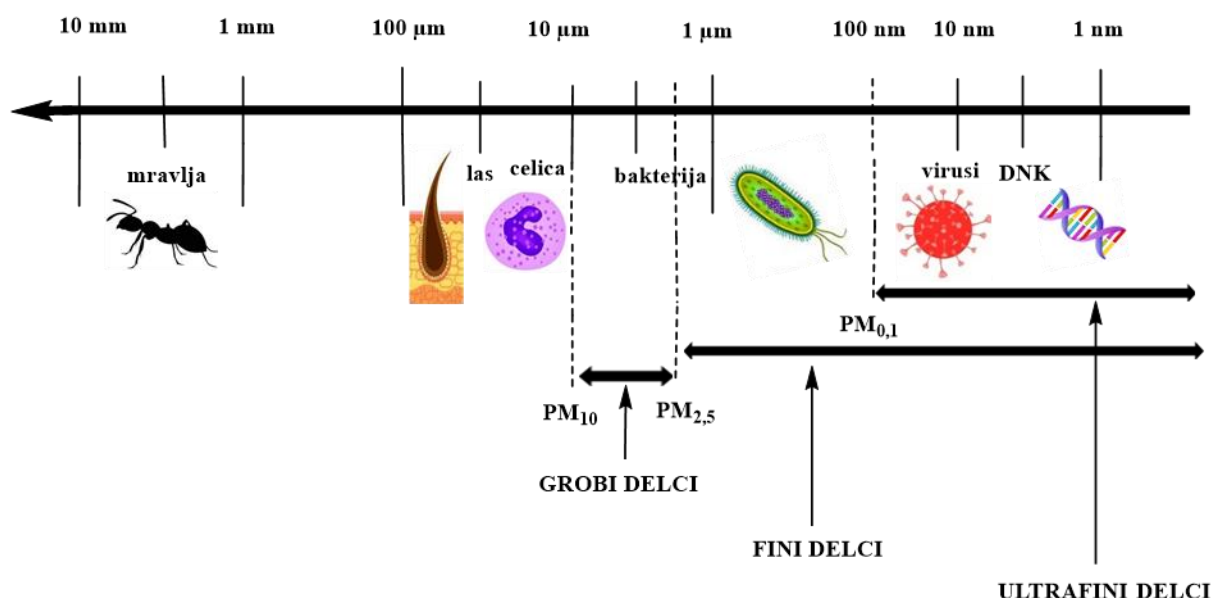
### 2.1 Kratkoročni in dolgoročni učinki

**Kratkoročni učinki** so lahko blagi (npr. draženje kože, očne in nosne sluznice ter sluznice žrela, kašelj in kihanje, oteženo dihanje) ali težji (astma, pljučnica, bronhitis, težave s strani pljuč in srca), lahko se kažejo tudi kot glavobol, slabost in vrtoglavica (8). **Daljša izpostavljenost** lahko te učinke okrepi in vpliva na normalno delovanje organskih sistemov (predvsem dihal, srčno-žilnega, živčnega (9) in reproduktivnega sistema (8)) ter prispeva k povečani prezgodnji umrljivosti, raku in umrljivosti (predvsem zaradi boleznimi dihal ter boleznimi srca in ožilja) (9).

