



**ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR**

Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo

Ljubljana

Oddelek za okolje

**REZULTATI MERITEV OKOLJSKEGA MERILNEGA SISTEMA  
MESTNE OBČINE LJUBLJANA**

leto 2017

215241\_C1-3

Ljubljana, MAREC 2018





**ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR**

Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo  
Ljubljana  
Oddelek za okolje

Št. poročila: 2215241\_C1-3

## REZULTATI MERITEV OKOLJSKEGA MERILNEGA SISTEMA MESTNE OBČINE LJUBLJANA

leto 2017

Ljubljana, MAREC 2018

Direktor:

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

Meritve kakovosti zunanjega zraka in meteoroloških parametrov so bile opravljene z Okoljskim merilnim sistemom Mestne občine Ljubljana. Obdelave podatkov, postopki zagotavljanja skladnosti in poročilo so bili izdelani na Elektroinštitutu Milan Vidmar v Ljubljani.

© **Elektroinštitut Milan Vidmar 2018**

Vse avtorske pravice, ki niso s pogodbo izrecno prenesene na naročnika, so pridržane.  
Objavljanje rezultatov dovoljeno le z navedbo vira.

## PODATKI O POROČILU:

<b>Naročnik:</b>	Mestna občina Ljubljana, Oddelek za varstvo okolja Zarnikova 3, Ljubljana
<b>Št. pogodbe:</b>	Okvirni sporazum: 430-119/2015-6
<b>Odgovorna oseba naročnika:</b>	Andrej PILTAVER, univ. dipl. inž. el.
<b>Št. delovnega naloga:</b>	215 241
<b>Št. poročila:</b>	215241_C1
<b>Naslov poročila:</b>	Rezultati meritev Okoljskega merilnega sistema Mestne občine Ljubljana
<b>Izvajalec:</b>	Elektroinštitut Milan Vidmar Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo Hajdrihova 2, 1000 LJUBLJANA
<b>Poročilo izdelal-i:</b>	Petra DOLŠAK, mag. ekol. Tine GORJUP, rač. teh.
<b>Datum izdelave:</b>	MAREC 2018
<b>Seznam prejemnikov poročila:</b>	Mestna občina Ljubljana 1 x cd 1 x tiskana verzija Elektroinštitut Milan Vidmar - arhiv 1 x tiskana verzija

Vodja oddelka:

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



## **KAZALO VSEBINE**

<b>1.</b>	<b>UVOD</b> .....	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>VPOGLED V SISTEM MERITEV V MO LJUBLJANA</b> .....	<b>7</b>
2.1.	LOKALNI DEJAVNIKI KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA .....	7
2.2.	OPIS POSAMEZNEGA ONESNAŽEVALA IN NJIHOV VPLIV NA ZDRAVJE IN BIODIVERZITETO	8
2.3.	ZAKONODAJNA OSNOVA .....	9
2.4.	PODATKI O AVTOMATSKI MERILNI POSTAJI .....	10
2.4.1.	MERITVE KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA .....	10
2.4.2.	METEOROLOGIJA IN HRUP .....	11
2.5.	NADZOR SKLADNOSTI MERITEV .....	12
<b>3.</b>	<b>REZULTATI MERITEV</b> .....	<b>15</b>
3.1.	VZDRŽEVALNI IN TESTNI POSEGI .....	15
3.2.	PRIKAZ REZULTATOV MERITEV .....	17
3.2.1.	Pregled koncentracij v zraku: SO <sub>2</sub> .....	18
3.2.2.	Pregled koncentracij v zraku: NO <sub>2</sub> .....	21
3.2.3.	Pregled koncentracij v zraku: NO <sub>x</sub> .....	24
3.2.4.	Pregled koncentracij v zraku: PAH .....	26
3.2.5.	Pregled koncentracij v zraku: PM <sub>10</sub> .....	36
3.3.	METEOROLOŠKE MERITVE .....	40
3.3.1.	Pregled temperature in relativne vlage v zraku .....	40
3.3.2.	Pregled hitrosti in smeri vetra .....	42
3.4.	MERITVE HRUPA .....	44
<b>4.</b>	<b>DISKUSIJA REZULTATOV</b> .....	<b>47</b>
4.1.	ANALIZA REZULTATOV MERITEV NA MESEČNEM NIVOJU .....	47
4.2.	ANALIZA DELCEV PM <sub>10</sub> in NO/NO <sub>x</sub> .....	49
4.2.1.	Dodatna analiza delcev PM <sub>10</sub> .....	49
4.2.2.	Dodatna analiza emisij NO/NO <sub>x</sub> .....	51
<b>5.</b>	<b>ZAKLJUČEK</b> .....	<b>53</b>





## 1. UVOD

Doseganje ustrezne kakovosti zunanjega zraka pomembno vpliva na kvaliteto našega življenja. Onesnaženost zunanjega zraka se definira kot obstoj onesnažil v ozračju v količinah, ki negativno vplivajo na zdrave ljudi, okolje, kulturno dediščino in podnebje (EEA, 2016). Poročilo je namenjen prikazu spremljanja in analize rezultatov Okoljskega merilnega sistema (OMS) Mestne občine Ljubljana (MOL) na merilnem mestu križišče Tivolske ceste in Vošnjakove ulice ter spremljanju kakovosti zunanjega zraka v letu 2017 v mestni občini Ljubljana.

Poročilo obsega:

- osnovne podatke o lokalnih dejavnikih kakovosti zraka, merjenih onesnažilih, 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 testeranjih merilnikov;
- rezultate meritev kakovosti zraka;
- komentar in povzetek rezultatov meritev kakovosti zraka;
- Dodatno analizo koncentracij v zunanjem zraku z delci PM<sub>10</sub> na območju AMP Tivolska - Vošnjakova v primerjavi s koncentracijami na drugih merilnih mestih v Sloveniji.

V merjenem obdobju se rezultati meritev SO<sub>2</sub> in NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> na lokaciji Tivolska – Vošnjakova obravnavajo kot uradni rezultati meritev, saj je bila njihova razpoložljivost podatkov 100%. Zakonsko predpisana letna meja za uradne rezultate je 90%. Urna in dnevna mejna vrednost v merjenem obdobju nista bili preseženi.

Prav tako se rezultati meritev delcev PM<sub>10</sub> na lokaciji AMP Tivolska – Vošnjakova obravnavajo kot uradni rezultati meritev, saj je bila razpoložljivost podatkov 98%. Dnevna mejna vrednost je bila v merjenem obdobju presežena 51 krat.

Meritve koncentracij PAH se obravnavajo kot uradni rezultati meritev, saj je bila razpoložljivost podatkov 97%. Zakonsko predpisana letna meja za uradne rezultate je 90%.

Trenutne vrednosti koncentracij SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, PAH, delcev PM<sub>10</sub>, meteoroloških parametrov in indeksov v zunanjem zraku so dostopne na spletni strani [www.okolje.info](http://www.okolje.info), MO Ljubljana [[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 poročila kakovosti zraka, ki so bila izdana v letu 2017 [<http://www.okolje.info/index.php/porocila-oms>].



## 2. VPOGLED V SISTEM MERITEV V MO LJUBLJANA

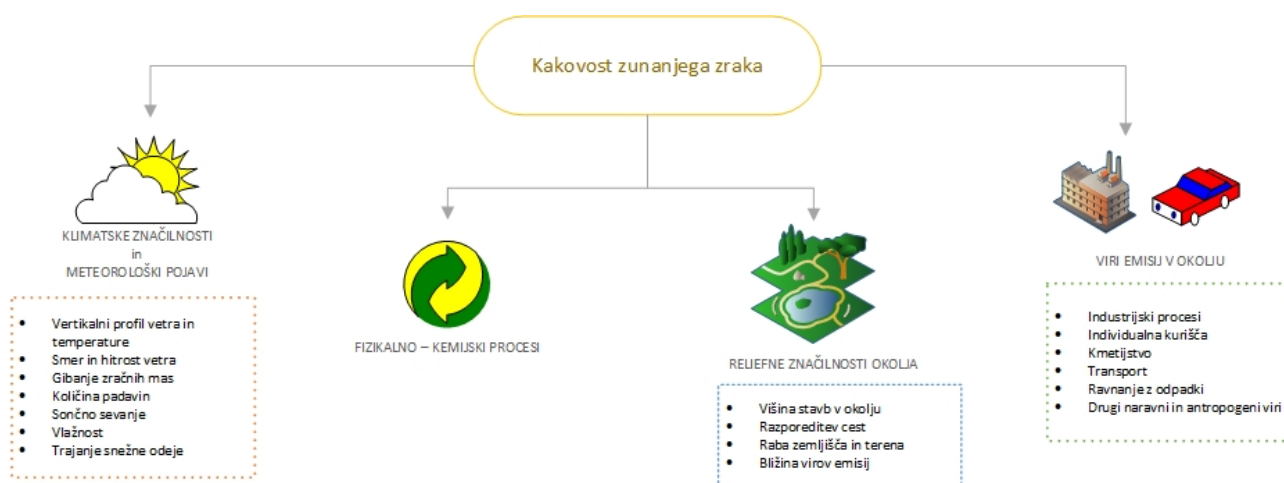
Emisije so lahko primarnega izvora in so emitirane v atmosfero direktno iz vira, lahko pa se pod določenimi pogoji tvorijo v ozračju, torej so sekundarnega izvora. Učinkovita ukrepanja na področju zmanjšanja vpliva onesnaženja zahtevajo dobro razumevanje virov emisij, njihov transport in obnašanje v atmosferi ter njihov vpliv na ljudi, ekosistem, podnebje ter posledično na družbo in gospodarstvo.

Nadzor nad izpusti onesnaževal se lahko doseže z učinkovito zakonodajo, ki omogoča sodelovanje in ukrepanje na globalni, nacionalni in lokalni ravni ter vključuje vse deležnike tudi gospodarstvo in ozaveščanje javnosti.

S sprejetjem *Zakona o varstvu okolja (ZVO-1, Ur.l. RS, št. 41/2004 s spremembami)* v letu 2004 je bil vzpostavljen pravni red za spodbujanje in usmerjanje takšnega družbenega razvoja, ki omogoča dolgoročne pogoje za človekovo zdravje, počutje in kakovost njegovega življenja ter ohranjanje biotske raznovrstnosti. Med cilji tega zakona sta tudi preprečitev in zmanjšanje obremenjevanja okolja in ohranjanje ter izboljševanje kakovosti okolja, kar je ena izmed nalog AMP Medvode.

### 2.1. LOKALNI DEJAVNIKI KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA

Na kakovost zraka poleg virov emisij v okolju vplivajo tudi dejavniki kot so klimatske značilnosti prostora ter meteorološki pojavi, reliefna razgibanost površja in fizikalno-kemijski procesi v ozračju. Variacija vseh teh elementov je predstavljena na spodnji sliki (slika 1). 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 kot so vertikalni profil vetra in temperature, smer in hitrost vetra, gibanje zračnih mas, padavine, sončno sevanje, količino padavin in vlažnost ter upoštevanje reliefne razgibanosti površja. Lokalna meteorologija je odvisna tudi od reliefne raznolikosti v okolju, saj le-ta vpliva predvsem na gibanje zračnih mas. V primeru ugodnih meteoroloških razmer lahko emisije potujejo na dolge razdalje in tako vplivajo na večje območje.



Slika 1: Elementi, ki vplivajo na kakovost zunanjega zraka v urbanem okolju.

## 2.2. OPIS POSAMEZNEGA ONESNAŽEVALA IN NJIHOV VPLIV NA ZDRAVJE IN BIODIVERZITETO

Kratkotrajna in dolgotrajna izpostavljenost visokim koncentracijam onesnaževal ima velik vpliv na obolevnost prebivalstva zaradi bolezni dihal in posledično tudi kardiovaskularnih obolenj. Poleg tega pa ima velik vpliv na ekonomski vidik saj zmanjšuje življenjsko dobo prebivalstva, povečuje stroške zdravljenja in zmanjšuje produktivnost v gospodarstvu zaradi izostanka delavcev. Onesnaževala, ki imajo največji vpliv na zdravje ljudi so SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> in O<sub>3</sub>. Pred izpostavljenostjo visokim koncentracijam onesnažil je potrebno še posebno zaščititi otroke, starejše, nosečnice, ljudi, ki se veliko zadržujejo zunaj ter bolnike dihal in srčnih bolezni. Onesnaženje pa ima negativni vpliv tudi na biodiverzitetu, torej na vegetacijo in ekosistem v okolju, kar vodi v različne pomembne okoljske vplive ter na kvaliteto vode, tal in na ekosistemske storitve. Zaradi tega moramo biti pozorni na naslednja onesnaževala: SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> in NO<sub>x</sub>. Spodnja tabela prikazuje posamezna onesnaževala, ki so obravnavana v tem poročilu in njihov izvor ter vpliv na zdravje ljudi in biodiverzitetu.

ONESNAŽEVALO IN VIRI	VPLIV NA ZDRAVJE IN BIODIVERZITETO
<p><b>Žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>)</b>            Je brezbarven plin z ostrim vonjem. Nastaja pri izogrevanju fosilnih goriv, ki vsebujejo sledi žveplovih spojin. Največji problem je spreminjanje žveplovega dioksida (SO<sub>2</sub>) v žveplovo kislino (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) v ozračju, ki se nato nalaga kot kisel dež, sneg ali v obliki posušenih kislih delcev.</p>	<p>Draženje povzroča zoženje dihalnih poti. Kratkoročno izpostavljanje povzroči težave astmatikom in občutljivim ljudem predvsem v bližini industrije, ki je brez ustreznega čiščenja. Otroci v krajih z onesnaženim zrakom pogosteje zbolevajo za kašljem, bronhitisom in infekcijami globlje v dihalih.</p> <p>Visoke koncentracije SO<sub>2</sub> imajo škodljiv vpliv na rastline, saj prispeva k zakisanju kopenskih in vodnih ekosistemov in vodi do izgube biotske raznovrstnosti.</p>
<p><b>Dušikov oksid (NO<sub>x</sub>)</b>            zajema mešanico dušikovega oksida (NO) in dušikovega dioksida (NO<sub>2</sub>). NO<sub>x</sub> spadajo v skupino anorganskih plinov, ki nastanejo iz reakcije kisika in dušika v zraku. Glavni viri so proizvodnja električne energije, izogrevanja v industrijskih procesih in transport.</p>	<p>Kratkotrajna izpostavljenost lahko povzroči vnetje dihalnih poti, povečanje alergijskih reakcij ter večjo stopnjo obolevnosti.</p> <p>Dviguje koncentracijo nitratov v prsti in tekočih vodah (eutrofikacija). Prispeva k zakisanju kopenskih in vodnih ekosistemov ter vodi do izgube biotske raznovrstnosti. Sodeluje tudi pri nastajanju ozona (O<sub>3</sub>).</p>
<p><b>Polciklični aromatski ogljikovodik (PAH)</b>            so ogljikovodiki - organske spojine, ki vsebujejo samo ogljik in vodik - sestavljeni so iz večih aromatičnih obročev (organski obroči, v katerih se elektroni delokalizirajo).</p> <hr/> <p><b>1. Benzen (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)</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 izogrevanja.</p> <hr/> <p><b>2. Toluen (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>CH<sub>3</sub>)</b>            je derivat benzena. Je bistra, v vodi netopna tekočina z značilnim aromatskim vonjem ter se uporablja v industriji za sintezo drugih spojin.</p> <hr/>	<p>Benzen je rakotvorna snov in sodi v prvo skupino rakotvornih snovi po klasifikaciji Mednarodne Agencije za Raziskavo Rakotvornih Snovi.</p> <hr/> <p>Ima akutne in kronične učinke na centralni živčni sistem. Povzroči lahko tudi počasnejši razvoj človeškega telesa in ima vplive na razmnoževanje.</p> <p>Spada v skupino onesnaževal, ki povzročajo nastanek smoga.</p> <hr/>

<p><b>3. Meta &amp; Para ksilen; Orto ksilen</b>        Ksilen ima tri izomere dimetilbenzena. Izomere razlikujemo z označb 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>	<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>
<p><b>4. Etilbenzen</b>        Glavni vir je naftna industrija in uporaba nafte. Je zelo volutaična spojina in se jo v večini pričakuje v zraku.</p>	<p>Meja toksičnosti etilbenzena je zelo nizka. V človeku se nalaga v maščobi in se izloča z urinom.</p>
<p><b>Delci PM<sub>10</sub></b>        So sestavljeni 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>PM<sub>10</sub> delci prizadenejo največ ljudi v primerjavi z drugimi onesnaževali. Zaradi njihove velikosti lahko penetrirajo globoko v pljuča. Povečujejo umrljivost in obolevnost za boleznimi dihal in kardiovaskularnih bolezni.</p> <p>Črni ogljik, ki je najmanjši del prašnih delcev, vpliva na spremembo podnebja. Sekundarni PM vsebujejo sulfat, nitrat in amonij, tvorjen iz SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> in NH<sub>3</sub>, ki so glavni nosilci zakisljevanja in evtrofikacije.</p>

### 2.3. ZAKONODAJA

Ocenjevanje kakovosti zraka je treba izvajati kljub dobremu nadzoru vnosa snovi v zrak pri viru. Če je bilo včasih ocenjevanje kakovosti zraka osredotočeno predvsem na področje ob velikih onesnaževalcih zraka. Se dane pojavlja potreba po nadzoru tudi na drugih področjih. Obstaja namreč vrsta nenadziranih manjših izpustov snovi v zrak, kot so avtomobilski izpuhi, manjša kurišča, kurjenje na prostem ter tudi manjši industrijske naprave, ki so nadzirane zgolj občasno ali trajno in lahko v kombinaciji z neugodnimi meteorološkimi razmerami negativno vplivajo na kakovost zraka.

Monitoring kakovosti zunanega zraka pomeni spremljanje in nadzorovanje stanja onesnaženosti zraka s sistematičnimi meritvami ali drugimi metodami in z njimi povezanimi postopki. Način spremljanja in nadzorovanja je predpisan v podzakonskih aktih – uredbah in pravilniku: *Uredbi o kakovosti zunanega zraka (Ur. l. RS št. 9/11 in 8/15)* in *Pravilniku o ocenjevanju kakovosti zunanega zraka (Ur. l. RS, št. 55/11 s spremembami)*. Ti predpisi so bili sprejeti na podlagi *Zakona o varstvu okolja (ZVO, Ur. l. RS, št. 32/93; ZVO-1, Ur. l. RS, št. 41/2004 s spremembami)*. V letu 2007 je bila sprejeta tudi *Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Ur. l. RS 31/07 s spremembami)*, ki povzročiteljem obremenitve zunanega zraka med drugim predpisuje zahteve v zvezi z ocenjevanjem kakovosti zraka na območju vrednotenja obremenitve zunanega zraka.

Za doseganje skladnosti z mejnimi vrednostmi za delce PM<sub>10</sub> je Vlada Republike Slovenije v sodelovanju z lokalnimi skupnostmi pripravila Načrte za kakovost zunanega zraka za mestne občine Celje, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto ter zasavske občine: Hrastnik, Trbovlje in Zagorje ob Savi. Na območju mestne občine Ljubljana je Vlada Republike Slovenije v dogovoru z lokalno skupnostjo pripravila *Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Ljubljana (Ur. l. RS, št. 77/17)*. Načrti so usmerjeni v ukrepe na področju spodbujanja učinkovite rabe energije in obnovljivih virov, na izpuste cestnega motornega prometa, na druge ukrepe ter na kratkoročne ukrepe.

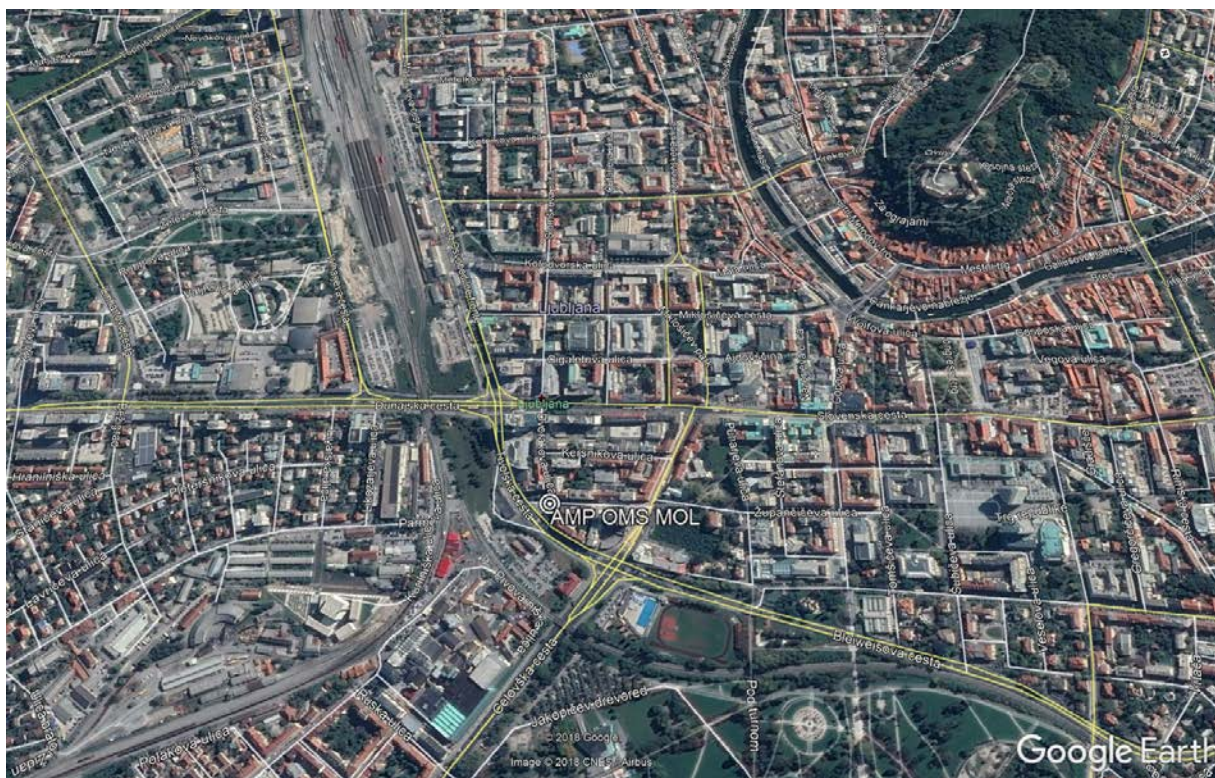
## 2.4. PODATKI O AVTOMATSKI MERILNI POSTAJI

Na AMP Tivolska – Vošnjakova se poleg meritev kakovosti zraka izvajajo tudi meritve meteoroloških parametrov. Analizatorji kakovosti zunanje zraka so nameščeni v kontejnerju, ki je opremljen s klimatsko napravo in komunikacijsko opremo. Zaradi zahteve po ugotavljanju skladnosti smo v AMP Tivolska – Vošnjakova 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 EN ISO/IEC 17025.

