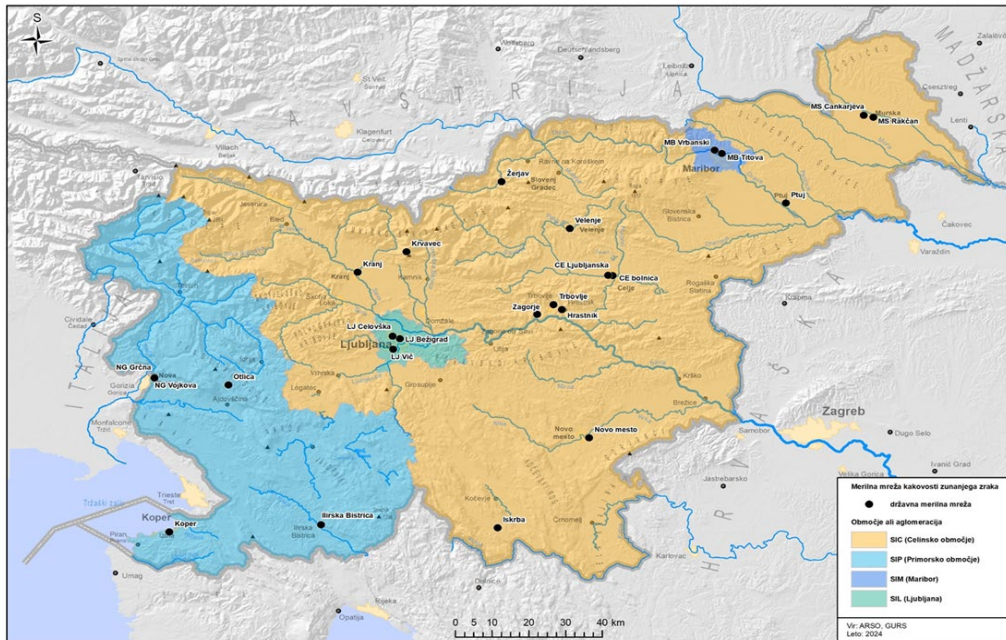


Meritve kakovosti zraka in izzivi doseganja novih standardov kakovosti

Tanja Koleča
oktober 2026



DMKZ

V zunanjem zraku zakonodaja zahteva spremljanje: ozona, delcev PM_{10} in $PM_{2.5}$, dušikovih oksidov, žveplovega dioksida, ogljikovega monoksida, benzena ter arzena, kadmija, svinca, 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 povprečja	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.

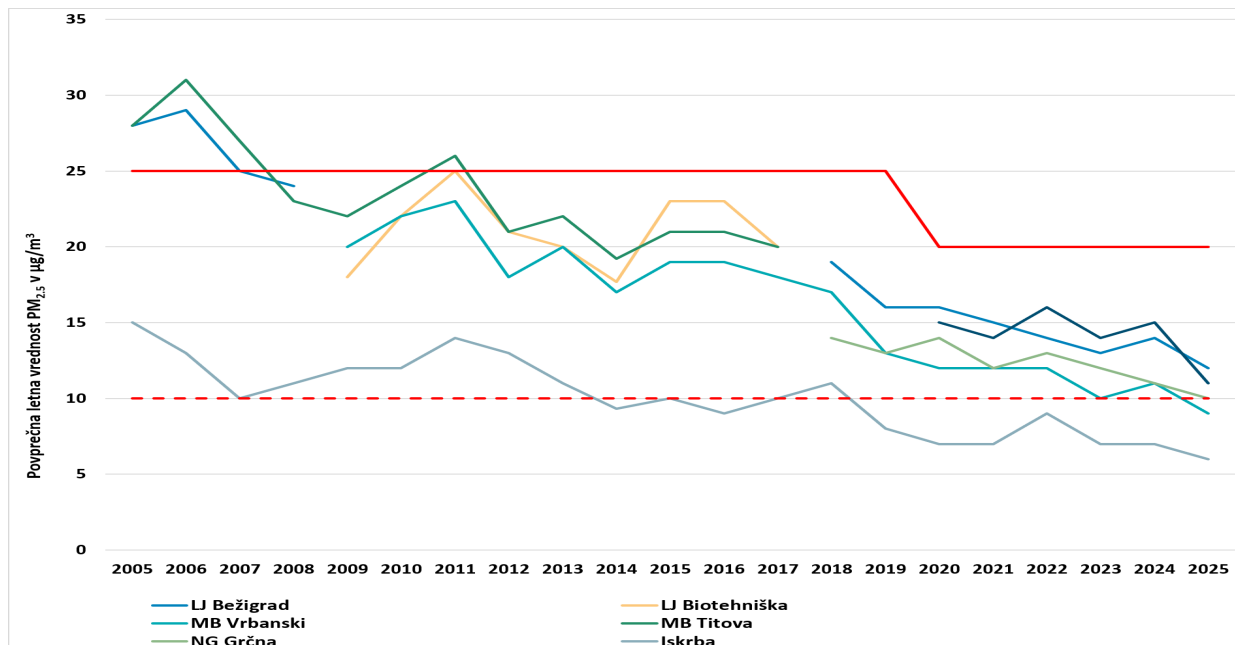
DELCI: Opazen je trend zmanjšanja onesnaženosti zraka z delci. V kurilni sezoni ob neugodnih razmerah še vedno izmerimo ravni, ki so zdravju škodljive.

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.