### 2.2 Delci PM

Od zgoraj omenjenih onesnaževal imajo nedvomno enega izmed najbolj pomembnih učinkov na zdravje ljudi **delci PM**. Njihovo patogenost določajo izvor, sestava, velikost, topnost in sposobnost tvorbe reaktivnih kisikovih vrst (10). Tako so lahko **naravnega izvora** (npr. morska sol, mineralni prah, vulkanski pepel, primarni biološki aerosolni delci (npr. mikroorganizmi (bakterije, arheje, alge, glive) in suspendirane snovi (npr. spore gliv, pelod, drugi biološki fragmenti)) ali pa rezultat delovanja **človekove aktivnosti** (npr. izogrevanje fosilnih goriv in biomase, cestni promet (obraba cestišč, obraba zavor in pnevmatik), industrijska in kmetijska dejavnost) (11). Glede na mehanizem nastanka jih delimo na **primarne**, ki se sproščajo (emitirajo) v ozračje neposredno iz virov, in na **sekundarne**, ki nastajajo v atmosferi preko zapletenih reakcij (npr. fotokemične pretvorbe z UV svetlobo) iz svojih predhodnikov. Rezultat pretvorb so bolj reaktivni plini ali bolj strupeni produkti na površni delca (t. i. kemično staranje delca), lahko pa se nanje vežejo tudi določene snovi (npr. težke/prehodne kovine, bakterijski/glivni endotoksini) (12).

Večina epidemioloških raziskav zadnjega desetletja, ki je ocenjevala povezanost med izpostavljenostjo delcem PM in učinki na zdravje, je pokazala, da je **velikost delcev PM** (slika 1), ki jo izražamo z aerodinamičnim premerom (tj. premer okroglega delca z gostoto 1 g/cm<sup>3</sup>) (13), neposredno povezana z učinki na zdravje, saj **pogojuje mesto** njihovega delovanja v organizmu. **Delci večji od PM<sub>10</sub>** se namreč zadržijo v zgornjih dihalnih poteh (nos in obnosne votline), **delci PM<sub>10</sub>** dosežejo spodnje dihalne poti, **delci PM<sub>2,5</sub>** in **ultrafini delci PM<sub>0,1</sub>** (angl. *ultrafine particle*, UFP) pa prodrejo v pljučne mešičke (alveole) in preko žilnega endotelija vstopajo v pljučni oz. sistemski krvni obtok (8). Ultrafini delci PM<sub>0,1</sub> lahko dosežejo tudi možgane, in sicer preko dveh različnih poti: **1)** neposredno preko receptorjev vohalnega živca ali preko trigeminalnega živca ali **2)** posredno preko sistema krvnega obtoka. Zadnje raziskave kažejo, da lahko krvno-možgansko pregrado prehajajo tudi delci PM<sub>2,5</sub> (14).



Slika 1: Shematski prikaz relativnih velikosti delcev  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  in  $PM_{0,1}$  (prirejeno po (15)).

Glavni **mehanizmi delovanja** delcev PM na celični ravni so oksidativni stres, vnetje, genotoksičnost in celična smrt. Posledice njihovega genotoksičnega, mutagenega in kancerogenega delovanja potrjujejo izsledki epidemioloških raziskav, pri čemer se pomembni učinki delcev PM na zdravje ljudi kažejo na treh organskih sistemih:

- **dihala** (astma, kronična obstruktivna pljučna bolezen (KOPB), rak pljuč),
- **srčno-žilni sistem** (arterijska hipertenzija, akutni miokardni infarkt, možganska kap),
- **centralni živčni sistem** (izguba kognitivnih funkcij, anksioznost, Parkinsonova in Alzheimerjeva bolezen) (14).

Z vidika velikosti delca imajo **verjetno največji učinek na zdravje ljudi delci  $PM_{2,5}$** , zlasti pri občutljivih posameznikih, ki so izpostavljeni visokim koncentracijam delcev  $PM_{2,5}$ . Tveganje je največje za ljudi s kroničnimi nenalezljivimi boleznimi (predvsem boleznimi dihal, srca in ožilja), šibko socialno podporo in omejenim dostopom do zdravstvene oskrbe (16). Po ocenah SZO je zaradi izpostavljenosti  $PM_{2,5}$  v letu 2016 v mestnih in ruralnih okoljih prezgodaj umrlo približno **4,2 milijonov ljudi**, predvsem zaradi bolezni srca in ožilja (ishemična bolezen srca in kapi: 58 %), bolezni dihal (KOPB in akutne okužbe spodnjih dihalnih poti: 18 %) in raka (pljučni rak: 6 %) (17).