### 2.4.1. MERITVE KAKOVOSTI ZUNANJEGA ZRAKA

Z avtomatsko merilno postajo, katere last je Mestna občina Ljubljana, upravlja osebje Elektroinštituta Milan Vidmar Ljubljana (EIMV). EIMV predpisuje postopke izvajanja meritev in QA/QC, izdeluje končno obdelavo rezultatov meritev in potrdi njihovo veljavnost. Tip Merilne postaje je prometen, lociran v mestu, ki ima značilnosti stanovanjskih in poslovnih objektov. Relief v bližini merilnega mesta je ravninski. Koordinate merilne postaje so prikazane v spodnji tabeli.

Merilna postaja	Nadmorska višina	GKKY	GKKX
AMP Tivolska - Vošnjakova	299 m	461919	101581



Slika 2: Lokacija AMP Tivolska - Vošnjakova (Vir: Google Earth)

Podatki o analizatorjih plinastih onesnaževal

	Analizator NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub>	Analizator SO <sub>2</sub>	Analizator BTX
Proizvajalec:	Horiba	Horiba	950 BTX
Model:	APNA-370	Thermo 43i	6160
Merilna metoda:	EN 14211	EN 14212	EN 14662-3
Specificirana točnost:	1 ppb	1 ppb	±10%
Serijska številka:	PYUMW6XA	CM08130056	638

Podatki o merilnikih delcev PM<sub>10</sub>

	Referenčni gravimetrični merilnik PM <sub>10</sub>	Sistem FDMS	Gravimetrični ferkvenci merilnik PM <sub>10</sub>
Model:	Leckel, SEQ47/50	FDMS 8500	Teom 1400a
Merilna metoda:	EN 12341	–	Ferkvenčna gravimetrija
Specificirana točnost:	1 ppb	–	–
Serijska številka:	13/0063	140AB 255370502	140AB 255370502

V monitoringu kakovosti zunanjega 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.
- SIST EN 14211:2012: Standardna metoda za določanje koncentracije dušikovega dioksida in dušikovega oksida s kemiluminiscenco,
- SIST EN 12341:2014: Določevanje frakcije PM<sub>10</sub> lebdečih trdnih delcev; Referenčna metoda in terenski preskusni postopek za potrditev ustreznosti merilnih metod,
- SIST EN 14662-3:2016 – Kakovost zunanjega zraka – Standardna metoda za določanje koncentracije benzena – 3. del: Avtomatsko vzorčenje s prečrpavanjem in določanje s plinsko kromatografijo na kraju samem (in situ).

Nabor merjenih parametrov kakovosti zunanjega zraka v avtomatski merilni postaji:

Naziv postaje	Parametri kakovosti zraka								
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	Benzen	Toluen	M&P ksilen	Etilbenzen	O-ksilen
AMP Tivolska – Vošnjakova	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Ustreznost meritev kakovosti zunanjega zraka se potrjuje s sprotnim nadzorom stanja merilne opreme in uporabnostjo merilnih rezultatov. Zagotavljanje kakovosti rezultatov je skladno s prilogo 1 *Pravilnika o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (Ur.l. RS, št. 55/11 s spremembami)*.

#### 2.4.2. METEOROLOGIJA IN HRUP

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. Prav tako se na lokaciji Tivolska-vošnjakova izvajajo meritve hrupa. 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)*.

Meritve meteoroloških parametrov se izvajajo po naslednjih merilnih principih:

- 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 meritve hitrosti in smeri vetra brez mehansko vrtljivih senzorjev.
- Merjenje temperature zraka je izvedeno z aspiriranim dajalnikom temperature s termolinearnim termistorskim vezjem.
- 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.

Področje varstva pred hrupom v okolju urejata *Uredba o ocenjevanju in urejanju hrupa v okolju (Uradni list RS, št. 121/04)* in *Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Uradni list RS, št. 105/05 s spremembami)*. Meritve hrupa se izvajajo z merilnikom Type 4435 s serijsko številko 116582, ki je last MO Ljubljana.

## 2.5. 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 3). 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 ISO/IEC 17025.

Nadzor skladnosti meritev je zasnovan 4 nivojsko:

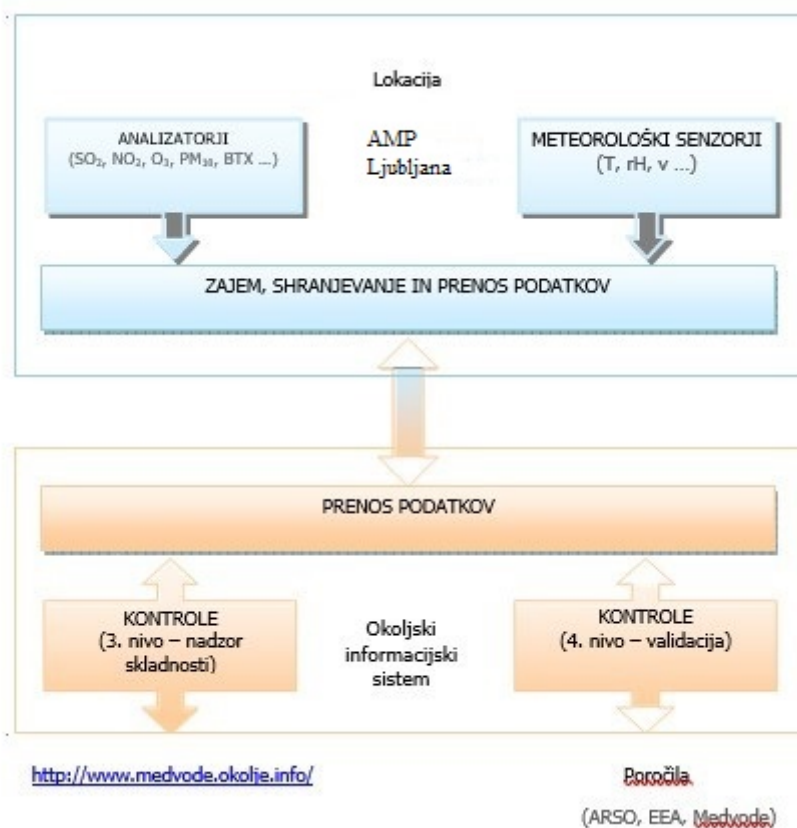
1. nivo: izbira analizatorjev, ki ustrezajo zahtevam referenčnih metod za merjenje koncentracij onesnažil v zunanjem zraku,
2. nivo: izbira lokacije AMP, ustreznost sistema vzorčenja, sistema za zajem podatkov, pogojev okolja, program rednih pregledov in vzdrževanja,
3. nivo: nadzor skladnosti delovanja merilne opreme, linearnosti, negotovosti meritev, izpolnjevanja zahtev glede razpoložljivosti meritev
4. nivo: validacija izmerjenih vrednosti, ocena merilne negotovosti, statistična analiza izmerjenih vrednosti, nadzor odstopanja od predpisanih mej.

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 *Pravilnik o ocenjevanju kakovosti zunanjega zraka (Uradni list RS, št. 55/11, 6/15 in 5/17)* in je zagotovljena 90% razpoložljivost za merilnike SO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>x</sub> in trdnih delcev PM<sub>10</sub>,
- je zagotovljena stabilnost ničelne in referenčne točke za merilnike SO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>x</sub>,
- se redno izvajajo dvotočkovno umirjanje (na 3-mesece)
- se 1-krat letno opravi test linearnosti.





Slika 3: Shema zajema, nadzora in validacije izmerjenih parametrov kakovosti zunanje zraka v okoljskem informacijskem sistemu



### 3. REZULTATI MERITEV

Meritve onesnaženosti zraka in meteoroloških parametrov so bile opravljene z merilnim sistemom monitoringa kakovosti zunanjega zraka Mestne občine Ljubljana na lokaciji avtomatske merilne postaje Tivolska - Vošnjakova. Merilna postaja je v upravljanju EIMV. Zagotavljanje skladnosti meritev se potrjuje s sprotnim nadzorom stanja merilne opreme in uporabnostjo merilnih rezultatov. Izpolnjevanje zahtev standardov

- SIST EN 14212:2012,
- SIST EN 14212:2012/AC:2014,
- SIST EN 14211:2012
- SIST EN 12341:20A4,
- SIST EN 14662-3:2016.

je zagotovljeno z vključitvijo AMP Tivolska Vošnjakova v sistem kakovosti OOK Elektroinštituta Milan Vidmar. Z vključitvijo v sistem kakovosti je OOK Elektroinštituta Milan Vidmar vzpostavil sistem nadzora skladnosti meritev in nadzora delovanja opreme, v okviru nadzora skladnosti meritev 3. in 4. nivoja. Pri tem so bile uporabljene metode za oceno koncentracij v zraku, katerih negotovost bo ocenjena skladno z načeli mednarodno uveljavljenih standardov.

#### 3.1. VZDRŽEVALNI IN TESTNI POSEGI

Na merilnem mestu Tivolska Vošnjakova se poleg rednih rednih testiranj merilnikov izvajajo tudi dodatni vzdrževalni posegi, ki so za leto 2017 prikazani v spodnji tabeli.

Datum	Naziv	Komentar
18.01.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
03.02.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
17.02.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
03.03.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
20.03.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
03.04.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
18.04.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
03.05.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
17.05.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
02.06.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
16.06.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
03.07.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
13.07.2017	Ostalo	Montaža merilnika AQMesh #736150 na postajo. Merilnik je od sistema za zajem plinskih komponent oddaljen 20cm. Od leckla 65cm in od teoma 40cm.
21.08.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
04.09.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
06.10.2017	Ostalo	Menjava filtrov Leckel in čiščenje glave
13.11.2017	Popis števca električne energije	Stanje el. števca: 70492 kWh.
13.11.2017	Popis jeklenke	Tlak jeklenke N2 za merilnik BTX je 91 bar.
22.12.2017	Ostalo	Zamenjava filtrski trak v Aethalometru - Aerosol (Asta Gregorič).

Za pravilno delovanje merilnikov se morajo izvajati redni testni posegi. V spodnji tabeli so prikazani termini posegov, ko je bil test izveden ter datum predvidenega naslednjega posega za vsak merilnik posebj.

ID	Naziv	Inventarna številka	Posegi
116582	Merilnik Hrupa Type 4435	166582 - MOL	
6130	Računalnik	6130	
6140	AMES - Meta	6140	
6849	Koncentrator	6849	
6154	HORIBA APNA - 370	6154	<p><b>Naravnavanje (3m)</b> Zadnji poseg: 01.12.2017, Nasl. poseg: 01.03.2018</p> <p><b>Linearnost</b> Zadnji poseg: 01.12.2017, Nasl. poseg: 01.12.2018</p> <p><b>HORIBA - Replace sample filter</b> Zadnji poseg: 16.02.2018, Nasl. poseg: 16.05.2018</p> <p><b>HORIBA - Replace activated carbon</b> Zadnji poseg: 17.11.2017, Nasl. poseg: 17.11.2018</p> <p><b>Učinkovitost konverterja</b> Zadnji poseg: 01.12.2017, Nasl. poseg: 01.12.2018</p> <p><b>HORIBA - Replace air filter 0,3um</b> Zadnji poseg: 17.11.2017, Nasl. poseg: 17.11.2019</p> <p><b>HORIBA - Replace catalyzer DO</b> Zadnji poseg: 17.11.2017, Nasl. poseg: 17.11.2019</p> <p><b>HORIBA - Replace pump diphragm</b> Zadnji poseg: 17.11.2017, Nasl. poseg: 17.11.2019</p> <p><b>HORIBA - Replace silica gel</b> Zadnji poseg: 17.11.2017, Nasl. poseg: 17.11.2019</p> <p><b>HORIBA APNA - Replace permeation tube NO2</b> Zadnji poseg: 17.11.2017, Nasl. poseg: 17.11.2019</p> <p><b>HORIBA APMA, APNA - Replace scrubber BAA-050</b> Zadnji poseg: 17.11.2017, Nasl. poseg: 17.11.2021</p> <p><b>HORIBA APNA - Replace NO2-NO catalyzer</b> Zadnji poseg: 17.11.2017, Nasl. poseg: 17.11.2021</p>
159699	Thermo 43i SO2	CM08130056	<p><b>Naravnavanje</b> Zadnji poseg: 01.12.2017, Nasl. poseg: 01.03.2018</p> <p><b>Linearnost</b> Zadnji poseg: 01.12.2017, Nasl. poseg: 01.12.2018</p>
140AB255370502	TEOM PM10+ FDMS	140AB 255370502	<p><b>Naravnavanje</b> Zadnji poseg: 01.12.2017, Nasl. poseg: 01.06.2018</p> <p><b>TECORA, LECKEL - Menjava (replace) filtrov</b> Zadnji poseg: 16.02.2018, Nasl. poseg: 04.03.2018</p> <p><b>PALAS, TECORA, TEOM, OPSIS, TSI, LECKEL - Clean inlet (glavo)</b> Zadnji poseg: 16.02.2018, Nasl. poseg: 16.03.2018</p>
6160	Merilnik BTX	6160	<p><b>Naravnavanje</b> Nasl. poseg: 25.07.2018</p>

### 3.2. PRIKAZ REZULTATOV MERITEV

V poročilu so za leto 2017 podani rezultati urnih in dnevni vrednosti za parametre SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> in PAH ter statistična analiza v skladu s predpisano zakonodajo. Podani so tudi rezultati meritev meteoroloških parametrov in hrupa v letu 2017 na tej lokaciji. Vse leto je na lokaciji AMP Tivolska - Vošnjakova izmerjena največja obremenitev z delci PM<sub>10</sub>, opazna je relativno visoka obremenitev z dušikovim monoksidom in dušikovim dioksidom. Postaja je locirana v bližini prometnice, zato znatna prisotnost NO/NO<sub>2</sub> oz NO<sub>x</sub> ne preseneča. Izmerjene koncentracije SO<sub>2</sub> so relativno nizke, večina izmerjenih koncentracij je prišla iz severovzhoda. Prav tako so izmerjene vrednosti PAH nizke.

#### Pregled preseženih vrednosti: SO<sub>2</sub> do januar 2018

postaja	meritve od	nad MVU	AV	nad MVD	podatkov
		urne v.	3 urne v.	dnevne v.	%
Tivolska - Vošnjakova	01.01.2017	0	0	0	100

#### Pregled preseženih vrednosti: NO<sub>2</sub> do januar 2018

postaja	meritve od	nad MVU	AV	nad MVD	podatkov
		urne v.	3 urne v.	dnevne v.	%
Tivolska - Vošnjakova	01.01.2017	1	0	-	100

#### Pregled preseženih vrednosti: delci PM<sub>10</sub> do januar 2018

postaja	meritve od	nad MVU	AV	nad MVD	podatkov
		urne v.	3 urne v.	dnevne v.	%
Tivolska - Vošnjakova	01.01.2017	-	-	51	98

#### Pregled srednjih koncentracij: SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) za leto 2017 in pretekla leta

postaja	2015	2016	2017
Tivolska - Vošnjakova	2	2	2

#### Pregled srednjih koncentracij: NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) za leto 2017 in pretekla leta

postaja	2015	2016	2017
Tivolska - Vošnjakova	36	32	50

#### Pregled srednjih koncentracij: NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) za leto 2017 in pretekla leta

postaja	2015	2016	2017
Tivolska - Vošnjakova	72	75	111

#### Pregled srednjih koncentracij: delci PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) za leto 2017 in pretekla leta

postaja	2015	2016	2017
Tivolska - Vošnjakova	40	39	33

#### Pregled srednjih koncentracij: benzen (µg/m<sup>3</sup>) za leto 2017 in pretekla leta

postaja	2015	2016	2017
Tivolska - Vošnjakova	3	3	3

**Pregled srednjih koncentracij: toluen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) za leto 2017 in pretekla leta**

postaja	2015	2016	2017
Tivolska - Vošnjakova	5	6	4

**Pregled srednjih koncentracij: M & P ksilen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) za leto 2017 in pretekla leta**

postaja	2015	2016	2017
Tivolska - Vošnjakova	4	5	4

**Pregled srednjih koncentracij: etilbenzen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) za leto 2017 in pretekla leta**

postaja	2015	2016	2017
Tivolska - Vošnjakova	0	1	0

**Pregled srednjih koncentracij: O-ksilen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) za leto 2017 in pretekla leta**

postaja	2015	2016	2017
Tivolska - Vošnjakova	0	1	0

**3.2.1. Pregled koncentracij v zraku:  $\text{SO}_2$** 

V letu 2017 je izmerjeno več kot 90 % pravih rezultatov urnih koncentracij  $\text{SO}_2$  v zraku, zato se rezultati obravnavajo kot uradni podatki meritev  $\text{SO}_2$  monitoringa kakovosti zunanjega zraka MO Ljubljana. Urna mejna vrednost ( $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in dnevna mejna vrednost  $\text{SO}_2$  ( $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nista bili preseženi. Maksimalna urna koncentracija  $\text{SO}_2$  je znašala  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , maksimalna dnevna koncentracija  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Srednja letna koncentracija je znašala  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vrednost indeksa kakovosti zraka (CAQI) za ta parameter je zelo nizek. Onesnaženje je prišlo v največji meri iz severovzhoda. Največji deleži so iz smeri NE.

Mejne in alarmne vrednosti ter kritične vrednosti za varstvo rastlin za  $\text{SO}_2$ :

časovni interval povprečenja	mejna vrednost ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	alarmna vrednost ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Priporočila po WHO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1 ura	350 (ne sme biti presežena več kot 24-krat v koledarskem letu)	-	-
3-urni interval	-	500	-
10-minut	-	-	500
1 dan	125 (ne sme biti presežena več kot 3-krat v koledarskem letu)	-	20
časovni interval povprečenja	kritična vrednost ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	sprejemljivo preseganje ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
zimski čas od 1. oktobra do 31. marca	20	-	-
koledarsko leto	20	-	-

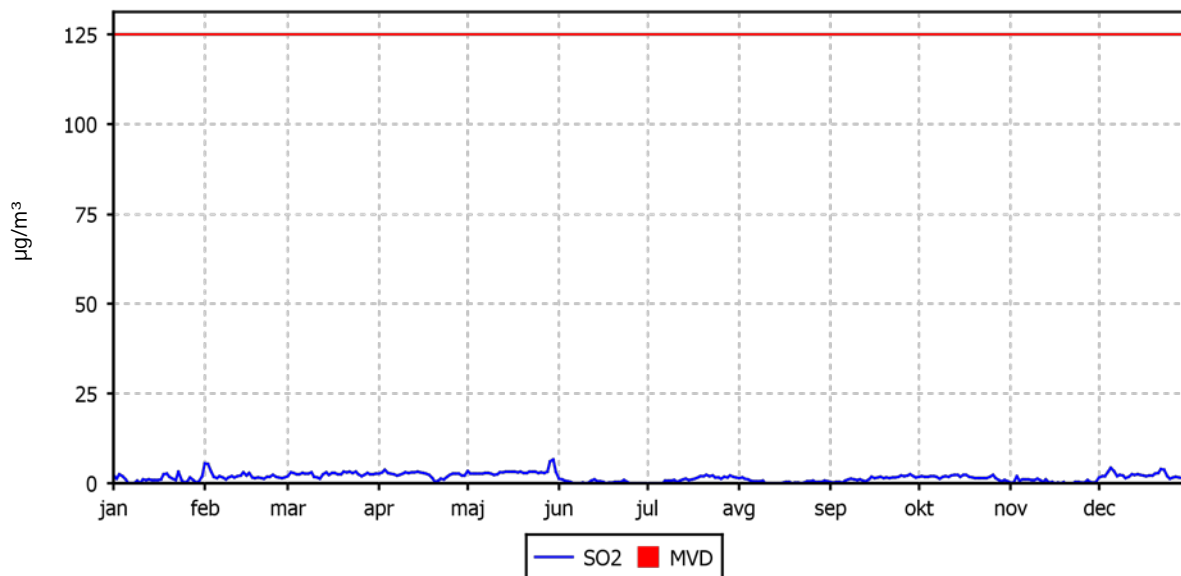
Obdobje meritev: 01.01.2017 do 01.01.2018

Razpoložljivih urnih podatkov:	8724	100%
Maksimalna urna koncentracija:	14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	09.03.2017 14:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30.05.2017
Minimalna dnevna koncentracija:	0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	07.01.2017
Srednja koncentracija v obdobju:	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Srednja konc. v zimskem času (1.10.16 - 1.4.17):	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Število primerov urne koncentracije		
- nad MVU 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :	0	
Število primerov dnevne koncentracije		
- nad MVD 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :	0	
- nad vrednostjo 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :	0	
- nad vrednostjo 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :	0	
Št. intervalov 3 zaporednih ur nad AV 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :	0	
Percentilna vrednost		
- 99.7 p.v. - urnih koncentracij:	8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 99.2 p.v. - dnevni koncentracij:	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

