

Problematika onesnaženosti zraka z delci

Zrak je zmes plinov, katerega večino sestavljajo dušik (78 %), kisik (21%) in argon (okoli 1%), ostali plini pa so zastopani z majhnimi deleži. V zraku so tudi suspendirani delci v trdnem in tekočem agregatnem stanju, ki zaradi majhne mase lebdijo v zraku. Imenujemo jih aerosol.

Večji delež delcev spuščajo v atmosfero viri na zemeljski površini (primarni delci), ostali pa nastanejo kot produkt kemičnih in fizikalnih pretvorb v onesnaženi atmosferi (sekundarni delci).

Delci so naravnega izvora (cvetni prah, vegetacija, morska sol, dim gozdnih požarov, meteorski prah, vulkanski pepel) ali antropogenega izvora – vpliv človekove aktivnosti (energetski objekti, industrija, promet, poljedelstvo, individualna kurišča). Delci pomembno vplivajo na zdravje ljudi, kakor tudi na klimo, vidnost itd.

Delci, ki nastanejo s kemičnimi in fizikalnimi procesi med plini v zraku tako v plinski kot v tekoči fazi, so v glavnem velikosti pod $1\ \mu\text{m}$ ($10^{-6}\ \text{m}$). Na zemeljski površini pa nastanejo delci, v glavnem večji od $1\ \mu\text{m}$. V ta velikostni razred spadajo tudi bioaerosoli, npr. pelod, trosi in podobno, katerih vir je vegetacija. Delci, ki nastanejo pri gorenju, se lahko nahajajo v obeh velikostnih razredih, vendar je večina zelo majhnih. Delci se razlikujejo po kemijski sestavi, obliki in fizikalnem stanju.

Določitev velikosti delcev je eden pomembnejših elementov pri meritvah in modeliranju dinamike aerosola. Premer delcev največkrat opišemo z izrazom »aerodinamični premer«. Definiran je kot premer okroglega delca z gostoto $1\ \text{g/cm}^3$. To pomeni, da se v zraku obnaša kot vodna kapljica definirane premera. Delci enake oblike in velikosti, toda različne gostote, imajo različen aerodinamični premer. Delci, ki imajo aerodinamični premer manjši od $10\ \mu\text{m}$, prodrejo v dihalne poti (respirabilni delci). Te delce ločimo po velikostnih razredih:

PM₁₀ – grobi delci z aerodinamičnim premerom med $2,5\ \mu\text{m}$ in $10\ \mu\text{m}$,
PM_{2,5} – drobni delci z aerodinamičnim premerom pod $1\ \mu\text{m}$ in $2,5\ \mu\text{m}$,
PM_{1,0} – fini delci z aerodinamičnim premerom pod $1\ \mu\text{m}$,
UFP – ultra fini delci z aerodinamičnim premerom pod $0,1\ \mu\text{m}$.

Pri tem pomeni oznaka PM delce (angleško particulate matter), UFP pa zelo fine delce (angleško ultra fine particles).

Sestava delcev je odvisna od njihovega izvora. V glavnem velja, da se manjši in svetlejši delci zadržujejo v zraku dalj časa. Večji delci (s premerom večjim kot $10\ \mu\text{m}$) se zadržujejo v atmosferi nekaj ur, medtem ko manjši delci (manjši od $2,5\ \mu\text{m}$) lahko ostanejo v atmosferi več tednov. Iz atmosfere jih navadno odstranijo padavine.

Vpliv delcev na zdravje

Manjši kot so delci, globlje prodrejo v dihala. Delci, večji od 10 μm , se ustavijo v zgornjih dihalnih poteh (nos, obnosne votline), manjši od 10 μm pa potujejo v spodnje dihalne poti. Delci, manjši od 2,5 μm , prodrejo v pljučne mešičke. Na mestu stika z dihali povzročijo vnetno reakcijo, kar lahko dodatno poslabša obstoječo bolezen dihal. Večina delcev je poroznih in imajo veliko površino, na katero se prilepijo plini, tekoče in trde snovi. Posebej pozimi je temperatura v pljučih precej višja kot v zunanem zraku. Zaradi toplejšega okolja se snovi, vezane na delce, med njimi so tudi zelo nevarna onesnaževala, sprostijo z delcev in poškodujejo pljučno tkivo, lahko pa preidejo tudi direktno v kri.

