

**MERITVE IN UPRAVLJANJE MERILNEGA SISTEMA NA MERILNI POSTAJI  
LJUBLJANA CENTER,  
LETNO POROČILO ZA LETO 2024**

Številka študije:2694

Ljubljana, marec 2025



**MERITVE IN UPRAVLJANJE MERILNEGA SISTEMA NA MERILNI POSTAJI  
LJUBLJANA CENTER,  
LETNO POROČILO ZA LETO 2024**

Številka študije: 2694

Ljubljana, marec 2025

Direktor:

dr. Boris ŽITNIK, univ. dipl. inž. el.



ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo

Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

**T** +386 1 474 3601 **I E** info@eimv.si

**W** [www.eimv.si](http://www.eimv.si)

Oddelek za okolje

© Elektroinštitut Milan Vidmar, 2025

*Vse pravice pridržane. Nobenega dela dokumenta se brez poprejšnjega pisnega dovoljenja avtorja ne sme ponatisniti, razmnoževati, shranjevati v sistemu za shranjevanje podatkov ali prenašati v kakršnikoli obliki ali s kakršnimikoli sredstvi. Objavljanje rezultatov dovoljeno le z navedbo vira. Vsebina predstavlja informacije, ki se jih brez odobritve izvajalca ne sme uporabljati za nobene druge namene, razen za upravne postopke po Zakonu o varstvu okolja, Zakonu o ohranjanju narave, Zakonu o prostorskem načrtovanju oziroma Zakonu o umeščanju prostorskih ureditev državnega pomena v prostor.*

Naročnik: MESTNA OBČINA LJUBLJANA,  
Oddelek za varstvo okolja  
Mestni trg 1, 1000 LJUBLJANA

Projekt: Izvajanje meritev in upravljanje okoljske merilne postaje Ljubljana Center (2024 – 2027)

Naročilo: C7560-24-210004

Odgovorna oseba: ga. Svetlana ČERMELJ

Izvajalec: ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR  
Oddelek za okolje  
Hajdrihova 2, 1000 LJUBLJANA

Delovni nalog: 225233

Projekt: 225233-F: Fazno poročanje

Vodja projekta: mag. Maša Djurica, univ. dipl. geog.  
Nina MIKLAVČIČ, mag. inž. el.

Aktivnost: 225233-F-1

Naloga: 225233-F-1-S

Naslov: Meritve in upravljanje merilnega sistema na merilni postaji Ljubljana Center, letno poročilo za leto 2024

Oznaka dokumenta: 225233-F-1-S

Študija: 2694

Datum izdelave: marec 2025

Število izvodov: 1 x tiskana verzija, 3 x arhiv izdelovalca, elektronska verzija (<https://www.gtd-eimv.si/>)

Obseg študije: št. strani uvoda (XII), teksta (58)

Avtorji: dr. Maja IVANOVSKI, mag. inž. kem. teh.  
Nina MIKLAVČIČ, mag. inž. el.  
dr. Rudi VONČINA, univ. dipl. inž. el.

Vodja oddelka:

dr. Rudi VONČINA, univ. dipl. inž. el.

---

Poročilo je bilo ustvarjeno z:

- Microsoft Office Word 2021, Microsoft Corporation,
- Microsoft Office Excel 2021, Microsoft Corporation,
- Okoljski informacijski sistem, OOK Reporter, verzija: v3.0 b20220218, Elektroinštitut Milan Vidmar.

## POVZETEK

Onesnaženost zraka ima izrazite vplive na zdravje ljudi, zlasti zaradi povišanih ravni delcev PM<sub>10</sub> in drobnih delcev PM<sub>2,5</sub> ter plinastih onesnaževalcev, kot so žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>) in dušikovi oksidi (NO<sub>x</sub>). Ti onesnaževalci so še posebej problematični v zimskih mesecih, ko se zaradi kurilnih naprav in neugodnih vremenskih pogojev, kot so temperaturne inverzije, poveča njihova koncentracija v zraku. Promet ostaja glavni vir onesnaževanja, k čemur se pridružujejo mala kurišča, kar poslabšuje kakovost zraka v mestnih središčih.

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati meritev, ki jih je v letu 2024 izvedel Elektroinštitut Milan Vidmar (EIMV) v sklopu Okoljskega merilnega sistema (OMS) Mestne občine Ljubljana (MOL). Meritve so bile izvedene na križišču Tivolske ceste in Vošnjakove ulice, kjer so se spremljale koncentracije onesnaževal, kot so SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, PAH (policiklični aromatski ogljikovodiki), delci PM<sub>10</sub> in drobni delci PM<sub>2,5</sub>. Sočasno s tem so se izvajale tudi meteorološke meritve (temperatura in relativna vlažnost, hitrost in smer vetra). Rezultati teh meritev nudijo pomemben vpogled v obremenjenost zunanjega zraka v Mestni občini Ljubljana in osvetljujejo problematiko onesnaževanja ter njegove vplive na zdravje prebivalcev.

V merjenem obdobju se rezultati meritev na lokaciji za parametre SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, benzena, PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> obravnavajo kot uradni, saj je zakonsko letna predpisana meja 90 % dosežena. Rezultati meritev toluen, M&P-ksilena in etilbenzena pa se ne obravnavajo kot uradni, saj zakonsko letna predpisana meja 90 % ni dosežena.

**Ključne besede:** kakovost zraka, zunanji zrak, meteorologija, PM, Ljubljana

## ABSTRACT

Air pollution has significant impacts on human health, particularly due to elevated levels of PM<sub>10</sub> particles and fine PM<sub>2,5</sub> particles, as well as gaseous pollutants such as sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) and nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>). These pollutants are especially problematic during the winter time when heating systems and unfavourable weather conditions, such as temperature inversions, increase their concentration in the air. Traffic remains the main source of pollution, along with small domestic fireplaces, which further worsen air quality in urban centres.

The following study presents the results of measurements carried out by the Milan Vidmar Electric Institute (EIMV) in the year 2024 as part of the Environmental Monitoring System (EMS) of the Municipality of Ljubljana. The measurements were conducted at the intersection of Tivolska Street and Vošnjakova Street, where concentrations of pollutants such as SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons), PM<sub>10</sub> particles, and fine PM<sub>2,5</sub> particles were monitored. Simultaneously, meteorological measurements (temperature and relative humidity, wind speed and direction) were also measured. The results of these measurements provide important insights into the burden of outdoor air pollution in the Municipality of Ljubljana and highlight the issue of pollution and its impact on residents' health.

During the measurement period, the results for SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, benzene, PM<sub>10</sub>, and PM<sub>2,5</sub> at the location are considered official, as the legally prescribed annual threshold of 90% has been met. However, the measurement results for toluene, M&P-xylene, and ethylbenzene are not considered official, as the legally prescribed annual threshold of 90% has not been reached.

**Keywords:** air quality, outdoor air, metrology, PM, Ljubljana



## KAZALO VSEBINE

<b>1.</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>DEJAVNIKI KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA .....</b>	<b>3</b>
2.1	Opis vpliva posameznega onesnaževala na kakovost zunanjega zraka.....	4
2.2	zakonodaja.....	6
<b>3.</b>	<b>OKOLJSKI MERILNI SISTEM MESTNE OBČINE LJUBLJANA (OMS MOL) .....</b>	<b>9</b>
3.1	Meritve kakovosti zunanjega zraka .....	9
3.2	Meteorologija.....	12
<b>4.</b>	<b>NADZOR SKLADNOSTI MERITEV .....</b>	<b>13</b>
<b>5.</b>	<b>REZULTATI MERITEV .....</b>	<b>15</b>
5.1	VZDRŽEVALNA DELA IN POSEGI.....	15
5.2	MERITVE KAKOVOSTI ZRAKA .....	15
5.2.1	Pregled koncentracij v zraku: SO <sub>2</sub> .....	17
5.2.2	Pregled koncentracij v zraku: NO <sub>2</sub> .....	20
5.2.3	Pregled koncentracij v zraku: NO <sub>x</sub> .....	22
5.2.4	Pregled koncentracij v zraku: benzen.....	24
5.2.5	Pregled koncentracij v zraku: toluen .....	26
5.2.6	Pregled koncentracij v zraku: M&P-ksilen .....	28
5.2.7	Pregled koncentracij v zraku: etilbenzen.....	30
5.2.8	Pregled koncentracij v zraku: PM <sub>10</sub> .....	32
5.2.9	Pregled koncentracij v zraku: PM <sub>2,5</sub> .....	34
5.3	Meteorološke meritve.....	36
5.3.1	Pregled temperature in relativne vlage v zraku – Tivolska - Vošnjakova .....	36
5.3.2	Pregled hitrosti in smeri vetra – Tivolska - Vošnjakova.....	38
<b>6.</b>	<b>ANALIZA MERITEV SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> IN PM<sub>2,5</sub> V MESTNI OBČINI LJUBLJANA V LETU 2024 .....</b>	<b>40</b>
6.1	žveplov dioksid (SO <sub>2</sub> ).....	41
6.2	Dušikovi oksidi (NO <sub>2</sub> in NO <sub>x</sub> ).....	43
6.3	Benzen (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ).....	45
6.4	Delci PM <sub>10</sub> IN drobni delci PM <sub>2,5</sub> .....	46
6.4.1	Primerjava vrednosti PM <sub>10</sub> po slovenskih mestih v letu 2024 .....	50
<b>7.</b>	<b>SEM ANALIZA.....</b>	<b>52</b>
<b>8.</b>	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>53</b>
<b>9.</b>	<b>VIRI IN LITERATURA .....</b>	<b>55</b>
<b>10.</b>	<b>PRILOGA.....</b>	<b>57</b>



## KAZALO SLIK

Slika 1: Elementi, ki vplivajo na kakovost zunanjega zraka v urbanem okolju (vir: Freepik.com, Shutters.com). .....	3
Slika 2: Vplivi onesnaženosti zraka [4]. .....	5
Slika 3: Lokacija OMS MOL (vir: Google Earth, QGIS, 2024). .....	10
Slika 4: Shema zajema, nadzora in validacije izmerjenih parametrov kakovosti zunanjega zraka v okoljskem informacijskem sistemu (vir: EIMV). .....	14
Slika 5: Stalna merilna mesta v MOL (vir: Google Earth, QGIS, 2023). .....	41
Slika 7: SEM slika gravimetričnega filtra za analizo delcev sestave PM <sub>10</sub> . .....	52
Slika 8: EDS analiza gravimetričnega filtra za PM <sub>10</sub> . .....	52

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Vrsta onesnaževala v zunanjem zraku (vir: EIMV). .....	4
Tabela 2: Mejne in alarmne vrednosti ter kritične vrednosti za žveplov dioksid (SO <sub>2</sub> ), smernice SZO 2021 in predlog nove direktive [5], [13], [14]. .....	7
Tabela 3: Mejne in alarmne vrednosti za dušikov dioksid ter kritična za dušikove okside (NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub> ), smernice SZO 2021 in predlog nove direktive [5], [13], [14]. .....	7
Tabela 4: Mejne vrednosti za delce PM <sub>10</sub> in PM <sub>2,5</sub> , smernice SZO 2021 in predlog nove direktive [5], [13], [14]. .....	8
Tabela 5: Mejne vrednosti za benzen (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ), smernice SZO 2021 in predlog nove direktive [5], [13], [14]. .....	8
Tabela 6: Koordinate merilne postaje OMS MOL [5]. .....	9
Tabela 7: Nabor merjenih parametrov kakovosti zunanjega zraka v avtomatski merilni postaji v merjenem obdobju... 10	
Tabela 8: Podatki o analizatorjih plinastih onesnaževal (vir: EIMV). .....	11
Tabela 9: Podatki o merilnikih delcev PM (vir: EIMV). .....	11
Tabela 10: Nabor merjenih parametrov meteoroloških meritev v avtomatski merilni postaji (vir: EIMV). .....	12
Tabela 11: Vsa merilna mesta v Mestni občini Ljubljana [5]. .....	40
Tabela 12: Vsa merilna mesta v Mestni občini Ljubljana. .....	41
Tabela 13: Pregled vrednosti za SO <sub>2</sub> po letih v MOL [5]. .....	42
Tabela 14: Pregled vrednosti za NO <sub>2</sub> po letih v MOL [5]. .....	43
Tabela 15: Pregled vrednosti za NO <sub>x</sub> po letih v MOL [5]. .....	44
Tabela 16: Povprečne letne ravni benzena (µg/m <sup>3</sup> ) na različnih postajah [5]. .....	45
Tabela 17: Pregled vrednosti PM <sub>10</sub> po letih v MOL [5]. .....	46
Tabela 18: Pregled vrednosti PM <sub>2,5</sub> po letih v MOL [5]. .....	49
Tabela 19: Povprečna vrednost (ave.), minimalna (min.) in maksimalna (max.) PM <sub>10</sub> na posamezni postaji v letu 2024 [5]. .....	50
Tabela 20: Tabela vzdrževanja merilnikov in merilne postaje OMS MOL v letu 2024 (do 31. 07. 2024). .....	57
Tabela 21: Tabela rednih posegov na merilni postaji OMS MOL v letu 2024 (do 31. 07. 2024). .....	58



## OKRAJŠAVE

ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
AVE.	povprečna vrednost koncentracije
BTX	benzen, toluen, ksilen
DMKZ	državna merilna mreža za spremljanje kakovosti zunanjega zraka
EEA	Evropska agencija za okolje (ang. <i>European Enviromental Agency</i> )
EIMV	Elektroinštitut Milan Vidmar
EU	Evropska unija
IARC	Mednarodna agencija za raziskavo rakotvornih snovi
MAX.	maksimalna vrednost koncentracije
MIN.	minimalna vrednost koncentracije
MOL	Mestna občina Ljubljana
NO <sub>2</sub>	dušikov dioksid
NO <sub>x</sub>	dušikovi oksidi
NMVOČ	nemetanske hlapne organske spojine
OMS MOL	Okoljski merilni sistem Mestne občine Ljubljane
OOK EIMV	Oddelek za okolje Elektroinštituta Milan Vidmar
O <sub>3</sub>	ozon
PAH	polciklični aromatski ogljikovodiki (ang. <i>polycyclic aromatic hydrocarbons</i> )
PM	delci v zraku
PM <sub>10</sub>	delci z aerodinamičnim premerom 10 µm ali manj
PM <sub>2,5</sub>	drobni delci z aerodinamičnim premerom 2,5 µm ali manj
SO <sub>2</sub>	žveplov dioksid
SEM	vrstični elektronski mikroskop (ang. <i>Scanning Electron Microscope</i> )
SEM-EDS	vrstični elektronski mikroskop in energijsko disperzijska rentgenska spektroskopija (ang. <i>Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> )
SURS	Statistični urad Republike Slovenije
SZO	Svetovna zdravstvena organizacija (ang. <i>World Health Organization</i> )
TEB	Termoelektrarna Brestanica
TE-TOL	Termoelektrarna Toplarna Ljubljana
TEŠ	Termoelektrarna Šoštanj
ZVO-2	Zakon o varstvu okolja



## 1. UVOD

Kakovost zraka je ključni dejavnik, ki neposredno vpliva na zdravje in dobro počutje prebivalcev. V Evropski uniji (EU) si prizadevajo za izboljšanje kakovosti zraka z vrsto ukrepov in politik, saj onesnažen zrak še vedno predstavlja eno izmed največjih okoljskih groženj [1]. Kljub napredku in izboljšavam v zadnjih desetletjih, predvsem zaradi uvedbe strogih standardov in zmanjšanja emisij iz industrije in prometa, pa se številne regije še vedno soočajo z onesnaženostjo, ki presega dovoljene meje.

Tudi Republika Slovenija (RS) ni izjema. Kot članica EU je zavezana k spoštovanju evropskih direktiv o kakovosti zraka, vendar se še vedno srečuje s težavami, predvsem zaradi prometa, industrije in kurjenja fosilnih goriv. V večjih urbanih središčih, kot sta Ljubljana in Maribor, je zlasti pozimi povečana koncentracija delcev v zraku (PM), kar predstavlja tveganje za zdravje ljudi, še posebej ranljivih skupin, kot so otroci, starejši in ljudje z obstoječimi boleznimi dihal.

Analiza kakovosti zraka v Republiki Sloveniji in v EU kaže na potrebo po nadaljnjih prizadevanjih za zmanjšanje emisij in izboljšanje ozaveščenosti javnosti o pomenu čistega zraka. Prizadevanja za boljše spremljanje stanja in izvajanje učinkovitih ukrepov bodo ključna pri doseganju dolgoročnega cilja – čistejšega zraka za vse prebivalce [2].

V nadaljevanju predstavljena študija je namenjena prikazu spremljanja in analize rezultatov merilnega sistema Mestne občine Ljubljana (MOL) na merilnem mestu, ki je locirano na križišču Tivolske ceste in Vošnjakove ulice. Meritve so se izvajale v letu 2024.

Študija obsega:

- osnovne podatke o lokalnih dejavnikih kakovosti zraka, merjenih onesnažil, zakonodaji, merilnem mestu in nadzoru skladnosti, ki se izvaja;
- zapise o opažanju, izvedenih servisnih in vzdrževalnih delih ter drugih posegih na merilni opremi ter o testiranih merilnikih;
- rezultate meritev kakovosti zraka;
- komentar in povzetek rezultatov meritev vseh obravnavanih parametrov (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, PAH, PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub>) kakovosti zraka;
- pregled koncentracij vseh onesnažil v merjenem obdobju in njihova primerjava.

Trenutne vrednosti koncentracij SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> in NO<sub>x</sub>, PAH, PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> ter meteoroloških parametrov in indeksov v zunanjem zraku so dostopne na spletni strani [www.okolje.info](http://www.okolje.info)  
[http://www.okolje.info/?link=dbViewOmsValue&option=com\\_content&Itemid=181](http://www.okolje.info/?link=dbViewOmsValue&option=com_content&Itemid=181)

Vse vrednosti so poleg numerične predstavitve prikazane tudi grafično:  
[http://www.okolje.info/?link=ChartViewMol&option=com\\_content&Itemid=181](http://www.okolje.info/?link=ChartViewMol&option=com_content&Itemid=181)

Na spletni strani so prosto dostopna tudi vsa mesečna in letna poročila o kakovosti zraka v Mestni občini Ljubljana:  
<http://www.okolje.info/index.php/porocila-oms>

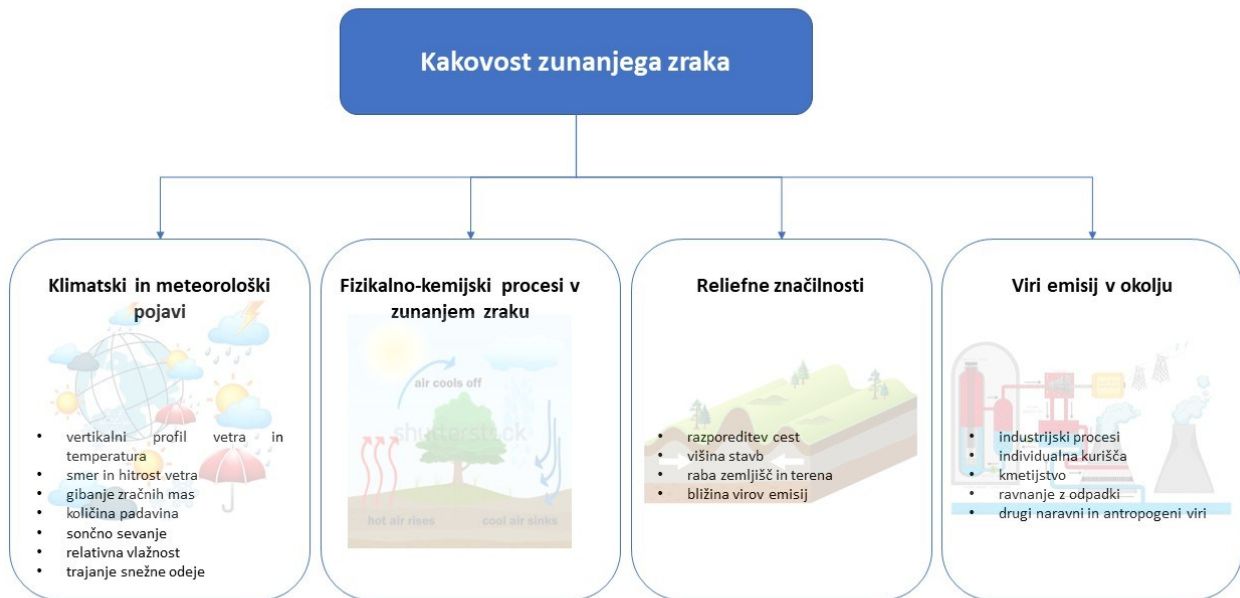


## 2. DEJAVNIKI KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA

Emisije lahko izvirajo neposredno iz vira kot primarne emisije, ali pa se pod določenimi pogoji tvorijo v ozračju, kar jih uvršča med sekundarne emisije. Za učinkovito zmanjšanje vpliva onesnaževanja je ključno dobro razumevanje virov emisij, njihovega prenosa in obnašanja v atmosferi ter njihovega vpliva na ljudi, ekosisteme, podnebje, družbo in gospodarstvo. Nadzor nad emisijami onesnaževal je mogoče doseči z učinkovito zakonodajo, ki spodbuja sodelovanje in ukrepanje na globalni, nacionalni in lokalni ravni ter vključuje vse deležnike, vključno z gospodarstvom in javnostjo, skozi ozaveščanje o pomenu čistega zraka.

**Zakon o varstvu okolja** (Ur. l. RS, št. 44/22, 18/23 – ZDU-10, 78/23 – ZUNPEOVE in 23/24, ZVO-2) [3] vzpostavlja pravni okvir za spodbujanje in usmerjanje družbenega razvoja, ki omogoča dolgoročne pogoje za varovanje človekovega zdravja, dobrega počutja in kakovosti življenja, hkrati pa ohranja biotsko raznovrstnost. Med ključnimi cilji tega zakona sta tudi preprečevanje in zmanjševanje obremenjevanja okolja ter ohranjanje in izboljševanje njegove kakovosti. Za doseganje teh ciljev zakon določa obvezo izvajanja monitoringa stanja okolja, ki vključuje tudi nadzor nad kakovostjo zunanega zraka. Mestna občina Ljubljana (MOL) v ta namen uporablja merilno postajo, ki je del okoljskega merilnega sistema (OMS) za merjenje kakovosti zunanega zraka in meteoroloških parametrov. Več o zakonodaji je napisano v Poglavlju 2.2.

Kakovost zraka poleg virov emisij v okolju pomembno oblikujejo tudi klimatske značilnosti, meteorološki pojavi, reliefna razgibanost ter fizikalno-kemijski procesi v ozračju. Variacije teh dejavnikov so prikazane na spodnji sliki (Slika 1). Lokalna meteorologija in relief sta tesno povezana s koncentracijo onesnaževal v zunanjem zraku, zato je za celovito razumevanje stanja kakovosti zraka nujno spremljati meteorološke parametre, kot so vertikalni profil vetra, smer in hitrost vetra, temperatura, gibanje zračnih mas, padavine, sončno sevanje, količina padavin in vlažnost. Pomembno je tudi upoštevanje reliefne raznolikosti, saj ta vpliva na gibanje zračnih mas. Ob ugodnih meteoroloških razmerah lahko emisije potujejo na večje razdalje in vplivajo na širša območja.



Slika 1: Elementi, ki vplivajo na kakovost zunanega zraka v urbanem okolju (vir: Freepik.com, Shutterstock.com).

## 2.1 OPIS VPLIVA POSAMEZNEGA ONESNAŽEVALA NA KAKOVOST ZUNANJEGA ZRAKA

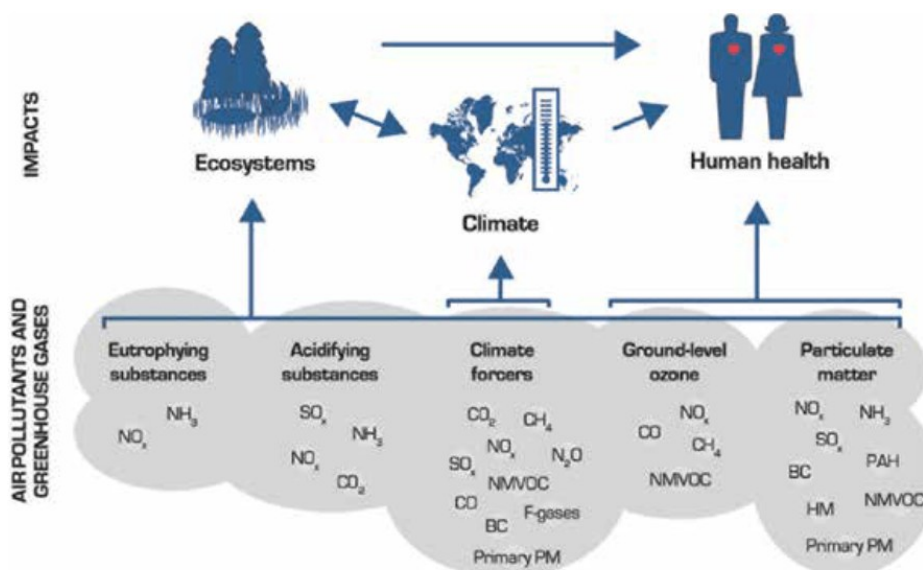
Kratkotrajna in dolgotrajna izpostavljenost visokim koncentracijam onesnaževal pomembno vpliva na obolevnost prebivalstva, zlasti na bolezni dihal, prav tako pa prispeva k razvoju kardiovaskularnih obolenj. Poleg zdravstvenih tveganj onesnažen zrak negativno vpliva tudi na gospodarstvo, saj skrajšuje življenjsko dobo prebivalstva, povečuje stroške zdravljenja in zmanjšuje produktivnost zaradi bolniških odsotnosti. Še posebej ranljive skupine, kot so otroci, starejši, nosečnice, ljudje, ki veliko časa preživijo na prostem, ter bolniki z dihalnimi in srčnimi obolenji, potrebujejo dodatno zaščito pred izpostavljenostjo visokim koncentracijam onesnaževal. Onesnaženje ima tudi škodljive učinke na biodiverzitetu, vpliva na vegetacijo in ekosisteme, kar vodi do resnih okoljskih posledic, vključno z degradacijo kakovosti vode, tal in ekosistemskih storitev.

Med ključnimi onesnaževali, ki jih moramo nadzorovati, so žveplov dioksid ( $\text{SO}_2$ ), dušikovi oksidi ( $\text{NO}_2/\text{NO}_x$ ), ozon ( $\text{O}_3$ ), delci ( $\text{PM}_{10}$ ), drobnih delci ( $\text{PM}_{2,5}$ ) in policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH). V Tabela 1 so predstavljena onesnaževala, obravnavana v tej študiji, njihov izvor ter vplivi na zdravje ljudi in biodiverzitetu.

Tabela 1: Vrsta onesnaževala v zunanjem zraku (vir: EIMV).