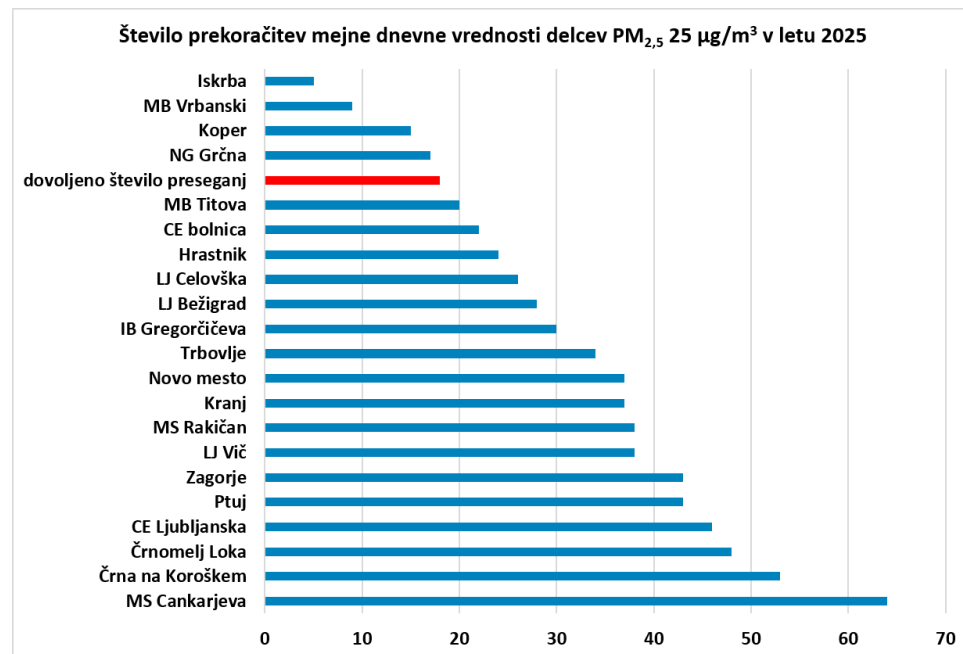
V Zgornji Mežiški dolini občasno izmerimo visoke vrednosti **svinca in kadmija**.

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



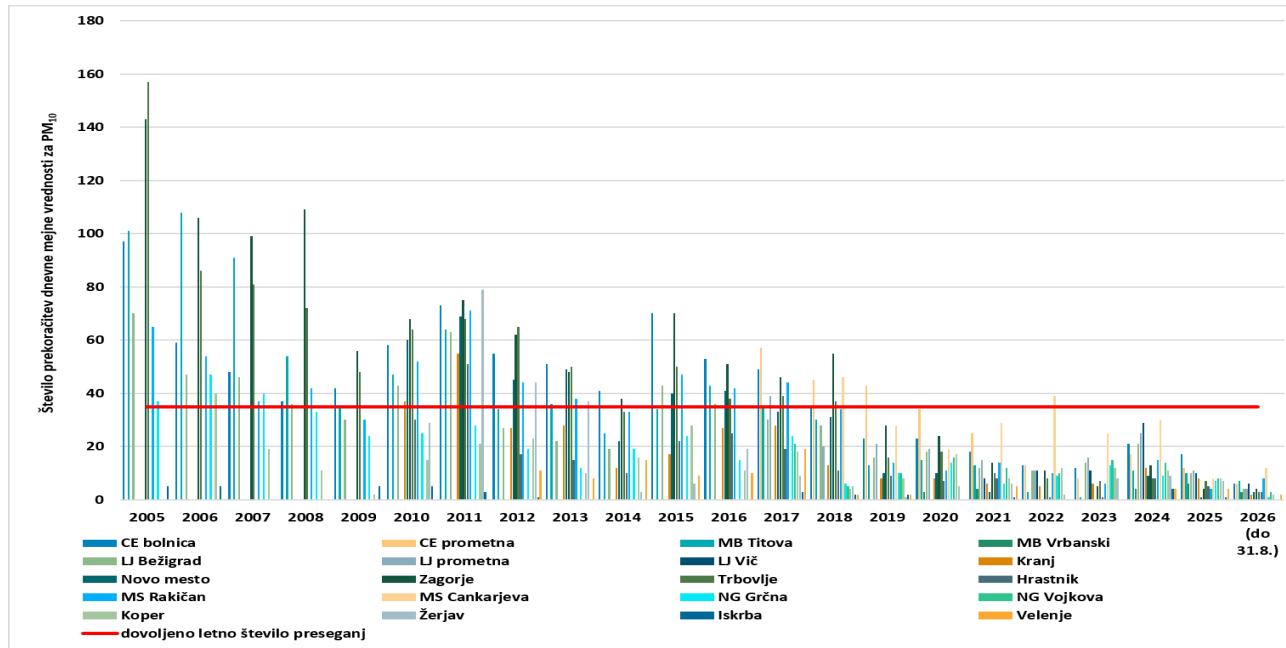
$PM_{2,5}$ so delci s premerom manjšim od $2,5\mu m$.
 PM_{10} so delci s premerom manjšim od $10\mu m$.
 Delci PM_{10} vsebujejo vse delce $PM_{2,5}$.

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



$PM_{2,5}$

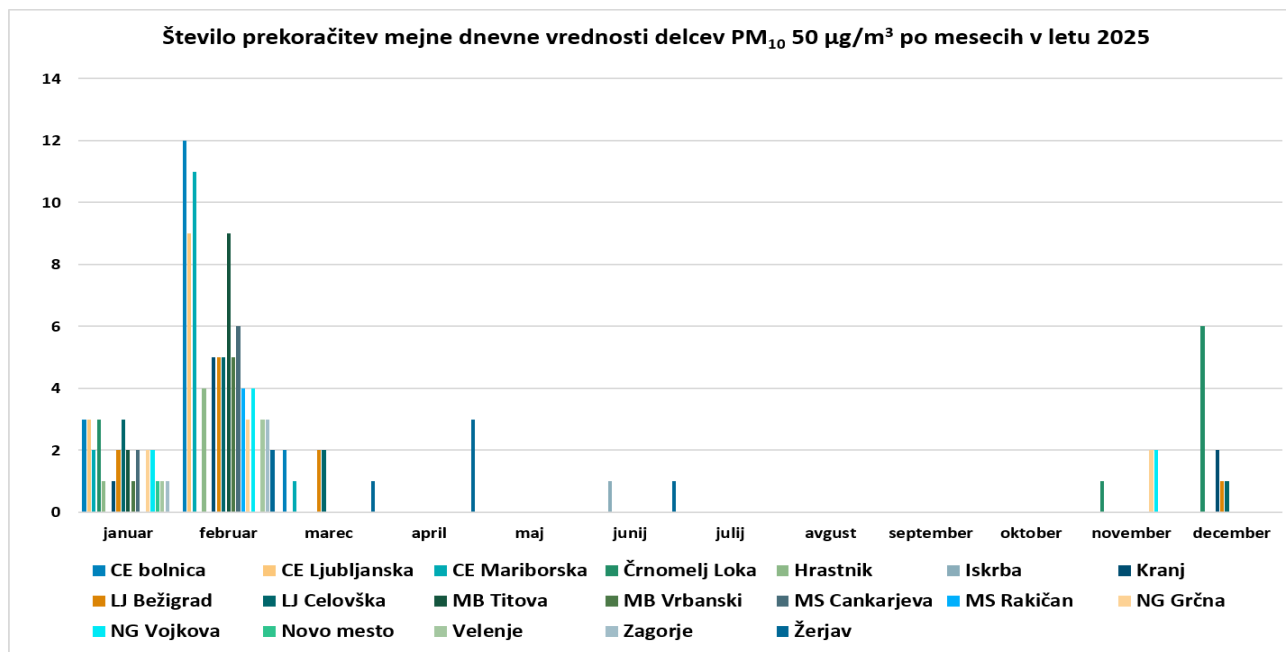
Če bi podatke iz leta 2025 ovrednotili po novih standardih, bi letna mejna vrednost za $PM_{2,5}$ presegla dovoljeno raven na večini merilnih mestih. Nova direktiva uvaja tudi pri $PM_{2,5}$ dnevno mejno vrednost. Tudi ta bi bila presežena na večini merilnih mest.