V zadnjem desetletju se večina raziskav, v katerih se ukvarjajo s problematiko onesnaženosti zraka in zdravja, usmerja v iskanje povezave med izpostavljenostjo prebivalcev delcem, manjšim od 10 μm (PM_{10}) in v zadnjih letih predvsem delcem, manjšim od 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$), ki prodrejo globoko v pljuča.

Sestava delcev:

V veliki večini je glavna komponenta delcev ogljik, na tega pa se lahko vežejo številne primesi. Poleg ogljika so glavne komponente delcev amonij, sulfat in nitrat, ki pa niso pomembne z zdravstvenega vidika. Za zdravje so nevarne:

- kovine (železo, baker, svinec, kadmij, nikelj, arzen, živo srebro) - poškodujejo dedni material, povzročijo vnetje in
- organska topila - poškodujejo dedni material, so rakotvorna, predvsem policiklični aromatski ogljikovodiki.

Sposobnost delcev, da povzročijo oksidativni stres in vnetno reakcijo (nastanek citokinov, maščobno peroksidacijo), je odvisna od velikosti delcev. Delci, manjši od 2,5 μm , so bolj toksični.

Manjši delci povzročajo nastanek vnetnih reakcij v ostalih delih telesa. Poskusi na živalih kažejo, da delci povzročajo tako vnetne reakcije pri vstopu v spodnjih dihalnih poteh, še pomembnejše pa je sistemsko delovanje (sistemsko vnetje, povečane koncentracije fibrinogena, nevtrofilija). Vzrok za to je lažji prehod finih delcev skozi pljučno bariero in lažje potovanje delcev po telesu. Ultra fini delci lahko vstopajo že preko nasofarinksa in olfaktornega živca v možgane.

Če delci vsebujejo težke kovine, je njihova toksičnost še večja. V eni od raziskav so dokazali, da prisotnost cinka v delcih poveča moč vnetja, stopnjo nekroze in preobčutljivosti pljuč.

Umrljivost in obolevnost odraslih za boleznimi dihal, srca in ožilja je pogosto opazovana v epidemioloških študijah. Dve največji epidemiološki študiji kažeta na povezavo med dolgotrajno izpostavljenostjo delcem in povečano stopnjo umrljivosti za boleznimi dihal ter srca in ožilja.

Delci večajo umrljivost za boleznimi dihal, srca in ožilja ter pljučnim rakom, kar je v skladu z mehanizmom delovanja. Iz študije, opravljene v 22 evropskih mestih o vplivih PM_{10} na umrljivost za boleznimi pljuč, srca in ožilja, v kateri je sodelovala tudi Ljubljana, je razvidno, da je odnos med koncentracijo delcev in povečanim tveganjem za predčasno umrljivostjo linearen. Pri povprečni letni vrednosti PM_{10} 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se stopnja umrljivosti poveča za dobra 2 %.

Iz študij je razvidno, da je učinek PM₁₀ na zdravje odvisen od koncentracije in časa izpostavljenosti. Dolgotrajna stalna izpostavljenost ima neprimerno večji vpliv na zdravje kot občasna kratkotrajna izpostavljenost večjim koncentracijam PM₁₀. Zato kakršnokoli zmanjšanje koncentracije delcev v ozračju predstavlja pomembno izboljšanje za zdravje prebivalcev.