Onesnaževalo in viri	Vpliv na zdravje in biodiverzitetu
<p><b>Žveplov dioksid (<math>\text{SO}_2</math>)</b> je pri sobni temperaturi plin, brez barve, ki se dobro raztaplja v vodi. Poglavitni izvor žveplovega dioksida sta izgorevanje goriv (nafte in premoga) in drugi industrijski procesi (predelava rud). Uporablja se za beljenje, dezinfekcijo in kot konzervans v hrani.</p>	Kratkoročno izpostavljanje žveplovemu dioksidu povzroči težave astmatikom in občutljivim ljudem predvsem v bližini industrije, ki je brez ustreznega čiščenja. Otroci v krajih z onesnaženim zrakom pogosteje zbolevalo za kašljem, bronhitisom in infekcijami globlje v dihalih, kot otroci ki žive v manj onesnaženih krajih.
<p><b>Dušikovi oksidi (<math>\text{NO}_2/\text{NO}_x</math>)</b> Dušikov dioksid je plin, rdečkastorjave barve, z značilnim jedkim vonjem. je derivat benzena. Najbolj izstopajoči viri so motorji z notranjim zgorevanjem, termoelektrarne in v manjši meri tovarne celuloze. Precejšnji onesnaževalci so tudi grelniki vode in peči na gospodinjstvi plin (propan/butan). Nastaja tudi med jedrskimi eksplozijami v zraku.</p>	Pri višjih koncentracijah dušikovega dioksida, ki je najbolj strupen dušikov oksid, so na udaru predvsem kronični astmatiki. V ranljivih skupinah pride pri vdihovanju dušikovega dioksida do pojavnosti kašlja, bronhitisa, oslabitve imunskega sistema (večja verjetnost okužb), povečanja alergijskih reakcij ter do večje stopnje obolevnosti. Astmatiki lahko z okvaro pljuč reagirajo že po kratkotrajni izpostavljenosti.
<p><b>Policiklični aromatski ogljikovodik (PAH)</b> so ogljikovodiki - organske spojine, ki vsebujejo samo ogljik in vodik - sestavljeni so iz večjih aromatičnih obročev (organski obroči, v katerih se elektroni delokalizirajo).</p>	
<p><b>1. Benzen (<math>\text{C}_6\text{H}_6</math>)</b> je pri sobni temperaturi hlapna organska spojina brez barve, ki se nahaja v naftnih derivatih. Pomemben vir pa je tudi petrokemična industrija in različni procesi izgorevanja.</p>	Benzen je rakotvorna snov in sodi v prvo skupino rakotvornih snovi po klasifikaciji Mednarodne agencije za raziskavo rakotvornih snovi (IARC).
<p><b>2. Toluen (<math>\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3</math>)</b> je derivat benzena. Je bistra, v vodi netopna in hlapna tekočina z značilnim aromatskim vonjem ter se uporablja v industriji za sintezo drugih spojin.</p>	Ima akutne in kronične učinke na centralni živčni sistem. Povzroči lahko tudi počasnejši razvoj človeškega telesa in ima vplive na razmnoževanje.  Spada v skupino onesnaževal, ki povzročajo nastanek smoga.
<p><b>3. Meta&amp;Para-ksilen; Orto-ksilen (<math>\text{C}_8\text{H}_{10}</math>)</b> Ksilen ima tri izomere dimetilbenzena. Izomere razlikujemo z označbo orto, meta in para, ki določajo, na kateri C-atom (benzenovega obroča) je vezan. Uporablja se v kemični industriji kot topilo, predvsem pri proizvodnji plastenk in poliestra oblačil.</p>	Krajša izpostavljenost ksilenu povzroča draženje kože, oči, nosu in grla. V zadostnih količinah ima vpliv na centralni živčni sistem. Dolgotrajna izpostavljenost pa ima vpliv na živčni sistem.
<p><b>4. Etilbenzen (<math>\text{C}_8\text{H}_{10}</math>)</b> Glavni vir je naftna industrija in uporaba</p>	Meja toksičnosti etilbenzena je zelo nizka. V človeku se nalaga v maščobi in se izloča z urinom.

Onesnaževalo in viri	Vpliv na zdravje in biodiverzitetu
<p>nafte. Je zelo hlapna spojina in se jo v večini pričakuje v zraku.</p>	
<p><b>Delci PM<sub>10</sub></b>            Delci PM<sub>10</sub> so grobi delci z aerodinamičnim premerom med 2,5 µm in 10 µm. Sestavljeni so iz različnih organskih in anorganskih snovi, pretežno pa iz žvepla, nitrata, amonijaka, črnega ogljika, mineralov in vode. Lahko so primarnega ali sekundarnega izvora (tvorijo se pri kemijski reakciji drugih škodljivih snovi v zraku, kot SO<sub>2</sub> ali NO<sub>2</sub>). Glavni vir je izgorevanje pri transportu, kuriščih in industriji. Naravni viri vključujejo prah, ki ga prenaša veter, morska sol, cvetni prah in talni delci.</p>	<p>Delci PM<sub>10</sub> prizadenejo največ ljudi v primerjavi z drugimi onesnaževali. Zaradi njihove majhnosti lahko penetrirajo globoko v pljuča. Povečujejo umrljivost in obolevnost za boleznimi dihal in kardiovaskularnih boleznih.</p>
<p><b>Drobni delci PM<sub>2,5</sub></b>            PM<sub>2,5</sub> so drobni delci z aerodinamičnim premerom med 1 µm in 2,5 µm. Za PM<sub>2,5</sub> veljajo enake karakteristike kot za delce PM<sub>10</sub>. Razlika med njimi je v glavnem v zadržanosti v atmosferi, saj se Večji delci se zadržujejo v atmosferi nekaj ur, medtem ko lahko manjši delci ostanejo v atmosferi več tednov in se navadno »sperejo« iz atmosfere šele s padavinami.</p>	<p>Prav tako kot PM<sub>10</sub> vplivajo na zdravje ljudi, predvsem velik vpliv imajo na razvoj pljučnih boleznih, razvoju astme ali bronhitisa.</p>
<p><b>Črni ogljik</b> (ang. <i>black carbon</i>) je eden izmed pomembnih onesnaževalcev zraka in nastaja kot stranski produkt nepopolnega izgorevanja fosilnih goriv, biomase ali drugih organskih materialov. Gre za drobne delce, ki so izjemno majhni, kar jim omogoča, da dolgo ostanejo v zraku in se širijo na velike razdalje. Glavni viri črnega ogljika so dizelski motorji, peči na trda goriva, industrijski procesi ter kurjenje biomase, kot je kurjenje lesa in premoga.</p>	<p>Črni ogljik ima dvojni škodljivi vpliv: vpliva na zdravje ljudi in prispeva k podnebnim spremembam. Zaradi svoje majhnosti prodre globoko v pljuča in lahko povzroči resne težave z dihalni ter srčno-žilne bolezni. V povezavi s podnebnimi spremembami črni ogljik absorbira sončno sevanje in tako prispeva k segrevanju atmosfere. Ko se odlaga na snežnih in ledenih površinah, zmanjšuje njihovo odbojnost, kar pospešuje taljenje ledu.</p> <p>Zaradi svojih vplivov na zdravje in okolje se črni ogljik uvršča med prednostna onesnaževala, ki jih je treba zmanjševati v okviru ukrepov za izboljšanje kakovosti zraka in zmanjšanje vplivov podnebnih sprememb.</p>



Slika 2: Vplivi onesnaženosti zraka [4].

## 2.2 ZAKONODAJA

Kljub učinkovitemu nadzoru emisij na viru je ocenjevanje kakovosti zraka nujno potrebno. V preteklosti so bili nadzorni sistemi predvsem osredotočeni na območja okoli večjih onesnaževalcev, danes pa se vse bolj pojavlja potreba po nadzoru tudi na drugih področjih. Veliko je namreč manjših, nenadzorovanih izpustov snovi v zrak, kot so izpuhi avtomobilov, manjša kurišča, kurjenje na prostem in manjše industrijske naprave, ki so pogosto nadzorovane le občasno ali neprekinjeno. V kombinaciji z neugodnimi meteorološkimi razmerami lahko ti viri negativno vplivajo na kakovost zraka.

Monitoring kakovosti zunanjega zraka vključuje sistematično spremljanje in nadzor onesnaženosti zraka prek meritev in drugih povezanih postopkov. V Sloveniji za ocenjevanje in spremljanje kakovosti zraka skrbi Agencija RS za okolje (ARSO), ki izvaja stalne meritve, indikativne meritve in numerične izračune. Letna poročila z ocenami kakovosti zraka in opisi metod ocenjevanja ARSO posreduje Evropski okoljski agenciji (EEA), s čimer se zagotavlja skladnost z mejnimi in ciljnimi vrednostmi ravni onesnaževal. Državno merilno mrežo za spremljanje kakovosti zunanjega zraka (DMKZ) sestavlja 24 merilnih mest. Poleg teh stalnih merilnih točk meritve potekajo tudi na večjih energetske objekti (TEŠ, TEB, TE-TOL), industrijskih objektih (Anhovo) in v mestnih občinah Ljubljana, Maribor, Ptuj, Celje ter občinah Ruše in Medvode (dopolnilna merilna mreža) [5]. Arhiv vseh letnih poročil se nahaja na spletni strani:

[http://hmljn.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost letna.html](http://hmljn.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost%20letna.html)

Način spremljanja in nadzora kakovosti zunanjega zraka v RS je predpisan v podzakonskih aktih – uredbah in pravilniku, ki so bili sprejeti na podlagi že prej omenjenega **Zakona o varstvu okolja** (Ur. l. RS, št. 44/22, 18/23 – ZDU-10, 78/23 – ZUNPEOVE in 23/24):

- **Uredba o kakovosti zunanjega zraka** (Ur. l. RS št. 9/11, 8/15, 66/18 in 44/22 – ZVO-2) [6];
- **Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka** (Ur. l. RS, št. 55/11, 6/15, 5/17 in 44/22 – ZVO-2) [6];
- **Odredba o razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka** (Ur. l. RS, št. 38/17, 3/20, 152/20, 203/21, 44/22 – ZVO-2 in 30/23) [7];
- **Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku** (Ur. l. RS, št. 56/06 in 44/22 – ZVO-2) [8].

Evropska komisija je leta 2021 napovedala ambiciozen cilj ničelnega onesnaževanja za EU, z namenom zmanjšati onesnaženost zraka, vode in tal na ravni, ki ne škodujejo ljudem in okolju, do leta 2050 [2]. V okviru tega cilja in po izdaji novih smernic o kakovosti zraka Svetovne zdravstvene organizacije (SZO) leta 2021 [9] je Evropska komisija predlagala revizijo obstoječih pravil EU glede kakovosti zraka. Od leta 2005, ko so bile objavljene prejšnje smernice SZO [10], so raziskave prinesle nove dokaze o škodljivih vplivih onesnaženega zraka na zdravje ljudi. Zaradi naraščajoče ogroženosti javnega zdravja, povezane z onesnaženjem zraka (npr. srčno-žilne bolezni, nevrološke motnje, sladkorna bolezen), so bile oblikovane bolj ambiciozne smernice za onesnaževala, kot so SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub>. Prav tako nove smernice še bolj poudarjajo zaščito najbolj ranljivih skupin prebivalstva, med njimi starejše, kronične bolnike, nosečnice, otroke in delavce, ki so na svojih delovnih mestih bolj izpostavljeni vplivom slabe kakovosti zraka.

Svet Evropske unije je oktobra 2024 uradno sprejel novo direktivo o kakovosti zunanjega zraka, ki določa posodobljene standarde kakovosti zraka po vsej EU. Nova pravila bodo prispevala k cilju EU, da se do leta 2050 doseže ničelno onesnaževanje, in pomagala preprečevati prezgodnje smrti zaradi onesnaženosti zraka. Državljanom EU bodo lahko v primerih kršenja pravil EU o kakovosti zraka zahtevali odškodnino za škodo, povzročeno njihovemu zdravju [11]. Direktiva (EU) 2024/2881, [12] sprejeta 23. oktobra 2024, uvaja strožje mejne vrednosti za ključne onesnaževalce zraka, kot so delci PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub>, ter določa ambiciozen cilj zmanjšanja prezgodnjih smrti zaradi onesnaženja zraka za vsaj 55 % do leta 2030. Poleg tega nova direktiva krepi pravice državljanov, saj omogoča posameznikom, da v primerih kršitev standardov kakovosti zraka zahtevajo odškodnino za škodo, povzročeno njihovemu zdravju.

Tabele v nadaljevanju (Tabela 2, Tabela 3, Tabela 4, Tabela 5) prikazuje mejne, alarmne in ciljne vrednosti za posamezno onesnaževalo, ki so trenutno veljavne v RS. Prav tako je podana primerjava z vrednostmi, ki jih v svojih smernicah podaja SZO in predlogi nove direktive (z rjavo). Smernice SZO iz leta 2005 in 2021 se navezujejo na 99. percentil (dovoljeno je 3-4 preseganj vrednosti na leto) [13].

Tabela 2: Mejne in alarmne vrednosti ter kritične vrednosti za žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>), smernice SZO 2021 in predlog nove direktive [5], [13], [14].

	Cilj	Čas merjenja	Vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	Dovoljeno število preseganj*	Vrednost SZO 2005 (µg/m <sup>3</sup> )	Vrednost SZO 2021 (µg/m <sup>3</sup> )	Predlog nove direktive (do 1. januarja 2030) (µg/m <sup>3</sup> )	Dovoljeno število preseganj*
<b>Mejna vrednost (µg/m<sup>3</sup>)</b>	Zdravje	1 ura	350	24	-	-	350	1
<b>Mejna vrednost (µg/m<sup>3</sup>)</b>	Zdravje	1 dan	125	3	20	40	50	18
<b>Alarmna vrednost (µg/m<sup>3</sup>)</b>	Zdravje	3-urni interval	500	/	/	/	/	/
<b>Kritična vrednost (µg/m<sup>3</sup>)</b>	Vegetacija	koledarsko leto	20	/	/	/	/	/
<b>Kritična vrednost (µg/m<sup>3</sup>)</b>	Vegetacija	zimski čas od 1. oktobra do 31. marca	20	/	/	/	/	/

\*vezano na koledarsko leto

Tabela 3: Mejne in alarmne vrednosti za dušikov dioksid ter kritična za dušikove okside (NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>), smernice SZO 2021 in predlog nove direktive [5], [13], [14].

	Cilj	Čas merjenja	Vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	Dovoljeno število preseganj	Vrednost SZO 2005 (µg/m <sup>3</sup> )	Vrednost SZO 2021 (µg/m <sup>3</sup> )	Predlog nove direktive (do 1. januarja 2030) (µg/m <sup>3</sup> )	Dovoljeno število preseganj*
<b>Mejna vrednost (µg/m<sup>3</sup>)</b>	Zdravje	1 ura	200 (za NO <sub>2</sub> )	18 ur na leto	200	200	200	1
<b>Mejna vrednost (µg/m<sup>3</sup>)</b>	Zdravje	1 dan	-*	-*	-*	25	50	18
<b>Mejna vrednost (µg/m<sup>3</sup>)</b>	Zdravje	koledarsko leto	40 (za NO <sub>2</sub> )	/	40	10	20	-
<b>Alarmna vrednost (µg/m<sup>3</sup>)</b>	Zdravje	3-urni interval	400 (za NO <sub>x</sub> )	/	/	/	/	/
<b>Kritična vrednost (µg/m<sup>3</sup>)</b>	Vegetacija	koledarsko leto	30 (za NO <sub>x</sub> )	/	/	/	/	/

\*se ni merilo

Tabela 4: Mejne vrednosti za delce PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub>, smernice SZO 2021 in predlog nove direktive [5], [13], [14].

	Čas merjenja	Vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	Dovoljeno število preseganj*	Vrednost SZO 2005 (µg/m <sup>3</sup> )	Vrednost SZO 2021 (µg/m <sup>3</sup> )	Predlog nove direktive (do 1. januarja 2030) (µg/m <sup>3</sup> )	Dovoljeno število preseganj*
PM <sub>10</sub> , Mejna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	1 dan	50	35	50	45	45	18
PM <sub>10</sub> , Mejna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	koledarsko leto	40	/	20	15	20	-
PM <sub>2,5</sub> , sedaj veljavna mejna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	koledarsko leto	20	/	10	5	10	-
PM <sub>2,5</sub> , sedaj veljavna mejna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	1 dan	/	/	25	15	25	18
PM <sub>2,5</sub> , Obveznost glede stopnje izpostavljenosti (µg/m <sup>3</sup> )	3-letno povprečje	20	/	/	/	/	/

\*vezano na koledarsko leto

Tabela 5: Mejne vrednosti za benzen (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), smernice SZO 2021 in predlog nove direktive [5], [13], [14].

	Cilj	Čas merjenja	Vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	Dovoljeno število preseganj*	Vrednost SZO 2005 (µg/m <sup>3</sup> )	Vrednost SZO 2021 (µg/m <sup>3</sup> )	Predlog nove direktive (do 1. januarja 2030) (µg/m <sup>3</sup> )	Dovoljeno število preseganj*
Mejna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	Zdravje	koledarsko leto	5	-	/	1,7	3,4	-

### 3. OKOLJSKI MERILNI SISTEM MESTNE OBČINE LJUBLJANA (OMS MOL)

Sistematične meritve ravni onesnaženosti zunanjega zraka na stalnih merilnih mestih so se v Republiki Sloveniji začele v sredini 70. let prejšnjega stoletja [13]. V Mestni občini Ljubljana (MOL) se meritve trenutno izvajajo na naslednjih lokacijah:

- LJ Bežigrad (meritve izvaja ARSO);
- LJ Celovška (meritve izvaja ARSO);
- LJ Vič (meritve izvaja ARSO);
- LJ Center (meritve izvaja EIMV);
- LJ Zadobrova (meritve izvaja EIMV).

Rezultati se vsako leto predstavijo v letnem poročilu Kakovost zunanjega zraka v Sloveniji, ki je javno dostopen: [http://hmljn.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost\\_letna.html](http://hmljn.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost_letna.html)

#### 3.1 MERITVE KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA

Monitoring kakovosti zunanjega zraka se na območju Mestne občine Ljubljana izvaja že od konca 60. let prejšnjega stoletja [13]. Sedanji monitoring se izvaja na merilnem mestu križišča Vošnjakove ulice in Tivolske ceste z Okoljskim merilnim sistemom Mestne občine Ljubljana (OMS MOL<sup>1</sup>). Merilni sistem upravlja osebje Elektroinštituta Milan Vidmar Ljubljana (EIMV). Postopke za izvajanje meritev in QA/QC postopke je prav tako predpisal Elektroinštitut Milan Vidmar, ki izdeluje tudi končno obdelavo rezultatov meritev in potrdi njihovo veljavnost. Merilna postaja je locirana ob prometni lokaciji (ang. *traffic*) na mestnem območju, ki ima značilnosti stanovanjskih in poslovnih objektov (Slika 3). Relief v bližini merilnega mesta je ravninski. Koordinate merilne postaje (D96<sup>2</sup>) so prikazane v Tabela 6.

Tabela 6: Koordinate merilne postaje OMS MOL [5].

Merilno mesto	Nadmorska višina	D96_E	D96_N
OMS Mestne občine Ljubljana	299 m	461548	102067

<sup>1</sup> Agencija RS Slovenije za okolje označuje to postajo kot LJ Center. V študiji je uporabljeno ime OMS MOL.

<sup>2</sup> D96 – Državni koordinatni sistem



Slika 3: Lokacija OMS MOL (vir: Google Earth, QGIS, 2024).

Na OMS MOL se izvajajo meritve naslednjih parametrov kakovosti zunanega zraka (Tabela 7).

Tabela 7: Nabor merjenih parametrov kakovosti zunanega zraka v avtomatski merilni postaji v merjenem obdobju.

Merilna postaja	Parametri kakovosti zraka									
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	Benzen	Toluen	M&P-ksilen	Etilbenzen	O-ksilen
OMS Mestne občine Ljubljana	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-

V monitoringu kakovosti zunanega zraka je uporabljena merilna oprema, ki je skladna z referenčnimi merilnimi metodami. Meritve kakovosti zraka se opravljajo po naslednjih standardnih preskusnih metodah:

- SIST EN 14212:2012: Standardna metoda za določanje koncentracije žveplovega dioksida z ultravijolično fluorescenco [15].
- SIST EN 14211:2012: Standardna metoda za določanje koncentracije dušikovega dioksida in dušikovega oksida s kemiluminiscenco [16].
- SIST EN 12341:2014: Določevanje frakcije PM<sub>10</sub> lebdečih trdnih delcev; Referenčna metoda in terenski preskusni postopek za potrditev ustreznosti merilnih metod [17].
- SIST EN 14662-3:2016 – Kakovost zunanega zraka – Standardna metoda za določanje koncentracije benzena – 3. del: Avtomatsko vzorčenje s prečrpavanjem in določanje s plinsko kromatografijo na kraju samem (in situ) [18].

Analizatorji kakovosti zunanega zraka so nameščeni v kontejnerju, ki je opremljen s klimatsko napravo in komunikacijsko opremo (

Tabela 8, Tabela 9). Zaradi zahteve po ugotavljanju skladnosti smo v OMS MOL v času upravljanja imeli nameščen sistem za zajem podatkov, ki zagotavlja ustrezen nadzor nad izmerjenimi vrednostmi in pogoje za skladnost

delovanja opreme, kakor to zahteva standard *Splošne zahteve za usposobljenost preizkuševalnih in kalibracijskih laboratorijev (ISO/IEC 17025:2017)* [19].

Tabela 8: Podatki o analizatorjih plinastih onesnaževal (vir: EIMV).

	Analizator NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub>	Analizator SO <sub>2</sub>	Analizator BTX
<b>Proizvajalec:</b>	HORIBA	Thermo Fisher Scientific	Cromatotech
<b>Model:</b>	APNA 370	43i	Analizator BTX Cromatotech
<b>Merilna metoda:</b>	kemiluminiscenca	UV fluorescenca	Plinska kromatografija
<b>Specificirana točnost:</b>	1 nmol/mol	1 nmol/mol	< 2% ali 1 µg/m <sup>3</sup>
<b>Serijska številka:</b>	BK5XBGGG	CM08130056	23390621
<b>Obdobje meritev:</b>	1. 1. 2024 – 31. 12. 2024	1. 1. 2024 – 31. 12. 2024	1. 1. 2024 – 31. 12. 2024

Tabela 9: Podatki o merilnikih delcev PM (vir: EIMV).

	Referenčni gravimetrični merilnik PM <sub>10</sub>	Avtomatski merilnik PM <sub>10</sub> /PM <sub>2.5</sub>
<b>Proizvajalec:</b>	Sven Leckel	Palas
<b>Model:</b>	Leckel, SEQ47/50	Fidas 200
<b>Merilna metoda:</b>	Masna gravimetrija	Spektrometrija
<b>Specificirana točnost:</b>	2 µg/m <sup>3</sup>	-
<b>Serijska številka:</b>	13/0063	MOL PALAS 9383
<b>Obdobje meritev:</b>	1. 1. 2024 – 31. 12. 2024	1. 1. 2024 – 31. 12. 2024

### 3.2 METEOROLOGIJA

Na merilnem mestu OMS MOL se poleg meritev kakovosti zraka izvajajo tudi meritve meteoroloških parametrov. Lokalna meteorologija in reliefna razgibanost površja sta tesno povezani s koncentracijo emisij v zunanjem zraku, zato je za celovit vpogled na stanje kakovosti zunanjega zraka v okolju nujno spremljanje meteoroloških parametrov. Izvajajo se meritve smeri in hitrosti vetra, temperature zraka in relativne vlage. Izvajajo se tudi meritve smeri in hitrosti vetra, temperature zraka in relativne vlage.

Meritve meteoroloških parametrov se izvajajo po naslednjih merilnih principih (Tabela 10):

- Merjenje smeri in hitrosti vetra je izvedeno z ultrazvočnim anemometrom. Merilnik meri vrednosti trodimenzionalnega vektorja hitrosti vetra. Vektor se določa na podlagi meritve časa preleta zvoka na treh ustrezno postavljenih poteh. Sistem na ta način združuje meritev hitrosti in smeri vetra brez mehansko vrtljivih senzorjev.
- Merjenje temperature zraka je izvedeno z uporovnim termometrom.
- Merjenje relativne vlažnosti zraka je izvedeno s kapacitivnim dajalnikom, ki s pomočjo elektronskega vezja linearizira in ojača spremembe vlage v zraku ter jih pretvori v ustrezen analogen električni izhodni signal.

Ustreznost meritev kakovosti zunanjega zraka se potrjuje s sprotnim nadzorom stanja merilne opreme in uporabnostjo merilnih rezultatov. Zagotavljanje kakovosti rezultatov je skladno z **Zakonom o državni meteorološki, hidrološki, oceanografski in seizmološki službi (ZDMHS)** (Ur. l. RS, št. 60/17) [20].

Tabela 10: Nabor merjenih parametrov meteoroloških meritev v avtomatski merilni postaji (vir: EIMV).

	Merilnik smeri in hitrosti vetra		Merilnik temperature in vlage	
<b>Proizvajalec:</b>	VAISALA		VAISALA	
<b>Model:</b>	Vaisala Weather Transmitter WXT 520		Vaisala Weather Transmitter WXT 520	
<b>Komponenta:</b>	smer	hitrost	temperatura	relativna vlažnost
<b>Merilna metoda:</b>	Ultrazvok, PTU senzor	Ultrazvok, PTU senzor	upornost	kapacitivnost
<b>Merilno območje:</b>	0 – 360°	0 – 60 m/s	-52 – 60°C	0 – 100%

## 4. NADZOR SKLADNOSTI MERITEV

Za veljavnost izmerjenih vrednosti je nujno potreben nadzor delovanja merilnega sistema in skladnost le tega z zahtevami standardov ter evropskimi direktivami na področju kakovosti zraka.

Za učinkovito zagotavljanje nadzora nad delovanjem merilnika in kakovostjo rezultatov (QA/QC) so pomembni 4 nivoji, ki vodijo od izbire merilne opreme do analize končnih rezultatov (Slika 4). Zaradi možnosti kasnejše medsebojne primerjave merilnih rezultatov se zahteva, da uporabljena merilna oprema in vzpostavljen sistem, nista unikatna ampak delujeta po sprejetih dogovorjenih principih. To določata prva dva nivoja skladnosti, ki sta zahtevana tudi s predpisi. Nivoja skladnosti 3. in 4. se osredotočata na izvajanje in zagotavljanje skladnosti meritev. Tako podatki, ki uspešno prestanejo 3. nivo nadzora skladnosti predstavljajo izmerjene vrednosti. Te se sproti objavljajo na spletnih straneh in imajo status informativnih podatkov. Vzporedno s 3. nivojem poteka 4. nivo oziroma validacija izmerjenih vrednosti. Podatki, ki uspešno prestanejo ta nivo skladnosti so merilni rezultati, ki se jih objavi skladno z zahtevami standarda *Splošne zahteve za usposobljenost preizkuševalnih in kalibracijskih laboratorijev (ISO/IEC 17025:2017)* [19].

### 1. Nivo: izbira merilnikov

Merjena onesnažila se določijo glede na zakonodajne zahteve ter glede na vire emisij v okolici, ki imajo vpliv na zdravje prebivalstva. Merilne opreme mora biti primerna in mora biti opremljena s certifikati, ki zagotavljajo pravilno delovanje in njihovo skladnost s standardnimi in zakonodajnimi zahtevami.

### 2. Nivo: Izbira lokacije

Naslednja faza je umeščanje merilne opreme v prostor. Lokacija je lahko vnaprej določena z modelsko oceno onesnaženja, ki določi lokacijo z najvišjo koncentracijo odpadnih dimnih plinov v prostoru. Poleg tega pa je pomembna tudi funkcionalnost določenega mesta, torej njegova dostopnost in dostop do električne energije. Merilnik mora biti primerno zaščiten pred vremenskimi vplivi, imeti mora ustrezen zajem podatkov in sistem vzorčenja. AMP mora biti imeti primerno temperaturo ter mora biti redno vzdrževana in pregledana.

### 3. Nivo: Nadzor skladnosti meritev

Pravilno delovanje prenosa podatkov in vzdrževanje merilne opreme zagotavlja točnost, natančnost in kvantiteto pridobljenih vrednosti. Zato je v tej fazi nujno konstantno spremljanje stanja merilnika in njihovo vzdrževanje, vsak poseg na merilniku pa mora biti redno zabeležen. Odziv merilnika se vsakodnevno preverja z avtomatsko kontrolo referenčne in ničelne točke. Z ročnim naravnavanjem pa se ti dve točki preverjati na vsake 3-mesece, ki ga opravi primerno usposobljena oseba. Testi funkcionalnosti merilnika se opravijo na letnem nivoju. Merilnik pa mora biti tudi redno servisiran in očiščen. Učinkovito delovanje procesov nivoja 3. so rezultat izpopolnjevanj zahtev razpoložljivosti podatkov meritev.

