

Vplivi onesnaženega zraka na zdravje

Majda Pohar, Simona Uršič

Strokovno srečanje
Ljubljana, Institut Jožef Stefan, 27. maja 2025

Onesnaženost zraka in vplivi na zdravje

Onesnaženemu zunanjemu zraku smo izpostavljeni vsi. Zato ima iz javnozdravstvene perspektive **velik vpliv na zdravje celotne populacije.**

- eden največjih okoljskih tveganj za zdravje ljudi
- prizadene vsakogar, nimamo proste izbire
- vdihnemo čez 20.000 krat na dan, čez 10.000 litrov zraka na dan
- posledično: **pljuča dobijo pomembno količino onesnaževal, tudi tistih, ki so prisotna v zelo nizkih koncentracijah**

Onesnaženost zraka

- kompleksna mešanica različnih onesnaževal, plinov in delcev (trdnih in kapljic tekočine)
- veliko raziskav je osredotočenih na **posamezna onesnaževala**
- na organizem ne vplivajo samo posamezne škodljive snovi ampak tudi **mešanice** teh snovi, kjer se vplivi lahko seštevajo, množijo, potencirajo - **kumulativna toksičnost**
- med onesnaževali tudi rakotvorne in mutagene substance, ki pridejo v telo in se v telesu metabolizirajo
- imajo vlogo v oksidativnem stresu, **kroničnem sistemskem vnetju** in poškodbah DNK v celicah, kar lahko vodi v številne zdravstvene posledice

Onesnaženost zraka in vplivi na zdravje

- pomemben dejavnik tveganja za nastanek **kroničnih nenalezljivih bolezni in povečano umrljivost**
- Svetovna zdravstvena organizacija ocenjuje, da je breme bolezni, ki ga lahko pripišemo onesnaženemu zraku, primerljivo tistemu, ki ga pripisujemo npr. nezdravi prehrani, sedečemu načinu življenja ali kajenju
- vsako leto povzroči več milijonov smrti in izgubljenih let zdravega življenja

- izpostavljenost onesnaženemu zraku je dokazano povezana s
 - **povečano obolevnostjo** zaradi **ishemičnih bolezni srca in možganske kapi, sledijo bolezni dihal**
 - **povečano smrtnostjo** zaradi teh vzrokov
najpogostejša vzroka smrti, ki ju je mogoče pripisati izpostavljenosti onesnaženosti zraka, sta **ishemična bolezen srca in možganska kap, sledijo pljučne bolezni in pljučni rak**
- danes so pri nas med onesnaževali najbolj v ospredju **delci** in **ozon**

Študije vplivov na zdravje

- večina študij, ki raziskuje **vplive onesnaženega zraka na zdravje**, je preučevala povezave med izpostavljenostjo **delcem** in zdravjem
- ker so **delci** dober pokazatelj vplivov onesnaženega zraka kot celote

Delci

Delci (particulate matter – PM)

