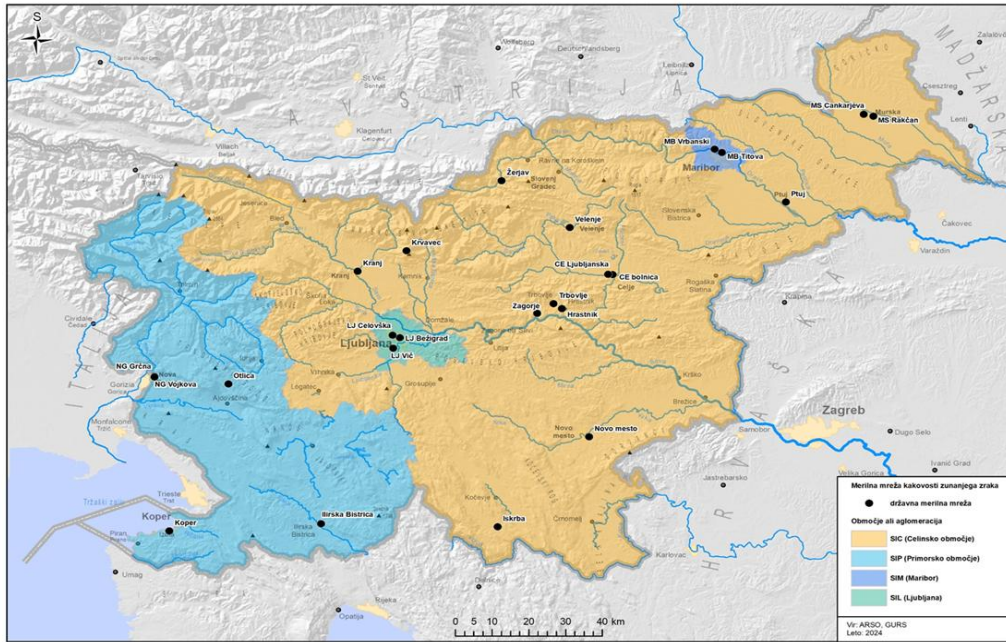


Kakšen zrak dihamo?

Tanja Koleša
maj 2025



DMKZ

V zunanjem zraku trenutno veljavna zakonodaja zahteva spremljanje: ozona, delcev PM_{10} in $PM_{2.5}$, dušikovih oksidov, žveplovega dioksida, ogljikovega monoksida, benzena ter arzena, kadmija, svineca, niklja in benzo(a)pirena v delcih PM_{10} .



Državna merilna mreža za spremljanje kakovosti zunanjega zraka obsega 23 merilnih mest.

MERILNA OPREMA

Za ocenjevanje skladnosti z zakonsko predpisanimi vrednostmi se uporabljajo referenčne metode.

Merilniki se preverjajo oziroma umerjajo na terenu in v laboratoriju Agencije RS za okolje.

Za spremljanje delovanja merilnikov je bila na ARSO razvita posebna programska oprema, ki omogoča večstopenjsko pregledovanje in kontrolo podatkov.



Standardi kakovosti

Onesnaževalo	Interval povprečenja	AQ direktiva (trenutno veljavni standardi kakovosti)	Nova AQ direktive (standardi kakovosti po 1.1.2030)	WHO smernice 2005	WHO smernice 2021
PM _{2,5} (µg/m ³)	Koledarsko leto	20	10	10	5
	24 ur	-	25 (18 dovoljenih preseganj)	25 (*)	15 (*)
PM ₁₀ (µg/m ³)	Koledarsko leto	40	20	20	15
	24 ur	50 (35 dovoljenih preseganj)	45 (18 dovoljenih preseganj)	50 (*)	45 (*)
	Vrhunec sezone (**) maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost	-	-	-	60
O ₃ (µg/m ³)	maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost	100 (dolgoročno)	-	-	-
	maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost	120 (25 dni dovoljenih preseganj, povprečeno v 3 letih)	120 (18 dni dovoljenih preseganj, povprečeno v 3 letih)	100 (*)	100 (*)
NO ₂ (µg/m ³)	Koledarsko leto	40	20	40	10
	24 ur	-	50 (18 dovoljenih preseganj)	-	25 (*)
	1 ura	200 (18 dovoljenih preseganj)	200 (1 dovoljeno preseganje)	200 (*)	200 (*)
SO ₂ (µg/m ³)	24 ur	125 (3 dovoljena preseganja)	50 (18 dovoljenih preseganj)	20 (*)	40 (*)
	10 minut	-	-	500	500
	1 ura	350 (24 dovoljenih preseganj)	350 (1 dovoljeno preseganje)	-	-
CO (mg/m ³)	maksimalna dnevna 8-urna povprečna vrednost	10	10	10	10
	24 ur	-	4	-	4
	1 ura	-	-	35	35
	15 minut	-	-	100	100
Benzen (µg/m ³)	Koledarsko leto	5	3,4	-	1,7
Svinec (Pb) (µg/m ³)	Koledarsko leto	0,5	0,5	-	0,5
Arzen (As) (ng/m ³)	Koledarsko leto	6	6	-	6,6
Kadmij (Cd) (ng/m ³)	Koledarsko leto	5	5	-	5
Nikelj (Ni) (ng/m ³)	Koledarsko leto	20	20	-	25
Benzo(a)piren (ng/m ³)	Koledarsko leto	1	1,0	-	0,12

* 99. percentil (dovoljeno je 3-4 preseganj mejne vrednosti na leto).

** Najvišje 6 mesečno drseče povprečje povprečne maksimalne dnevne 8-urne povprečne vrednosti v 6 zaporednih mesecih.

STANJE IN TRENDI



OZON: V Sloveniji se soočamo s prekomerno onesnaženostjo zunanjega zraka z ozonom. Raven onesnaženosti zraka z ozonom je večino let nad ciljno vrednostjo na merilnih mestih mestnega in podeželskega ozadja, dolgoročni cilji so preseženi skoraj na vseh merilnih mestih. Na raven ozona pomembno vpliva čezmejni prenos onesnaženega zraka. Nižine v severni Italiji so območje, kjer nastajajo večje količine ozona, ki ga ob zmernih vetrovih z zahoda in jugozahoda prinese k nam.

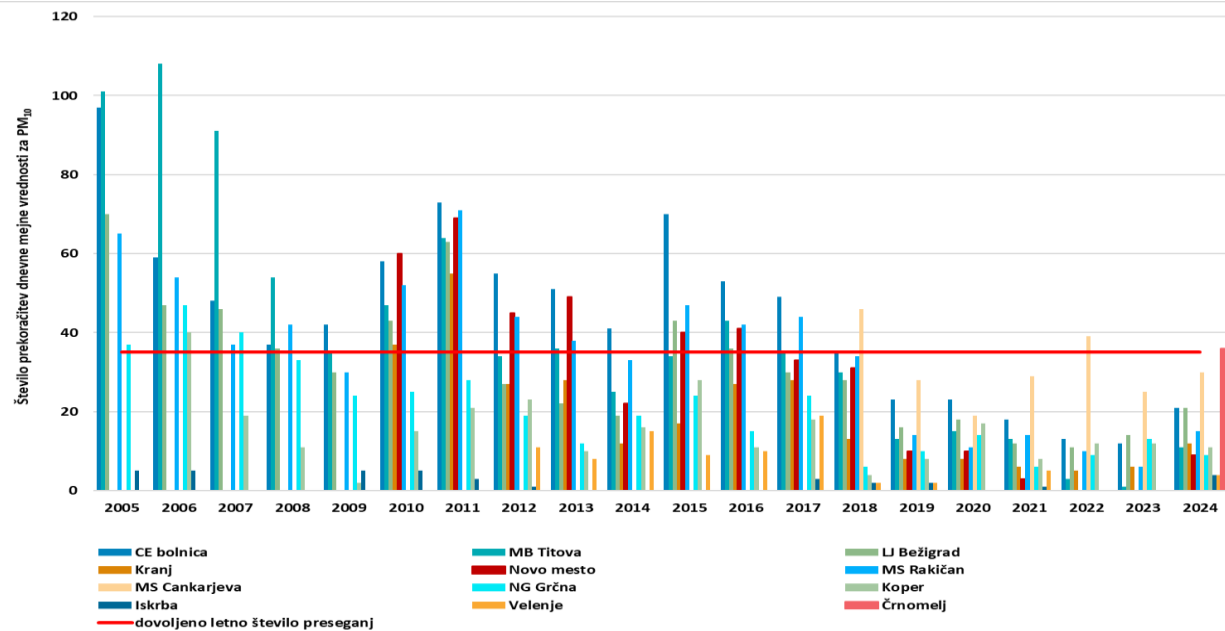
DELCI: Opazen je trend zmanjšanja onesnaženosti zraka z delci. V kurilni sezoni ob neugodnih razmerah še vedno izmerimo ravni, ki so zdravju škodljive.