### 4. Nivo: Validacija

Namenjana je validaciji celotnega procesa, ki je lahko avtomatska izražena kot kontrole, ki opozarjajo na nepravilnosti in stanje na merilni postaji. Validacija pa je izražena tudi v obliki obdelave in analize izmerjenih vrednosti, oceni merilne negotovosti in nadzora nad odstopanji od predpisanih mejnih vrednosti.

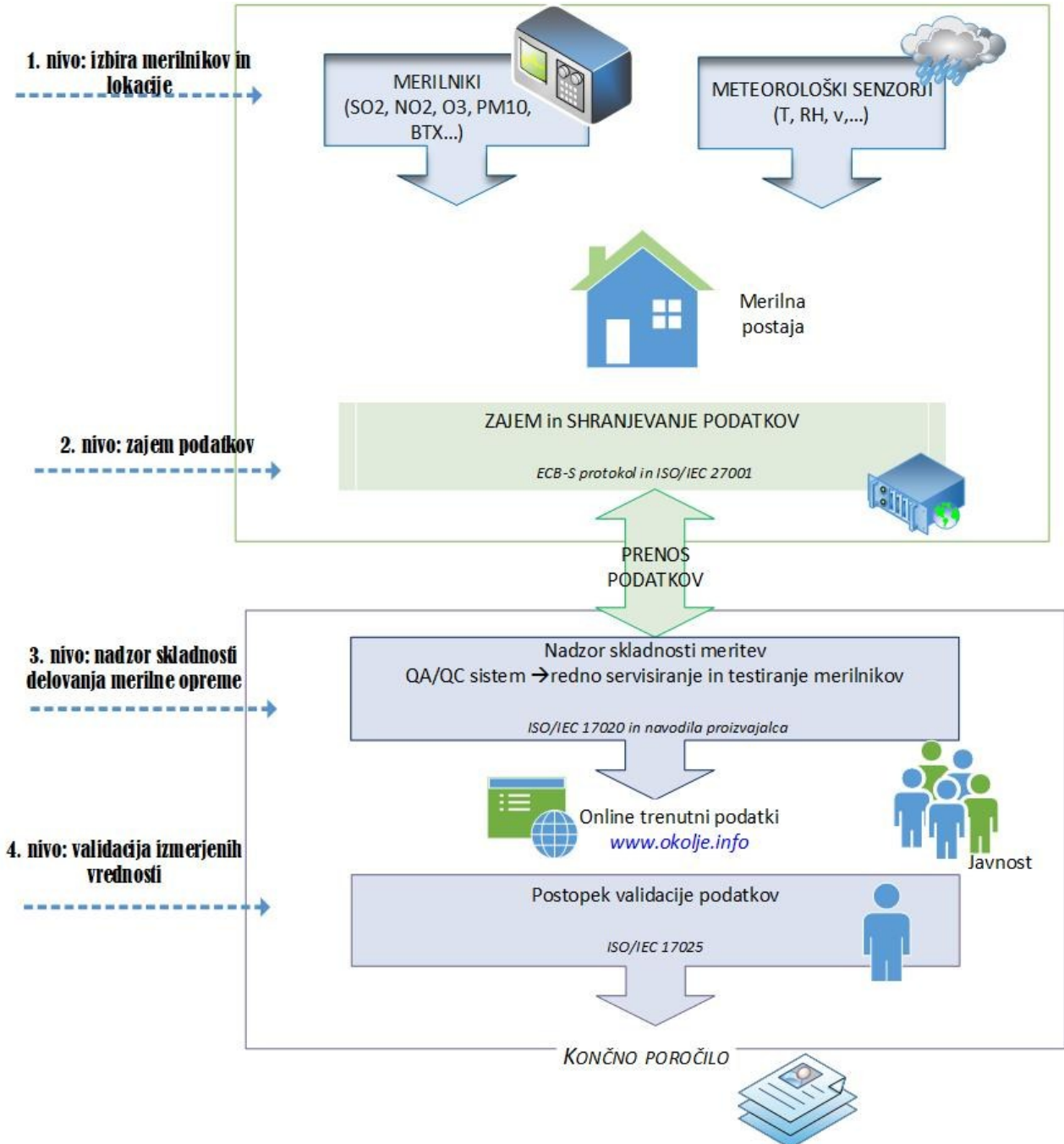
Po zaključenem 4 stopenjskem procesu se stanje o kakovosti v zunanjem zraku na določeni lokaciji, ki odraža učinkovitost sistema QA/QC, opiše v poročilu za določeno časovno obdobje.

Izmerjene vrednosti so ustrezne kakovosti v primeru, da izpolnjuje spodnje predpostavke:

- so skladne s Prilogo 1 **Pravilnika o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka** (Ur. l. RS, št. 55/11, 6/15, 5/17 in 44/22 – ZVO-2) [6] in je zagotovljena 90 % letna razpoložljivost podatkov za merilnike SO<sub>2</sub> in

NO/NO<sub>x</sub>;

- je zagotovljena stabilnost ničelne in referenčne točke za merilnike SO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>x</sub>;
- se redno izvaja dvotočkovno umirjanje (na 3-mesece);
- se 1-krat letno opravi test linearnosti.



Slika 4: Shema zajema, nadzora in validacije izmerjenih parametrov kakovosti zunanjega zraka v okoljskem informacijskem sistemu (vir: EIMV).

## 5. REZULTATI MERITEV

Kot že omenjeno, so meritve onesnaženosti zraka in meteoroloških parametrov potekale z merilnim sistemom monitoringa kakovosti zunanjega zraka Mestne občine Ljubljana na lokacijah avtomatskih merilnih postaj na Tivolski in Vošnjakovi ulici. Skladnost meritev je zagotovljena s stalnim nadzorom nad stanjem merilne opreme in z zagotavljanjem uporabnosti merilnih rezultatov. Vključitev merilnega sistema OMS MOL v sistem kakovosti Oddelka za okolje (OOK) pri EIMV omogoča vzpostavitev nadzora nad skladnostjo meritev in delovanjem opreme, kar vključuje nadzor na 3. in 4. ravni. Metode za oceno koncentracij v zraku so prilagojene za oceno negotovosti v skladu z mednarodno priznanimi standardi.

V nadaljevanju so za vsak merjeni parameter najprej prikazani podatki o izmerjenih vrednostih, sledijo grafi dnevni vrednosti. Na koncu so predstavljeni še roža vetrov (na levi) in roža onesnaženja (na desni).

### 5.1 VZDRŽEVALNA DELA IN POSEGI

Za merilno postajo OMS MOL se poleg rednih testiranj in vzdrževanj merilnikov izvajajo tudi vzdrževalni posegi same merilne postaje. Vsi opravljeni testni in vzdrževalni posegi za celotno merilno obdobje so prikazani v tabeli na koncu študije (Priloga 1).

### 5.2 MERITVE KAKOVOSTI ZRAKA

V poročilu so za leto 2024 podani rezultati urnih in dnevni vrednosti za parametre SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PAH, PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> ter njihova statistična analiza v skladu s predpisano zakonodajo. Podani so tudi rezultati meritev meteoroloških parametrov v letu 2024 na tej lokaciji.

#### Pregled preseženih vrednosti: SO<sub>2</sub> za leto 2024

		nad MVU	AV	nad MVD	podatkov
postaja	meritve od	urne v.	3 urne v.	dnevne v.	%
Tivolska - Vošnjakova	01.01.2024	0	0	0	99

#### Pregled preseženih vrednosti: NO<sub>2</sub> za leto 2024

		nad MVU	AV	nad MVD	podatkov
postaja	meritve od	urne v.	3 urne v.	dnevne v.	%
Tivolska - Vošnjakova	01.01.2024	0	0	-	98

#### Pregled preseženih vrednosti: delci PM<sub>10</sub> za leto 2024

		nad MVU	AV	nad MVD	podatkov
postaja	meritve od	urne v.	3 urne v.	dnevne v.	%
Tivolska - Vošnjakova	01.01.2024	-	-	49	98

#### Pregled srednjih koncentracij: SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) za leto 2024 in pretekla leta

postaja	2022	2023	2024
Tivolska - Vošnjakova	2	3	4

#### Pregled srednjih koncentracij: NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) za leto 2024 in pretekla leta

postaja	2022	2023	2024
Tivolska - Vošnjakova	38	38	38

**Pregled srednjih koncentracij: NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) za leto 2024 in pretekla leta**

postaja	2022	2023	2024
Tivolska - Vošnjakova	90	85	89

**Pregled srednjih koncentracij: delci PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) za leto 2024 in pretekla leta**

postaja	2022	2023	2024
Tivolska - Vošnjakova	26	27	30

**Pregled srednjih koncentracij: benzen (µg/m<sup>3</sup>) za leto 2024 in pretekla leta**

postaja	2022	2023	2024
Tivolska - Vošnjakova	1	1	1

**Pregled srednjih koncentracij: toluen (µg/m<sup>3</sup>) za leto 2024 in pretekla leta**

postaja	2022	2023	2024
Tivolska - Vošnjakova	2	3	4

**Pregled srednjih koncentracij: M&P-ksilen (µg/m<sup>3</sup>) za leto 2024 in pretekla leta**

postaja	2022	2023	2024
Tivolska - Vošnjakova	2	1	2

**Pregled srednjih koncentracij: etilbenzen (µg/m<sup>3</sup>) za leto 2024 in pretekla leta**

postaja	2022	2023	2024
Tivolska - Vošnjakova	0	0	1

### 5.2.1 Pregled koncentracij v zraku: SO<sub>2</sub>

V merjenem obdobju je bilo na lokaciji OMS MOL izmerjenih 99 % pravih rezultatov urnih koncentracij SO<sub>2</sub> v zraku. Urna mejna vrednost (350 µg/m<sup>3</sup>) in dnevna mejna vrednost SO<sub>2</sub> (125 µg/m<sup>3</sup>) nista bili preseženi. Maksimalna urna koncentracija SO<sub>2</sub> je znašala 7 µg/m<sup>3</sup> in je bila dosežena dne 30. 10. 2024 ob 18:00, maksimalna dnevna koncentracija je znašala 6 µg/m<sup>3</sup>, dosežena tudi dne 30. 10. 2024. Srednja koncentracija je v merjenem obdobju znašala 4 µg/m<sup>3</sup>. Onesnaženje je prišlo iz vseh smeri enakomerno.

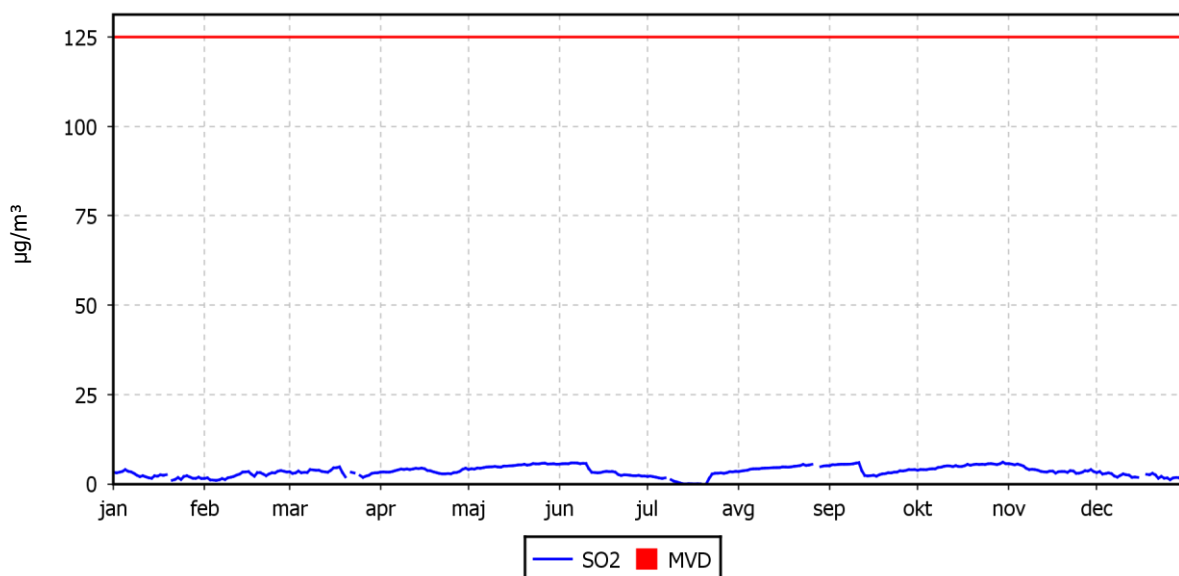
Lokacija meritev:	OMS - MOL
Postaja:	Tivolska - Vošnjakova
Obdobje meritev:	01.01.2024 do 01.01.2025

Razpoložljivih urnih podatkov:	8629	99%
Maksimalna urna koncentracija:	7 µg/m <sup>3</sup>	30.10.2024 18:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	6 µg/m <sup>3</sup>	30.10.2024
Minimalna dnevna koncentracija:	0 µg/m <sup>3</sup>	21.07.2024
Srednja koncentracija v obdobju:	4 µg/m <sup>3</sup>	
Srednja konc. v zimskem času (1.10.23 - 1.4.24):	3 µg/m <sup>3</sup>	
Število primerov urne koncentracije		
- nad MVU 350 µg/m <sup>3</sup> :	0	
Število primerov dnevne koncentracije		
- nad MVD 125 µg/m <sup>3</sup> :	0	
- nad vrednostjo 75 µg/m <sup>3</sup> :	0	
- nad vrednostjo 50 µg/m <sup>3</sup> :	0	
Št. intervalov 3 zaporednih ur nad AV 500 µg/m <sup>3</sup> :	0	
Percentilna vrednost		
- 99.7 p.v. - urnih koncentracij:	6 µg/m <sup>3</sup>	
- 99.2 p.v. - dnevnih koncentracij:	6 µg/m <sup>3</sup>	

### DNEVNE KONCENTRACIJE - SO<sub>2</sub>

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

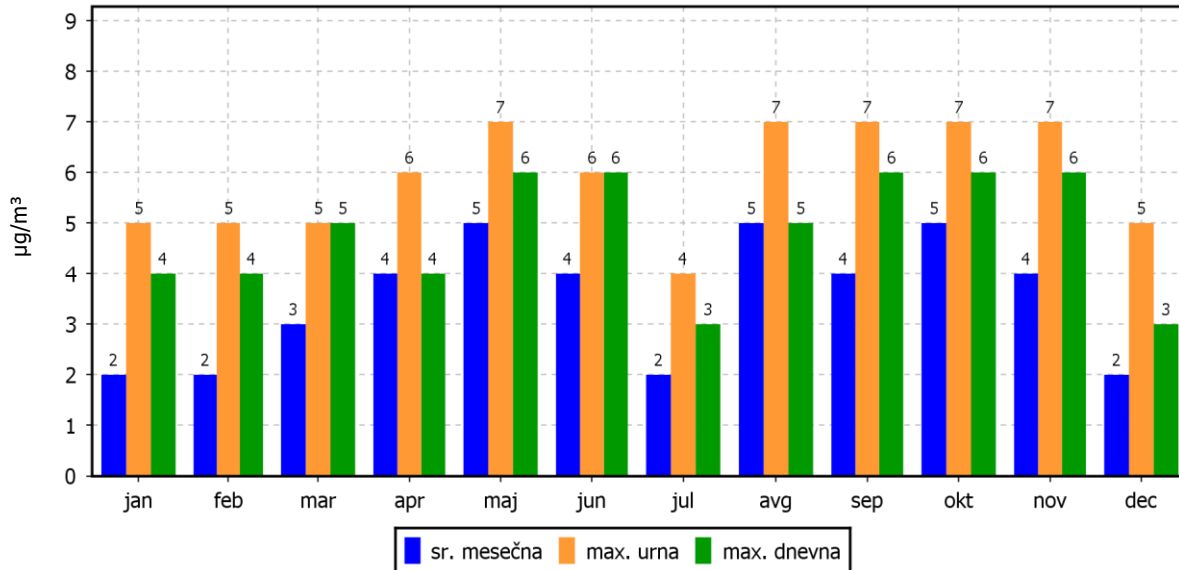
01.01.2024 do 01.01.2025



### KONCENTRACIJE - SO<sub>2</sub>

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

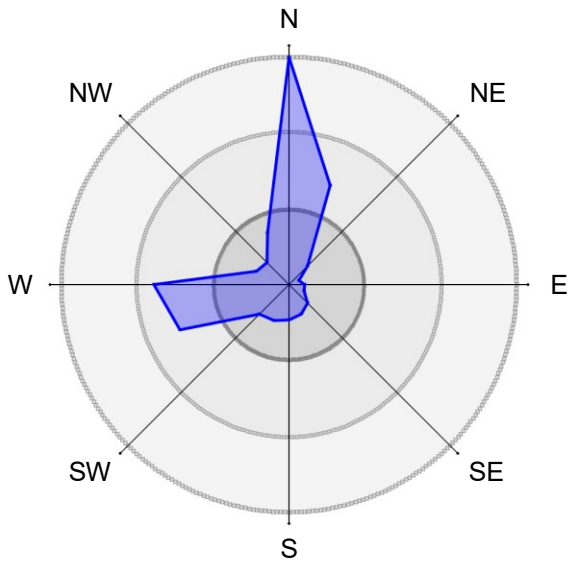
01.01.2024 do 01.01.2025



## ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

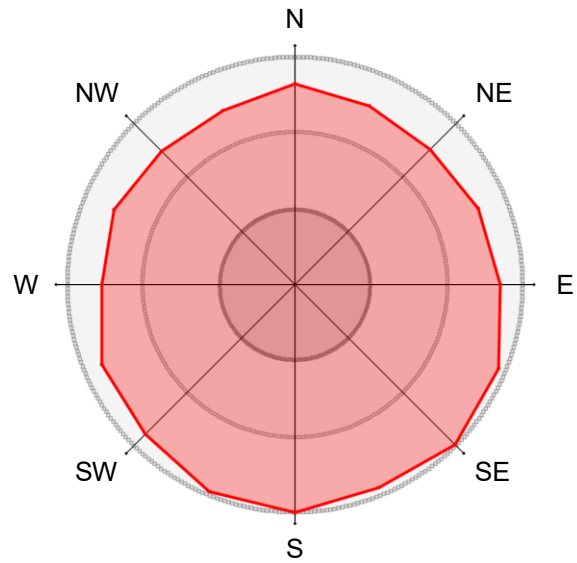
01.01.2024 do 01.01.2025



23.9% časa

16.0% časa

7.9% časa



4.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

2.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

1.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## 5.2.2 Pregled koncentracij v zraku: NO<sub>2</sub>

V merjenem obdobju je bilo na lokaciji OMS MOL izmerjeno 98 % pravih rezultatov urnih koncentracij NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> v zunanem zraku. Urna mejna vrednost (200 µg/m<sup>3</sup>) in alarmna mejna vrednost (koncentracije 3-eh zaporednih ur nad 400 µg/m<sup>3</sup>) NO<sub>2</sub> nista bili presežena. Maksimalna urna koncentracija NO<sub>2</sub> na lokaciji je znašala 116 µg/m<sup>3</sup> in je bila dosežena dne 22. 01. 2024 ob 17:00, maksimalna dnevna koncentracija je znašala 81 µg/m<sup>3</sup>, dosežena je bila dne 22. 01. 2024. Srednja koncentracija v merjenem obdobju je znašala 38 µg/m<sup>3</sup>. Onesnaženje je prišlo iz vseh smeri enakomerno.

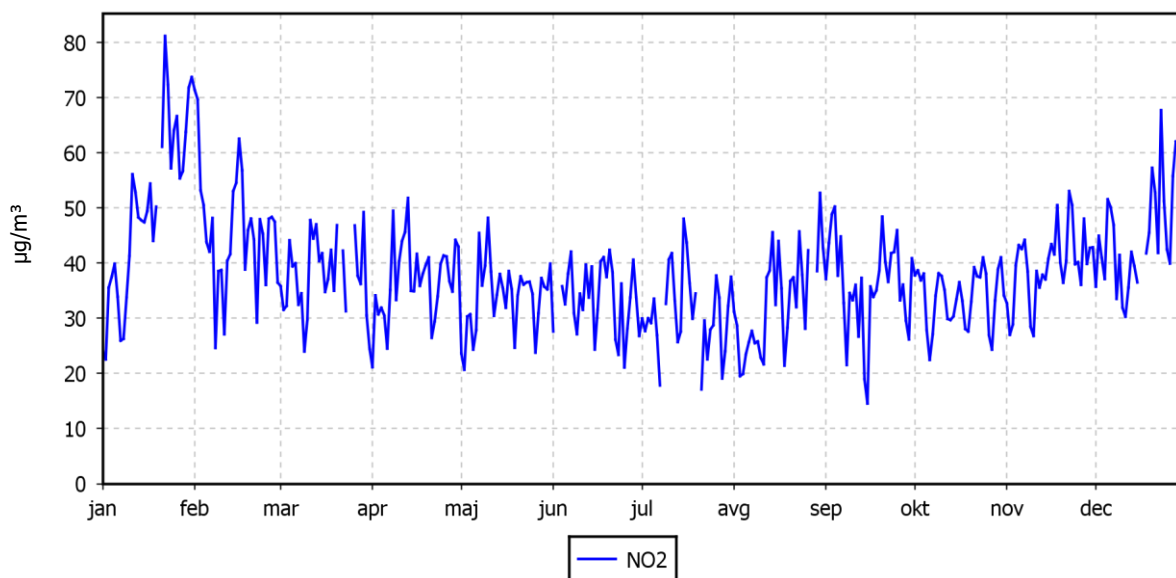
Lokacija meritev:	OMS - MOL
Postaja:	Tivolska - Vošnjakova
Obdobje meritev:	01.01.2024 do 01.01.2025

Razpoložljivih urnih podatkov:	8589	98%
Maksimalna urna koncentracija:	116 µg/m <sup>3</sup>	22.01.2024 17:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	81 µg/m <sup>3</sup>	22.01.2024
Minimalna dnevna koncentracija:	15 µg/m <sup>3</sup>	15.09.2024
Srednja koncentracija v obdobju:	38 µg/m <sup>3</sup>	
Število primerov urne koncentracije		
- nad MVU 200 µg/m <sup>3</sup> :	0	
Število primerov dnevne koncentracije		
- nad vrednostjo 100 µg/m <sup>3</sup> :	0	
- nad vrednostjo 140 µg/m <sup>3</sup> :	0	
Št. intervalov 3 zaporednih ur nad AV 400 µg/m <sup>3</sup> :	0	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	83 µg/m <sup>3</sup>	
- 99.8 p.v. - dnevne koncentracij:	76 µg/m <sup>3</sup>	

### DNEVNE KONCENTRACIJE - NO<sub>2</sub>

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

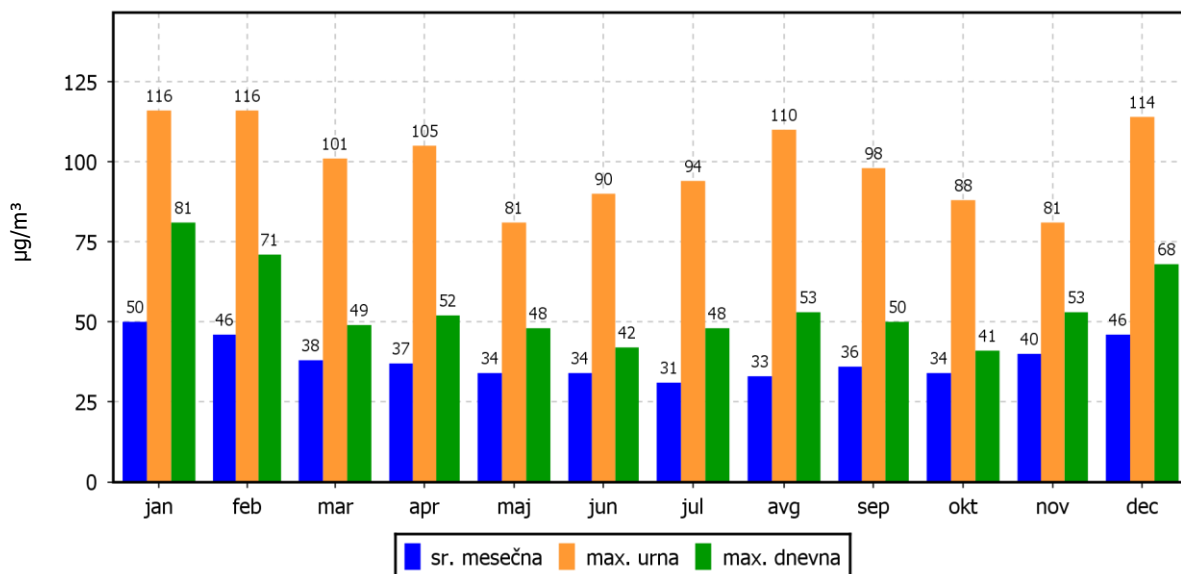
01.01.2024 do 01.01.2025



### KONCENTRACIJE - NO<sub>2</sub>

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

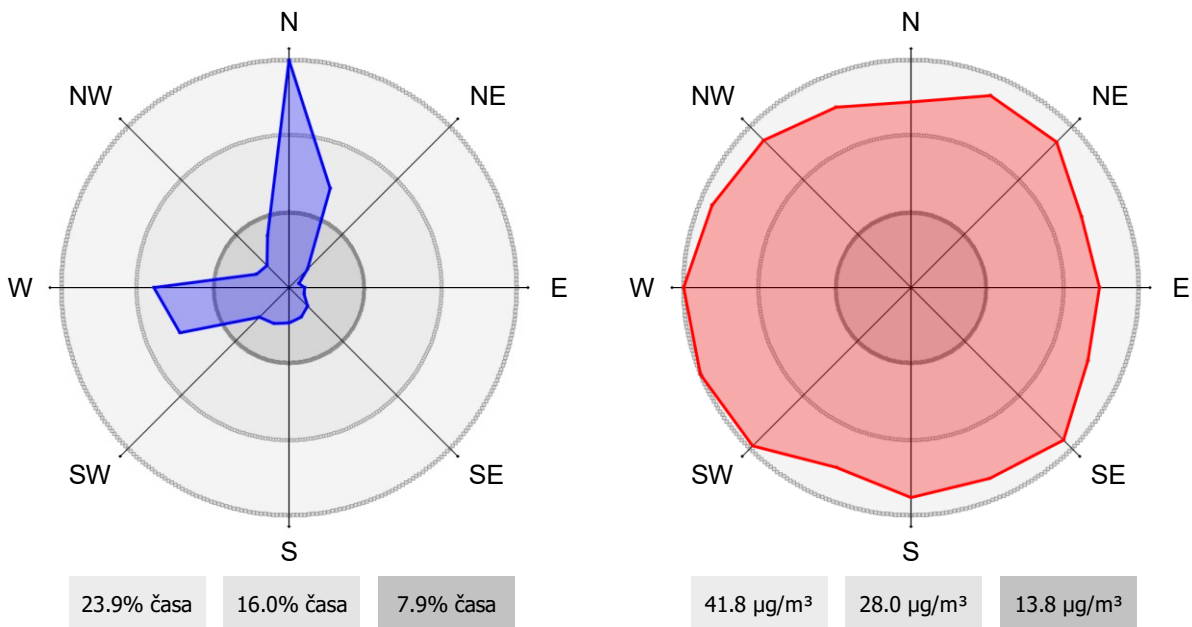
01.01.2024 do 01.01.2025



### ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2024 do 01.01.2025



### 5.2.3 Pregled koncentracij v zraku: NO<sub>x</sub>

Maksimalna urna koncentracija NO<sub>x</sub> v merjenem obdobju je znašala 623 µg/m<sup>3</sup> in je bila dosežena 25. 01. 2024 ob 17:00, maksimalna dnevna koncentracija pa je znašala 314 µg/m<sup>3</sup> in je bila dosežena dne 30. 12. 2024. Srednja vrednosti v merjenem obdobju pa je bila izmerjena 89 µg/m<sup>3</sup>.