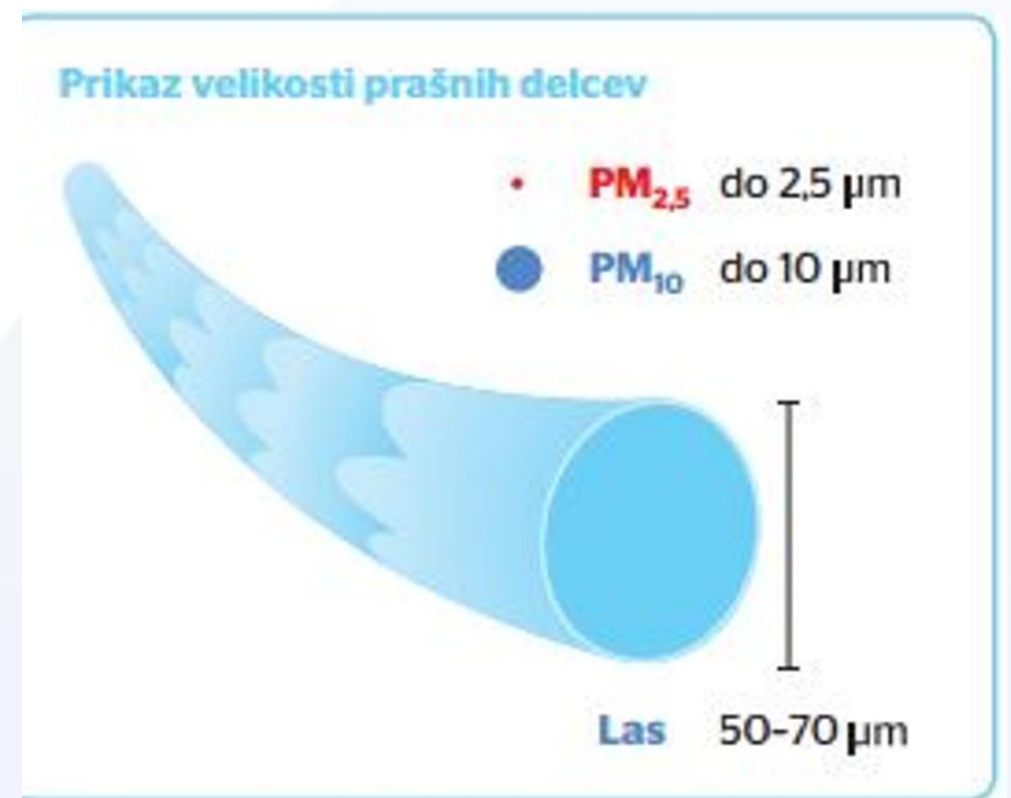
glavno onesnaževalo zraka v zimskem obdobju

škodljivost delcev je odvisna od njihove

velikosti

primesi, ki so vezane nanje (npr. kovine, organske snovi, reaktivni plini)

- odvisno od lokalnega vira onesnaženja
 - različen oksidativni potencial delcev
- **najbolj škodljivi so najmanjši**
- fini delci, manjši od $2,5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$)
 - ultrafini – nanodelci, manjši od $0,1\mu\text{m}$
 - prehajajo v pljučnih v krvni obtok

