

**NIJZ**

Nacionalni inštitut  
za **javno zdravje**

# Zrak in zdravje

Majda Pohar, dr. med., spec. higijene  
mag. Simona Uršič, dr. med., spec. higijene

# Onesnažen zrak

Eden glavnih okoljskih dejavnikov tveganja za zdravje.

**V razvitem svetu je najpomembnejši okoljski javnozdravstveni problem.**

**Ocena SZO:** zaradi onesnaženega zraka po svetu vsako leto prezgodaj umre okoli 2 M ljudi.

Onesnaženi hrani in vodi se še lahko izognemo, skoraj nemogoče pa se je izogniti onesnaženemu zraku, če živimo v njem.

# Atmosfera

- zaščita pred sevanjem
- dihanje

- zgornji sloj - **stratosfera**: zaščitni sloj  $O_3$
- spodnji sloj - **troposfera**  
najpomembnejša s stališča onesnaženosti



# Sestava zraka

## Stalne sestavine zraka

- **Dušik**
- **Kisik**
- **Vodik**
- Argon
- Neon
- Helij
- Kripton
- Ksenon

## Spreminjajoče se sestavine zraka

- Vodna para
  - CO
  - CO<sub>2</sub>
  - Ozon
- Amonijak
  - NO<sub>2</sub>
  - NO
  - SO<sub>2</sub>
- organske spojine
- Trdni delci/aerosoli

Številne spojine so naravnega izvora, veliko pa je antropogenih.

# Viri onesnaževal v zraku

## Naravni viri

Naravno onesnaženje - ozadje

- vulkani, požari, vetrovi
- sestava tal
- meteorološke razmere
- rastlinstvo, živalstvo,
- nadmorska višina

## Antropogeni viri

- proizvodnja energije s fosilnimi gorivi
- promet
- kurišča
- industrija
- rudarstvo
- gospodinjstva
- ogrevanje

# Onesnaževala v zraku

## Kemijska Anorganska

- SO<sub>2</sub>, žveplena kislina, sulfati
- Ozon
- CO, CO<sub>2</sub>
- NO<sub>x</sub>
- težke kovine

## Organska

- lahkoahlapne organske spojine
- policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH)...

## Fizikalno kemijska

Dim

Delci

Radon in njegovi razpadni produkti  
Cigaretni dim

## Biološka

- Bakterije
  - Virusi
  - Glive
- Cvetni prah

- Koncentracije onesnaževal v zraku so se v zadnjih 50 letih močno zmanjšale
  - Današnje koncentracije: še vedno škodljivi učinki na zdravje ljudi



- Koncentracije onesnaževal v zraku so se v zadnjih 50 letih močno zmanjšale
  - Današnje koncentracije: še vedno škodljivi učinki na zdravje ljudi

# Veliki londonski smog (*The great smog*)

- December 1952: v Londonu je umrlo več 1000 ljudi
- med 5. in 9. decembrom: štiri dni trajajoče obdobje **visoke koncentracije smoga**, ki je zajelo spodnji del doline Temze z Londonom
- vzrok: megla, hud mraz, temperaturni obrat, ki je ujel izpuste SO<sub>2</sub> in dima (**smoke** + **fog**)
- debela plast megle se je pomešala z dimom iz industrijskih in domačih dimnikov
- koncentraciji SO<sub>2</sub> in dima sta nekajkrat presegli običajne vrednosti (več 1000 µg/m<sup>3</sup>), onesnaženje je trajalo več dni





- V petih dneh: umrlo preko 4.000 ljudi več, kot običajno v tem času leta (3 x več od pričakovanega)
- Večina od njih: ljudje, ki so imeli že predhodno bolezen dihal in stari ljudje
- Smrtnost povečana **še nekaj naslednjih mesecev**: dodatno 8.000 (ne samo kritično bolni!)

