

# BRNO-ZVONAŘKA

vyhodnocení kvality ovzduší 9/2018 – 2/2019

## ODBORNÁ ZPRÁVA



Mgr. Jáchym Brzezina, Mgr. Šárka Antošová



**ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV**  
ODDĚLENÍ KVALITY OVZDUŠÍ, POBOČKA BRNO



# Brno-Zvonařka

vyhodnocení kvality ovzduší 9/2018 – 2/2019

## ZHOTOVITEL

Český hydrometeorologický ústav  
zastoupen Mgr. Markem Riederem, ředitelem ČHMÚ  
Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4  
IČ: 00020699  
DIČ: CZ00020699, není plátce DPH

Pobočka Brno  
Kroftova 43, 616 67 Brno

ve věcech smluvních je oprávněn jednat:  
Ing. Petr Janál, Ph.D., ředitel pobočky Brno

ve věcech technických je oprávněn jednat:  
Mgr. Jáchym Brzezina, vedoucí oddělení kvality ovzduší  
tel: 737 387 741, email: jachym.brzezina@chmi.cz

## OBJEDNATEL

Jihomoravský kraj  
zastoupen Ing. Františkem Havířem, vedoucí odboru životního prostředí  
Žerotínovo náměstí 3, 601 82 Brno  
IČ: 70888337  
DIČ: CZ70888337  
kontaktní osoba: Ing. Tomáš Helán

## ZPRACOVATELÉ

Mgr. Jáchym Brzezina  
Mgr. Šárka Antošová

## DATUM PŘEDÁNÍ

15. 4. 2019

## POČET STRAN

277



# Obsah

—	
<b>ÚVOD</b> .....	<b>5</b>
<b>LOKALITA</b> .....	<b>6</b>
<b>MĚŘÍCÍ PROGRAM</b> .....	<b>10</b>
<b>STAVEBNÍ PRÁCE</b> .....	<b>12</b>
VLIV STAVEBNÍCH PRACÍ NA KVALITU OVZDUŠÍ .....	12
METODY OMEZENÍ ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ STAVEBNÍMI ČINNOSTMI .....	13
STAVEBNÍ ČINNOSTI V OKOLÍ STANICE BRNO-ZVONAŘKA .....	14
<i>Tramvaj Plotní</i> .....	14
<i>Palác Trnitá</i> .....	15
<i>Vlněna Office Park</i> .....	16
<i>Rekonstrukce Hlavního nádraží Brno</i> .....	17
<i>Deponie zemin při ulici Uhelná</i> .....	20
<i>Stavební práce na rohu ulic Mlýnská a Dornych</i> .....	22
<i>Celkový přehled</i> .....	23
<b>METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY</b> .....	<b>25</b>
VLIV METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK NA KVALITU OVZDUŠÍ .....	25
TEPLOTA VZDUCHU .....	25
VLHKOST VZDUCHU .....	26
RYCHLOST A SMĚR VĚTRU .....	27
SRÁŽKY .....	31
SOUHRN .....	35
<b>KONTROLNÍ GRAVIMETRIE</b> .....	<b>36</b>
<i>Plán vzorkování</i> .....	36
<i>Výsledky</i> .....	37
<b>SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE</b> .....	<b>39</b>
ZÁKLADNÍ POPIS .....	39
SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>10</sub> .....	39
<i>Popis situace</i> .....	41
<i>Souhrn</i> .....	78
SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>2,5</sub> .....	80
<i>Popis situace</i> .....	81

<i>Souhrn</i> .....	97
SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>1</sub> .....	98
<i>Popis situace</i> .....	98
<i>Souhrn</i> .....	109
POMĚRY KONCENTRACÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC .....	110
<i>Souhrn</i> .....	124
<b>OXIDY DUSÍKU</b> .....	<b>125</b>
OXID DUSIČITÝ (NO <sub>2</sub> ) .....	126
<i>Popis situace</i> .....	126
<i>Souhrn</i> .....	141
OXID DUSNATÝ (NO) .....	142
<b>OXID UHELNATÝ (CO)</b> .....	<b>145</b>
<i>Popis situace</i> .....	145
<b>ANALÝZA DNÍ – PŘÍPADOVÁ STUDIE</b> .....	<b>154</b>
19. ÚNOR 2019 .....	154
18. ÚNOR 2019 .....	156
28. LEDEN 2019 .....	158
22. LEDNA 2019 .....	160
21. LEDEN 2019 .....	163
SOUHRN .....	165
<b>SROVNÁNÍ V KONTEXTU ČESKÉ REPUBLIKY</b> .....	<b>173</b>
SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>10</sub> .....	173
SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>2,5</sub> .....	177
OXID DUSIČITÝ (NO <sub>2</sub> ) .....	179
SROVNÁNÍ .....	180
<b>EMISNÍ ZDROJE – AGLOMERACE BRNO</b> .....	<b>182</b>
TUHÉ ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY (TZL) .....	183
SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>10</sub> .....	186
SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>2,5</sub> .....	189
OXIDY DUSÍKU (NO <sub>x</sub> ) .....	192
OXID DUSIČITÝ (NO <sub>2</sub> ) .....	195
OXID UHELNATÝ (CO) .....	198
<b>ANALÝZA SKENOVACÍM ELEKTRONOVÝM MIKROSKOPEM</b> .....	<b>201</b>
TECHNICKÉ VYBAVENÍ .....	201

ZÁKLADNÍ INFORMACE .....	201
ODBĚRY .....	202
METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY A DATA AIM .....	202
<i>Meteorologické podmínky</i> .....	202
VYHODNOCENÍ .....	205
<i>Vzorek 1</i> .....	205
<i>Vzorek 2</i> .....	207
<i>Vzorek 3</i> .....	209
<i>Srovnání a vyhodnocení</i> .....	211
SOUHRN .....	237
<b>VYHODNOCENÍ .....</b>	<b>238</b>
METODY A PŘESNOST DAT .....	240
METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY .....	241
SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE .....	242
<i>Částice PM<sub>10</sub></i> .....	242
<i>Částice PM<sub>2,5</sub></i> .....	246
<i>Částice PM<sub>1</sub></i> .....	248
<i>Poměry frakcí suspendovaných částic</i> .....	251
<i>Oxid dusičitý</i> .....	251
<i>Emisní zdroje</i> .....	253
DOPORUČENÍ A ZÁVĚR .....	254
<b>REFERENCE .....</b>	<b>257</b>
<b>METODIKA VYHODNOCENÍ .....</b>	<b>260</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>261</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>273</b>
<b>PODĚKOVÁNÍ .....</b>	<b>277</b>

Titulní foto:

*Demoliční práce na ulici Trnité v blízkosti stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka, 3. března 2019, foto: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno*

## ÚVOD

Stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka je průmyslovou stanicí s více než 10letou časovou řadou měření. Stanice se nachází nedaleko hlavního nádraží v Brně, v těsné blízkosti rušné čtyřproudové komunikace, nákupního centra a autobusového nádraží Zvonařka.

V druhé polovině roku 2018 byly poblíž stanice zahájeny rozsáhlé stavební práce, a to hned na několika místech. V roce 2018 byl na stanici překročen imisní limit pro 24h koncentraci suspendovaných částic  $PM_{10}$ . První dva měsíce roku 2019 se situace ještě výrazněji zhoršila a maximální naměřené hodnoty koncentrací suspendovaných částic  $PM_{10}$  dosahovaly v únoru i více než 10násobku denního imisního limitu, samotný denní průměr pak byl překročen v některé dny i více než třikrát.

Na základě výše uvedeného byla provedena komplexní analýza aktuální situace na stanici s cílem identifikovat hlavní zdroje a příčiny současného stavu. Součástí analýzy bylo provedení kontrolního gravimetrického stanovení za účelem ověření správné funkčnosti prachoměru srovnáním s referenční metodou, provedení detailní statistické analýzy včetně srovnání s dlouhodobým stavem a popis situace prostřednictvím jak tabelárních výstupů, tak grafů a dalších vizualizací (např. koncentračních růžic, větrných růžic, vážených koncentračních růžic apod.).

## LOKALITA

Stanice Brno-Zvonařka, ve správě Statutárního města Brna, se nachází na ulici Opuštěná v Brně, kousek od křižovatky Opuštěná-Trnitá, v nadmořské výšce 200 m. Jedná se o průmyslovou městskou stanici nacházející se přibližně 10 m od velmi frekventované čtyřproudové komunikace.

Na severozápad od stanice je v těsné blízkosti tříposchodová budova Městského úřadu Šlapanice. Přibližně 400 m na sever leží brněnské Hlavní nádraží, ještě před ním pak obchodní dům a rušný dopravní uzel MHD (Úzká). 150 m na severoseverovýchod stojí nákupní galerie. Naproti ní je pak, 170 m na východ od stanice, autobusové nádraží Zvonařka. Jižně od stanice je větší parkoviště a za ním Dolní nádraží (plnící od prosince 2018 funkci náhradního nádraží za rekonstruované Hlavní nádraží). Samotná komunikace probíhá z jihozápadu na severovýchod, tedy jihozápadně, jižně a jihovýchodně od stanice. Odhadovaná dopravní zátěž této silnice je 43 tisíc vozidel denně s průměrnou rychlostí proudu cca 40 km/h. Na jihozápad je pak ve vzdálenosti 120 m čerpací stanice a za ní autobazar.

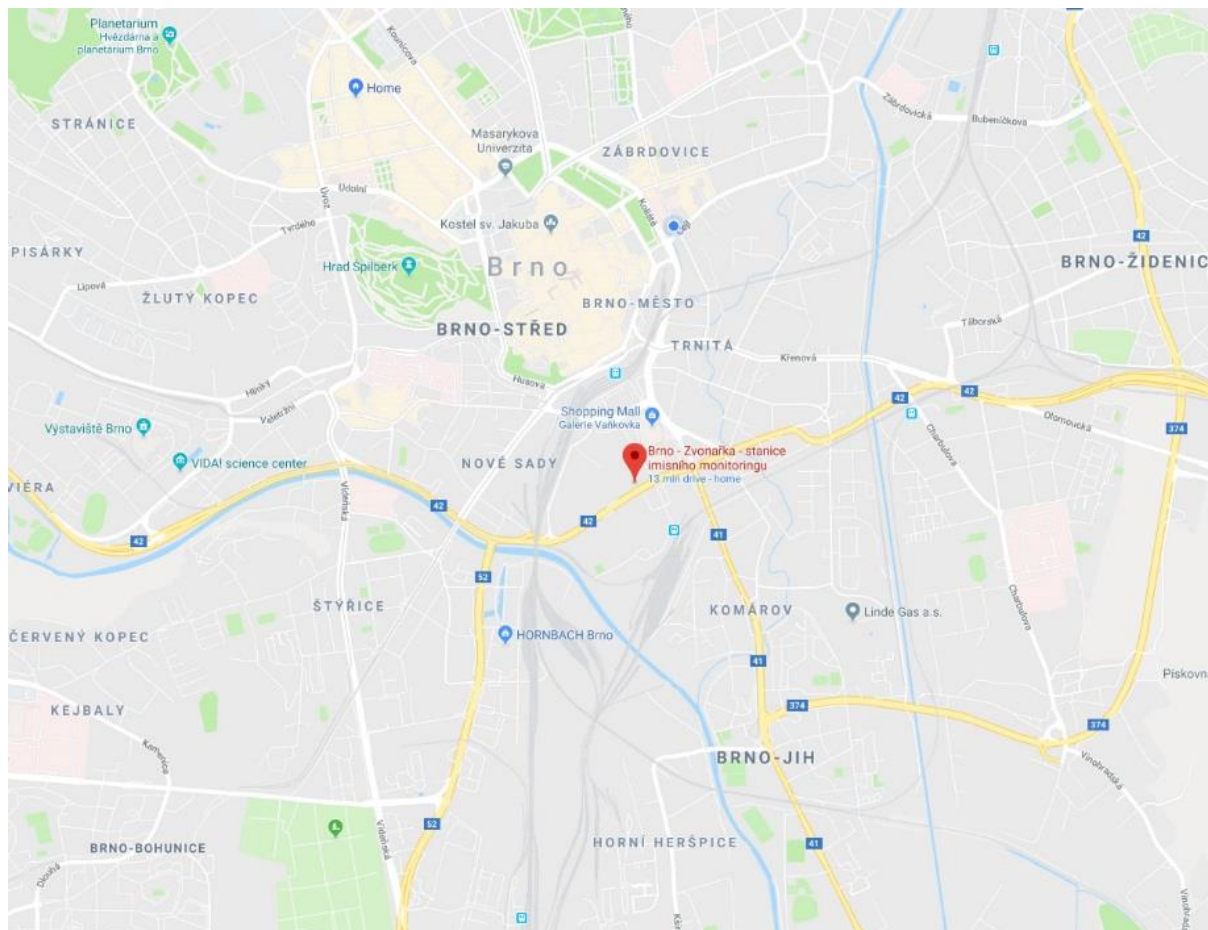
Ve větší vzdálenosti, přibližně kilometr na jihovýchod se nachází betonárna a na sever od ní průmyslový areál. 12 m na jihovýchod od stanice je umístěna autobusová zastávka městské hromadné dopravy s obsluhou každých 10 minut dieselovými nebo CNG autobusy Dopravního podniku města Brna.

Reprezentativnost stanice je velmi malá, tzv. mikroměřítko, tedy několik metrů až stovek metrů.

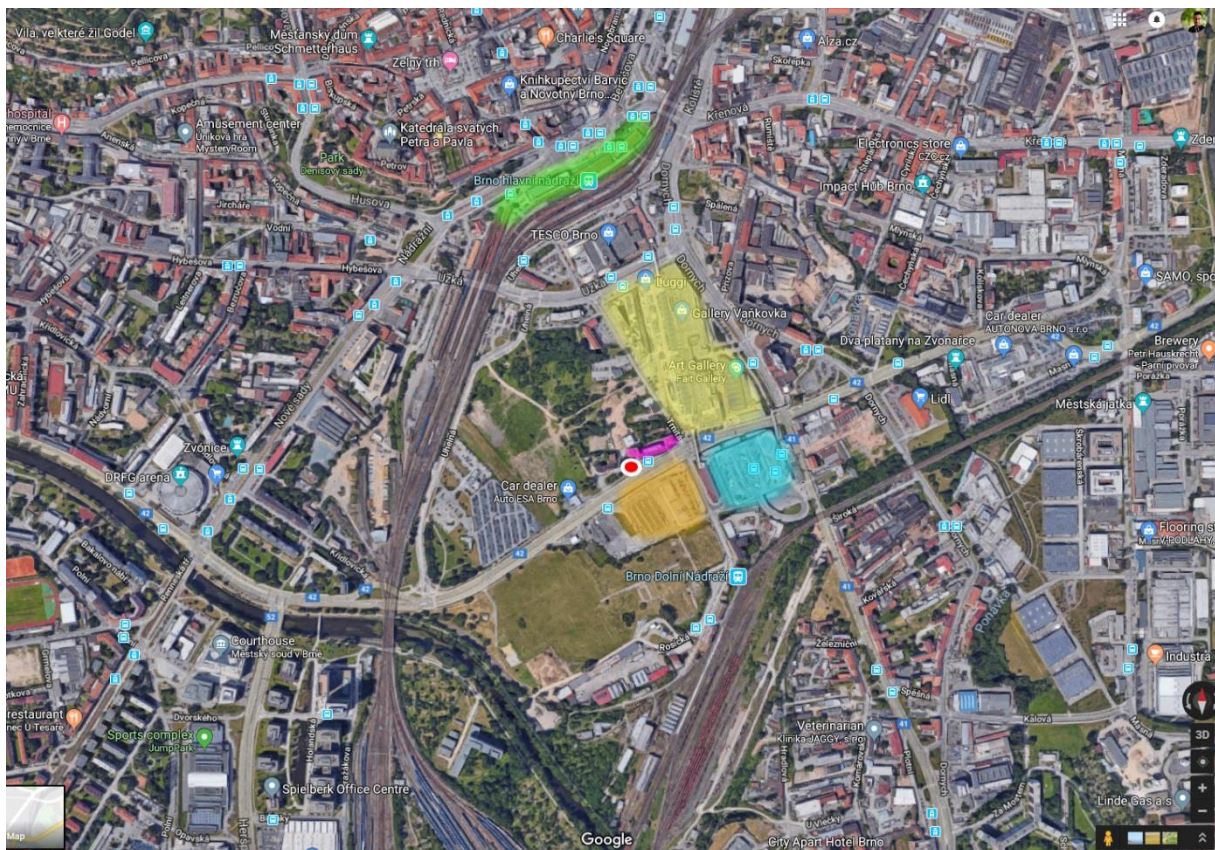


Obrázek 1 – stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka





Obrázek 2 - silniční mapa okolí stanice. Poloha stanice je vyznačena červeným bodem. Zdroj: Google Maps



Obrázek 3 - fotografická mapa okolí stanice. Poloha stanice je vyznačena bíle ohraničeným červeným bodem. Žlutě je zvýrazněn areál nákupní galerie, zeleně Brno Hlavní nádraží, modře autobusové nádraží a oranžově parkoviště. Fialově je vyšrafována budova šlapanického městského úřadu. Zdroj: Google Maps

## MĚŘÍCÍ PROGRAM

Na stanici probíhá automatický měřicí program, který zahrnuje kontinuální monitoring několika znečišťujících látek a meteorologických podmínek. Naměřená data jsou v reálném čase posílána do Informačního Systému Kvality Ovzduší (ISKO) ve správě Českého hydrometeorologického ústavu. Následně podléhají data dvojfázové verifikaci. Druhá fáze verifikace vyžaduje srovnání v širším kontextu, a proto je uskutečňována s větším zpožděním až v době, kdy jsou k dispozici data i z manuálních stanic. Z tohoto důvodu a z nutnosti využití nejaktuálnějších dat, prošla data z časového intervalu 01/2018-02/2019 pouze jednou fází verifikace.

Následující tabulka obsahuje seznam sledovaných veličin včetně metody analýzy a intervalu dostupnosti dat.

Veličina	Metoda analýzy	Datum zahájení	Datum ukončení
oxid dusnatý (NO)	chemiluminiscence	1. 1. 2000	-
oxid dusičitý (NO <sub>2</sub> )			
oxidy dusíku (NO <sub>x</sub> )			
částice PM <sub>10</sub>	optoelektronická metoda	1. 12. 2007	-
částice PM <sub>2,5</sub>			
částice PM <sub>1</sub>			
oxid uhelnatý (CO)	IR-korel. absorpční spektrometrie	1. 1. 2007	-
oxid siřičitý (SO <sub>2</sub> )	UV-fluorescence	1. 1. 2000	17. 6. 2013
ozon (O <sub>3</sub> )	UV-absorpce	23. 3. 2005	15. 5. 2018
SPM (suspendované částice)	radiometrie	1. 1. 2000	17. 11. 2007
teplota vzduchu	odporová metoda	1. 1. 2000	
vlhkost vzduchu	kapacitní čidlo	1. 1. 2000	
rychlost větru	optoelektronická metoda (dříve elektromagnetická metoda)	1. 1. 2000	
směr větru	optoelektronická metoda	1. 1. 2000	
atmosférický tlak		1. 1. 2000	

Z výše uvedené tabulky je patrné, že je v současnosti na stanici Brno-Zvonařka sledována koncentrace oxidů dusíku (NO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub>), tří frakcí suspendovaných částic (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub>) a oxidu uhelnatého (CO). Kromě toho jsou také sledovány meteorologické parametry – teplota vzduchu ve

2 m, vlhkost vzduchu, atmosférický tlak a směr a rychlost větru. Oxidy dusíku a meteorologické parametry jsou sledovány od 1. 1. 2000. Do konce roku 2006 nebyly monitorovány jednotlivé frakce PM, ale suspendované částice jako takové. Stejně tak jsou až od roku 2007 sledovány koncentrace oxidu uhelnatého.

Koncentrace oxidu siřičitého byly měřeny od začátku měření stanice (1. 1. 2000) a měření bylo ukončeno k 17. červnu 2013. Důvodem ukončení jsou dlouhodobě trvale velmi nízké koncentrace SO<sub>2</sub> v celé České republice až na naprosté a ojedinělé výjimky, které se netýkají Jihomoravského kraje. Počet stanic monitorujících SO<sub>2</sub> tak byl omezen na nutné minimum.

V roce 2018 bylo také ukončeno měření koncentrace přízemního ozonu, které zde probíhalo od roku 2005.

Do konce roku 2006 byly veličiny sledovány v 30minutovém intervalu. Od roku 2007 jsou některé parametry ukládány do databáze v 10minutovém a některé v hodinovém kroku. 10minutová data jsou v současnosti k dispozici pouze u směru a rychlosti větru.

Za účelem srovnatelnosti dat byla v této zprávě použita data od 1. ledna 2008. Cílem zprávy bylo zhodnotit stav na stanici zejména po zahájení stavebních prací v polovině roku 2018. Rok 2018 a začátek roku 2019 tak byly srovnány s desetiletým průměrem 2008-2017.

Do zprávy byly použity pouze průměry z takových intervalů, které vyhověly podmínce dostupnosti minimálně 90 % dat za dané období.

Na začátku dubna 2019 byla stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka vzhledem k výrazné změně v okolí a významnému ovlivnění výsledků měření v důsledku stavební činnosti zpětně k 1. září 2018 překlasifikována na stanici průmyslovou (původně dopravní). Po dokončení stavebních prací bude stanice opět překlasifikována na stanici dopravní.

## STAVEBNÍ PRÁCE

### VLIV STAVEBNÍCH PRACÍ NA KVALITU OVZDUŠÍ

V blízkosti stanice Brno-Zvonařka v období zájmu (září 2018 až únor 2019) probíhaly rozsáhlé stavební práce v okolí. Výstavba či demolice budov, dopravních komunikací či jiných prvků infrastruktury může velmi zásadně ovlivnit lokální kvalitu ovzduší.

Stavební práce mohou koncentrace znečišťujících látek v ovzduší ovlivňovat několika různými způsoby. Zde je seznam těch hlavních z nich:

- vyšší prašnost ze samotné stavby
- resuspenze již usazeného prachu ze stavby automobily, chodci apod.
- narušená plynulost dopravy (při různých uzavírkách z důvodu stavebních prací)
- vyšší znečištění z nákladních automobilů vozících stavební materiál na místo stavby v okolí, případně obecně stavebních strojů používaných na stavbě (dieselové agregáty, bagry apod.)

Na základě emisní bilance a znalosti hlavních zdrojů znečištění ovzduší lze předpokládat, že se výše uvedené body projeví především na koncentracích suspendovaných částic a oxidů dusíku. Velmi výrazný vliv zde také hrají meteorologické podmínky, například rychlost a směr větru či srážky. U srážek, ať už dešťových či sněhových, je vliv na kvalitu ovzduší pozitivní. U rychlosti větru není vliv zcela jednoznačný a vždy záleží na konkrétní situaci. Na jednu stranu vede vyšší rychlost větru k lepšímu promíchávání vzduchu a tedy snižování koncentrací znečišťujících látek v dané lokalitě, na stranu druhou může vyšší rychlost větru vést k rozfoukávání prachu ze stavby do okolí a u stavebních činností lze říci, že spíše převažuje negativní vliv vyšších rychlostí větru, pokud jsou prováděny prašné aktivity, jako například demolice apod. Směr větru je pak klíčový pro směr šíření znečišťujících látek od zdroje.

Zásadní vliv stavebních prací na kvalitu ovzduší v okolí je potvrzen řadou odborných studií (např. Zarami et al, 2016; Hrachá, 2018; Wagner, 2017). U prašnosti způsobené samotnou stavbou a případně následnou resuspenzí částic ze stavby, lze předpokládat především nárůst větších částic, tedy suspendovaných částic frakce PM<sub>10</sub>. To se projevilo i ve studiích na toto téma (Zarami et al, 2016). Navíc jak ukázala studie (Koumar, 2012) produkují stavební práce také tzv. ultrajemné částice (částice o aerodynamickém průměru do 0,1 μm, tedy 100 mn.).

Narušení plynulosti dopravy zvyšuje emise z dopravy, ať už resuspenzí (především PM<sub>10</sub>), tak například intenzivnějším otěrem brzd či vyššími výfukovými emisemi (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub>, NO<sub>x</sub>). Stejný vliv pak má i pohyb a činnost nákladních vozidel a stavebních strojů v okolí. Přesně kvantifikovat

množství a podíl emisí ze stavebních prací na konkrétní lokalitě je prakticky nemožné. Jak bylo zmíněno výše, stavba působí na kvalitu ovzduší jak přímo, tak nepřímo a nikdy není jediným zdrojem znečištění ovzduší v okolí. Fugitivní emise ze stavebních činností se tedy vzhledem k velkému množství faktorů odhadují velmi obtížně. Například studie (Font, 2014) odhadla, že demoliční a stavební práce v Londýně v roce 2010 vygenerovaly přibližně 1,4 % celkových emisí PM<sub>10</sub>.