Zakonodaja

V Uredbi o kakovosti zunanjega zraka so predpisane mejne vrednosti za zaščito zdravja. Za delce PM₁₀ sta predpisani dnevna in letna mejna vrednost. Podani sta v naslednji tabeli:

Čas povprečenja	Mejna vrednost [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
1 dan	50, ne sme biti presežna več kot 35-krat v koledarskem letu
Koledarsko leto	40

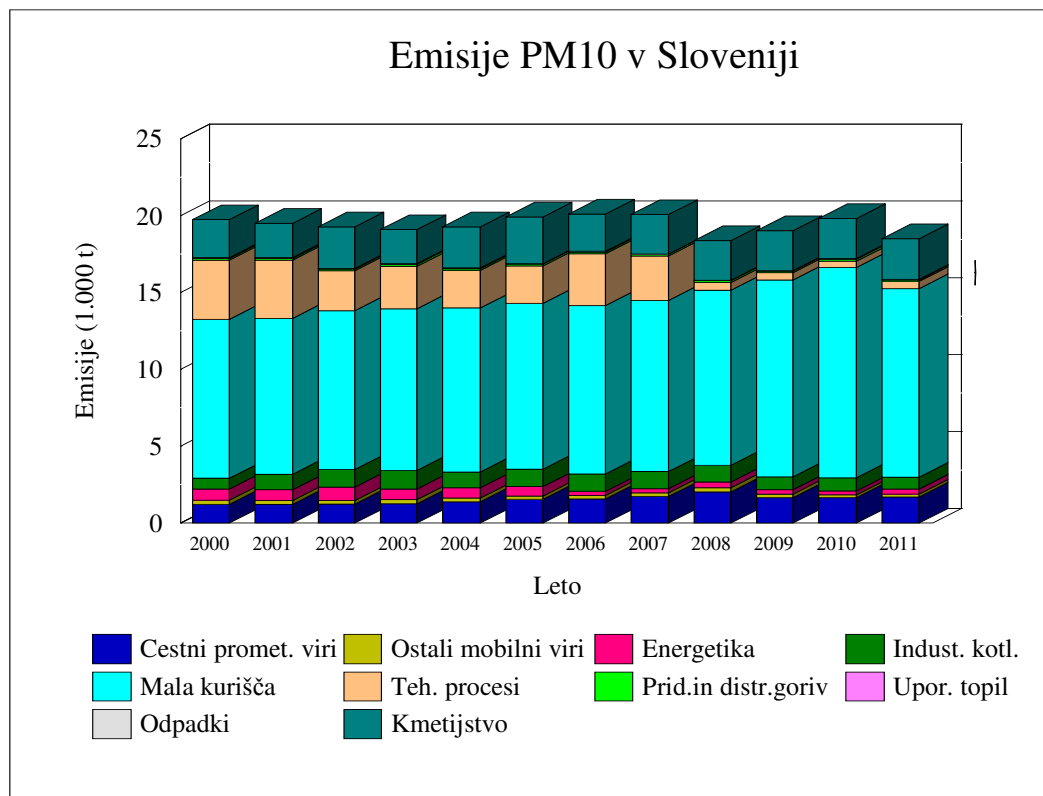
Za delce PM_{2,5} pa je predpisana ciljna vrednost:

Čas povprečenja	Ciljna vrednost	Datum, od katerega se uporablja ciljna vrednost
Koledarsko leto	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1. januar 2010