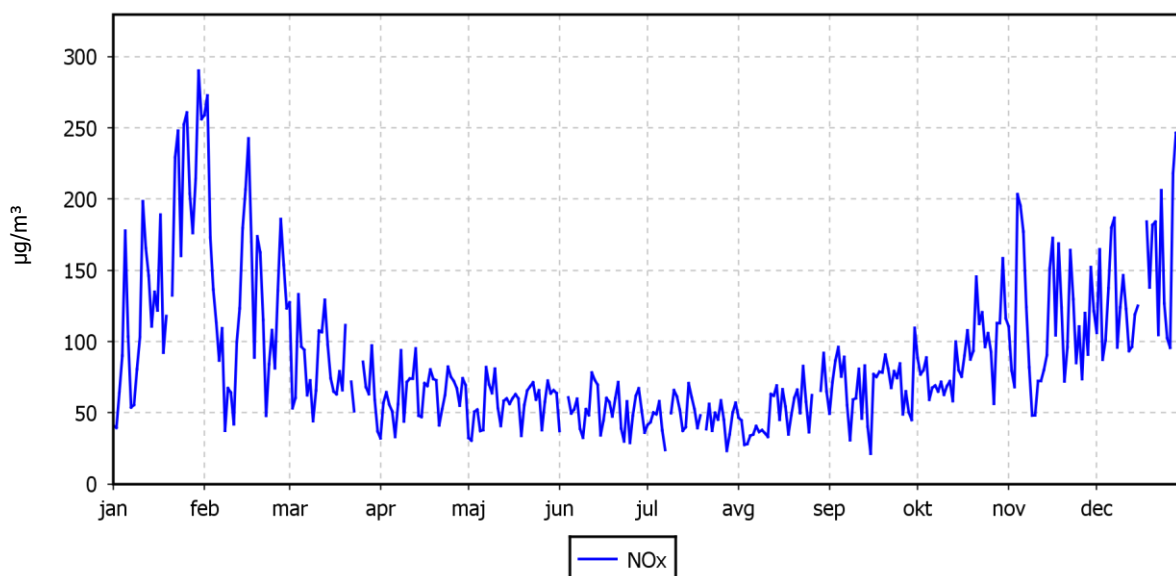
Lokacija meritev:	OMS - MOL
Postaja:	Tivolska - Vošnjakova
Obdobje meritev:	01.01.2024 do 01.01.2025

Razpoložljivih urnih podatkov:	8589	98%
Maksimalna urna koncentracija:	623 µg/m <sup>3</sup>	25.01.2024 17:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	314 µg/m <sup>3</sup>	30.12.2024
Minimalna dnevna koncentracija:	21 µg/m <sup>3</sup>	15.09.2024
Srednja koncentracija v obdobju:	89 µg/m <sup>3</sup>	
Srednja konc. v zimskem času (1.10.23 - 1.4.24):	118 µg/m <sup>3</sup>	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	319 µg/m <sup>3</sup>	
- 99.8 p.v. - dnevni koncentracij:	297 µg/m <sup>3</sup>	

#### DNEVNE KONCENTRACIJE - NO<sub>x</sub>

OMS - MOL (Tivolska - Vošnjakova)

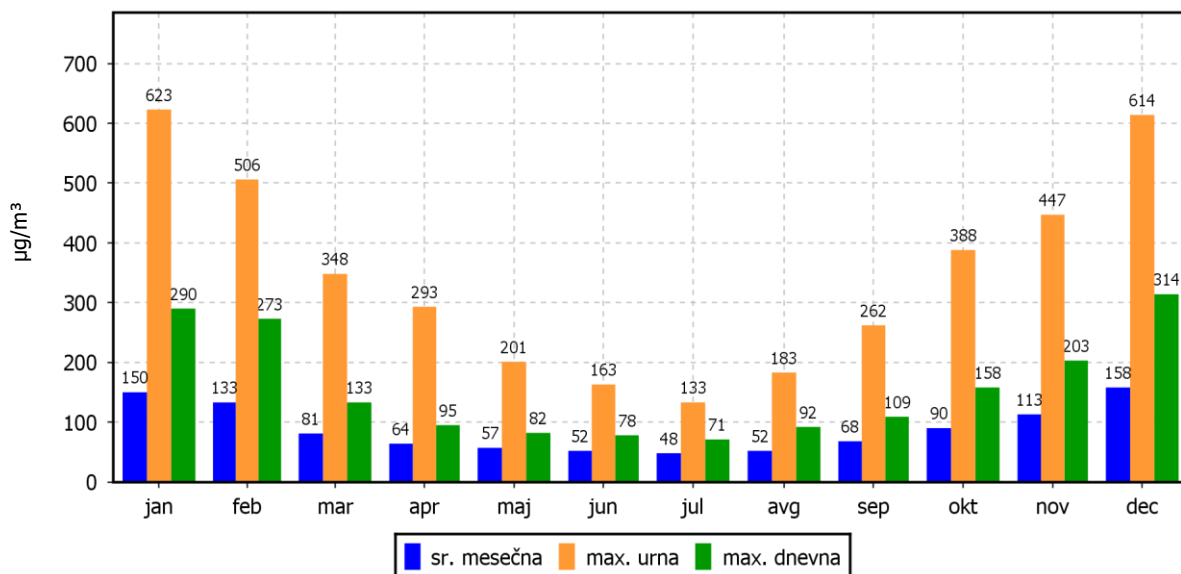
01.01.2024 do 01.01.2025



### KONCENTRACIJE - NO<sub>x</sub>

OMS - MOL (Tivolska - Vošnjakova)

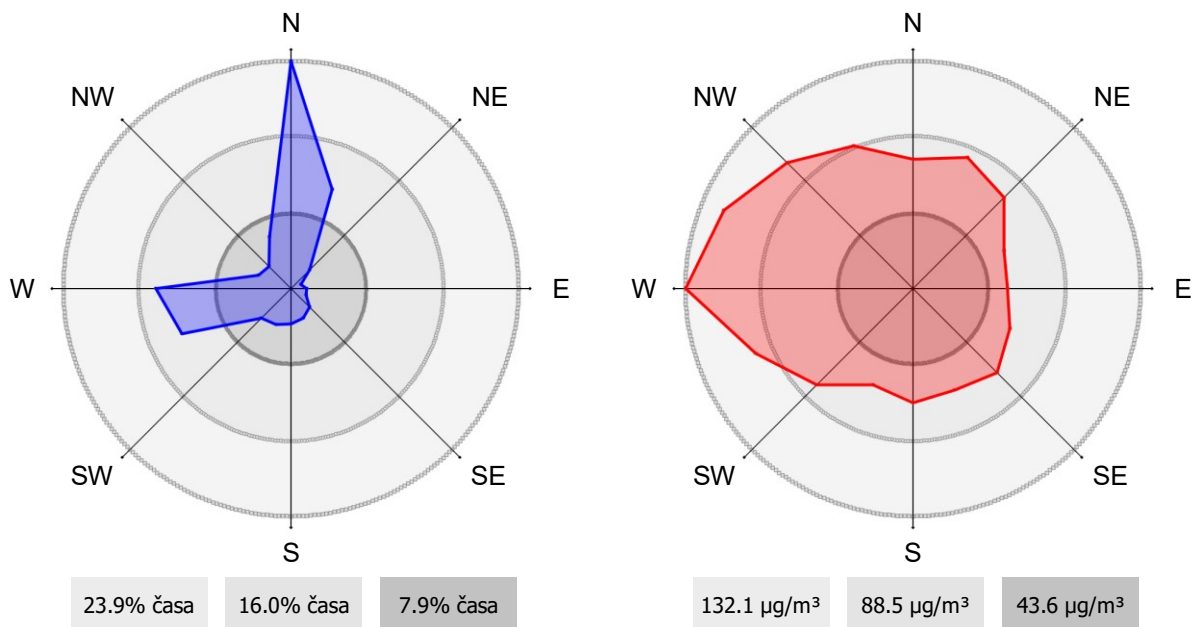
01.01.2024 do 01.01.2025



### ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

OMS - MOL (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2024 do 01.01.2025



## 5.2.4 Pregled koncentracij v zraku: benzen

V merjenem obdobju je bilo na lokaciji OMS MOL izmerjeno 91 % pravih rezultatov urnih koncentracij PAH v zunanem zraku. V letu 2024 je tekom leta prišlo do večkratnih kratkotrajnih prekinitev meritev, ki so posledica potrebnih rednih servisnih posegov in blokad v delovanju merilnika.

Maksimalna urna koncentracija benzena je znašala  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dosežena dne 31. 12. 2024 ob 21:00, maksimalna dnevna koncentracija je znašala  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in je bila dosežena dne 30. 12. 2024. Srednja koncentracija je v merjenem obdobju znašala  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Onesnaženje je bilo največje iz smeri W, WNW, NW in NNW.

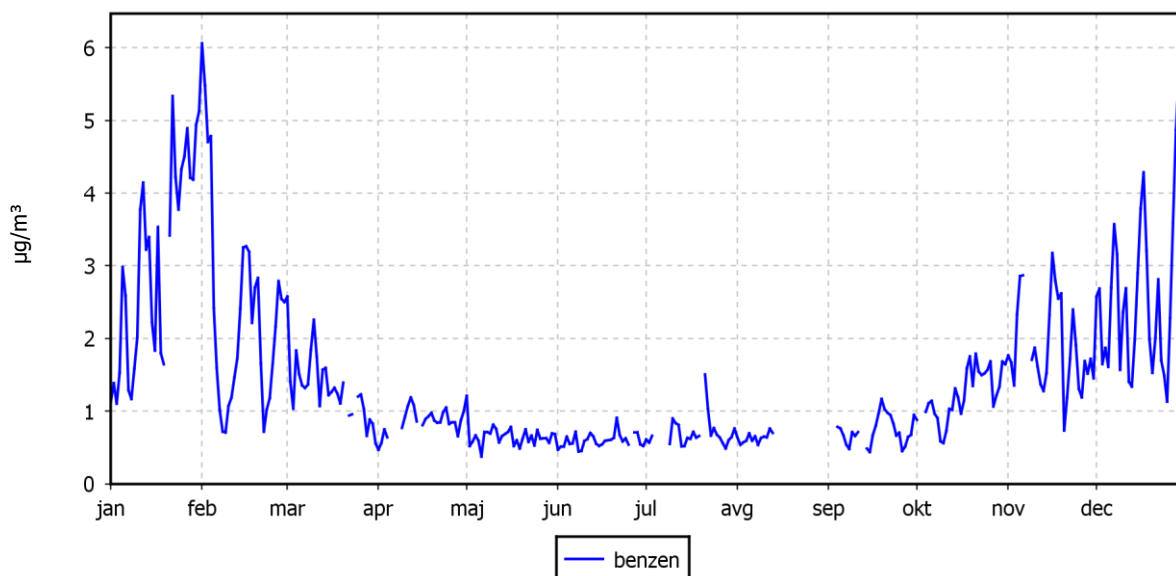
Lokacija meritev:	OMS - MOL
Postaja:	Tivolska - Vošnjakova
Obdobje meritev:	01.01.2024 do 01.01.2025

Razpoložljivih urnih podatkov:	7968	91%
Maksimalna urna koncentracija:	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	31.12.2024 21:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	$6 \mu\text{g}/\text{m}^3$	30.12.2024
Minimalna dnevna koncentracija:	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	06.05.2024
Srednja koncentracija v obdobju:	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	$6 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 50 p.v. - dnevnih koncentracij:	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	

### DNEVNE KONCENTRACIJE - benzen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

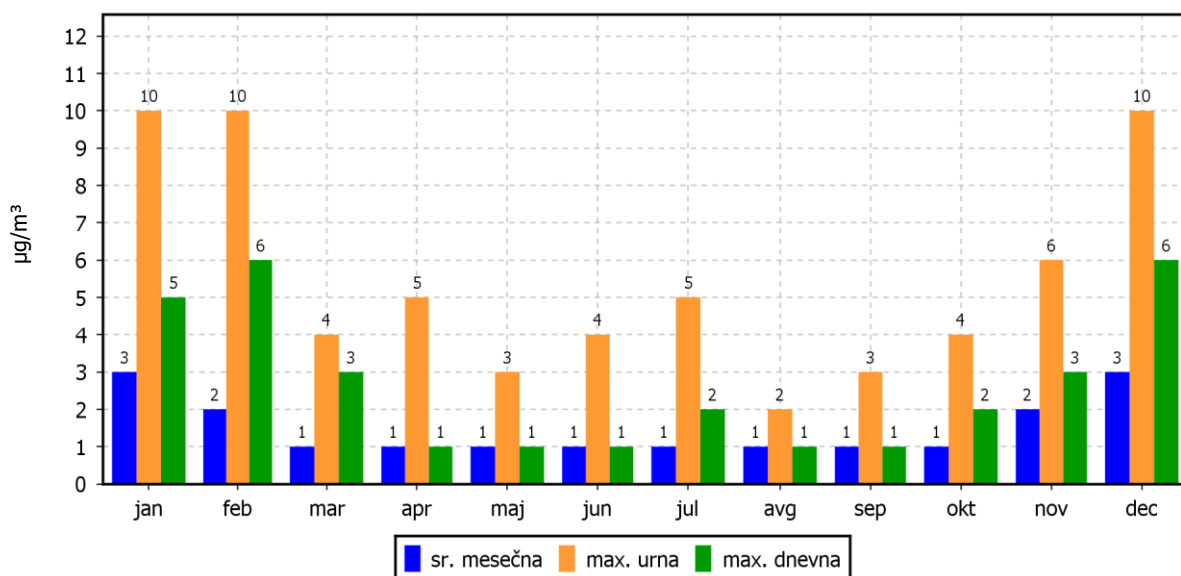
01.01.2024 do 01.01.2025



### KONCENTRACIJE - benzen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

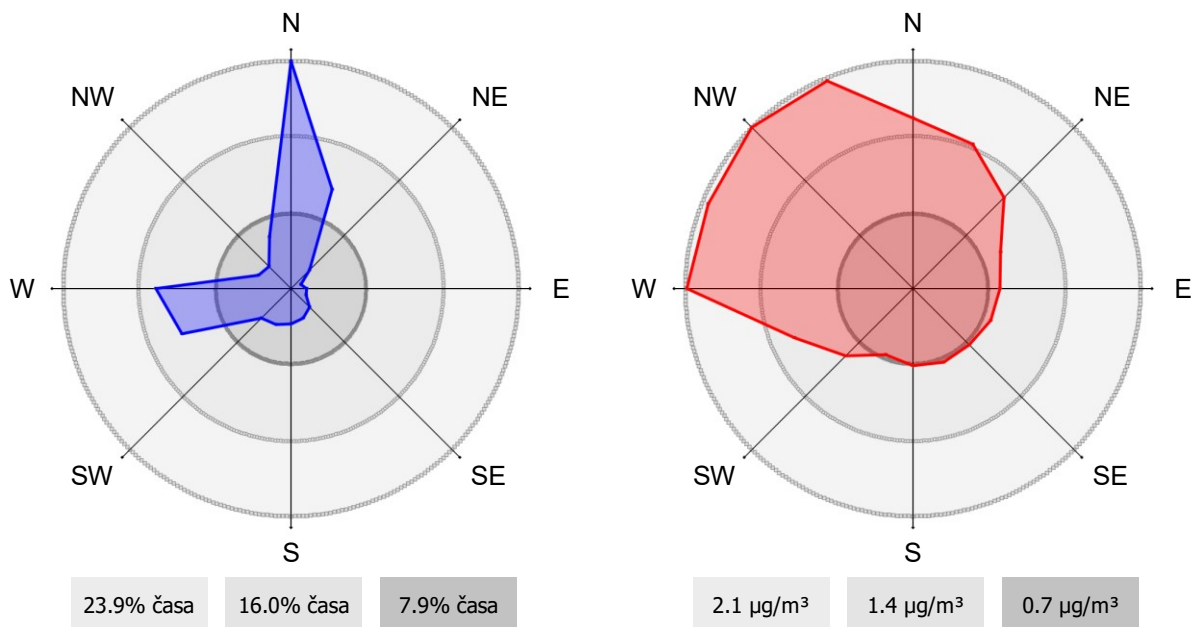
01.01.2024 do 01.01.2025



### ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2024 do 01.01.2025



## 5.2.5 Pregled koncentracij v zraku: toluen

Mejna, alarma in cilja vrednost za toluen v slovenski zakonodaji ni podana. V merjenem obdobju je bilo na lokaciji OMS MOL izmerjeno 87 % pravih rezultatov urnih koncentracij toluena v zunanjem zraku.

V letu 2024 je tekom leta prišlo do večkratnih kratkotrajnih prekinitev meritev, ki so posledica potrebnih rednih servisnih posegov, blokad v delovanju merilnika in časovnih zamikov sinhronizacijskega okna v merilniku, kar je onemogočilo pravilno delovanje merilnega sistema za parameter toluena. Časovni zamik vpliva na natančnost določitve retencijskih časov posameznih spojin in posledično na pravilnost pridobljenih rezultatov.

Maksimalna urna koncentracija toluena je znašala  $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dosežena dne 07. 02. 2024 ob 10:00, maksimalna dnevna koncentracija je znašala  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in je bila dosežena 8. 01. 2024. Srednja koncentracija je v merjenem obdobju znašala  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Onesnaženje je bilo največje iz smeri W, NNW in E.

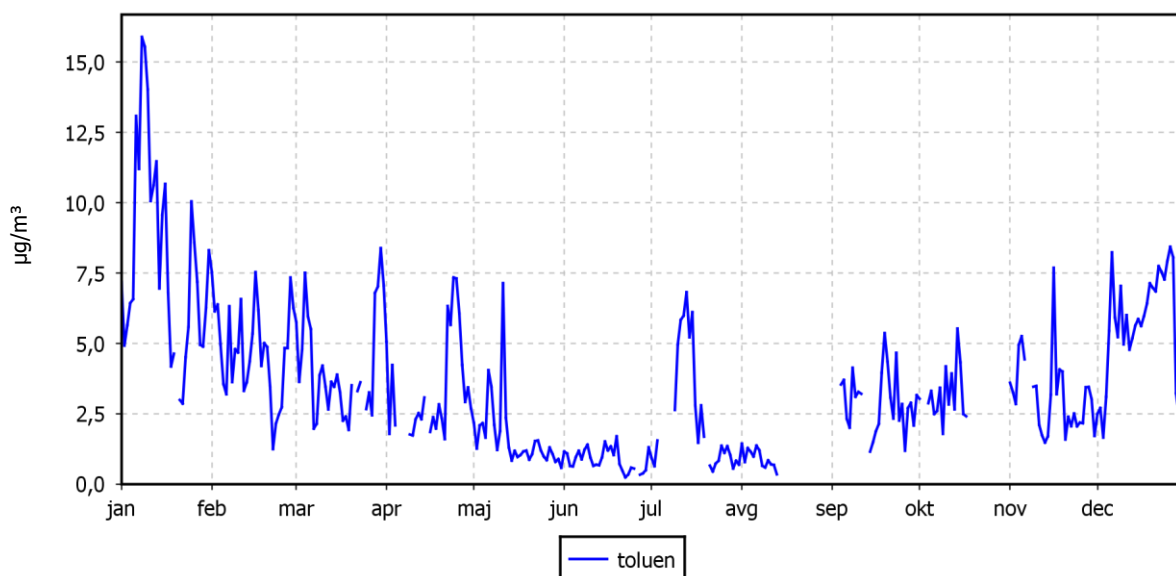
Lokacija meritev:	OMS - MOL
Postaja:	Tivolska - Vošnjakova
Obdobje meritev:	01.01.2024 do 01.01.2025

Razpoložljivih urnih podatkov:	7637	87%
Maksimalna urna koncentracija:	$68 \mu\text{g}/\text{m}^3$	07.02.2024 10:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	$16 \mu\text{g}/\text{m}^3$	08.01.2024
Minimalna dnevna koncentracija:	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	22.06.2024
Srednja koncentracija v obdobju:	$4 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	$16 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 50 p.v. - dnevni koncentracij:	$3 \mu\text{g}/\text{m}^3$	

### DNEVNE KONCENTRACIJE - toluen

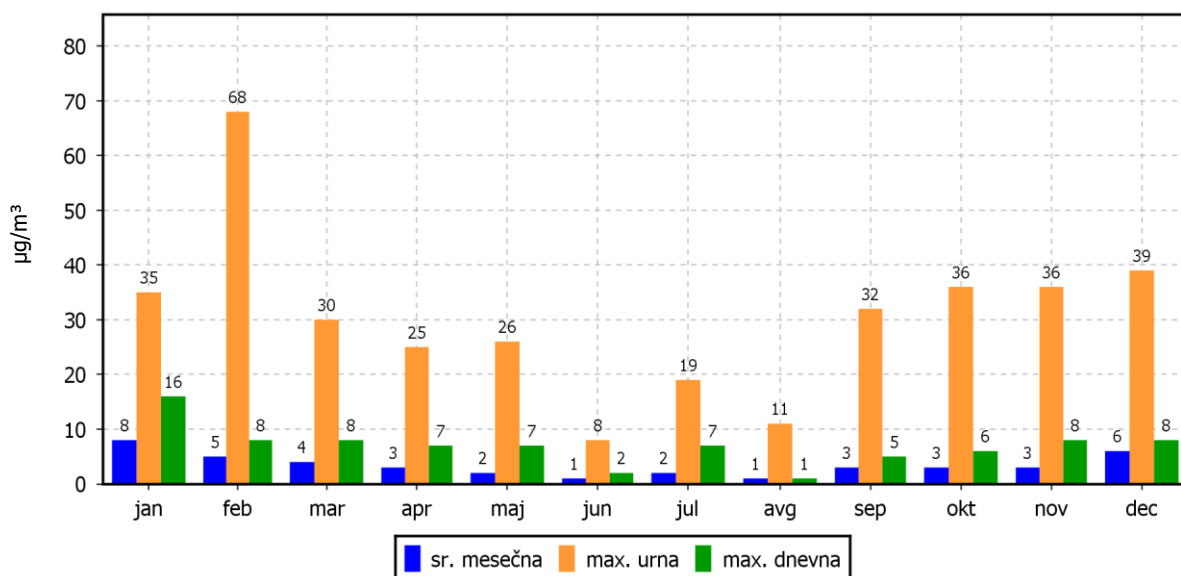
Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2024 do 01.01.2025



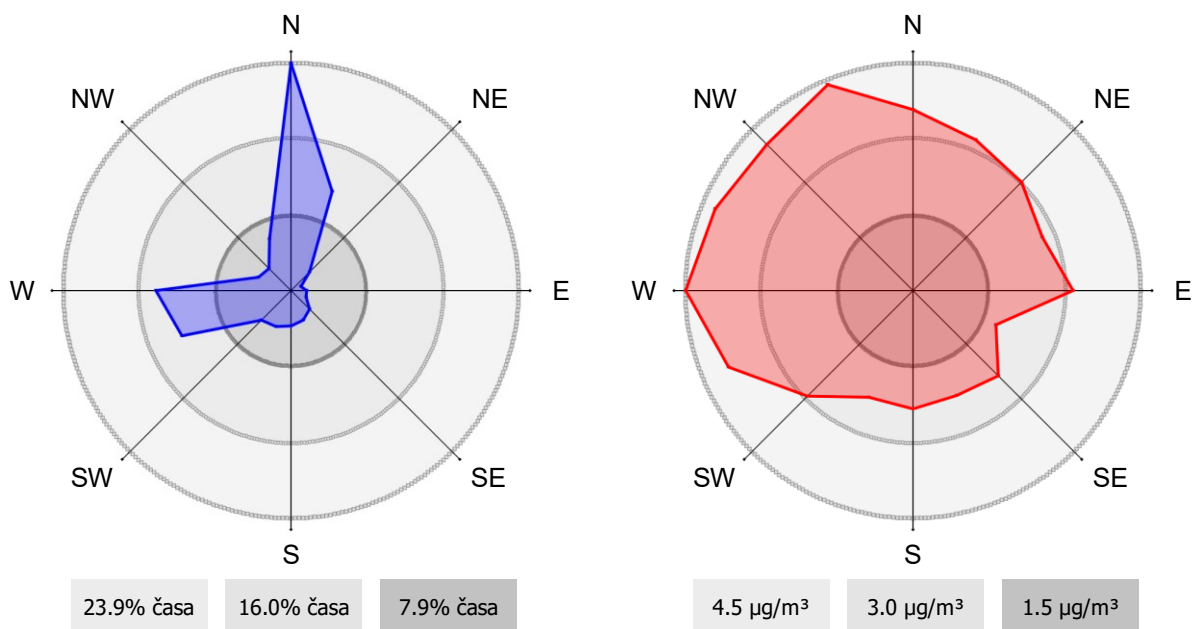
### KONCENTRACIJE - toluen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)  
01.01.2024 do 01.01.2025



### ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)  
01.01.2024 do 01.01.2025



## 5.2.6 Pregled koncentracij v zraku: M&P-ksilen

Mejna, alarma in cilja vrednost za M&P-ksilen v slovenski zakonodaji ni podana. V merjenem obdobju je bilo na lokaciji OMS MOL izmerjeno 79 % pravih rezultatov urnih koncentracij M&P-ksilena v zunanjem zraku.

V letu 2024 je tekom leta prišlo do večkratnih kratkotrajnih prekinitev meritev, ki so posledica potrebnih rednih servisnih posegov, blokad v delovanju merilnika in časovnih zamikov sinhronizacijskega okna v merilniku, kar je onemogočilo pravilno delovanje merilnega sistema za parameter meta- in para-ksilena. Časovni zamik vpliva na natančnost določitve retencijskih časov posameznih spojin in posledično na pravilnost pridobljenih rezultatov.

Maksimalna urna koncentracija M&P-ksilen je znašala  $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dosežena dne 02. 01. 2024 ob 08:00, maksimalna dnevna koncentracija je znašala  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in je bila dosežena 11. 07. 2024. Srednja koncentracija je v merjenem obdobju znašala  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Onesnaženje je bilo največje iz smeri NNW, NE, E in W.