### 3 PREGLED RAZPOLOŽLJIVE SLOVENSKE LITERATURE ZA ONESAŽEVALI $PM_{10}$ IN $O_3$

Zaradi čezmerne ravni delcev  $PM_{10}$  in prizemnega  $O_3$  je onesnaženost zunanjega zraka v Sloveniji **pomemben javnozdravstveni problem**. Povišane ravni delcev PM so posledica lokalnih virov in meteoroloških značilnosti, pri prizemnem  $O_3$ , kot sekundarnem onesnaževalu, pa se kažejo regionalne značilnosti z vplivom čezmejnega transporta. Največ do sedaj izvedenih epidemioloških raziskav je bilo zato izvedenih na obeh prej omenjenih onesnaževalih, in sicer na območju Zasavja, Mestne občine Koper in Mestne občine Ljubljane (18)–(20).

Prva presečna raziskava, objavljena leta 2006, je bila izvedena v občini Zagorje ob Savi na populaciji osnovnošolskih otrok od 1. do 4. razreda. V raziskavi so proučevali povezanost med razširjenostjo kroničnih obolenj dihal pri otrocih in onesnaženostjo zunanjega zraka (18). Po podatkih je bila ocenjena prevalenca astme otrok na onesnaženem območju višja (10 %) v primerjavi z otroci na neonesnaženem območju (6 %). Da na območju Zasavja obstaja povezanost med boleznimi dihal pri otrocih in mladostnikih ter koncentracijo  $PM_{10}$  je na populacijski ravni pokazala **Kukčeva s sod.** s časovno raziskavo izvedeno za obdobje od 1. januarja 2006 do 31. decembra 2011 (19) in prostorsko epidemiološko raziskavo izvedeno za obdobje od 1. januarja do 31. decembra 2011 (20). S sodelavci v raziskavi so razvili metodologijo za povezovanje zdravstvenih in okoljskih podatkov na populacijski ravni, in sicer na ravni majhnih prostorskih enot v fini časovni in prostorski ločljivosti. Razvita

metodologija je bila razširjena na območje celotne Slovenije v okviru evropskega projekta **MED-HISS** (angl. *Mediterranean Health Interview Surveys Studies: Long Term Exposure to Air Pollution and Health Surveillance*, MED-HISS) pri katerem je sodelovala tudi Slovenija, in sicer v obdobju od 1. 7. 2013 do 30. 9. 2016. V okviru projekta je bila prvič na primeru kakovosti zunanje zraka ocenjena ekološka povezanost z opazovani zdravstvenimi izidi na ravni občin (21).

Pri oblikovanju z dokazi podprtih ukrepov na področju kakovosti zunanje zraka je potreben celovit pristop. Z namenom pridobitve vpogleda v stanje glede znanja, stališč in vedenja (angl. *Knowledge, attitude, practice*, KAP) mladih ter mladinskih organizacij na področju okolja in zdravja, je tako **Gorenc s sod.** izvedel presečno raziskavo, ki je pokazala, da so mladi sicer seznanjeni s problematiko onesnaženosti zunanje zraka z delci PM, vendar, z izjemo dihalnega sistema, ne poznajo njihovega škodljivega delovanja na druge organske sisteme (22).

V slovenskem prostoru je bilo izvedenih tudi več raziskav, v katerih so opazovali povezanost med zaznavanjem kakovosti zunanje zraka in rezultati okoljskega monitoringa kakovosti zunanje zraka na proučevanem območju. Izsledki iz geografsko različnih območij (Mestna občina Ljubljana: urbano območje znotraj avtocestnega območja; pretežno podeželsko območje Koprškega Primorja in Prekmurja) so pokazali, da prebivalci onesnaženost zraka (in hrup) zaznavajo kot glavni okoljski problem v bivalnem okolju in da je prepričanje o slabi kakovosti zraka (in hrupa), kljub sicer splošnemu izboljšanju, **globoko zakoreninjeno dejstvo** (23), (24). To potrjujejo druge raziskave po svetu (25), ki navajajo tudi, da med izmerjenimi koncentracijami onesnaževal in zaznavanjem kakovosti zraka anketirancev ni statistično pomembne povezanosti (26), (27).