# Davek Velikega smoga

- Onesnaženje, za katerega so mnogi mislili, da je le del običajnega življenja mesta, je:
  - **pomorilo 12.000 ljudi**
  - šokiralo svet
  - vzpodbudilo okoljsko gibanje
- 1956 in 1968: britanski parlament izdal 2 dokumenta (Clean Air Acts), s katerima se je pričel tudi postopek prenehanja kurjenja premoga.

# Razmere danes

- močno spremenile in močno izboljšale, stanje ni več primerljivo s takratnim
- nekaj časa celo prevladalo mišljenje, da škodljivih učinkov na zdravje ne pričakujemo več
- v naslednjih desetletjih se je izkazalo, da ima onesnažen zrak še vedno zelo škodljive učinke na zdravje ljudi

**• v razvitem svetu:  
najpomembnejši okoljski javnozdravstveni  
problem**

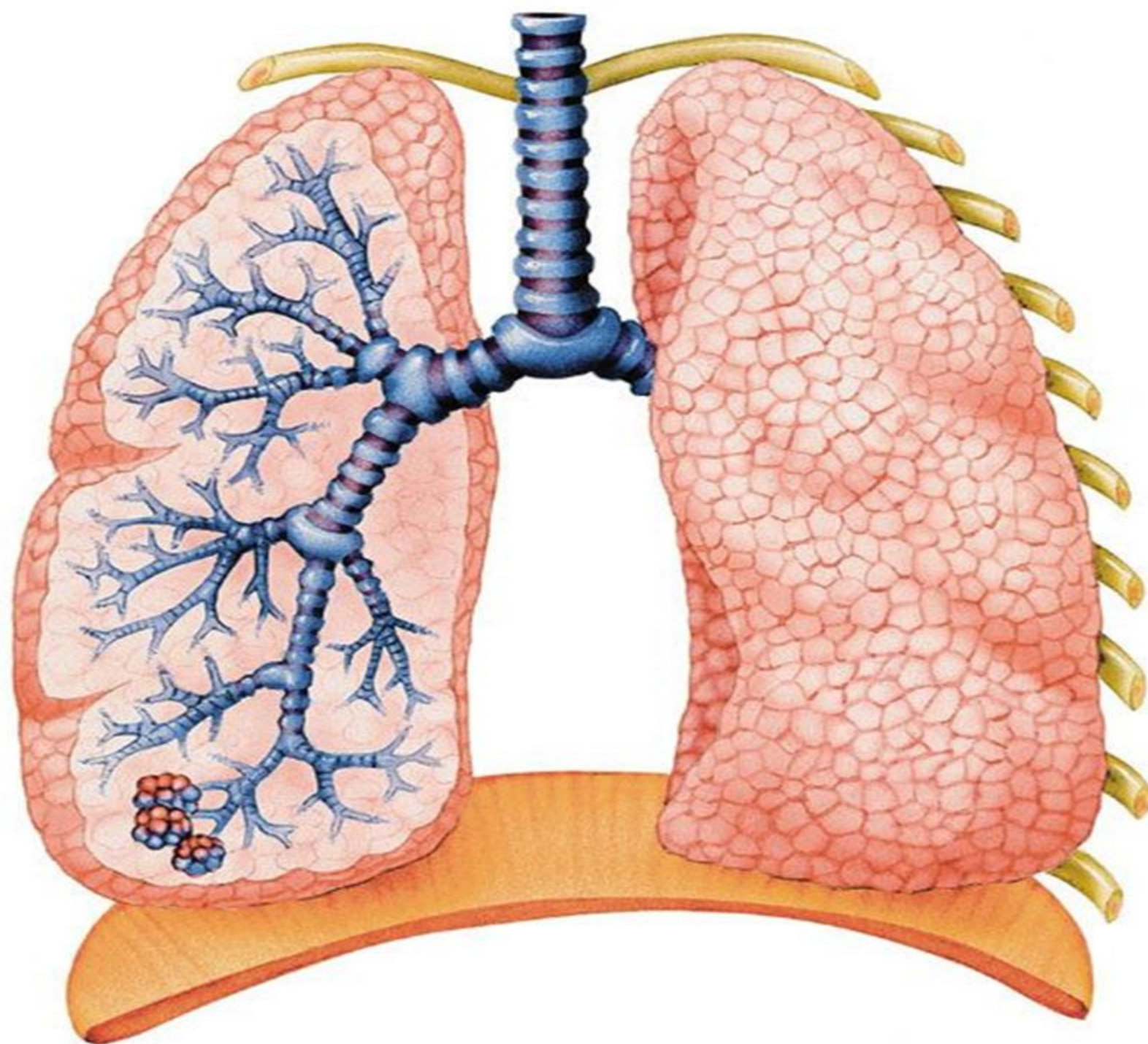
# Razmere danes

V ospredje so prišli drugi dejavniki onesnaženosti

- **ozon**, dušikov dioksid, benzen
- **delci** z drugačno razporeditvijo velikosti in sestave ter toksičnostjo

Večina raziskav v zadnjem desetletju je usmerjena v delce, manjše od 10  $\mu\text{m}$ .