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

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

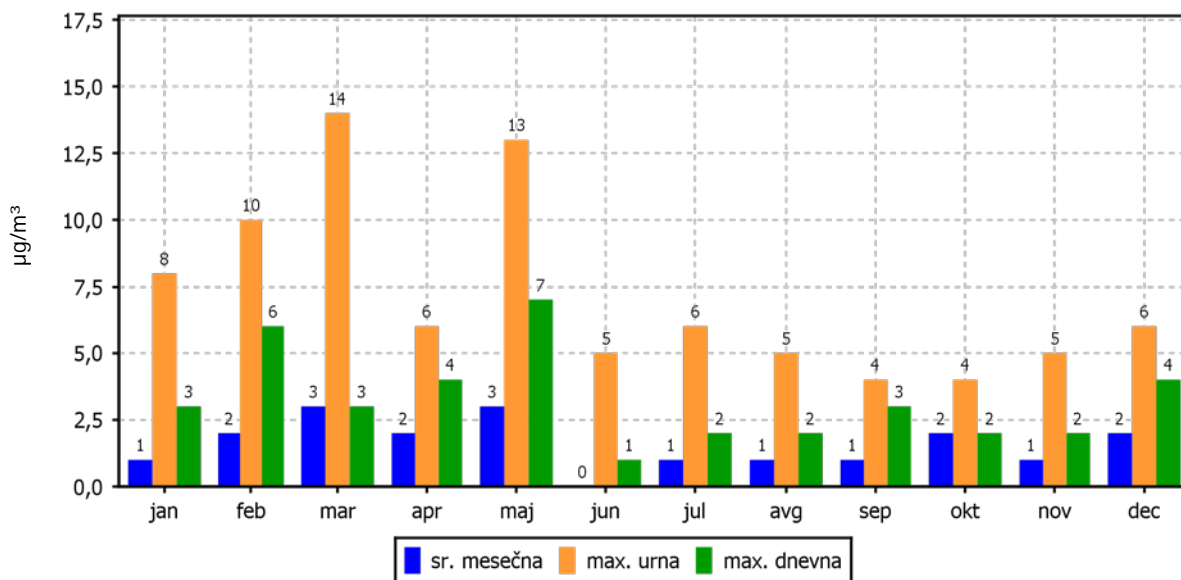
01.01.2017 do 01.01.2018



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

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

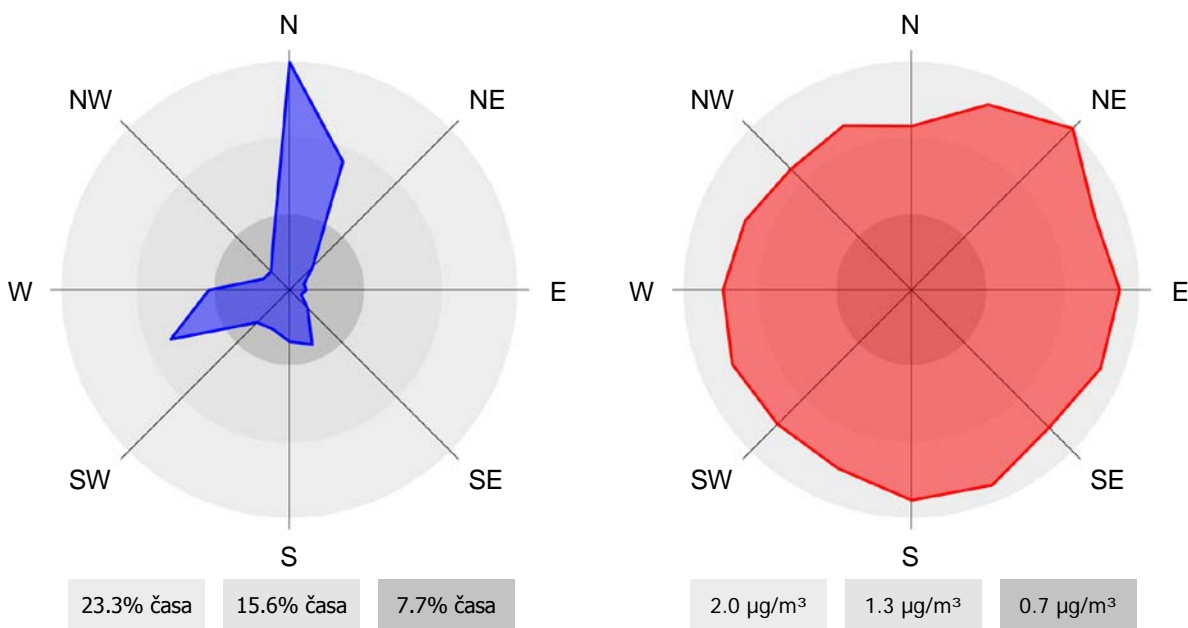
01.01.2017 do 01.01.2018



### ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2017 do 01.01.2018





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

V letu 2017 je bilo izmerjeno več kot 90 % pravih rezultatov urnih koncentracij NO<sub>2</sub> v zraku, zato se rezultati obravnavajo kot uradni podatki meritev NO<sub>2</sub> monitoringa kakovosti zunanjega zraka MO Ljubljana. Urna mejna vrednost (200 µg/m<sup>3</sup>) je bila presežena 1-krat, dne 02.02.2017, kljub temu pa alarmna mejna vrednost (koncentracije 3-eh zaporednih ur nad 400 µg/m<sup>3</sup>) NO<sub>2</sub> ni bila presežena. Maksimalna urna koncentracija NO<sub>2</sub> je znašala 202 µg/m<sup>3</sup>, maksimalna dnevna koncentracija 107 µg/m<sup>3</sup>. Srednja letna koncentracija je znašala 50 µg/m<sup>3</sup>. Vrednost indeksa kakovosti zraka (CAQI) za ta parameter je visok. Onesnaženje NO<sub>2</sub> je v največjem obsegu prišlo iz zahodnih smeri. Največji deleži so iz smeri W in WSW.

Mejne in alarmne vrednosti za dušikov dioksid ter kritična vrednost za varstvo rastlin za NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>:

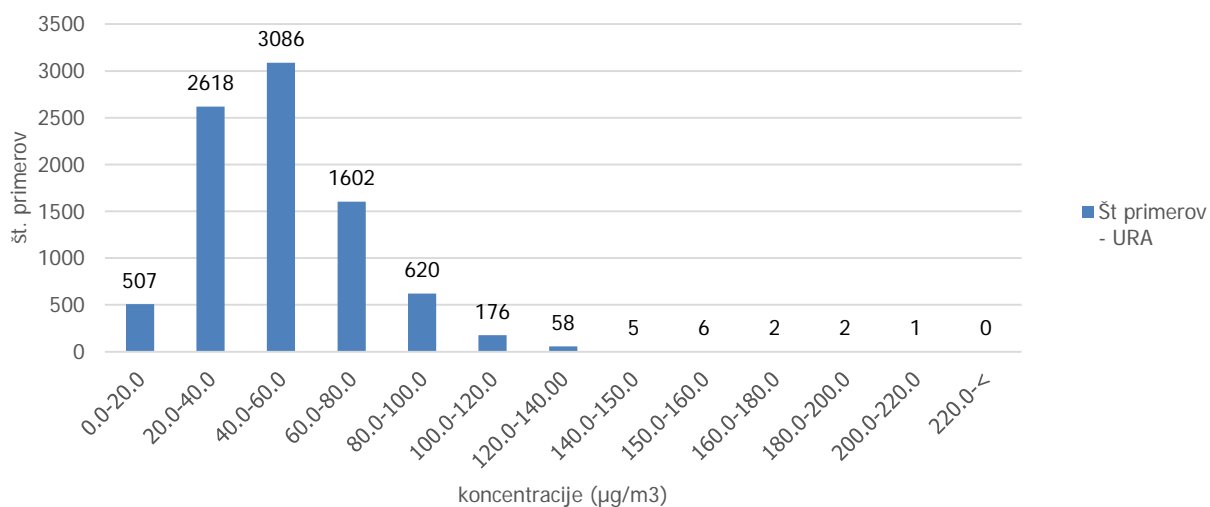
časovni interval povprečenja	mejna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	alarmna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	Priporočila po WHO (µg/m <sup>3</sup> )
1 ura	200 (velja za NO <sub>2</sub> ) (ne sme biti presežena več kot 18-krat v koledarskem letu)	-	200 (velja za NO <sub>2</sub> )
3-urni interval	-	400 (velja za NO <sub>2</sub> )	-
koledarsko leto	40 (velja za NO <sub>2</sub> )	-	40 (velja za NO <sub>2</sub> )
časovni interval povprečenja	kritična vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	sprejemljivo preseganje (µg/m <sup>3</sup> )	
koledarsko leto	30 (velja za NO <sub>x</sub> )	-	-

Opomba: Od leta 2010, vključno z njim, za dušikov dioksid ni sprejemljivega preseganja

Obdobje meritev: 01.01.2017 do 01.01.2018

Razpoložljivih urnih podatkov:	8683	100%
Maksimalna urna koncentracija:	202 µg/m <sup>3</sup>	02.02.2017 13:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	107 µg/m <sup>3</sup>	02.02.2017
Minimalna dnevna koncentracija:	24 µg/m <sup>3</sup>	02.09.2017
Srednja koncentracija v obdobju:	50 µg/m <sup>3</sup>	
Število primerov urne koncentracije		
- nad MVU 200 µg/m <sup>3</sup> :	1	
Število primerov dnevne koncentracije		
- nad vrednostjo 100 µg/m <sup>3</sup> :	2	
- 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:	107 µg/m <sup>3</sup>	
- 99.8 p.v. - dnevnih koncentracij:	104 µg/m <sup>3</sup>	

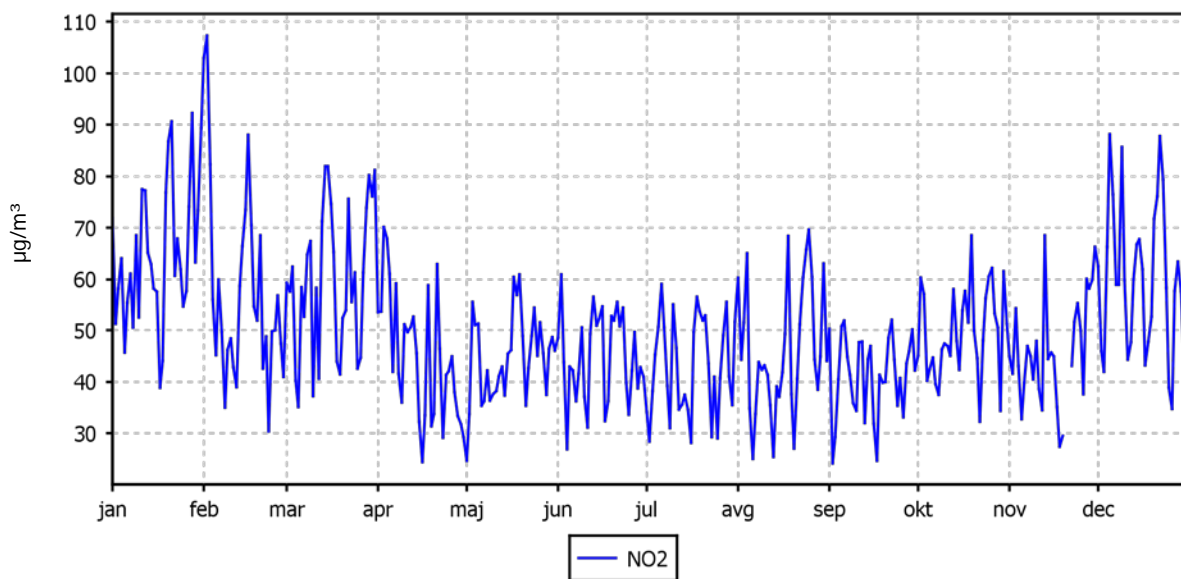
### ferkvenčna porazdelitev koncentracij NO<sub>2</sub>



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

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

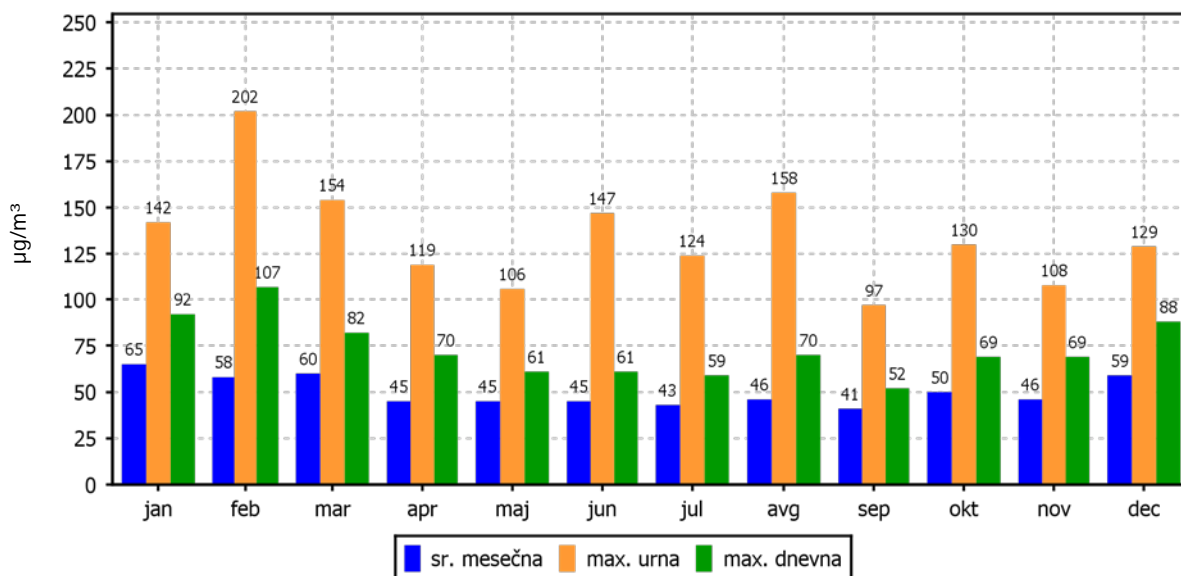
01.01.2017 do 01.01.2018



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

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

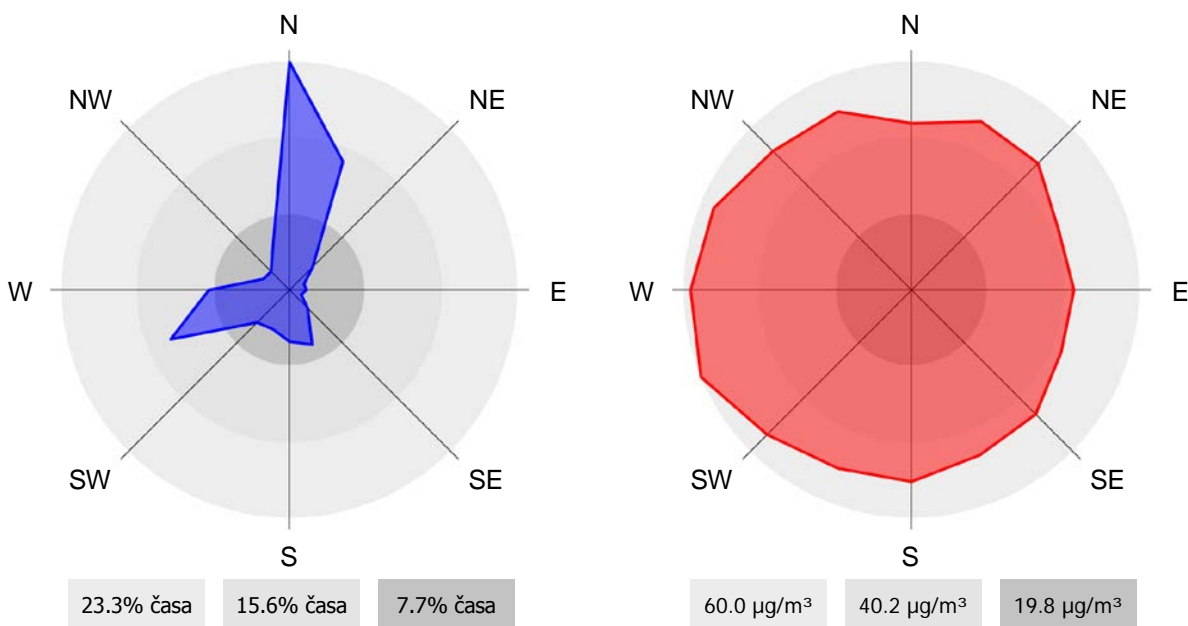
01.01.2017 do 01.01.2018



### ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2017 do 01.01.2018

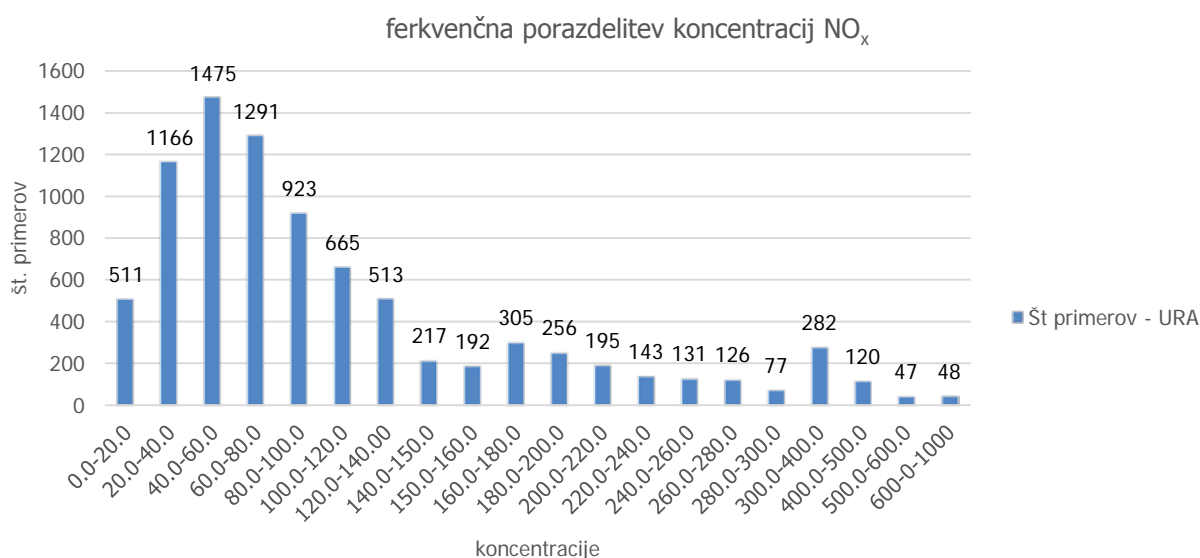


### 3.2.3. Pregled koncentracij v zraku: NO<sub>x</sub>

Maksimalna urna koncentracija NO<sub>x</sub> je znašala 1280 µg/m<sup>3</sup>, maksimalna dnevna koncentracija pa 649 µg/m<sup>3</sup>. Srednja letna koncentracija je znašala 111 µg/m<sup>3</sup>. Onesnaženje NO<sub>x</sub> je v največjem obsegu prišlo iz zahoda. Največ iz smeri W in WSW.