Kromě suspendovaných částic a oxidů dusíku se můžou do ovzduší vlivem stavebních prací dostávat i další znečišťující látky, jako například těkavé organické látky (Volatile Organic Compounds, VOCs), oxid uhelnatý (CO) nebo některé kovy.

## **METODY OMEZENÍ ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ STAVEBNÍMI ČINNOSTMI**

Do jisté míry jsou emise ze stavební činnosti nevyhnutelné. Existují však metody, jak tyto emise alespoň snížit, mezi ty patří například:

- **zakrývání** - přikrývání materiálu, který by se prouděním mohl dostat do ovzduší (například hromada písku). Platí například také pro zakrývání nákladního prostoru nákladních automobilů přepravujících stavební materiál.
- **kropení** – zvlhčování materiálu před jeho přepravou, prací s ním, ale také například kropení vozovek, což omezuje resuspenzi.
- **čištění** – aktivní odstraňování například prachu z vozovek, špíny z kol nákladních automobilů před jejich odjezdem z rozestavěné lokality apod.
- **vysávání** - využívání vysavače při vrtání apod., tak aby se prach nedostával přímo do ovzduší.
- **zdroje energie** – využívání alternativních zdrojů energií, kde to je možné (například využívání místních elektrických přípojek na úkor dieselového agregátů).
- **předpříprava** – pokud je to možné, vozit na místo stavby materiál už připravený (například nařezaný).
- **načasování prací** – odložení prašných aktivit v době nepříznivých meteorologických podmínek (vysoké rychlosti větru, intenzivní sucho).
- **plánování** – plánování časového harmonogramu stavebních prací tak, aby se v jedné chvíli nestavělo na příliš mnoha místech v jedné lokalitě a vliv těchto činností se nesčítal. Důležité je také plánování případných objízdnych tras, pokud stavební činnost ovlivňuje průjezdnost dopravních komunikací.
- **kontrola** – pravidelné kontroly dodržování opatření vedoucích ke snížení znečišťování ovzduší a monitorování situace

## STAVEBNÍ ČINNOSTI V OKOLÍ STANICE BRNO-ZVONAŘKA

Stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka se nachází jižně od Hlavního nádraží Brno v zóně, která se v posledních letech velmi intenzivně rozvíjí. V době přípravy této zprávy (začátek března 2019) zde probíhají velmi intenzivní stavební práce zahrnující jak budování, tak demolice objektů a rekonstrukce dopravní infrastruktury.

### TRAMVAJ PLOTNÍ

V rámci projektu Tramvaj Plotní, jednoho ze strategických projektů města Brna, dochází k přesunu tramvajové trati z ulice Dorných do ulice Plotní. Zároveň toto vyžaduje kompletní změnu dopravního řešení v této lokalitě, které má mj. přinést zlepšení průjezdnosti této lokality.

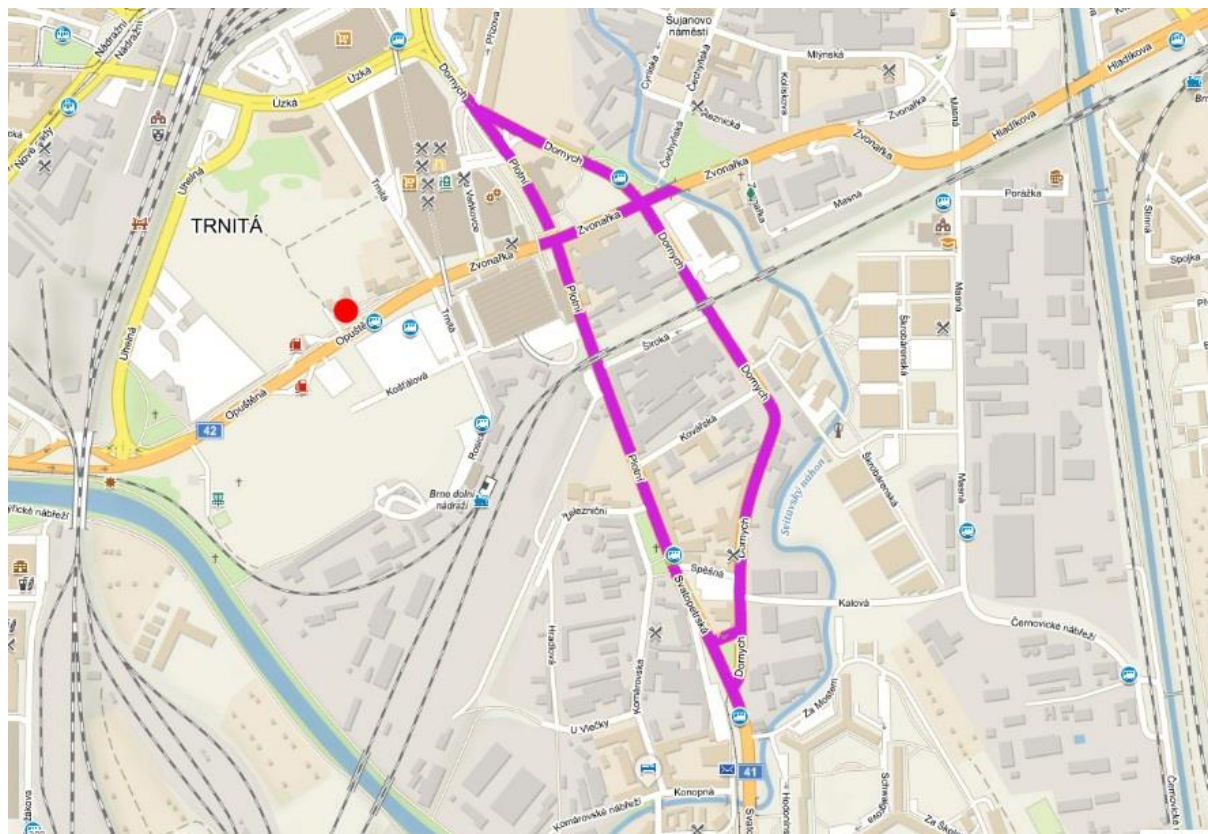
Práce byly zahájeny 12. března 2018 uzavřením části mezi ulicemi Svatopetrská a Zvonařka. Stavba si kromě kompletních uzavírek některých komunikací vyžádala i svedení dopravy do jednoho pruhu a tedy významné narušení plynulosti dopravy.

Celková délka prací je smluvně stanovena na 30 měsíců (2 roky a 6 měsíců).

Stanice Brno-Zvonařka se nachází v těsné blízkosti stavebních činností souvisejících s touto přestavbou. Je tak ovlivněna jak fugitivními emisemi ze stavebních činností, tak zvýšenou dopravní intenzitou a sníženou plynulostí dopravy na komunikaci těsně přiléhající stanici a komunikacích v okolí.



Obrázek 4 – stavební práce na křižovatce Zvonařka-Dorných, 18. září 2018, 18:49. Vzdálenost od stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka 440 m. Foto: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno

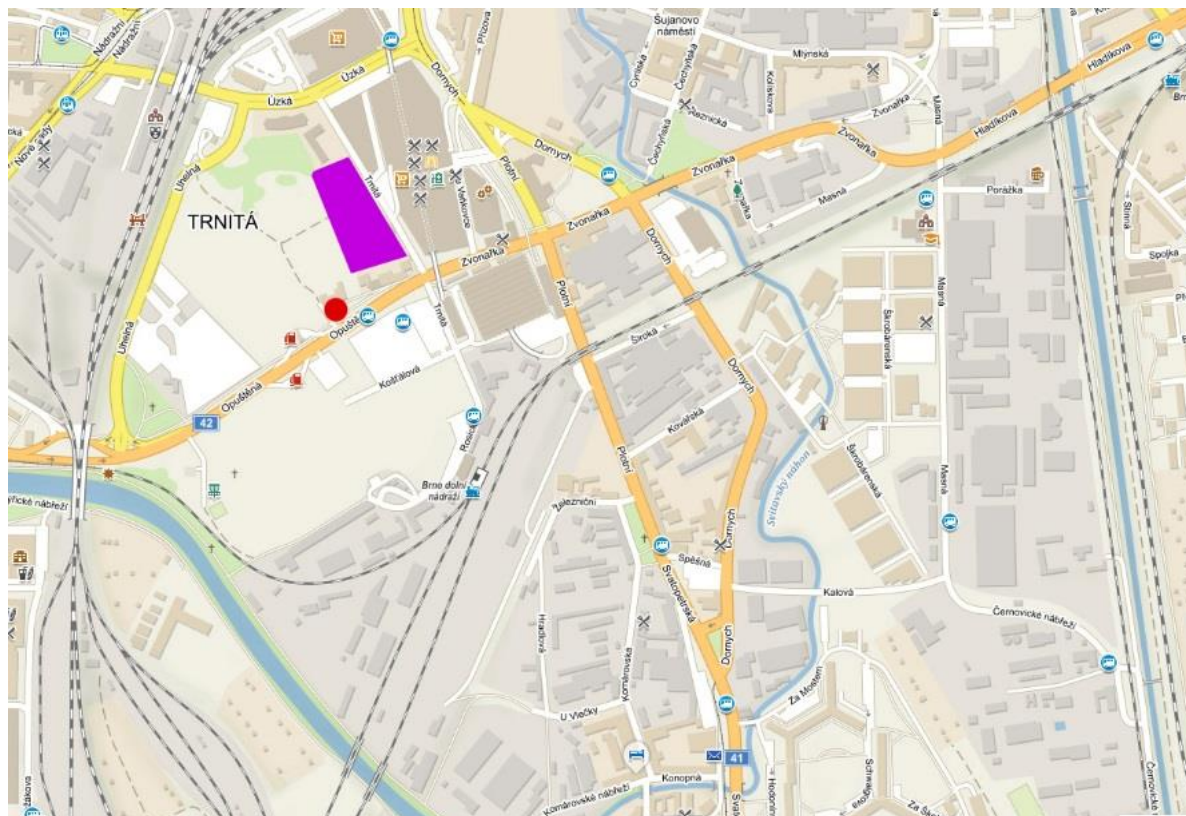


Obrázek 5 – mapa oblasti stavebních prací souvisejících s projektem Tramvaj Plotní. Oblasti s hlavními stavebními pracemi jsou zvýrazněny fialově. Červený bod značí umístění stanice Brno-Zvonařka. Zdroj: mapy.cz

## PALÁC TRNITÁ

V ulici Trnitá a Opuštěná dochází ke kompletní rekonstrukci a přestavbě stávajícího objektu. To znamená v první části demolici stávajících budov a přípravu základů a následně stavbu nového komplexu kancelářských budov, obchodů a bytů, označovaných souhrnně jako Palác Trnitá. Výstavba by měla být dokončena v roce 2021.





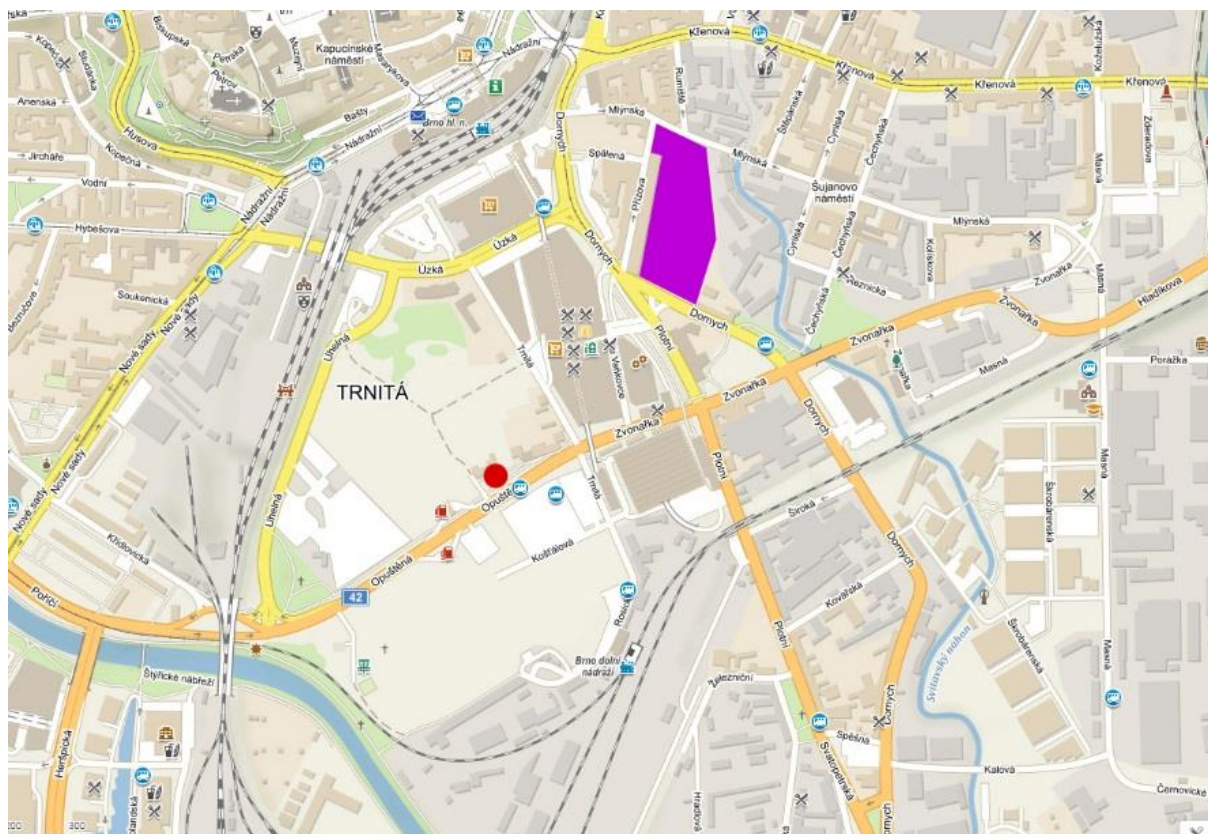
Obrázek 6 - mapa oblasti stavebních prací souvisejících s projektem Palác Trnitá. Oblasti s demoličními a stavebními pracemi jsou zvýrazněny fialově. Červený bod značí umístění stanice Brno-Zvonařka. Zdroj: mapy.cz



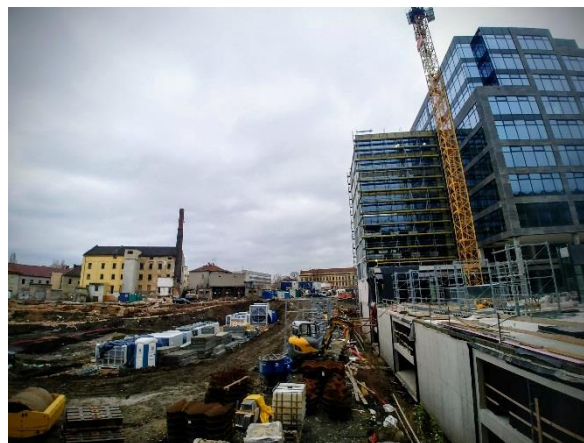
Obrázek 7 – demolice budovy v ulici Trnitá v souvislosti s přípravou na stavbu Paláce Trnitá. 3. března 2019, 11:10. 105 m vzdušnou čarou od stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka, která je v zástínu budovy Městského úřadu Šlapanice. Foto: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno.

## VLNĚNA OFFICE PARK

Bývalá budova brněnské textilky Vlněna byla kompletně zbourána v roce 2016 a na jejím místě jsou nyní stavěny tři nové rozsáhlé administrativní budovy podél Přízové ulice, tzv. Vlněna Office Park. Areál ohraničují ulice Přízova, Mlýnská a Dornych.



Obrázek 8 - mapa oblasti stavebních prací souvisejících s projektem Vlněná Office Park. Oblasti s demoličními a stavebními pracemi jsou zvýrazněny fialově. Červený bod značí umístění stanice Brno-Zvonařka. Zdroj: mapy.cz



Obrázek 9 – rozestavěný komplex Vlněná Office Park, 29. prosince 2018, 11:30. Vzdálenost od stanice Brno-Zvonařka 450 m. Foto: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno.

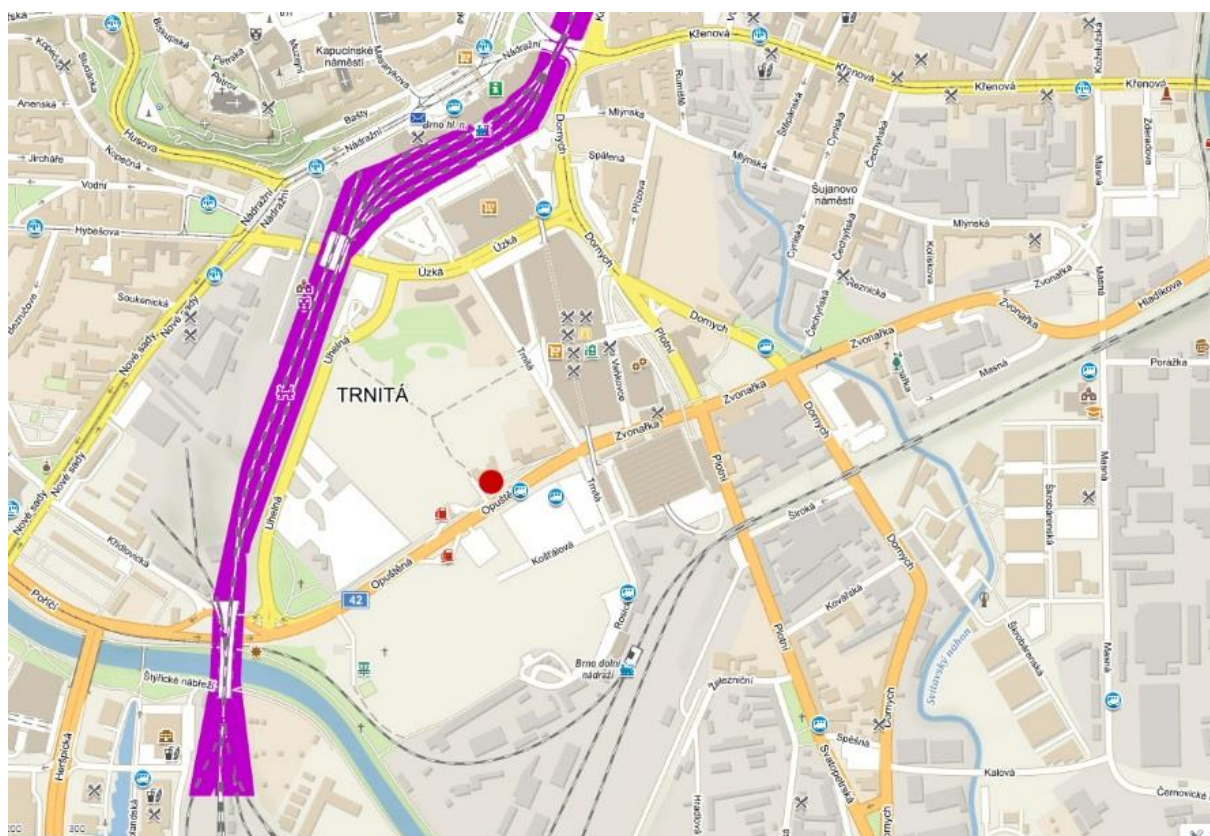
## REKONSTRUKCE HLAVNÍHO NÁDRAŽÍ BRNO

Od 9. prosince 2018 probíhá na Hlavním nádraží Brno rozsáhlá rekonstrukce zabezpečovacího zařízení. S touto akcí je spojena řada výluk a také stavební práce v areálu kolejíště Hlavního nádraží. Železniční doprava je částečně přeměrována na brněnské Dolní nádraží (250 m jihovýchodně od stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka), nádraží Brno-Královo Pole a Brno-Židenice.

Obousměrnou dopravu z Hlavního nádraží na Dolní nádraží zajišťují autobusy městské hromadné dopravy, projíždějící takřka přímo kolem stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka. Na samotném Dolním nádraží byly na přelomu roku postaveny dočasné čekárny.

Poblíž šestého nástupiště se staví nová budova pro technologické zařízení a pro dosavadní stavědla již není využití, proto budou zdemolovány. Stavební práce na hlavním nádraží se táhnou až za ulici Opuštěná.

Ukončení prací se plánuje na 15. prosince 2019.



Obrázek 10 - mapa oblasti stavebních prací souvisejících s rekonstrukcí Hlavního nádraží Brno. Oblasti s demoličními a stavebními pracemi jsou zvýrazněny fialově. Červený bod značí umístění stanice Brno-Zvonařka. Zdroj: mapy.cz



Obrázek 11 – stavební práce na Hlavním nádraží Brno, 490 m od stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka, 9. března 2019, 11:00. Foto: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno.

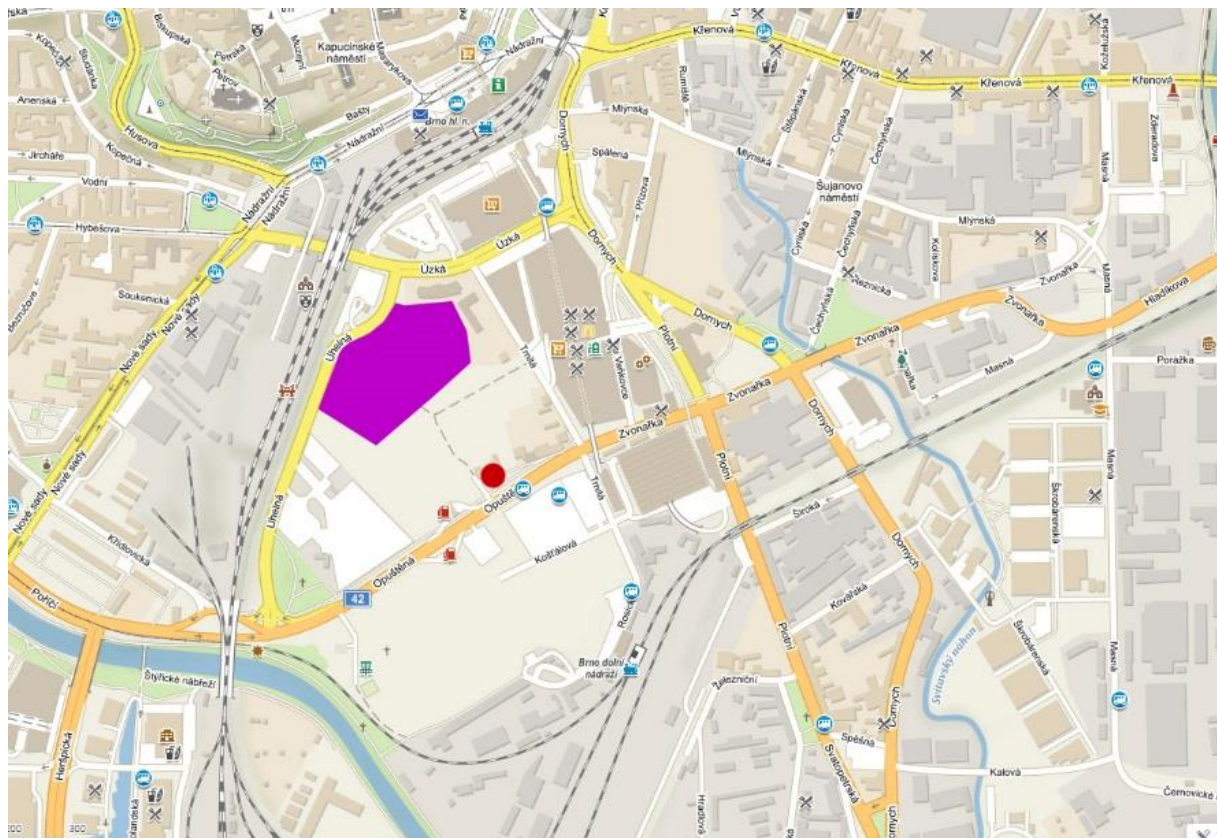
V souvislosti s rekonstrukcí Hlavního nádraží jsou také rekonstruovány železniční mosty přes ulice Úzká a Opuštěná. Kromě stavebních prací je zde také zúžení pruhů a tedy narušení plynulosti dopravy.



Obrázek 12 – rekonstrukce železničního mostu přes ulici Opuštěná a Křídlovická, 9. března 2019, 12:00, 690 m od stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka. Foto: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno.

## DEPONIE ZEMIN PŘI ULICI UHELNÁ

V blízkosti stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka se nachází také místo pro ukládání zemin. Nachází se zde velké, nepřikryté hromady písku, zeminy a šterku, které jsou při vyšších rychlostech větru rozfoukávány do okolí.