DUŠIKOVI OKSIDI: Izmerjene ravni dušikovega dioksida v zunanjem zraku v zadnjih letih ne presegajo predpisanih mejnih vrednosti. Glavni vir dušikovih oksidov je promet, zato je čezmerna onesnaženost z njim izrazita težava večjih mest in aglomeracij. Po onesnaženosti zraka z dušikovim dioksidom spada Slovenija med manj onesnažene države Evrope.

Ravni **benzo(a)piren** se na vseh urbanih merilnih mestih zadnja leta gibljejo okoli ciljne vrednosti.

V Zgornji Mežiški dolini občasno izmerimo visoke vrednosti **svinca in kadmija**.

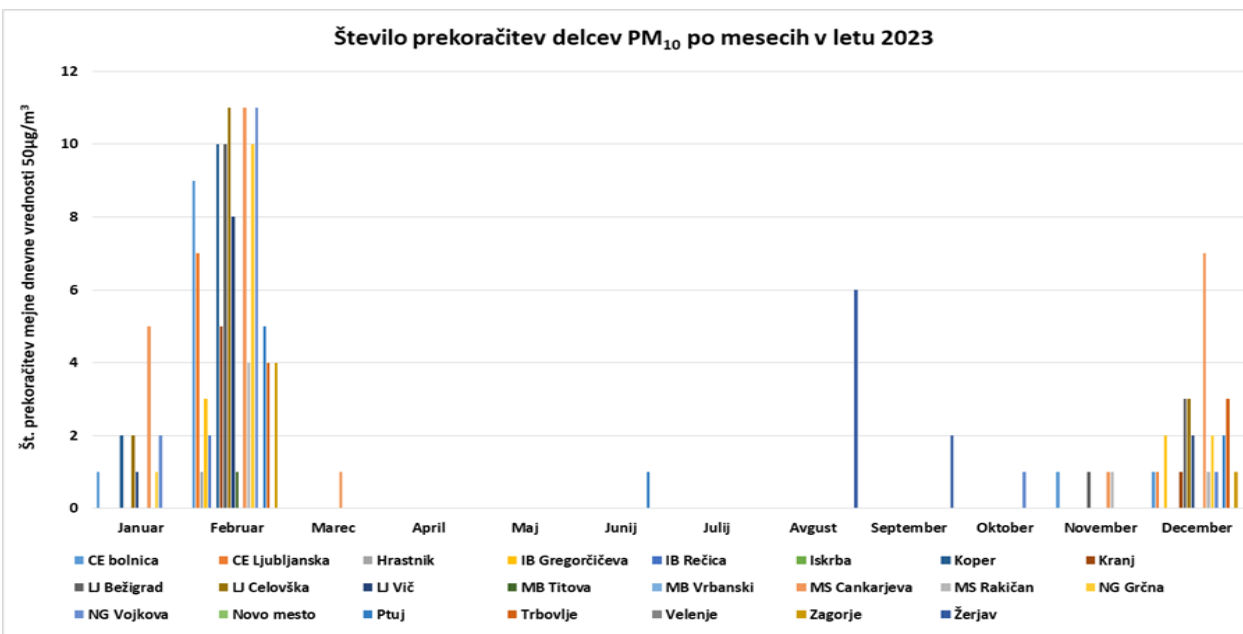
Ravni žveplovega dioksida, ogljikovega monoksida ter benzena so nižje od standardov kakovosti.



Opazen je trend zmanjšanja onesnaženosti zraka z delci.

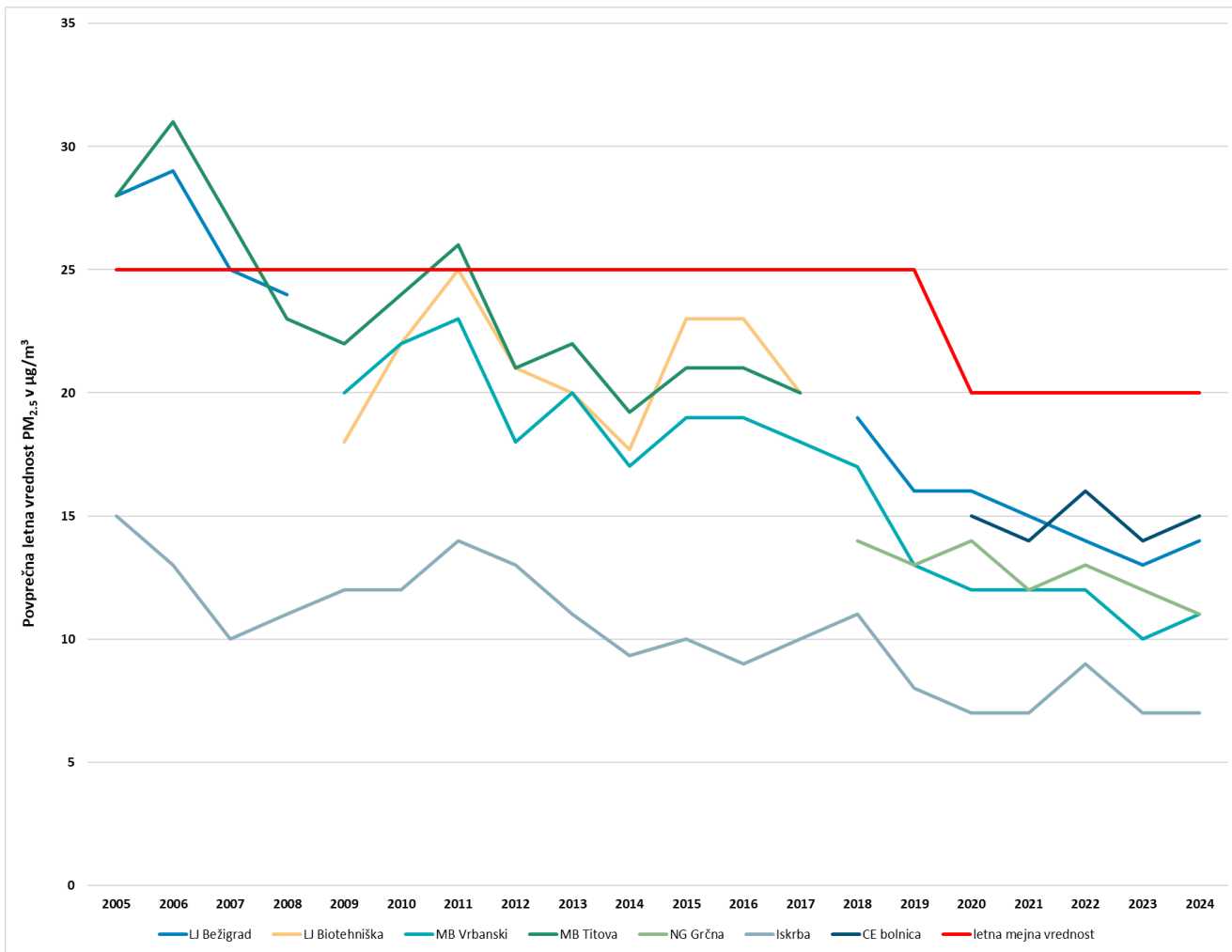
PM_{10}

Epizode z čezmerno onesnaženostjo z delci se pojavijo vsako kurilno sezono.