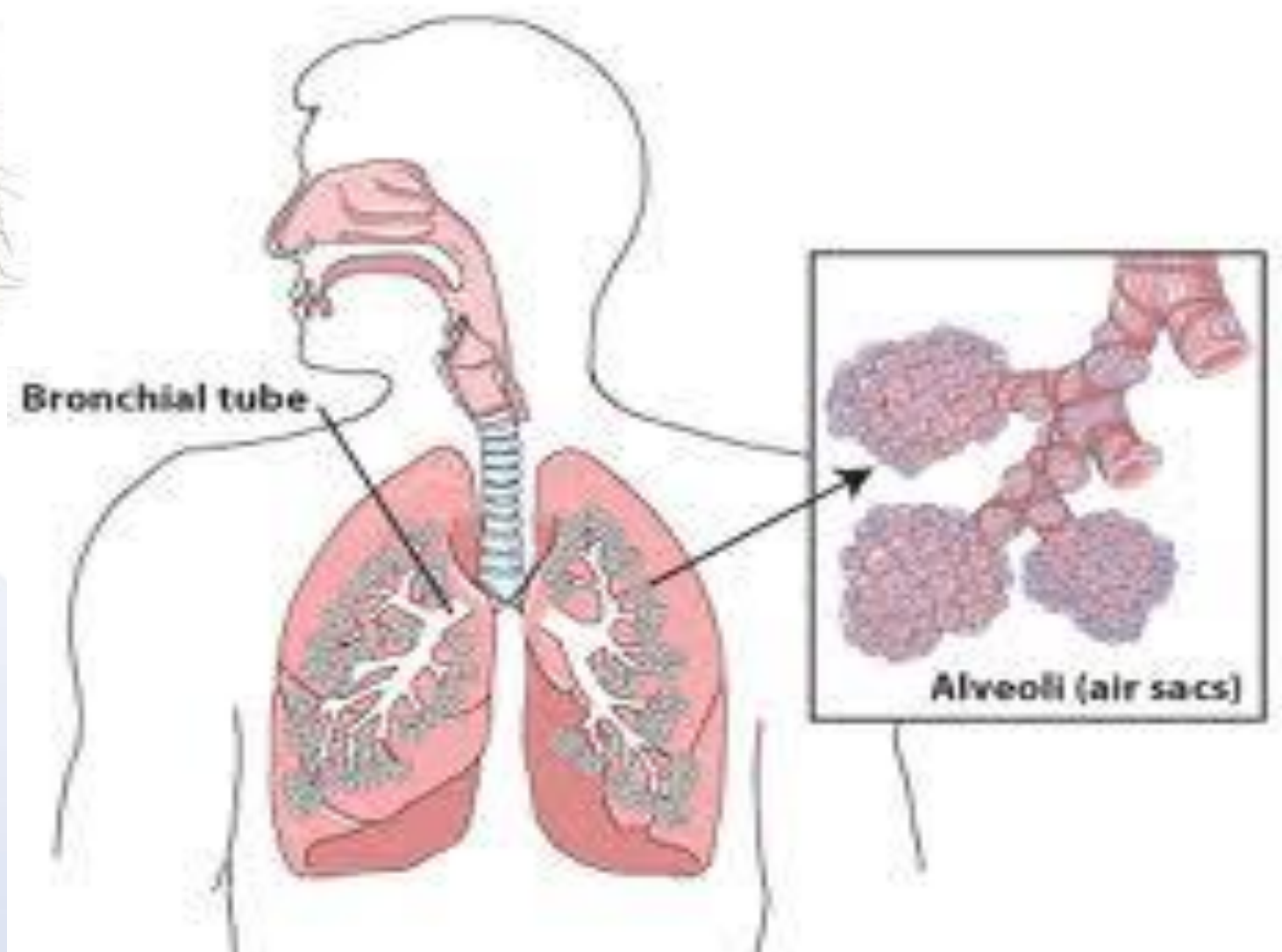
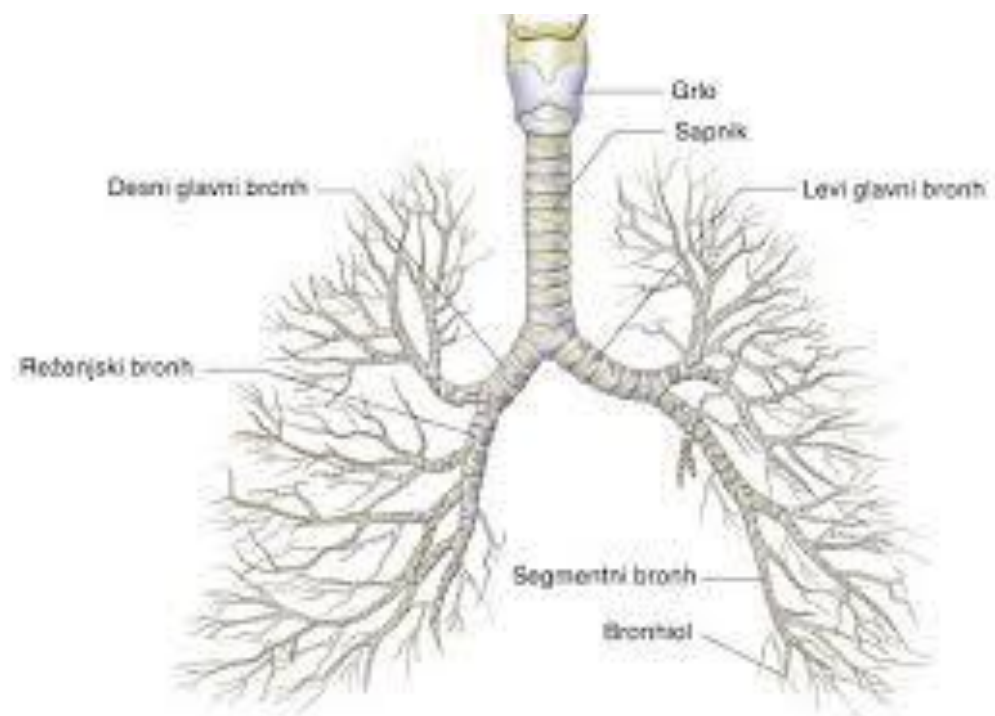