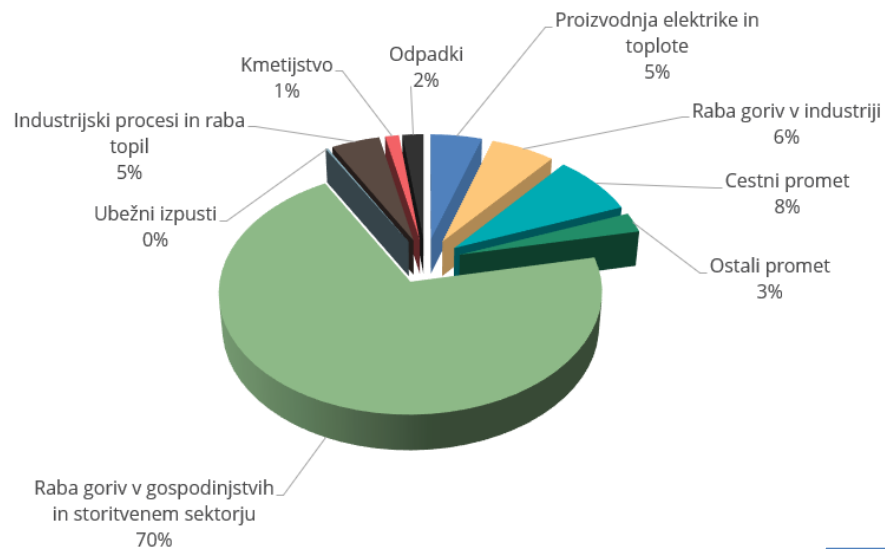
Opazen je trend zmanjšanja onesnaženosti zraka z delci.

PM_{10}

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



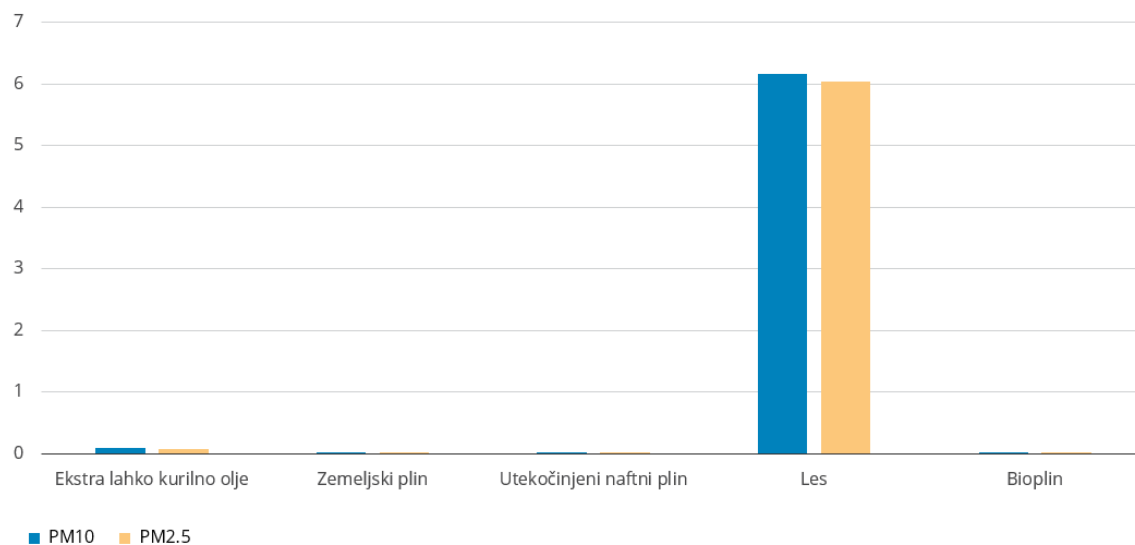
Če podatke iz leta 2025 vrednotimo po novih standardih, bi bila na nekaterih merilnih mestih presežena mejna letna vrednost. Na dveh merilnih mestih od dvajsetih bi bilo preseženo tudi dovoljeno število preseganj mejne dnevne vrednosti za PM_{10} .



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

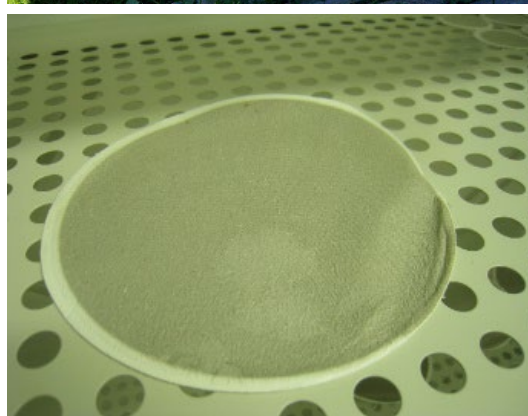
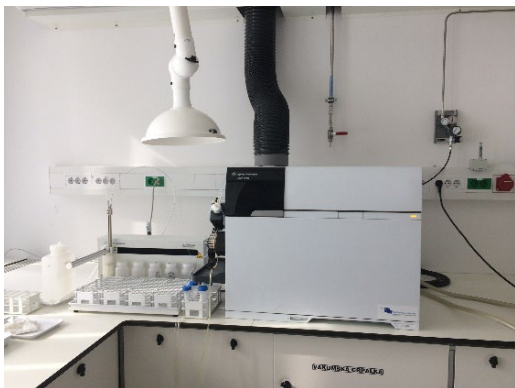
Emisije delcev

Izpusti PM10 in PM2.5 (kt)



Mala kurišča so k skupnim izpustom PM_{10} na nivoju države v letu 2024 prispevala 53%, k skupnim izpustom $PM_{2.5}$ pa kar 70% (slika zgoraj). Prevladujoča je vloga kurilnih naprav na les v skupnih izpustih malih kurilnih naprav (slika spodaj).