Obdobje meritev: 01.01.2017 do 01.01.2018

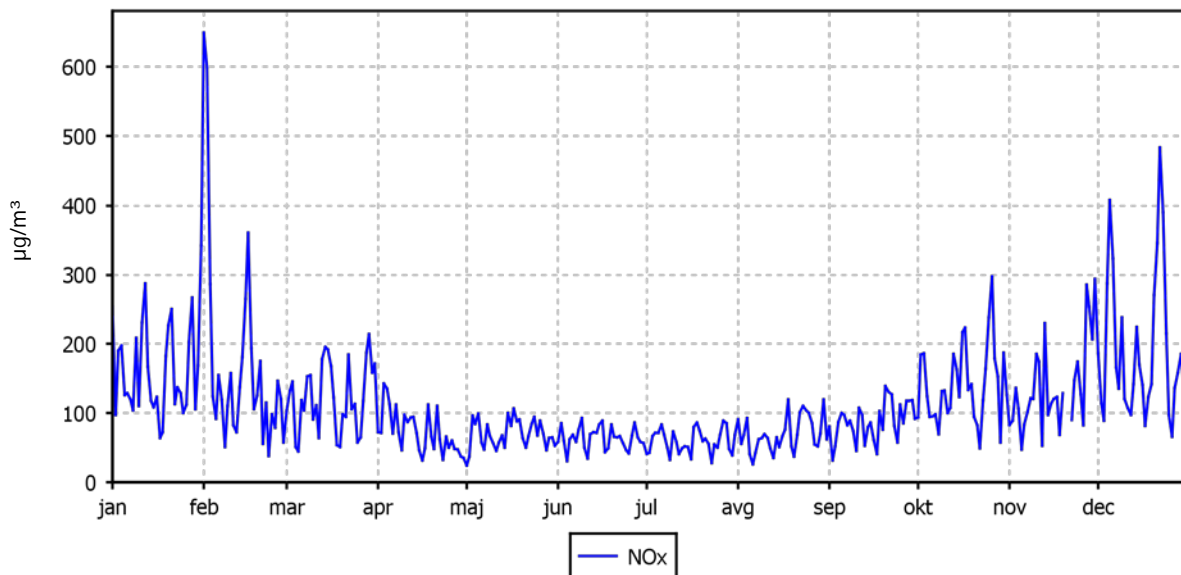
Razpoložljivih urnih podatkov:	8683	100%
Maksimalna urna koncentracija:	1280 µg/m <sup>3</sup>	02.02.2017 15:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	649 µg/m <sup>3</sup>	01.02.2017
Minimalna dnevna koncentracija:	24 µg/m <sup>3</sup>	01.05.2017
Srednja koncentracija v obdobju:	111 µg/m <sup>3</sup>	
Srednja konc. v zimskem času (1.10.16 - 1.4.17):	139 µg/m <sup>3</sup>	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	422 µg/m <sup>3</sup>	
- 99.8 p.v. - dnevnih koncentracij:	613 µg/m <sup>3</sup>	



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

OMS - MOL (Tivolska - Vošnjakova)

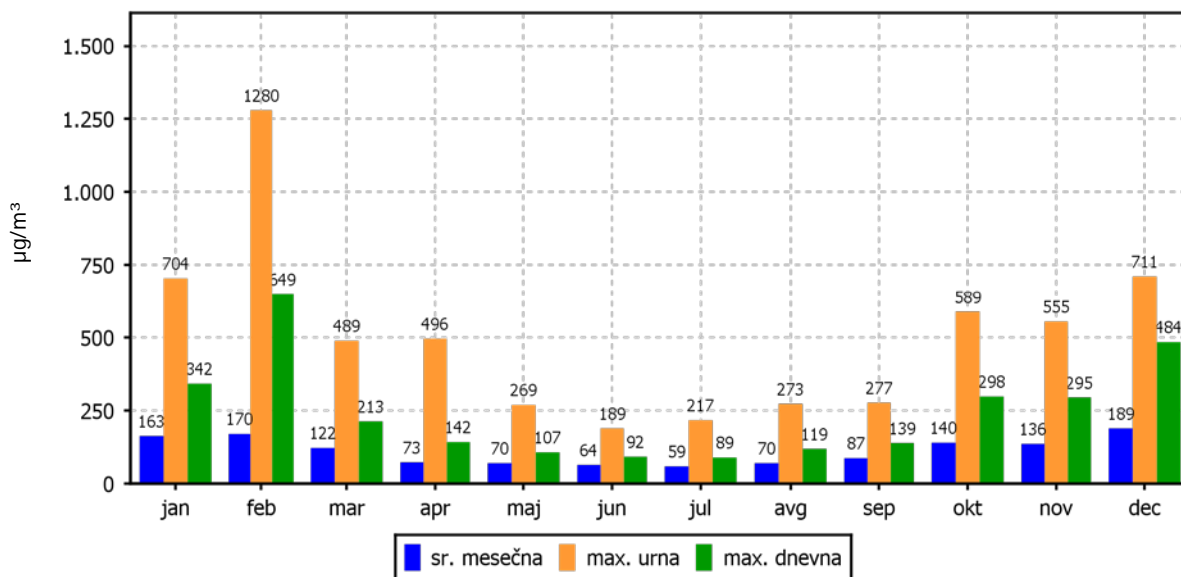
01.01.2017 do 01.01.2018



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

OMS - MOL (Tivolska - Vošnjakova)

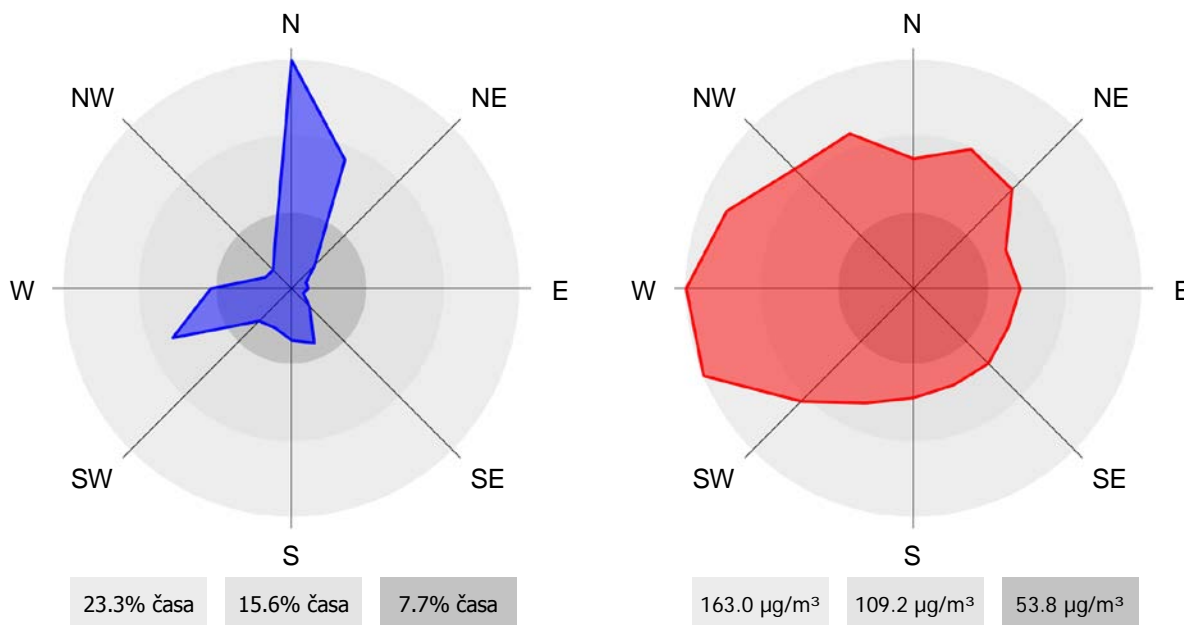
01.01.2017 do 01.01.2018



### ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

OMS - MOL (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2017 do 01.01.2018



#### 3.2.4. Pregled koncentracij v zraku: PAH

V letu 2017 je bilo izmerjeno več kot 90 % pravih rezultatov urnih koncentracij PAH v zraku, zato se rezultati obravnavajo kot uradni podatki meritev PAH monitoringa kakovosti zunanjega zraka MO Ljubljana. Letna mejna vrednost benzene ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ni bila presežena. Maksimalna urna koncentracija benzene je znašala  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , maksimalna dnevna koncentracija pa  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Srednja letna koncentracija je znašala  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Večje koncentracije so bile v času od oktobra do februarja 2017. Onesnaženje benzene je v največjem obsegu prišlo iz zahodnih smeri. Največji deleži so iz smeri W in NNW.

Mejne vrednosti za benzen :

časovni interval povprečenja	mejna vrednost ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Priporočila po WHO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Koledarsko leto	5	Je karcinogen, zato ga WHO v ozračju odsvetuje

- Benzen**

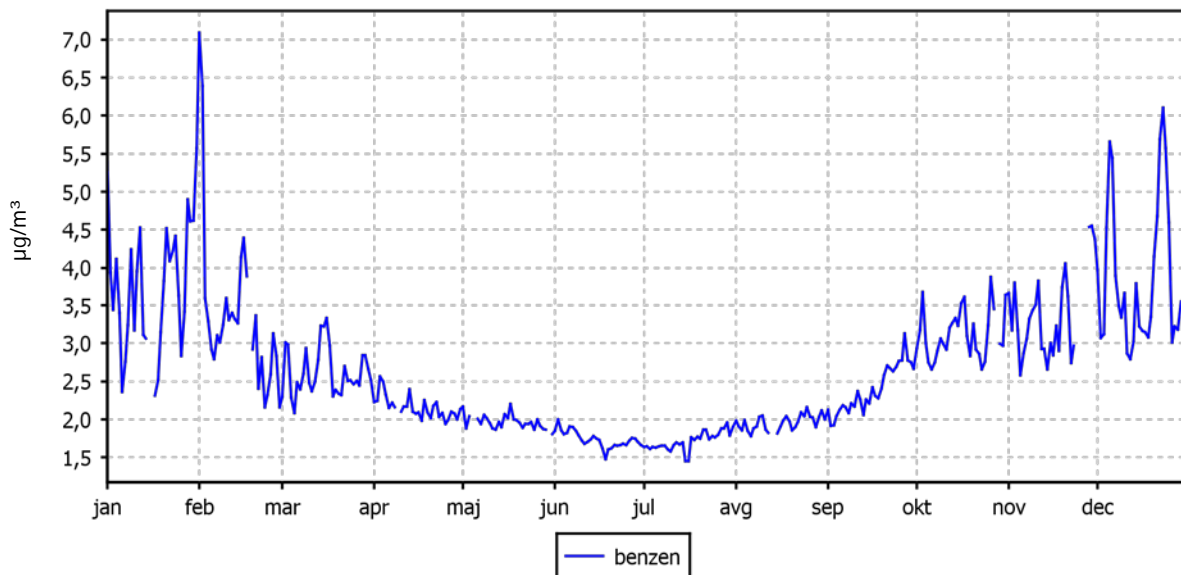
Obdobje meritev: 01.01.2017 do 01.01.2018

Razpoložljivih urnih podatkov:	8486	97%
Maksimalna urna koncentracija:	$9 \mu\text{g}/\text{m}^3$	02.02.2017 13:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	$7 \mu\text{g}/\text{m}^3$	01.02.2017
Minimalna dnevna koncentracija:	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	15.07.2017
Srednja koncentracija v obdobju:	$3 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	$6 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 50 p.v. - dnevnih koncentracij:	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	

### DNEVNE KONCENTRACIJE - benzen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

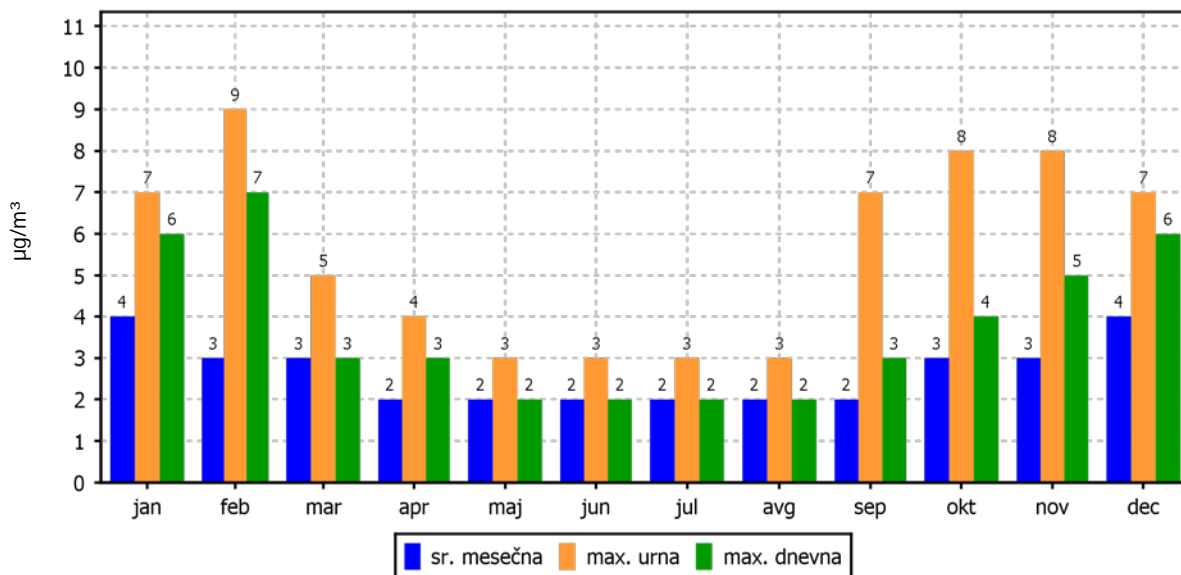
01.01.2017 do 01.01.2018



### KONCENTRACIJE - benzen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

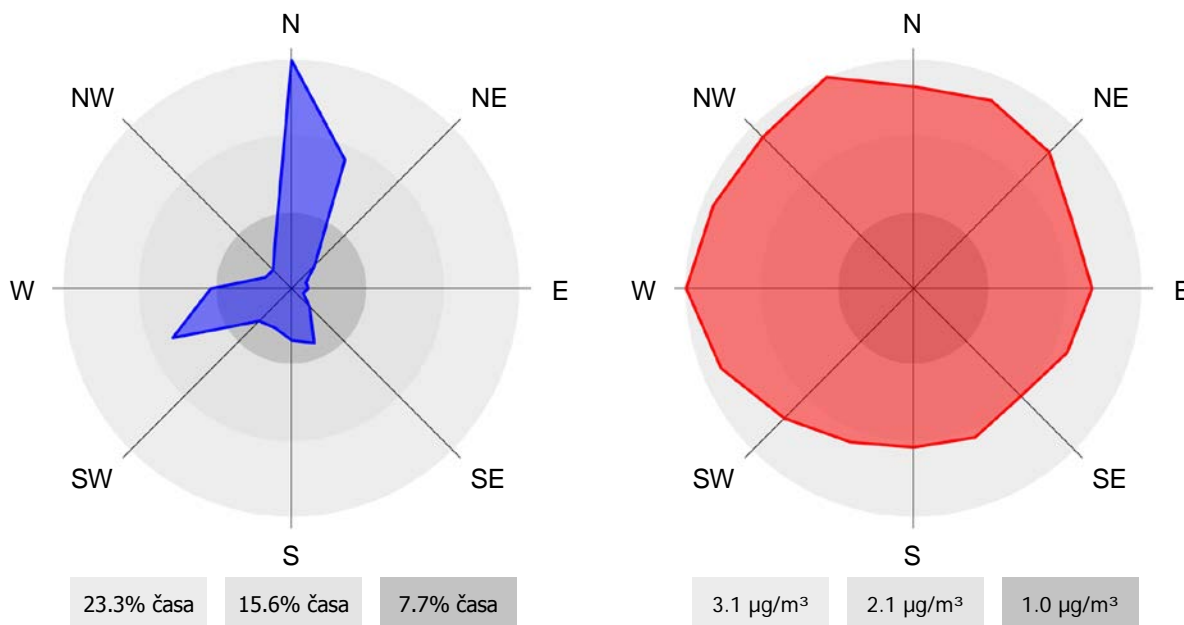
01.01.2017 do 01.01.2018



## ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2017 do 01.01.2018



- Toluene**

Maksimalna urna koncentracija toluena je znašala  $589 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , maksimalna dnevna koncentracija pa  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tako velika koncentracija je bila 1-kraten dogodek, ki je najverjetneje nastal zaradi uporabe močnih barvil v okolju. Srednja letna koncentracija je znašala  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Onesnaženje toluena je v največjem obsegu prišlo iz severo-zahodnih smeri. Največji deleži so iz smeri W, NNW in S.

Obdobje meritev: 01.01.2017 do 01.01.2018

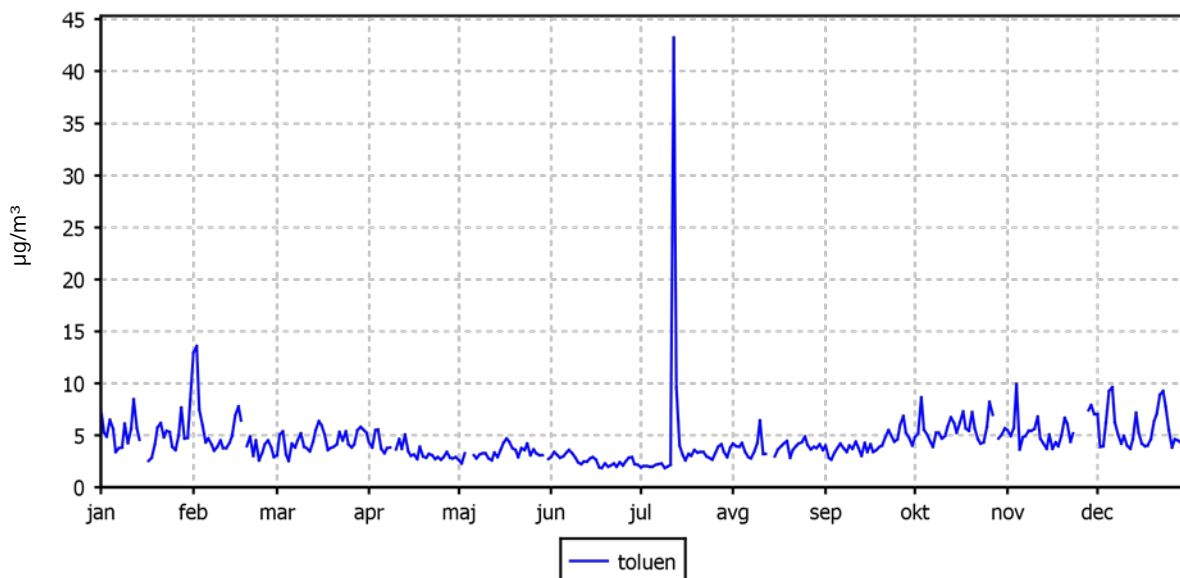
Razpoložljivih urnih podatkov:	8486	97%
Maksimalna urna koncentracija:	$589 \mu\text{g}/\text{m}^3$	12.07.2017 22:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	$43 \mu\text{g}/\text{m}^3$	12.07.2017
Minimalna dnevna koncentracija:	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	18.06.2017
Srednja koncentracija v obdobju:	$4 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 50 p.v. - dnevnih koncentracij:	$4 \mu\text{g}/\text{m}^3$	



### DNEVNE KONCENTRACIJE - toluen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

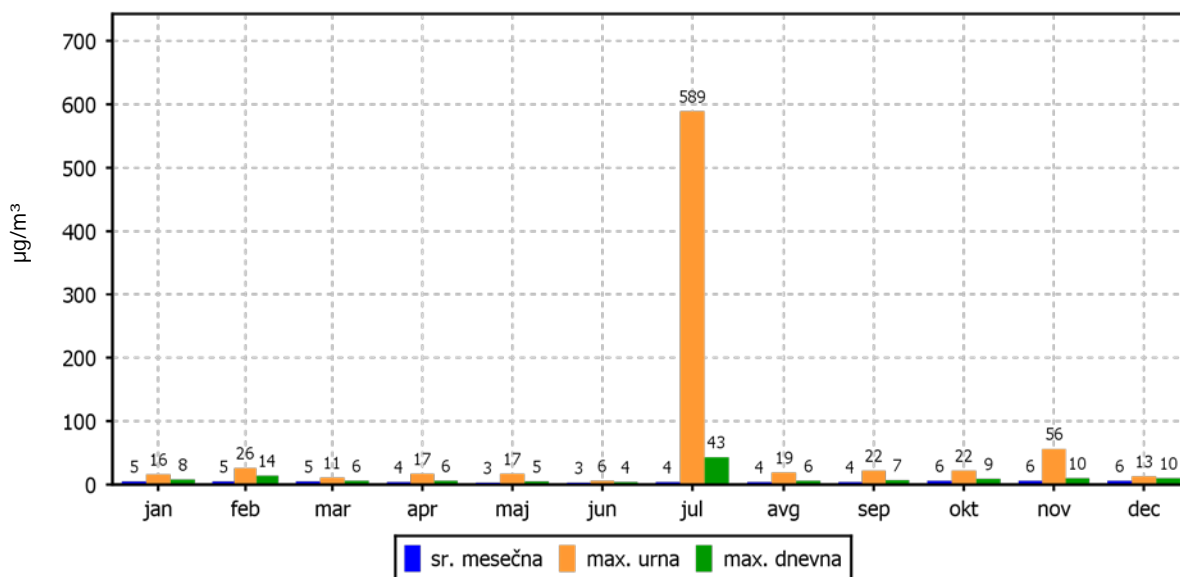
01.01.2017 do 01.01.2018



### KONCENTRACIJE - toluen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

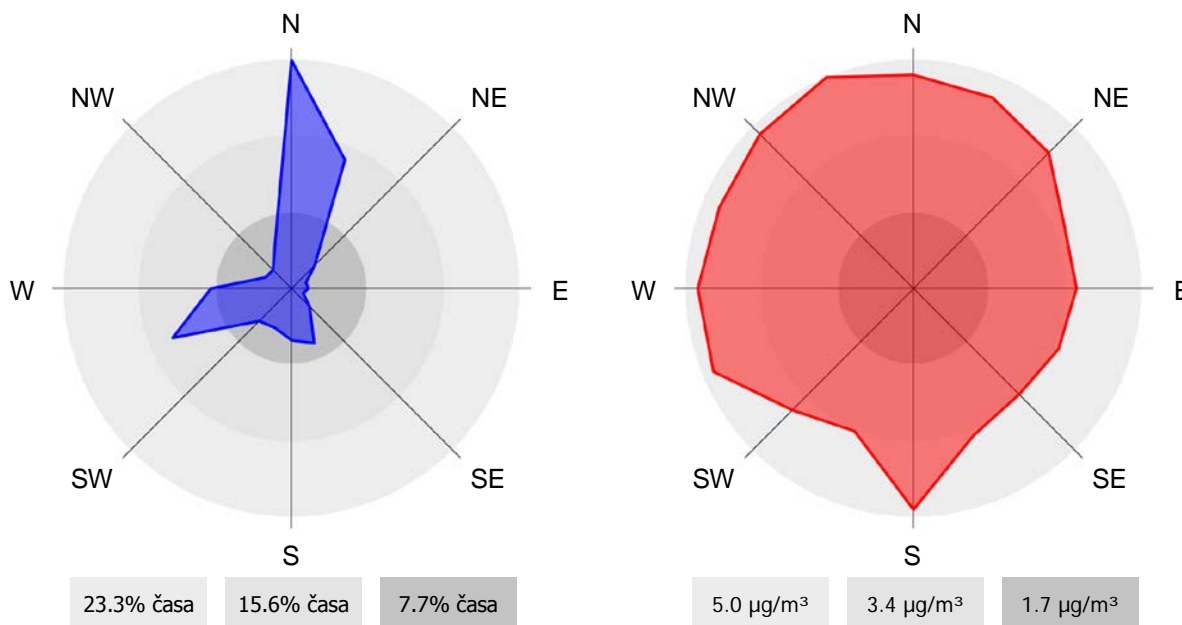
01.01.2017 do 01.01.2018



## ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2017 do 01.01.2018



- M & P ksilen**

Maksimalna urna koncentracija toluena je znašala 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , maksimalna dnevna koncentracija pa 12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Srednja letna koncentracija je znašala 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Onesnaženje toluena je v največjem obsegu prišlo iz severozahodnih smeri.