Delci, mehanizem delovanja in posledice

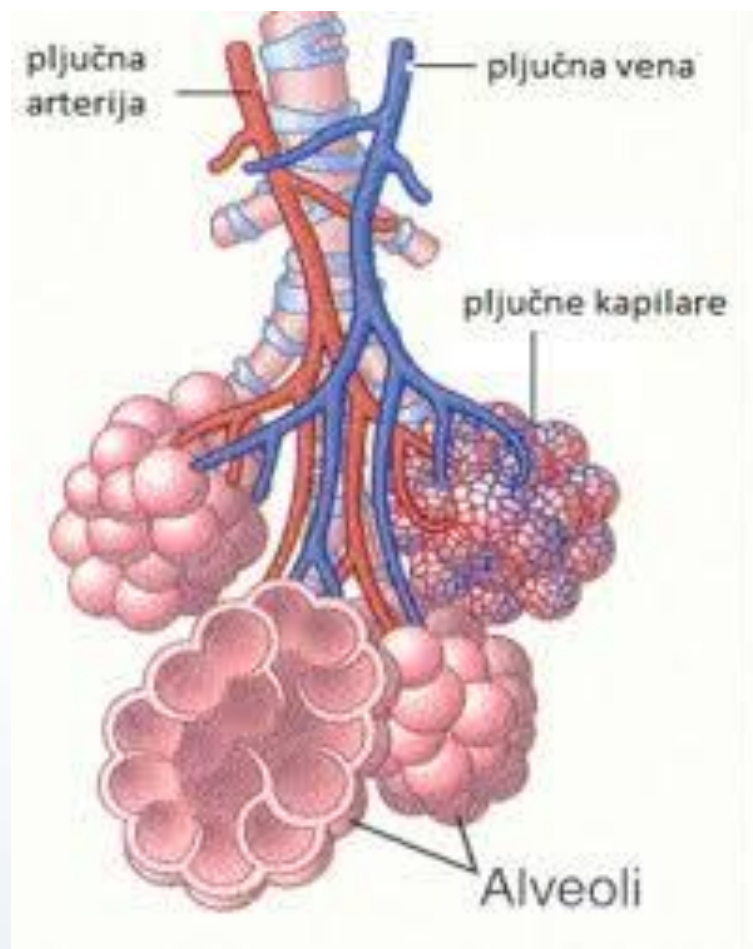
- Osnovni mehanizem: povzročanje oksidativnega stresa in posledično vnetja.

delci PM_{2,5} - reaktivne kisikove spojine (ROS) v pljučih – poškodba celic, oksidacija membranskih lipidov, strukturnih proteinov, encimov, nukleinskih kislin