Če podatke iz leta 2024 vrednotimo po novih standardih, bi bila na večini urbanih merilnih mest presežena mejna letna vrednost in tudi dovoljeno število preseganj mejne dnevne vrednosti za PM_{10} .

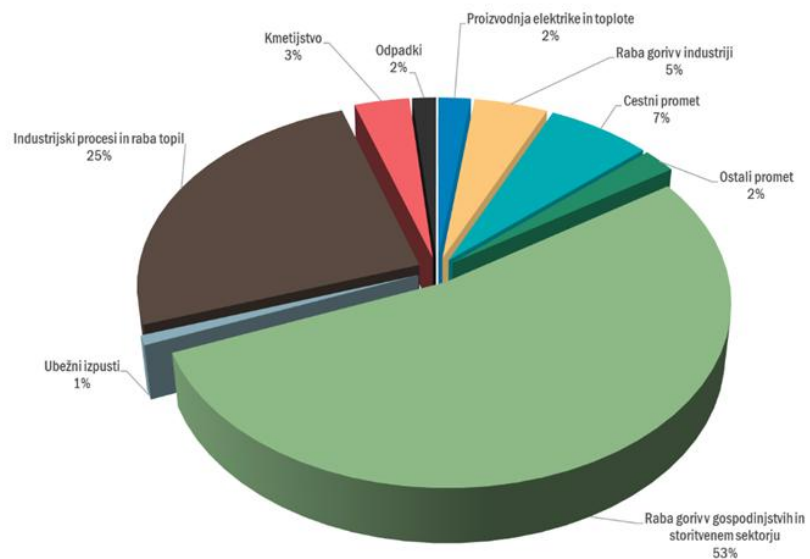
PM_{2,5}



PM_{2,5} so delci s premerom manjšim od 2,5µm.
PM₁₀ so delci s premerom manjšim od 10µm.
Delci PM₁₀ vsebujejo vse delce PM_{2,5}.

Zaradi svoje majhnosti lahko prodrejo globlje v dihala in celo vstopijo v krvni obtok.

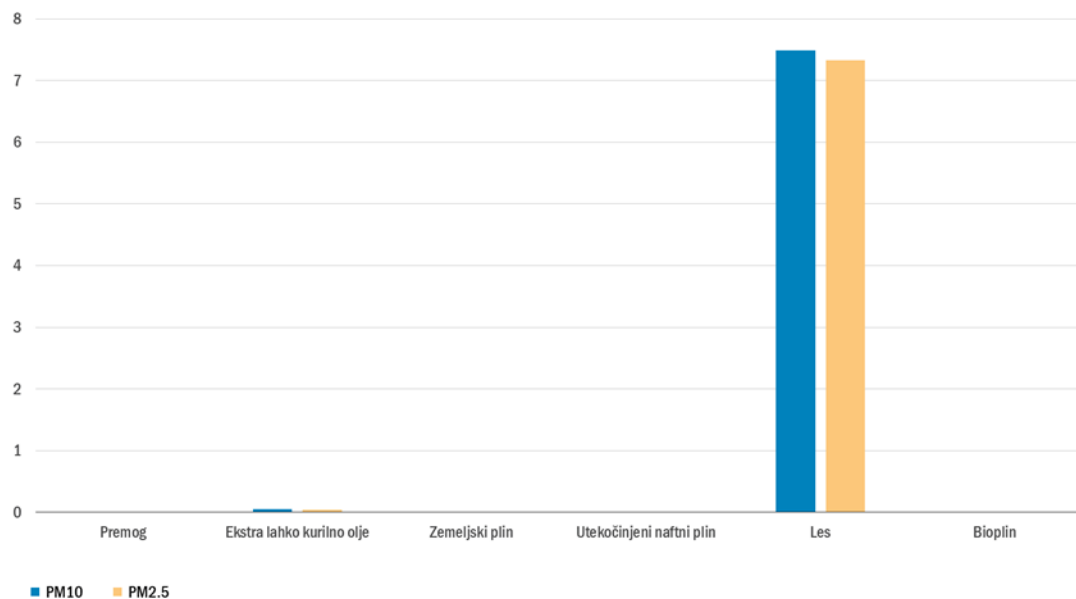
Če bi podatke iz leta 2024 ovrednotili po novih standardih, bi letna mejna vrednost za PM_{2,5} presegla dovoljeno raven na vseh urbanih merilnih mestih. Nova direktiva uvaja tudi pri PM_{2,5} dnevno mejno vrednost.



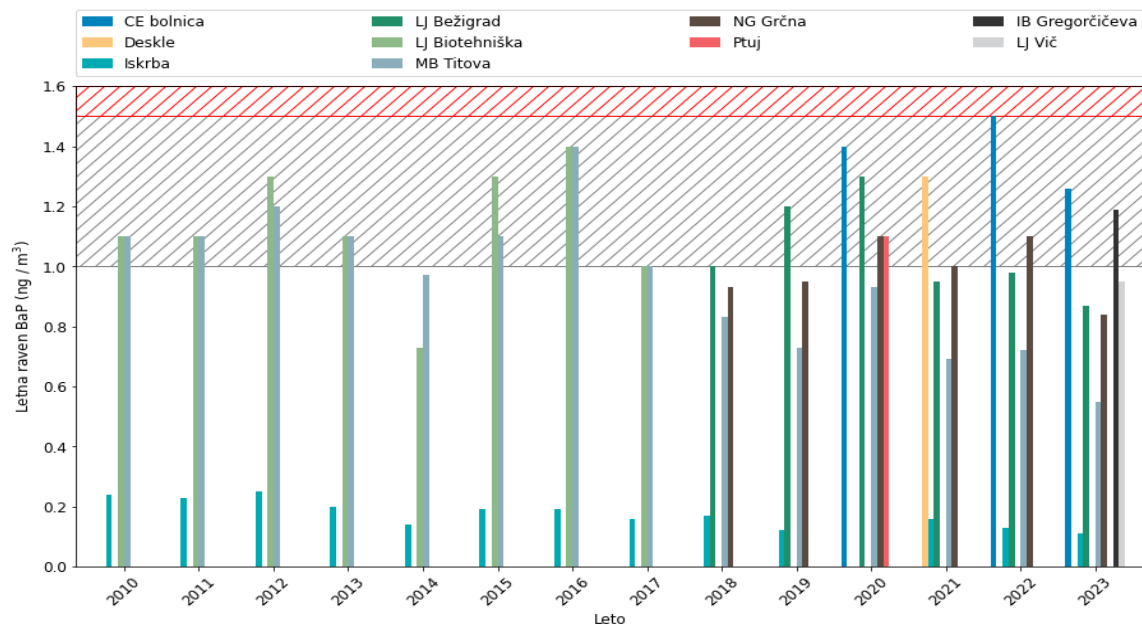
Glavni antropogeni vir primarnih delcev je zgorevanje goriv v gospodinjstvih in storitvenem sektorju, predvsem zaradi uporabe lesa v zastarelih kurilnih napravah.