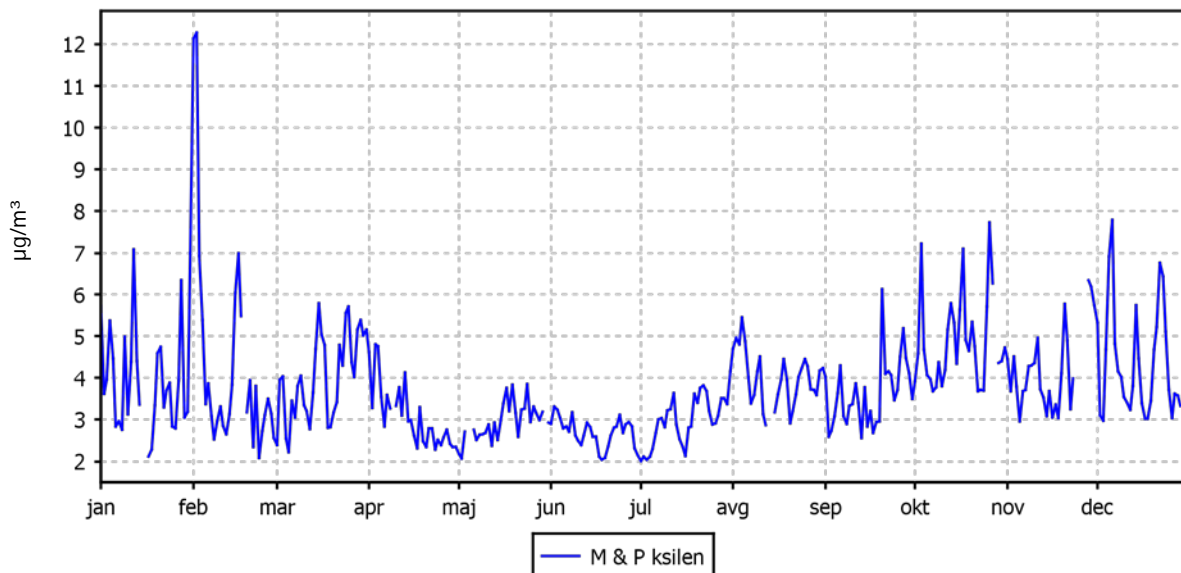
Obdobje meritev: 01.01.2017 do 01.01.2018

Razpoložljivih urnih podatkov:	8486	97%
Maksimalna urna koncentracija:	24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	02.02.2017 16:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	02.02.2017
Minimalna dnevna koncentracija:	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	01.07.2017
Srednja koncentracija v obdobju:	4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 50 p.v. - dnevnih koncentracij:	3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

### DNEVNE KONCENTRACIJE - M & P ksilen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

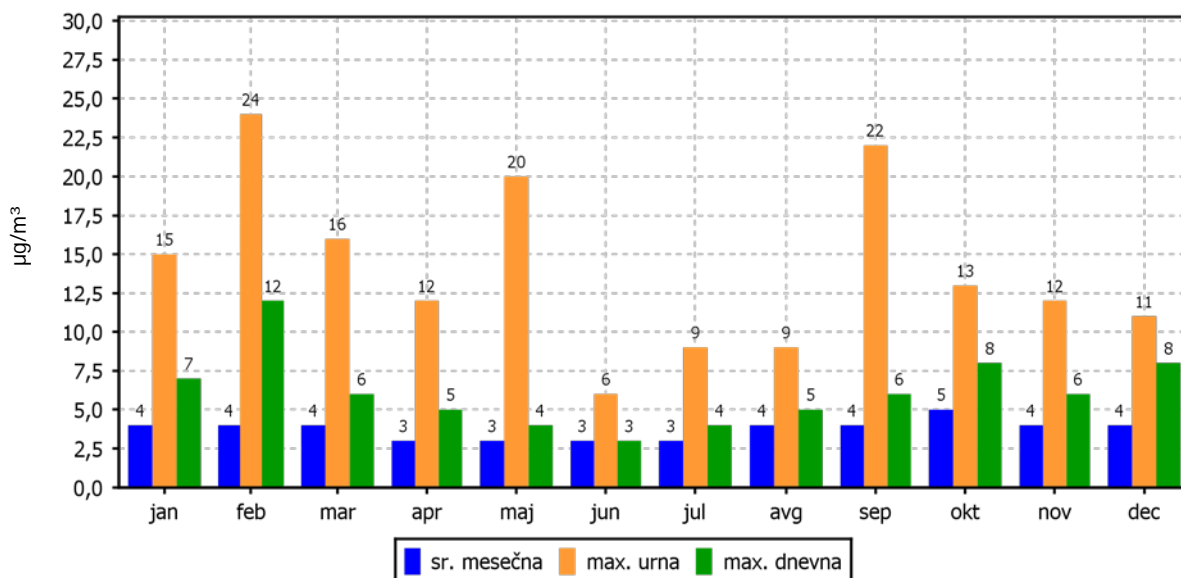
01.01.2017 do 01.01.2018



### KONCENTRACIJE - M & P ksilen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

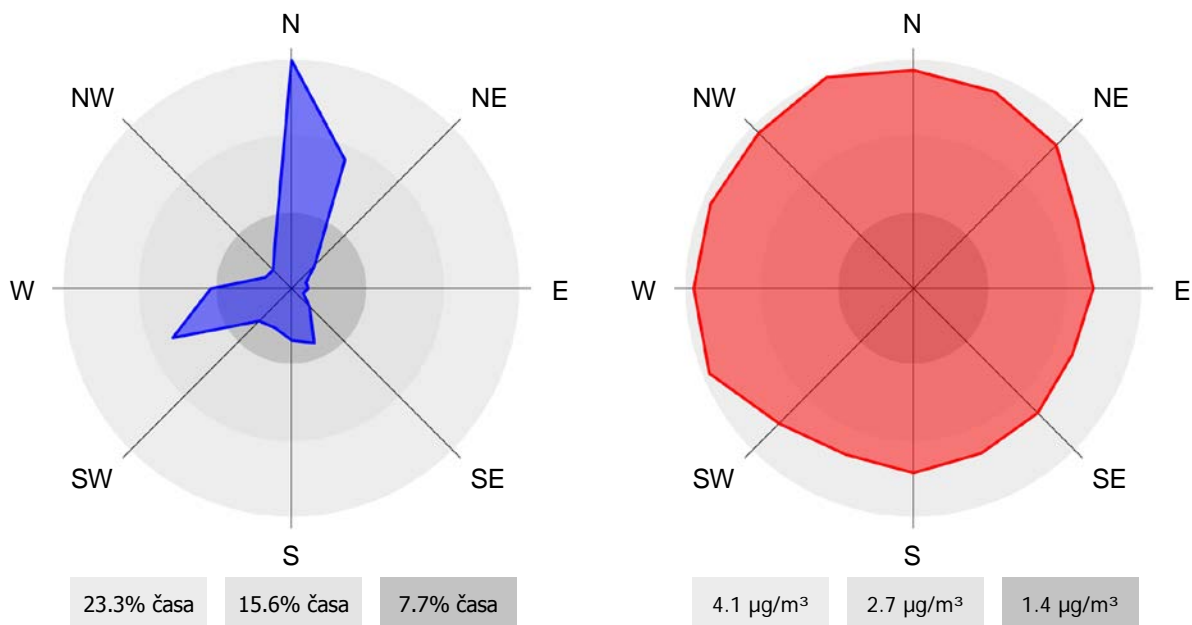
01.01.2017 do 01.01.2018



## ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2017 do 01.01.2018



- **O-ksilen**

Maksimalna urna koncentracija toluena je znašala 9 µg/m<sup>3</sup>, maksimalna dnevna koncentracija pa 3 µg/m<sup>3</sup>. Srednja letna koncentracija je znašala 0 µg/m<sup>3</sup>. Onesnaženje toluena je v največjem obsegu prišlo iz severozahodnih smeri.

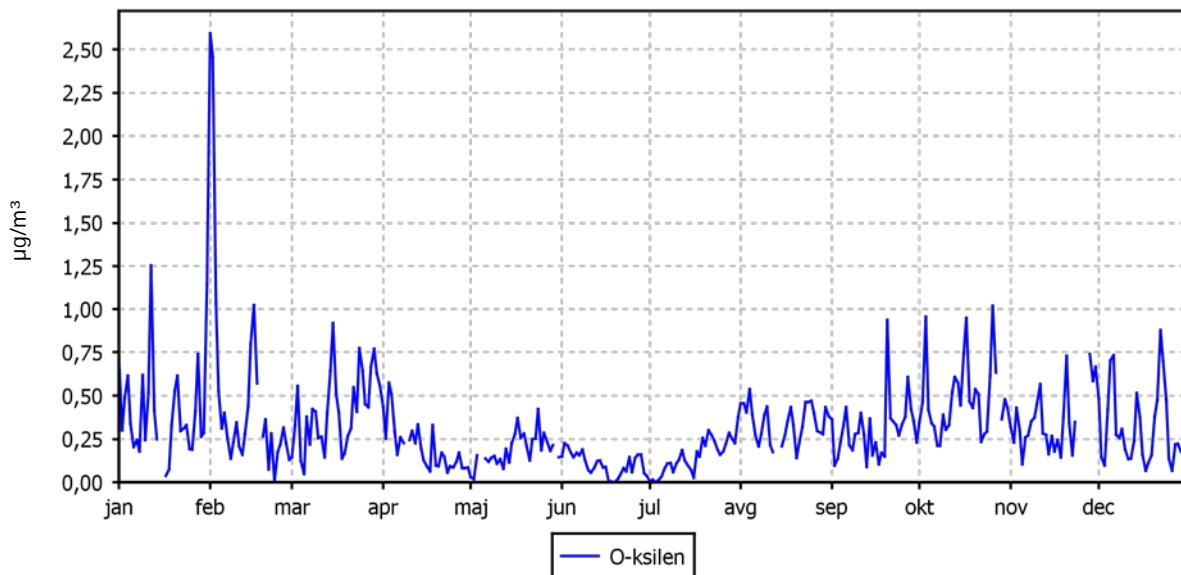
Obdobje meritev: 01.01.2017 do 01.01.2018

Razpoložljivih urnih podatkov:	8486	97%
Maksimalna urna koncentracija:	9 µg/m <sup>3</sup>	02.02.2017 16:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	3 µg/m <sup>3</sup>	01.02.2017
Minimalna dnevna koncentracija:	0 µg/m <sup>3</sup>	17.06.2017
Srednja koncentracija v obdobju:	0 µg/m <sup>3</sup>	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	1 µg/m <sup>3</sup>	
- 50 p.v. - dnevni koncentracij:	0 µg/m <sup>3</sup>	

### DNEVNE KONCENTRACIJE - O-ksilen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

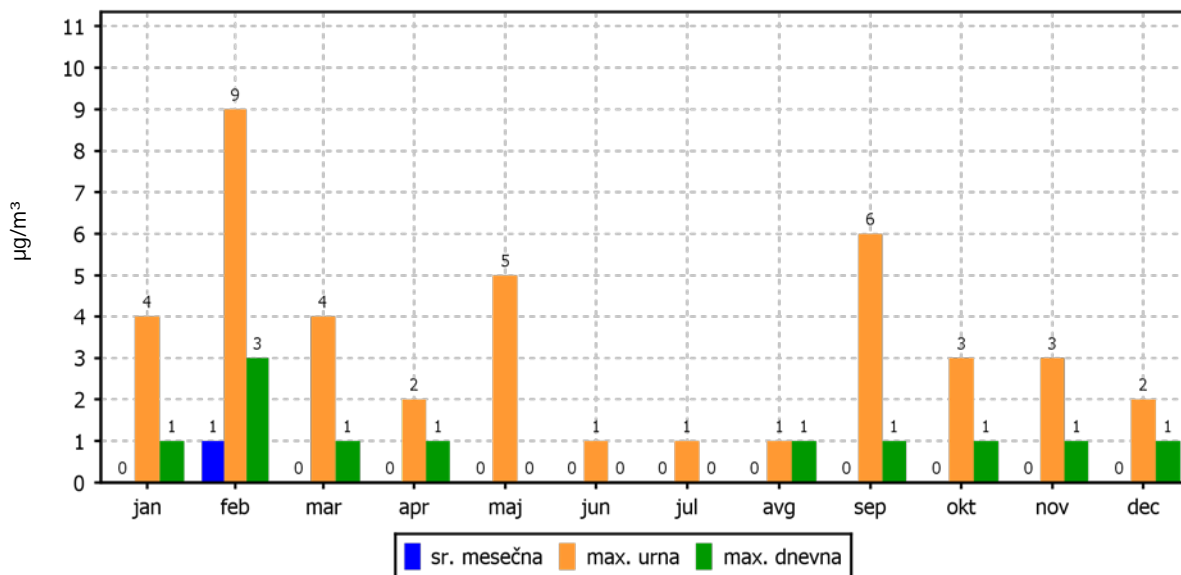
01.01.2017 do 01.01.2018



### KONCENTRACIJE - O-ksilen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

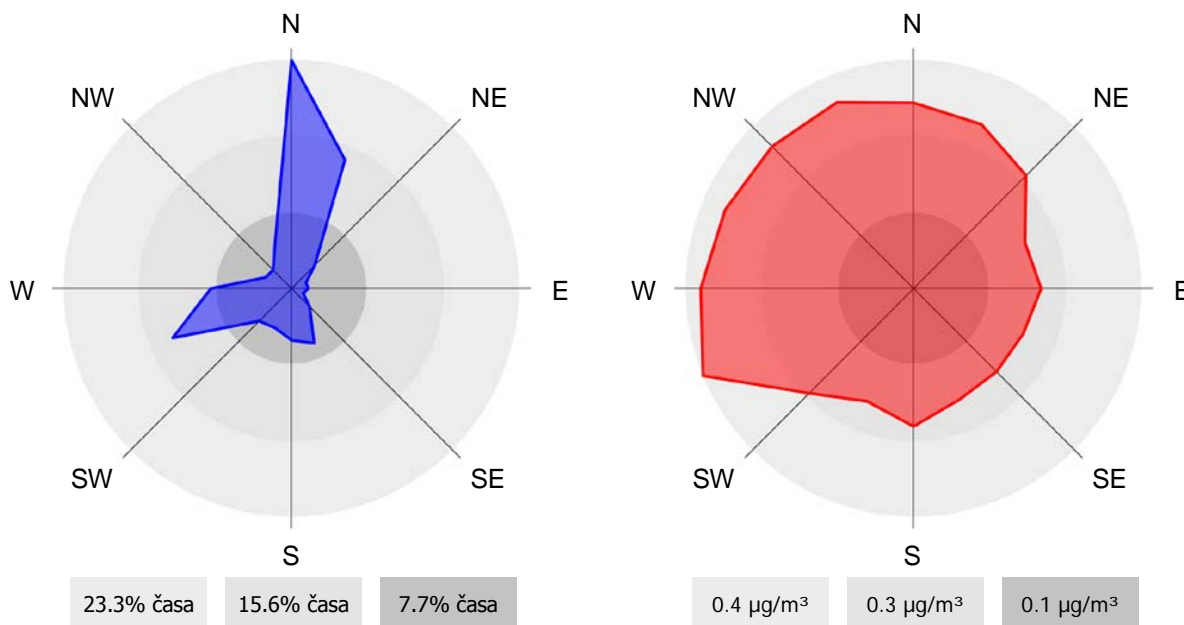
01.01.2017 do 01.01.2018



## ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2017 do 01.01.2018



- Etilbenzen**

Maksimalna urna koncentracija toluena je znašala  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , maksimalna dnevna koncentracija pa  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Srednja letna koncentracija je znašala  $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Onesnaženje toluena je v največjem obsegu prišlo iz severozahodnih smeri. Ksilen in etilbenzen sta imela najvišjo koncentracijo na isti dan v letu 2017 ampak v različnem času.

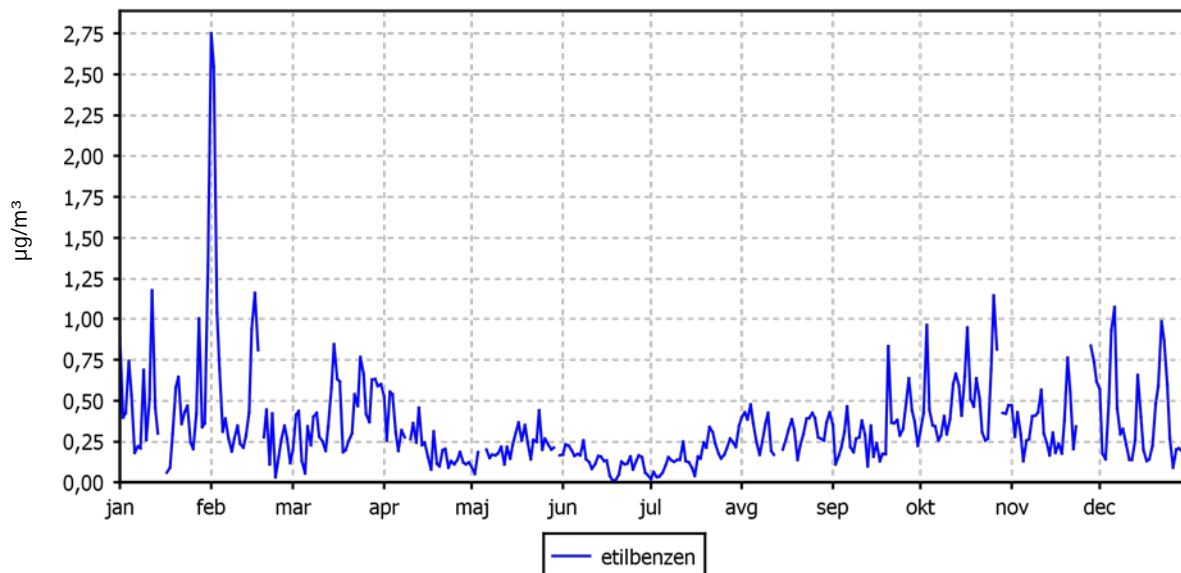
Obdobje meritev: 01.01.2017 do 01.01.2018

Razpoložljivih urnih podatkov:	8486	97%
Maksimalna urna koncentracija:	$7 \mu\text{g}/\text{m}^3$	02.02.2017 13:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	$3 \mu\text{g}/\text{m}^3$	01.02.2017
Minimalna dnevna koncentracija:	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	19.06.2017
Srednja koncentracija v obdobju:	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Percentilna vrednost		
- 98 p.v. - urnih koncentracij:	$1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 50 p.v. - dnevnih koncentracij:	$0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	

### DNEVNE KONCENTRACIJE - etilbenzen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

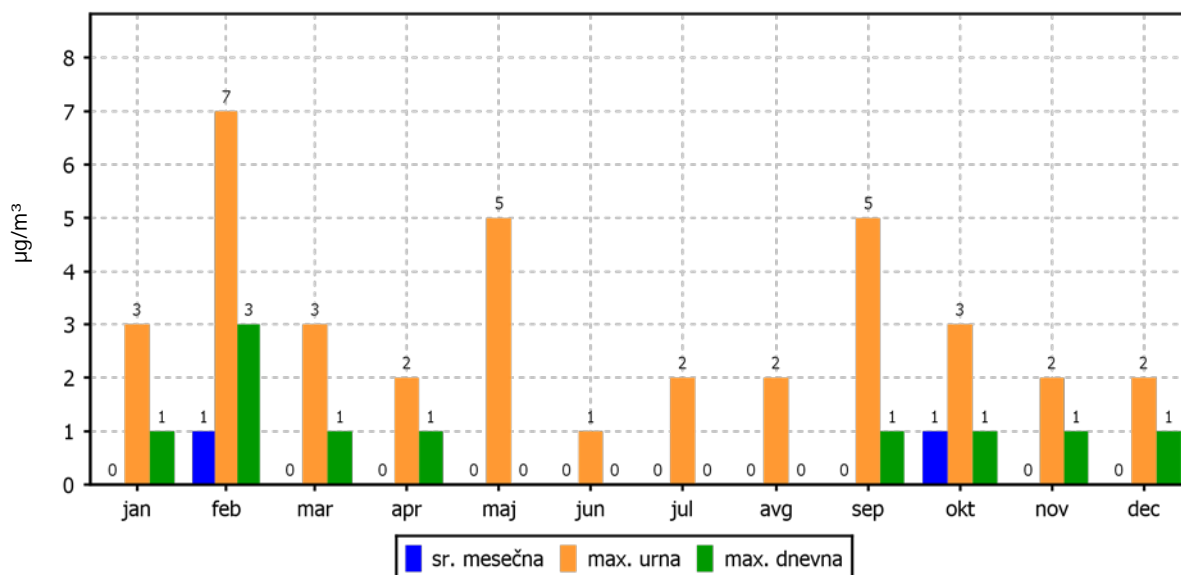
01.01.2017 do 01.01.2018



### KONCENTRACIJE - etilbenzen

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

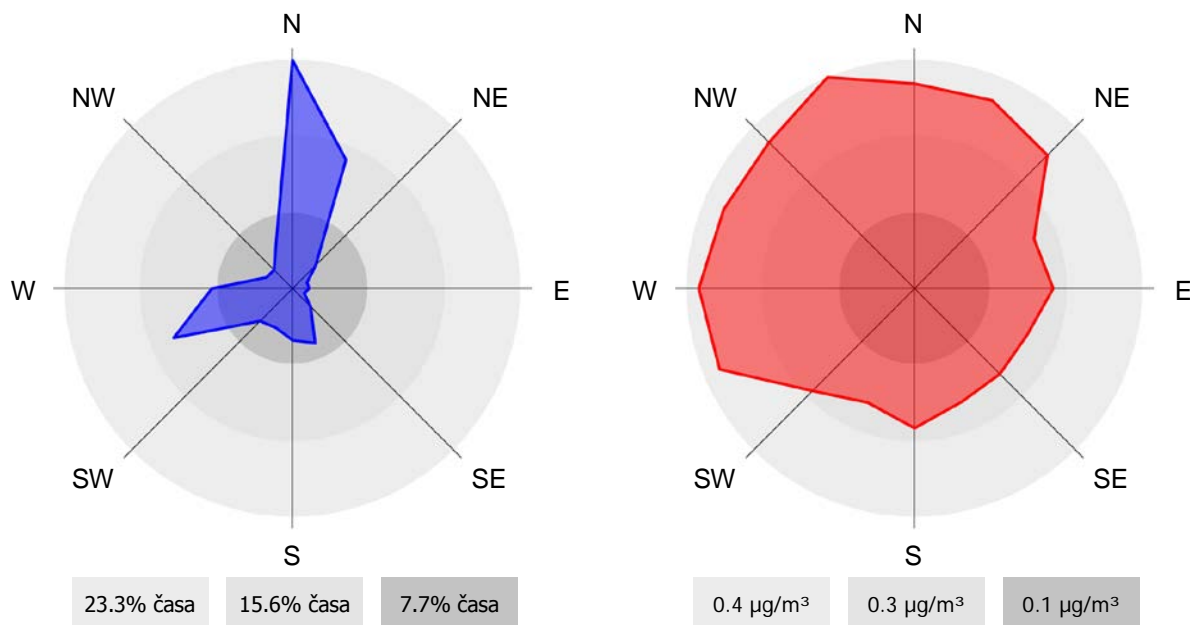
01.01.2017 do 01.01.2018



## ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2017 do 01.01.2018



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

V letu 2017 je bilo izmerjenih več kot 90 % pravih rezultatov urnih koncentracij delcev PM<sub>10</sub> v zraku, zato se rezultati obravnavajo kot uradni podatki meritev delcev PM<sub>10</sub> monitoringa kakovosti zunanjega zraka MO Ljubljana. Dnevna mejna vrednost (50 µg/m<sup>3</sup>) je bila presežena 51-krat. Maksimalna urna koncentracija delcev PM<sub>10</sub> je znašala 556 µg/m<sup>3</sup>, maksimalna dnevna koncentracija 152 µg/m<sup>3</sup>. Srednja letna koncentracija je znašala 33 µg/m<sup>3</sup>. Vrednost indeksa kakovosti zraka (CAQI) za ta parameter je srednji. Onesnaženje z delci PM<sub>10</sub> je v največjem obsegu prišlo iz zahodnih strani. Največji deleži so iz smeri W in NW. Onesnaženje z delci lahko pripišemo lokalnim virom, bližini prometnic in daljinskega transporta.