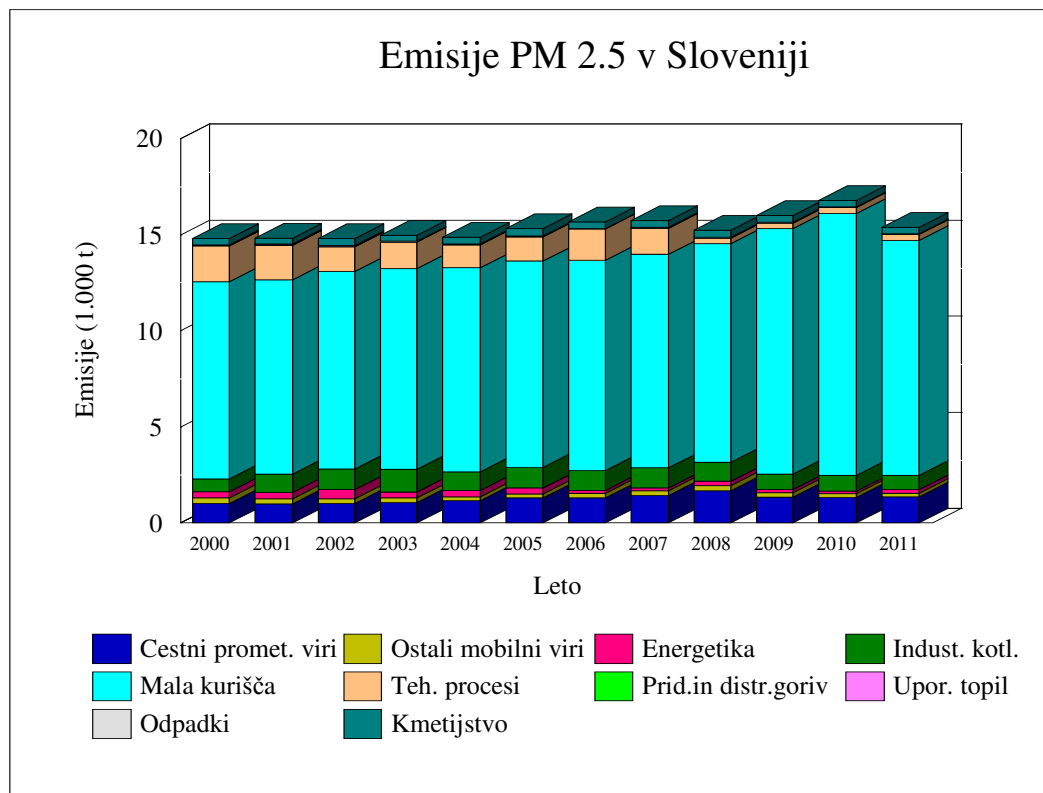
Viri delcev

Glavni vir delcev PM₁₀ je zgorevanje trdih goriv v gospodinjstvih in komercialnem sektorju, predvsem zaradi uporabe lesa v neučinkovitih starih kotlih na trdna goriva ali v drugih napravah z neoptimalnim zgorevanjem lesne biomase. Sektor mala kurišča je v letu 2011 prispeval 66 % k skupnim emisijam primarnih delcev manjših od 10 μm .

Daleč najpomembnejši vir delcev PM_{2,5} so mala kurišča, ki prispevajo kar 79 % k skupnim emisijam primarnih delcev, manjših od 2,5 μm , sledi promet z 9 %. Delci v sektorju promet nastajajo pri zgorevanju goriv (predvsem dizla) in pri obrabi cest, gum in zavor. Najnovejše tehnologije v osebnih vozilih (EURO 5) uvajajo strožje emisijske standarde za delce, saj predvidevajo za dizelska vozila kar 80 % zmanjšanje emisij v primerjavi z vozili EURO 4. Zmanjšanja emisij delcev iz prometa kljub strožjim emisijskim standardom pa ni zaznati tudi zaradi velike gostote prometa in večje porabe dizelskega goriva.