Več dejavnikov bi lahko pojasnilo ta razhajanja. V slovenskem prostoru ima **globoko zakoreninjeno dejstvo** o slabi kakovosti zunanje zraka nedvomno vzroke tudi v **dolgi tradiciji rudarstva** (idrijski rudnik živega srebra, rudnik svinca in cinka v Mežici), premogovništva in različnih industrijskih panog, ki so bile vezane predvsem na dostopne domače surovine (železarstvo, steklarstvo, energetika oz. pridobivanje električne energije, cementarne...). Od včasih največjih premogovnikov na območju Trbovelj, Zagorja in Hrastnika (t. i. Črni revir) in Velenja (Velenjski premogovniški bazen), danes za potrebe termoelektrarne Šoštanj obratuje le še rudnik lignita v Velenju. Delno bi k slabi povezanosti med subjektivnimi zaznavami anketirancev in objektivnimi meritvami v prid izboljšanja kakovosti zunanje zraka, lahko doprinesla tudi **medijska izpostavljenost** problematike onesnaženosti zunanje zraka, saj je v dveh od prej omenjenih raziskav sovpadala s časovnico izvedbe

anketiranja. Tako je bila v letu 2010 precej medijsko podprta grožnja po zapiranju oz. taksaciji mestnega središča Ljubljane v povezavi z onesnaževanjem zraka zaradi prometa, medtem ko je v letu 2013 Slovenija prejela nov opomin Evropske komisije zaradi preseženega dovoljenega števila prekoračitev dnevne mejne vrednosti delcev PM<sub>10</sub>. Kot kažejo ugotovitve ene izmed raziskav bi k subjektivni oceni o slabi kakovosti zraka lahko botrovalo tudi povezovanje onesnaženega zunanje zraka z naraščajočimi izpusti toplogrednih plinov, čeprav le-ti večinoma ne vplivajo na lokalno kakovost zraka (23).

Razpoložljivi podatki tudi kažejo, da se rezultati slovenskih raziskav **precej razlikujejo** od izsledkov evropskih raziskav o kakovosti življenja iz leta 2015 (28) in 2019 (29), izvedenih v 79 oz. 83 evropskih držav, in v katerih so anketirali tudi 500 oz. 700 prebivalcev Ljubljane. V letu 2015 je bilo namreč kar 76 % anketirancev zadovoljnih s kakovostjo zraka, v letu 2019 pa 74 %. Pri tem je bila v obeh primerih tretjina anketirancev celo zelo zadovoljna z njo. Nakazuje se, da prebivalci v svojem lokalnem okolju izražajo večje nezadovoljstvo s kakovostjo okolja kakor v raziskavah, ki sugerirajo primerjavo njihovega mesta z drugimi evropskimi mesti (23).

Po našem vedenju raziskave, ki bi proučevala povezanost med okoljsko neenakostjo v zdravju in izpostavljenostjo onesnaženemu zunanemu zraku v slovenskem prostoru **še ni**. Pri tem so zanimivi izsledki nedavnega sistematičnega pregleda literature, ki so pokazali, da je socialno-ekonomski položaj sicer povezan z izpostavljenostjo slabši kakovosti zunanje zraka (višje koncentracije delcev PM<sub>2,5</sub> in PM<sub>10</sub> in dušikovih oksidov (NO<sub>2</sub> in NO<sub>x</sub>)) (30), vendar pa ne generira enotnega vzorca - tako ne na ravni okolij kot ne na ravni populacijskih skupin, vključno z etničnimi manjšinami.