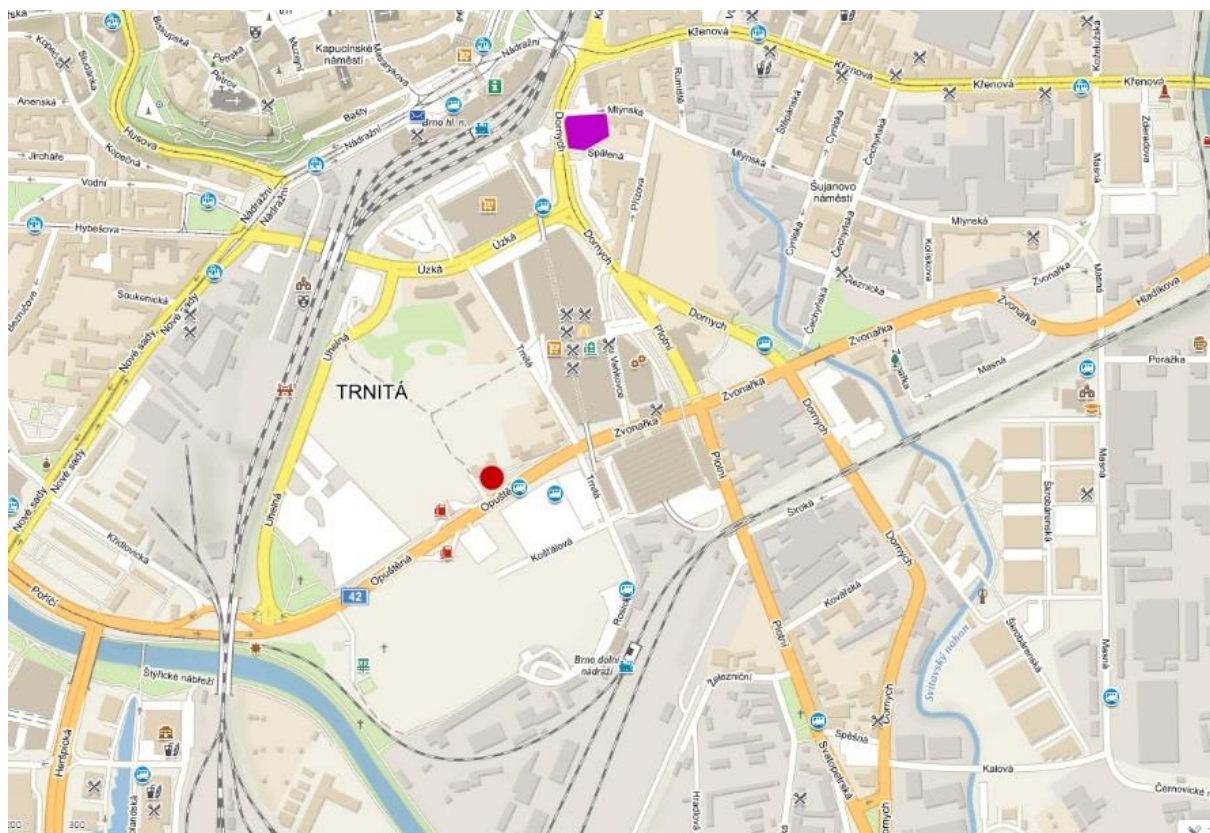
Obrázek 13 - mapa oblasti deponie zemin u ulice Uhelná. Oblast je zvýrazněna fialově. Červený bod značí umístění stanice Brno-Zvonařka. Zdroj: mapy.cz



Obrázek 14 – deponie zemin při ulici Uhelná v Brně, 9. března 2019, 12:30. 270 m od stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka. Foto: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno.

## STAVEBNÍ PRÁCE NA ROHU ULIC MLÝNSKÁ A DORNÝCH

Další rozsáhlé stavební práce probíhají na rohu ulic Mlýnská a Dorných.



Obrázek 15 - mapa oblasti stavebních prací na rohu ulic Mlýnská a Dorných. Oblast stavby je zvýrazněna fialově. Červený bod značí umístění stanice Brno-Zvonařka. Zdroj: mapy.cz



Obrázek 16 – stavební práce na rohu ulic Mlýnská a Dorných, 530 m od stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka, 9. března 2019, 13:00. Foto: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno.

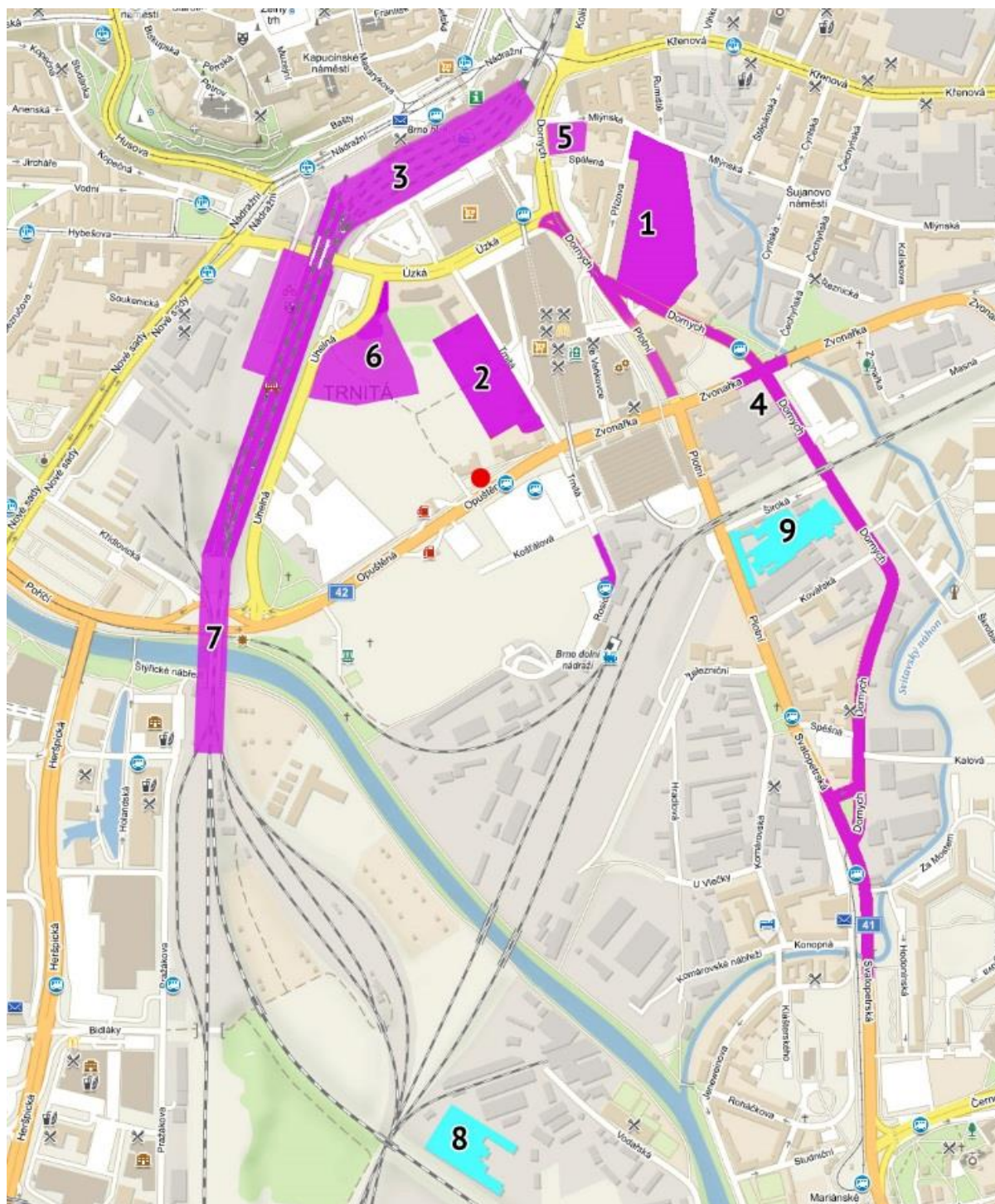
## CELKOVÝ PŘEHLED

Následující orientační mapa stavebních prací v okolí stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka jasně dokazuje, že se v okolí stanice momentálně nachází řada rozsáhlých stavenišť a celý ráz této části města se velmi rychle mění. Původní neudržované budovy a tzv. brownfields<sup>1</sup> se mění v moderní kancelářské a bytové budovy a rozvíjena je i dopravní infrastruktura. To je na jednu stranu pozitivní, na stranu druhou to znamená, že lze momentálně stanici Brno-Zvonařka klasifikovat jako průmyslovou stanici a nikoliv stanici dopravní vzhledem k rozsahu staveb v okolí a faktu, že se v několika případech jedná o několikaleté projekty.

---

<sup>1</sup> nemovitost (pozemek, objekt, areál), která je nedostatečně využívána, zanedbaná a může být i kontaminovaná. Vzniká jako pozůstatek průmyslové, zemědělské, rezidenční, vojenské či jiné aktivity. Může se jednat o jednotlivé budovy, komplexy budov, areály s budovami nebo jen plochy bez budov. Patří sem nevyužívané zemědělské a průmyslové stavby a areály, nevyužitá dopravní stavby a skladové prostory (haly i deponie), prázdné administrativní budovy a kulturní centra, nevyužitá nákupní centra, ale i nevyužitá obytné budovy - vše, co není užíváno. Jako ekvivalent pro výraz „brownfield“ používá Ministerstvo pro místní rozvoj ČR název „deprimující zóna“. Zdroj: Wikipedia





Obrázek 17 – orientační mapa rozestavěných ploch v okolí stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka s vyznačením rovněž dvou slévarenských objektů. Vyznačené stavby jsou pouze orientační a aktuální rozsah staveniště se může mírně odlišovat. Červený bod značí lokalitu umístění stanice imisního monitoringu. 1 – Vlněna Office Park, 2 – Palác Trnita, 3 – rekonstrukce Hlavního nádraží Brno, 4 – Projekt Tramvaj Plotní, 5 – stavební práce na rohu ulic Mlýnská a Dornych, 6 – deponie zemin při ulici Uhelná, 7 – rekonstrukce železničního mostu přes ulici Opuštěná, 8 – slévárna Feramo Metallum International s.r.o., 9 – slévárna UXA spol. s.r.o.

## METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY

### VLIV METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK NA KVALITU OVZDUŠÍ

Obecně lze říci, že nejvyšší koncentrace znečišťujících látek v ovzduší bývají pozorovány v zimě, naopak nejnižší v létě. Výjimkou jsou koncentrace přízemního ozonu, kde je tomu přesně naopak v důsledku principu vzniku tohoto sekundárního polutantu fotochemickými reakcemi.

Důvodů pro vysoké koncentrace většiny znečišťujících látek v zimním období je více. S nízkými teplotami je spojeno vytápění domácností tuhými palivy, a právě lokální vytápění se dle emisní bilance 2016 podílí na emisích PM<sub>10</sub> (57,2 %) i PM<sub>2,5</sub> (74,1 %) nejvýrazněji.

Velmi významnou roli v kvalitě ovzduší hrají také rozptylové podmínky – především pak směr a rychlost větru a teplotní zvrstvení atmosféry. Při nízkých rychlostech větru je výrazně omezeno promíchávání vzduchu a dochází tedy ke kumulaci znečišťujících látek v místě zdroje. Negativní vliv mají také zimní teplotní inverze. Inverzní situace je synoptická situace, při níž teplota vzduchu s rostoucí nadmořskou výškou vzrůstá. Má tedy opačný průběh než obvyklý, kdy teplota s rostoucí nadmořskou výškou klesá. Inverzní vrstva v atmosféře zabraňuje promíchávání vzduchu a vede tedy k hromadění vodní páry (tvorba mlh a nízké inverzní oblačnosti) i znečištění vzduchu pod vrstvou inverze.

Je důležité zmínit, že zhoršené rozptylové podmínky nemusí znamenat vysoké koncentrace znečišťujících látek v ovzduší, ale naopak situace s vysokými koncentracemi polutantů nastávají takřka ve všech případech za nepříznivých rozptylových podmínek.

Na základě směru větru se znečišťující látky v ovzduší pohybují do okolních oblastí, často stovky kilometrů a hovoříme o tzv. dálkovém transportu, který může být i přeshraniční.

Kvalitu ovzduší ovlivňují také srážky, ať už dešťové či sněhové, které mají pozitivní vliv a snižují koncentrace znečišťujících látek v ovzduší prostřednictvím mokré depozice.

### TEPLOTA VZDUCHU

Rok 2018 se zapsal do historie jako zatím nejteplejší rok, co se týče teplotních průměrů pro území České republiky. Roční průměrná teplota v ČR byla v teplotně mimořádně nadnormálním roce 2018 +9,6 °C, tedy +1,7 °C nad dlouhodobým průměrem 1981-2010 a +2,1 °C nad normálem 1961-1990.

Referenčně nejteplejší byl měsíc duben (+4,8 °C nad průměrem 1981-2010), teplotně podnormální byly pouze měsíce únor a březen.

Roční srážkový úhrn byl pro celou Českou republiku v průměru 517 mm, což znamená, že se jednalo o rok srážkově silně podnormální (76 % normálu, dlouhodobý průměr 1981-2010 v ČR je 686 mm). Stejně jako rok 2015 to byl rok hodnocený jako suchý, a to jak z hlediska srážkových, tak odtokových poměrů.

Rok 2018 byl na stanici Brno-Zvonařka teplotně nadprůměrný ve všech čtyřech měsících zájmu (září až prosinec). Stejně tak tomu bylo následující první dva měsíce v roce 2019.

Tabulka 1 - průměrné měsíční teploty vzduchu v jednotlivé měsíce ve srovnání s dlouhodobým průměrem

měsíc	průměr (2008-2017) [°C]	2018 [°C]	odchylka od průměru [°C]
září	16,01	17,65	+1,64
říjen	10,03	12,94	+2,92
listopad	5,98	6,97	+0,98
prosinec	1,17	2,18	+1,01
		2019 [°C]	
leden	-0,61	-0,15	+0,46
únor	1,42	3,52	+2,10

Nejextrémnější byl ze sledovaných čtyř měsíců roku 2018 říjen, kdy byla teplota velmi výrazně nadnormální (téměř o tři stupně vyšší, než je desetiletý průměr). Nejnížší odchylka byla naopak pozorována v lednu 2019, kdy byl měsíční průměr pouze přibližně 0,5 °C nad desetiletým průměrem 2008-2017.

## VLHKOST VZDUCHU

Následující tabulka ukazuje průměrnou relativní vlhkost vzduchu v jednotlivé měsíce září 2018 až únor 2019 a srovnání s dlouhodobým průměrem.

Tabulka 2 – průměrná relativní vlhkost vzduchu v jednotlivé měsíce ve srovnání s dlouhodobým průměrem

měsíc	průměr (2008-2017) [%]	2018 [%]	odchylka od průměru [%]
září	70,69	64,05	-6,64
říjen	79,09	65,63	-13,46
listopad	82,78	75,55	-7,23
prosinec	83,82	80,31	-3,51
		<b>2019</b> [%]	
leden	82,51	75,36	-7,14
únor	75,97	70,74	-5,24

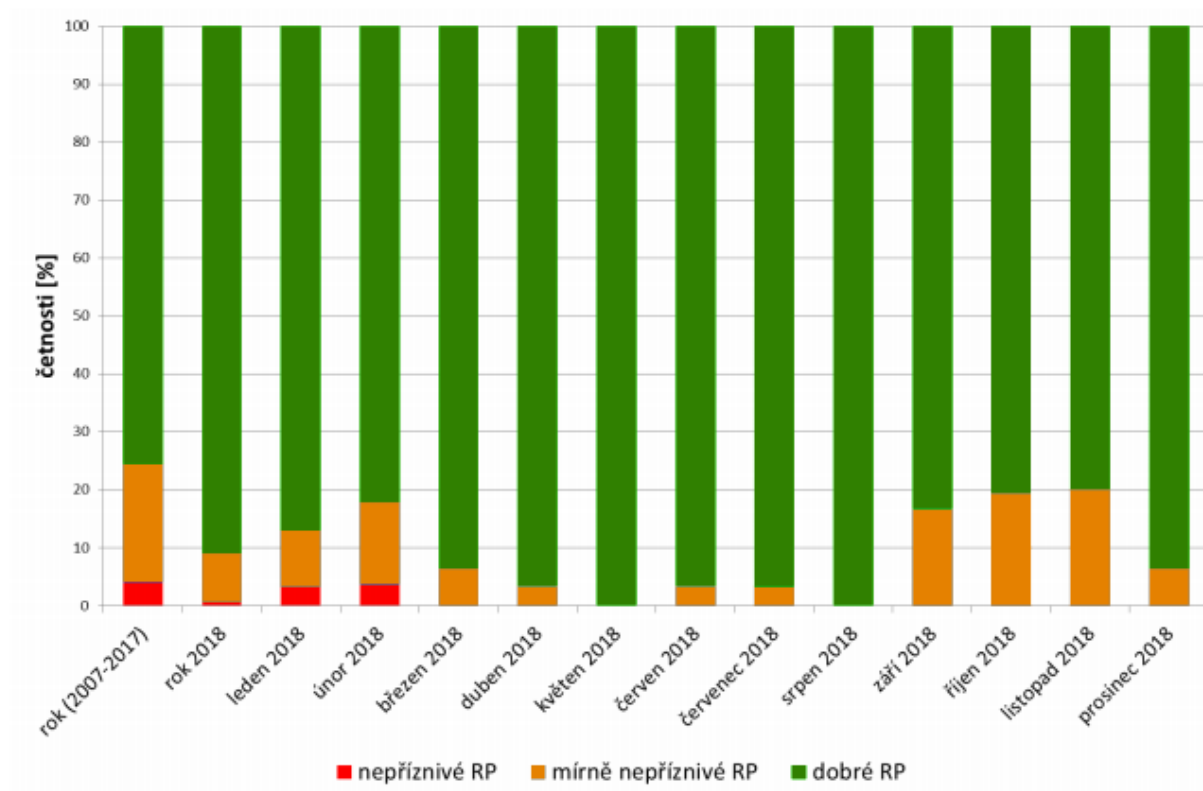
Každý z měsíců ve sledovaném půlroce byl, co se relativní vlhkosti vzduchu týče, podprůměrný. Nejvýrazněji v říjnu 2018, kdy byla relativní vlhkost vzduchu ve srovnání s desetiletým průměrem 2008-2017 o 13,5 % nižší. Naopak nejnižší rozdíl byl naměřen v prosinci (-3,51 %).

## RYCHLOST A SMĚR VĚTRU

Rychlost a směr větru mají na kvalitu ovzduší zásadní vliv. Obecně platí, že nízké rychlosti větru jsou pro kvalitu ovzduší spíše nepříznivé, jelikož dochází k promíchávání vzduchu v menší míře a tím pádem se znečišťující látky v ovzduší akumulují. Směr větru je klíčový pro směr šíření znečišťujících látek od jejich zdroje.

Rozptylové podmínky lze kvantifikovat prostřednictvím tzv. ventilačního indexu (VI)<sup>2</sup>. Ve srovnání s desetiletým průměrem 2007-2017 byly rozptylové podmínky v roce 2018 na území České republiky lepší. Jako „dobré rozptylové podmínky“ lze v roce 2018 označit 91 % času, což je 120 % dlouhodobého průměru. V rámci celé České republiky byly nejlepší rozptylové podmínky v květnu a srpnu (100 % dobrých) a naopak nejhorší v říjnu a listopadu (80 % dobrých).

<sup>2</sup> součin výšky mezní vrstvy atmosféry a průměrné rychlosti větru v ní



Obrázek 18 - přehled rozptylových podmínek v jednotlivých měsících 2018

Pokud se podíváme na rychlost větru v období září 2018 až únor 2019 na stanici Brno-Zvonařka, zjistíme, že v měsíčních průměrech byly hodnoty velmi podobné dlouhodobému průměru.

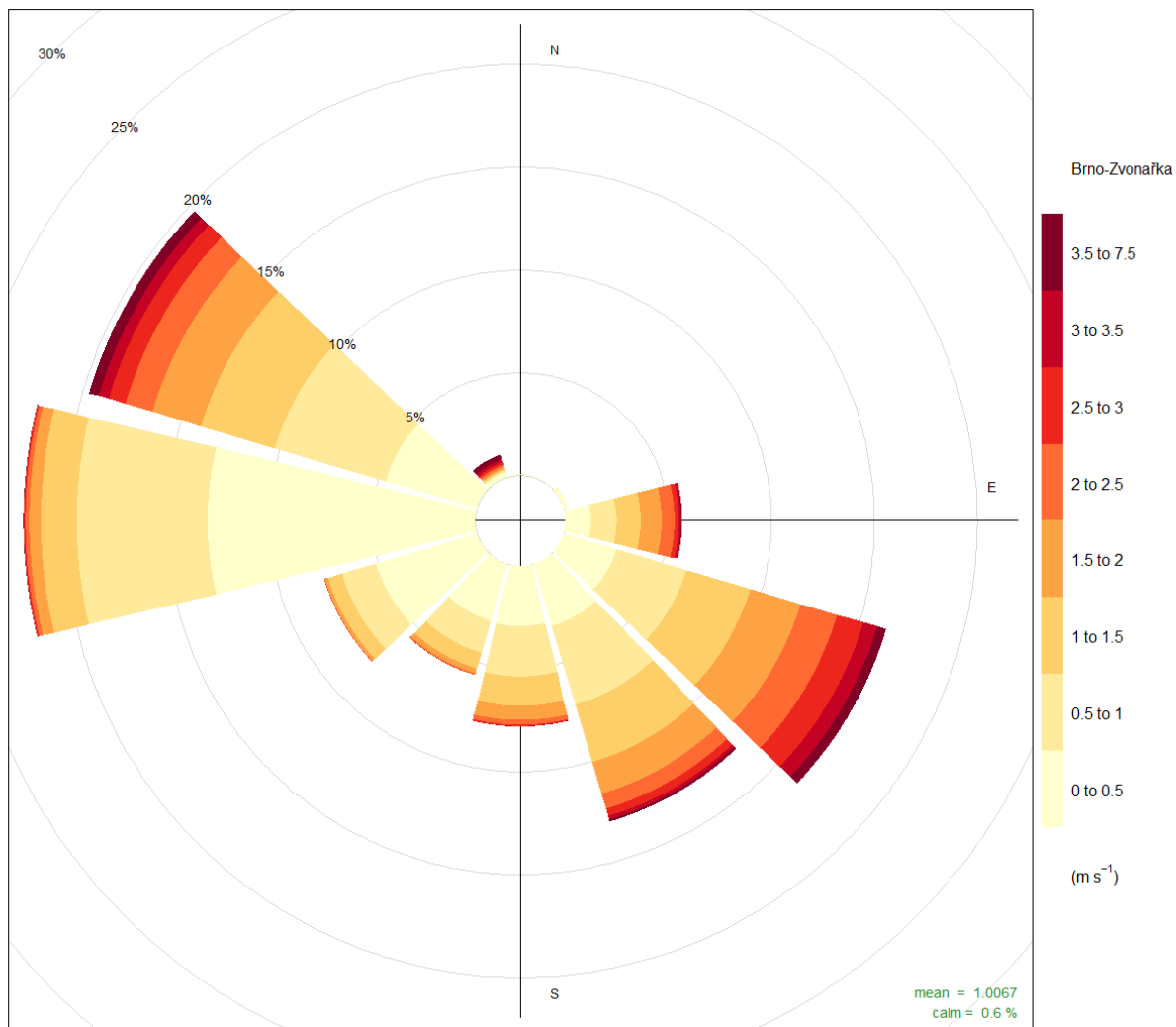
Tabulka 3 - průměrná rychlost větru v jednotlivé měsíce ve srovnání s dlouhodobým průměrem

měsíc	průměr (2008-2017) [m/s]	2018 [m/s]	odchylka od průměru [m/s]
září	0,72	0,67	-0,06
říjen	0,84	0,94	+0,10
listopad	1,16	1,00	-0,17
prosinec	1,11	1,15	+0,03
		<b>2019 [m/s]</b>	
leden	1,15	1,08	-0,07
únor	1,18	0,97	-0,20

Podprůměrné po stránce rychlosti větru byly měsíce září a listopad 2018 a leden a únor 2019. Nad průměrem byly měsíční průměry v říjnu a prosinci 2018. Ve všech případech však na obě strany nebyl rozdíl vyšší, než 0,2 m/s (0,7 km/h).

Obecně jsou rychlosti větru na stanici velmi nízké. V průměru největrnější měsíc je březen (1,32 m/s, 4,75 km/h), naopak nejnižší rychlosti větru bývají na stanici Brno-Zvonařka v září. Tento fakt souvisí mj. se zástavbou v okolí stanice. Ta nestojí v otevřeném prostoru. Na sever a severovýchod je v těsné blízkosti budova šlapanického městského úřadu, která tak z těchto směrů brání proudění.