Mejne vrednosti za delce PM<sub>10</sub>:

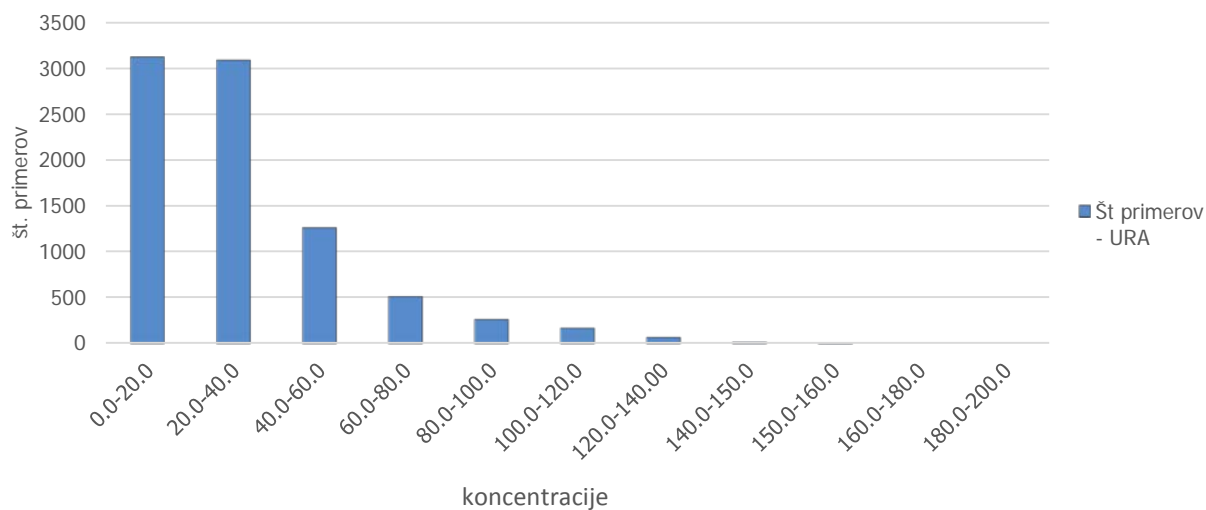
časovni interval povprečenja	mejna vrednost (µg/m <sup>3</sup> )	Priporočila po WHO (µg/m <sup>3</sup> )
1 dan	50 (ne sme biti presežena več kot 35-krat v koledarskem letu)	50
Koledarsko leto	40	20



Obdobje meritev: 01.01.2017 do 01.01.2018

Razpoložljivih urnih podatkov:	8545	98%
Maksimalna urna koncentracija:	556 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	14.01.2017 21:00:00
Maksimalna dnevna koncentracija:	152 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	01.01.2017
Minimalna dnevna koncentracija:	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	02.10.2017
Srednja koncentracija v obdobju:	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Število primerov dnevne koncentracije		
- nad MVD 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :	51	
Percentilna vrednost		
- 90 p.v. - urnih koncentracij:	67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
- 98.1 p.v. - dnevnih koncentracij:	101 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

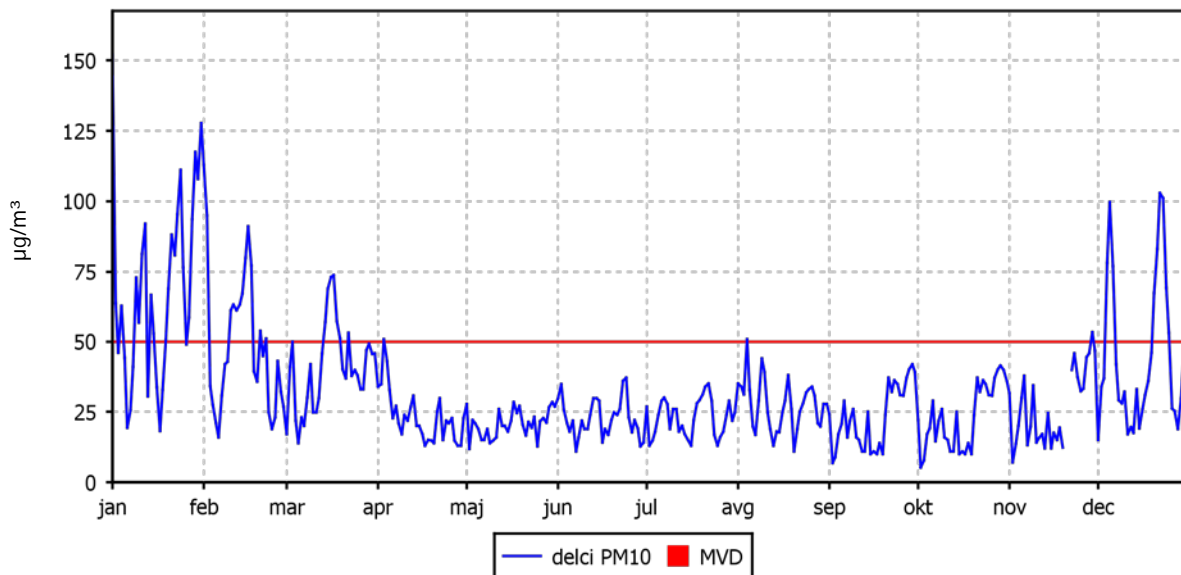
ferkvenčna porazdelitev koncentracij  $\text{PM}_{10}$



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

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

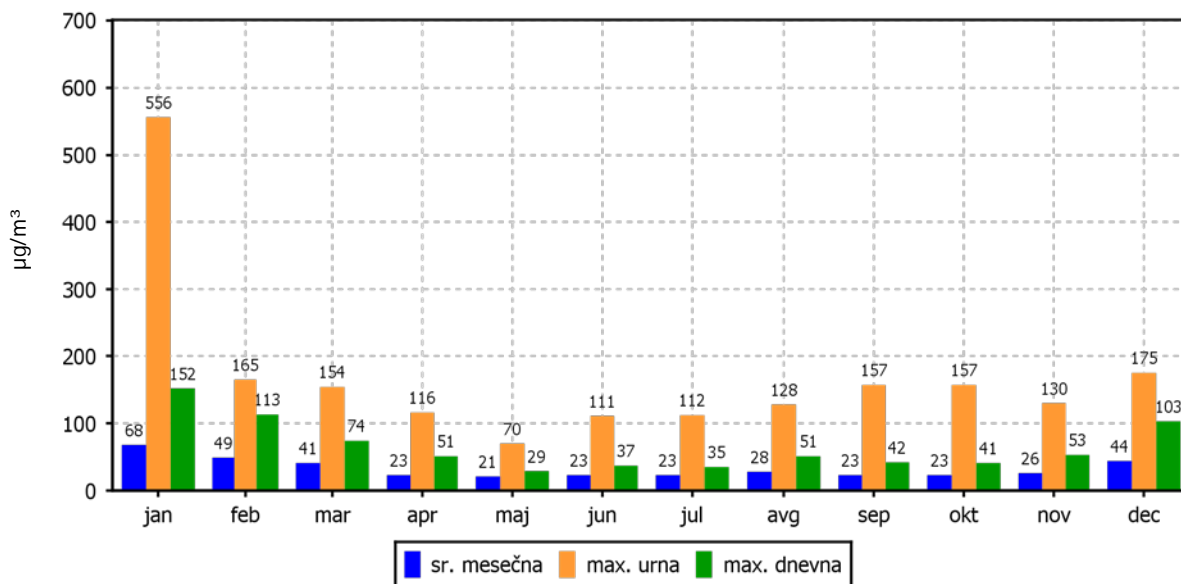
01.01.2017 do 01.01.2018



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

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

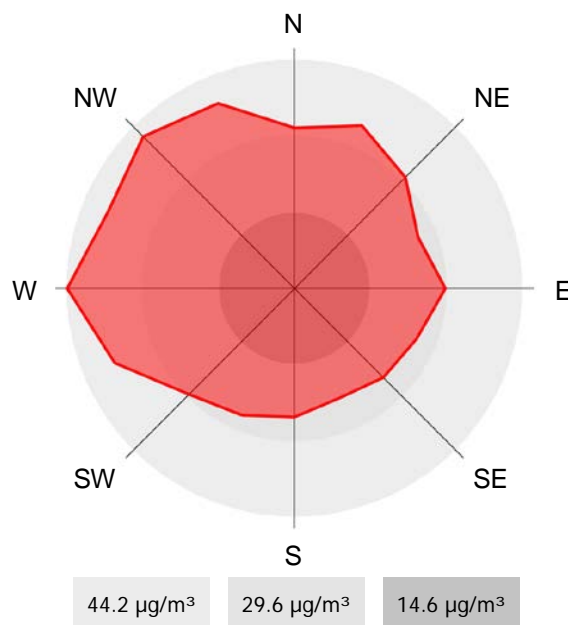
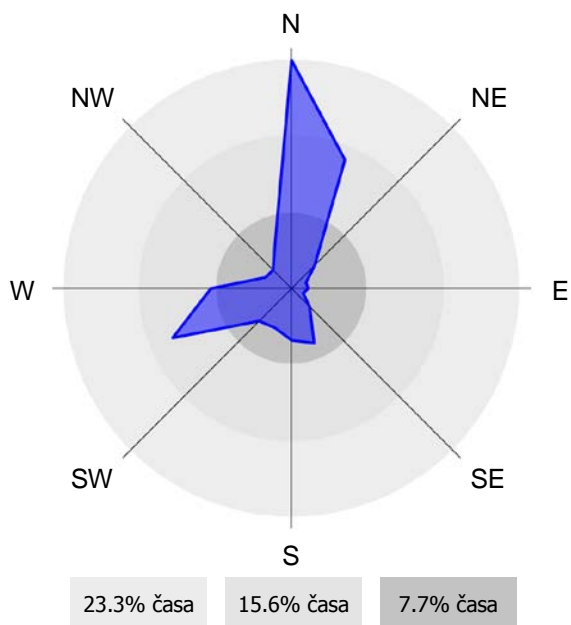
01.01.2017 do 01.01.2018



### ROŽI VETROV IN ONESNAŽENJA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2017 do 01.01.2018



### 3.3. METEOROLOŠKE MERITVE

Temperaturaje skozi leto počasi naraščala do meseca avgusta, ko je bila dosežena maksimalna temperature 37°C. Minimalna temperature je bila izmerjena v mesecu januarju - 13°C. Mesec januar je bil ekstremno mrzel mesec, saj je bila povprečna temperature -6,2°C, prav tako je bilo v tem mesecu kar 23 dni s snežno odejo. Največ padavin pa je bilo v mesecu septembru (343.6 mm) (ARSO, 2018). Najmočnejše je veter pihal v aprilu (4 m/s). Veter je večinoma časa pihal iz severa oziroma iz smeri N in WSW.

#### 3.3.1. Pregled temperature in relativne vlage v zraku

Obdobje meritev: 01.01.2017 do 01.01.2018

	TEMPERATURA		RELATIVNA VLAGA	
Razpoložljivih urnih podatkov	8714	99%	8731	100%
Maksimalna urna vrednost	37 °C	04.08.2017 14:00:00	91%	04.02.2017 09:00:00
Maksimalna dnevna vrednost	29 °C	04.08.2017	89%	05.02.2017
Minimalna urna vrednost	-13 °C	11.01.2017 07:00:00	17%	27.03.2017 14:00:00
Minimalna dnevna vrednost	-9 °C	11.01.2017	26%	20.04.2017
Srednja vrednost v obdobju	12 °C		65%	

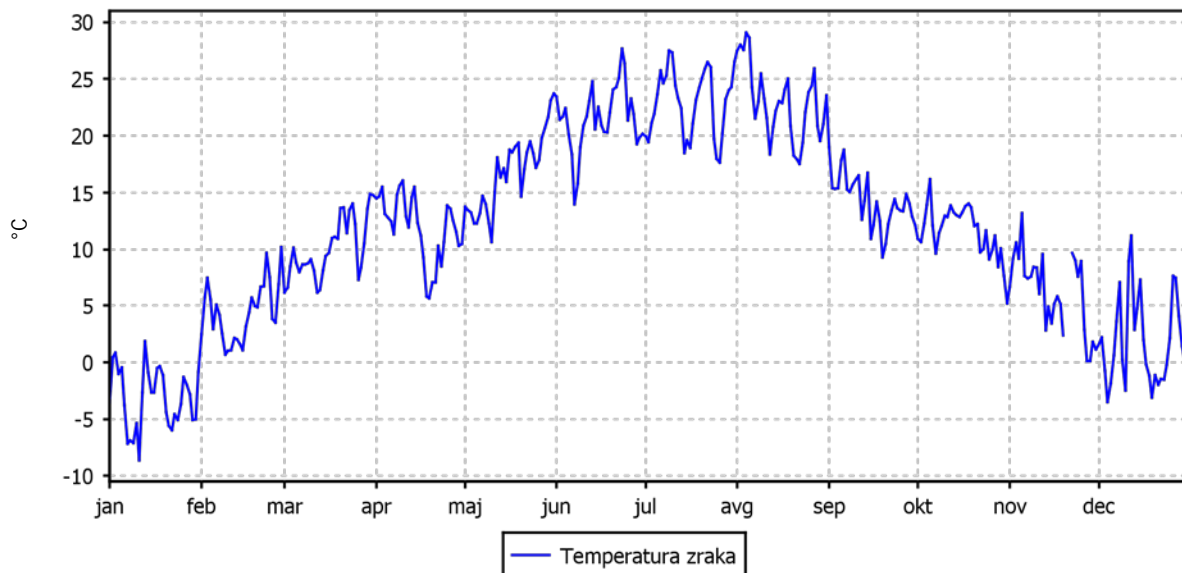
TEMPERATURA	Čas. interval - URA		Čas. interval - DAN	
	št. primerov	delež - %	št. primerov	delež - %
-50.0 do 0.0 °C	994	11	40	11
0.0 do 3.0 °C	769	9	29	8
3.0 do 6.0 °C	608	7	23	6
6.0 do 9.0 °C	968	11	38	10
9.0 do 12.0 °C	1071	12	42	12
12.0 do 15.0 °C	1058	12	63	17
15.0 do 18.0 °C	934	11	27	7
18.0 do 21.0 °C	783	9	37	10
21.0 do 24.0 °C	612	7	34	9
24.0 do 27.0 °C	418	5	22	6
27.0 do 30.0 °C	296	3	8	2
30.0 do 50.0 °C	203	2	0	0
Skupaj	8714	100	363	100

REL. VLAŽNOST	Čas. interval - URA		Čas. interval - DAN	
	št. primerov	delež - %	št. primerov	delež - %
0.0 do 20.0 %	22	0	0	0
20.0 do 30.0 %	290	3	2	1
30.0 do 40.0 %	841	10	2	1
40.0 do 50.0 %	871	10	39	11
50.0 do 60.0 %	1130	13	95	26
60.0 do 70.0 %	1457	17	98	27
70.0 do 80.0 %	1947	22	76	21
80.0 do 90.0 %	2148	25	51	14
90.0 do 100.0 %	25	0	0	0
Skupaj	8731	100	363	100

### DNEVNE VREDNOSTI - Temperatura zraka

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

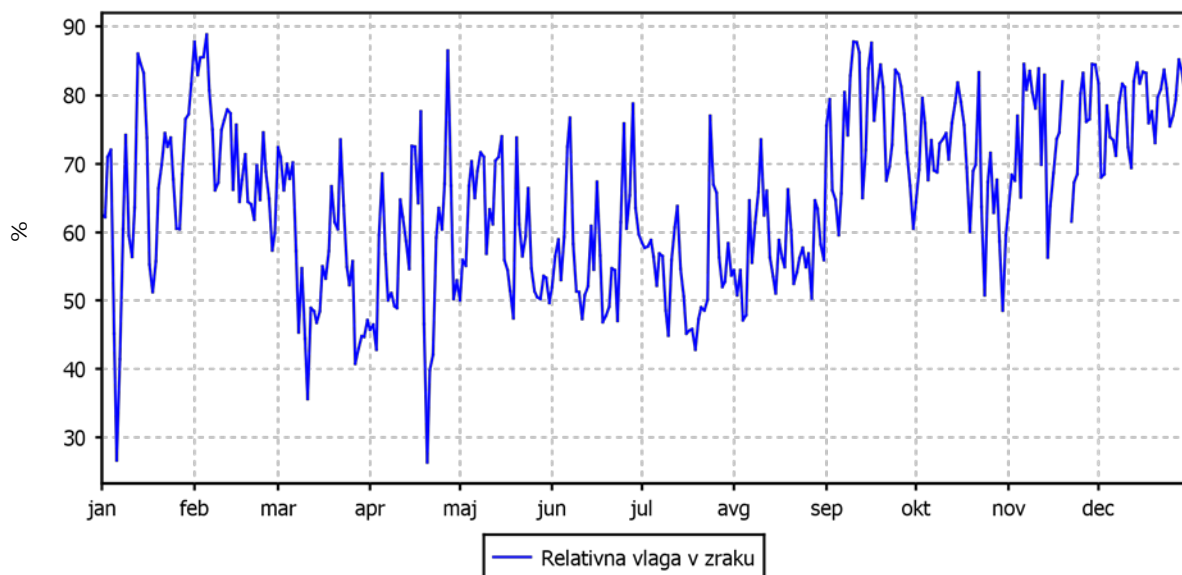
01.01.2017 do 01.01.2018



### DNEVNE VREDNOSTI - Relativna vlaga v zraku

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

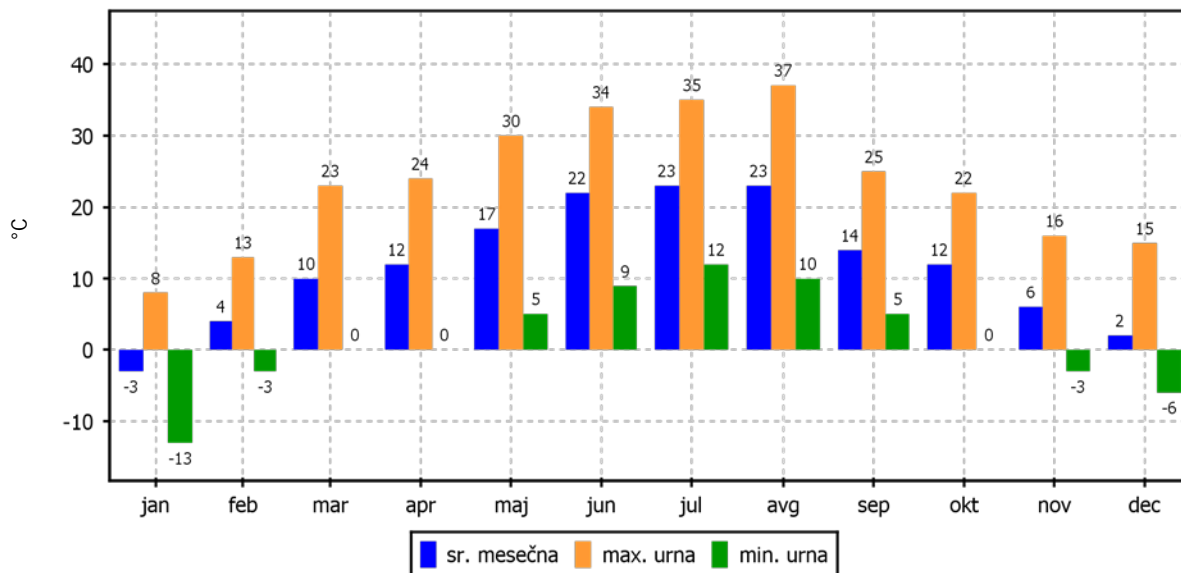
01.01.2017 do 01.01.2018



### TEMPERATURA ZRAKA

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2017 do 01.01.2018



#### 3.3.2. Pregled hitrosti in smeri vetra

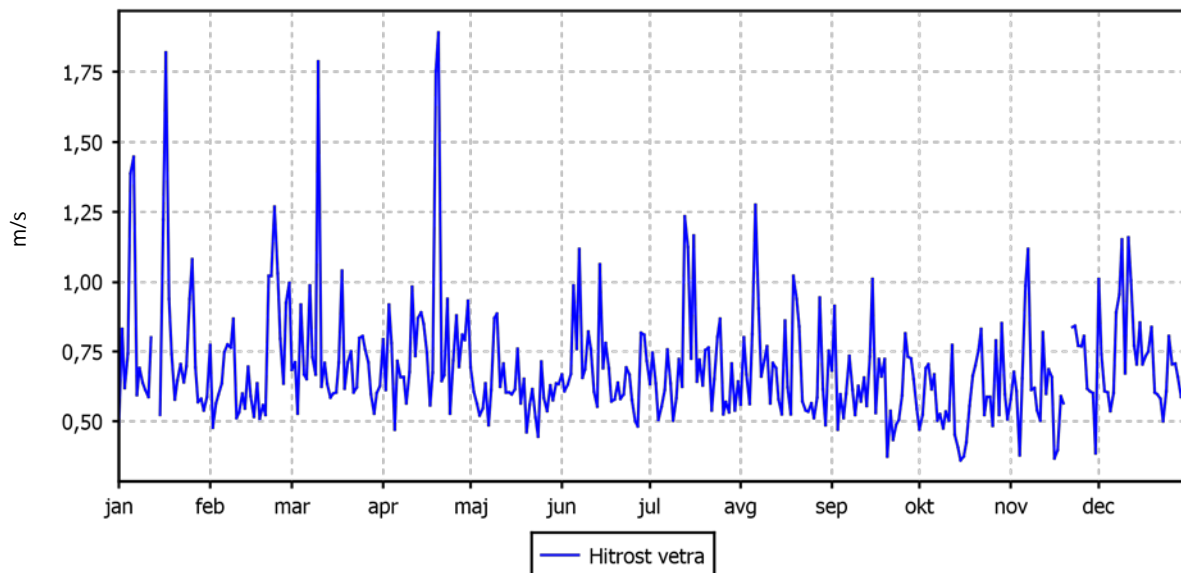
Lokacija meritev: OMS - MOL  
Postaja: Tivolska - Vošnjakova  
Obdobje meritev: 01.01.2017 do 01.01.2018