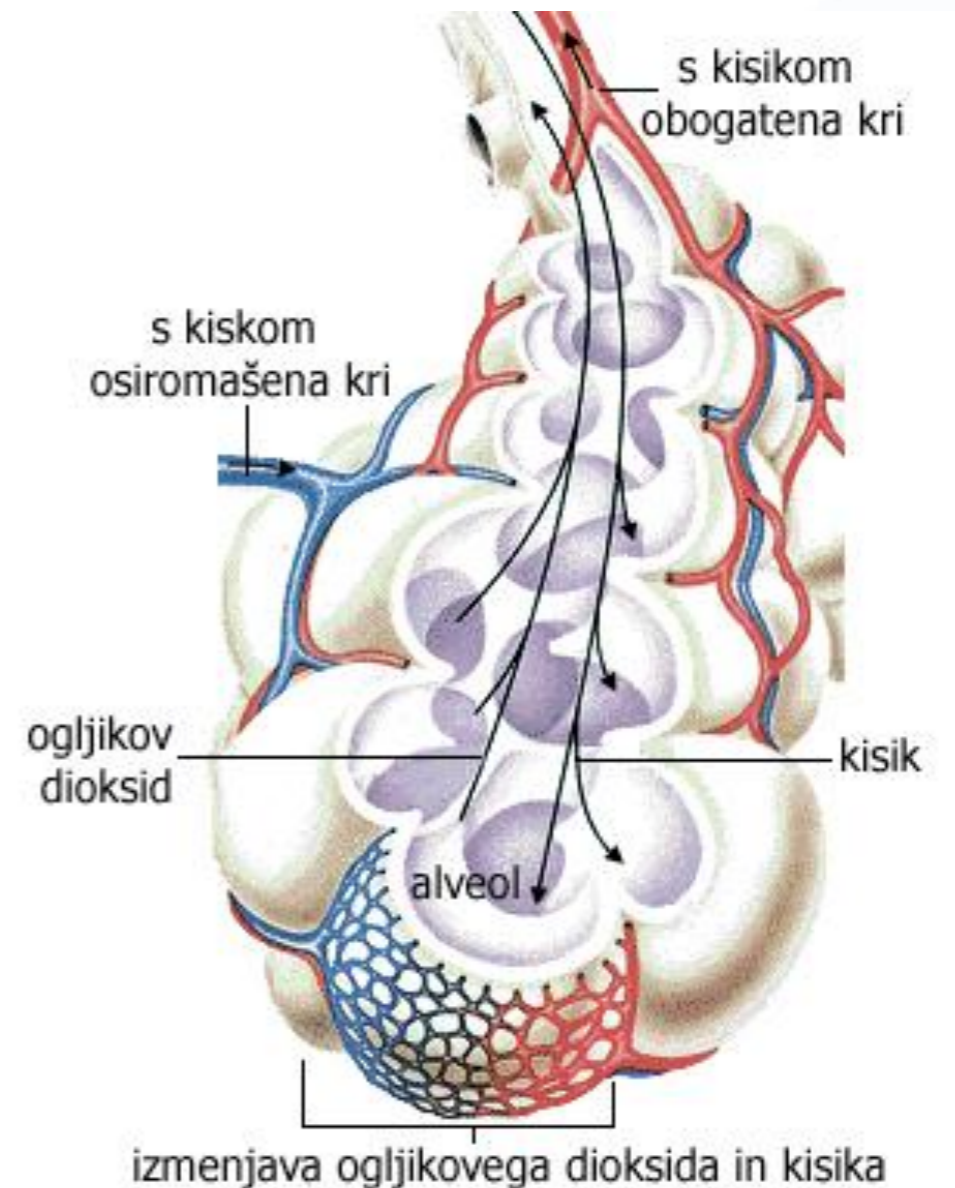
# Dihanje

Alveoli se z vsakim vdihom in izdihom povečajo in zmanjšajo

- pljučna vena, arterija
- kapilarni prepleti, preko katerih kisik vstopi v kri, ogljikov dioksid jo zapusti.

V pljučih odraslega človeka: približno 300 milijonov alveol

Direktno prehajanje v kri: tudi nezaželene snovi – plini, kemikalije, delci...



# Učinki onesnaženega zraka na zdravje

## DIHALA

- vnetja v dihalih
- zmanjšanje pljučne funkcije
- poslabšanje bolezni (astma, KOPB...)
- povečana umrljivost

## SRCE IN OŽILJE, KRI

- motnje ritma
- ateroskleroza, visok tlak, krvni strdki
- srčni, možganski infarkt

## RAK

Onesnažen zrak povzroča **pljučnega raka** in verjetno tudi **raka na mehurju**.

**Mednarodna agencija za raziskavo raka in rakotvornih substanc uvršča onesnažen zrak, ki je posledica gorenja fosilnih goriv (nafta, premog, les, naftni derivati),  
v I. skupino rakotvornih snovi –  
dokazano povzroča pljučnega raka.**

Tveganje je večje v okolju, kjer je zrak bolj onesnažen:  
v bližini prometne ceste je  
tveganje za pljučnega raka večje za 10%.



# Učinki onesnaženega zraka na zdravje

- **BOLEZNI CENTRALNEGA ŽIVČEVJA**
  - Parkinsonova
  - Alzheimerjeva bolezen
- **SKRAJŠANJE ŽIVLJENJSKE DOBE**

Ateroskleroza:

onesnažen zrak + povečan vnos maščob s hrano - **potencirano** medsebojno delovanje!

# Ozon

- močno reaktiven, agresiven oksidant
1. poškodba respiratornega epitelija: oksidativna poškodba (oksidacija makromolekul – verižni odgovori v respiratornem epiteliju – sproščanje faktorjev vnetja, povečana prepustnost kapilar, edem..... ) – vnetni odgovor, smrt celice
  2. produkti oksidacijskih poškodb, mediatorji vnetja – v kri – verjetno sistemski učinki na srčnožilnem sistemu