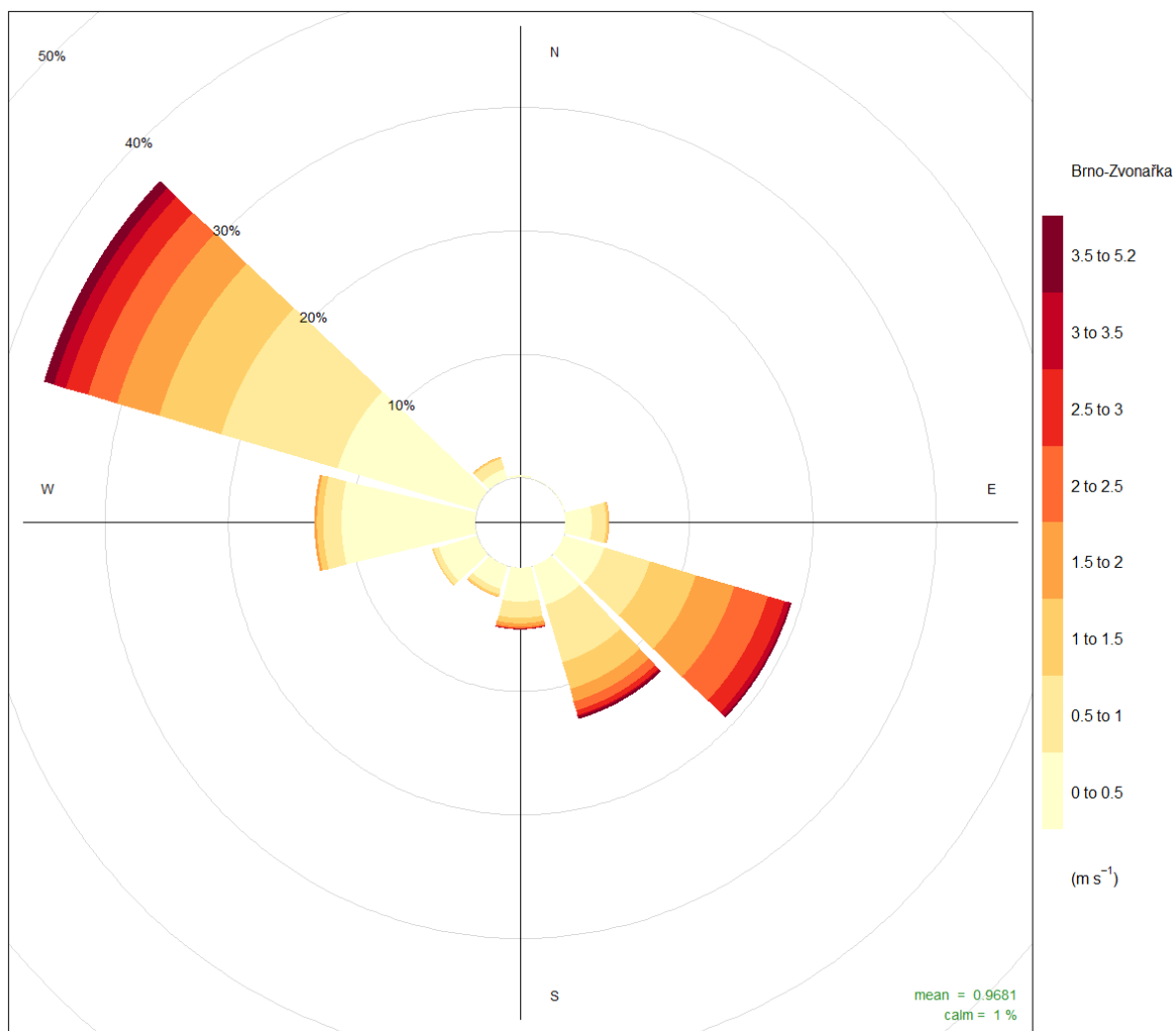
Nejlépe poměry směru větru na stanici reprezentuje větrná růžice.



Obrázek 19 – větrná růžice pro stanici Brno-Zvonařka za desetileté období 2008-2017.

Na růžici agregující průměrný směr větru za desetileté období 2008-2017 je dobře vidět absence proudění ze severního a severovýchodního směru. Dlouhodobě zde převažuje západní proudění (přibližně 22,5 % času), významné je však také proudění severozápadní (přibližně 20 % času) a jihovýchodní (přibližně 15 % času). Nejvyšší rychlosti větru bývají zaznamenávány ze severozápadního a jihovýchodního směru. Rychlosti větru se na stanici většinou pohybují do 7,5 m/s (27 km/h).

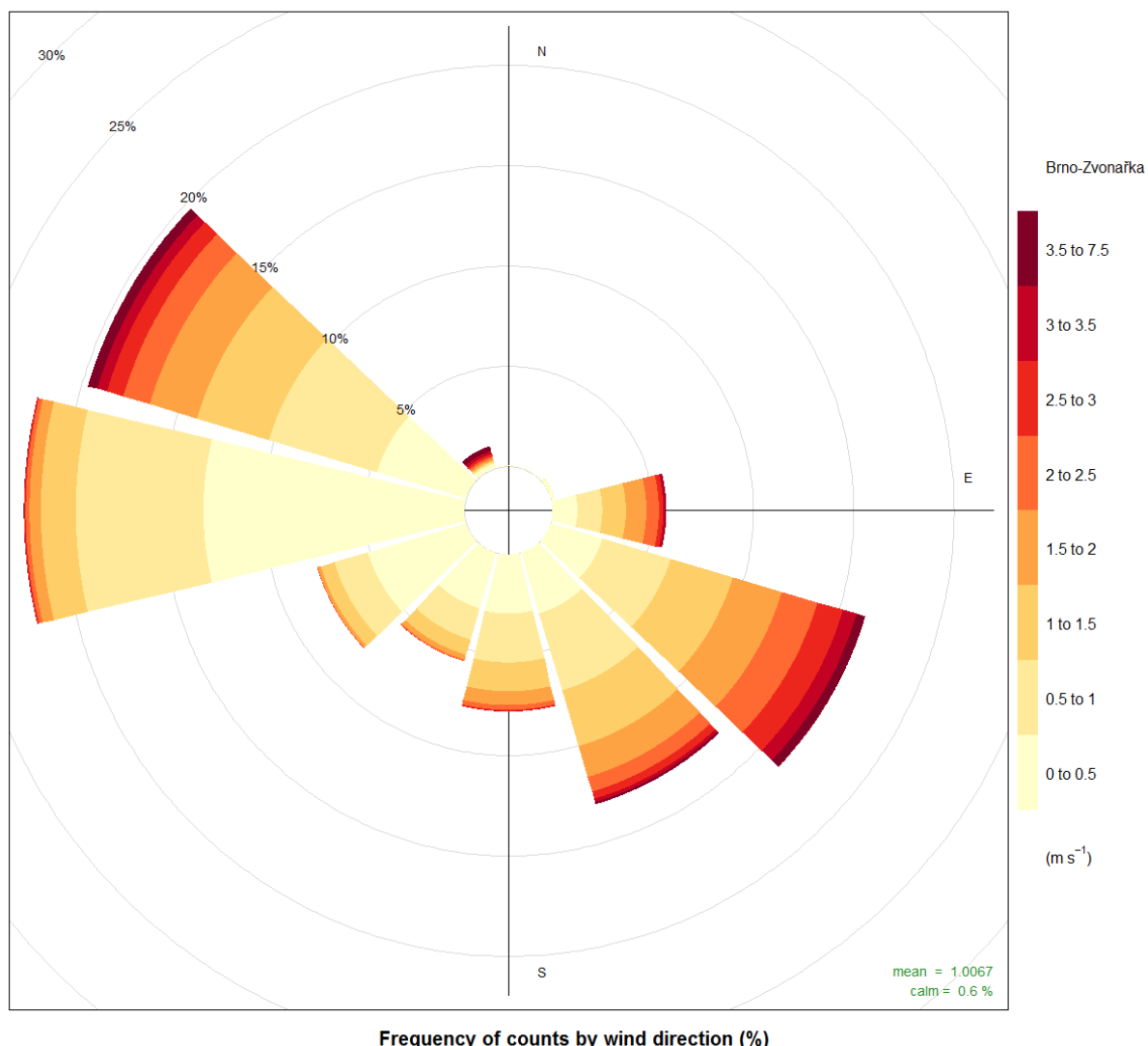
Následující růžice pak agreguje období zájmu, tedy září 2018 až únor 2019.



Obrázek 20 - větrná růžice pro stanici Brno-Zvonařka za období září 2018 až únor 2019.

V období zájmu se větrná růžice liší od růžice dlouhodobějšího období zejména absencí západního proudění. Dominuje proudění severozápadní (přibližně 37 % času) a významné je také směr jihovýchodní (přibližně 15 % času). Maximálních rychlostí je dosahováno nejčastěji při severozápadním proudění a rychlosti větru se obecně pohybovaly do 5 m/s (18 km/h).

Poslední růžice je pak opět z desetiletého období 2008 až 2017, tentokrát pouze se zahrnutím měsíců září až únor, tedy chladné části roku.



Obrázek 21 - větrná růžice pro stanici Brno-Zvonařka za období září až únor, agregace 2008-2017.

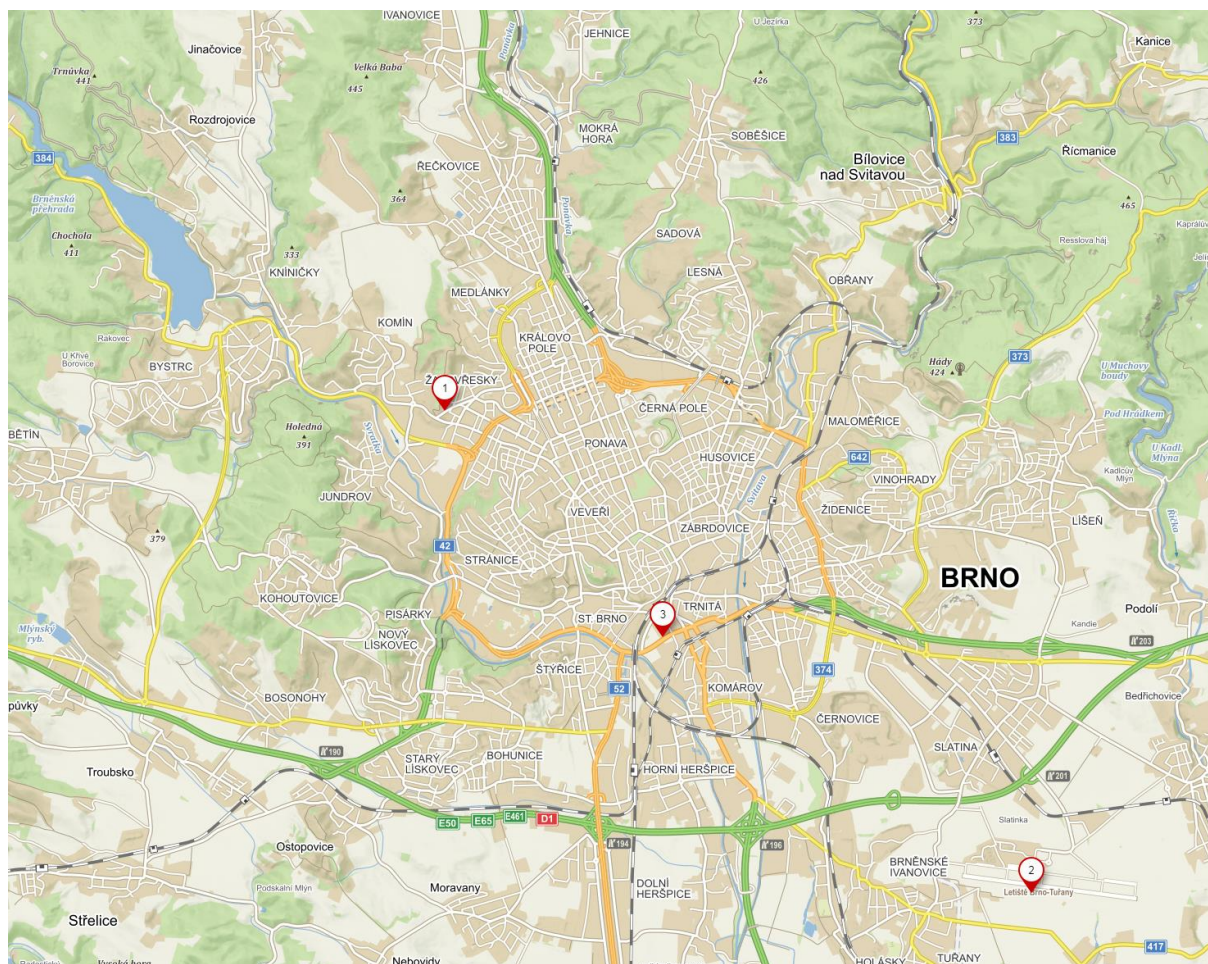
Při srovnání období 2008-2017 a 2018-2019, měsíce září až únor, vidíme výrazně vyšší podíl severozápadního proudění v letech 2018/2019 a naopak u dlouhodobého průměru spíše západní proudění a vyšší podíl jihovýchodního proudění.

## SRÁŽKY

Srážky, ať už ve skupenství kapalném nebo pevném, významně ovlivňují kvalitu ovzduší a to v pozitivním smyslu. Koncentrace znečišťujících látek se při srážkách snižují díky mokré depozici a vymývání znečišťujících látek z ovzduší.



Stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka není vybavena srážkoměrem, proto je třeba data o množství spadených srážek v období září 2018 až únor 2019 čerpat z nejbližších stanic v okolí. Český hydrometeorologický ústav má v Brně dvě profesionální meteorologické stanice s měřením srážek a to stanici Brno-Tuřany, umístěnou přímo na ploše brněnského letiště, 6,9 km vzdušnou čarou od AIM Brno-Zvonařka, a stanici Brno-Žabovřesky, umístěnou blíže centru Brna v areálu brněnské pobočky ČHMÚ, 4,7 km od AIM Brno-Zvonařka.

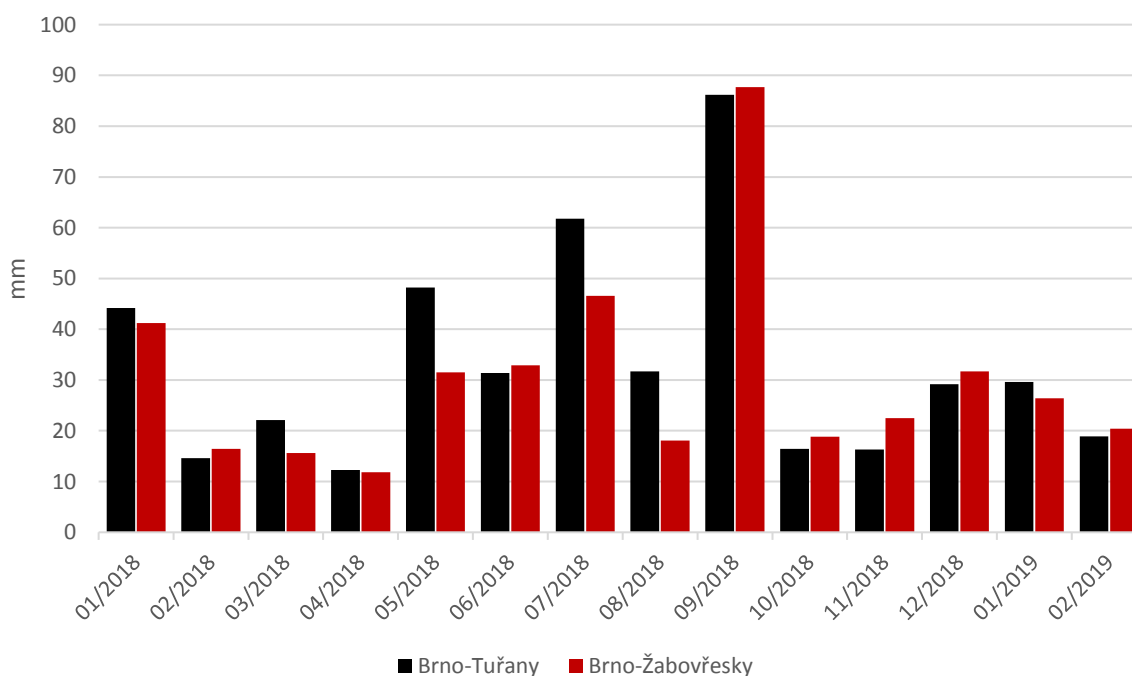


Obrázek 22 – umístění dvou profesionálních meteorologických stanic měřících mj. množství srážek (1 – Brno-Žabovřesky; 2 – Brno-Tuřany) a umístění automatické stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka (3). Zdroj: mapy.cz.

Následující tabulka a graf udávají měsíční úhrny srážek v období leden 2018 až únor 2019 na stanicích Brno-Tuřany a Brno-Žabovřesky.

Tabulka 4 – měsíční úhrny srážek na stanici Brno-Žabovřesky a Brno-Tuřany v období leden 2018 až únor 2019.

	Brno-Tuřany [mm]	Brno-Žabovřesky [mm]
leden 2018	44,2	41,2
únor 2018	14,6	16,4
březen 2018	22,1	15,6
duben 2018	12,3	11,8
květen 2018	48,2	31,5
červen 2018	31,4	32,9
červenec 2018	61,8	46,6
srpen 2018	31,7	18,1
září 2018	86,2	87,7
říjen 2018	16,4	18,8
listopad 2018	16,3	22,5
prosinec 2018	29,2	31,7
leden 2019	29,6	26,4
únor 2019	18,9	20,4

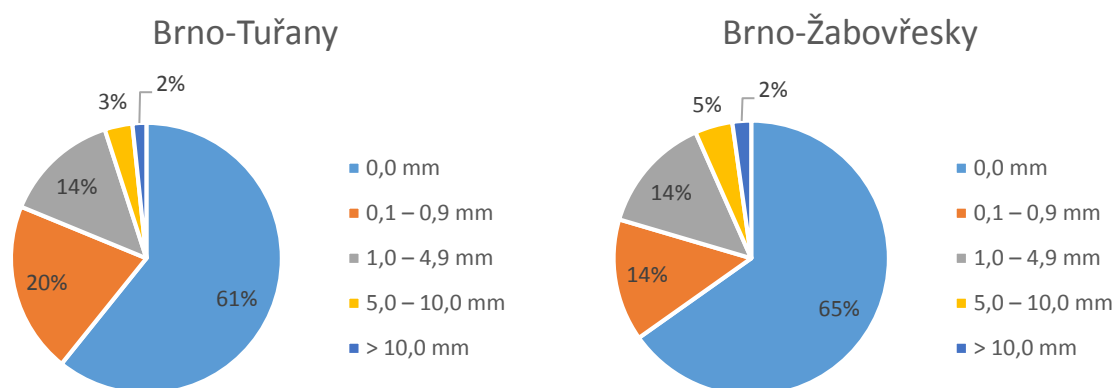


Obrázek 23 - měsíční úhrny srážek na stanici Brno-Žabovřesky a Brno-Tuřany v období leden 2018 až únor 2019.

Následující tabulka pak uvádí počet dní se srážkami v období září 2018 až únor 2019 na obou stanicích a počet dní bez srážek.

Tabulka 5 – počet dní v jednotlivých kategoriích podle množství srážek za období září 2018 až únor 2019.

	Brno-Tuřany	Brno-Žabovřesky
0,0 mm	110	118
0,1 – 0,9 mm	37	26
1,0 – 4,9 mm	25	25
5,0 – 10,0 mm	6	8
> 10,0 mm	3	4



Obrázek 24 – podíl počtu dní v jednotlivých kategoriích podle množství spadených srážek za období září 2018 až únor 2019.

Následující tabulka pak ukazuje dny s nejvyšším množstvím srážek na obou stanicích (dny se srážkovým úhrnem nad 10 mm).

Tabulka 6 – přehled dní se srážkovým úhrnem vyšším než 10 mm v období září 2018 až únor 2019 na meteorologických stanicích Brno-Tuřany a Brno-Žabovřesky.

Brno-Tuřany		Brno-Žabovřesky	
• 1. září 2018	29,0 mm	• 1. září 2018	37,9 mm
• 2. září 2018	23,7 mm	• 2. září 2018	23,2 mm
• 14. září 2018	22,9 mm	• 27. října 2018	10,6 mm
		• 2. listopadu 2018	11,3 mm

## SOUHRN



- **meteorologické podmínky velmi významně ovlivňují kvalitu ovzduší** (teplota a vlhkost vzduchu, rychlost a směr větru)
- kromě přízemního ozonu bývají **koncentrace znečišťujících látek nejvyšší v chladnou část roku**, což je dáno jak rozptylovými podmínkami, tak zdroji znečištění
- rok 2018 by v celorepublikovém hledisku teplotně velmi nadprůměrný (nejteplejší rok od začátku měření). To se projevilo i na stanici Brno-Zvonařka – **všech šest analyzovaných měsíců bylo teplotně nadprůměrných** o minimálně 0,5 °C a maximálně téměř 3 °C.
- průměrná měsíční relativní **vlhkost vzduchu byla v analyzovaném šestiměsíčním období každý měsíc nižší**, než činí dlouhodobý průměr na stanici Brno-Zvonařka. Záporné odchylky se pohybovaly od -3,5 do -13 %.
- **rozptylové podmínky v roce 2018 byly v České republice lepší, než činí dlouhodobý průměr**. Dobré rozptylové podmínky byly pozorovány 91 % času, což je 120 % dlouhodobého průměru. Nejlepší byly rozptylové podmínky v květnu a srpnu, naopak nejhorší v říjnu a listopadu.
- průměrné měsíční **rychlosti větru se příliš neodlišovaly od dlouhodobého průměru** na stanici. Čtyři ze šesti měsíců analýzy měly průměrnou měsíční rychlost nižší, než je desetiletý průměr 2008 až 2017, zbylé dva mírně vyšší.
- **dlouhodobě dominantní směr větru na stanici Brno-Zvonařka je západní, severozápadní a jihovýchodní**. Nejvyšších rychlostí větru je dosahováno při severozápadním a jihovýchodním proudění.
- **v analyzovaném období září 2018 až únor 2019** byl západní směr výrazně méně zastoupený a **dominovalo severozápadní proudění a druhé nejčtenější jihovýchodní**.

## KONTROLNÍ GRAVIMETRIE

Za účelem ověření správné funkčnosti analyzátoru suspendovaných částic na stanici Brno-Zvonařka bylo provedeno paralelní vzorkování na filtry a následné stanovení koncentrace  $PM_{10}$  gravimetrickou metodou, která je metodou referenční.

Vzorkovač byl umístěn přímo na střechu kontejneru stanice, elektrický proud byl odebírán z Městského úřadu Šlapanice. Byla provedena dvě 12h vzorkování ve všední den, vždy od 8:00 do 20:00.



Obrázek 25 – umístění vzorkovače na střechu kontejneru automatické stanice imisního monitoringu (AIM) během paralelního kontrolního vzorkování, 5. března 08:00. Foto: Radek Krymlák, ČHMÚ Brno.

### PLÁN VZORKOVÁNÍ

- 5. března 2019, 08:00-20:00
- 6. března 2019, 08:00-20:00

## VÝSLEDKY

Tabulka 7 – výsledky vzorkování a gravimetrického stanovení koncentrace PM<sub>10</sub> na stanici Brno-Zvonařka.

Datum a čas měření	Průtok [m <sup>3</sup> ]	Navážka [mg]	Koncentrace PM <sub>10</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	Nejistota (vzorkování + stanovení) [%]
5. 3. 2019, 08:00-20:00	27,59	0,774	28,05	11,62
6. 3. 2019, 08:00-20:00	27,59	0,908	32,91	10,97

Hodinové průměry naměřené na stanici Brno-Zvonařka v době vzorkování.

Tabulka 8 – hodinové koncentrace PM<sub>10</sub> na stanici Brno-Zvonařka v uvedené dny. Časy jsou uvedeny v SEČ.

	5. 3. 2019 PM <sub>10</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	6. 3. 2019 PM <sub>10</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]
08:00-09:00	36,7	116,6
09:00-10:00	63,5	71,9
10:00-11:00	47,0	30,5
11:00-12:00	33,6	20,7
12:00-13:00	96,5	19,1
13:00-14:00	49,6	22,8
14:00-15:00	51,6	20,0
15:00-16:00	26,4	23,0
16:00-17:00	12,9	23,2
17:00-18:00	7,8	26,2
18:00-19:00	3,9	25,7
19:00-20:00	5,7	19,0
<b>průměr</b>	<b>36,27</b>	<b>34,89</b>

Následující tabulka ukazuje srovnání s průměrnou koncentrací PM<sub>10</sub> vypočítanou z hodinových průměrů 8:00-20:00 (7:00-19:00 UTC) v ty stejné dny naměřených automatickou stanicí imisního monitoringu Brno-Zvonařka, vybavenou optickým prachoměrem Grimm 180.

Tabulka 9 – srovnání stanovených koncentrací z gravimetrie a stanice AIM Brno-Zvonařka.