Razpoložljivih urnih podatkov:	8711	99%
Maksimalna urna hitrost:	4 m/s	19.04.2017 11:00:00
Minimalna urna hitrost:	0 m/s	09.04.2017 23:00:00
Srednja hitrost v obdobju:	1 m/s	
Brezvetrje (0,0-0,1 m/s):	0	

### DNEVNE VREDNOSTI - Hitrost vetra

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

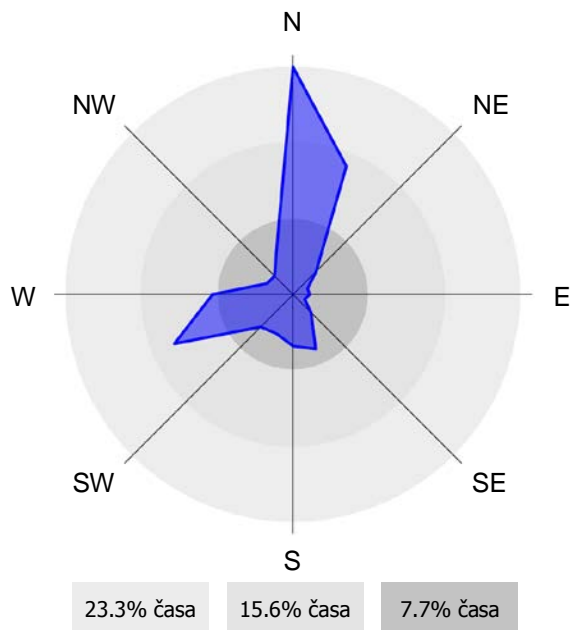
01.01.2017 do 01.01.2018



### ROŽA VETROV

Mestna občina Ljubljana (Tivolska - Vošnjakova)

01.01.2017 do 01.01.2018



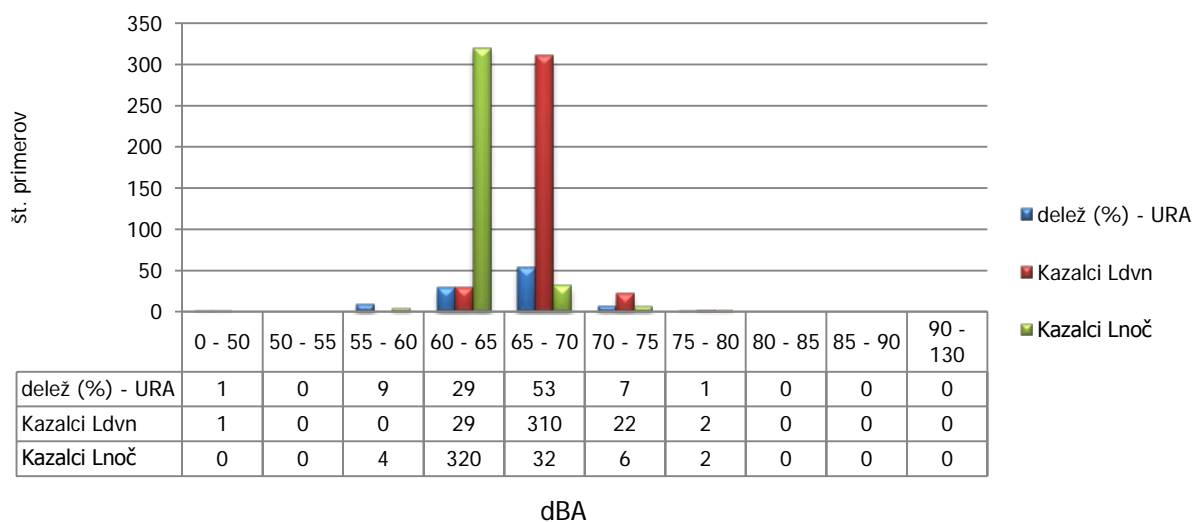
### 3.4. MERITVE HRUPA

Lokacija križišče Tivolske ceste in Vošnjakove ulice je zelo prometna lokacija in posledično močno obremenjena s hrupom. V bližini je čez Tivolsko cesto manjša industrijska cona, vzporedno s cesto pa mimo merilne lokacije teče primorska železniška proga. Nahaja se na robu trgovskega in poslovnega območja, ki je hkrati tudi namenjeno bivanju in se opredeljuje kot območje, za katerega velja III. območje varstva pred hrupom. Vrednosti kazalcev hrupa  $L_{dvn}$  in  $L_{noč}$  stalno presegajo mejno vrednost. Visoke nočne vrednosti so zelo verjetno posledica prometne Tivolske ceste.

Obdobje meritev: 01.01.2017 do 01.01.2018

Razpoložljivih urnih podatkov:	8692	99 %
Maksimalna urna raven:	81	07.12.2017 11:00
Minimalna urna raven:	39	26.11.2017 4:00
Maksimalna vrednost kazalca $L_{dvn}$ :	78	27.11.2017
Minimalna vrednost kazalca $L_{dvn}$ :	49	06.11.2017
Število primerov nad (MVK) $L_{dvn}$ 60 dBA:	363	
Število primerov nad (KVK) $L_{dvn}$ 69 dBA:	36	
Maksimalna vrednost kazalca $L_{noč}$ :	77	27.11.2017
Minimalna vrednost kazalca $L_{noč}$ :	59	06.11.2017
Število primerov nad (MVK) $L_{noč}$ 50 dBA:	364	
Število primerov nad (KVK) $L_{noč}$ 59 dBA:	363	

ferkvenčna porazdelitev ravni hrupa

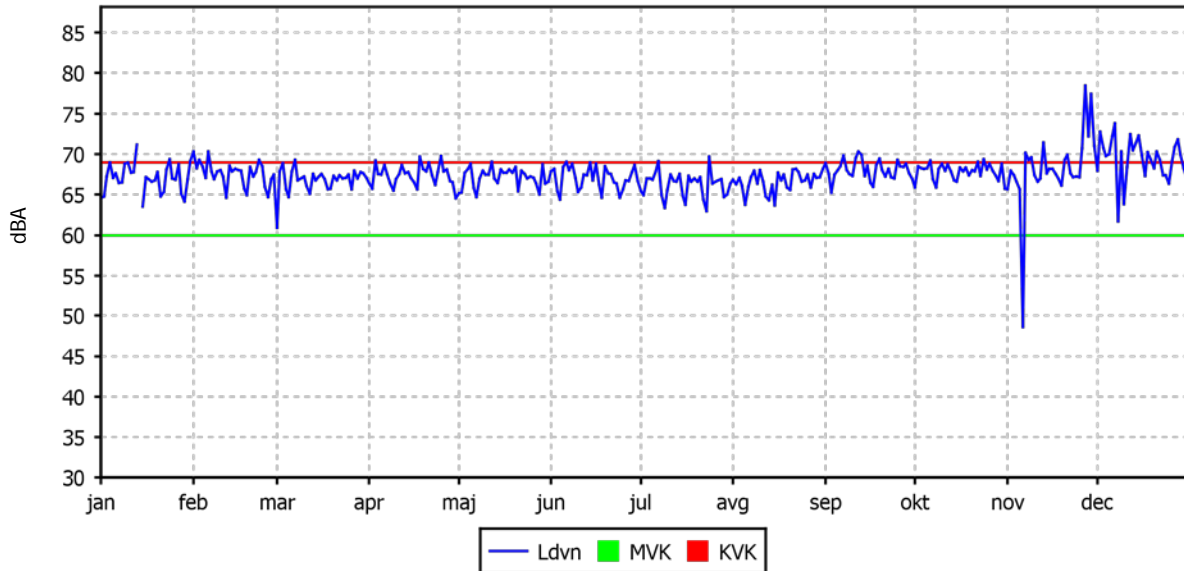




### KAZALCI Ldvn

Mestna občina Ljubljana (MOL-OMS)

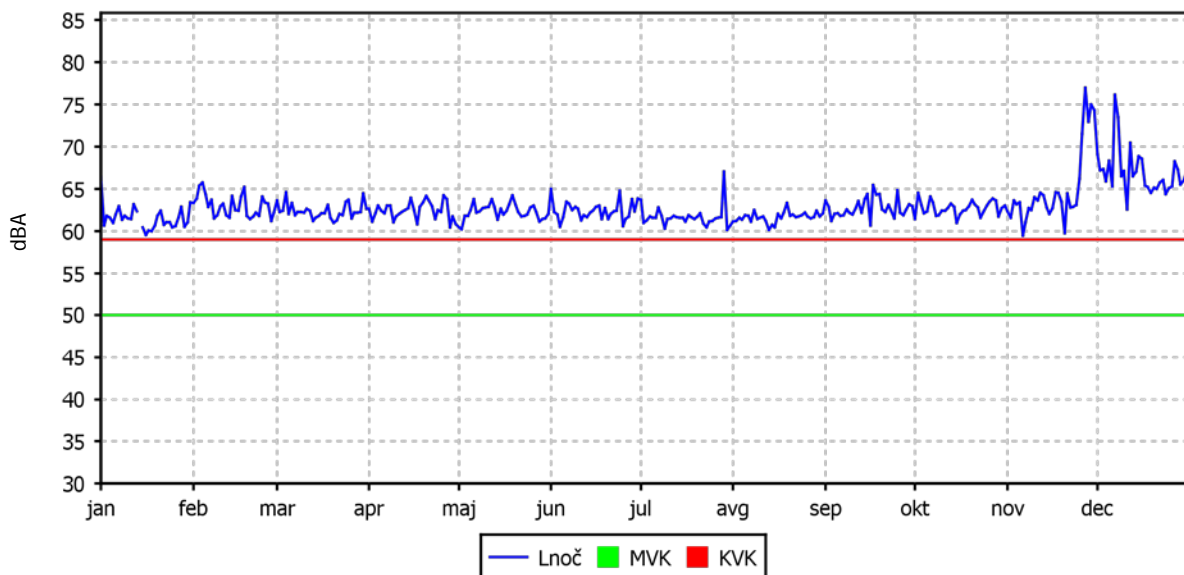
01.01.2017 do 01.01.2018



### KAZALCI Lnoč

Mestna občina Ljubljana (MOL-OMS)

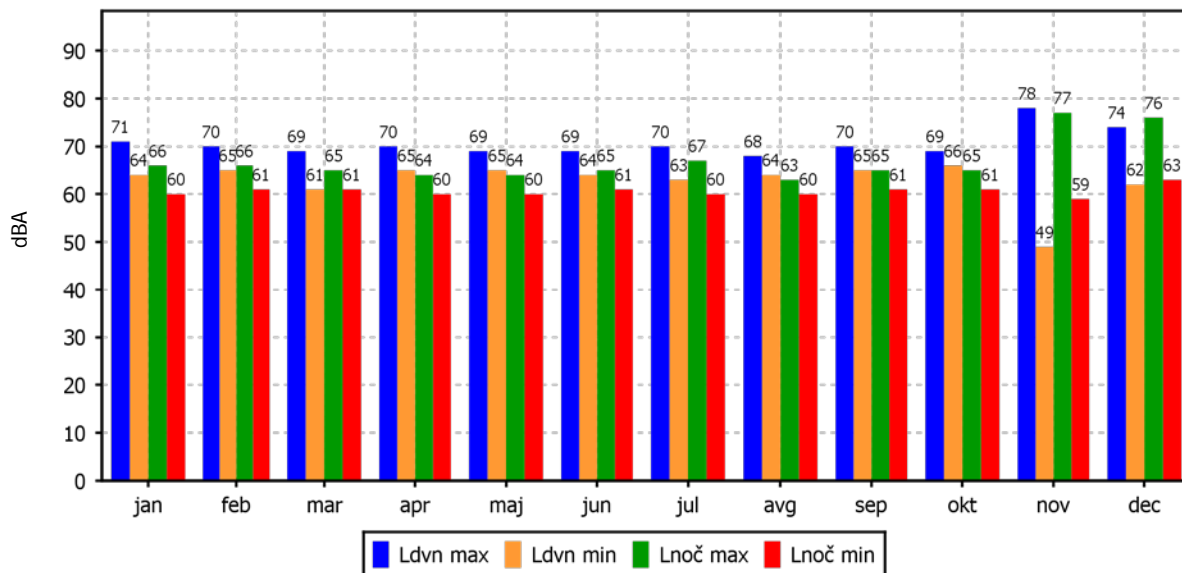
01.01.2017 do 01.01.2018



### EKSTREMI KAZALCEV Ldvn IN Lnoč

Mestna občina Ljubljana (MOL-OMS)

01.01.2017 do 01.01.2018



## 4. DISKUSIJA REZULTATOV

### 4.1. ANALIZA REZULTATOV MERITEV NA MESEČNEM NIVOJU

- **Januar**

Na lokaciji AMP GTivolska - Vošnjakova je bila nizka obremenitev z SO<sub>2</sub> in NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>. Obremenitev z delci PM<sub>10</sub> je bila zaradi suhe zime zelo visoka, izmerjenih je bilo 18 prekoračitev dnevne mejne vrednosti. Onesnaženje je v večini prišlo iz južnih smeri, kar je posledica vetra, ki je prišel iz severne smeri. V mesecu januarju so se pojavile ekstremno nizke temperature zraka in posledično so se pojavila dolgotrajnejša obdobja temperaturne inverzije.

- **Februar**

Obremenitev z SO<sub>2</sub> je bila nizka. Obremenitev z in NO<sub>2</sub> pa je bila višja od prejšnjega meseca. Obremenitev z delci PM<sub>10</sub> je bila zaradi pomanjkanja padavin in suhega zraka zelo visoka, izmerjenih je 12 prekoračitev dnevne mejne vrednosti. Onesnaženje je v večini prišlo iz severovzhodnih smeri. Večji del izmerjenih koncentracij lahko z veliko verjetnostjo pripišemo vplivu večjih prometnic v bližini merilnika. Zima je bila v tem mesecu bolj sončna in suha kot običajno z krajšimi obdobji jutranjih in večernih temperaturnih inverzij.

- **Marec**

Obremenitev z SO<sub>2</sub> je bila zelo nizka. Izmerjene koncentracije NO<sub>2</sub> so prav tako nizke, kljub temu pa je bila presežena 1 mejna urna vrednost. Obremenitev z delci PM<sub>10</sub> je bila nekoliko nižja kot v prejšnjih dveh mesecih, izmerjenih je 7 prekoračitev dnevne mejne vrednosti. Onesnaženje z delci in NO<sub>x</sub> je prišlo večinoma iz strain večjih prometnic. Marec je bil neobičajno topel in sončen.

- **April**

Obremenitev z SO<sub>2</sub> in NO<sub>2</sub> je bila zelo nizka. Obremenitev z delci PM<sub>10</sub> je bila občutno nižja kot v prejšnjih mesecih, vendar je kljub temu zabeleženo 1 preseganje mejne vrednosti. Aprila se je pojavila pozeba, v drugi polovici meseca pa so se pojavile močnejše padavine.

- **Maj**

Obremenitev z SO<sub>2</sub> in NO<sub>2</sub> je bila zelo nizka. Obremenitev z delci PM<sub>10</sub> je bila v zakonsko predpisanih mejah, na lokaciji ni bilo izmerjenih prekoračitev dnevne mejne vrednosti. Onesnaženje z delci je v večini prišlo iz severozahodne smeri, nekaj pa je prišla tudi iz drugih smeri neba. Maj je bil nenavadno topel, z manjšo količino padavin.

- **Junij**

Obremenitev z SO<sub>2</sub> je bila malenkost nižja kot v prejšnjem mesecu. Izmerjene koncentracije NO<sub>2</sub> so malenkost višje od prejšnjih mesecev. Obremenitev z delci PM<sub>10</sub> je bila v zakonsko predpisanih mejah, na lokaciji ni bilo izmerjenih prekoračitev dnevne mejne vrednosti. Onesnaženje z delci je dokaj enakomerno iz vseh smeri, z malenkost večjo obremenitvijo iz jugozahodne smeri na kar vpliva izraziti severni veter. Junij je bil izredno topel mesec.

- **Julij**

Onesnaženje z SO<sub>2</sub> je bilo zelo nizko. Izmerjene koncentracije NO<sub>2</sub> so bile malenkost manjše kot prejšnji mesec. Onesnaženje z NO<sub>2</sub> je bilo prevladujoče iz zahodne smeri. Obremenitev z delci PM<sub>10</sub> je bila v zakonsko predpisanih mejah, na lokaciji ni bilo izmerjenih prekoračitev dnevne mejne vrednosti. Manjšo obremenitev z delci lahko pripišemo boljšim vremenskim razmeram v toplem delu leta, predvsem odsotnosti megle, prevetrenosti in padavinam, ki so čistile ozračje. Onesnaženje z delci je dokaj enakomerno iz vseh smeri. V mesecu juliju se je enkratno pojavila tudi večja obremenitev s toluenom. Kmetijska suša je bila v juliju najmočnejša.

- **Avgust**

Onesnaženje z SO<sub>2</sub> je bilo nizko. Izmerjene koncentracije NO<sub>2</sub> so bile razmeroma visoke (do 159 µg/m<sup>3</sup>). Onesnaženje z NO<sub>2</sub> je bilo prevladujoče iz jugozahoda. Zazna je bila 1 prekoračitev mejne vrednosti z delci PM<sub>10</sub>. Poletna suša in vročina se je nadaljevala tudi v mesecu avgustu.

- **September**

Onesnaženje z SO<sub>2</sub> je bilo nizko. Izmerjene koncentracije NO<sub>2</sub> so bile ta mesec prav tako nizke. Onesnaženje z NO<sub>2</sub> je bilo prevladujoče iz južne smeri. Obremenitev z delci PM<sub>10</sub> je bila v zakonsko predpisanih mejah, na lokaciji ni bilo izmerjenih prekoračitev dnevne mejne vrednosti. September je bil bolj hlade, siv in moker mesec. Padavine so bile obilnejše v drugi polovici meseca.

- **Oktober**

Onesnaženje z SO<sub>2</sub> je bilo še vedno razmerom nizko. Onesnaženje z NO<sub>2</sub> je bilo prav tako razmerom nizko, koncentracije pa so prišle sorazmerno iz vseh smeri. Obremenitev z delci PM<sub>10</sub> je v zakonsko predpisanih mejah, na lokaciji ni bilo izmerjenih prekoračitev dnevne mejne vrednosti. Onesnaženje je bilo pogojeno tudi z vremenskimi razmerami, padavine so močno znižale količino delcev v zraku. Onesnaženje z delci je v večini prišlo iz severozahodnih in jugovzhodnih smeri. Oktober je bil topel in suh mesec, z izjemo 22. in 23., ko je bil močnejši veter z nalivi.

- **November**

Onesnaženje z SO<sub>2</sub> je bilo nizko in je bilo enakomerno. Onesnaženje z NO<sub>2</sub> je bilo enakomerno iz vseh smeri. Obremenitev z delci PM<sub>10</sub> so 1-krat prekoračile dnevno mejno vrednost. Onesnaženje je bilo pogojeno tudi z vremenskimi razmerami, padavine so močno znižale količino delcev v zraku. V večini je prišlo iz severnih in vzhodnih smeri, iz smeri Tivolske ceste in Vošnjakove. Ob močnejših padavinah, se je 13. novembra pojavil tudi prvi sneg.