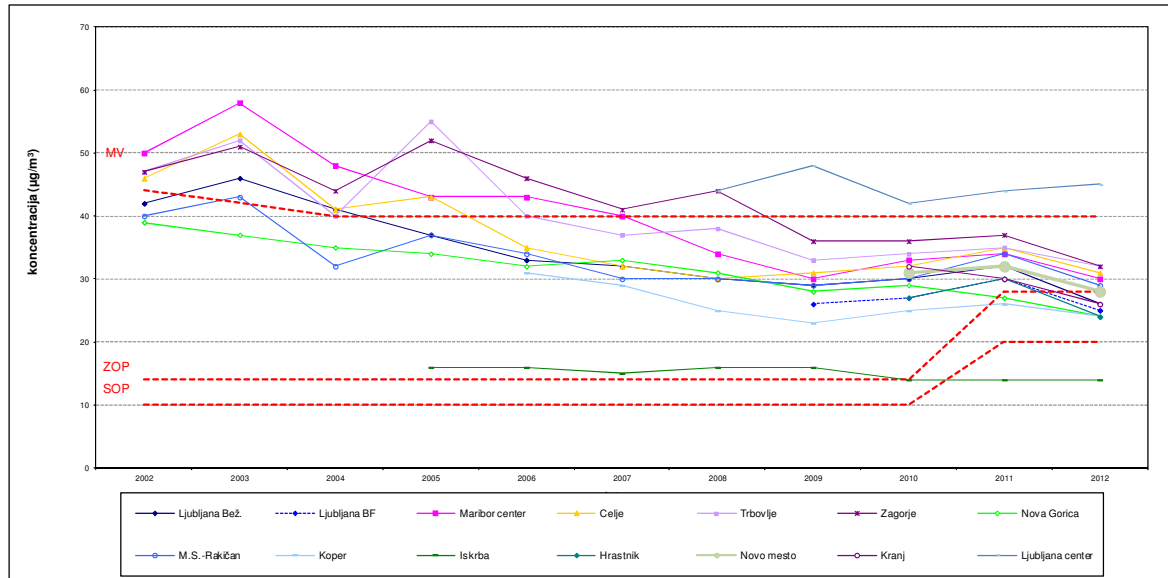
Emisije delcev PM₁₀ v Sloveniji



Emisije delcev PM₁₀ v Sloveniji

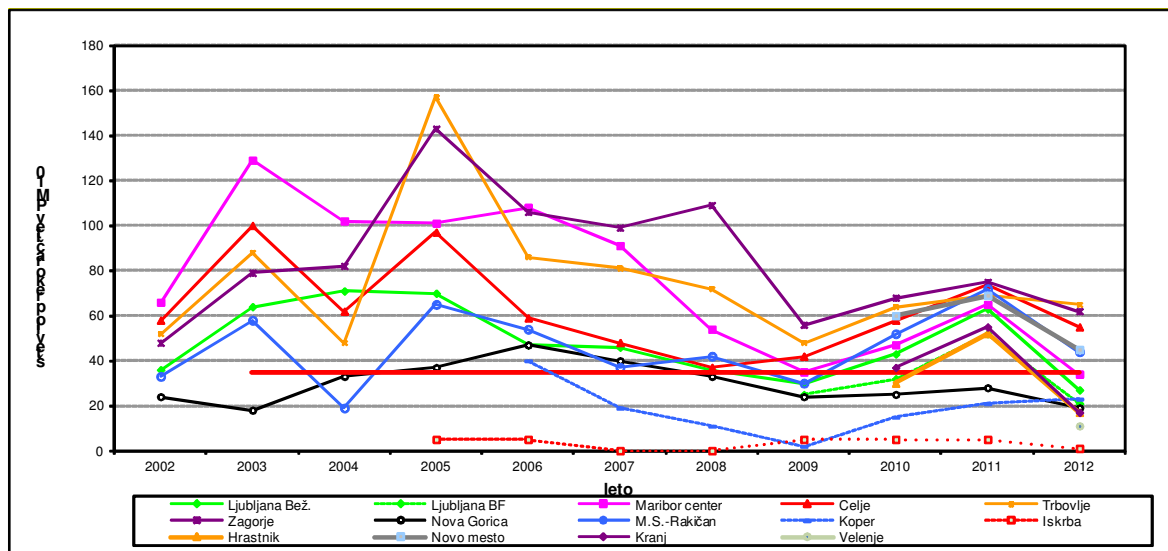
Stanje onesnaženosti zraka z delci

Povprečna letna koncentracija delcev je bila v letu 2012 presežena le na merilnem mestu Ljubljana center, na drugih merilnih mestih pa preseganj letne mejne vrednosti ni bilo. Tako je bilo tudi nekaj let nazaj, kar vidimo na spodnji sliki.



Povprečne letne koncentracije delcev PM₁₀

Drugače pa je pri številu dni s prekoračeno dnevno mejno vrednostjo, kjer je dopustno število preseženo na večini merilnih mest. Občasne meritve pa kažejo, da je podobna situacija v vseh večjih krajih v državi. Glavni vzrok je emisija iz individualnih kurišč na trda goriva, kar potrjuje tudi dejstvo, da prihaja do preseganj dnevne mejne vrednosti praviloma le v zimskem obdobju.