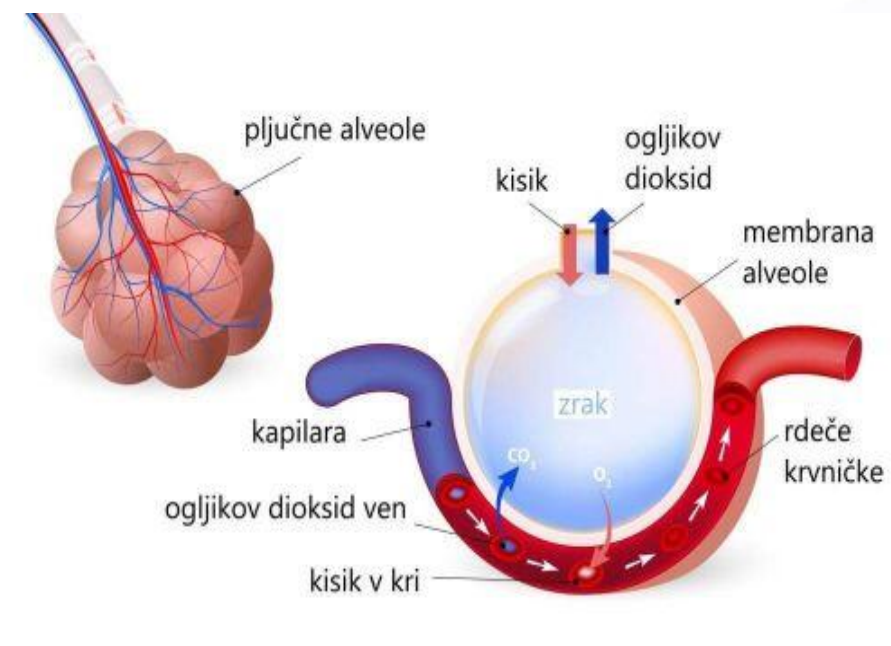
- Vnetje nastopi najprej v dihalih, kjer delci vstopajo – lokalno vnetje.
- Fini delci preko pljuč prehajajo v kri, povzročijo vnetje v različnih organih – sistemsko vnetje.



Vir: Künzli in sod., 2010



Vir: <https://naravoslovje.sers.si/wp-content/uploads/2014/09/DIHALA.pdf>



Vir: <https://www.zaper-zaperino.si/pljucne-alveole-in-zaper/>

Delci, mehanizem delovanja in posledice

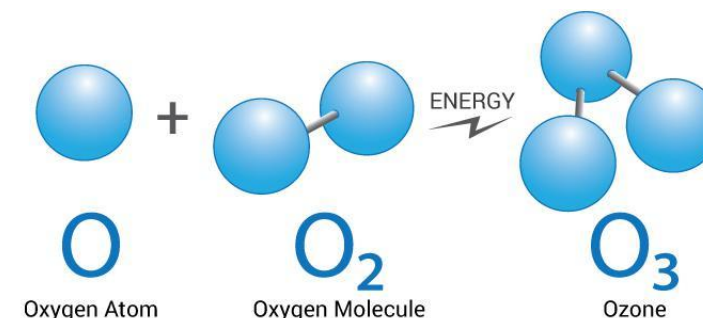
V krvnem obtoku

- učinkujejo na celice žilnega endotelija, povzročajo lokalni oksidacijski stres ter vnetne učinke, podobno kot v pljučih
- Posledice kratkotrajne izpostavljenosti:
 - poškodba sluznice dihal, vnetje
 - akutno poslabšanje že obstoječih bolezni dihal, srca in žilja

Delci, posledice dolgotrajne izpostavljenosti:

- pospešitev nastajanja in napredovanja aterosklerotičnih sprememb v žilnih stenah, zvišan krvni tlak
 - geneza kroničnih srčnožilnih bolezni in večje tveganje za akutni srčni infarkt in možgansko kap
 - večja nagnjenost k strjevanju krvi, nastajanje krvnih strdkov, venska tromboza
 - večje tveganje za metabolne bolezni: sistemsko vnetje in sistemska okvara žilja prizadene tkiva, odgovorna za inzulinsko odpornost (jetra, maščobno tkivo, mišice, možgani) in sladkorno bolezen tipa 2
 - spremembe v centralnem živčnem sistemu, povezava z nevrodegenerativnimi boleznimi (upad kognitivnih sposobnosti pri starejših, demenca, anksioznost...)
 - negativni vplivi na nosečnost, plod, novorojenčka, otroka
- **Oboje – kratkotrajna in dolgotrajna izpostavljenost** lahko vodi do zmanjšanja pljučne funkcije, povečane dovzetnosti/občutljivosti za okužbe dihal in poslabšanje astme.