# Ozon

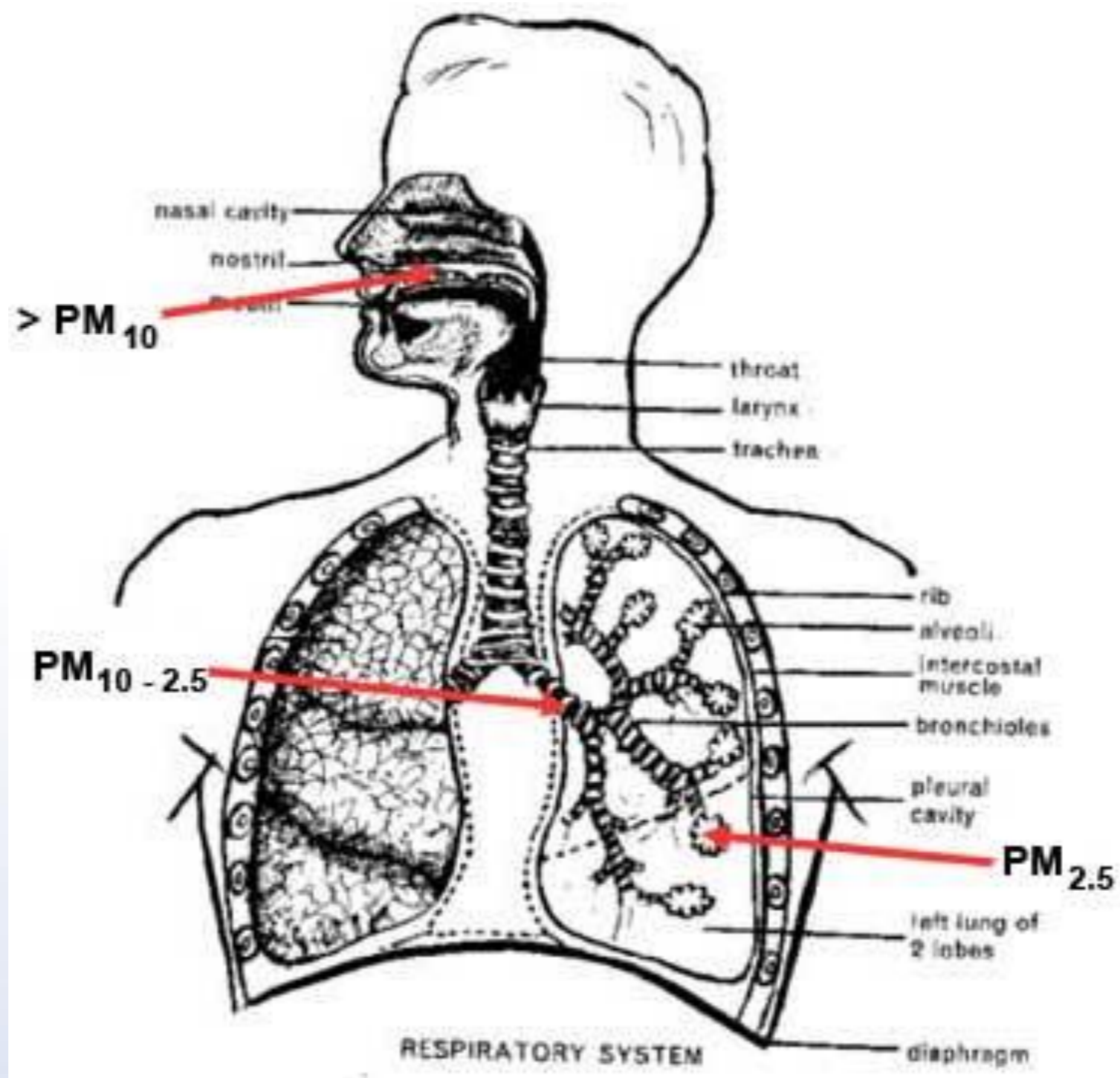
- kašelj, draženje v žrelu
- bolečina, nelagodni občutek pri globokem vdihu
- zmanjšanje prehodnosti malih dihalnih poti
- težko dihanje
- poslabšanje astme
- zmanjšanje maksimalne fizične zmogljivosti
- večje št. nujnih hospitalizacij zaradi dihal
- večja dnevna umrljivost
- še nepotrjeni rezultati glede vplivov na srčnožilni sistem: motnje ritma, AMI.