Datum a čas měření	Gravimetrie [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	AIM Brno-Zvonařka [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
5. 3. 2019, 08:00-20:00	28,05 $\pm$ 3,26	36,27
6. 3. 2019, 08:00-20:00	32,91 $\pm$ 3,61	34,89

Nejistota optických analyzátorů koncentrací suspendovaných částic v ovzduší se pohybuje až nad 20 %. Nejistota gravimetrie (stanovení + vzorkování) se při výše vypočítaných koncentrací pohybuje kolem 10 %.

Na základě této skutečnosti a na základě přibližného zhodnocení srovnáním měření s ostatními okolními stanicemi a na základě například poklesů ve dnech s velmi nízkými koncentracemi (déšť se silným větrem) je vysoce pravděpodobné, že stávající prachoměr na stanici Brno-Zvonařka měří správně, byť pro 100% statistické vyhodnocení by bylo třeba alespoň 30-40 srovnávacích měření.

## SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE

### ZÁKLADNÍ POPIS

Suspendované částice (particulate matter, PM) představují komplexní, různorodou směs extrémně malých pevných částic a kapiček v ovzduší, organické i anorganické povahy. Základní dělení PM je založeno na jejich aerodynamickém průměru. Právě jejich velikost je totiž klíčová pro dopady na zdraví (Kim, 2015). Čím menší je velikost částic, tím hlouběji pronikají do dýchacího systému a ultrajemné částice ( $< 0,1 \mu\text{m}$ ) se mohou dostávat až do krevního oběhu.

Částice PM samy o sobě mohou působit dráždivě. Zároveň však na ně můžou být přichyceny různé další zdraví škodlivé látky, jako například těžké kovy. Kromě velikosti hraje roli také jejich morfologie a chemické složení. Neexistuje bezpečná spodní hranice a negativní zdravotní účinky můžou být zaznamenány i při velmi nízkých koncentracích (Trasande, 2016).

Zdrojem suspendovaných částic v ovzduší jsou jak přírodní procesy, tak antropogenní činnost. Z přirozených procesů je to například větrná eroze nebo vulkanická činnost. Z lidských zdrojů je to celá řada technologických procesů, spalování odpadu v domácnostech, doprava, spalování tuhých paliv v domácnostech atd. (Vierkötter, 2017). Nezanedbatelným zdrojem suspendovaných částic je i víření prachu, tzv. resuspenze (Hetem, 2016). To se týká nejen dopravy, ale i chodců.

Na stanicích Mokrá i Sivice jsou měřeny koncentrace tří velikostních frakcí suspendovaných částic –  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  i nejmenší  $\text{PM}_1$  – tedy částic o aerodynamickém průměru do 10, 2,5, respektive  $1 \mu\text{m}$ .

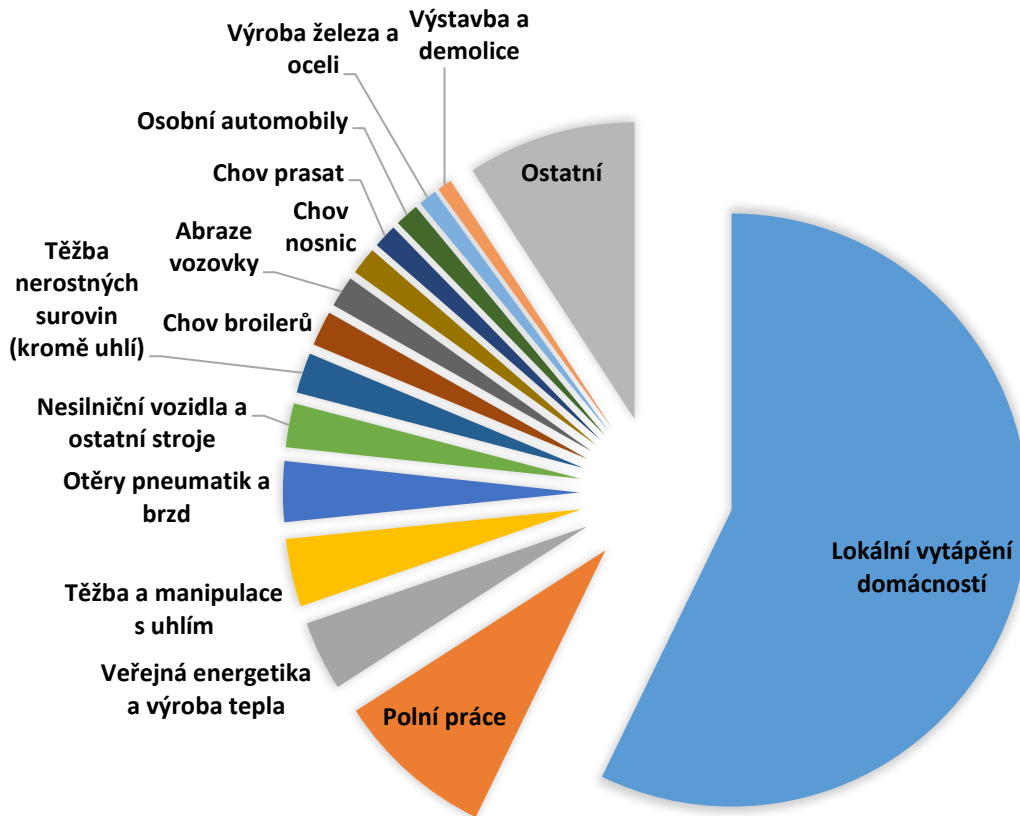
Koncentrace suspendovaných částic všech frakcí vykazují relativně jasně patrný roční chod. Nejvyšší jsou koncentrace v chladnou část roku, což je dáno jak jejich hlavním zdrojem ( $\text{PM}_{10}$  i  $\text{PM}_{2,5}$ ), tedy lokálním vytápěním (nejvyšší vliv je při nejnižších teplotách a s tím spojenou nejvyšší mírou vytápění) a dále meteorologickými podmínkami. K vyšším koncentracím znečišťujících látek v ovzduší přispívá například nízká rychlost větru či teplotní inverze. Naopak pozitivní je vliv vyšší rychlosti větru nebo výskytu srážek (kapalného i pevného skupenství).

### SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE $\text{PM}_{10}$

Suspendované částice  $\text{PM}_{10}$  jsou částice o aerodynamickém průměru do  $10 \mu\text{m}$ . Často vznikají mechanicky, například erozí půdy, při zemědělských či stavebních pracích, ale také během spalovacích



procesů při nedokonalém spalování. Hlavním zdrojem suspendovaných částic PM<sub>10</sub> v České republice bylo v roce 2016 (nejnovější data) lokální vytápění domácností, které přispívalo k celkovým emisím PM<sub>10</sub> z více než poloviny (57,2 %). Dalšími významnými zdroji jsou polní práce (8,7 %), veřejná energetika a výroba tepla (3,8 %) a fugitivní emise z pevných paliv (3,7 %).



Obrázek 26 - podíl sektorů NFR na celkových emisích PM<sub>10</sub> v České republice, rok 2016

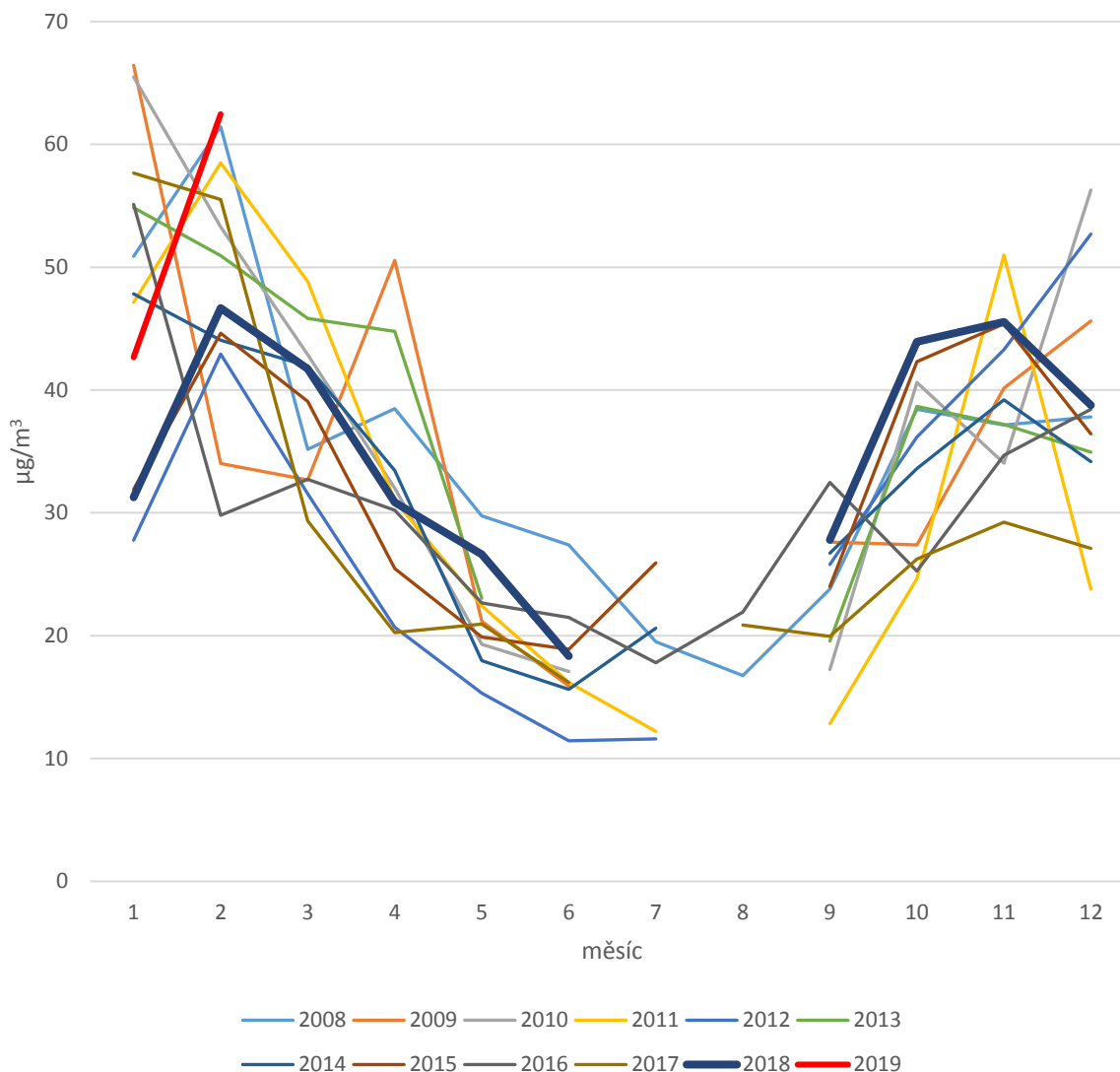
Pro koncentrace suspendovaných částic platí dle zákona o ochraně ovzduší v České republice dva imisní limity, a to pro 24h průměrnou koncentraci a roční průměrnou koncentraci.

Tabulka 10 - platné imisní limity pro suspendované částice PM<sub>10</sub> v České republice

Perioda	imisní limit
24h průměrná koncentrace	50 µg/m <sup>3</sup> max. 35 překročení / rok
roční průměrná koncentrace	40 µg/m <sup>3</sup>

## POPIS SITUACE

Na stanici Brno-Zvonařka jsou koncentrace frakce  $PM_{10}$  sledovány od 1. prosince 2007. Následující graf ukazuje průměrné měsíční koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  od počátku roku 2008 do února 2019.



Obrázek 27 – průměrné měsíční koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  na stanici Brno-Zvonařka za období 2008 až 02/2019. Červeně je tučně zvýrazněna křivka pro rok 2019, černě je vyšrafovaná křivka pro rok 2018.

Na grafu je dobře patrný výše zmíněný obecný roční chod koncentrací suspendovaných částic. Nejvyšší koncentrace jsou pozorovány na začátku a na konci roku, nejnižší v létě. Jak je vidět, rok 2018 byl na svém začátku charakteristický relativně nízkými koncentracemi  $PM_{10}$  ve srovnání s většinou ostatních let. V září však došlo k velmi rychlému nárůstu a v říjnu 2018 byl zaznamenán vůbec nejvyšší průměr pro tento měsíc od roku 2008. Začátek roku 2019 byl opět relativně příznivý po stránce  $PM_{10}$

koncentrací. Pak ale opět došlo k velmi výraznému nárůstu v únoru 2019, kdy byl naměřen nejvyšší únorový průměr v období 2008-2019.

Následující tabulka ukazuje průměrné měsíční koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> v období 2008 až 2/2019.

Tabulka 11 – průměrné měsíční koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> na stanici Brno-Zvonařka, 2008-02/2019 v µg/m<sup>3</sup>.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2008	50.88	61.43	35.17	38.48	29.74	27.40	19.52	16.75	23.81	38.44	37.14	37.82
2009	66.44	34.02	32.68	50.56	21.17	15.90			27.62	27.38	40.16	45.62
2010	65.49	53.27	42.87	32.01	19.30	17.08			17.25	40.61	34.05	56.27
2011	47.13	58.49	48.83	31.02	22.44	16.18	12.21		12.84	24.64	50.99	23.80
2012	27.76	42.93	31.56	20.69	15.33	11.44	11.60		25.80	36.17	43.27	52.69
2013	54.85	50.95	45.82	44.78	23.06		22.11		19.56	38.67	37.2	34.95
2014	47.83	44.05	41.95	33.45	17.98	15.6	20.61		26.72	33.60	39.20	34.18
2015	31.90	44.63	39.07	25.47	19.88	18.89	25.93		24.01	42.31	45.39	36.42
2016	55.12	29.81	32.73	30.21	22.67	21.48	17.80	21.91	32.48	25.25	34.69	38.42
2017	57.67	55.50	29.34	20.25	20.96	16.18		20.88	19.95	26.24	29.24	27.12
2018	31.26	46.67	41.72	30.86	26.61	18.34			27.80	43.93	45.53	38.77
2019	42.67	62.46										

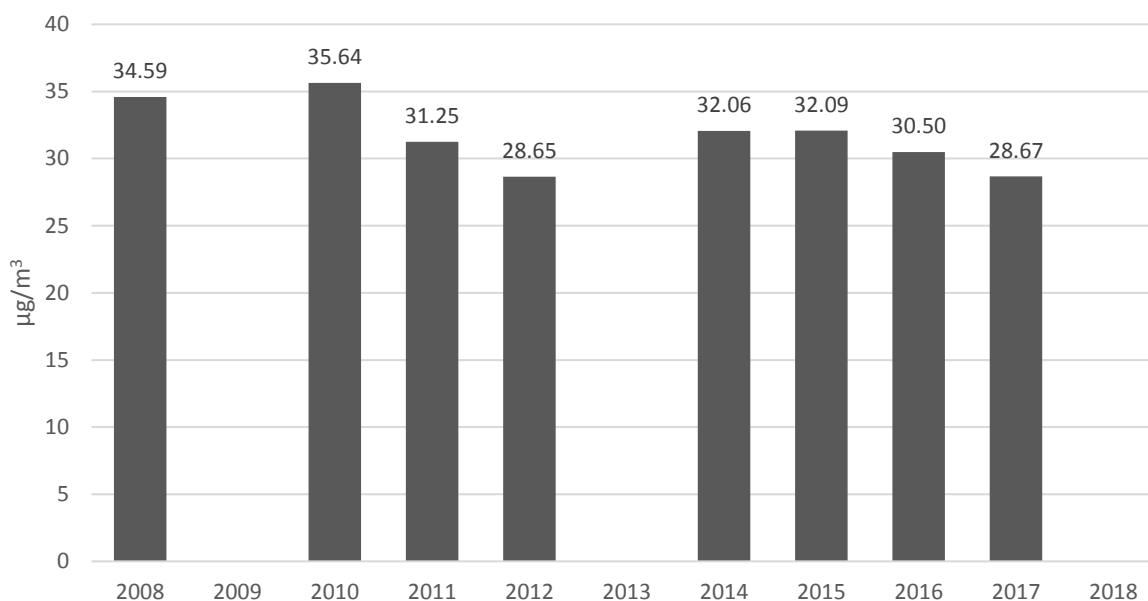
Srovnání konce roku 2018 a začátku roku 2019 v kontextu dlouhodobých dat je možné učinit na následujícím grafu, který ukazuje rok 2018, začátek roku 2019 a desetiletý průměr 2008-2017.



Obrázek 28 – průměrné měsíční koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$ . Černě desetiletý průměr 2008-2017, zeleně rok 2018 a červeně začátek roku 2019.

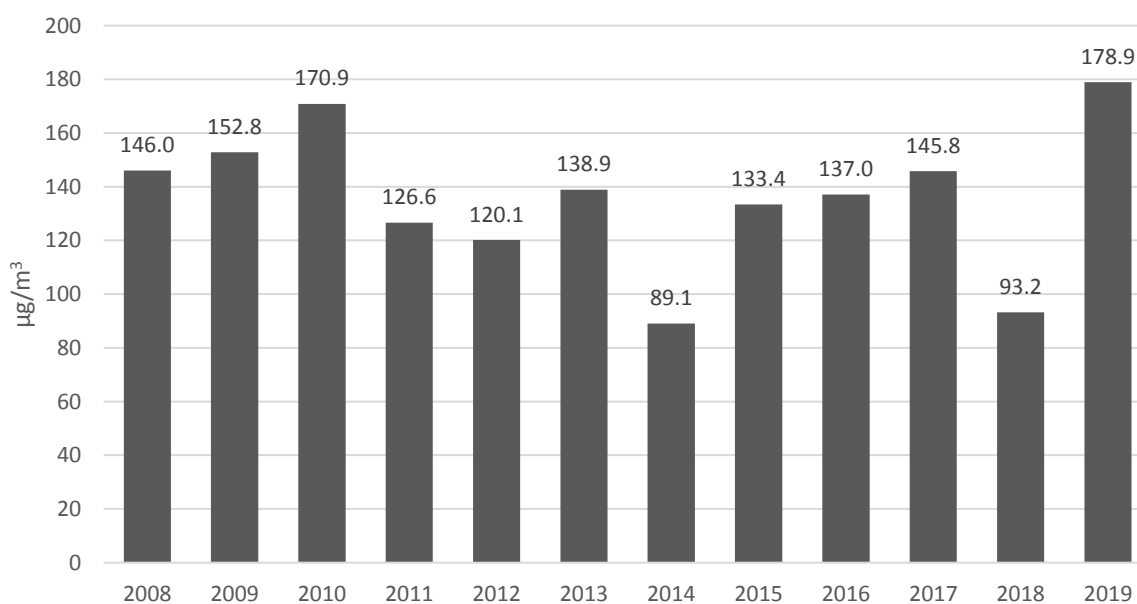
Na grafu je dobře patrná změna od standardního průběhu v říjnu 2018, kdy došlo k prudkému nárůstu měsíčního průměru, vysoké koncentrace pokračovaly v listopadu. V prosinci 2018 byly koncentrace takřka shodné s dlouhodobým průměrem. V lednu 2019 byly dokonce mírně pod průměrem 2008-2017, naopak v únoru opět výrazně narostly.

Hodnota ročního imisního limitu pro  $PM_{10}$ ,  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , nebyla překročena od roku 2008 ani jednou. Je však nutné dodat, že v některé roky, včetně roku 2018, není možné roční průměr spočítat z důvodu dlouhodobějšího výpadku dat a nesplnění podmínky pro dostupnost 90 % dat. Tyto výpadky byly vždy v měsících červenci a srpnu, kdy je prováděna rutinní údržba, která se při zjištění nějakého problému protáhla na delší dobu. Výjimkou je pouze rok 2013, kdy chybí měsíční průměr v červnu a srpnu. Jiné roky, pokud data chybí, se vždy jedná o červenec, srpen nebo oba měsíce.



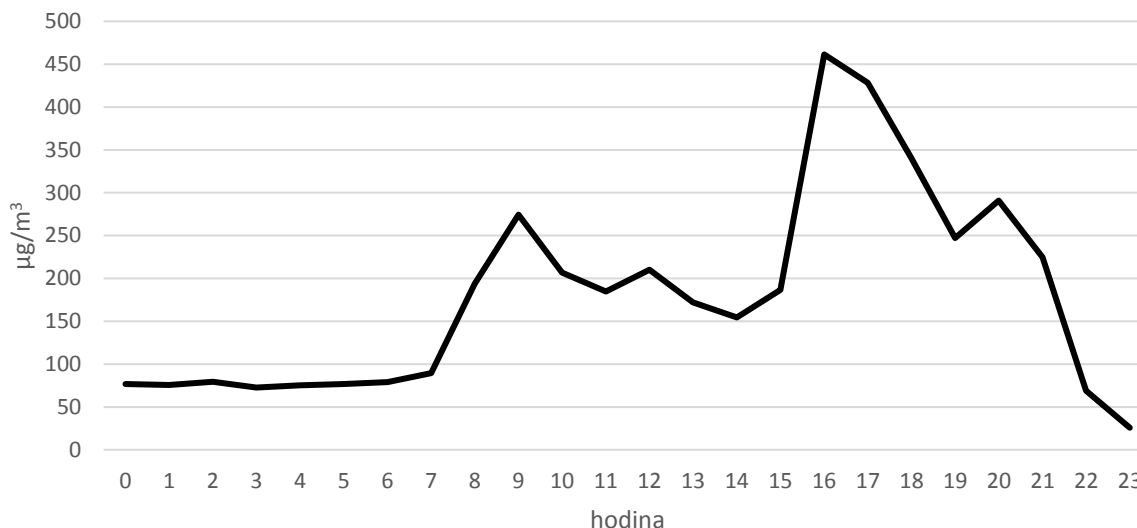
Obrázek 29 – průměrné roční koncentrace PM<sub>10</sub> na stanici Brno-Zvonařka, 2008-2018.

Následující graf ukazuje maximální denní koncentraci PM<sub>10</sub> v daný rok. Do grafu je zahrnut i rok 2019, kde však je maximum pouze z ledna a února, tedy aktuálně dostupných měsíců.



Obrázek 30 – maximální denní koncentrace PM<sub>10</sub> na stanici Brno-Zvonařka v jednotlivé roky. Pro rok 2019 jsou zahrnuty pouze měsíce leden a únor.

Z tohoto grafu je patrné, že bylo v roce 2019 naměřeno absolutní denní maximum od roku 2008 pro koncentraci suspendovaných částic PM<sub>10</sub>. Konkrétně se tak stalo 19. února 2019. Následující graf ukazuje průběh denních koncentrací PM<sub>10</sub> právě tento den na stanici Brno-Zvonařka.



Obrázek 31 – hodinové koncentrace PM<sub>10</sub> na stanici Brno-Zvonařka, 19. února 2019

Až do 7h UTC (8h ranní občanského času) se koncentrace PM<sub>10</sub> pohybovaly mezi 75 a 80 µg/m<sup>3</sup>. Následně nastala první špička kolem 9 UTC (10h občanského času), kdy byly koncentrace již na 274 µg/m<sup>3</sup>. Následně došlo opět k poklesu a další prudký nárůst na absolutní denní hodnotu byl v 16 h UTC (17 h občanského času), kdy byla naměřena koncentrace 461 µg/m<sup>3</sup>. Následně do půlnoci koncentrace klesaly, s mírným nárůstem kolem 20 h UTC.

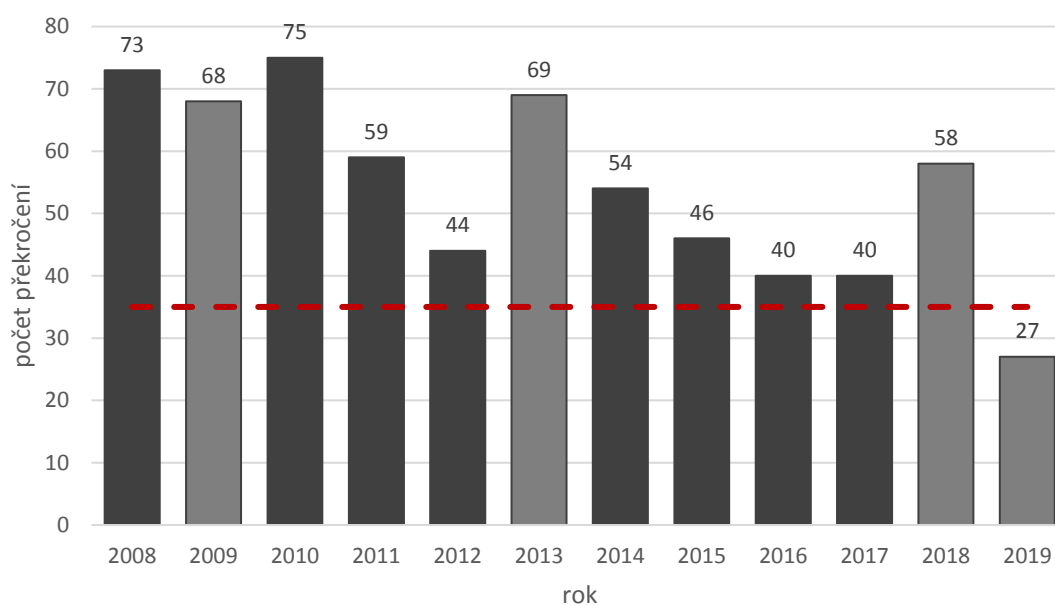
Hodnota imisního limitu pro 24h koncentraci suspendovaných částic PM<sub>10</sub> je 50 µg/m<sup>3</sup>. Za překročený se tento limit považuje, pokud je tato prahová hodnota překročena v denním průměru více než 35x za rok.