- **December**

Onesnaženje z SO<sub>2</sub> je bilo podobno kot vse pretekle mesece nizko. Izmerjene koncentracije NO<sub>2</sub> so bile podobne prejšnjim mesecem. Onesnaženje z NO<sub>2</sub> je bilo dokaj enakomerno, nekoliko višje iz jugozahoda. Obremenitev z delci PM<sub>10</sub> je bila primerljiva s tipično obremenitvijo v zimskih mesecih. Izmerjenih je bilo 9 prekoračitve dnevne mejne vrednosti. V večini je onesnaženje prišlo iz severa iz smeri Tivolske ceste. Med 8. In 16. Decembrom se je pojavila nekoliko večja temperaturna sprememba kar je privedlo do večjih sunkov vetra v tem času in tudi do vetrolooma.

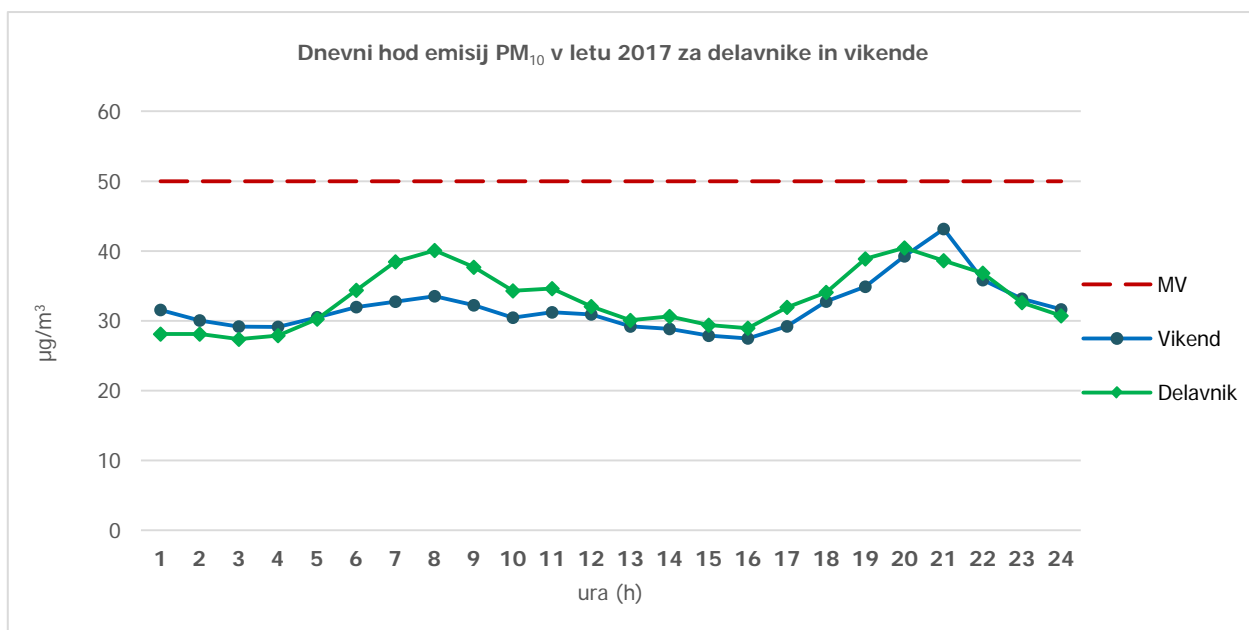
## 4.2. ANALIZA DELCEV PM<sub>10</sub> in NO/NO<sub>x</sub>

Lokacija merilnega mesta je ob večji prometnici, zato meri predvsem emisije iz transporta. Zaradi tega je nadalje narejena tudi dodatna analiza emisije NO/NO<sub>x</sub> in prašnih delcev.

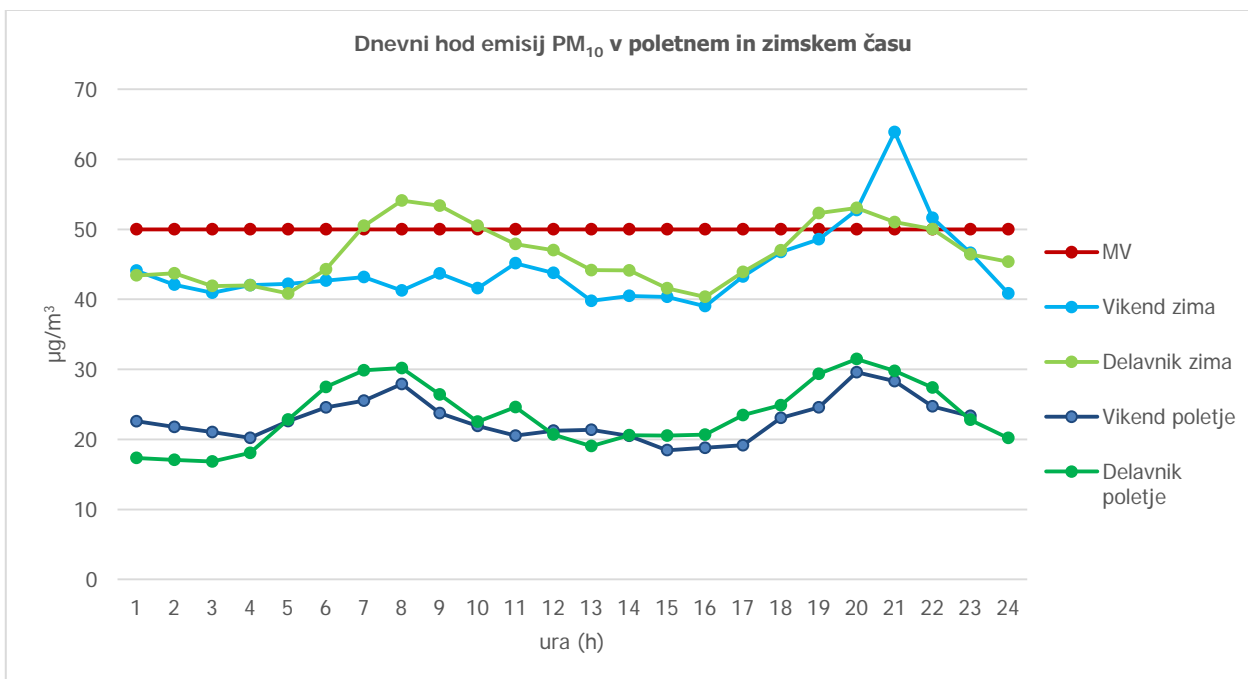
Neprekinjene meritve v daljšem časovnem obdobju omogočajo spremljanje značilnosti koncentracij določenih onesnažil v zunanjem zraku v določenem obdobju, kar nam omogoča identificiranje obnašanja koncentracij oziroma hod. Dnevni hodi emisij izražajo prispevek koncentracij, ki so nastale ob določeni uri tekom dneva. Na ta način se spremlja časovno nastajanje emisij, kar nam omogoča tudi lažjo identifikacijo vira iz katerega emisije nastajajo oziroma razvoj sekundarnih emisij. V nadaljevanju je prikazan dnevni hod emisij PM<sub>10</sub> med delavniki in vikendi ter med kurilno sezono in nekurilno sezono v letu 2017. Prav tako je narejen dnevni hod za emisije NO/NO<sub>x</sub>.

### 4.2.1. Dodatna analiza delcev PM<sub>10</sub>

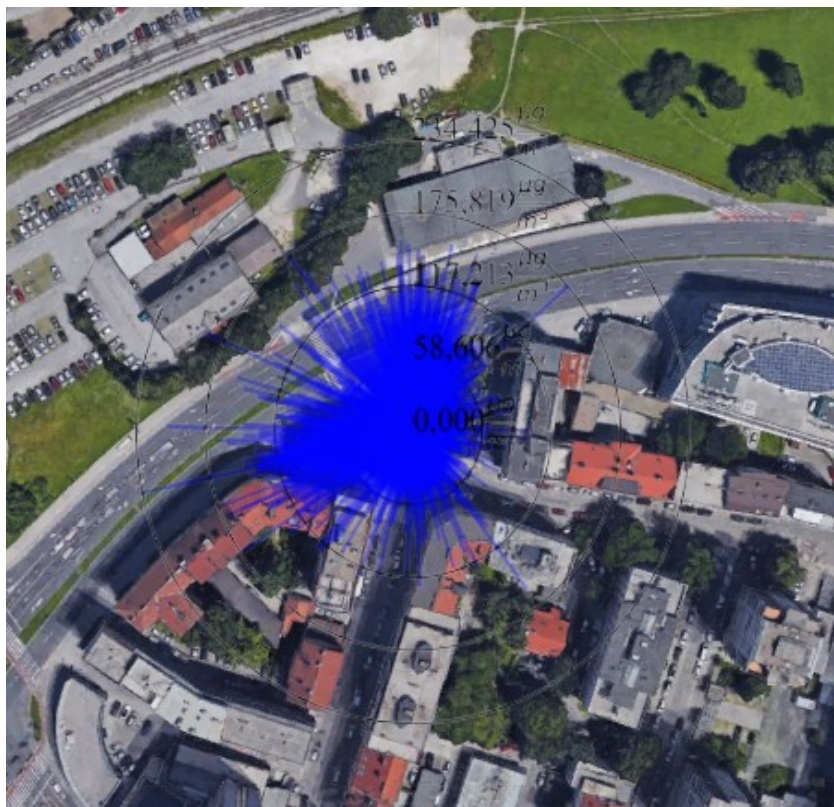
Pri obeh dnevni hodi se opazita dopoldanski in večerni vrh. Večerni vrh je med vikendi toliko bolj izrazit, kar je odraz enakomernega nastajanja emisij skozi dan, ki se ob večerih, zaradi meteoroloških razmer v ozračju kot je večerna temperaturna inverzija in megla ter zaradi nastajanja sekundarnih prašnih delcev odrazi kot večerni vrh, okrog 21.00. Med tednom pa se pojavi tudi jutranji vrh okrog 8.00 kar lahko z gotovostjo trdimo, da je to vpliv jutranjega prometa. Prav tako je med delavniki tudi večerni vrh, ki prav tako nastane zaradi prej opisanih razmer. V mestni občini Ljubljana oziroma v samem središču mesta je plinovodno omrežje, zato prebivalci večinoma uporabljajao plin za ogrevanje in pripravo tolpe sanitarne vode. To je vidno tudi na dnevnem hodu emisij, saj večerni vrh ni tako izrazit kot je le-ta v drugih mestih v Sloveniji.



Spodnji graf prikazuje dnevne hode emisij med kurilno sezono (zima), ki traja med 1.novembrom in 31. marcem ter med nekurilno sezono (poletje), ki je definirana kot čas med 1.aprilom in 30. oktobrom. Opaziti je mogoče, da do presežanja pride predvsem med kurilno sezono, med delavniki v dopoldanskem in večernem vrhu ter med vikendi v večernem vrhu. Dopoldanski in večerni vrhovi so se med poletjem in zimo precej podobni, z izjemo zimskega grafa med vikendom, ko je večerni vrh precej višji od ostalih koncentracij. To bi lahko bil tudi vpliv sekundarnih malih kurišč, kot so kamini in peči. Prav tako pa je potrebno opozoriti na boljše meteorološke pogoje v poletnem času in temperaturne inverzije ter intenzivnejša meglena obdobja v zimskem času.



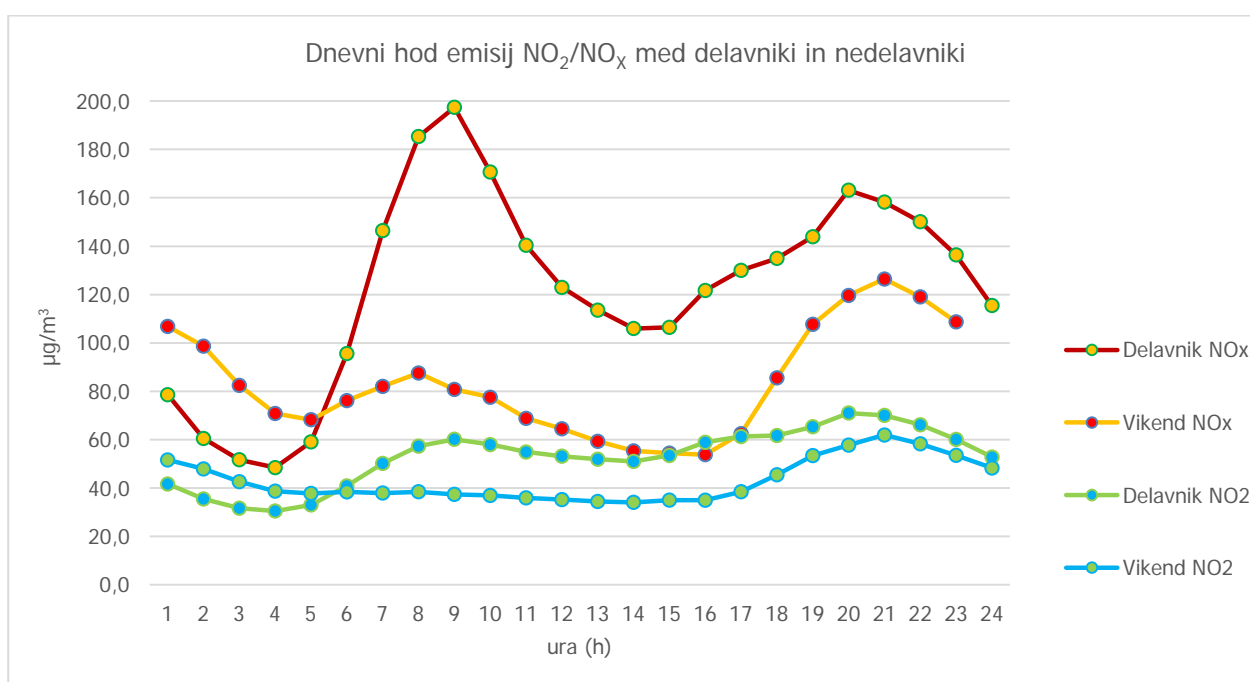
Spodnja slika prikazuje podrobnejšo rožo onesnažnja z delci PM<sub>10</sub> v letu 2017, ki je locirana na zemljevidno podlogo. Upoštevana je bila povprečna hitrost vetra na višini 80 metrov. Najpogostejše koncentracije so prihajal iz smeri Tivolske ceste, nekja pa tudi iz smeri Vošnjakove cesta. Merilna postaja je izrazito postaja, ki meri emisije iz prometa.



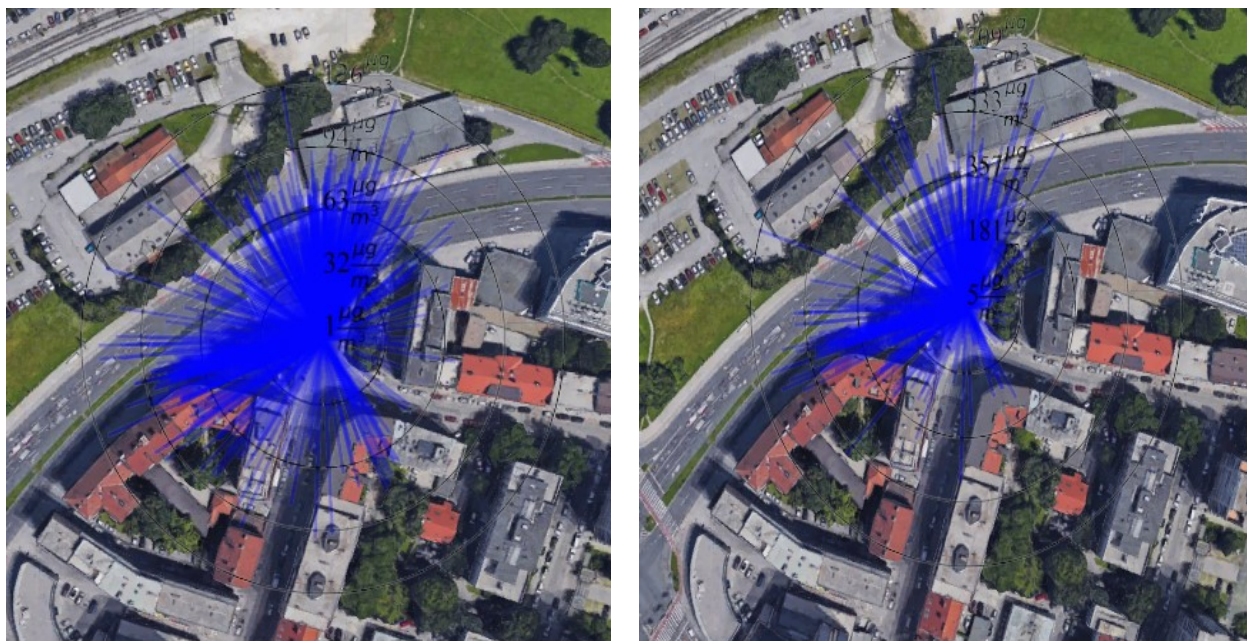
Slika 4: Podrobnejša roža onesnažnja za PM<sub>10</sub> (Vir: Google Earth, 2018)

#### 4.2.2. Dodatna analiza emisij NO/NO<sub>x</sub>

Spodnji graf prikazuje dnevni hod emisij NO<sub>2</sub> (svetlo modra in zelena barva) in NO<sub>x</sub> (rdeča in oranžna barva) med delavniki in vikendi. Prav tako kot pri dnevnem hodu emisij PM<sub>10</sub> je opaziti dopoldanski in večerni dvig koncentracij NO<sub>x</sub>, ki je veliko bolj izrazit v času vikendov. Emisij NO<sub>x</sub> so neposredno povezane z izpusti izpušnih plinov iz motornih vozil, ki se odraža v naraščanju gostote vozil v času od 5.00 do 9.00, v popoldanskem času pa je gostota vozila razširjena med 15.00 in 20.00. Dnevni hodi emisij NO<sub>2</sub> nimajo tako izrazitega viška, saj je koncentracij NO<sub>2</sub> v zunanjem zraku odvisna od kemijske reakcije, ki poteče v prisotnosti NO<sub>x</sub>. Zato tudi koncentracije nimajo značilnega dnevnega hoda, ki je izrazit za emisije iz transporta.



Spodnji sliki prikazujeta podrobnejšo rožo onesnažnja za emisij  $\text{NO}_2$  (levo) in  $\text{NO}_x$  (desno) v letu 2017, ki sta locirani na zemljevidno podlogo. Upoštevana je bila povprečna hitrost vetra na višini 80 metrov. Opaziti je, da najpogostejše koncentracije  $\text{NO}_x$  prihajajo iz večje prometnice Tivolske, nekaj pa jih pride tudi iz Vošnjakove. Roža vetrov emisij  $\text{NO}_2$  je bolj enakomerno razporejena na vse strani, kar odraža pretvorbo  $\text{NO}_x$  iz prometa v plin  $\text{NO}_2$  in  $\text{NO}$ .



Slika 5: Podrobnejša roža onesnaženja za  $\text{NO}_2$  (levo) in  $\text{NO}_x$  (desno) (Vir: Google Earth, 2018)



## 5. ZAKLJUČEK

Iz analize podatkov za leto 2017 je razvidno, da za paramtre SO<sub>2</sub>, in PAH ni bilo preseganj mejne urne in dnevne vrednosti. Za koncentracije NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> je bilo v letu 2017 1-krat preseganje urne mejne vrednosti, medtem ko so koncentracije prašnih delcev bile presežene 51-krat. Zakonsko dovoljeno število preseganj je 35. Razpoložljivost podatkov je bila za vse parameter nad 90%, zato se rezultati obravnavajo kot uradni.

Glede na izpostavljeno problematiko delcev PM<sub>10</sub> v Sloveniji oziroma Ljubljani in na lokaciji AMP Tivolska-Vošnjakova je bila narejena podrobnejša analiza delcev PM<sub>10</sub>. Prekoračitve so zabeležene predvsem v zimskih neprevetrenih obdobjih, s pogosto meglo in pomanjkanjem padavin. Dodatno prispevajo še cirkulacije zračnih mas, ki prinesejo delce od drugod. Skupaj z lokalnimi viri (industrija, promet in individualna kurišča) povzročijo prekomerno onesnaženje, ki je v letu 2017 nadpovprečno visoko in so bili rezultati meritev na večini slovenskih postaj nad zakonsko dovoljenim številom prekoračitev.

Glede na to, da merilniki določajo koncentracijo le v 1 točki prostora je za učinkovit in celovit pogled nad dogajanjem v zunanem zraku v lokalnem okolju priporočljivo dodati tudi druga orodja ocenjevanja kakovosti zraka, kot so:

- **Modelski izračuni:** modelski izračuni dopolnijo oceno kakovosti zunanjega zraka s prostorsko razporeditvijo onesnaženja, ki omogoča boljši vpogled v okoljske posledice onesnaževanja iz določenega vira in opredeljuje območja v okolici vira, ki so najbolj obremenjena. Torej z modelsko oceno se lahko določi dodatno obremenitev iz točno določenega posameznega vira.
- **Krajše merilne kampanje v lokalnem okolju:** še posebno v času večjih koncentracij je priporočljivo izvajati meritve tudi na drugih občutljivih točkah v prostoru.
- **Napoved pojava inverzije:** Poleg hitrosti vetra ima na koncentracije onesnaževal zelo pomemben vpliv tudi stabilnost ozračja. Spodnja plast atmosfere je v primeru temperaturne inverzije zelo stabilna in to negativno vpliva na razširjanje onesnaževal in privede do višjih koncentracij. Temperaturno inverzijo prepoznamo iz višinskega poteka temperature, kadar temperatura z višino narašča.