# Delci (PM)

- mešanica trdnih in tekočih delcev, suspendiranih v zraku
  - glavna sestavina ogljik
  - vezane: toksične kovine, ogljikovodiki, org. topila, benzoapiren mikrobi...
  - velikosti od nekaj nm do 10 $\mu$ m
- 
- **PM10**: prodrejo v zgornja in srednja dihalna
  - **PM2,5**: prodrejo v pljuča, v področje izmenjave plinov
  - **najmanjši**: manjši od 0,1  $\mu$ m – **ultrafini delci** – prodrejo v cirkulacijo  $\Rightarrow$  po celotnem organizmu







# Delci

- dihala: draženje, kronično vnetje, brazgotinjenje, pljučna fibroza, zmanjšanje pljučne funkcije, akutna poslabšanja astme in KOPB, rakotvornost – pljučni rak (verjetno tudi rak sečnega mehurja)
- učinek na srce in ožilje večji, kot na dihala: motnje ritma, ateroskleroza, krvni tlak, faktorji strjevanja krvi, krvni strdki, infarkt
- povečano tveganje za obolevnost in umrljivost
  - zlasti pri ljudeh nad 65 let
- bolezni živčevja

# Kdo je najbolj ogrožen?

## 1. Ljudje z že obstoječimi boleznimi dihal in srca

- astma, KOPB - kronični bronhitis, emfizem, pljučni rak
- angina pektoris, predhodni srčni infarkt, popuščanje srca, motnje srčnega ritma
- diabetes - imajo pogosto sočasno boleznimi srca in ožilja

## 1. Ljudje z že obstoječimi boleznimi dihal in srca

- večja pogostost in teža simptomov, večja potreba po zdravlilih
- poslabšanje kašlja, težko dihanje, zasoplost
- težka sapa, otekanje nog v stopalih in gležnjih
- poslabšanje motenj srčnega ritma, vrtoglavice
- poslabšanje bolečine v prsnem košu, v rami

# Kdo je najbolj ogrožen?

## 2. Majhni otroci

- glede na telesno maso vdihnejo večji volumen zraka kot odrasli
- imajo intenzivnejši metabolizem
- mlad, nezrel sistem obrambe
- vse to jih naredi bolj občutljive

# Kdo je najbolj ogrožen?

## 3. Starejši ljudje

- generalno šibkejša pljuča, srce in obrambni sistem
- nediagnosticirana bolezenska stanja pljuč in srca:
  - nekateri starejši ljudje se ne zavedajo, da imajo pljučno ali srčno obolenje:
    - bolečina, tiščanje v prsih,
    - težje dihanje že brez naprezanja
    - trdovraten kašelj, kratka sapa
    - prekomerno potenje



# Kdo je najbolj ogrožen?

## 4. Ljudje, ki so fizično aktivni na prostem

- poklicno intenzivno fizično delo
- športniki
- dihaajo globlje in hitreje, zato več onesnaženja v pljuča.



# Onesnažen zrak in otroci

## ZNAČILNOSTI

### Večja ranljivost:

- več časa preživijo zunaj
- vdihnejo večjo količino polutantov na kg TT v primerjavi z odraslimi
- imajo ožje dihalne poti – dražeče snovi lažje povzročijo obstrukcijo

## ZDRAVSTVENE POSLEDICE IZPOSTAVLJENOSTI ONESNAŽENEMU ZRAKU S PM ALI DIMOM PRI OTROCIH

Rezultati epidemioloških študij kažejo:

- Večji delež otrok z **astmo** med otroci, ki živijo blizu obremenjenih prometnic (do 150m)
- Povečano število astmatičnih napadov pri otrocih ob dnevih z višjo konc. PM ali dima
- Povečano število otrok z vnetji dihal
- Dolgotrajna izpostavljenost (življenje v onesnaženem okolju) izrazito poveča verjetnost **vnetja dihalnih poti**
- dolgotrajno vnetje povzroči **upad pljučnih funkcij** že v otroštvu

# Spremljanje onesnaževal v zraku

- **ARSO** - nosilec monitoringa:
  - redno spremljanje kakovosti zraka
  - modeliranje
  - obveščanje javnosti: ob dnevih, ko je raven onesnaženosti zraka v mestih visoka:
    - ozon
    - PM<sub>10</sub>
- **NIJZ** - priporočila o omejitvi gibanja v primeru preseganja onesnaženosti zraka