Ozon



Vir: <https://www.isthayvanhastanesi.com/kopek/evcil-hayvanlarda-ozon-tedavisi/>

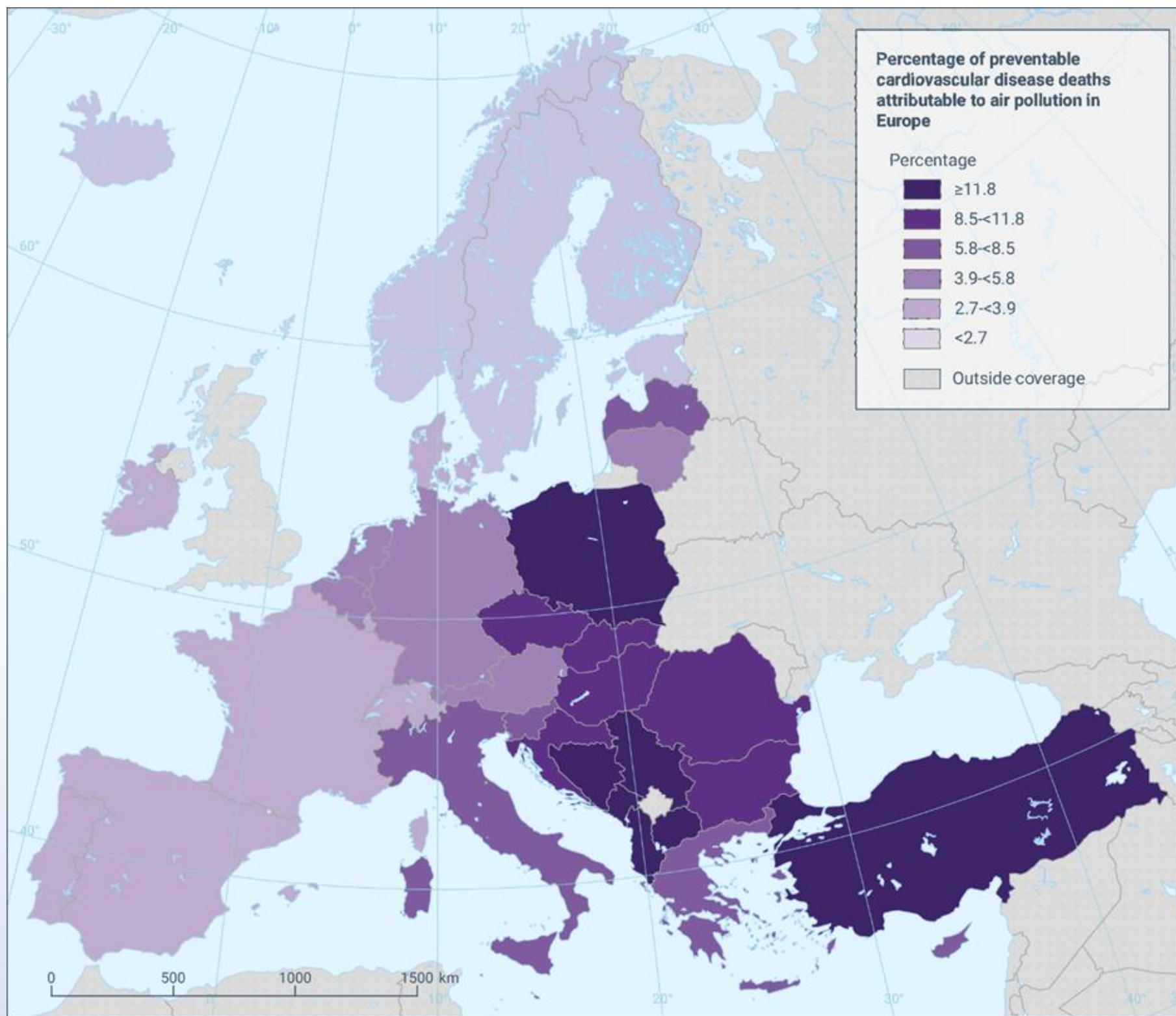
- glavno onesnaževalo zraka v poletnem obdobju, zlasti na Primorskem in v višjih legah
- izredno reaktiven plin, močan oksidant
- najbolj prizadene **dihala**
 - mehanizmi poškodbe dihal so zapleteni, osrednje dogajanje je **vnetje**
 - akutno in prehodno
 - pri dolgotrajni izpostavljenosti: lahko trajne strukturne bolezenske spremembe pljučnega tkiva oz. dihal
- **ožilje, srce:**
 - pospešen razvoj ateroskleroze
 - potrjena povezava z večjo umrljivostjo