## 4 ZAKLJUČEK

Onesnažen zunanji zrak je eden izmed najpomembnejših javnozdravstvenih problemov v razvitih državah s kratko- ali dolgoročnimi učinki na zdravje ljudi. Ostaja kontinuiran javnozdravstveni izziv zato je, z namenom zagotavljanja zdravja ljudi, potrebno pripraviti zakonodajne podlage na področju kakovosti zunanje zraka. Pri pripravi le-teh je ključno sodelovanje različnih javnosti - od stroke, širše javnosti, odločevalcev na različnih ravneh odločanja do raziskovalcev. Prav tako se v slovenskem prostoru kaže potreba po integriranem pristopu ocene kakovosti zunanje zraka in uporabi novega pristopa, t. i. eksposoma. Zlasti velik je tudi izziv na področju povezanosti med okoljsko neenakostjo v zdravju in izpostavljenostjo onesnaženemu zunanemu zraku, saj pri nas to področje še ni raziskano.



**Nasprotje interesov:** Avtorji izjavljamo, da ne obstajajo nasprotja interesov.

## LITERATURA

1. Republika Slovenija. Ministrstvo za okolje in prostor. Agencija Republike Slovenije za okolje. Kakovost zraka [Internet]. [citirano 19. maj 2021]. Dostopno na: <https://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/>
2. European Environment Agency. Air quality in Europe - 2020 report — European Environment Agency [Internet]. 2020 [citirano 19. maj 2021]. Dostopno na: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>
3. Gangwar R, Bevan GH, Palanivel R, Das L, Rajagopalan S. Oxidative stress pathways of air pollution mediated toxicity: Recent insights. *Redox Biol.* 2020;34:101545.
4. Bragoszewska E, Biedron I, Kozielska B, Pastuszka J. Microbiological indoor air quality in an office building in Gliwice, Poland: analysis of the case study. *Air Qual Atmos Health.* 2018;11(6):729–40.
5. Walter F, Boron, Emile L. Boulpaep. Organization of the gastrointestinal system. V: Medical physiology. 3 rd izd. Elsevier - Health Sciences Division; 2015.
6. Grzywa-Celińska A, Krusiński A, Milanowski J. „Smoging kills“ - Effects of air pollution on human respiratory system. *Ann Agric Environ Med.* 2020;27(1):1–5.
7. WHO | Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease [Internet]. WHO. World Health Organization; [citirano 19. maj 2021]. Dostopno na: <http://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>
8. Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A, Bezirtzoglou E. Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Front Public Health.* 2020;8(14):1–13.
9. Sofia D, Gioiella F, Lotrecchiano N, Giuliano A. Mitigation strategies for reducing air pollution. *Environ Sci Pollut Res.* 2020;27(16):19226–35.
10. Xing Y-F, Xu Y-H, Shi M-H, Lian Y-X. The impact of PM2.5 on the human respiratory system. *J Thorac Dis.* 2016;8(1):E69-74.
11. Fuzzi S, Baltensperger U, Carslaw K, Decesari S, Denier van der Gon H, Facchini M. Particulate matter, air quality and climate: lessons learned and future needs. *Atmos Chem Phys.* 2015;15(14):8217–99.
12. Hahad O, Lelieveld J, Birklein F, Lieb K, Daiber A, Münzel T. Ambient Air Pollution Increases the Risk of Cerebrovascular and Neuropsychiatric Disorders through Induction of Inflammation and Oxidative Stress. *Int J Mol Sci.* 2020;21(12):4306.
13. Mazzoli-Rocha F, Fernandes S, Einicker-Lamas M, Zin W. Roles of oxidative stress in signaling and inflammation induced by particulate matter. *Cell Biol Toxicol.* 2010;26(5):481–98.
14. Arias-Pérez R, Taborda N, Gómez D, Narvaez J, Porrás J, Hernandez J. Inflammatory effects of particulate matter air pollution. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2020;27(34):42390–404.
15. Li M, Mallat L. Health Impacts of Air Pollution | SCOR [Internet]. 2018 [citirano 19. maj 2021]. Dostopno na: <https://www.scor.com/en/expert-views/health-impacts-air-pollution>
16. Tong S. Air pollution and disease burden - The Lancet Planetary Health. *Lancet.* 2019;3(2):E49-50.
17. WHO. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. 2016.
18. Eržen I. Proučevanje razširjenosti kroničnih obolenj dihal pri otrocih na območju občine Zagorje ob Savi. V: Proučevanje vpliva okolja na pojav določenih bolezní in povečano stopnjo umrljivosti prebivalcev na območju občine Zagorje ob Savi Zaključno poročilo. Celje: Celje: Zavod za zdravstveno varstvo Celje; 2006. str. 20–3.
19. Kučec A, Eržen I, Farkaš-Lainščak J, Zaletel-Kragelj L. Impact of air pollution with PM10 on primary health care consultations for respiratory diseases in children in Zasavje, Slovenia: a time-trend study. *Zdrav Var.* 2014;53:55–68.
20. Kučec A, Božnar M, Mlakar P, Grasic B, Herakovic A, Zadnik V. Methodological approach in determination of small spatial units in a highly complex terrain in atmospheric pollution research: the case of Zasavje region in Slovenia. *Geospat Health.* 2014;8(2):527–35.