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)

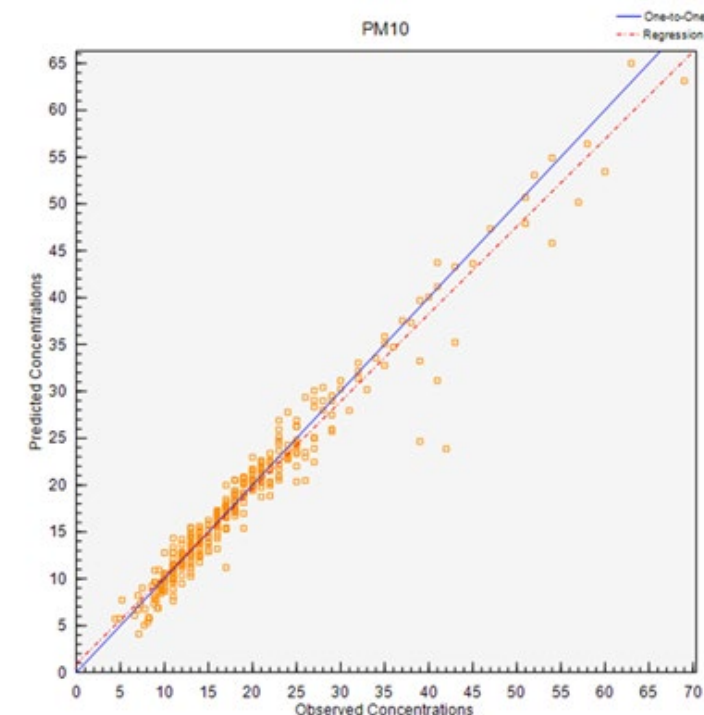
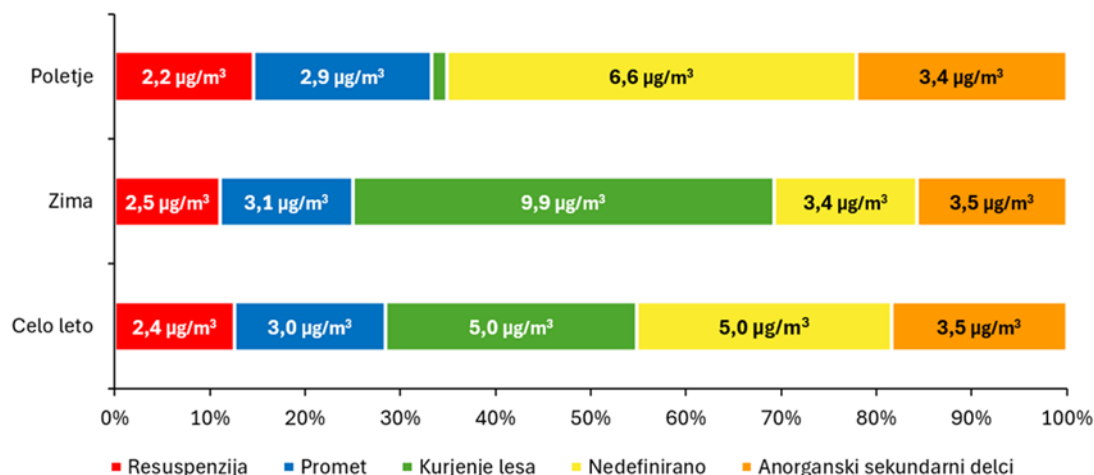
Levoglukozan

Kemijska analiza delcev PM₁₀ omogoča določitev virov.

Kemijska analiza delcev PM₁₀ omogoča določitev virov.

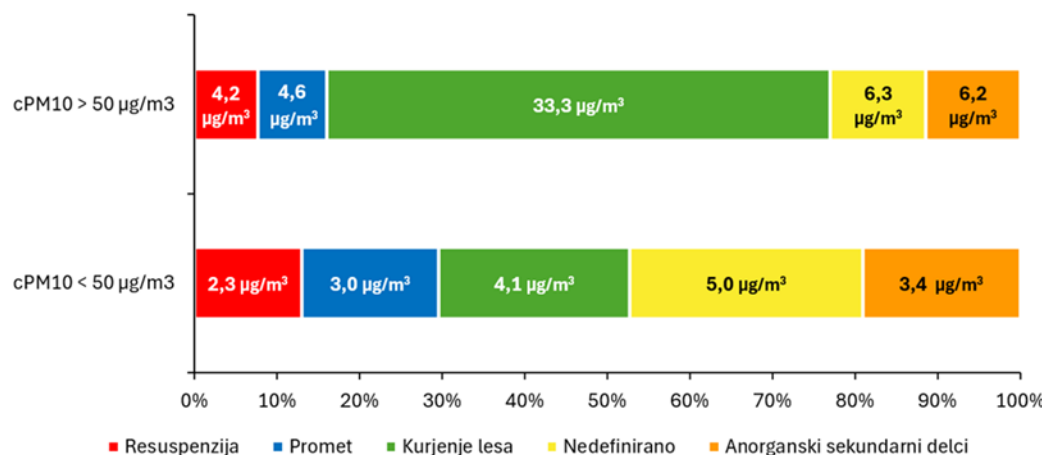
Positive Matrix Factorization oz. PMF je statistični model, ki omogoča identifikacijo ter kvantifikacijo prispevkov posameznih emisijskih virov h ravnom delcev PM₁₀ v zunanjem zraku.

Prikaz porazdelitve posameznih virov emisij v odstotkih za delce PM₁₀ za različna časovna obdobja za merilno mesto Ljubljana Vič v letu 2023.