Emisije delcev

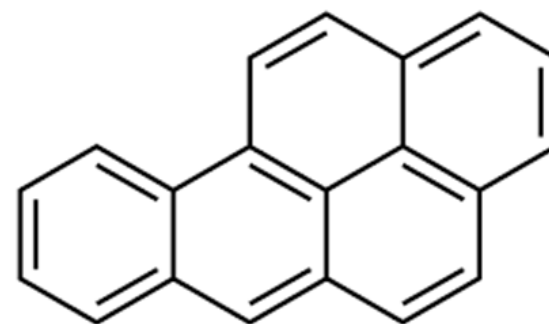
Izpusti PM10 in PM2.5 (kt)



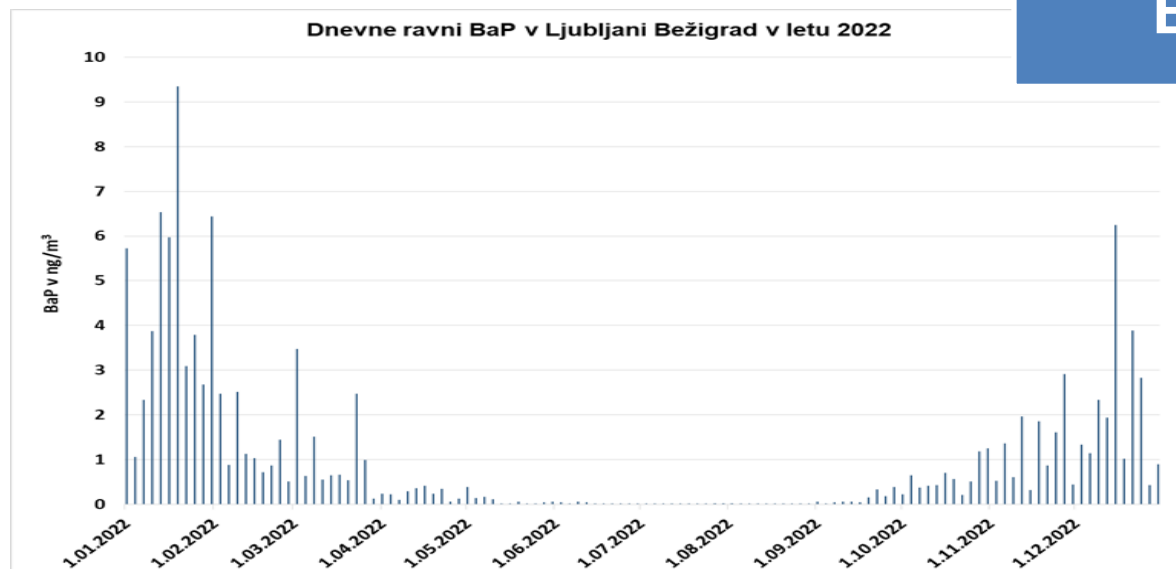
Mala kurišča so v letu 2021 k skupnim izpustom PM₁₀ na nivoju države v letu 2021 prispevala 53 % (slika zgoraj). V skupnih izpustih malih kurilnih naprav je prevladujoča vloga kurilnih naprav na les (slika spodaj).



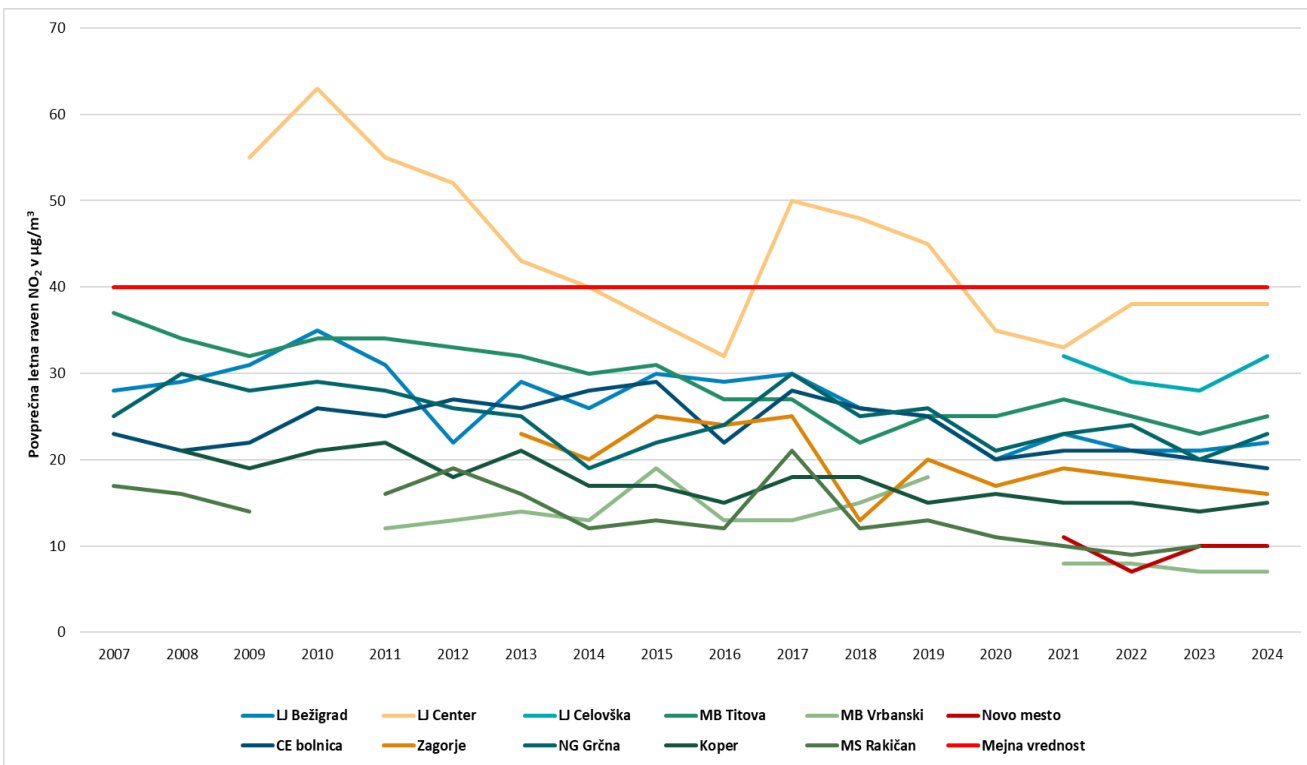
Povprečne letne ravni BaP se na vseh urbanih merilnih mestih gibljejo okoli predpisane ciljne vrednosti. Letni poteki ravni BaP kažejo, da so najvišje ravni izmerjene v kurilni sezoni.



BaP



Glavni vir BaP predstavljajo izpusti iz zastarelih malih kurilnih naprav gospodinjstev na trda goriva.