Následující tabulka ukazuje počet překročení hodnoty 24h imisního limitu v jednotlivé roky. Roky, kdy nejsou úplná data, jsou vyznačeny hvězdičkou. U roku 2019 je zahrnut pouze leden a únor. U let s hvězdičkou, kromě roku 2019, jak již bylo zmíněno výše, byl výpadek v letním období, kdy jsou obecně koncentrace PM<sub>10</sub> nejnižší v roce a je proto pravděpodobné, že i přes neúplnost dat v daný rok, je hodnota počtu překročení buď shodná s hodnotou, jaká by byla teoreticky naměřena při absenci výpadku, nebo jemu velmi blízká. Jak je vidět, byl 24h imisní limit pro PM<sub>10</sub> překročen v období 2008-2018 v každém roce.

Tabulka 12 – počet překročení hodnoty 24h imisního limitu pro suspendované částice PM<sub>10</sub> (50 µg/m<sup>3</sup>) v jednotlivé roky v období 2008 až 2019. Pro rok 2019 jsou zahrnuty pouze měsíce leden a únor. Roky s hvězdičkou nemají 90 % dostupných dat nutných pro výpočet ročního průměru.

rok	počet překročení	překročení imisního limitu
2008	73	ano
2009	68*	ano

rok	počet překročení	překročení imisního limitu
2010	75	ano
2011	59	ano
2012	44	ano
2013	69*	ano
2014	54	ano
2015	46	ano
2016	40	ano
2017	40	ano
2018	58* <sup>3</sup>	ano
2019	27*	



Obrázek 32 - počet překročení hodnoty 24h imisního limitu pro suspendované částice  $PM_{10}$  ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) v jednotlivé roky v období 2008 až 2019. Pro rok 2019 jsou zahrnuti pouze měsíce leden a únor. Roky se světlejší výplní sloupce nemají 90 % dostupných dat nutných pro výpočet ročního průměru. Červená přerušovaná čára značí maximální povolený počet překročení za rok. Při jejím překročení hovoříme o překročení 24h imisního limitu pro  $PM_{10}$ .

<sup>3</sup> v tomto roce je použit součet pro stanice BBMZ i BBMK, tedy původní dopravní a průmyslová stanice, fyzicky totožná stanice, ale pod odlišným kódem v databázi ISKO dohromady.

Následující tabulka pak ukazuje 36. nejvyšší průměrnou denní koncentraci v jednotlivé roky, tedy hodnotu 90. kvantilu. Pokud je toto číslo vyšší než  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  znamená to překročení 24h imisního limitu pro  $\text{PM}_{10}$  v daný dok.

Tabulka 13 – 36. nejvyšší průměrná denní koncentrace  $\text{PM}_{10}$  v jednotlivé roky

rok	36. nejvyšší koncentrace [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	překročení imisního limitu
2008	61,5	ano
2009	61,7	ano
2010	67,3	ano
2011	61,8	ano
2012	54,7	ano
2013	62,5	ano
2014	55,8	ano
2015	54,3	ano
2016	51,6	ano
2017	53,4	ano
2018	57,5*	ano

\* - data agregována ze stanice BBMZ a BBMK (fyzicky shodná stanice klasifikovaná do konce srpna 2018 jako dopravní a od září jak BBMK – průmyslová)

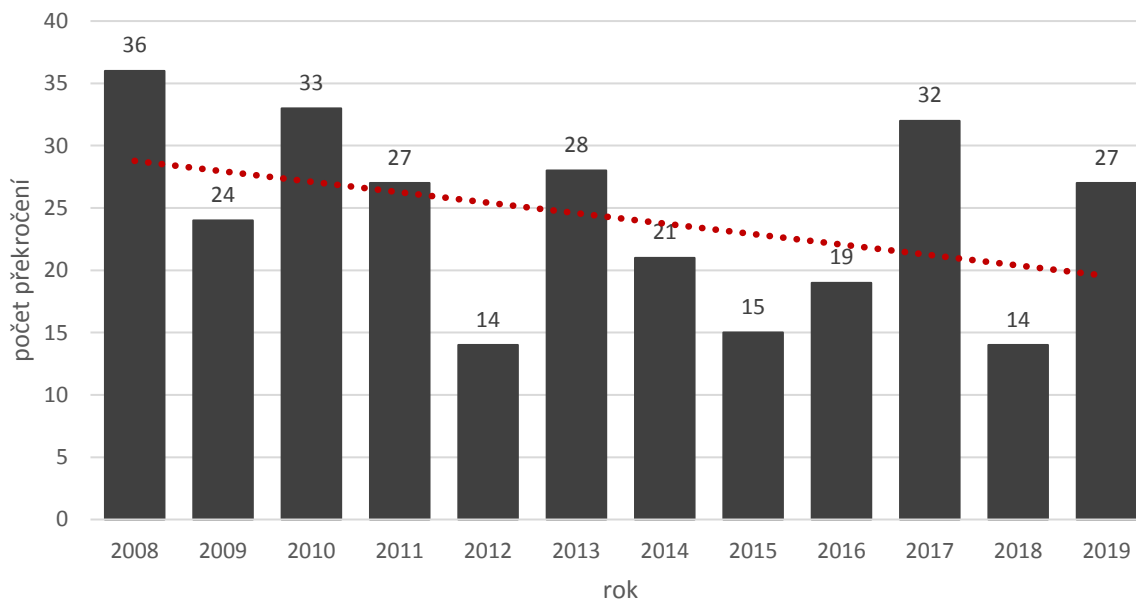
Za účelem srovnání hodnoty počtu překročení v roce 2019 v kontextu jiných let byla vytvořena tabulka počtu překročení v jednotlivé roky, kde je uveden součet počtu překročení pouze za měsíce leden a únor daného roku.

Tabulka 14 - počet překročení hodnoty 24h imisního limitu pro suspendované částice  $\text{PM}_{10}$  v jednotlivé roky jako součet počtu překročení v lednu a únoru. Stanice Brno-Zvonařka, 2008-2019.

rok	počet překročení
2008	36
2009	24
2010	33
2011	27
2012	14
2013	28



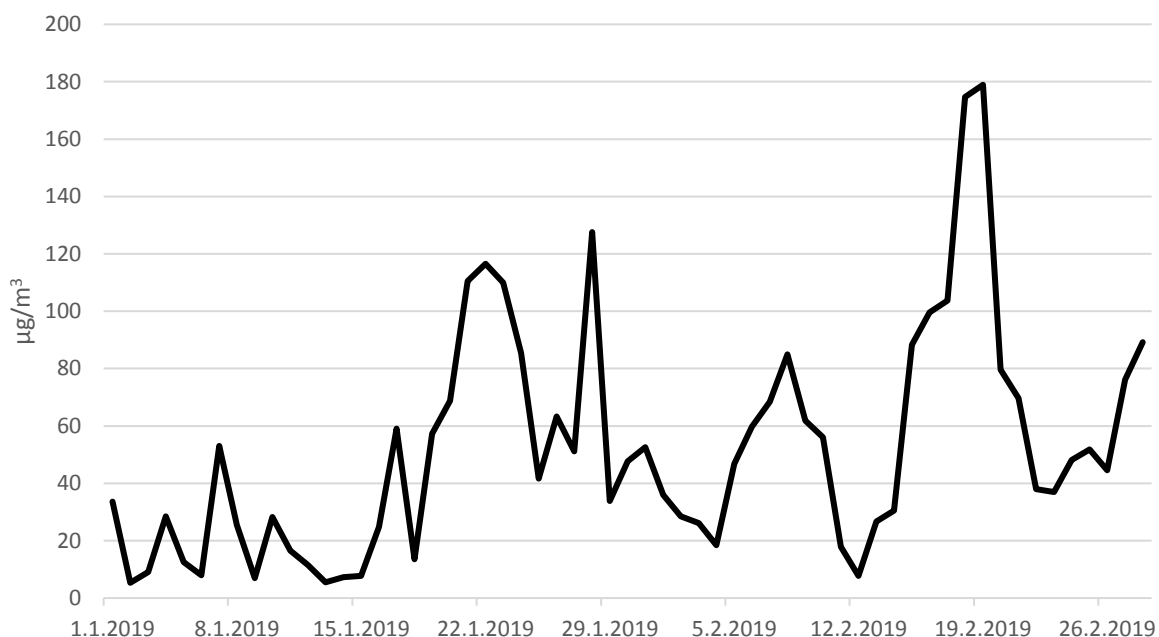
2014	21
2015	15
2016	19
2017	32
2018	14
2019	27



Obrázek 33 - počet překročení hodnoty 24h imisního limitu pro suspendované částice  $PM_{10}$  v jednotlivé roky jako součet počtu překročení v lednu a únoru. Stanice Brno-Zvonařka, 2008-2019. Červená tečkovaná čára znázorňuje lineární trend.

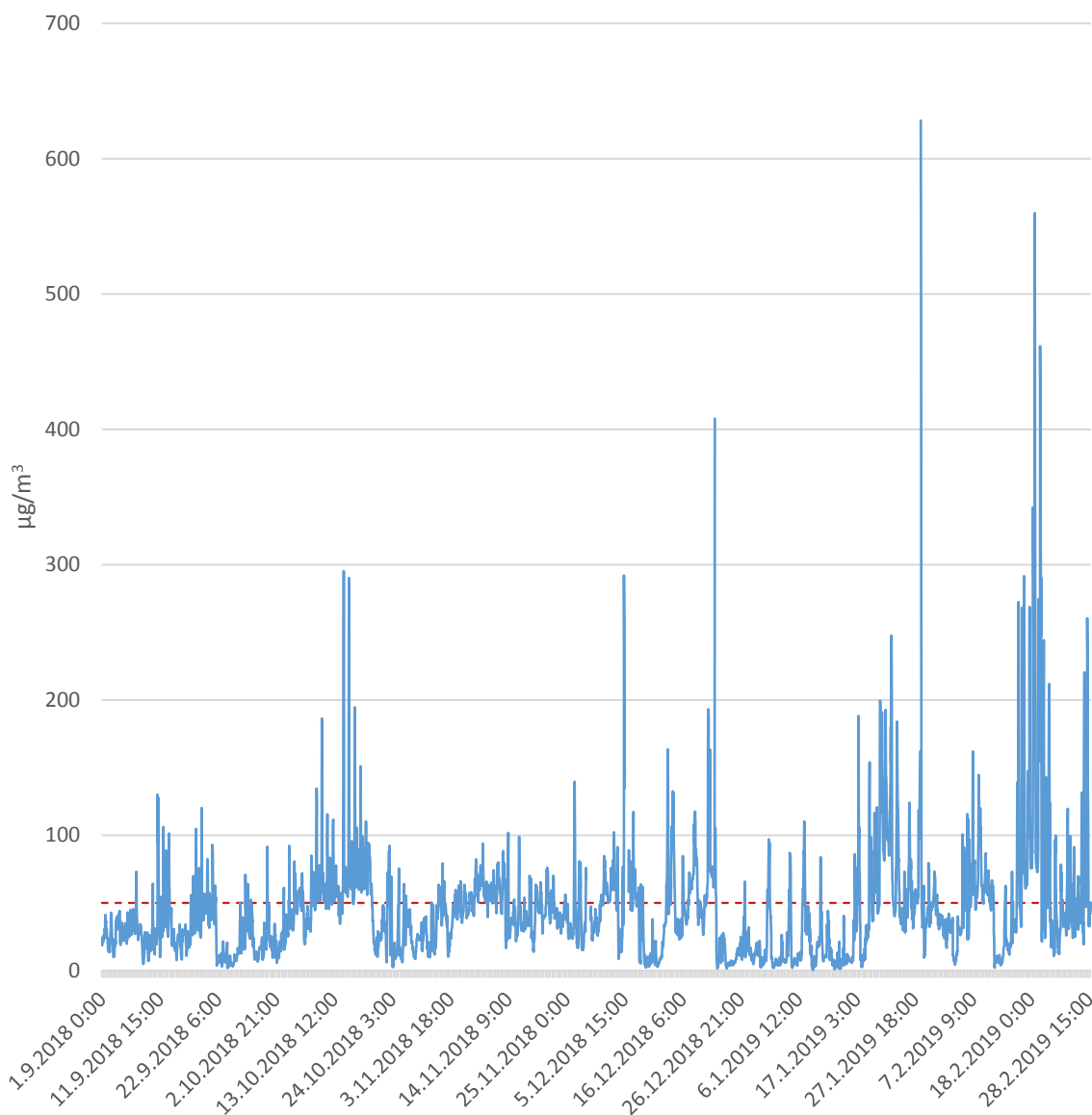
Jak je vidět na výše uvedeném grafu, nedá se říci, že by byl počet 27 překročení jako součet měsíců leden a únor výrazně extrémní. Lineární trend svědčí o zlepšování situace. V posledních letech byl nejhorší rok 2017, který byl charakteristický velmi nepříznivými rozptylovými podmínkami právě v úvodu roku. Zcela nejvyšší počet překročení byl v roce 2008. V tomto roce byl dokonce na konci února již vyčerpán povolený počet 35 překročení a k 1. březnu byl 24h imisní limit  $PM_{10}$  za tento rok již překročen.

Následující graf ukazuje kompletní průběh denních průměrných koncentrací  $PM_{10}$  od začátku ledna 2019 do konce února stejného roku.



Z grafu je patrné, že v prvních dvou měsících roku 2019 bylo nejhorší období kolem 20. února a vysoké koncentrace byly naměřeny také kolem 23. ledna. Kolem tohoto data byla v některých moravských krajích vyhlášena smogová situace právě v důsledku vysokých koncentrací suspendovaných částic PM<sub>10</sub>. Hlavní příčinou byly nízké rychlosti větru, severovýchodní proudění a mírná teplotní inverze spojená s nízkými teplotami. S největší pravděpodobností se jednalo o dálkový transport z Moravskoslezského kraje, potažmo přeshraniční transport z Polska. Odpovídalo tomu přesně načasování zvyšování a následné snižování koncentrací i směr větru.

Celkový průběh hodinových koncentrací PM<sub>10</sub> v hlavní periodě zájmu (září 2018 až únor 2019) je zobrazen na grafu níže.

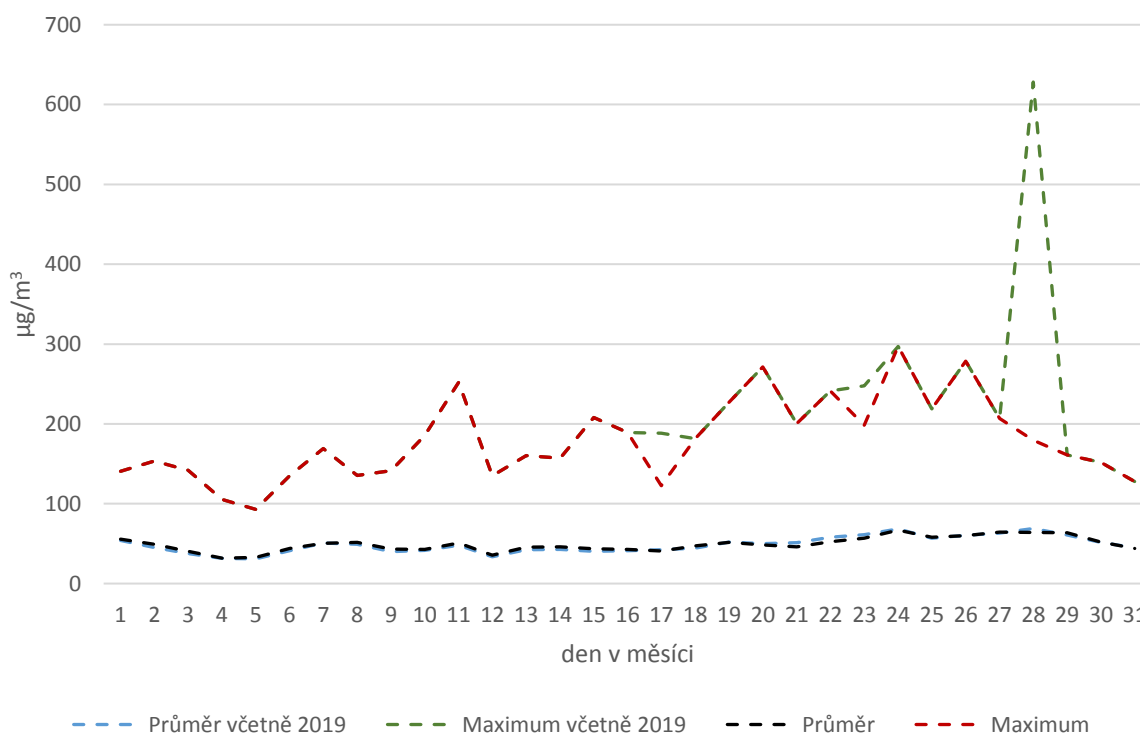


Obrázek 34 – průběh hodinových koncentrací  $PM_{10}$  na stanici Brno-Zvonařka v období od 1. září 2018 do 28. února 2019. Červenou přerušovanou čarou je zobrazen 24h imisní limit.

Na grafu je vidět několik period se zvýšenými koncentracemi  $PM_{10}$ . První výraznější zhoršení nastalo kolem poloviny října, další pak v druhé třetině prosince, druhé třetině ledna během celkové špatné situace na Moravě a ve Slezsku. Absolutní maximální koncentrace v celém sledovaném období byla  $628,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , naměřená 28. ledna 2019 ve 20:00 UTC (21:00 SEČ). V polovině února 2019 pak vidíme dlouhodobější výrazný nárůst, který pak po krátkém zlepšení opět navázal na konci února.

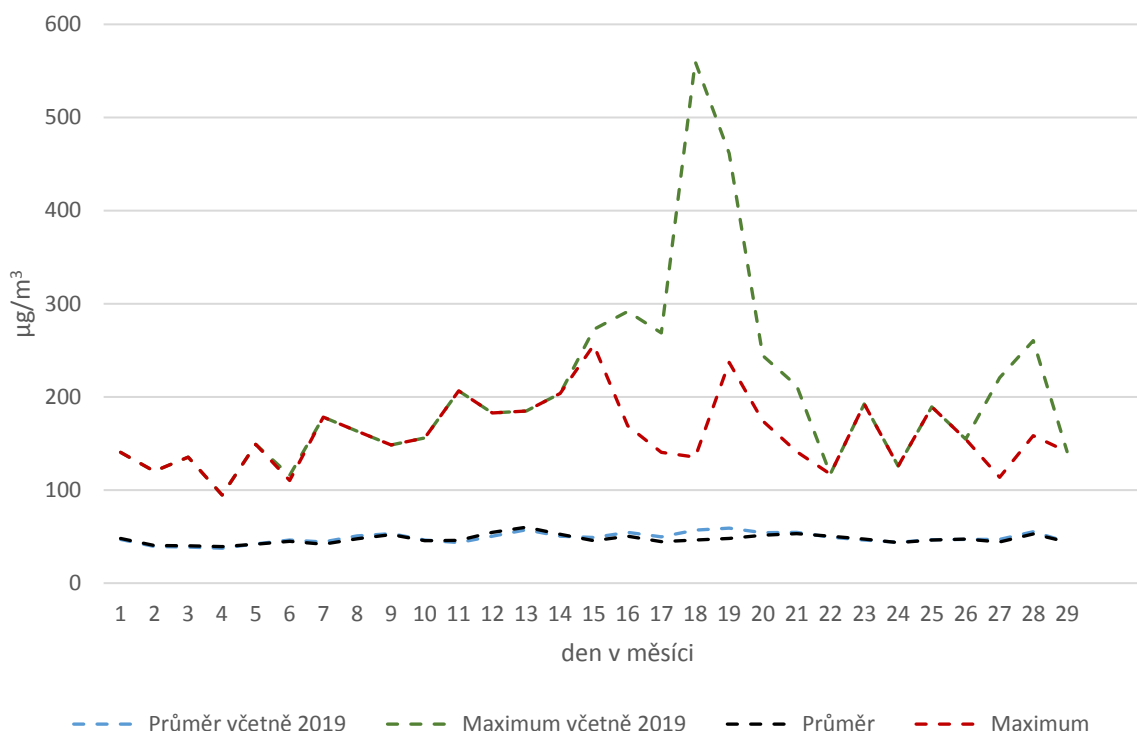
Následující graf ukazuje průměrné denní koncentrace v jednotlivé lednové dny v jedenáctileté periodě 2008-2018. Druhá křivka ukazuje maximum naměřené v daný den v těchto 11 letech. Do 31. 12. 2018 byly denní průměrné koncentrace počítány z intervalu 06:00-06:00 UTC. Od 1. ledna 2019

přešel ČHMÚ na výpočet průměrů z intervalu 00:00-00:00 UTC. Tento graf pro možnost srovnání s rokem 2019 využívá k průměrování rovněž periody 00:00-00:00 pro všechny roky. Interval 2008-2018 zahrnuje celkovou dobu měření PM<sub>10</sub> na stanici. Vynechán je pouze rok 2019. Další dvě křivky pro průměr a maximum pak již tento rok zahrnují. Jak je vidět z grafu, zelená přerušovaná čára (maximum pro daný lednový den) je u křivky pro rok 2019 několikrát nad úrovní červené přerušované čáry, což znamená, že byla zaznamenána nejvyšší koncentrace pro daný lednový den v historii měření PM<sub>10</sub> na stanici Brno-Zvonařka (2008-2019). Tato maxima jsou vidět v období kolem 17. ledna, 23. ledna a nejvýrazněji kolem 28. ledna. Modrá a černá přerušovaná čára, znázorňující celkový průměr pro daný den se při zahrnutí roku 2019 příliš neliší, obě linie se víceméně překrývají. Je to dáno faktem, že při hodnocení 12 let se rozdíly v jednom roce statisticky výrazně vyhlazují, a navíc je díky velmi vysoké špičce osa Y v takovém měřítku, které drobné rozdíly neumožňuje dobře zobrazit.



Obrázek 35 – průměrné denní koncentrace a absolutní maxima pro jednotlivé kalendářní dny v lednu na stanici Brno-Zvonařka. Srovnávací průměr je vypočten z celkové časové řady měření (2008-2018), srovnání je provedeno se stavem za období 2008-2019.

Obdobný graf pro měsíc únor ukazuje podobnou situaci. Zelená přerušovaná čára ještě častěji překračuje červenou, což znamená, že bylo naměřeno absolutní maximum pro daný únorový den v období 2008-2019.



Obrázek 36 - průměrné denní koncentrace a absolutní maxima pro jednotlivé kalendářní dny v únoru na stanici Brno-Zvonařka. Srovnávací průměr je vypočten z celkové časové řady měření (2008-2018), srovnání je provedeno se stavem za období 2008-2019.

Jednoznačně nejhorší ve srovnání s dlouhodobým stavem byla únorová perioda od 15. do 21. února 2019. V každém z těchto dní bylo naměřeno historické maximum pro daný únorový den. Další maxima pak byla naměřena na konci února.

Níže uvedená tabulka zobrazuje seznam dní, kdy bylo naměřeno absolutní maximum koncentrace  $PM_{10}$  pro daný den v roce a odchylku od maxima do té doby platného. Pro období září až prosinec 2018 jsou průměry a maxima srovnávána za období 2008-2017 vs. 2008-2018, pro období leden až únor 2019 jsou průměry a maxima srovnávána za období 2008-2018 vs. 2008-2019.

Tabulka 15 – přehled dní, ve kterých bylo v období od 1. září 2018 do 28. února 2019 naměřeno historické maximum koncentrace  $PM_{10}$  (od 1. 1. 2008) pro daný kalendářní den (v časové řadě od roku 2008). Uvedeno je původní maximum, nové maximum a rozdíl v absolutní hodnotě ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a procentuálně.