# Spremljanje onesnaževal v zraku

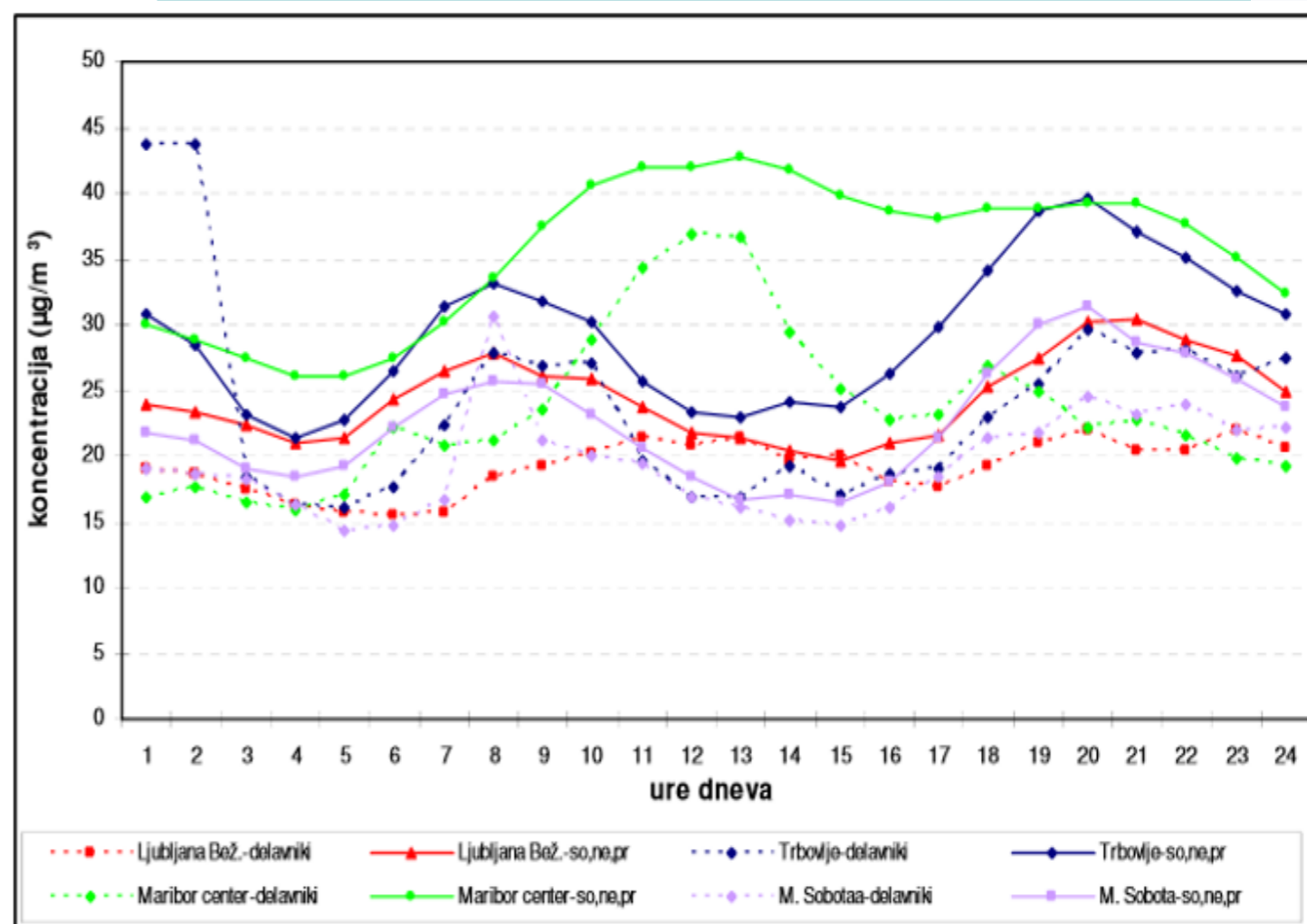
## Gibanje stopnje onesnaženosti

Čez leto

Problem v topli polovici leta:  
OZON

Problem v hladnem obdobju:  
• DELCI (PM)