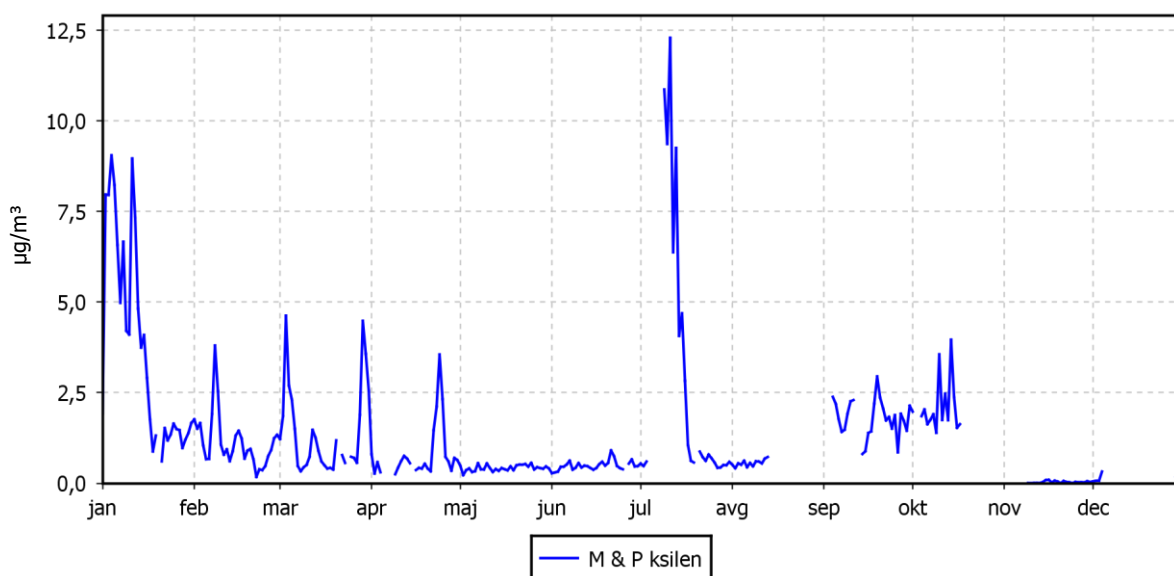
Lokacija meritev:	OMS - MOL
Postaja:	Tivolska - Vošnjakova
Obdobje meritev:	01.01.2024 do 01.01.2025

Razpoložljivih urnih podatkov:	6901	79%
Maksimalna urna koncentracija:	$47 \mu\text{g}/\text{m}^3$	02.01.2024 08:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	$12 \mu\text{g}/\text{m}^3$	11.07.2024
Minimalna dnevna koncentracija:	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	10.11.2024
Srednja koncentracija v obdobju:	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	$12 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 50 p.v. - dnevni koncentracij:	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	

### DNEVNE KONCENTRACIJE - M&P-ksilen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

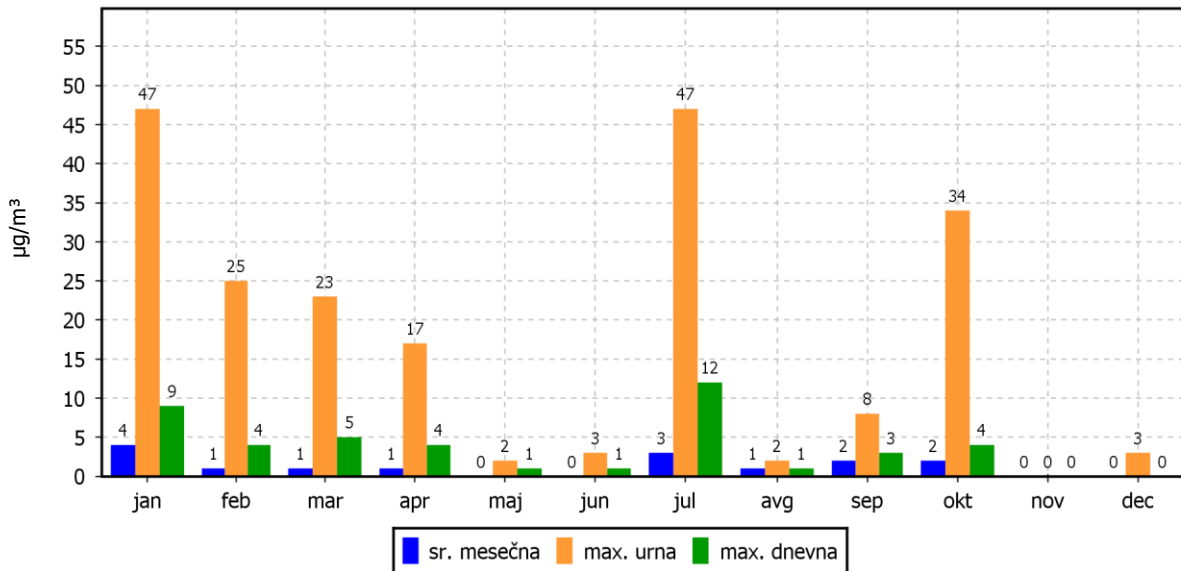
01.01.2024 do 01.01.2025



### KONCENTRACIJE - M&P-ksilen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

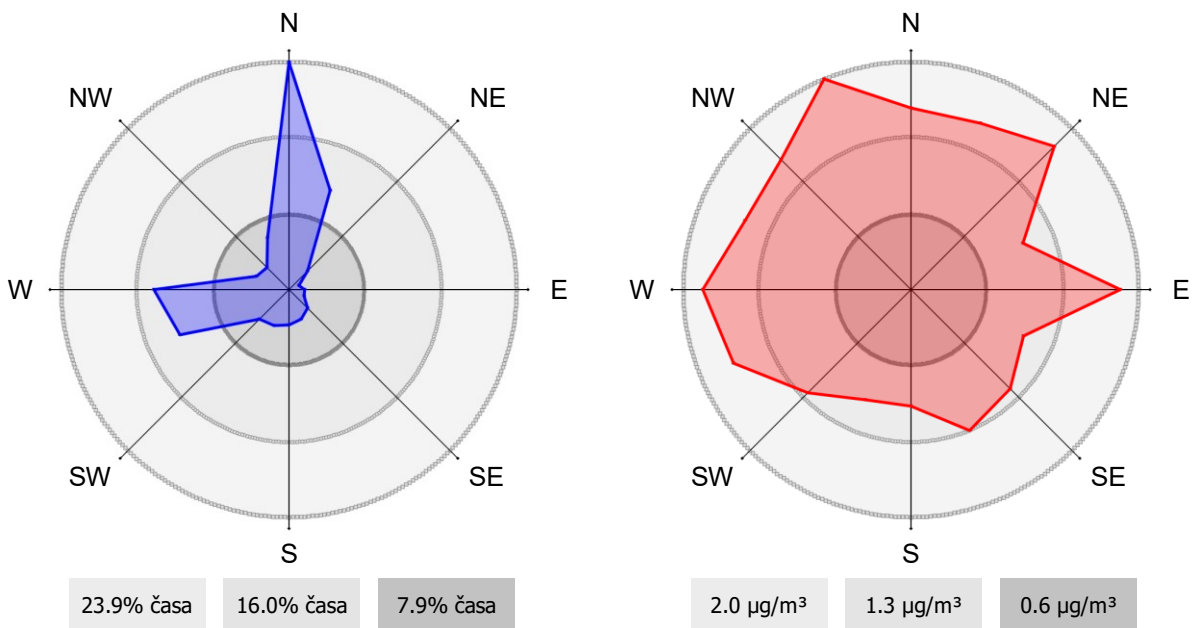
01.01.2024 do 01.01.2025



### ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2024 do 01.01.2025



## 5.2.7 Pregled koncentracij v zraku: etilbenzen

Mejna, alarma in cilja vrednost za etilbenzen v slovenski zakonodaji ni podana. V merjenem obdobju je bilo na lokaciji OMS MOL izmerjeno 79 % pravih rezultatov urnih koncentracij BTX v zunanjem zraku.

V letu 2024 je tekom leta prišlo do večkratnih kratkotrajnih prekinitev meritev, ki so posledica potrebnih rednih servisnih posegov, blokad v delovanju merilnika in časovnih zamikov sinhronizacijskega okna v merilniku, kar je onemogočilo pravilno delovanje merilnega sistema za parameter etilbenzena. Časovni zamik vpliva na natančnost določitve retencijskih časov posameznih spojin in posledično na pravilnost pridobljenih rezultatov.

Maksimalna urna koncentracija etilbenzena je znašala  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dosežena dne 8. 02. 2024 ob 23:59, maksimalna dnevna koncentracija je znašala  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in je bila dosežena 12. 01. 2024. Onesnaženje je bilo največje iz smeri W, NNW in NNE.

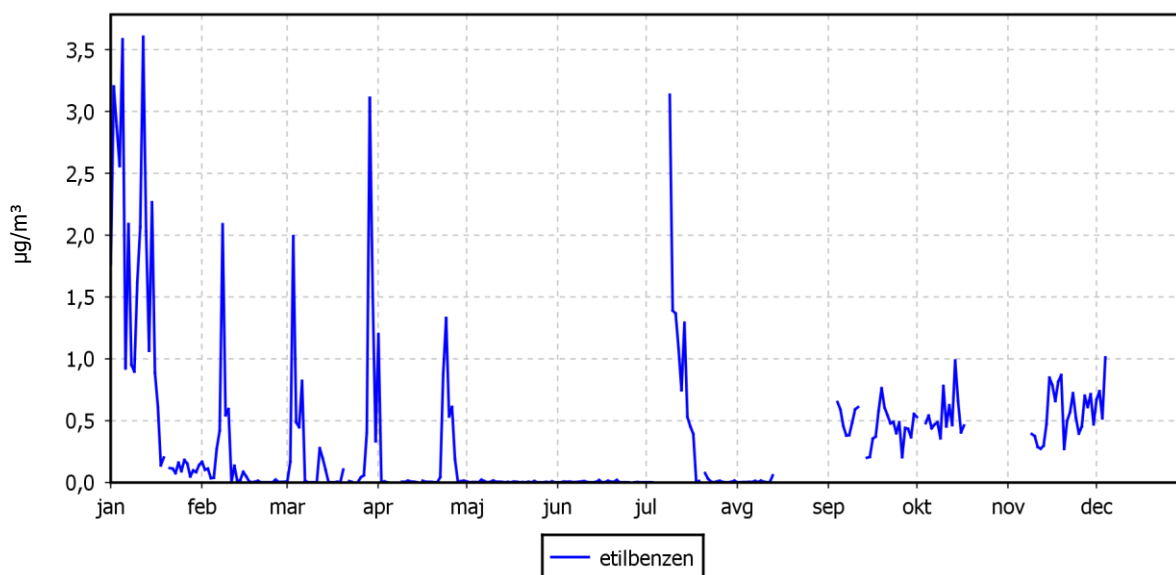
Lokacija meritev:	OMS - MOL
Postaja:	Tivolska - Vošnjakova
Obdobje meritev:	01.01.2024 do 01.01.2025

Razpoložljivih urnih podatkov:	6901	79%
Maksimalna urna koncentracija:	$43 \mu\text{g}/\text{m}^3$	08.02.2024 23:59:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	$4 \mu\text{g}/\text{m}^3$	12.01.2024
Minimalna dnevna koncentracija:	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	18.02.2024
Srednja koncentracija v obdobju:	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	$3 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 50 p.v. - dnevni koncentracij:	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	

### DNEVNE KONCENTRACIJE - etilbenzen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

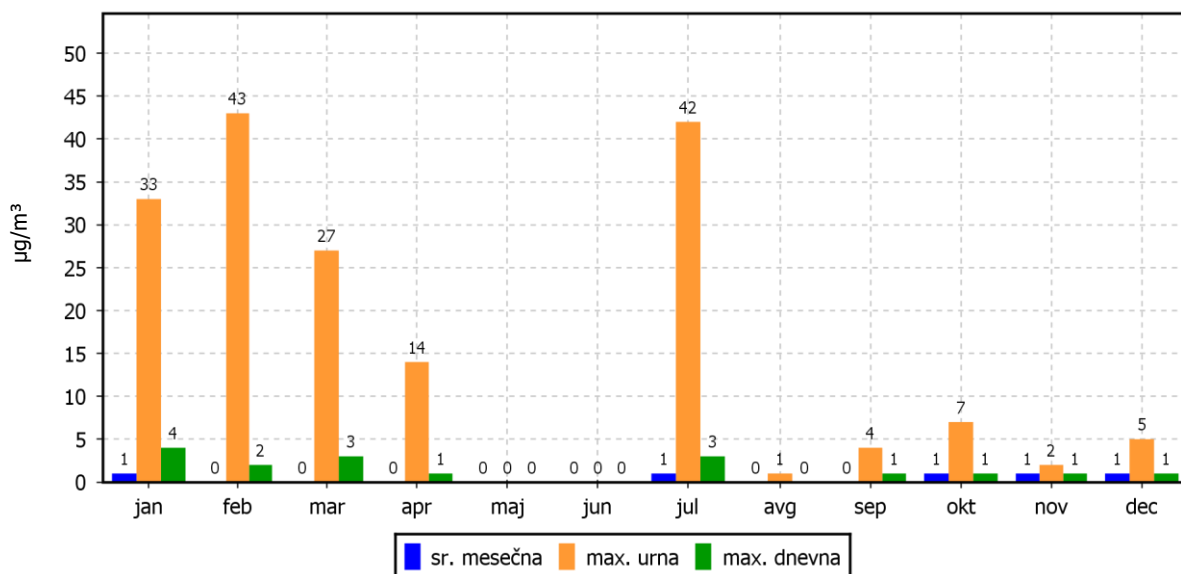
01.01.2024 do 01.01.2025



### KONCENTRACIJE - etilbenzen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

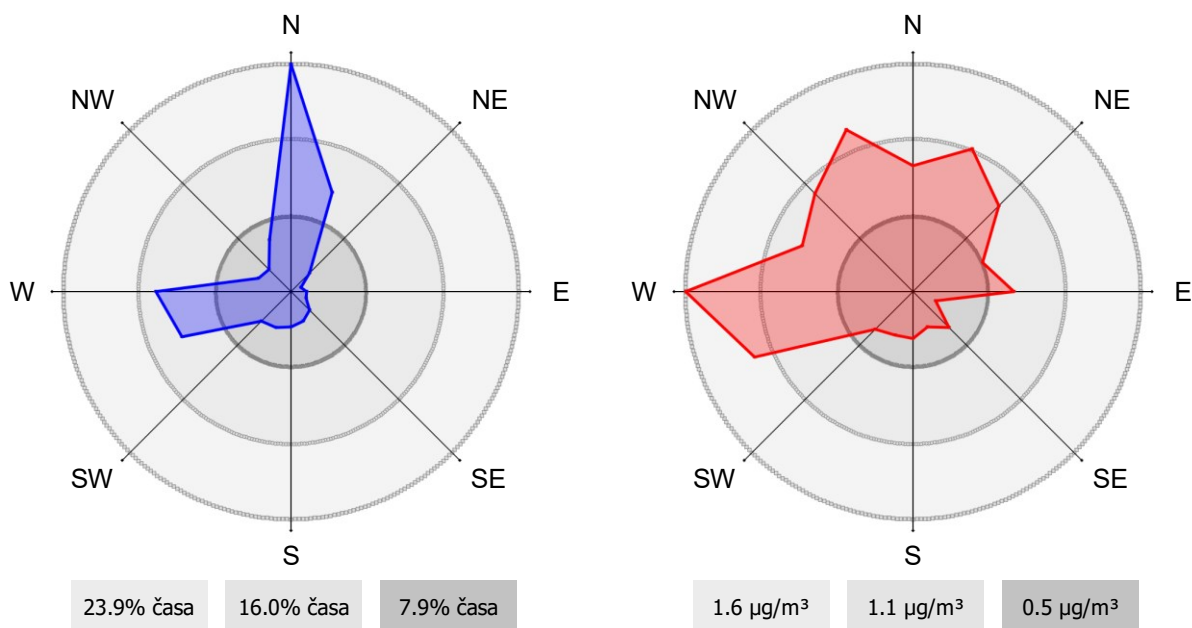
01.01.2024 do 01.01.2025



### ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2024 do 01.01.2025



## 5.2.8 Pregled koncentracij v zraku: PM<sub>10</sub>

V merjenem obdobju je bilo izmerjenih 96 % pravih rezultatov urnih koncentracij delcev PM<sub>10</sub> v zraku. Dnevna mejna vrednost (50 µg/m<sup>3</sup>) je bila presežena 49-krat. Maksimalna urna koncentracija delcev PM<sub>10</sub> je znašala 212 µg/m<sup>3</sup>, dosežena dne 1. 04. 2024 ob 13:00. Maksimalna dnevna koncentracija 105 µg/m<sup>3</sup> je bila izmerjena dne 1. 02. 2024. Srednja koncentracija je v merjenem obdobju znašala 30 µg/m<sup>3</sup>. Onesnaženje je bilo iz vseh smeri enakomerno, največji deleži onesnaženja so bili iz smeri W, NW, NNW in NNE. Onesnaženje lahko pripišemo predvsem lokalnim virom, saj je postaja v bližini večje prometnice. Prav tako pa na formacijo prašnih delcev močno vpliva meteorologija, še posebno v zimskem obdobju leta.

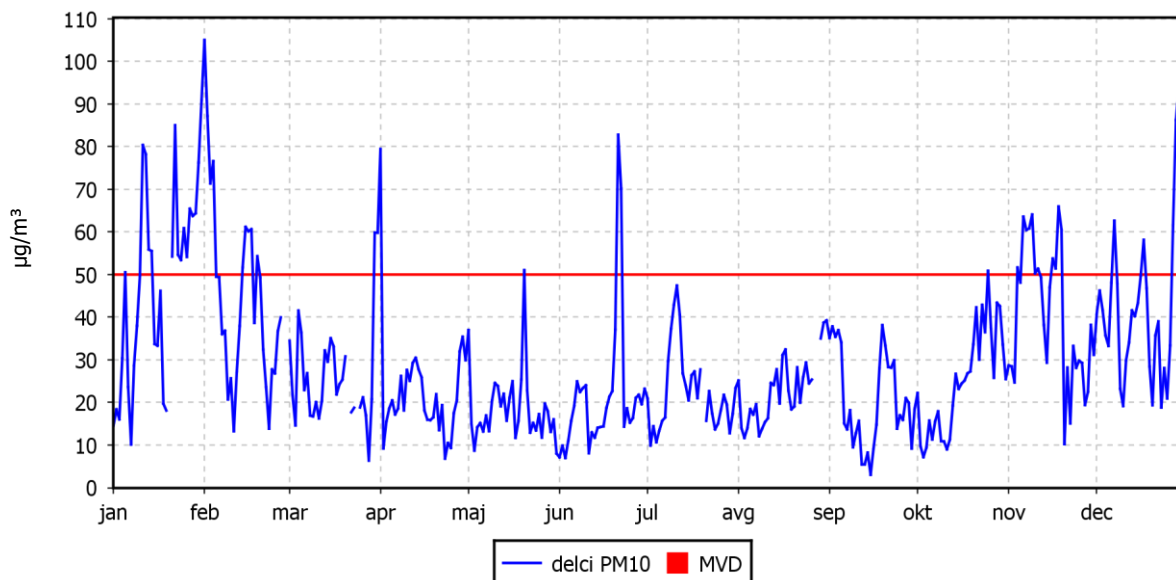
Lokacija meritev:	OMS - MOL
Postaja:	Tivolska - Vošnjakova
Obdobje meritev:	01.01.2024 do 01.01.2025

Razpoložljivih urnih podatkov:	8627	98%
Maksimalna urna koncentracija:	212 µg/m <sup>3</sup>	01.04.2024 13:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	105 µg/m <sup>3</sup>	01.02.2024
Minimalna dnevna koncentracija:	3 µg/m <sup>3</sup>	15.09.2024
Srednja koncentracija v obdobju:	30 µg/m <sup>3</sup>	
Število primerov dnevne koncentracije		
- nad MVD 50 µg/m <sup>3</sup> :	49	
Percentilna vrednost		
- 90 p.v. - urnih koncentracij:	58 µg/m <sup>3</sup>	
- 98.1 p.v. - dnevni koncentracij:	85 µg/m <sup>3</sup>	

### DNEVNE KONCENTRACIJE - delci PM<sub>10</sub>

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

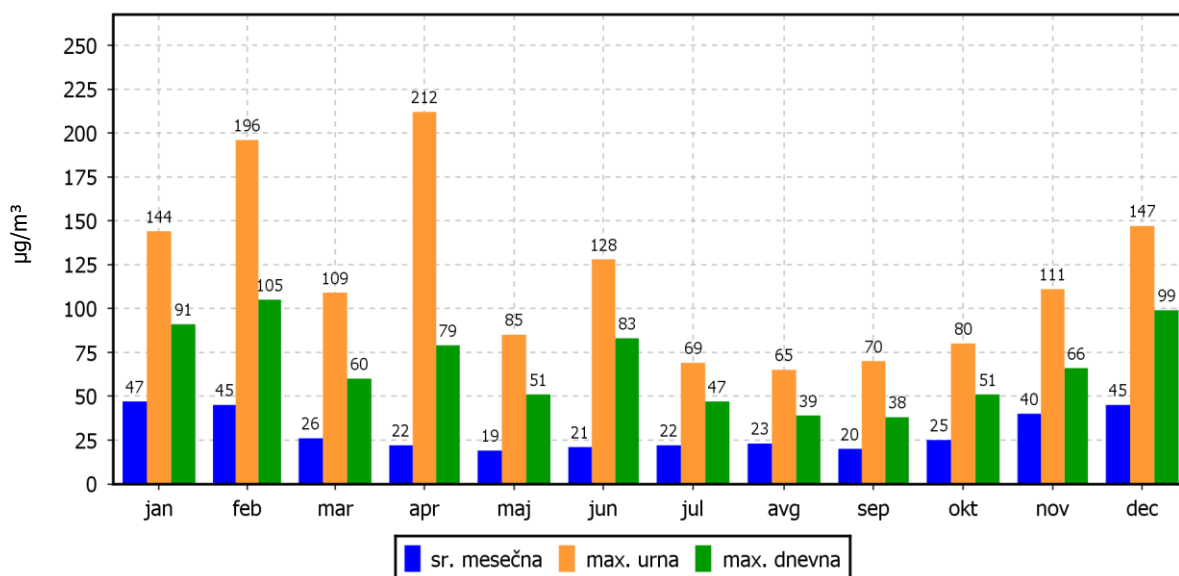
01.01.2024 do 01.01.2025



### KONCENTRACIJE - delci PM<sub>10</sub>

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

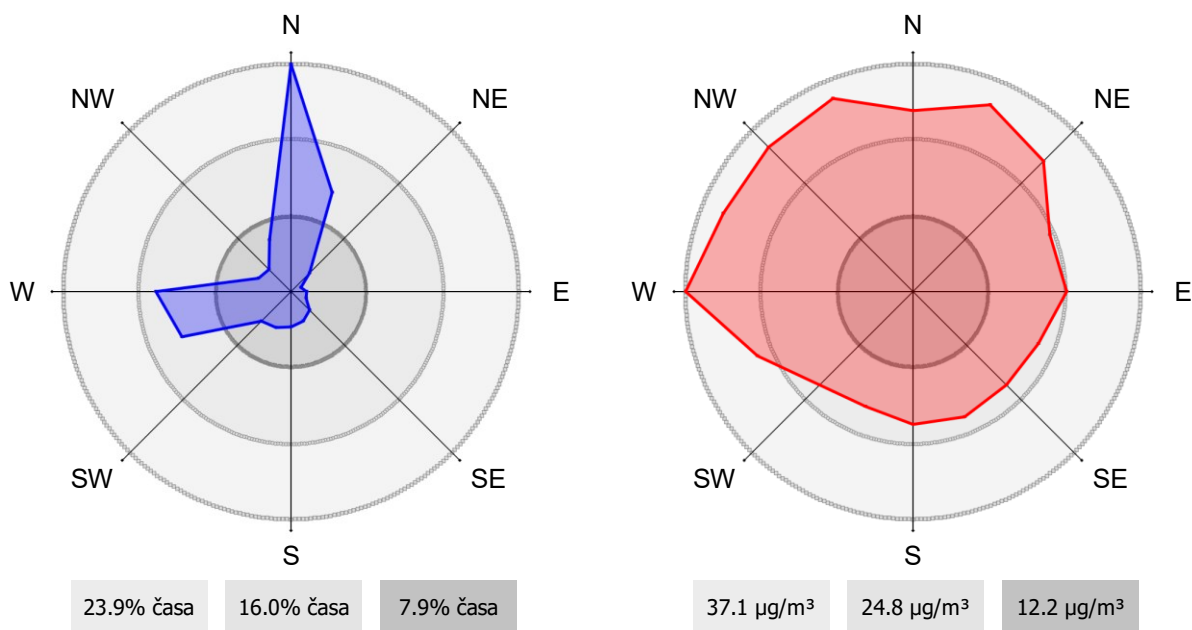
01.01.2024 do 01.01.2025



### ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2024 do 01.01.2025



## 5.2.9 Pregled koncentracij v zraku: PM<sub>2,5</sub>

Koncentracije PM<sub>2,5</sub> imajo podoben trend kot koncentracije PM<sub>10</sub>, opazne so manjše koncentracije v poletnih mesecih ter višje v zimskih mesecih. V merjenem obdobju je bilo izmerjenih 99 % pravih rezultatov urnih koncentracij delcev PM<sub>2,5</sub> v zraku. Maksimalna urna koncentracija delcev PM<sub>2,5</sub> je znašala 138 µg/m<sup>3</sup>, dosežena dne 2. 02. 2024 ob 11:00. Maksimalna dnevna koncentracija 102 µg/m<sup>3</sup> je bila izmerjena dne 1. 02. 2024. Srednja letna koncentracija v merjenem obdobju je znašala 18 µg/m<sup>3</sup>. Onesnaženje je bilo največje iz smeri W, NW, NNW in NNE.