21. MED HISS projekt | [www.nijz.si](http://www.nijz.si) [Internet]. [citirano 19. maj 2021]. Dostopno na: <https://www.nijz.si/sl/med-hiss-projekt>
22. Gorenc T, Carli T, Vračko P, Kovač N, Kukec A. Znanje, stališča in vedenja mladih ter pogledi mladinskih organizacij na področje okolje-zdravje v Sloveniji. *Javno zdravje*. 2020;7:1–12.
23. Vintar Mally K. Zaznavanje kakovosti zraka v Ljubljani. *Dela*. 2016;46:67–76.
24. Mally VK. Zaznavanje prometa kot pritiska na okolje na izbranih območjih Slovenije. V: *Okoljski učinki prometa in turizma v Sloveniji* [Internet]. Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani; 2009 [citirano 19. maj 2021]. str. 73–85. Dostopno na: <https://e-knjige.ff.uni-lj.si/znanstvena-zalozba/catalog/view/60/129/1387-1>
25. Schmitz S, Weiland L, Becker S, Niehoff N, Schwartzbach F, von Schneidemesser E. An assessment of perceptions of air quality surrounding the implementation of a traffic-reduction measure in a local urban environment. *Sustainable Cities and Society*. 2018;41:525–37.
26. Brody S, Peck B, Highfield W. Examining localized patterns of air quality perception in Texas: a spatial and statistical analysis. *Risk Anal*. 2004;24(6):1561–74.
27. Paas B, Schmidt T, Markova S, Maras I, Ziefle M, Schneider C. Small-scale variability of particulate matter and perception of air quality in an inner-city recreational area in Aachen, Germany. *Meteorologische Zeitschrift*. 2016;25(3):305–17.
28. European Commission, Directorate-General for Regional and Urban Policy. Quality of life in European Cities 2015. Flash eurobarometer 419 [Internet]. 2016 [citirano 19. maj 2021]. Dostopno na: [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/en/information/publications/studies/2016/quality-of-life-in-european-cities-2015](https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/studies/2016/quality-of-life-in-european-cities-2015)
29. European Commission, Directorate-General for Regional and Urban Policy. Report on the quality of life in European cities, 2020 [Internet]. 2020 [citirano 19. maj 2021]. Dostopno na: [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/en/information/maps/quality\\_of\\_life/](https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/maps/quality_of_life/)
30. Fairburn J, Schüle S, Dreger S, Karla Hilz L. Social Inequalities in Exposure to Ambient Air Pollution: A Systematic Review in the WHO European Region. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(17):3127.