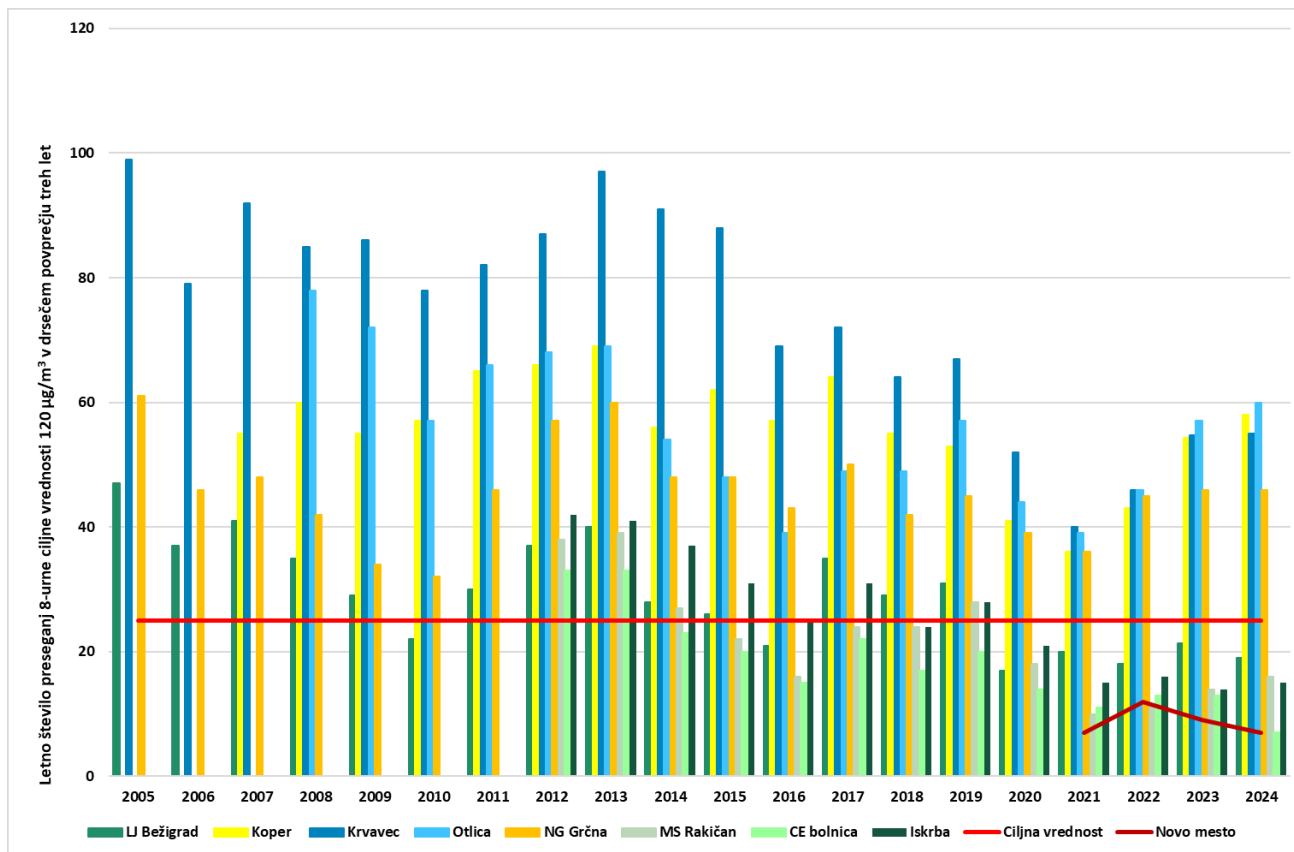
Izmerjene ravni dušikovega dioksida v zunanjem zraku v zadnjih letih ne presegajo predpisanih mejnih vrednosti.

Glavni vir dušikovih oksidov je promet, zato je čezmerna onesnaženost z njim izrazita težava večjih mest in aglomeracij.

Dušikov dioksid

Po onesnaženosti zraka z dušikvim dioksidom spada Slovenija med manj onesnažene države Evrope.

Če podatke iz leta 2024 vrednotimo po novih standardih, bi bila na vseh prometnih merilnih mest presežena mejna letna vrednost za NO_2 .



Ozon je sekundarno onesnaževalo, kar pomeni da nastaja v kemijskih reakcijah in ne neposredno z izpusti. Za znižanje ravni ozona je potrebno zmanjšati izpuste predhodnikov ozona.

Raven onesnaženosti zraka z ozonom je večino let nad ciljno vrednostjo na merilnih mestih mestnega in podeželskega ozadja, dolgoročni cilji so preseženi skoraj na vseh merilnih mestih.

Ozon

Na raven ozona pomembno vpliva čezmejni prenos onesnaženega zraka. Nižine v severni Italiji so območje, kjer nastajajo večje količine ozona, ki ga ob zmernih vetrovih z zahoda in jugozahoda prinese k nam.

Nova direktiva zahteva spremljanje „novih“ onesnaževal

Poleg spremljanja obstoječih onesnaževal se zahteva tudi spremljanje črnega ogljika, ultrafinih delcev, oksidativnega potenciala, levoglukozana in amonijaka v zraku.

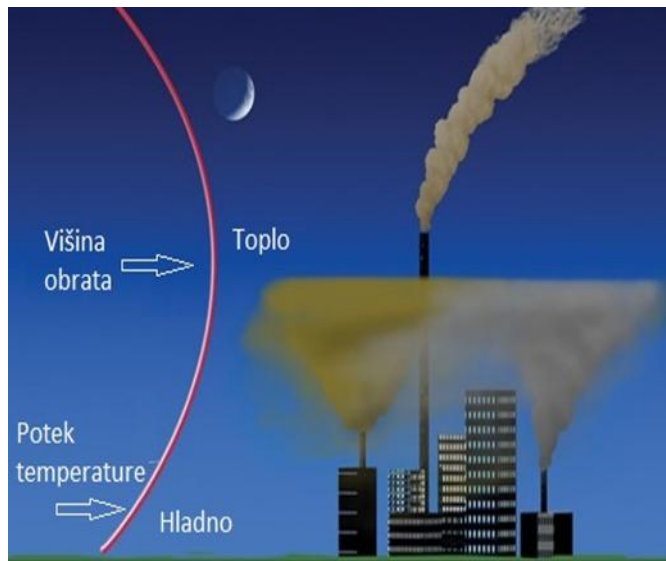
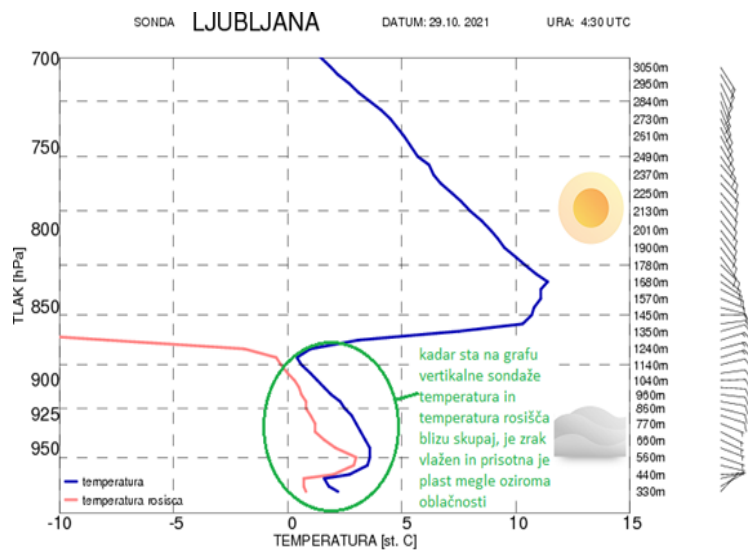
Na ARSO že spremljamo črni ogljik, levoglukozan in ultrafine delce.