Čez dan (za PM)



Dnevni hod koncentracij delcev  $PM_{10}$  za leto 2012 na štirih merilnih mestih. ¶

Vir: Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2012. ARSO, 2013. ¶

# ARSO: Kakovost zraka – podatki:

<http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka>

- **Podatki o koncentraciji SO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10, 2,5</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>**
  - [Zadnje urne in dnevne koncentracije onesnaževal](#)
  - [Podatki o kakovosti zraka](#)
  - [Preseganja mejnih vrednosti za ozon v letu 2013](#)
  - [Preseganja mejnih vrednosti za ozon v letu 2014](#)
- **Delci PM10**
  - [Povprečne dnevne koncentracije delcev PM10 v letu 2013](#)
  - [Povprečne mesečne koncentracije delcev PM10 v letu 2013](#)
  - [Preseganja delcev PM10 v letu 2013](#)
- **Delci PM2,5**

# ARSO: Kakovost zraka – podatki:

- **Kemijska analiza delcev PM10**
- [Povprečne mesečne koncentracije težkih kovin in policikličnih ogljikovodikov v delcih PM10 v letu 2013](#)
- [Povprečne mesečne koncentracije težkih kovin v delcih PM10 v Zgornji Mežiški dolini v letu 2013](#)
  
- **Kemijska analiza delcev PM2,5**
  
- **Lahkohlapni ogljikovodiki**
- [Povprečne mesečne koncentracije lahkohlapnih organskih onesnaževal v letu 2013](#)

# ARSO: poročila in publikacije:

- [Kakovost zraka - letna poročila](#)
- [Ocena kakovosti zraka v Sloveniji 2012](#)
  
- **Kakovost zraka - vprašanja in odgovori**
- [Problematika onesnaženosti zraka z delci](#)
- [Nekaj informacij o ozonu](#)

# ARSO: Kakovost zraka – napovedi:

- **Napoved**
- [Napoved koncentracij ozona](#)
- [Napoved ravni onesnaženosti z delci PM10](#)

<http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/>

# Stanje v Sloveniji

- kljub strogi zakonodaji še vedno dihamo onesnažen zrak:
  - Primorska, osrednja Slovenija: ozon – poleti
  - ostala Slovenija: delci PM<sub>10</sub> – pozimi
- Odloki o načrtu za kakovost zraka na območjih:
  - mestnih občin Ljubljana, Celje, Kranj, Maribor, Novo mesto, Murska Sobota
  - Zasavja



# Odloki o načrtu za kakovost zraka: ukrepi

**Omejevanje prometa v mestnih središčih.**

**Javni prevozi.**

**Obnova fasad stavb, menjava oken.**

**Priključevanje na centralni vir ogrevanja (plin).**

**Spodbujanje uporabe kakovostnih kuriv za individualna kurišča, preprečevanje kurjenja odpadkov.**

**Učinkovitejša raba energije in uvajanje OVE (sonce, geotermalna energija, veter) (finančne spodbude, eko skladi...).**

# Ukrepi – vrtec

Izbira primerne lokacije za vrtec.

- Spremljanje napovedi o onesnaženju (delci, ozon, UV indeks)
- Prilagajanje zračenja, delovnega ritma oz. aktivnosti na prostem
- Spodbujanje staršev in kolektiva k okolju prijaznejši obliki prevozov (ter ogrevanja)

# Ključno vprašanje:

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

ne vemo

vemo pa:

# kakršnokoli zmanjšanje delcev v zraku pomeni pomembno izboljšanje za zdravje prebivalcev

povezava med koncentracijo prašnih delcev in povečanim tveganjem za umrljivost je **linearna**.

Lepo se vam  
zahvaljujem za  
pozornost!

[majda.pohar@nijz.si](mailto:majda.pohar@nijz.si)  
[simona.ursic@nijz.si](mailto:simona.ursic@nijz.si)