EEA 2023: Delež smrtnih primerov zaradi **srčno žilnih bolezni**, ki ga lahko pripišemo onesnaženemu zraku

Na podlagi študije Global Burden of Disease 2020 za Evropo:

Delež srčno-žilnih smrti, ki jih pripisujejo onesnaženemu zraku:

- Evropa: preko 7%
- jugovzhodna in vzhodna Evropa – ponekod skoraj 19%
- severnoevropske države imajo manjše vrednosti, najmanjši delež primerov SŽB zaradi onesnaženosti zraka je ugotovljen na Švedskem (1,11 %)



Reference data: © EuroGeographics, © FAO (UN), © TurkStat Source: European Commission – Eurostat/GISCO

Vir: EEA 2023 (Na podlagi študije Global Burden of Disease (IHME, 2020) (onesnaževanje zunanega in notranjega zraka)

Vplivi na zdravje, rak

Mednarodna agencija za raziskave raka
je zunanji zrak, onesnažen z delci, uvrstila
v 1. skupino rakotvornih snovi.

Mednarodna agencija za raziskave raka

IARC - International Agency for Research on Cancer

- skupina ekspertov za evalvacijo rakotvornega tveganja za človeka
- obravnavala **posamezna onesnaževala** in njihovo toksikokinetiko (IARC Monografije Volumni 92, 93, 95, 100C, 100E, 103, 105)
- veliko posameznih onesnaževal in mešanic, prisotnih v zraku, je bilo razvrščenih v skupino **rakotvornih za človeka** (skupina 1) - npr. benzen, benzo[a]piren, policiklični aromatski ogljikovodiki, dizelski izpusti, krom 6+, dioksin
 - nekateri v skupino 2A – **verjetno rakotvornih za človeka**
- v monografiji iz leta 2016 (Outdoor Air Pollution, Volumen 109) pa je **obravnava onesnažen zrak kot celota**, njegova celotna heterogenost in kompleksna mešanica onesnaževal

IARC 2016: Zaključki:

- obstaja dovolj dokazov za rakotvornost pri eksperimentalnih živalih in pri človeku
- onesnaženost zraka je uvrščena v skupino 1 – **dokazana rakotvornost za ljudi**:
 - onesnaženost zunanjega zraka na splošno
 - specifično za delce
- dokazano povzroča raka pljuč
- nakazuje se povezanost z rakom sečnega mehurja
- možna povezanost z drugimi raki

- v obdobju 2005 – 2020 so se emisije vseh ključnih onesnaževal zraka v EU-27 zmanjšale (EEA, 2022)
- kljub temu še zdaleč nismo dosegli varne ravni kakovosti zraka po vsej Evropi

Ključno vprašanje

Ali obstajajo mejne koncentracije,
pod katerimi onesnaženost zraka
nima vpliva na zdravje?

- Vemo pa
- povezava med koncentracijo **delcev** in povečanim tveganjem za zdravje **je linearna**
- **tveganje za pljučnega raka** se povečuje s povečano izpostavljenostjo delcem; **povezava je linearna in statistično značilna**
- Zato so prizadevanja za izboljšanje kakovosti zraka tako pomembna
kakršnokoli zmanjšanje onesnaženosti zraka:
pomembno izboljšanje za zdravje prebivalcev

Vloga NIJZ :

- informiranje, osveščanje, priprava priporočil za
 - zmanjšanje izpostavljenosti
 - zmanjševanje onesnaževanja zraka
- v sodelovanju z drugimi, predvsem z ARSO, MOPE, pediatri, pulmologi ... osveščamo:
 - strokovno javnost
 - nosilce odločitev v politiki
 - **prebivalce**

Posebna skrb je namenjena **ranljivim skupinam** (otroci, starejši odrasli, kronični bolniki, nosečnice, ljudje, ki delajo na prostem).