Za kvalitetno in primerljivo spremljanje onesnaževal je nujno imeti določene standardne merilne metode. Za interpretacijo izmerjenih vrednosti so potrebni ocenjevalni pragovi.



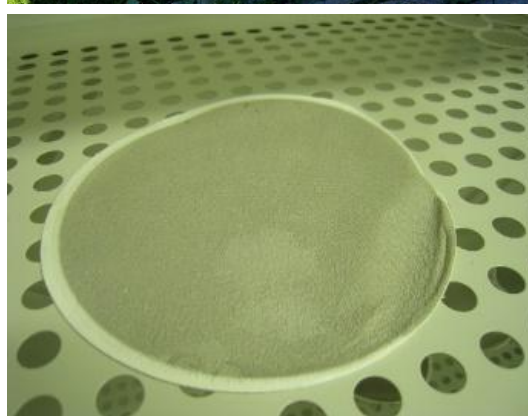
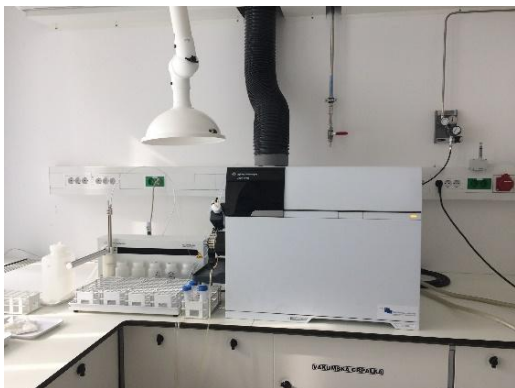
V Sloveniji so zaradi razgibanega reliefa in lege v zavetrju Alp predvsem v zimskem času pogoji za redčenje onesnaženja v zraku pogosto slabi.

VPLIV METEROLOŠKIH RAZMER



Naraščanje temperature z višino deluje kot pokrov in ločuje zrak v kotlini od splošnih vremenskih dogajanj nad njim.

DOLOČITEV VIROV DELCEV PM₁₀



Vrsta parametrov

Analizirani parametri

Težke kovine

arzen (As), kadmij (Cd), svinec (Pb), nikelj (Ni), alumini (Al), kobalt (Co), krom (Cr), baker (Cu), galij (Ga), mangan (Mn), molibden (Mo), antimon (Sb), selen (Se), stroncij (Sr), talij (Tl), vanadij (V), cink (Zn), železo (Fe), srebro (Ag), barij (Ba), cezij (Cs), rubidij (Rb)

PAH

benzo(a)antracen, benzo fluoranteni, benzo(a)piren, dibenzo(ah)antracen, indeno(1,2,3-cd)piren

Ioni

anioni (sulfat SO_4^{2-} , nitrat NO_3^- , klorid Cl^-) in kationi (natrijev ion Na^+ , kalijev ion K^+ , amonijev ion NH_4^+ , magnezijev ion Mg^{2+} , kalcijev ion Ca^{2+})

Organski ogljik (OC) in elementarni ogljik (EC)

Levoglukozan

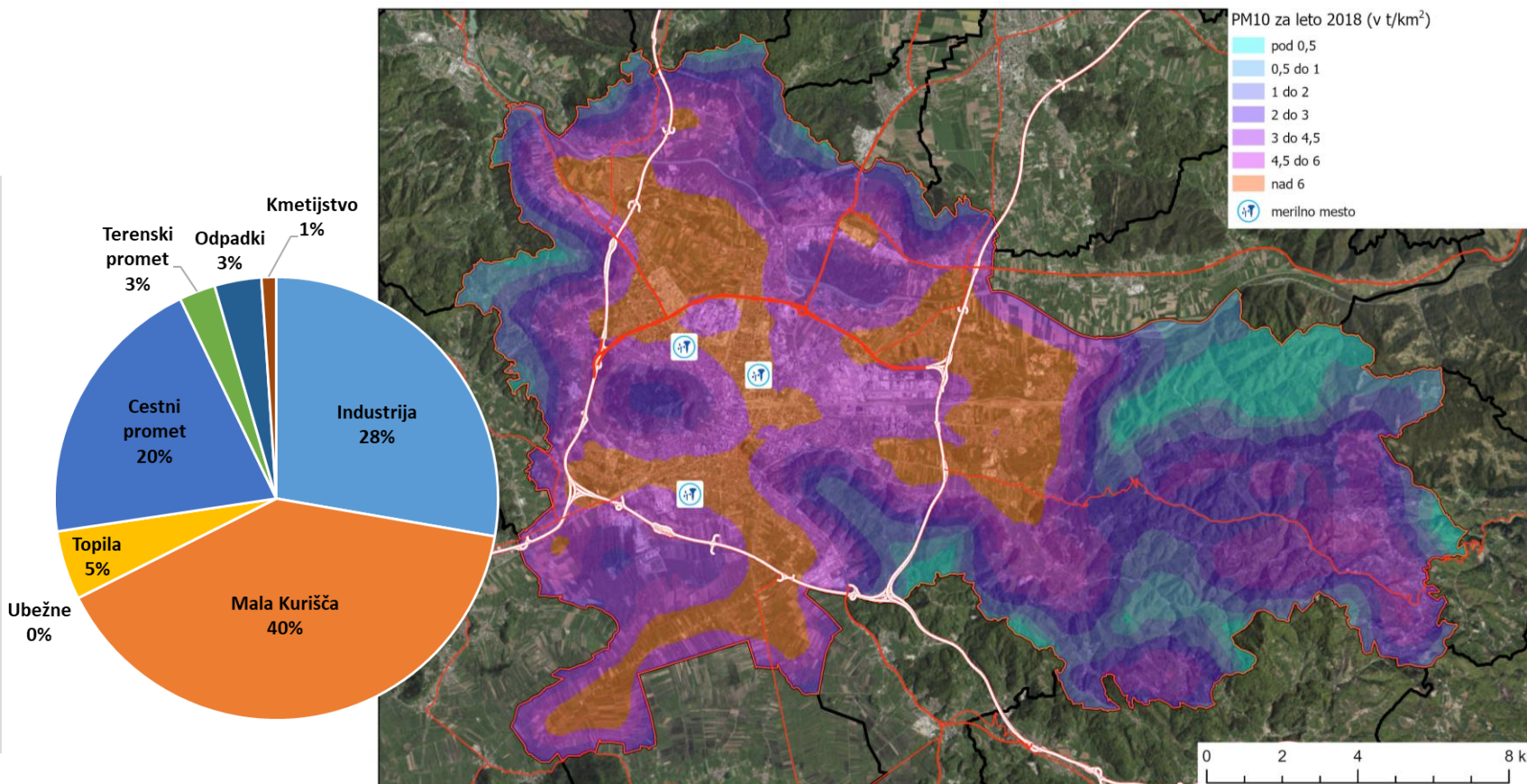
Kemijska analiza delcev PM₁₀ omogoča določitev virov.

V emisijski evidenci se sledi vsakemu viru emisij glede na njegovo prostorsko in časovno aktivnost delovanja.

Za pripravo je potrebna natančna analiza metodologije priprave, verifikacije vhodnih podatkovnih baz in validacija končne evidence.

Za vsak vir onesnaževal je značilen določen kemijski podpis, ki ga predstavlja specifična vsebnost kemijskih elementov ali spojin.