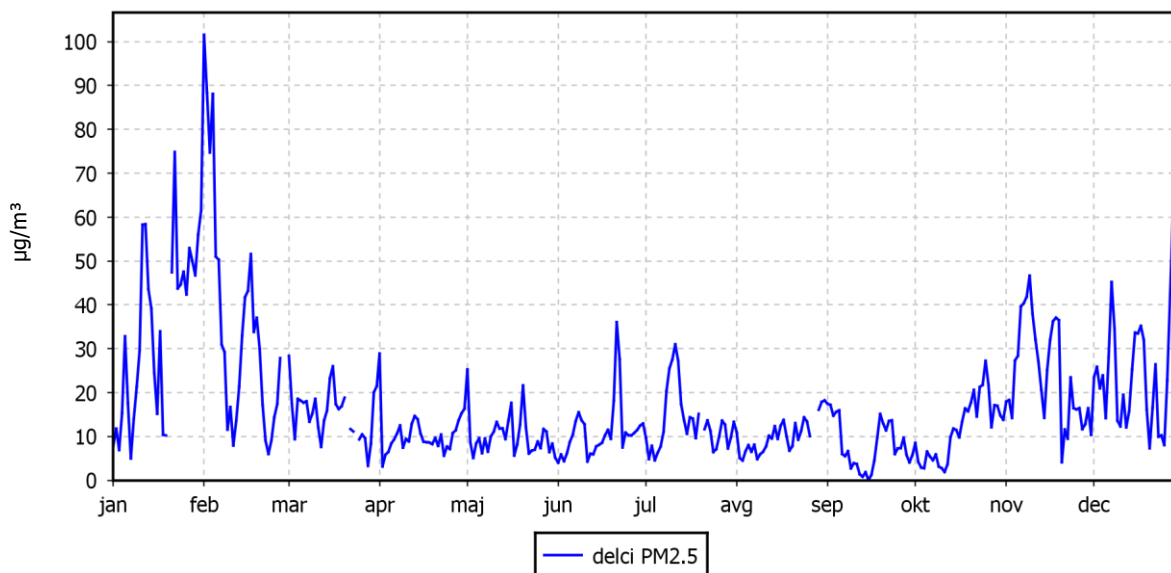
Lokacija meritev:	OMS - MOL
Postaja:	Tivolska - Vošnjakova
Obdobje meritev:	01.01.2024 do 01.01.2025

Razpoložljivih urnih podatkov:	8627	98%
Maksimalna urna koncentracija:	138 µg/m <sup>3</sup>	02.02.2024 11:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	102 µg/m <sup>3</sup>	01.02.2024
Minimalna dnevna koncentracija:	0 µg/m <sup>3</sup>	15.09.2024
Srednja koncentracija v obdobju:	18 µg/m <sup>3</sup>	
Percentilna vrednost		
- 90 p.v. - urnih koncentracij:	39 µg/m <sup>3</sup>	
- 98.1 p.v. - dnevnih koncentracij:	73 µg/m <sup>3</sup>	

### DNEVNE KONCENTRACIJE - delci PM<sub>2,5</sub>

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

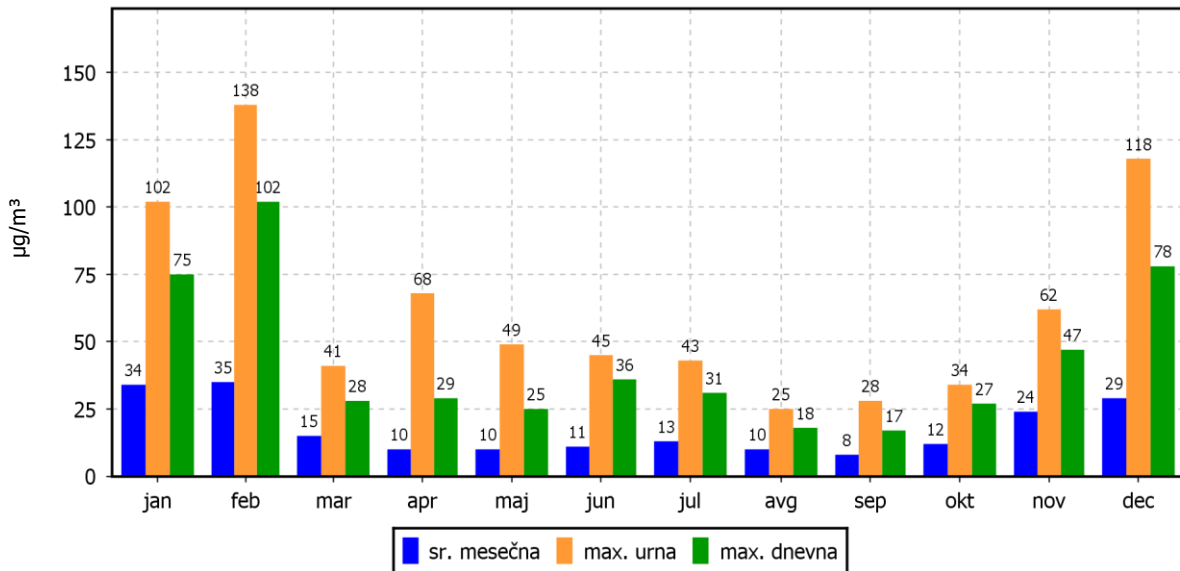
01.01.2024 do 01.01.2025



### KONCENTRACIJE - delci PM<sub>2.5</sub>

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

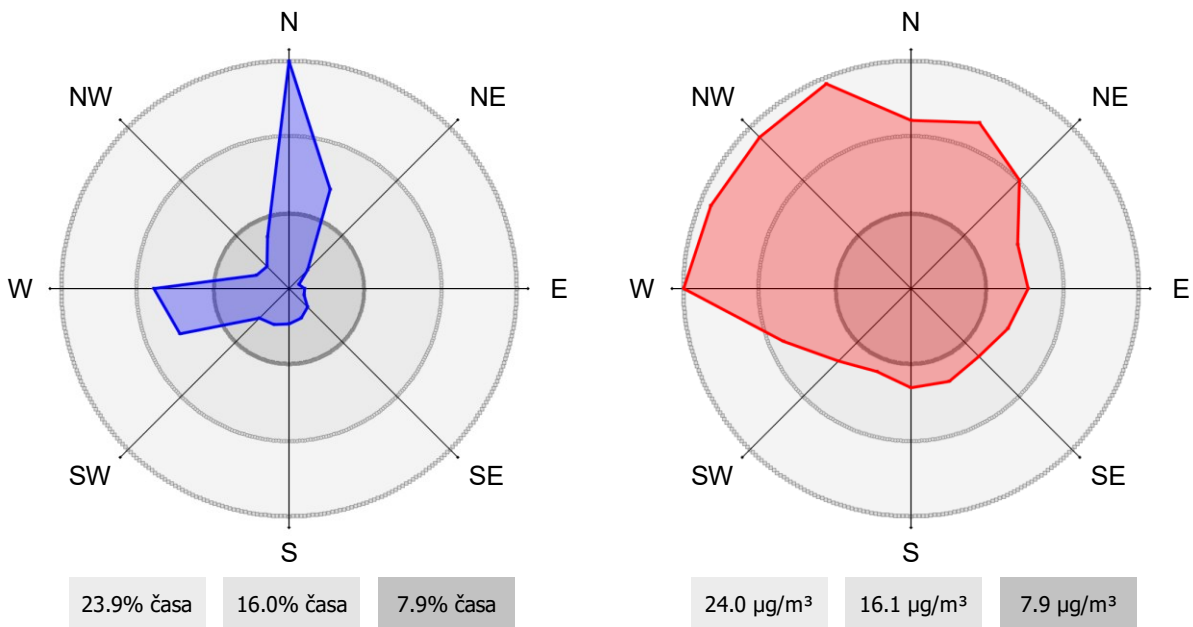
01.01.2024 do 01.01.2025



### ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2024 do 01.01.2025



### 5.3 METEOROLOŠKE MERITVE

Temperatura je na merilnem mestu OMS MOL skozi vso leto počasi naraščala do poletnih mesecev. Najtoplejši meseci so poletni meseci, ko maksimalna temperatura doseže 30 °C in več (npr. 38 °C, dne 12. 08. 2024 ob 16:00). Relativno visoke temperature so se pojavile v vseh poletnih mesecih. Najnižje temperature se pojavijo v zimskih mesecih, npr. minimalna urna temperatura -9 °C je bila izmerjena 20. 01. 2024 ob 07:00. Dnevne vrednosti so se gibale med -6 °C (21. 01. 2024) in 28 °C (11. 07. 2024).

Najmočnejši veter je bil izmerjen v mesecu januarju (maksimalna urna vrednost: 10 m/s, 16. 1. 2023 ob 04:00), srednja hitrost vetra v merjenem obdobju je znašala 1 m/s. Veter je večinoma časa pihal v smeri W-N.

#### 5.3.1 Pregled temperature in relativne vlage v zraku – Tivolska - Vošnjakova

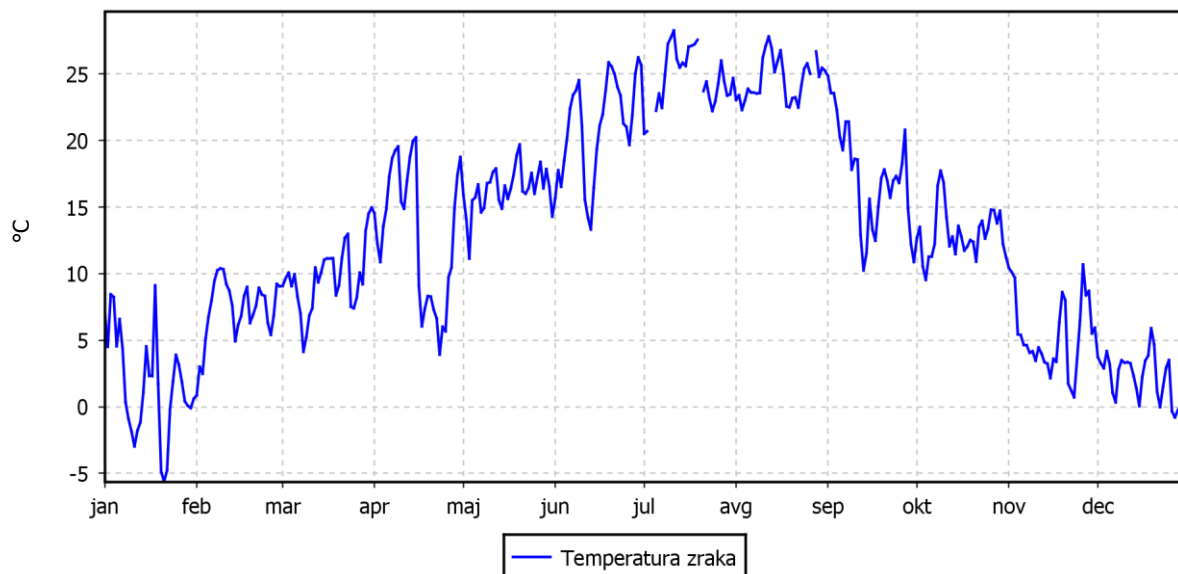
Lokacija meritev:	OMS - MOL
Postaja:	Tivolska - Vošnjakova
Obdobje meritev:	01.01.2024 do 01.01.2025

	TEMPERATURA		RELATIVNA VLAGA	
Razpoložljivih urnih podatkov	8673	99%	8702	99%
Maksimalna urna vrednost	36 °C	12.08.2024 16:00:00	89%	27.10.2024 08:00:00
Maksimalna dnevna vrednost	28 °C	11.07.2024	87%	03.10.2024
Minimalna urna vrednost	-9 °C	20.01.2024 07:00:00	18%	25.03.2024 16:00:00
Minimalna dnevna vrednost	-6 °C	21.01.2024	39%	15.09.2024
Srednja vrednost v obdobju	13 °C		68%	

#### DNEVNE VREDNOSTI - Temperatura zraka

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

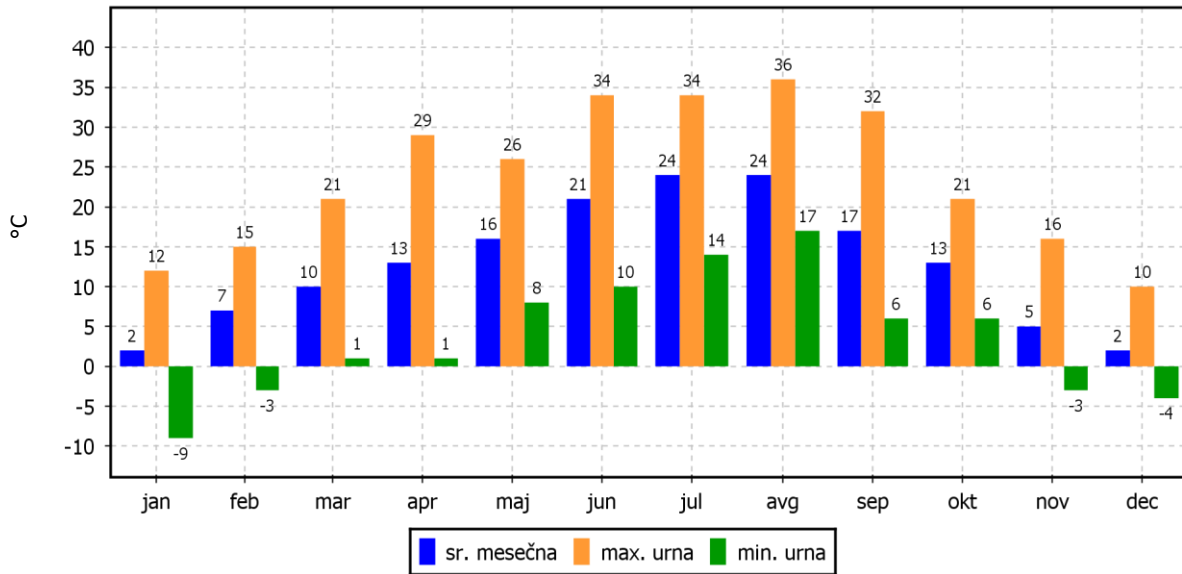
01.01.2024 do 01.01.2025



## TEMPERATURA ZRAKA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

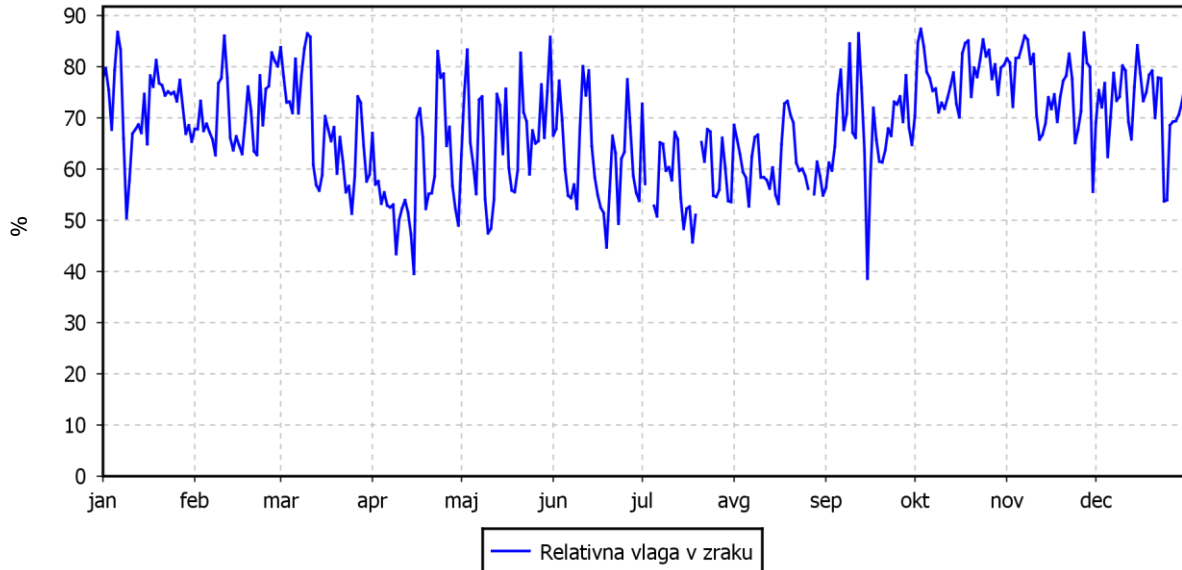
01.01.2024 do 01.01.2025



## DNEVNE VREDNOSTI - Relativna vlaga v zraku

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2024 do 01.01.2025



### 5.3.2 Pregled hitrosti in smeri vetra - Tivolska - Vošnjakova

Lokacija meritev:	OMS - MOL
Postaja:	Tivolska - Vošnjakova
Obdobje meritev:	01.01.2024 do 01.01.2025

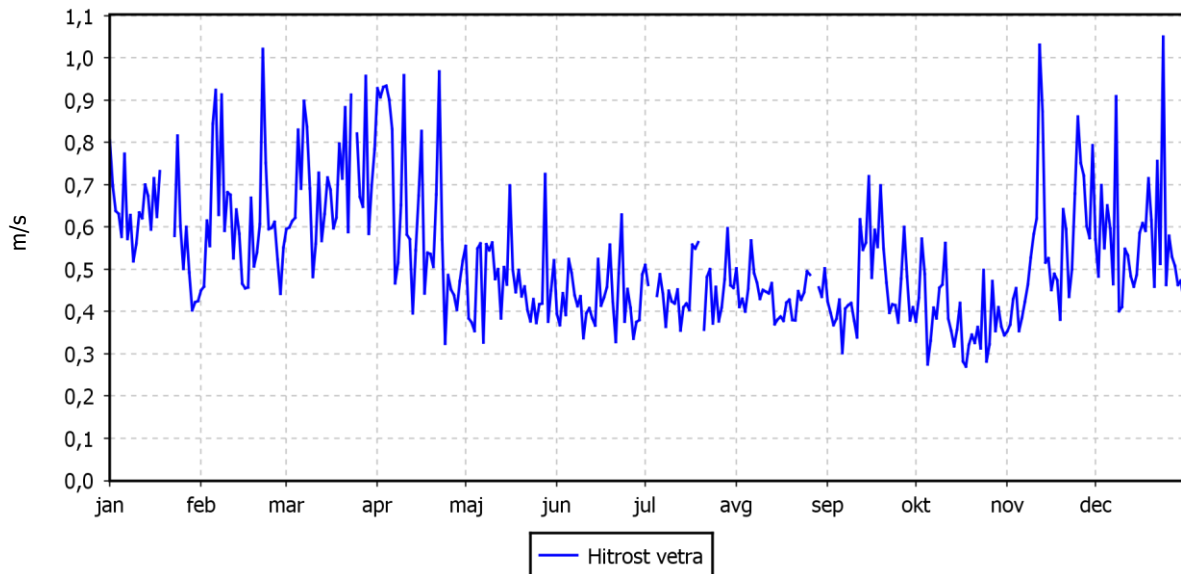
Razpoložljivih urnih podatkov:	8614	98%
Maksimalna urna hitrost:	7 m/s	22.12.2024 23:00:00
Minimalna urna hitrost:	0 m/s	01.11.2024 03:00:00
Srednja hitrost v obdobju:	1 m/s	
Brezvetrje (0,0-0,1 m/s):	0	

Od (m/s)	0.1	0.2	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0	7.0	10.0	vsota	delež
Do vklj. (m/s)	0.2	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0	7.0	10.0	∞		
	frek.	frek.	frek.	frek.	frek.	frek.	frek.	frek.	frek.	frek.	frek.	frek.	%
N	9	897	602	406	110	21	11	0	0	0	0	2056	239
NNE	1	311	305	255	78	14	5	0	0	0	0	969	112
NE	4	94	86	47	6	0	0	0	0	0	0	237	28
ENE	0	37	40	17	0	0	0	0	0	0	0	94	11
E	0	63	57	19	1	0	0	0	0	0	0	140	16
ESE	3	84	48	10	1	0	0	0	0	0	0	146	17
SE	2	155	57	22	1	0	0	0	0	0	0	237	28
SSE	4	159	80	43	5	0	0	0	0	0	0	291	34
S	3	189	91	31	7	0	0	0	0	0	0	321	37
SSW	3	190	99	44	15	0	0	0	0	0	0	351	41
SW	12	256	57	34	18	2	0	0	0	0	0	379	44
WSW	23	676	168	98	88	14	0	0	0	0	0	1067	124
W	20	777	290	109	23	2	0	0	0	0	0	1221	142
WNW	14	246	37	15	4	0	0	0	0	0	0	316	37
NW	7	229	31	11	3	1	1	0	0	0	0	283	33
NNW	7	396	66	26	6	2	2	0	1	0	0	506	59
SKUPAJ	112	4759	2114	1187	366	56	19	0	1	0	0	8614	1000

### DNEVNE VREDNOSTI - Hitrost vetra

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

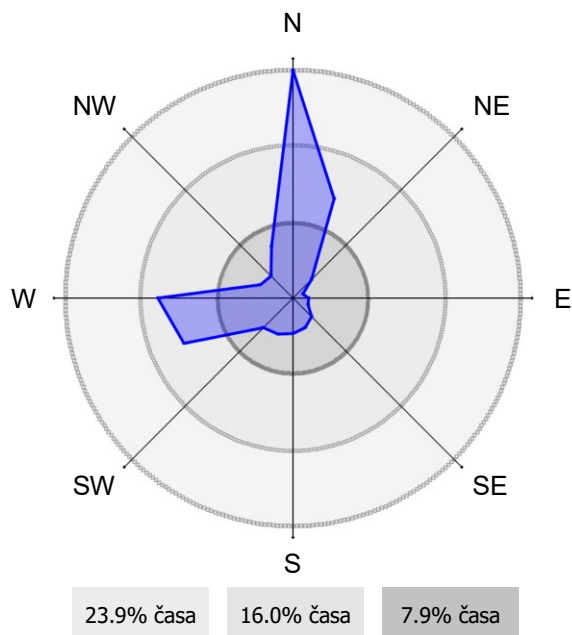
01.01.2024 do 01.01.2025



### ROŽA VETROV

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2024 do 01.01.2025



## 6. ANALIZA MERITEV SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> IN PM<sub>2,5</sub> V MESTNI OBČINI LJUBLJANA V LETU 2024

Ljubljana ima značilno geografsko obliko alpske doline, ki jo na severu omejuje alpski masiv. Za mesto so značilne izrazite temperaturne inverzije v pozni jeseni, pozimi in zgodnji pomladi, ki vplivajo na kakovost zraka. Poleg tega šibki vetrovi ne omogočajo zadostne prevetrenosti kotline, kar dodatno prispeva k zadrževanju onesnaževal v ozračju. Ljubljana se razprostira na površini 22,714 km<sup>2</sup>, po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije (SURS) pa je leta 2023 imela 296.228 prebivalcev. Mesto zaznamujejo ravninski relief, gosta mreža vodotokov, velika zaloga podzemne vode ter strateška lega na pomembnem križišču prometnih poti. Ljubljanska kotlina ima zmerno celinsko podnebje, kar pomeni razmeroma hladne zime ter vroča in soparna poletja. Zaradi tega vremenski pogoji pogosto vplivajo na kakovost zunanjega zraka, še posebej v obdobjih temperaturnih inverzij, ko se onesnaževala zadržujejo pri tleh.

Mestna občina Ljubljana si aktivno prizadeva zmanjšati onesnaženost zraka, ki v mestu izhaja predvsem iz treh glavnih virov: (i) industrijskih procesov, (ii) kurišč za pridobivanje toplote, (iii) prometa.

Kot že omenjeno v Poglavju 3, je trenutno v Ljubljani pet stalnih merilnih postaj za spremljanje kakovosti zraka. Merilna mesta LJ Bežigrad, LJ Celovška in LJ Vič so v lasti Agencije RS za okolje (ARSO), katere osebje je odgovorno za izvedbo meritev in validacijo podatkov. Za merilni mesti OMS MOL in LJ Zadobrova pa skrbi Elektroinštitut Milan Vidmar (EIMV).

V preteklosti so meritve kakovosti zunanjega zraka potekale tudi na lokacijah LJ Biotehniška, LJ Gospodarsko in LJ Vnajarje, vendar so bile te merilne postaje kasneje ukinjene. Tabela 11 prikazuje osnovne podatke o trenutnih merilnih mestih v Mestni občini Ljubljana. Merilne postaje so večinoma locirane v središču mesta (Bežigrad, Celovška, Vič in OMS MOL) ter na suburbanem območju Zadobrove (severovzhodni del mesta). Najpogostejša smer vetrov v Ljubljani je severovzhodna, medtem ko najmočnejši sunki prihajajo iz zahodne smeri. Glede na meteorološke značilnosti Ljubljane bi bilo smiselno razmisliti o namestitvi nove merilne postaje na severozahodnem delu mesta, zlasti na območju Šiške. S tem bi pridobili dodatne podatke o vplivu lokalne topografije in vetrovnih razmer na onesnaženost zraka, kar bi omogočilo učinkovitejše načrtovanje ukrepov za izboljšanje kakovosti zraka v mestu.

Tabela 11: Vsa merilna mesta v Mestni občini Ljubljana [5].

	Nadmorska višina (m)	D96_E	D96_N	Tipe merilnega mesta	Tip območja	Značilnosti območja
LJ Bežigrad	299	462302	102976	B	U	R, C
LJ Celovška	305	460326	103717	T	U	R
LJ Vič	293	460468	99869	B	U	R, C
LJ Center (OMS MOL)	300	461548	102067	T	U	R, C
LJ Zadobrova	280	467765	1035960	B	S	R, A

Legenda: Tip merilnega mesta: B – ozadje (ang. *background*), T – promet (ang. *traffic*), I – industrijski (ang. *industrial*)  
 Tip območja: U – mestni (ang. *urban*), S – predmestni (ang. *suburban*), R – podeželski (ang. *rural*), NC – primestni (ang. *near city*), REG – regionalni (ang. *regional*)  
 Značilnost območja: R – stanovanjsko (ang. *residential*), C – poslovno (ang. *commercial*), I – industrijski (ang. *industrial*), A – kmetijsko (ang. *agricultural*), N – naravno (ang. *natural*)

Tabela 12 prikazuje meritve onesnaževal in meteoroloških parametrov na stalnih merilnih mestih v MOL.

Tabela 12: Vsa merilna mesta v Mestni občini Ljubljana.

Merilno mesto	Parametri									Meteorologija
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	CO	benzen	težke kovine v PM <sub>10</sub>	PAH	
LJ Bežigrad	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LJ Celovška	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓
LJ Vič	-	-	-	✓	✓	-	-	-	-	✓
LJ Center (OMS MOL)	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	-	✓	✓
LJ Zadobrova	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	✓



Slika 5: Stalna merilna mesta v MOL (vir: Google Earth, QGIS, 2023).

V nadaljevanju je podana analiza posameznih onesnažil (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> in PM<sub>10</sub>) v MOL v obdobju med 2019 in 2023. Lokacije merilnih mest se lahko med posamezni leti razlikujejo. Podatki so povzeti iz letnih poročil o kakovosti zraka Agencije RS za okolje<sup>3</sup>. Uradne vrednosti obravnavanih onesnažil s strani Agencije RS za okolje za leto 2024 še niso dostopne.

## 6.1 ŽVEPLOV DIOKSID (SO<sub>2</sub>)

Analiza zadnjih javno dostopnih podatkov izkazuje, da je povprečna raven SO<sub>2</sub> na državni ravni že več let na vseh merilnih mestih precej pod mejno in kritično vrednostjo tako za varovanje zdravja kot tudi za varovanje rastlin. Na celotnem območju Slovenije so dnevne ravni celo pod spodnjim ocenjevalnim pragom [5] (mejne vrednosti so napisane v Tabela 2).

<sup>3</sup> [http://hmljn.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost\\_letna.html](http://hmljn.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost_letna.html)

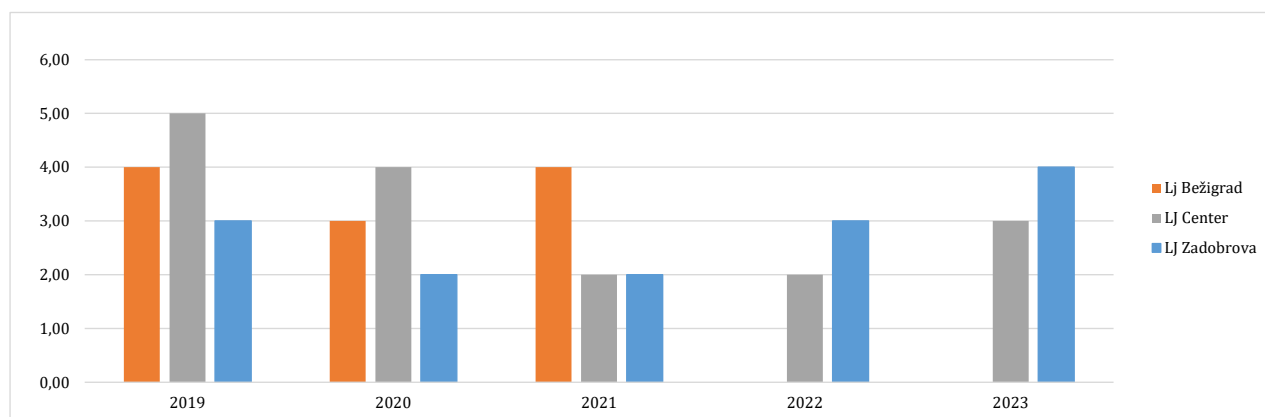
Tabela 13 prikazuje povprečne letne in maksimalne urne vrednosti koncentracij SO<sub>2</sub> v MOL med letoma 2019 in 2023. Podana je tudi analiza za zimsko obdobje, ki traja od 1. 10. tekoče leto do 1. 4. naslednje leto. Dovoljeno število preseganj urne mejne vrednosti za zdrave ljudi je 24, medtem ko je dovoljeno število preseganj dnevne mejne vrednosti za zdrave ljudi 3. Podatki so povzeti iz letnega poročila o kakovosti zraka Agencije RS za okolje [5]. Uradne vrednosti SO<sub>2</sub> za leto 2024 s strani Agencije RS za okolje še niso dostopne.

Meritve koncentracij SO<sub>2</sub> so se v letu 2023 izvajale na treh merilnih mestih, ki spadajo v DMKZ, v MOL so se izvajale samo na postajah LJ Center (OMS MOL) in LJ Zadobrova.