Den	původní maximum [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	nové maximum [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	rozdíl [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	rozdíl [%]
7. 9.	71,6	73	1,4	102,0
11. 9.	103,7	130,1	26,4	125,5
12. 9.	74,1	106,2	32,1	143,3
13. 9.	80,4	101,3	20,9	126,0
18. 9.	72,8	104,8	32	144,0

Den	původní maximum	nové maximum	rozdíl	
	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[%]
19. 9.	67,6	120,3	52,7	178,0
20. 9.	63,8	82,5	18,7	129,3
21. 9.	58,1	93	34,9	160,1
1. 10.	86,3	91,5	5,2	106,0
5. 10.	64,6	92,1	27,5	142,6
6. 10.	74,8	80,5	5,7	107,6
7. 10.	66,8	72	5,2	107,8
10. 10.	114,8	136,6	19,8	117,2
12. 10.	99,7	115,4	15,7	115,7
13. 10.	97,6	111,5	13,9	114,2
15. 10.	82,6	295,1	212,5	357,3
16. 10.	113,9	290,1	176,2	254,7
17. 10.	80,9	194,5	113,6	240,4
18. 10.	77,3	150,9	73,6	195,2
19. 10.	101,3	110,2	8,9	108,8
25. 10.	69,5	75,3	5,8	108,3
11. 11.	58	74,2	16,2	127,9
26. 11.	107,8	139,5	31,7	129,4
5. 12.	129,1	291,9	162,8	226,1
13. 12.	100,8	163,6	62,8	162,3
20. 12.	114,2	193,1	78,9	169,1
21. 12.	134,6	187,7	53,1	139,5
22. 12.	96,8	408	311,2	421,5
27. 12.	60,4	65,9	5,5	109,1
17. 1.	122,4	188,2	65,8	153,8
23. 1.	198,3	247,6	49,3	124,9
28. 1.	179,5	628,2	448,7	350,0
6. 2.	110,3	115,7	5,4	104,9
15. 2.	255,6	272,4	16,8	106,6
16. 2.	168,9	291,6	122,7	172,6
17. 2.	140,4	268,7	128,3	191,3

Den	původní maximum	nové maximum	rozdíl	
	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[%]
18. 2.	135,2	559,9	424,7	414,1
19. 2.	237,1	461,4	224,3	194,6
20. 2.	174	244,2	70,2	140,3
21. 2.	141	211,9	70,9	150,3
27. 2.	113,7	220,4	106,7	193,8
28. 2.	158,3	260,3	102	164,4 %

Následující tabulka udává počet dní s nadprůměrnou koncentrací  $\text{PM}_{10}$  v jednotlivé měsíce září 2018 až únor 2019. Průměr je v tomto případě vypočten jako průměr od roku 2008. Koncentrace suspendovaných částic  $\text{PM}_{10}$  jsou na stanici Brno-Zvonařka sledovány od konce roku 2007. Do analýzy byly zahrnuty kompletní roky, proto je průměr počítán vždy od 1. 1. 2008 do daného dne. Maxima jsou rovněž spočítána od roku 2008 do aktuálně počítaného dne. Za účelem jednotného srovnání jsou všechny průměry spočítány v intervalu 00:00-00:00 UTC.

Tabulka 16 - počet dní v období září 2018 až únor 2019, kdy byly koncentrace  $\text{PM}_{10}$  nadprůměrné a počet dní, kdy byla v tomto období v konkrétní kalendářní den naměřena maximální koncentrace  $\text{PM}_{10}$ .

	nadprůměrné dny		dny s historickým maximem	
	počet dní	procento	počet dní	procento
září 2018	19	63,33 %	8	26,67 %
říjen 2018	18	58,06 %	13	41,94 %
listopad 2018	20	66,67 %	2	6,67 %
prosinec 2018	13	41,94 %	6	19,35 %
leden 2019	11	35,48 %	3	9,68 %
únor 2019	17	60,71 %	10	35,71 %
<b>celkem</b>	<b>98</b>	<b>54,14 %</b>	<b>42</b>	<b>23,20 %</b>

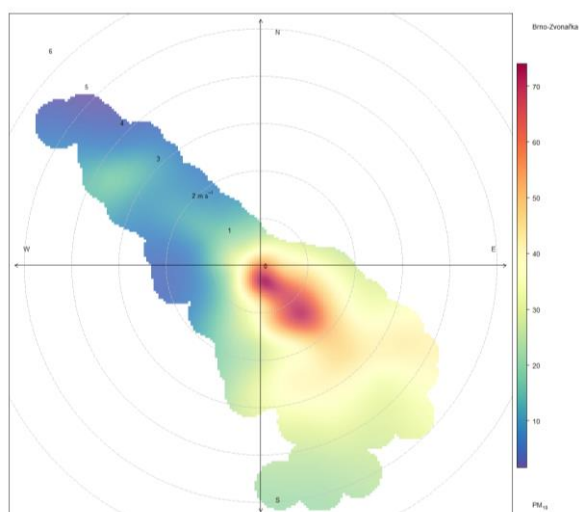
Z tabulky je patrné, že nejvíce nadprůměrných dní bylo naměřeno v listopadu 2018, kdy přesně dvě třetiny z 30 listopadových dní byly v roce 2018 nad průměrem 2008-2017. Naopak nejnižší počet nadprůměrných dní byl pozorován v lednu 2019, kdy pouze mírně nad jednu třetinu dní bylo nad průměrem 2008-2018. Z celkového počtu 181 dní ve sledovaném období září 2018 až únor 2019, bylo nadprůměrných 98, tedy 54,1 %.

Zajímavý je však počet dní s historickým maximem od 1. ledna 2008. V říjnu 2018 bylo téměř 42 % říjnových dní na absolutním maximu pro daný den v roce. Více než třetina absolutně maximálních

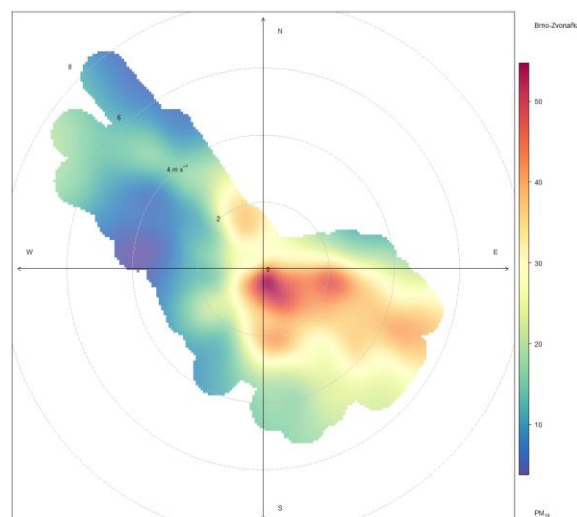
koncentrací pro daný den byla pozorována také v únoru 2019. Jak je navíc vidět z přehledu v předchozí tabulce, v některých dnech bylo nové maximum více než čtyřnásobně vyšší než původní maximální hodnota pro daný den, což je velmi vysoký rozdíl.

**Z výše uvedeného je vidět, že bylo období září 2018 až únor 2019 v 54,1 % dnech nadprůměrné, ale zároveň ve 23,2 % dní byly koncentrace  $PM_{10}$  rekordně vysoké pro daný den. Jinými slovy, 42,9 % dní s nadprůměrnou koncentrací bylo zároveň historickým maximem pro daný den v roce. Z toho vyplývá, že se v tomto půlročním období koncentrace  $PM_{10}$  zvyšovaly zejména nárazově (jeden a více dní), avšak v těchto nárazových zvýšeních se jednalo o zvýšení extrémní.**

Pro lepší porozumění zdrojů, které mohly tyto nárůsty způsobit, byla vytvořena koncentrační růžice pro suspendované částice  $PM_{10}$ , za období září 2018 až únor 2019. Totožná růžice pro období 2008-2017 je uvedena pro srovnání (do růžice za desetileté období jsou rovněž zahrnuty pouze měsíce září až únor).



Obrázek 37 - koncentrační růžice pro suspendované částice  $PM_{10}$  na stanici Brno-Zvonařka za období září 2018 až únor 2019

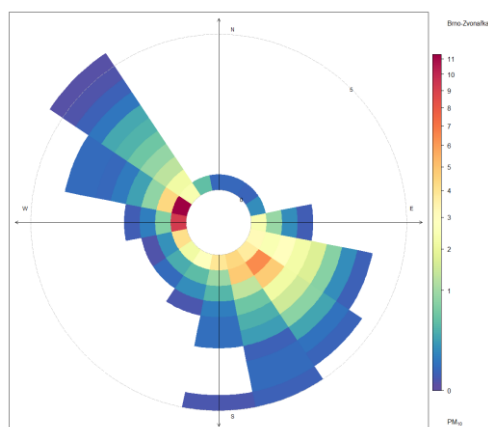


Obrázek 38 - koncentrační růžice pro suspendované částice  $PM_{10}$  na stanici Brno-Zvonařka za období 2008 až 2017 (pouze měsíce září až únor).

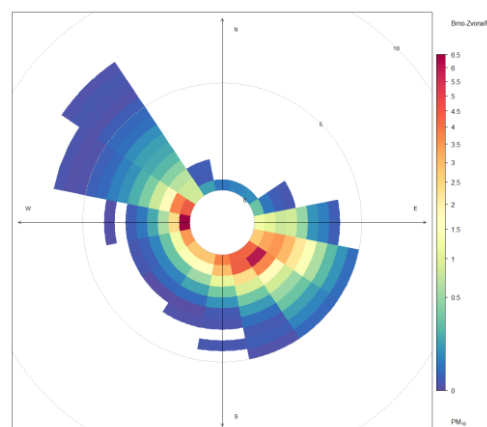
Obě růžice se vzájemně příliš neliší. Pouze u růžice z půlročního období je vidět mírně větší podíl na maximálních koncentracích ve východním směru při vyšších rychlostech větru. Na růžici je patrné, že absolutních maxim bylo dosahováno při bezvětří zejména z jihovýchodu a mírně také jihozápadu, při vyšších rychlostech větru takřka výhradně z jihovýchodního směru. V tomto směru od stanice je necelých 10 m od stanice již zmíněná frekventovaná čtyřproudá komunikace a za ní autobusové nádraží a parkoviště.



Následující vážená koncentrační růžice pro  $PM_{10}$  nezobrazuje maximální hodnoty, ale příspěvek daného směru a rychlosti větru k celkovému průměru za dané období.



Obrázek 39 - vážená koncentrační růžice pro suspendované částice  $PM_{10}$  pro stanici Brno-Zvonařka, za období září 2018 až únor 2019.

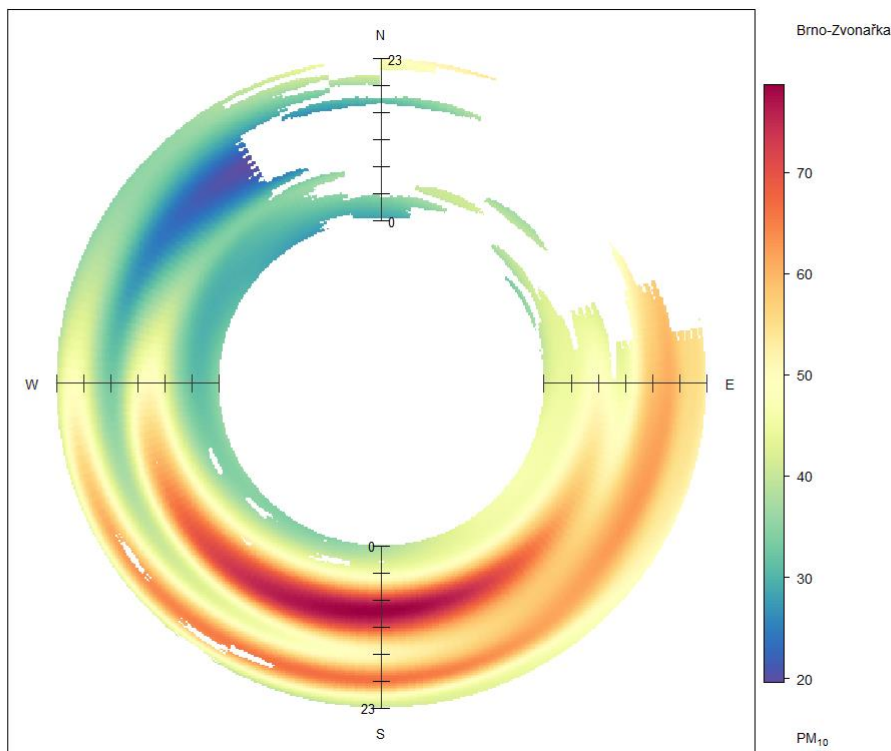


Obrázek 40 - vážená koncentrační růžice pro suspendované částice  $PM_{10}$  pro stanici Brno-Zvonařka, za období 2008 až 2017 (pouze měsíce září až únor).

Z růžice vlevo za období zájmu je patrné, že hlavní příspěvek k průměru za dané období má severozápadní směr a u dlouhodobé růžice také směr jihovýchodní. To koreluje s větrnou růžicí, kde za toto období dominuje severozápadní proudění. V průměru z tohoto směru foukalo v daném období nejčastěji, proto se podíl k celkovému stavu nasčítal. Zároveň lze vidět, že největší příspěvek mají nízké rychlosti větru. To má pravděpodobně dva důvody. Prvním je fakt, že jsou obecně při nízkých rychlostech větru koncentrace znečišťujících látek vyšší a druhým fakt, že jsou na Zvonařce obecně rychlosti větru nízké a tedy se opět nasčítá jejich podíl vzhledem k četnosti nízkých rychlostí.

Koncentrační a vážená růžice, ač vykazují značně odlišný charakter, si navzájem neprotiřečí. Situaci lze vyhodnotit tak, že nejvyšší koncentrace přichází z jihovýchodu. Nejčastěji však fouká ze severozápadu. V době severozápadního proudění nejsou koncentrace vysoké, ale vzhledem k četnosti tohoto směru větru se celkový příspěvek severozápadního proudění nasčítá.

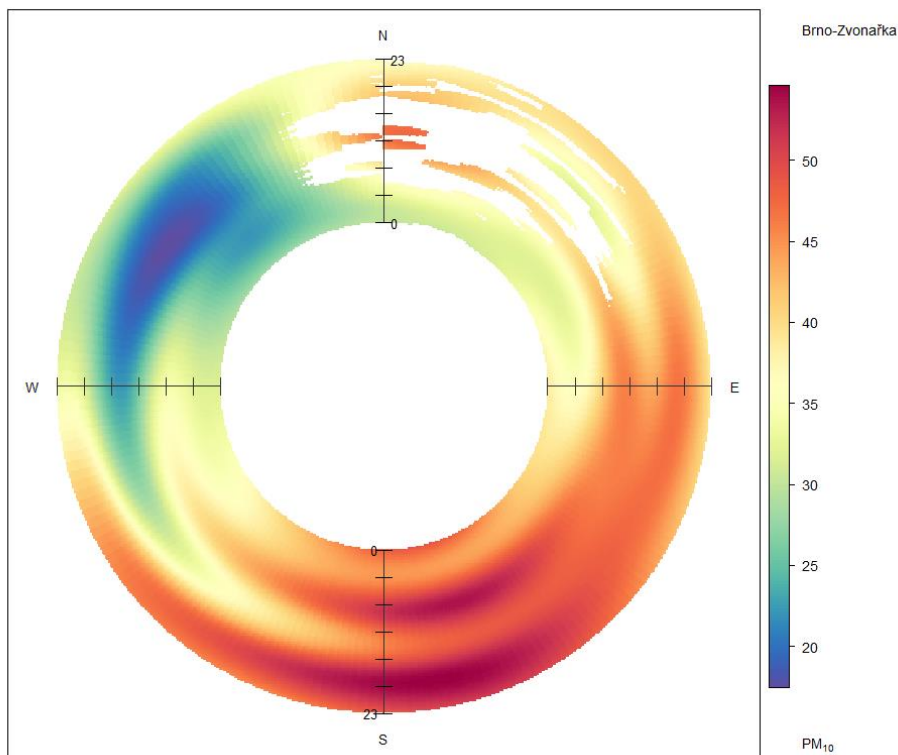
Jistě důležitou informací je také celkový denní chod koncentrací na stanici. Ten lze dobře vyjádřit prostřednictvím anulárních koncentračních růžic. Ty poskytují informaci o vztahu mezi koncentrací konkrétní znečišťující látky, směrem větru a v tomto případě denní hodinou.



Obrázek 41 – anulární koncentrační růžice, zobrazující vztah mezi koncentrací suspendovaných částic  $PM_{10}$ , směrem větru a denní hodinou. Na vnějším okraji růžice jsou večerní hodiny, u středu růžice ranní. Stanice Brno-Zvonařka, září 2018 až únor 2019. Hodiny odpovídají UTC času a jsou započítány časové posuny kvůli letnímu a zimnímu času.

Pravý horní roh růžice odpovídající severovýchodnímu proudění nemá dostatek dat pro zobrazení koncentrací barevně. Je to dáno výše zmíněnou absencí tohoto směru proudění z důvodu překážky u stanice (budova). Z růžice je možné vyčíst, že nejhorší situace bývá při jižním, jihovýchodním a jihozápadním proudění a to zejména od přibližně 8 hodiny ranní poledne. Také v pozdních večerních hodinách jsou koncentrace vyšší a to zejména v jihozápadním a jižním směru.

Tuto růžici zkonstruovanou za relativně krátké období 6 měsíců lze srovnat s růžicí znázorňující desetiletý průměr (2008-2017) a zároveň 2008-2017 pouze měsíce září až únor.

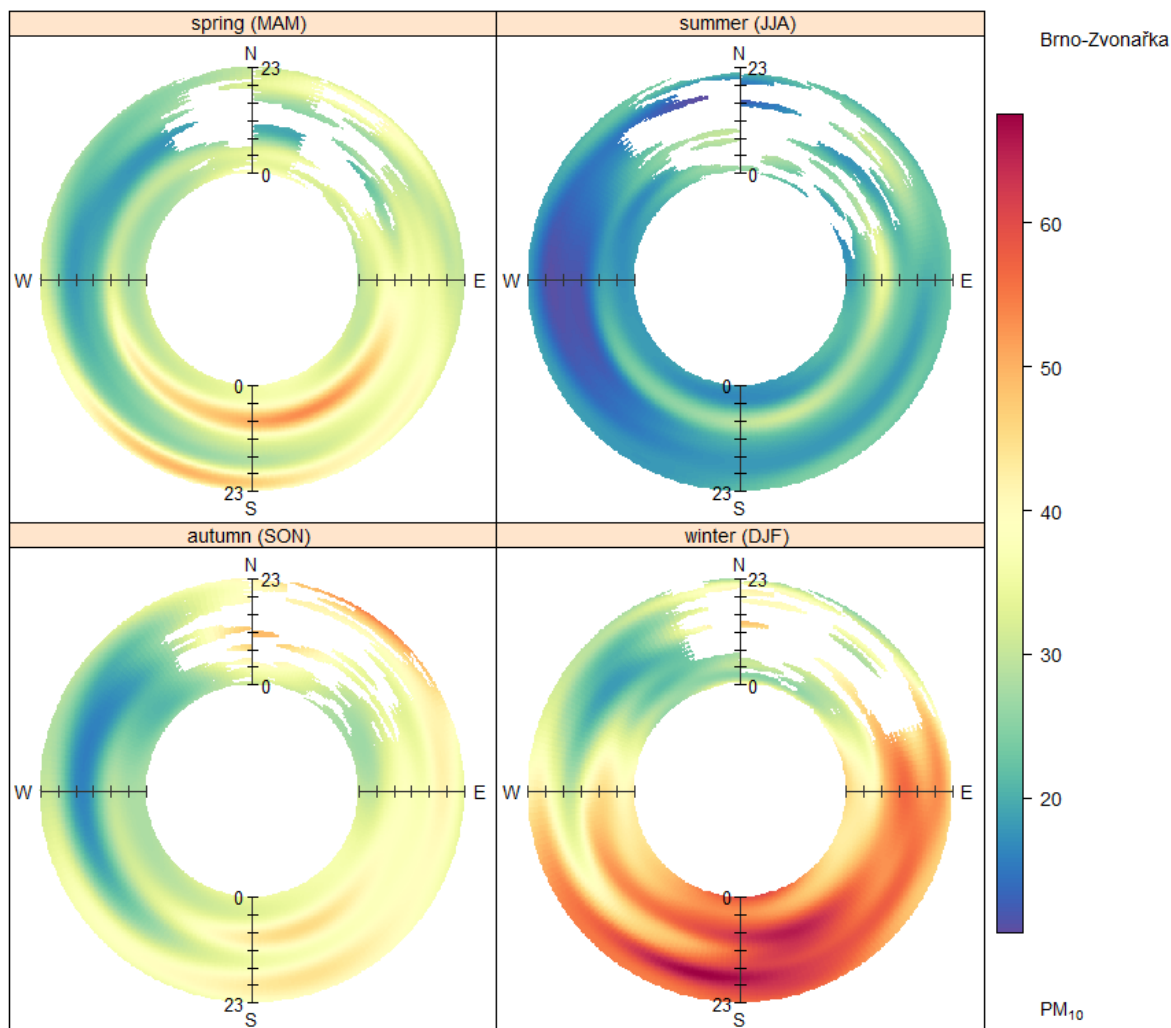


Obrázek 42 - anulární koncentrační růžice, zobrazující vztah mezi koncentrací suspendovaných částic PM<sub>10</sub>, směrem větru a denní hodinou. Na vnějším okraji růžice jsou večerní hodiny, u středu růžice ranní. Stanice Brno-Zvonařka, 2008-2017 (pouze září až únor). Hodiny odpovídají UTC času a jsou započítány časové posuny kvůli letnímu a zimnímu času.

Na první pohled jsou patrné jisté odlišnosti i podobnosti obou růžic. Vysoké koncentrace jsou zde více rozprostřené během dne. Více dominují vysoké koncentrace z jihovýchodu. Nejvyšší hodnoty nejsou dosahovány při jižním, ale při jihovýchodním proudění.

Zbarvení růžice ale může být mírně zavádějící. Souvisí to se škálou a hodnotami jednotlivých barev. Pokud se podíváme na první růžici za kratší období zájmu, stupnice končí 70 µg/m<sup>3</sup>. Naopak u dlouhodobého průměru je to pouze 50 µg/m<sup>3</sup>. Pokud se vezme tento fakt v potaz, při stejné škále by dlouhodobá růžice v jihovýchodním směru byla rovněž více „žlutá“. Vysvětlením je fakt, že na první růžici jsou koncentrace při jižním proudění výrazně vyšší, než je dlouhodobý průměr a to posouvá celou škálu růžice. Navíc je třeba vzít v potaz, že období září až únor představuje chladnou část roku, tedy právě část roku, kdy jsou obecně koncentrace suspendovaných částic nejvyšší.

Zajímavý tedy může být i pohled na dlouhodobý průměr, totožnou různici, za desetileté období 2008 až 2017, tentokrát rozdělenou podle ročních období<sup>4</sup>.



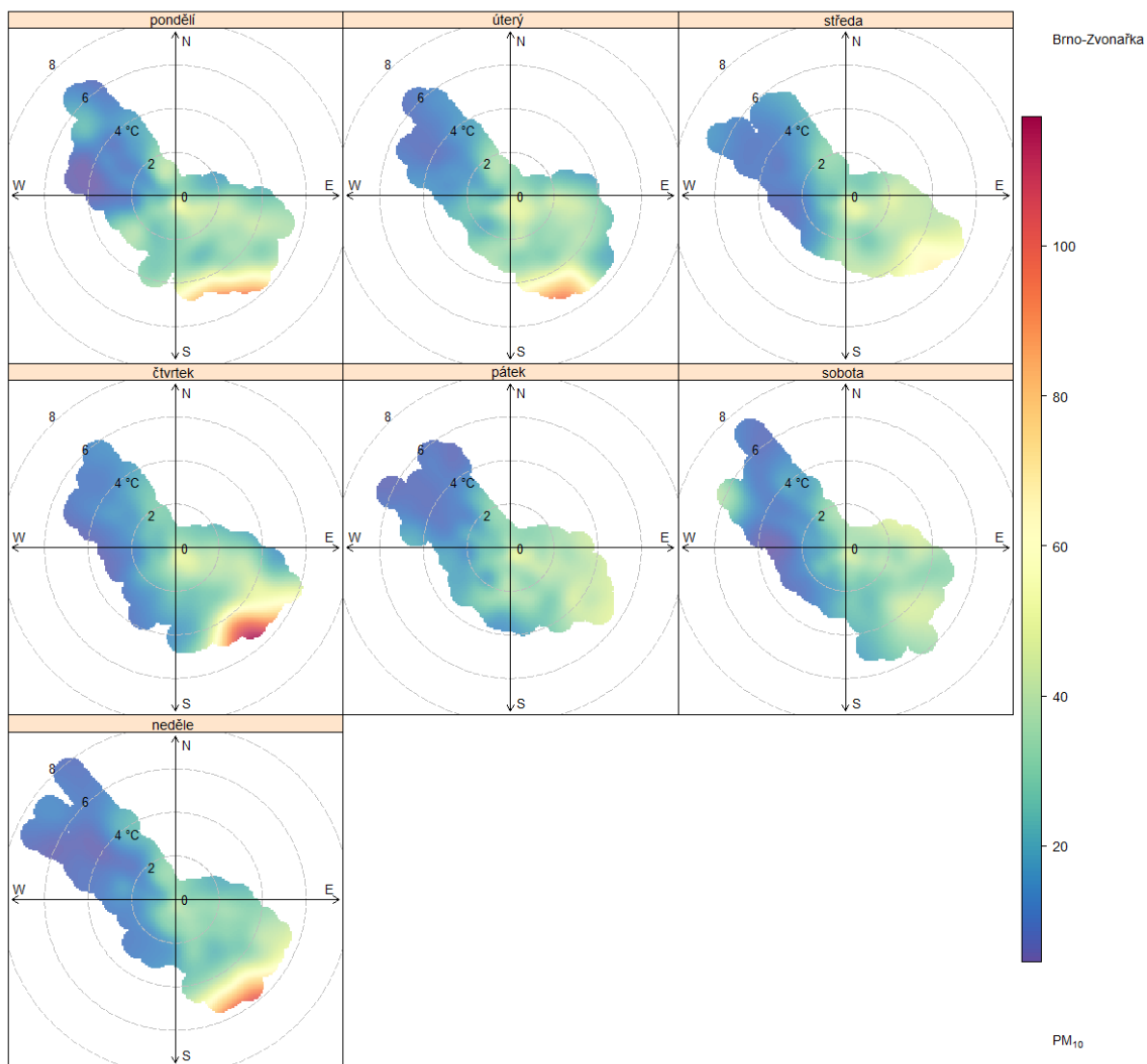
Obrázek 43 - anulární koncentrační růžice, zobrazující vztah mezi koncentrací suspendovaných částic  $PM_{10}$ , směrem větru a denní hodinou. Na vnějším okraji růžice jsou večerní hodiny, u středu růžice ranní. Stanice Brno-Zvonařka, 2008-2017, rozděleno podle ročních období. Hodiny odpovídají občanskému času. MAM = březen až květen, JJA = červen až srpen, SON = září až listopad, DJF = prosinec až únor. Hodiny odpovídají UTC času a jsou započítány časové posuny kvůli letnímu a zimnímu času.