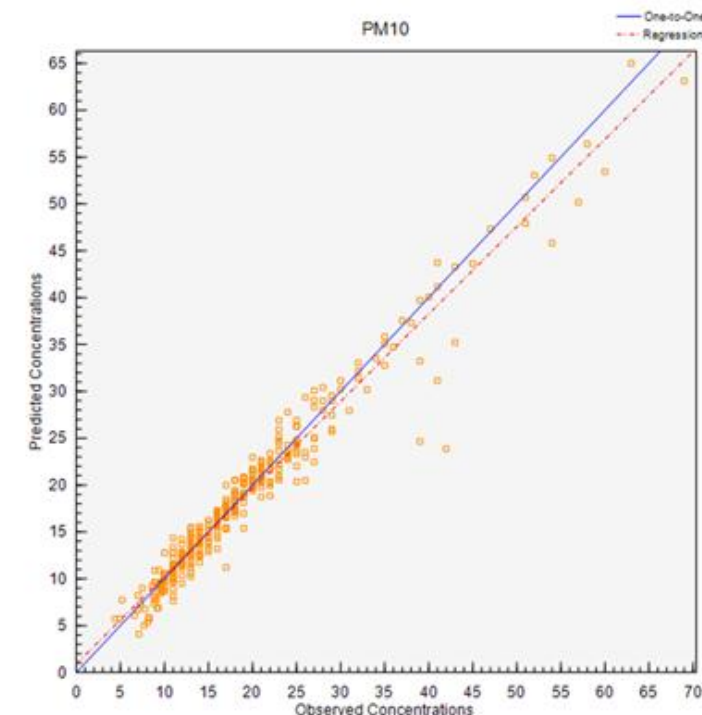
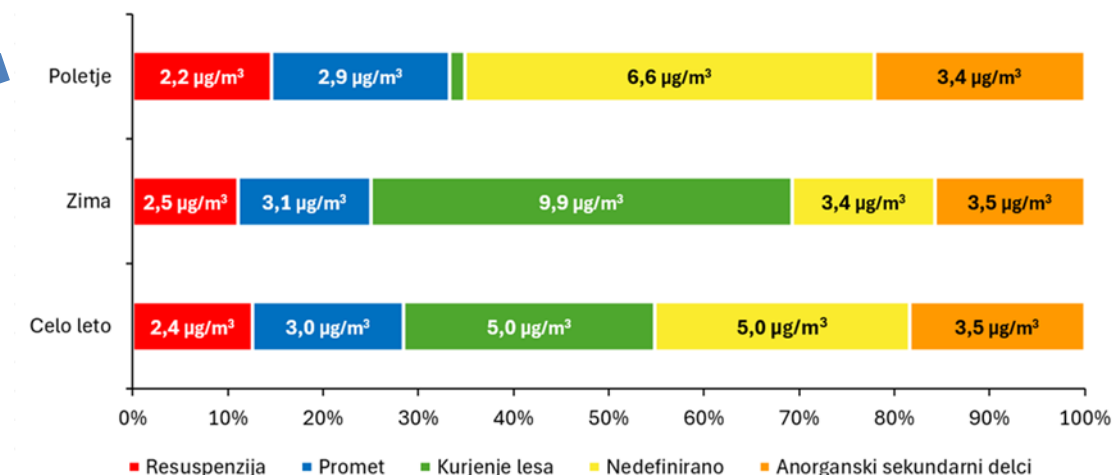
Najbolj zastopani kemijski parametri za določen vir tako predstavljajo značilne indikatorje, na podlagi katerih lahko identificiramo posamezne vire delcev.



Vir onesnaženja	Značilni parametri
CESTNI PROMET	
Emisija izpusta	Br, Pb, Ba, EC, Mn, Cl, Zn, V, Ni, Se, Sb, As, PAH
Obraba pnevmatik	Zn, Cu, Sb, Co
Obraba zavor	Cu, Zn, Pb, Co, Mo
Prah na cesti zaradi prometa	EC, Al, Si, K, Ca, Ti, Fe, Zn
INDUSTRIJA	
Industrija železa in jekla	Pb
Rafinerija	V
Cementarna	Mg, Al, K, Ti, Mn, Fe
INDIVIDUALNA KURIŠČA	
Les	levoglukozan, PAH, EC, Ca, Na, K, Fe, Br, Cl, Cu, Rb
Premog	Se, As, OC, EC, Cr, Co, Cu, Al, S, P, Ga
Kurilno olje	EC, V, Ni
AEROSOLI IZ MORJA	Na, Cl, S, K
RESUSPENZIJA	Si, V, Cr, Ca, Ti, Sr, Al, Mn, Sc
MINERALNI PRAH	Si, Al, Ca, Mg
SEKUNDARNI DELCI	
Kmetijstvo	NH ₃
Premog, livarne	SO ₂
Izgorevanje	NO _x

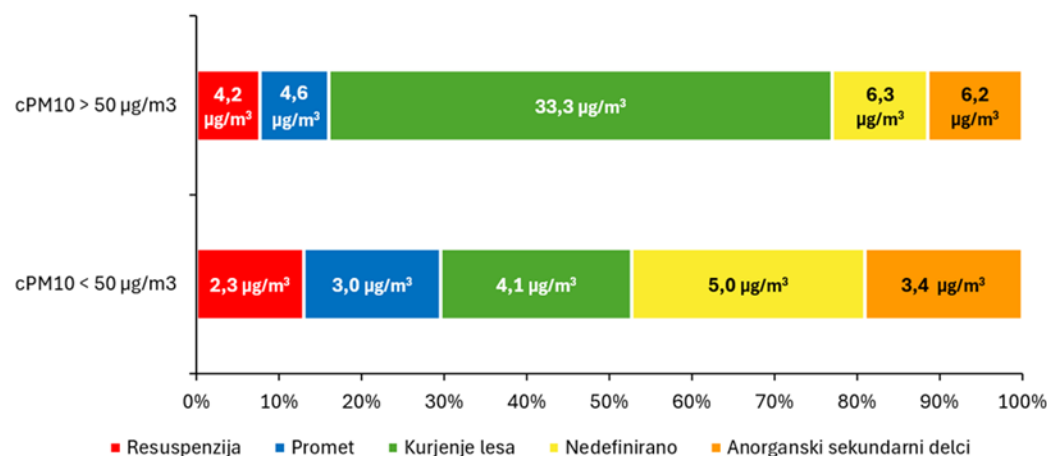
Positive Matrix Factorization oz. PMF je statistični model, ki omogoča identifikacijo ter kvantifikacijo prispevkov posameznih emisijskih virov h ravnom delcev PM_{10} v zunanjem zraku.

Prikaz porazdelitve posameznih virov emisij v odstotkih za delce PM_{10} za različna časovna obdobja za merilno mesto Ljubljana Vič v letu 2023.