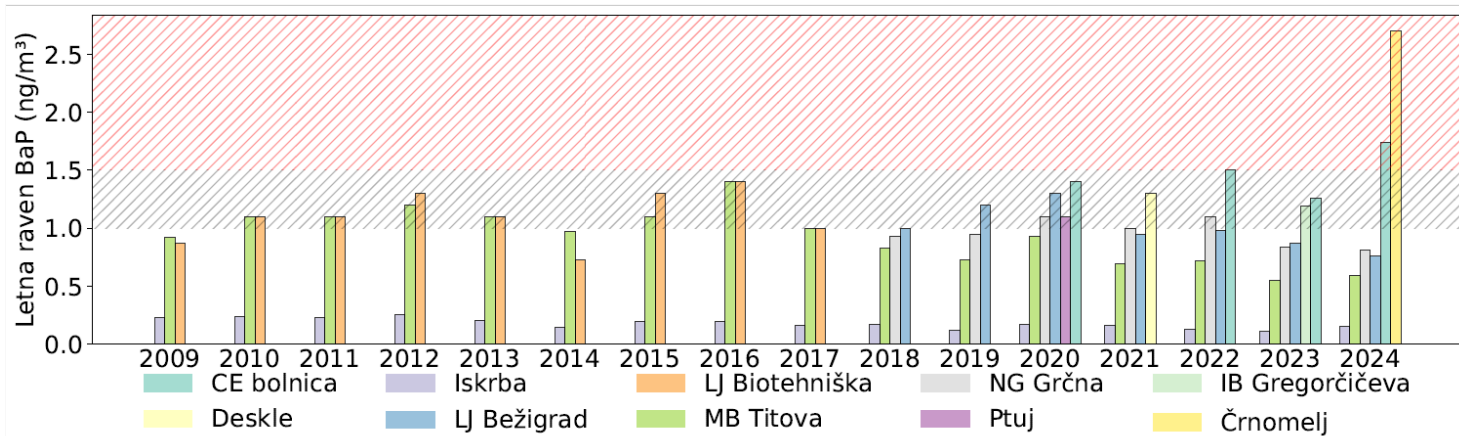


Ujemanje izmerjenih dnevnih ravni delcev PM₁₀ z izračunanim s statističnim modelom PMF, $r^2=0,95$

V kurilni sezoni so gospodinjstva glavni vir izpustov delcev.



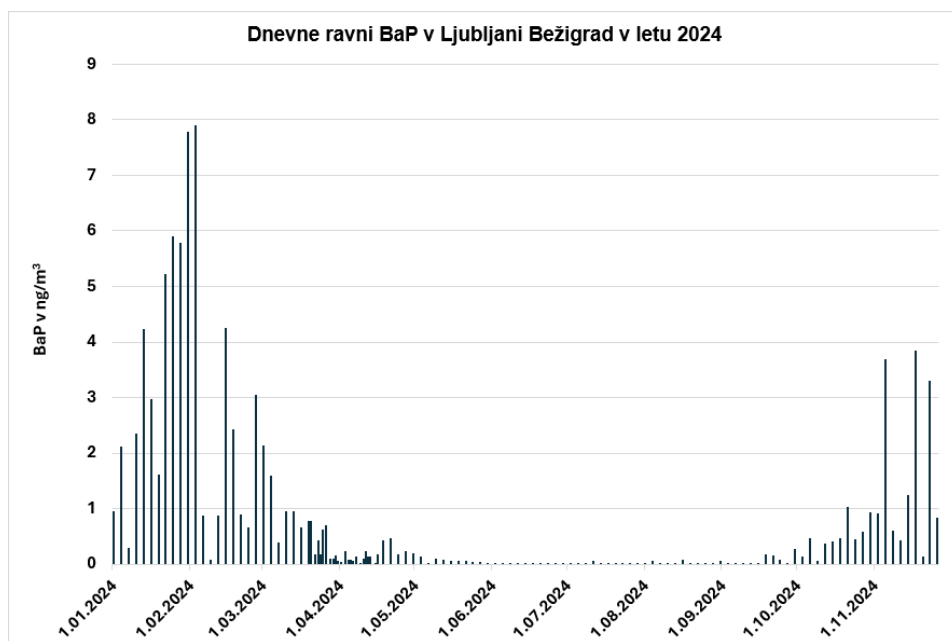
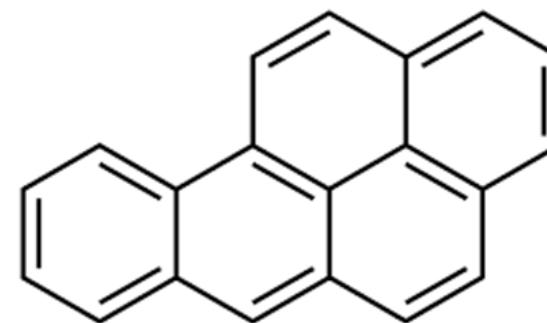
Prikaz porazdelitve virov delcev PM₁₀ glede na njihovo raven nad in pod 50 µg/m³ za merilno mesto Ljubljana Vič v letu 2023.



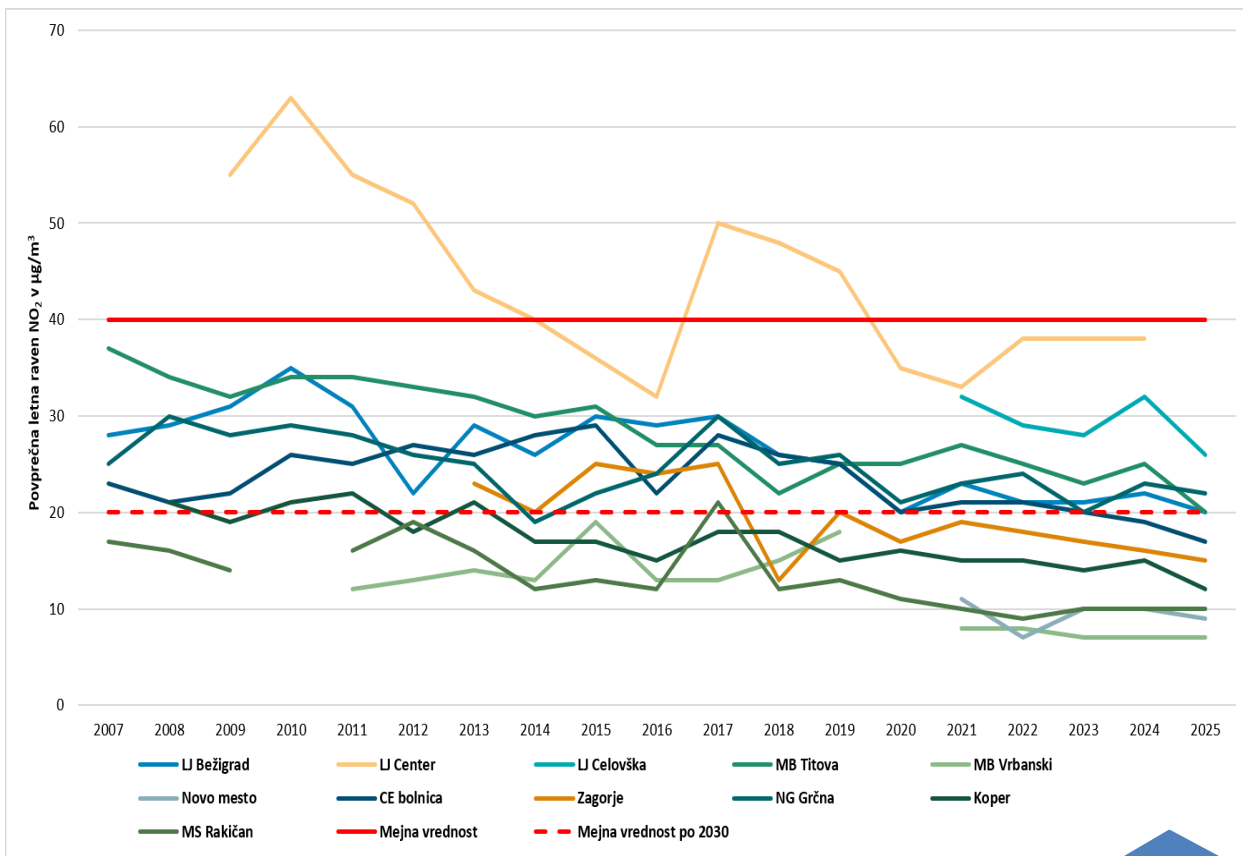
Povprečne letne ravni BaP se na vseh urbanih merilnih mestih gibljejo okoli predpisane ciljne vrednosti.