Priporočila objavljamo na spletnih straneh NIJZ, socialnih omrežjih, posredujemo jih medijem, lokalnim skupnostim, predstavljamo jih na različnih srečanjih za strokovno in laično javnost.

[Priporočila za prebivalce ob povišanih ravneh delcev](#)

[Priporočila za prebivalce ob povišanih ravneh ozona](#)

[Indeks kakovosti zraka Evropske okoljske agencije](#)

[Domov](#) ▶ [Moje okolje](#) ▶ [Zrak](#)

Zrak

Slaba kakovost zraka škodi našemu zdravju, blaginji in okolju.

NE SPRE

Medn
čiste
modr

PODROB

MOJE OKOLJE

**Mednarodni dan čistega
zraka za modro nebo**

30.08.2024

MOJE OKOLJE

**Napotki prebivalcem za
ravnanje v vročih dneh**

12.08.2024

MOJE OKOLJE

Požari v naravi

02.08.2024

MOJE OKOLJE

**Visoke vrednosti delcev v
zunanjem zraku zaradi...**

21.06.2024

AQI na spletni strani ARSO



Modelska napoved AQI

- za 2 dni vnaprej
- omogoča prebivalcem ustrezno načrtovanje aktivnosti na prostem glede na pričakovano kakovost zraka

Priporočila prebivalcem glede na raven AQI

Raven indeksa kakovosti zraka	Priporočila za splošno populacijo	Priporočila za ranljive skupine*
Zelo dobra	Kakovost zraka je dobra. Uživajte v svojih običajnih dejavnostih na prostem.	Kakovost zraka je dobra. Uživajte v svojih običajnih dejavnostih na prostem.
Dobra	Uživajte v svojih običajnih dejavnostih na prostem.	Uživajte v svojih običajnih dejavnostih na prostem.
Sprejemljiva	Uživajte v svojih običajnih dejavnostih na prostem.	Razmislite o zmanjšanju intenzivnih dejavnosti na prostem, če občutite simptome.
Slaba	Razmislite o zmanjšanju intenzivnih dejavnosti na prostem, če občutite simptome, kot so vnete oči, kašelj ali vneto grlo.	Razmislite o zmanjšanju telesne dejavnosti, zlasti na prostem, še posebej, če občutite simptome.
Zelo slaba	Razmislite o zmanjšanju intenzivnih dejavnosti na prostem, če občutite simptome, kot so vnete oči, kašelj ali vneto grlo.	Zmanjšajte telesno dejavnost, zlasti na prostem, še posebej, če občutite simptome.
Izredno slaba	Zmanjšajte telesno dejavnost na prostem.	Izogibajte se telesni dejavnosti na prostem.

*odrasli in otroci s težavami zaradi bolezni dihal ter odrasli z boleznimi srca

Zaključek

- onesnažen zrak predstavlja eno največjih okoljskih tveganj za zdravje ljudi
- pomembno prispeva k večji obolevnosti in prezgodnji umrljivosti zaradi bolezni srca, ožilja in dihal, pljučnega raka. Povezan je tudi z boleznimi drugih organskih sistemov
- izpostavljena je celotna populacija nekega območja, države... zato ima zelo velik učinek na zdravje populacije
- posebej občutljive ranljive skupine
- nimamo zdravil za preprečitev bolezni, ki jih povzroča onesnažen zrak, lahko le lajšamo znake in simptome
- pomemben del preventive je spremljanje stanja onesnaženosti in upoštevanje priporočil za prebivalce
- izvajanje ukrepov za zmanjšanje onesnaženosti zraka v domačem okolju

**Lepo se vam zahvaljujem
za pozornost!**