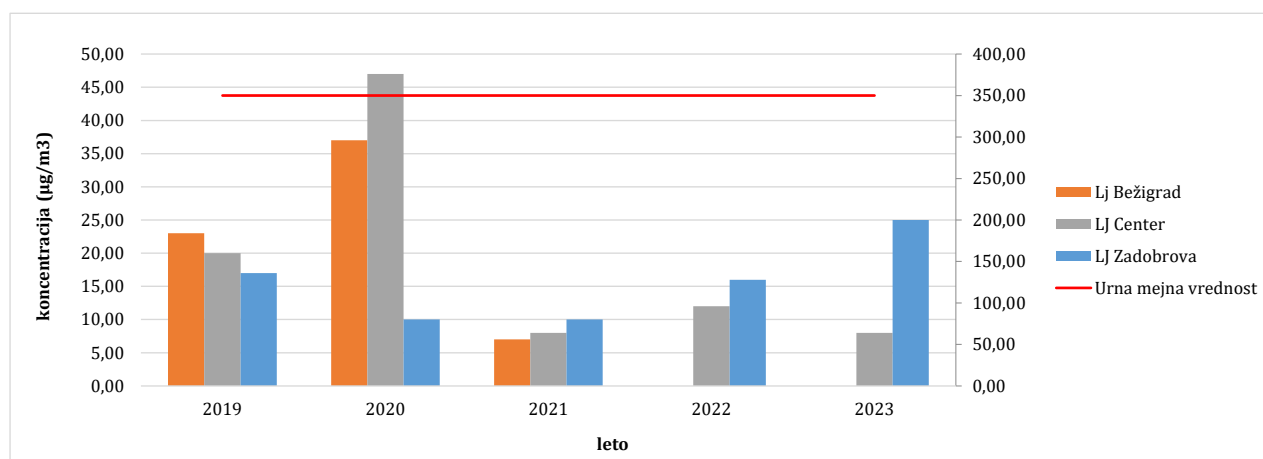
Tabela 13: Pregled vrednosti za SO<sub>2</sub> po letih v MOL [5].

		2019	2020	2021	2022	2023
Povprečna letna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	LJ Bežigrad	4,00	3,00	4,00	N.A.	N.A.
	LJ Center (OMS MOL)	5,00	4,00	2,00	2,00	3,00
	LJ Zadobrova	3,00	2,00	2,00	3,00	4,00
Maksimalna urna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	LJ Bežigrad	23,00	37,00	7,00	N.A.	N.A.
	LJ Center (OMS MOL)	20,00	47,00	8,00	12,00	8,00
	LJ Zadobrova	17,00	10,00	10,00	16,00	25,00
Zimsko obdobje (1. 10.-1. 4.) – povprečna zimska koncentracija (µg/m <sup>3</sup> )	LJ Bežigrad	5,00	4,00	3,00	N.A.	N.A.
	LJ Center (OMS MOL)	3,00	3,00	5,00	2,00	2,00
	LJ Zadobrova	3,00	2,00	2,00	3,00	7,00

Legenda: z rdečo so označene zakonska preseganja  
N.A. – podatki niso na voljo (meritve SO<sub>2</sub> se na lokaciji LJ Bežigrad od leta 2021 več ne izvajajo; enako velja za meritve na lokaciji LJ Vnajarje)



Graf 1: Graf povprečnih letnih vrednosti SO<sub>2</sub> v Mestni občini Ljubljana (µg/m<sup>3</sup>).



Graf 2: Graf maksimalnih urnih vrednosti SO<sub>2</sub> v Mestni občini Ljubljana (µg/m<sup>3</sup>).

## 6.2 DUŠIKOVI OKSIDI (NO<sub>2</sub> IN NO<sub>x</sub>)

Analiza zadnjih javno dostopnih podatkov izkazuje, da letna in urna mejna vrednost NO<sub>2</sub> za zaščito zdravja na državni ravni v letu 2023 nista bili preseženi na nobenem merilnem mestu v RS. Za zaščito vegetacije je predpisana kritična letna vrednost NO<sub>x</sub> - 30 µg/m<sup>3</sup>, ki se uporablja za neizpostavljena podeželska merilna mesta. Na nobenem ruralnem merilnem mestu kritična vrednost za NO<sub>x</sub> ni bila presežena [5] (mejne vrednosti so napisane v Tabela 3).

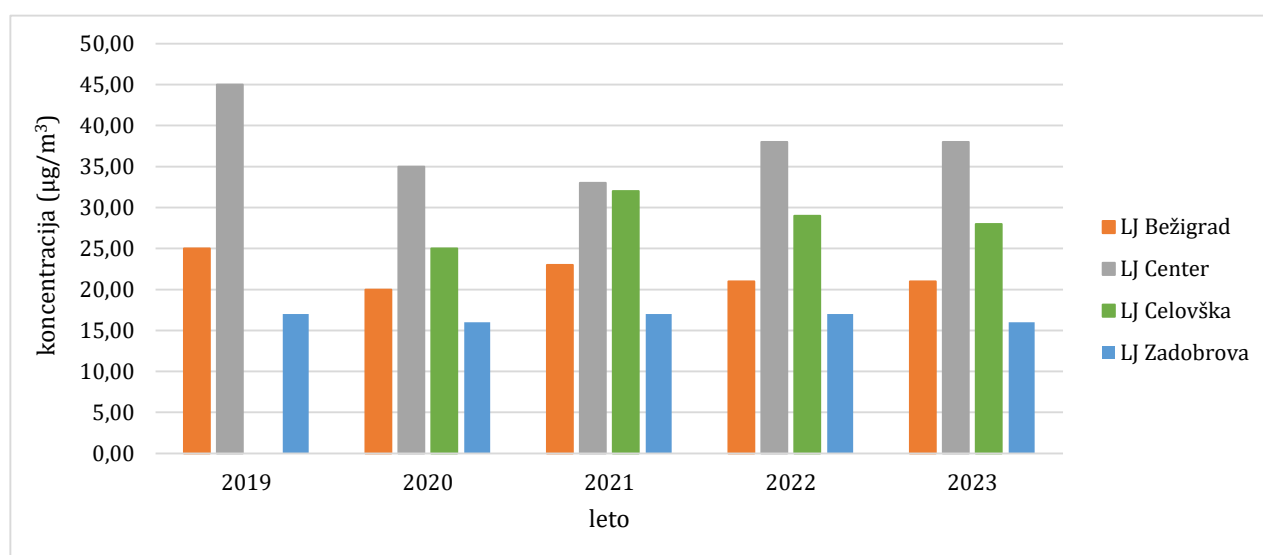
Tabela 14 prikazuje povprečne letne in maksimalne vrednosti koncentracij NO<sub>2</sub> v MOL med letoma 2019 in 2023. Podatki so povzeti iz letnega poročila o kakovosti zraka Agencije RS za okolje [5]. Dovoljeno število preseganj urne mejne vrednosti za zdravje ljudi je 18. Uradne vrednosti NO<sub>2</sub> za leto 2024 s strani Agencije RS za okolje še niso dostopne.

Analiza vrednosti koncentracij NO<sub>2</sub> v MOL se je izvajala tudi enajstih merilnih mestih, v MOL pa so se izvajale na merilnih mestih Lj Bežigrad, Lj Center, Lj Celovška (od leta 2020), Lj Vnajarje (do leta 2018) in Lj Zadobrova. Analiza je pokazala, da so si iz leta v leto povprečne vrednosti precej podobne, vendar je opazen padec urne vrednosti.

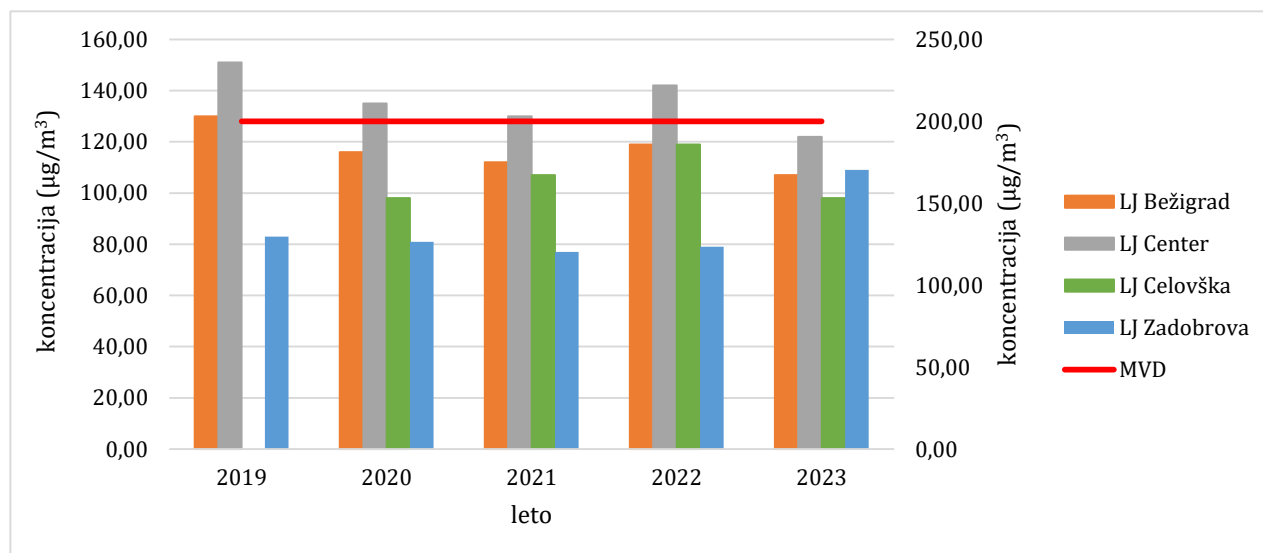
Tabela 14: Pregled vrednosti za NO<sub>2</sub> po letih v MOL [5].

		2019	2020	2021	2022	2023
Povprečna letna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	Lj Bežigrad	25,00	20,00	23,00	21,00	21,00
	Lj Center (OMS MOL)	45,00*	35,00	33,00	38,00	38,00
	Lj Celovška	N.A.	25,00*	32,00	29,00	28,00
	Lj Zadobrova	17,00	16,00	17,00	17,00	16,00
Maksimalna urna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	Lj Bežigrad	130,00	116,00	112,00	119,00	107,00
	Lj Center (OMS MOL)	151,00*	135,00	130,00	142,00	122,00
	Lj Celovška	N.A.	98,00*	107,00	119,00	98,00
	Lj Zadobrova	83,00	81,00	77,00	79,00	109,00

Legenda: \* - podatki so zaradi prevelikega izpada informativne narava z rdečo so označene zakonska preseganja  
 N.A. - podatki niso na voljo (meritve se tisto leto niso izvajale)  
 \*\* lokacija na območju Termoelektrarne-toplarnne Ljubljana



Graf 3: Graf povprečnih letnih vrednosti NO<sub>2</sub> v Mestni občini Ljubljana (µg/m<sup>3</sup>).

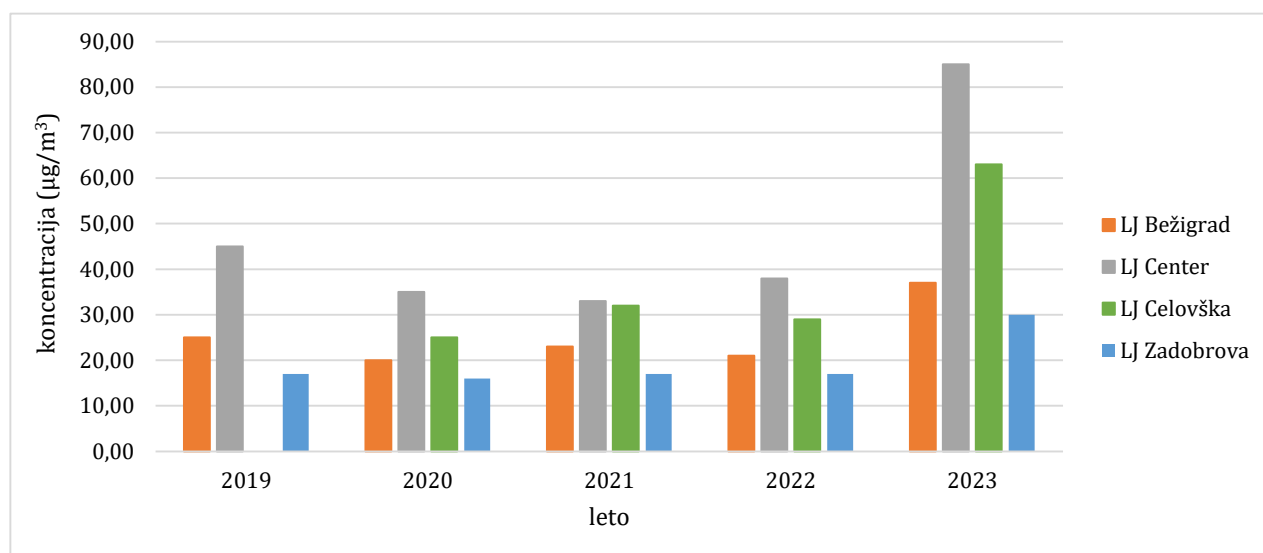


Graf 4: Graf maksimalnih urnih vrednosti NO<sub>2</sub> v Mestni občini Ljubljana (µg/m<sup>3</sup>).

Tabela 15: Pregled vrednosti za NO<sub>x</sub> po letih v MOL [5].

		2019	2020	2021	2022	2023
Povprečna letna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	LJ Bežigrad	44	37	38	37	37
	LJ Center (OMS MOL)	107*	82	79	90	85
	LJ Celovška	N.A.	52*	69	65	63
	LJ Zadobrova	32	29	26	30	30

Legenda: \* - podatki so zaradi prevelikega izpada informativne narava z rdečo so označene zakonska preseganja  
N.A. - podatki niso na voljo (meritve se tisto leto niso izvajale)



Graf 5: Graf povprečnih letnih vrednosti NOx v Mestni občini Ljubljana (µg/m³).

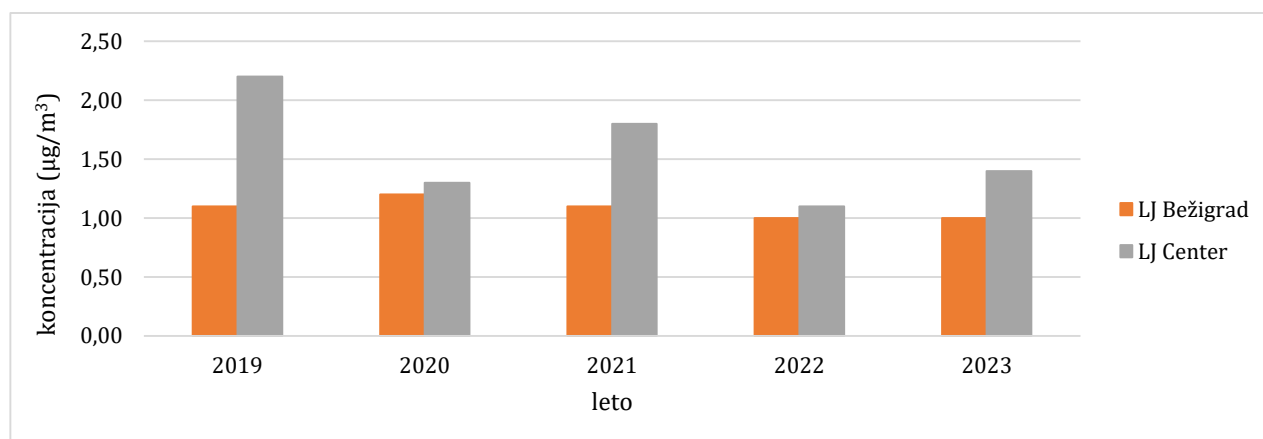
### 6.3 BENZEN (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

Benzen v državnih evidencah onesnaževal ne nastopa kot samostojno onesnaževalo, saj so izpusti zajeti med izpuste NMVOC. V okviru DMKZ se ravni benzena stalno merijo na merilnih mestih LJ Bežigrad, Iskrba in MB Titova. Dopolnilne meritve pa so se izvajale še na merilnem mestu LJ Center in Medvode. Izmerjene povprečne letne ravni benzena so bile v letu 2023 na vseh merilnih mestih približno enake in pod mejno vrednostjo. Analiza ravni benzena je pokazala, da so na vseh postajah koncentracije višje v zimskem obdobju, kar je posledica slabših pogojev za razredčevanje v hladni polovici leta in tudi povečanih izpustov iz individualnih kurišč [5] (mejne vrednosti so podane v Tabela 5). Uradne vrednosti benzena za leto 2024 s strani Agencije RS za okolje še niso dostopne.

Tabela 16: Povprečne letne ravni benzena (µg/m³) na različnih postajah [5].

Merilna postaja	2019	2020	2021	2022	2023
LJ Bežigrad	1,0	1,2	1,1	1,0	1,0
MB Titova	1,5	1,1	1,1	1,1	0,9
Iskrba	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	0,2
LJ Center (OMS MOL)	2,2	1,3	1,8*	1,1	1,4
Medvode	1,2	1,2	0,9	0,9	1,3

Legenda: \* - podatki so zaradi prevelikega izpada informativne narava1,  
N.A. – podatki niso na voljo (meritve se tisto leto niso izvajale)



Graf 6: Graf povprečnih letnih vrednosti benzena v Mestni občini Ljubljana (µg/m³).

## 6.4 DELCI PM<sub>10</sub> IN DROBNI DELCI PM<sub>2,5</sub>

Analiza stanja kakovosti zunanjega zraka v Sloveniji izkazuje, da so si bile ravni delcev PM<sub>10</sub> v zunanjem zraku v zadnjih letih precej podobne. Največ preseganj dnevne mejne vrednosti (50 µg/m<sup>3</sup>) običajno pride ob neugodnih vremenskih razmerah, predvsem meseca januarja in februarja, ko so pogosti temperaturni obrati, ki onemogočajo razredčevanje izpustov iz malih kurilnih naprav in prometa, ki sta največja vira delcev PM<sub>10</sub> [5] (mejne vrednosti so podane v Tabela 4).

Kljub temu je od leta 2005 naprej, predvsem na urbanih lokacijah, opazen trend zmanjševanja ravni delcev. To zmanjšanje je predvsem posledica zmanjšanja izpustov industrije ter uvedbe strožjih okoljskih standardov in tehnologij za zmanjševanje emisij. Na kmetijsko-podeželskih merilnih mestih pa ni zaznati izrazitega trenda zmanjševanja delcev. V teh območjih se za ogrevanje še vedno pogosto uporablja lesna biomasa, kar prispeva k večjim izpustom. V zadnjem obdobju postaja vse bolj očitno, da ima izgorevanje biomase v individualnih kuriščih ključno vlogo pri povišanih ravneh delcev, še posebej v zimskih mesecih in ob neugodnih vremenskih razmerah, ko so pogoji za zračenje slabši. Po podatkih Agencije RS za okolje kurjenje lesne biomase prispeva več kot 50 % letnih emisij drobnih delcev PM<sub>10</sub>, kar predstavlja enega glavnih virov onesnaženosti zraka v Sloveniji. Manjša onesnaženost zraka z delci je pogosto povezana z ugodnimi meteorološkimi pogoji, kot so vetrovne razmere in padavine, ki v zimskem obdobju omogočajo učinkovitejše razredčevanje izpustov. To še posebej velja za emisije iz malih kurilnih naprav in prometa, ki sta med največjimi viri delcev PM<sub>10</sub> v urbanih območjih [5].

Za drobne delce PM<sub>2,5</sub> je določena le letna mejna vrednost, pri čemer so povišane ravni teh delcev v Sloveniji najbolj izrazite v hladnejši polovici leta. Letni trendi ravni PM<sub>2,5</sub> kažejo, da se stopnja onesnaženosti skozi leta bistveno ne spreminja, kar kaže na dolgotrajno prisotnost virov emisij. Po podatkih Agencije RS za okolje kurjenje lesne biomase prispeva kar 71 % letnih emisij drobnih delcev PM<sub>2,5</sub>, kar pomeni, da gre za enega ključnih virov onesnaženosti zraka s temi delci. Med dejavnike, ki vplivajo na raven onesnaženosti, sodijo tudi meteorološke razmere – ob obdobjih z ugodnimi vremenskimi pogoji, kot so veter in padavine, se onesnaženost zmanjša, saj se izpusti iz malih kurilnih naprav in prometa, ki sta sicer največja vira delcev PM<sub>10</sub>, učinkoviteje razpršijo in odstranijo iz ozračja [5].

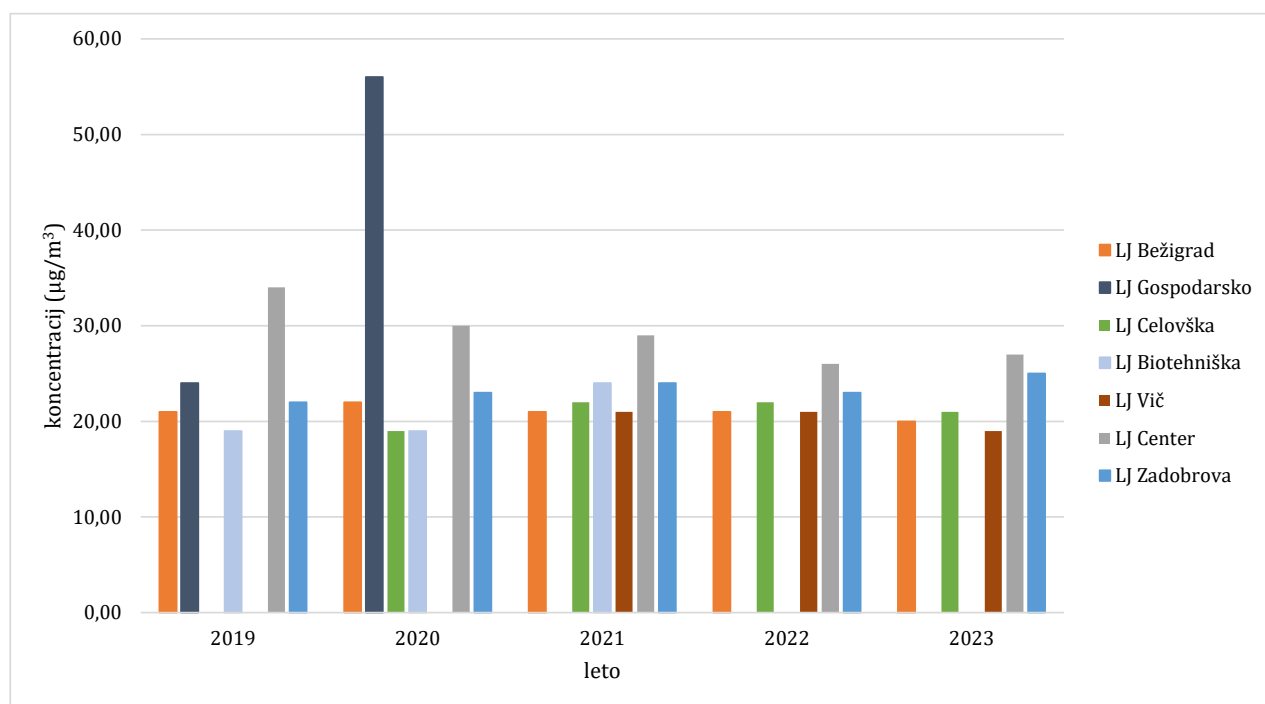
Tabela 17 prikazuje povprečne letne in maksimalne urne vrednosti ter število dovoljenih preseganj dnevni mejni vrednosti delcev PM<sub>10</sub> na stalnih merilnih mestih v MOL. Podatki so povzeti iz letnega poročila o kakovosti zraka Agencije RS za okolje [5]. Uradne vrednosti PM<sub>10</sub> in PM<sub>2,5</sub> za leto 2024 s strani Agencije RS za okolje še niso dostopne.

Tabela 17: Pregled vrednosti PM<sub>10</sub> po letih v MOL [5].

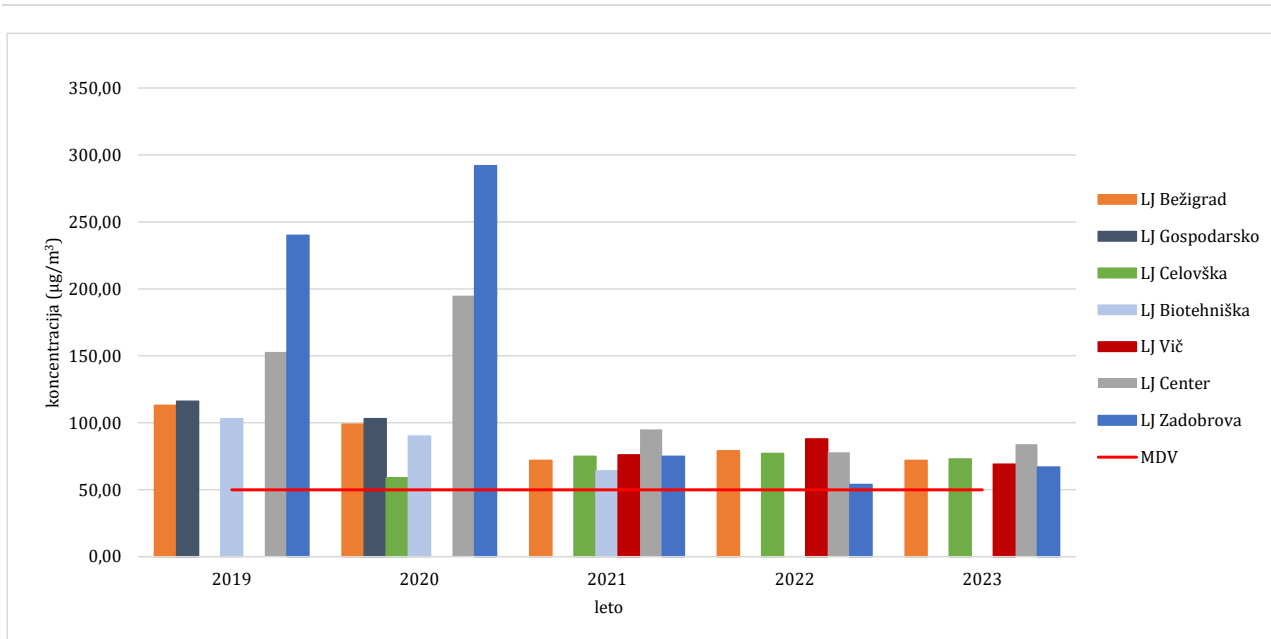
		2019	2020	2021	2022	2023
Povprečna letna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	Lj Bežigrad	21,00	22,00	21,00	21,00	20,00
	Lj Gospodarsko	24,00	56,00	N.A.	N.A.	N.A.
	Lj Celovška	N.A.	19,00	22,00	22,00	21,00
	Lj Biotehniška	19,00.	19,00	24,00	N.A.	N.A.
	Lj Vič	N.A.	N.A.	21,00	21,00	19,00
	Lj Center (OMS MOL)	34,00	30,00	29,00	26,00	27,00
	Lj Zadobrova	22,00	23,00	24,00	23,00	25,00
Maksimalna dnevna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	Lj Bežigrad	113,00	99,00	72,00	79,00	72,00
	Lj Gospodarsko	116,00	103,00	N.A.	N.A.	N.A.
	Lj Celovška	N.A.	59,00	75,00	77,00	73,00
	Lj Biotehniška	103,00	90,00	64,00	N.A.	N.A.
	Lj Vič	N.A.	N.A.	76,00	88,00	69,00

		2019	2020	2021	2022	2023
	LJ Center (OMS MOL)	153,00	195,00	95,00	78,00	84,00
	LJ Zadobrova	240,00	292,00	75,00	54,00	67,00
Število preseganj na posamezni merilni postaji	LJ Bežigrad	16	18	12	11	14
	LJ Gospodarsko	21	16	N.A.	N.A.	N.A.
	LJ Celovška	N.A.	3	15	11	16
	LJ Biotehniška	8	12	4	N.A.	N.A.
	LJ Vič	N.A.	N.A.	8	11	10
	LJ Center (OMS MOL)	37	37	30	27	22
	LJ Zadobrova	16	18	12	11	14

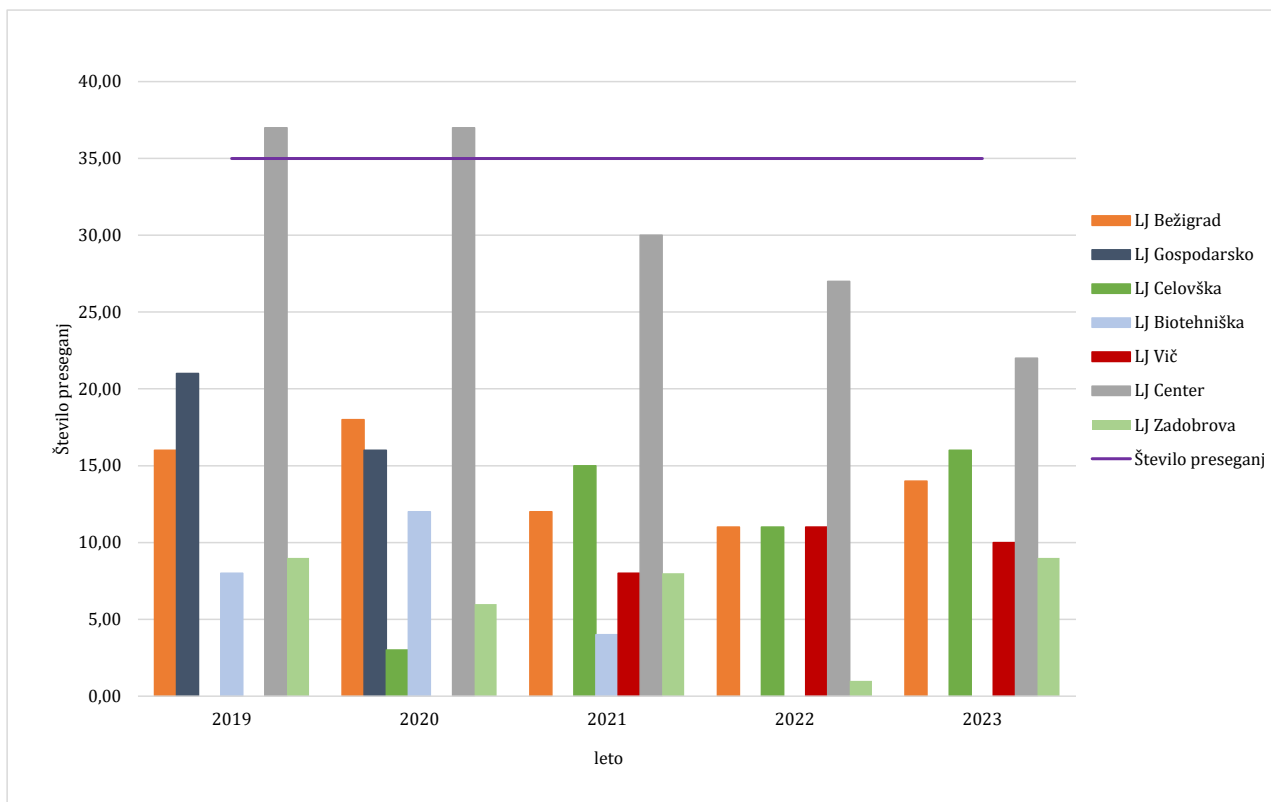
Legenda: \* - zaradi prevelikega izpada so podatki informativne narave.  
 N.A. – podatki niso na voljo (meritve se tisto leto niso izvajale)  
 z rdečo so označene zakonska preseganja



Graf 7: Graf povprečnih letnih vrednosti PM<sub>10</sub> v Mestni občini Ljubljana (µg/m<sup>3</sup>).