V letu 2024 je bila v Celju presežena letna ciljna vrednost. 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.



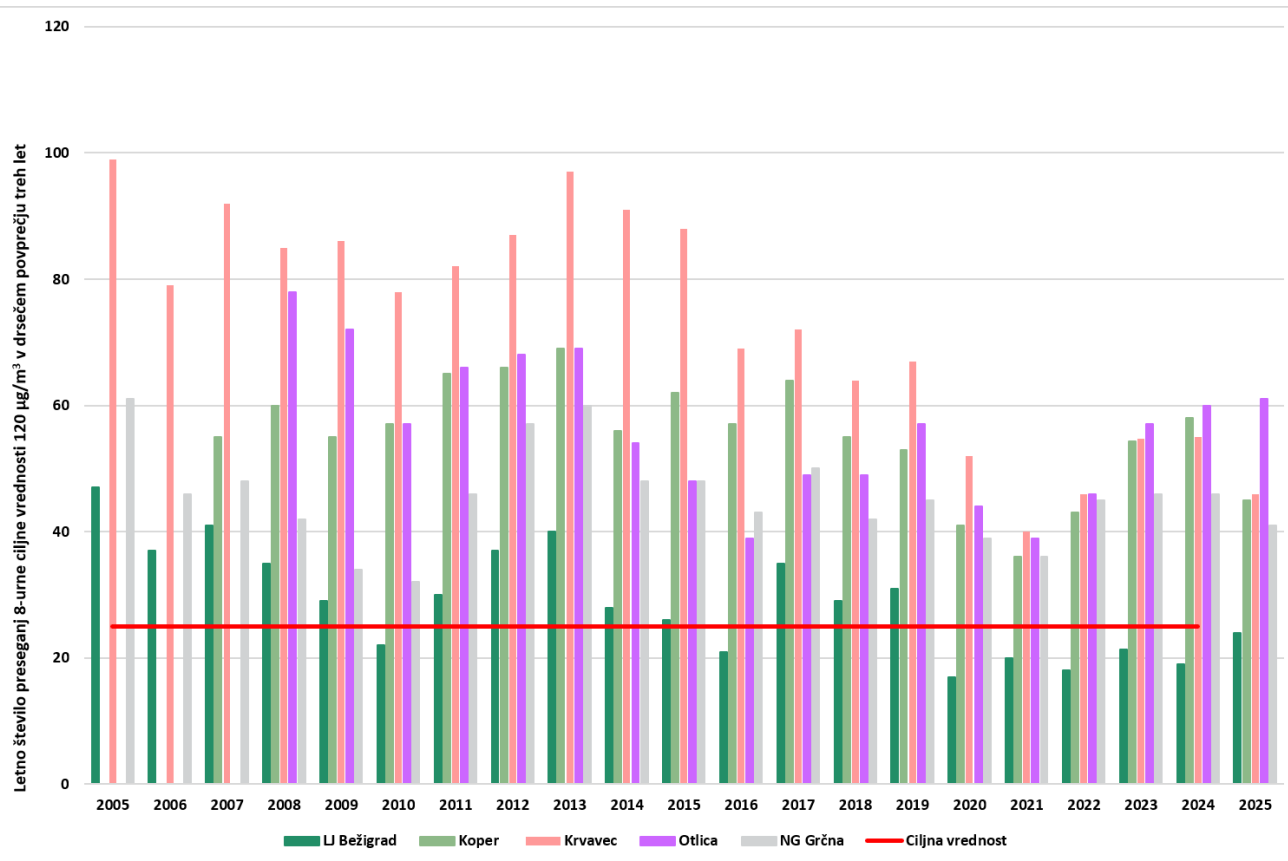
Dušikov dioksid

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

Če bi podatke iz leta 2025 ovrednotili po novih standardih, bi letna mejna vrednost za NO₂ presegla dovoljeno raven na več merilnih mestih.

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.



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.