Število prekoračitev mejne dnevne koncentracije delcev PM₁₀ za obdobje 2002 - 2012

Ukrepi za zmanjšanje onesnaženosti zraka z delci

Pri zmanjševanju onesnaženosti zraka z delci je treba paziti, da bo ukrepanje kar se da učinkovito. Vzrok za previsoke koncentracije so emisije delcev, trenutna vremenska situacija in geografske danosti. Pri emisijah je treba upoštevati tudi način izpuščanja v ozračje, saj delci iz prometa in individualnih kurišč pridejo v zrak v bližini tal in tam povzročajo visoke koncentracije, medtem ko se emisije iz visokih dimnikov razpršijo v večji prostor in se tako razredčijo.

Za naslednja območja: MO Ljubljana, MO Maribor, MO Celje, MO Kranj, MO Novo mesto, MO Murska Sobota in Zasavje do bili sprejeti odloki o načrtu za kakovost zraka, ki predvidevajo ukrepe za zmanjšanje koncentracij delcev, za Ljubljano pa je odlok v pripravi. Ukrepi so dolgoročni in kratkoročni v primerih, ko se pričakuje preseganje mejne vrednosti koncentracije za delce PM₁₀. V odlokih je zahtevano, da se navede opis območja čezmerne onesnaženosti, analiza stanja onesnaženosti, viri onesnaževanja, vpliv virov onesnaževanja, ukrepi za zmanjšanje onesnaženosti, odgovorni organi za izvajanje ukrepov za izboljšanje kakovosti zraka, vključno z nalogami občine in države, obveznosti povzročiteljev obremenitve, obveznosti izvajalcev javnih služb varstva okolja ter osebe, ki izvajajo dejavnosti varstva okolja.

Dolgoročni ukrepi:

- Investicijski projekti gospodinjstev za zamenjavo kotlov na vse vrste goriv z novimi napravami za ogrevanje stavb ter obnova posameznih delov ali celotnega zunanjskega ovoja stavb.
- Vgradnja kotlov na zemeljski plin ali toplotnih postaj ob hkratni priključitvi na sistem distribucije zemeljskega plina ali omrežje daljinskega ogrevanja na območju, kjer je kot prednostni način ogrevanja določena uporaba zemeljskega plina ali toplota iz daljinskega ogrevanja, se lahko spodbuja s subvencijami države in občine.
- Investicijski projekti za uporabo goriv ali tehnologij, ki imajo majhne emisije delcev, v javnem potniškem prometu ali v vozilih, ki jih uporabljajo lokalne javne službe, se lahko spodbujajo z dodatnimi subvencijami države in občine.
- Spodbujanje državljanov k uporabi okoljsko sprejemljivim načinom prevoza.

Kratkoročni ukrepi

- zmanjšanje ogrevanja stanovanjskih in poslovnih prostorov, kjer se kot energent uporabljajo tekoča ali trda goriva;
- uporaba goriv, ki sproščajo nižje emisije delcev, za ogrevanje prostorov, če imajo to možnost;
- uporaba javnega prevoza;
- zmanjšanje uporabe osebnih vozil;
- omejitev dejavnosti na prostem, pri katerih se sproščajo večje količine delcev.

Zrak je z delci močno onesnažen po vseh večjih krajih po Sloveniji, ne samo na območjih, za katere je vlada izdala odloke o načrtih za kakovost zraka. Tako je za naše zdravje koristno, da se ukrepe za izboljšanje kakovosti zraka izvaja vsak posameznik po svojih zmožnostih kjerkoli v državi.

Podatki o onesnaženosti zraka z delci PM₁₀ so na spletni strani ARSO in na teletekstu nacionalne televizije na strani 167, pa tudi na spletnih straneh nekaterih mestnih občin. Podane so samo povprečne dnevne koncentracije, ker ni predpisane urne mejne vrednosti.