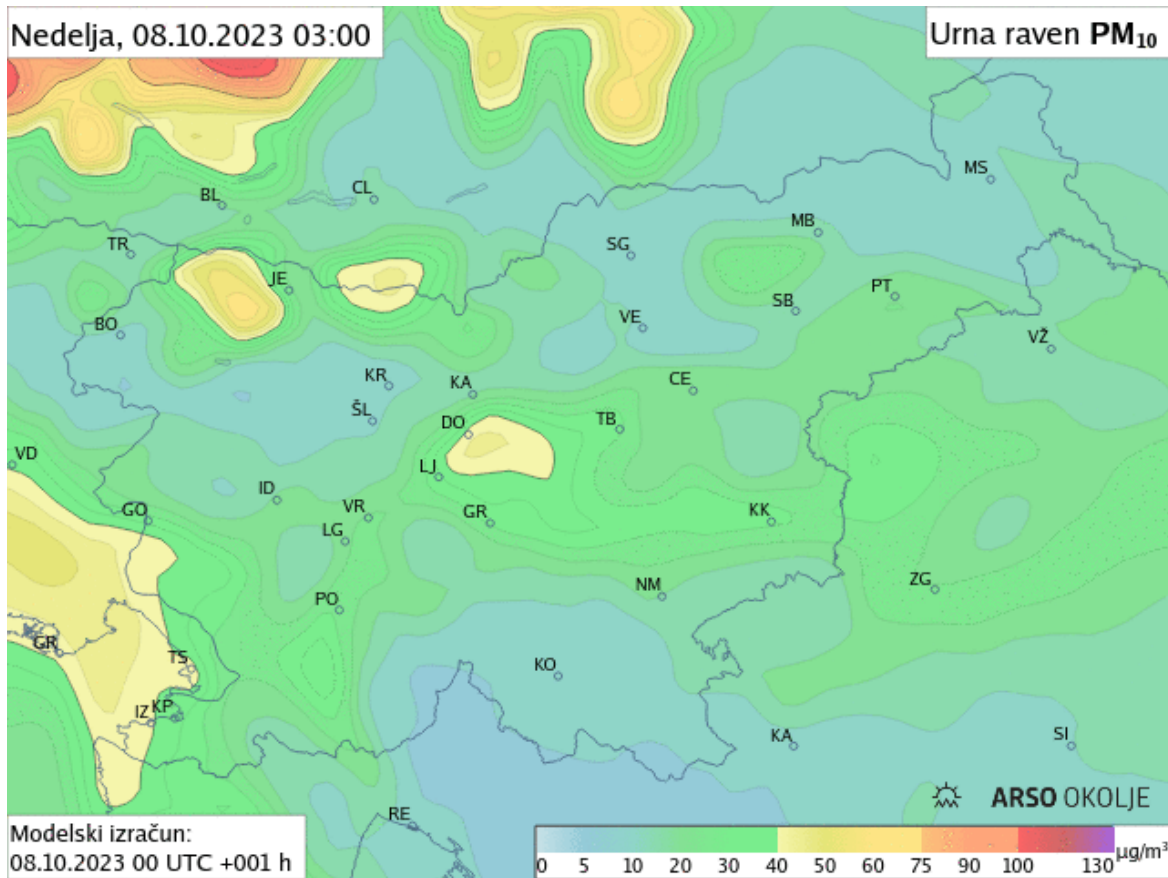
Ujemanje izmerjenih dnevni ravni delcev PM_{10} z izračunanim s statističnim modelom PMF, $r^2=0,95$

V kurilni sezoni so gospodinjstva glavni vir izpustov delcev.



Prikaz porazdelitve virov delcev PM_{10} glede na njihovo raven nad in pod 50 $\mu g/m^3$ za merilno mesto Ljubljana Vič v letu 2023.

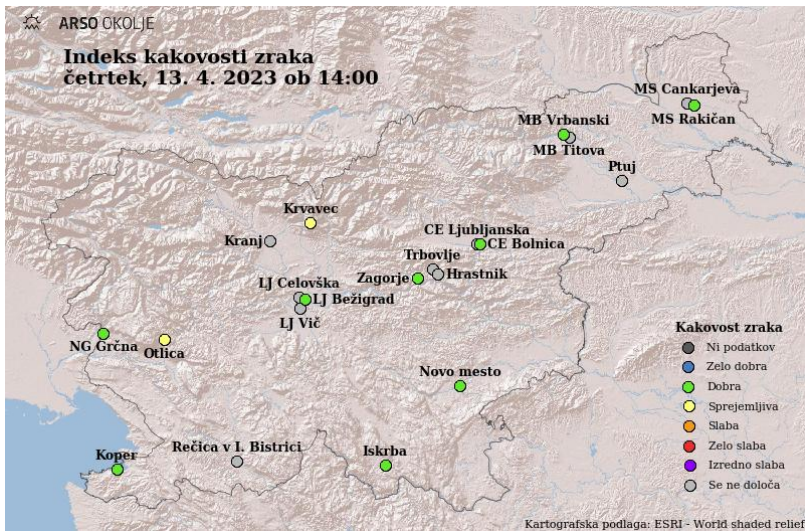
MODELIRANJE



REGIONALNI MODEL: ALADIN/SI- CAMx (disperzijsko fotokemijski model)

LOKALNI MODEL: GRAMM/GRAL

Napovedovanje in ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka, analiza epizod onesnaženja.



UPORABA PODATKOV

ARSO – osrednja institucija v Sloveniji za izvajanje pridobivanja in analiziranja podatkov s področja kakovosti zunanjega zraka ter obveščanja in opozarjanja javnosti.

Spletna stran Agencije, teletekst.

Mesečni bilten Naše okolje in Letno poročilo o kakovosti zunanjega zraka.

Poročanja na EEA, EMEP, GAW.

ZRAK

Onesnaženost zraka

Petek, 19. januarja 2024, med 12:00 in 13:00

Povprečne urne ravni onesnaževal

Materiales	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	Ozon	NO _x	Bacterias
Li Urbano	+2	+2		0.2	39	15	-
Li Suburbia	+2	+2		0.2	31	15	-
Li Rv	2	2					
Rural	+3	+3					
MS Vaso	11	9				48	3.2
MS Vaso	9	7		62	9		
Ci Urbana	6	3	2		29	24	
Ci Suburbia	5	4					
Ci Logística	14	14					
MS Rural	22	19			43	30	
MS Logística	21	21					
Urbanización	2	2					
MS Centro	+2	+2			56	13	
Urbanización							
Rural	+3	+3			60	-	
Troncal	3	3					
Troncal	3	3					
Troncal	3	3	+1				
Troncal	3	3					
Nuevo centro	3	2			65	2	
Centro no autorizado							
Centro	3	3					
Centro							
Centro	+3	+3			75	0.4	
Centro					71		
Mayor orden	+3		+3	358	180	200	

Četrtek, 18. januarja 2024

Dnevne ravni onesnaževal

Metileno merlo	Pb10		Cd		Hg		Cu		Zn		Mn	
	ppm*	µg/m*	ppm*	µg/m*	ppm*	µg/m*	ppm*	µg/m*	ppm*	µg/m*	ppm*	µg/m*
La Bredaga	15	13					0,9	62	91			
La Vercosa	16	12										71
La Uona	9											
M. Tinto	14	12										
MP Tinto	12	8										
MP Vivavalle	11	13						51	44	39		39
CC Casanova	11	9		6								
CC L. d. S. Maria	17	14										
Phi	9											
MS Isarica	21	18						10		40		40
MS Casanova	26	25										
U. Bona	15	12										
Ongulifera												
MS Zima	22	20						15	20	41		41
Oliva								47	61			
Kopar	23	19						65	56	40		40
Sejane	11	9										
Zagorje	17	15	+1	7				16	50	47		47
Hrastnik	15	13										
Novo mesto	16	13						43	55	31		31
Črna na Krškem												
Črnomelj	53	26										
Metka	7	5	+1	-1				5	72	6		6
Avsenj								17	7			
Ilidža	50	+ 125	100		10			180	120			



Vir: ARSO, avtomatski prenos

Trend onesnaženosti zraka v zadnjih letih kaže na znižanje ravni onesnaževal.

Epizode z čezmerno onesnaženostjo z delci se pojavijo vsako kurilno sezono.

Lokalni izpusti kljub navideznemu izboljšanju kakovosti zraka še vedno ostajajo na visoki ravni.

Z majhnimi spremembami lahko vsak prispeva k boljši kakovosti zraka.

SKLEPI IN PRIPOROČILA



ARSO OKOLJE

HVALA