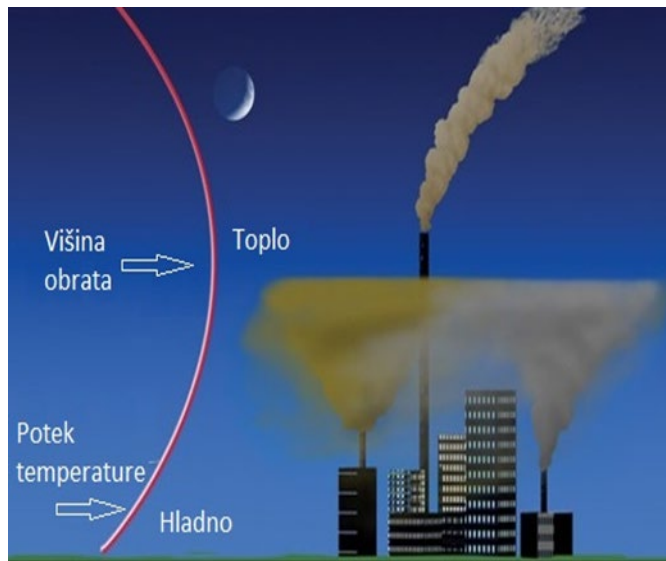
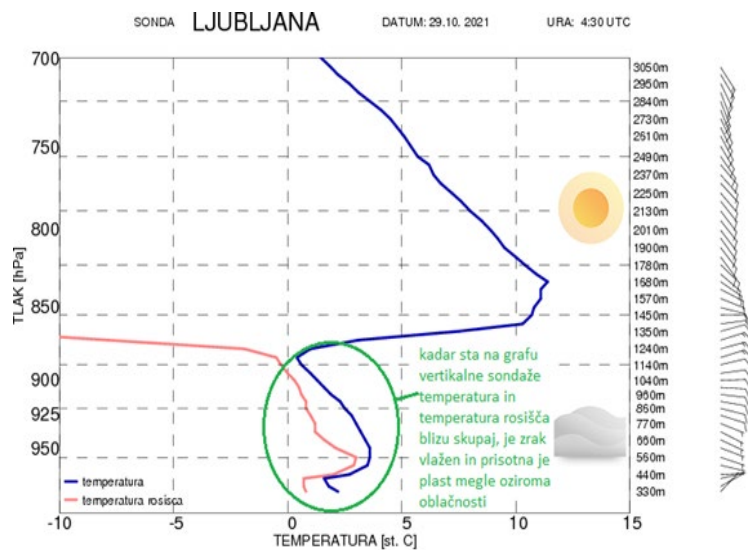
Na ARSO že spremljamo črni ogljik, levoglukozan in ultrafine delce.

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.



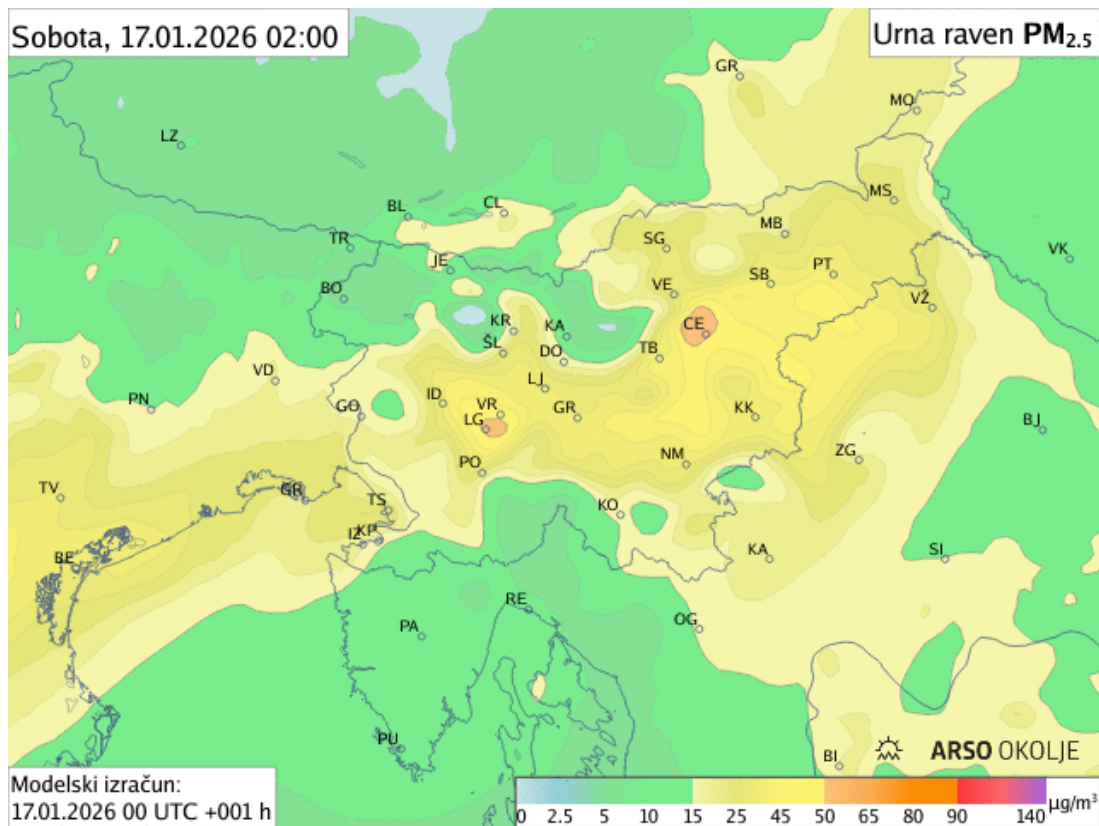
DMKP

Kakovost padavin se spremlja na petih merilnih mestih: Iskrba, Ljubljana Bežigrad, Murska Sobota Rakičan, Rateče in Škocjan.

V padavinah se spremlja pH, električno prevodnost, katione, anione, težke kovine in PAH.

Meritve kakovosti padavin v Sloveniji smo pričeli izvajati v letu 1996.

MODELIRANJE



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

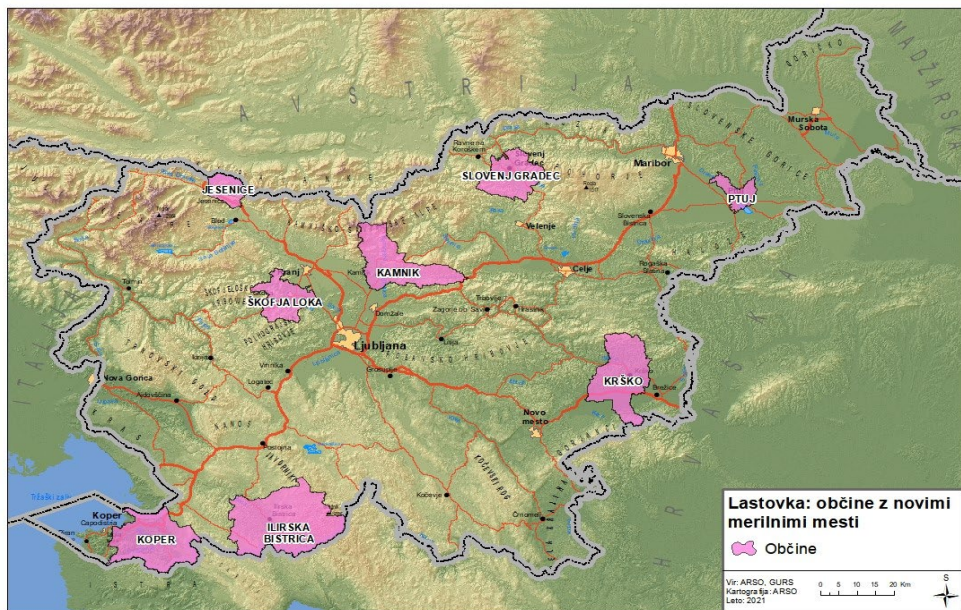
LOKALNI MODEL: GRAMM/GRAL

Napovedovanje in ocenjevanje kakovosti zunanjega zraka, analiza epizod onesnaženja.