Graf 8: Graf maksimalnih dnevni vrednosti PM<sub>10</sub> v Mestni občini Ljubljana (µg/m<sup>3</sup>).



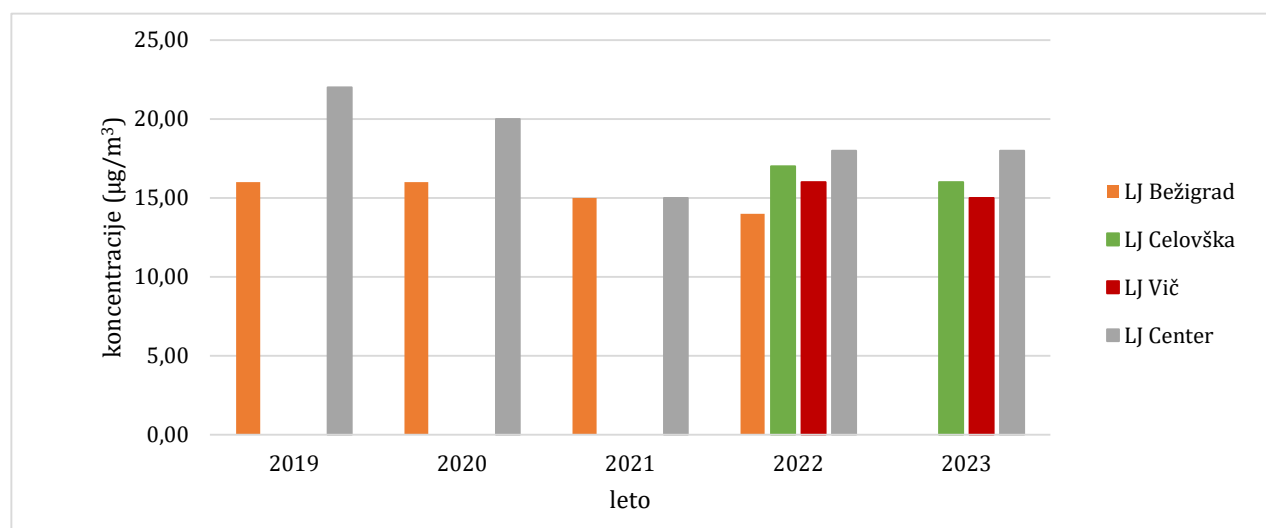
Graf 9: Graf število preseganj v Mestni občini Ljubljana (µg/m<sup>3</sup>).

Tabela 18 prikazuje povprečne letne vrednosti na izbranih merilnih mestih v Ljubljani. Podatki so povzeti iz letnega poročila o kakovosti zraka Agencije RS za okolje [5]. Uradne vrednosti PM<sub>2,5</sub> za leto 2024 s strani Agencije RS za okolje še niso dostopne.

Tabela 18: Pregled vrednosti PM<sub>2,5</sub> po letih v MOL [5].

		2019	2020	2021	2022	2023
Povprečna letna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	LJ Bežigrad	16,00	16,00	15,00	14,00	N.A.
	LJ Celovška	N.A.	N.A.	N.A.	17,00	16,00
	LJ Vič	N.A.	N.A.	N.A.	16	15,00
	LJ Center (OMS MOL)	22,00	20,00	15,00	18,00	18,00

Legenda: N.A. – podatki niso na voljo (meritve se tisto leto niso izvajale)



Graf 10: Graf povprečnih letnih vrednosti PM<sub>2,5</sub> v Mestni občini Ljubljana (µg/m<sup>3</sup>).

### 6.4.1 Primerjava vrednosti PM<sub>10</sub> po slovenskih mestih v letu 2024

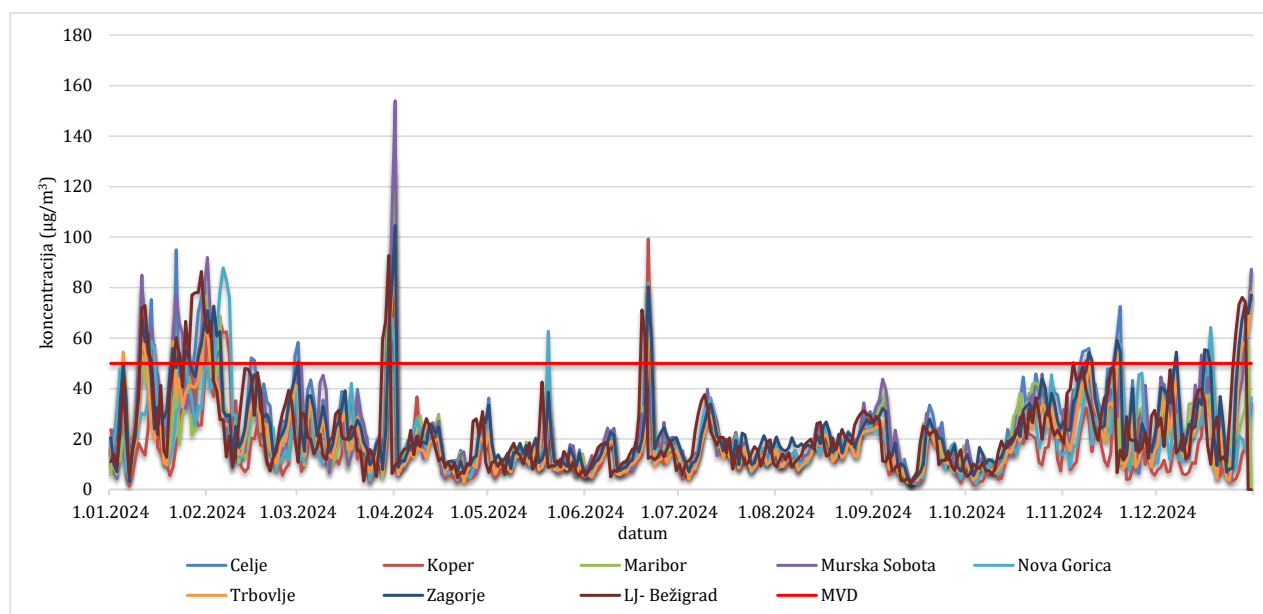
V tem podpoglavju je predstavljena primerjava dnevni koncentracij PM<sub>10</sub> po postajah drugih slovenskih mest v letu 2024, in sicer na merilnih mestih CE bolnica, Koper (KP), Maribor (MB), Murska Sobota (MS), Nova Gorica (NG), Trbovlje (TR), Zagorje (ZG) in Ljubljana – Bežigrad (LJ – Bežigrad). V teh krajih redno potekajo meritve koncentracij prašnih delcev PM<sub>10</sub>. Te vrednosti še niso uradne potrjene s strani Agencije RS za okolje.

Koncentracije prašnih delcev so imele po vseh dotičnih krajih precej podoben trend gibanja. Nekoliko višje koncentracije so opazne v zimskih mesec, predvsem januarja, februarja in decembra, ko je zaradi neugodnih meteoroloških pogojev onesnaženje z delci povečano. V toplem delu leta so bile koncentracije zaradi meteoroloških razmer občutno nižje. Analiza je pokazala visoko koherenco rezultatov na različnih postajah, kar nakazuje na močno odvisnost onesnaženja z delci z vremenskimi pogoji in tudi daljinskim transportom delcev čez Slovenijo.

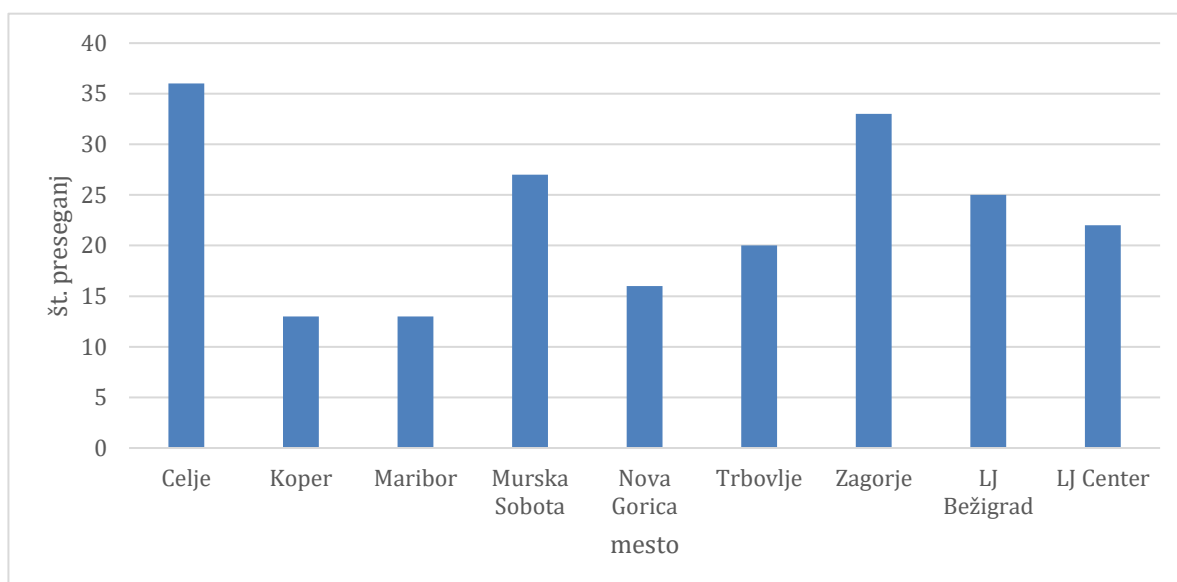
Tabela 19: Povprečna vrednost (ave.), minimalna (min.) in maksimalna (max.) PM<sub>10</sub> na posamezni postaji v letu 2024 [5].

Merilno mesto*	Celje	Koper	Maribor	Murska Sobota	Nova Gorica	Trbovlje	Zagorje	LJ Bežigrad	LJ Center (OMS MOL)
ave.	25,39	17,31	21,34	23,53	20,38	20,13	25,06	22,63	25,39
min.	2,17	1,29	2,58	2,50	2,17	2,36	3,01	2,19	2,17
max.	125,59	99,32	131,24	154,01	87,82	101,64	104,58	92,67	125,59
št. preseganj na posamezni postaji	36	13	13	27	16	20	33	25	22

Legenda: \* - rezultati meritve se v letu 2023 so informativni.



Graf 11: Rezultati meritev koncentracij PM<sub>10</sub> po slovenskih mestih v letu 2023.



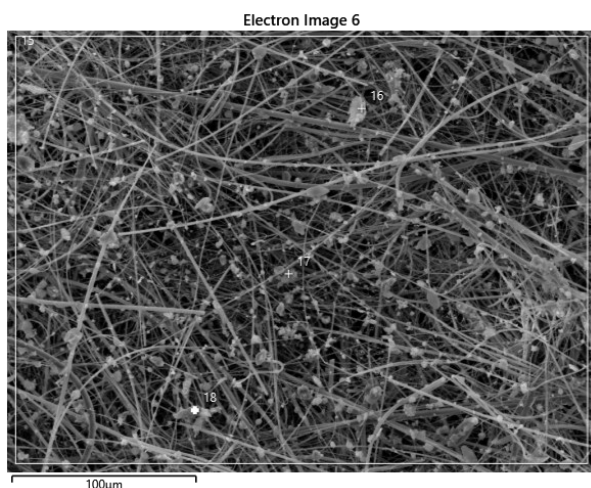
Graf 12: Število preseganj PM<sub>10</sub> po slovenskih mestih v letu 2024.

## 7. SEM ANALIZA

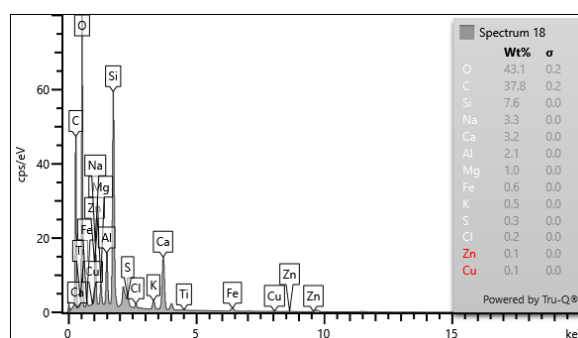
SEM-EDS analiza (*ang. Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) je kombinirana tehnika, ki se uporablja za analizo površine vzorcev in določanje njihove kemijske sestave. SEM-EDS analiza se pogosto uporablja v znanosti o materialih, geologiji, elektroniki, kemiji in biologiji za: raziskovanje mikrostrukture vzorcev, identifikacijo sestave neznanih materialov, Preučevanje okvar ali napak v materialih in analizo in preverjanje čistosti materialov. Ta tehnika omogoča raziskovalcem, da dobijo podrobne informacije tako o fizikalnih lastnostih (oblika in struktura) kot tudi o kemijski sestavi materialov na mikroskopski ravni.

Analize vzorcev PM<sub>10</sub> so bile izvedene z vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM), model Quanta 200 3D, v kombinaciji z energijsko disperzijsko rentgensko spektroskopijo (EDS) za določanje morfologije in elementarne sestave delcev v zraku. Vzorci so bili naneseni na površino plazemsko obdelane Ni-Ti zlitine. Posnetki vzorcev so bili narejeni pri povečavi 100×, kar omogoča analizo kemijskih in morfoloških lastnosti delcev v celotnem obravnavanem razponu velikosti. Spektri posameznih delcev so bili pridobljeni z uporabo elektronskega žarka s pospeševalno napetostjo 20 kV za identifikacijo elementarne kemijske sestave delcev.

Slika 6 prikazuje vlaknaste strukture, ki so se nabrale na filtru med gravimetrično analizo PM<sub>10</sub> delcev, medtem ko slika 8 prikazuje sestavo tega filtra, določeno s pomočjo EDS analize. Vidimo, da v analiziranem vzorcu prevladujejo elementi: kisik (43,1 %), ogljik (37,8 %), silicij (7,6 %), natrij (3,3 %), kalcij (3,2 %) in aluminij (2,1 %). Ogljikovi delci lahko prekrivajo druge spojine, zato so prisotni v večini vzorcev. Verjetno izvirajo iz različnih virov, kot so saje, premogov prah ter grafitni in črni ogljik, kar je najverjetneje posledica prometne lege merilnega mesta. Visoka vsebnost ogljika in kisika lahko nakazuje tudi prisotnost cvetnega prahu in drugih organskih spojin. Kisik se lahko pojavlja tudi kot del mineralnega prahu v obliki silicijevih (SiO<sub>2</sub>) in aluminijevih oksidov (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), ki jih v ozračje dvigujejo erozija, veter in drugi naravni procesi. Natrij in klor sta prisotna predvsem kot NaCl, ki lahko vsebuje tudi sledi magnezija, kalija, kalcija in žvepla, kar je posledica morskega pršenja ter naravnih in antropogenih aktivnosti. Prisotnost kovin, kot so železo (Fe), cink (Zn) in baker (Cu), je lahko povezana z erozijo zemeljske skorje ali z različnimi antropogenimi viri, kot so gradbišča, industrijski procesi, obraba kovinskih materialov in promet.



Slika 6: SEM slika gravimetričnega filtra za analizo delcev sestave PM<sub>10</sub>.



Slika 7: EDS analiza gravimetričnega filtra za PM<sub>10</sub>.

## 8. ZAKLJUČEK

Študija prikazuje rezultate meritev monitoringa kakovosti zunanjega zraka Okoljskega merilnega sistema (OMS) Mestne občine Ljubljana (MOL) na merilnem mestu, ki se nahaja na križišču Tivolske ceste in Vošnjakove ulice v obdobju med 1. 01. 2024 in 1. 01. 2025. Vključeni so podatki meritev, ki jih izvaja Elektroinštitut Milan Vidmar (EIMV) za koncentracije onesnaževal SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, benzena, toluena, M&P-ksilena, etilbenzena, O-ksilena, delcev PM<sub>10</sub> in drobnih delcev PM<sub>2,5</sub> ter meteorološke meritve.

Rezultati kažejo, da so bile koncentracije onesnaževal v skladu s slovensko in evropsko zakonodajo. Evropska agencija za okolje (EMEP/EEA) pripravlja letno poročilo o kakovosti zraka v Evropi, ki vključuje te meritve. V študiji je prikazan tudi pregled meritev za posamezno onesnaževalo po letih ter SEM analiza. Priloge prikazujejo redna vzdrževalna dela in servisne posege.

Ker merilniki zaznavajo koncentracije samo na eni točki, je za celovitejši pregled kakovosti zraka v lokalnem okolju priporočljivo uporabiti dodatna orodja za ocenjevanje, kot so:

- **Modelski izračuni:** Ti omogočajo prostorsko razporeditev onesnaževal, kar daje boljši vpogled v okoljske vplive onesnaževanja iz določenih virov in opredeljuje območja, ki so najbolj obremenjena. Tako lahko natančneje ocenimo dodatno obremenitev iz specifičnega vira.
- **Krajše merilne kampanje v lokalnem okolju:** V obdobjih višjih koncentracij je priporočljivo izvajati meritve na drugih občutljivih točkah.
- **Napoved temperaturne inverzije:** Stabilnost ozračja, zlasti ob pojavu temperaturne inverzije, pomembno vpliva na koncentracije onesnaževal, saj otežuje njihovo razprševanje in povečuje koncentracije. Inverzijo prepoznamo, ko se temperatura z višino povečuje.



## 9. VIRI IN LITERATURA

- [1] European Environmental Agency (EEA), "European Environmental Agency - Air Quality," 2024. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution>.
- [2] "Sveženj ukrepov za čist zrak: izboljšanje kakovosti zraka v Evropi," 2024. <https://www.consilium.europa.eu/sl/policies/clean-air/>.
- [3] MOPE, "ZAKON O VARSTVU OKOLJA (ZVO-2)," 2022. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO8286>.
- [4] 2014 Agency European Environment, *Air quality in Europe — 2014 report; European Environment Agency, Kongens Nytorv 6, 1050 Copenhagen, Denmark*, no. 5. 2014.
- [5] ARSO, "Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2023," pp. 2–171, 2024, [Online]. Available: [http://hmljn.arso.gov.si/zrak/kakovost\\_zraka/poročila\\_in\\_publikacije/porocilo\\_2023-FINAL.pdf](http://hmljn.arso.gov.si/zrak/kakovost_zraka/poročila_in_publikacije/porocilo_2023-FINAL.pdf).
- [6] MOPE, "Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka," 2011. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=PRAV10250>.
- [7] MOPE, "Odredba o razvrstitvi območij, aglomeracij in podobmočij glede na onesnaženost zunanjega zraka," 2017. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ODRE2387>.
- [8] MOPE, "Uredba o arzeniu, kadmiju, živem srebru, niklju in policikličnih aromatskih ogljikovodikih v zunanjem zraku," 2006. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED4057>.
- [9] "What are the WHO Air quality guidelines?" <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines>.
- [10] World Health Organization (WHO), "Air Quality Guidelines. Global update 2005," 2006. doi: 10.1007/BF02986808.
- [11] "Air Quality Directive," 2024. <https://www.consilium.europa.eu/sl/press/press-releases/2024/10/14/air-quality-council-gives-final-green-light-to-strengthen-standards-in-the-eu/>.
- [12] S. L. Serija, "2024/2881," vol. 2881, pp. 1–70, 2024.
- [13] ARSO, "Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2022," 2022. [http://rte.arso.gov.si/zrak/kakovost\\_zraka/poročila\\_in\\_publikacije/porocilo\\_2022\\_Merged.pdf](http://rte.arso.gov.si/zrak/kakovost_zraka/poročila_in_publikacije/porocilo_2022_Merged.pdf).
- [14] World Helath Organization (WHO), "WHO global air quality guidelines. Update 2021," 2021.
- [15] "Ambient air - Standard method for the measurement of the concentration of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence." [https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/511dc2fc-48df-4d02-af47-18bec6b1fe9e/sist-en-14212-2012-ac-2014?srsId=AfmBOoqmehh9ouFkMjz4BQuSOMR2Zn3K5eZLhBzF45dKuNXL6\\_g1YXb5](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/511dc2fc-48df-4d02-af47-18bec6b1fe9e/sist-en-14212-2012-ac-2014?srsId=AfmBOoqmehh9ouFkMjz4BQuSOMR2Zn3K5eZLhBzF45dKuNXL6_g1YXb5).
- [16] S. Standard, "iTeh STANDARD PREVIEW iTeh STANDARD PREVIEW," vol. 1, no. I, pp. 2–5, 2020.
- [17] "SIST EN 12341: 2014."
- [18] "Izvillečki 2 • 201 6," 1854.
- [19] ISO.org, "ISO/IEC 17025:2017," 2017. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/66912.html>.
- [20] "Zakon o državni meteorološki, hidrološki, oceanografski in seizmološki službi (ZDMHS)," 2017. <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO7430>.

ARSO – kazalci okolja, 2025. URL: (dosegljivo: 3. 03. 2025): <https://kazalci.arso.gov.si/>



## 10. PRILOGA

- **Leto 2024**

V letu 2024 so se na vgrajeni merilni opremi izvajala redna vzdrževalna dela, naravnavanja, testi funkcionalnosti in kontrola delovanja. Poleg izvedbe rednih servisnih del in redne kontrole delovanja merilne opreme je bila izvedena:

Tabela 20: Tabela vzdrževanja merilnikov in merilne postaje OMS MOL v letu 2024 (do 31. 07. 2024).

Datum	Naziv	Komentar
12. 1. 2024	Ostalo	Nastavitev klime na ustrezno temperaturo
20. 1. 2024	Ostalo	Zaradi blokade, ponovna nastavitev klime na ustrezno temperaturo
8. 03. 2024	Ostalo	Zaradi izpada električne energije, ponovna vzpostavitev prenosa podatkov
15. 03. 2024	Ostalo	Nastavitev klime na ustrezno temperaturo
		Čiščenje notranjosti merilne postaje
21. 03. 2024	Ostalo	Zaradi blokade, ponovna nastavitev klime na ustrezno temperaturo
24. 03. 2024	Ostalo	Zaradi izpada električne energije, ponovna nastavitev klime
20. 07. 2024	Ostalo	Zaradi izpada električne energije, ponovna vzpostavitev prenosa podatkov
22. 07. 2024	Ostalo	Zaradi izpada električne energije, ponovna vzpostavitev prenosa podatkov
9. 09. 2024	Ostalo	Zaradi izpada električne energije, ponovna vzpostavitev prenosa podatkov
17. 09. 2024	Ostalo	Čiščenje notranjosti merilne postaje
20. 09. 2024	Ostalo	Dan odprtih vrat
14. 10. 2024	Ostalo	Menjava stikala za razsvetljavo postaje
23. 10. 2024	Ostalo	Montaža merilnikov črnega ogljika, PM delcev in meteorologije.

Za pravilno delovanje merilnikov se poleg rednega vzdrževanja izvajajo redna naravnavanja merilne opreme ter redna letna ocena skladnosti. V spodnji tabeli so prikazani izvedeni termini naravnavanj in testov skladnosti ter datumi opravljenih večjih vzdrževalnih del

Tabela 21: Tabela rednih posegov na merilni postaji OMS MOL v letu 2024 (do 31. 07. 2024).

ID	Naziv	Serijska številka	Poseg
BK5XBGGG	HORIBA APNA-370	BK5XBGGG	<b>Naravnavanje</b> 19. 03. 2024 11. 06. 2024 12. 09. 2024 17. 12. 2024 <b>Ocena skladnosti</b> 19. 03. 2024
159699	Thermo 43i	CM08130056	<b>Naravnavanje</b> 19. 03. 2024 11. 06. 2024 12. 09. 2024 17. 12. 2024 <b>Ocena skladnosti</b> 19. 03. 2024 <b>Večji servisni poseg</b> 24. 03. 2024
23390621	Analizator BTX Cromatotech	23390621	<b>Naravnavanje</b> 15. 04. 2024 <b>Večji servisni poseg</b> 8. 04. 2024 8. 07. 2024 26. 08. 2024 28. 08. 2024 2. 09. 2024 3.-4. 09. 2024 3. 10. 2024 7.-8. 11. 2024 17. 12. 2024
13_0063	Leckel, SEQ47/50	13/0063	<b>Naravnavanje</b> 5. 04. 2024 9. 04. 2024 22. 10. 2024 <b>Večji servisni poseg</b> 8. 03. 2024 15. 03. 2024 19. 03. 2024 22. 07. 2024 23. 07. 2024 20. 08. 2024
9383	Palas 200	MOL PALAS 9383	<b>Naravnavanje</b> 4. 4. 2023 <b>Ocena skladnosti</b> 28. 02. 2024 9. 04. 2024 11. 06. 2024 9. 09. 2024 17. 12. 2024 <b>Test ekvivalence (v obsegu 40 dni)</b> 21. 02. 2024 12. 07. 2024 <b>Večji servisni poseg</b> 29. 02. 2024 22. 03. 2024 26. 08. 2024
6849	Sistem za zajem podatkov	6849	Brez posebnosti, nemoteno delovanje.