Kohezijski projekt LASTOVKA



3,6 mio EUR



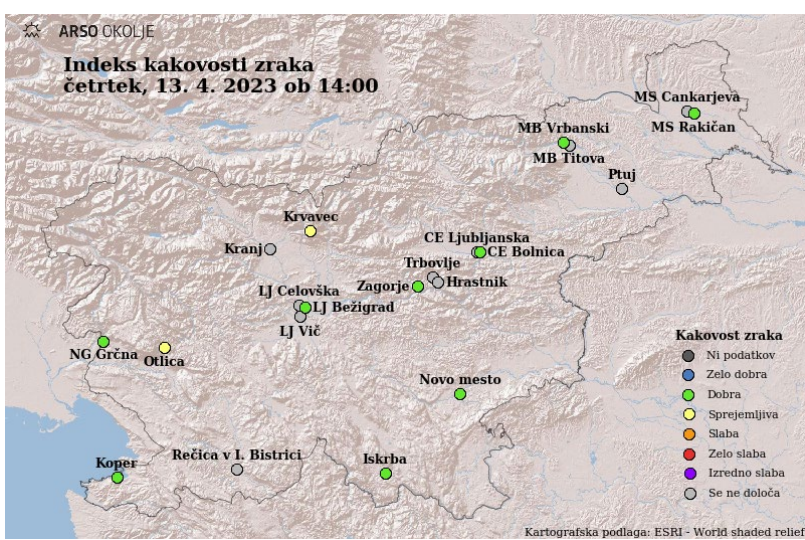
Zagotavljanje celovitega spremljanja stanja onesnaženosti zraka, priprava strokovnih podlag odločevalcem za načrtovanje in spremljanje izvajanja politik in ukrepov za izboljšanje kakovosti zraka, opozarjanje državljanov glede onesnaženosti zunanjega zraka ter seznanjanje s kakovostjo padavin.

Razširitev merilne mreže stalnih merilnih mest za kakovost zunanjega zraka.

Mobilna postaja.

Prenova merilne mreže za spremljanje kakovosti padavin.

Vzpostavljeno opozarjanje državljanov glede onesnaženosti zunanjega zraka na mobilnih napravah.



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.

UPORABA PODATKOV

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

Merilno mesto	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	Ozon	NO ₂	Benzen
LJ Bežigrad	<2	<2	12	19	31	-	-
LJ Celovška	2	<2	-	-	-	-	-
LJ VEC	2	<2	-	-	-	-	-
Marj	<2	<2	-	-	-	-	-
MB Titova	11	8	-	-	-	48	12
MB Vrbanški	9	7	-	-	-	62	9
CE Ljubljanska	6	3	2	-	-	25	24
CE Bolnica	5	4	-	-	-	-	-
Phj	14	10	-	-	-	-	-
MS Dolenjski	20	18	-	-	-	43	30
MS Celovška	21	21	-	-	-	-	-
Ljubljana Gregorčičeva	3	2	-	-	-	-	-
MS Celica	<2	<2	-	-	-	10	11
OTICA	-	-	-	-	-	73	-
Koper	<2	<2	-	-	-	68	-
Trbovlje	3	3	-	-	-	-	-
Pašina	3	3	<1	-	-	18	-
Hrastnik	4	4	-	-	-	-	-
Novo mesto	3	2	-	-	-	65	2
Črna na Koroškem	-	-	-	-	-	-	-
Črnomur	8	8	-	-	-	71	0.4
Kranj	<2	<2	<1	-	-	71	-
Mesna vrednost	-	-	358	-	180	200	-

Četrtek, 18. januarja 2024

Dnevne ravni onesnaževal

Merilno mesto	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	Ozon	NO ₂
LJ Bežigrad	13	12	-	-	-	62
LJ Celovška	15	12	-	-	-	77
LJ VEC	15	8	-	-	-	-
Kranj	12	12	-	-	-	-
MB Titova	12	8	-	-	-	62
MB Vrbanški	11	10	-	-	-	64
CE Ljubljanska	11	9	3	6	-	60
CE Bolnica	17	14	-	-	-	-
Phj	9	7	-	-	-	-
MS Dolenjski	23	18	-	-	-	40
MS Celovška	28	25	-	-	-	-
Ljubljana Gregorčičeva	15	12	-	-	-	-
MS Celica	22	20	-	-	-	41
OTICA	22	19	-	-	-	67
Koper	22	19	-	-	-	65
Trbovlje	11	9	-	-	-	65
Pašina	17	15	<1	2	-	56
Hrastnik	15	13	-	-	-	50
Novo mesto	15	13	-	-	-	60
Črna na Koroškem	-	-	-	-	-	-
Črnomur	83	28	<1	<1	-	72
Kranj	7	4	-	-	-	77
Mesna vrednost	80	-	128	200	10	180

Zadnja posodobitev pred parimi minutami

DNESNAŽENOST ZRAKA									
POVPREČNE KONCENTRACIJE (ZADNJIH 7 UR)									
19. 01. 2024 13:42									
	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h		
LJ BEŽIGRAD									
SO ₂	-	-	-	-	-	-	-	ug/m ³	
NO ₂	16	28	19	14	12	12	15	ug/m ³	
CO	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	-	0,2	mg/m ³	
O ₃	31	20	36	-	53	58	59	ug/m ³	
PM10	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	ug/m ³	
LJ CELOVŠKA									
SO ₂	-	-	-	-	-	-	-	ug/m ³	
NO ₂	24	50	48	30	25	24	31	ug/m ³	
CO	-	-	-	-	-	-	-	mg/m ³	
O ₃	-	-	-	-	-	-	-	ug/m ³	
PM10	<2	<2	4	<2	<2	<2	2	ug/m ³	
Mejne vrednosti:									
SO ₂ : 350ug/m ³ ; O ₃ : 180ug/m ³ ; NO ₂ : 200ug/m ³									
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