Anulární růžice výše potvrzují nejvyšší znečištění v chladné periodě roku, tedy zejména v zimě (prosinec-únor). Naopak nejlepší situace je jednoznačně dlouhodobě v létě (červen-srpen). Co se týče vztahu mezi směrem větru a koncentrací  $PM_{10}$  se v jednotlivá období situace příliš nemění. Vždy nejproblematictější je směr jihovýchodní, popř. jižní a jihozápadní. Ze severovýchodu téměř nefouká (z důvodu umístění stanice) a ze severozápadu jsou koncentrace relativně nízké.

<sup>4</sup> pojmem roční období se zde myslí měsíce spadající do jednotlivých meteorologických ročních období. Zimu představují měsíce prosinec, leden a únor, jaro měsíce březen, duben a květen, léto červen, červenec a srpen a podzim zastupují měsíce září, říjen a listopad.

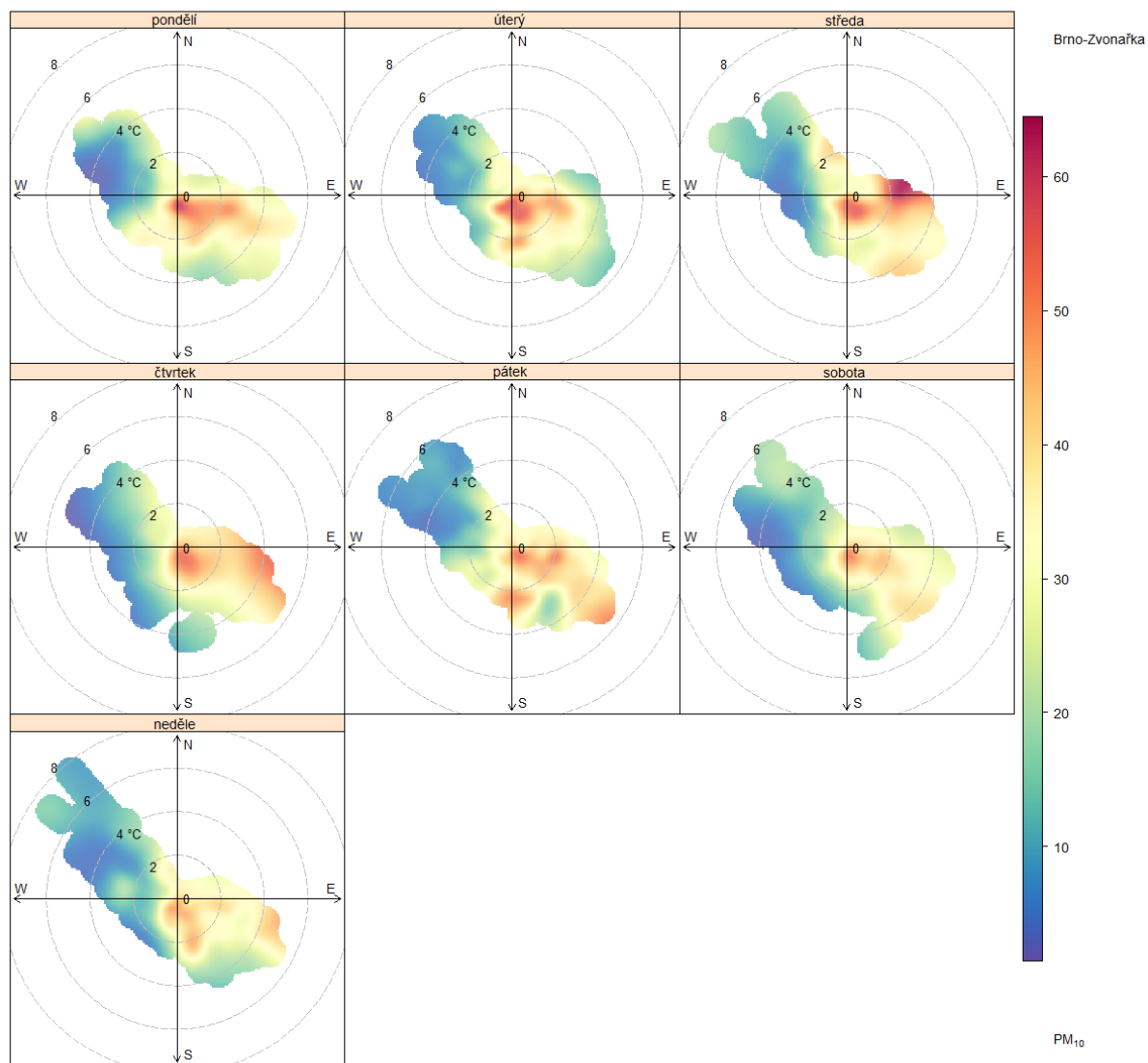
Při analýze situace v jednotlivé hodiny je vidět nejhorší stav vždy během ranní špičky a po ní. Vzhledem k faktu, že tento čas koreluje právě se zvýšenou dopravou, vzhledem ke směru, ze kterého ono znečištění přichází (jihozápad až jihovýchod) a vzhledem k faktu, že je tento nárůst pozorovatelný i v teplou periodu roku, kdy je lokální vytápění, hlavní zdroj  $PM_{10}$ , zanedbatelné, se lze domnívat, že prach pochází především z automobilové dopravy, ať už přímo z výfukových plynů, tak například ve velké míře také z resuspenze (víření již usedlého prachu na vozovce), otěrů brzdových destiček, otěrů pneumatik, či otěrů vozovky.

Následující soubor koncentračních růžic znázorňuje vztah mezi směrem a rychlostí větru, koncentrací  $PM_{10}$  a dnem v týdnu za období 2008 až 2017. Nejvyšší koncentrace jsou vidět vždy při jihovýchodním proudění a vyšších rychlostech větru, nejvíce pak asi ve čtvrtek, neděli, pondělí a úterý. Koncentrační růžice však mohou být částečně zavádějící, protože nereflektují relativní poměry, ale pouze absolutní hodnoty.



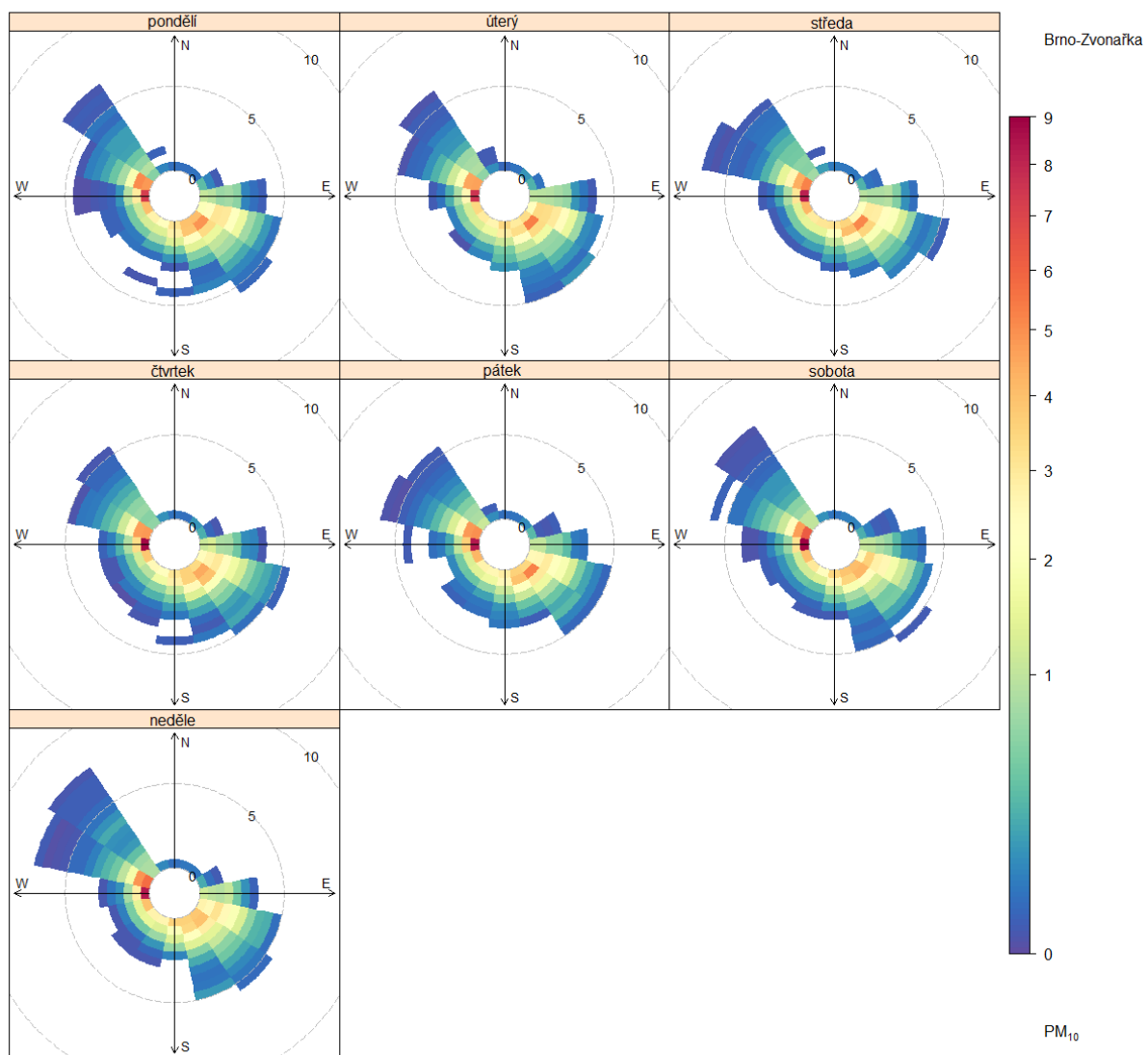
Obrázek 44 - koncentrační růžice zobrazující vztah mezi koncentrací suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a směrem a rychlostí větru, rozdělené podle dne v týdnu. Stanice Brno-Zvonařka, 2008-2017.

Níže pak totožné růžice, opět za desetileté období 2008 až 2017, tentokrát pouze se zahrnutím měsíců září až únor.



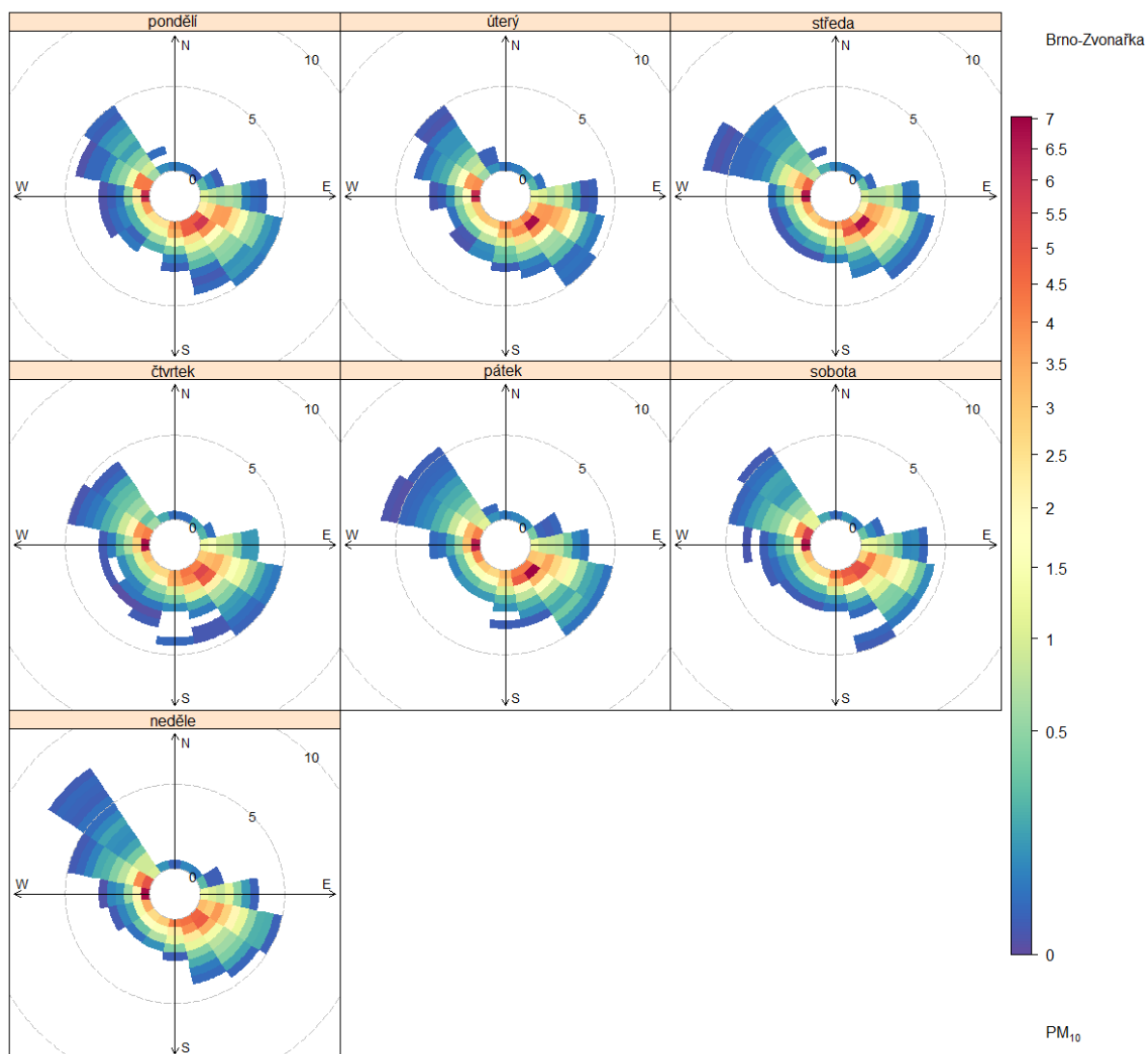
Obrázek 45 - koncentrační růžice zobrazující vztah mezi koncentrací suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a směrem a rychlostí větru, rozdělené podle dne v týdnu. Stanice Brno-Zvonařka, 2008-2017 (pouze měsíce září až únor).

U vážených koncentračních růžic zkonstruovaných podle dne v týdne už vypadá situace odlišně.



Obrázek 46 – vážené koncentrační růžice zobrazující vztah mezi koncentrací suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a směrem a rychlostí větru, rozdělené podle dne v týdnu. Stanice Brno-Zvonařka, 2008-2017.

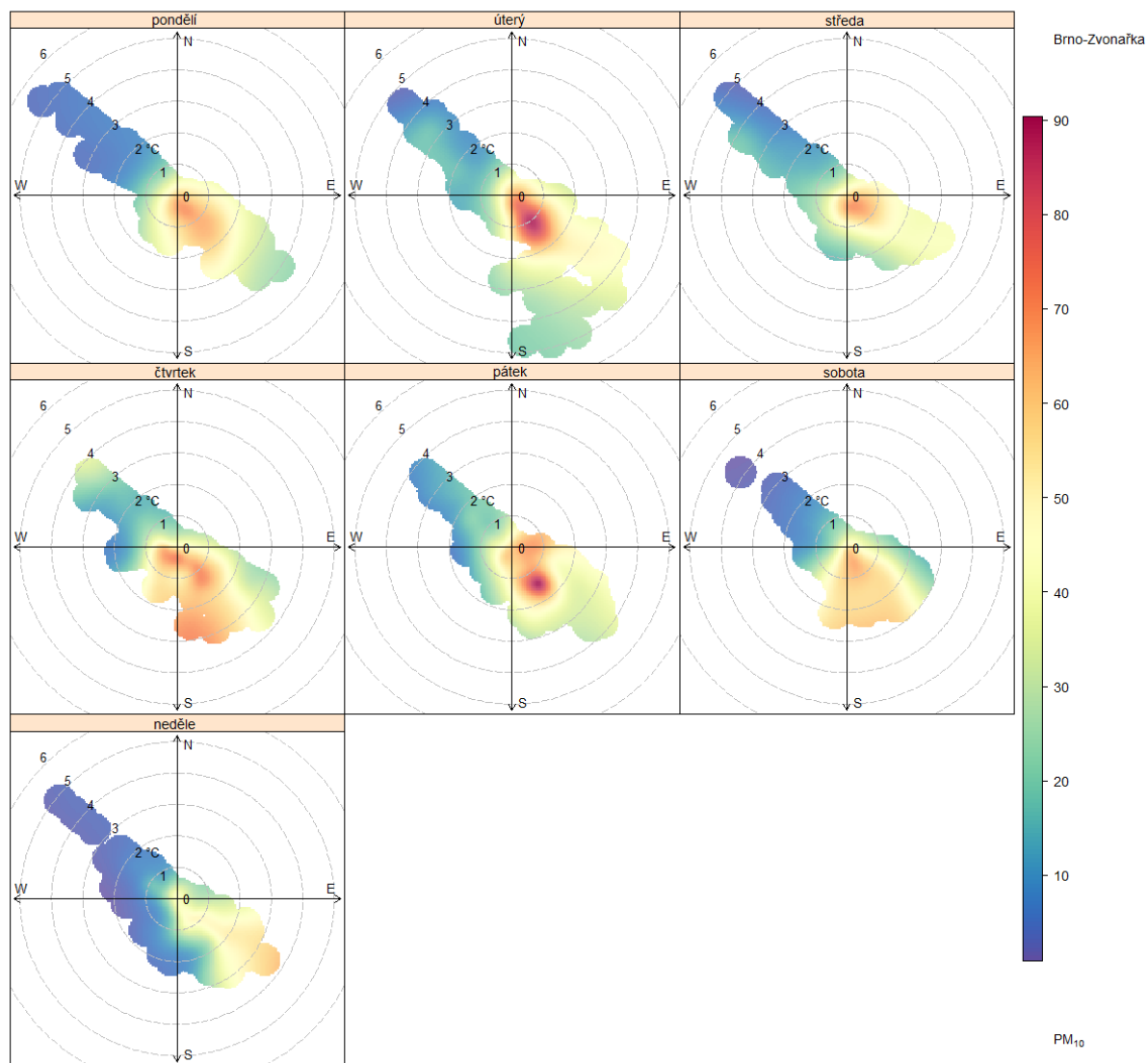




Obrázek 47 - vážené koncentrační růžice zobrazující vztah mezi koncentrací suspendovaných částic  $PM_{10}$  a směrem a rychlostí větru, rozdělené podle dne v týdnu. Stanice Brno-Zvonařka, 2008-2017 (pouze měsíce září až únor).

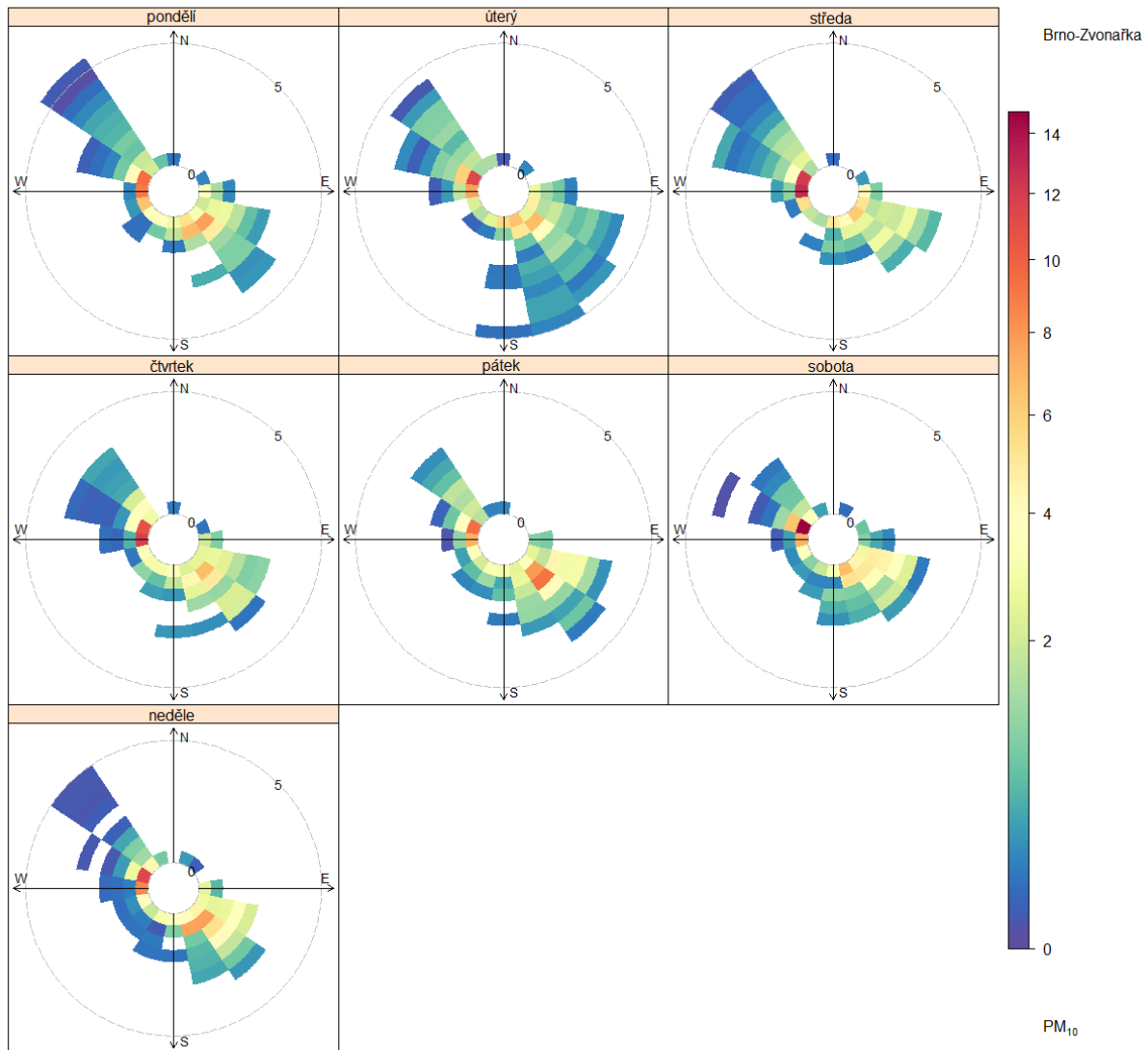
Je vidět, že dlouhodobě (2008-2017) se situace v jednotlivé dny příliš neliší, na rozdíl od nevážených růžic. Krátkodobé nárůsty koncentrací totiž vážený průměr tolik neovlivní a vliv například ranní špičky, není tak patrný. Ve všechny dny je největší příspěvek ze severozápadního proudění, proudění, které nevykazuje nejvyšší hodnoty znečištění v absolutních číslech, ale jehož příspěvek se nasčítá vlivem obecného charakteru a četnosti jednotlivých směrů proudění v dané lokalitě. Zároveň je vidět, že je největší příspěvek při nízkých rychlostech větru, to opět odpovídá obecnému faktu, že jsou rychlosti větru na stanici dlouhodobě relativně nízké.

Nyní se podívejme, zda se nějakým způsobem liší shodné růžice a vážené růžice za periodu zájmu, tedy půlrok září 2018 až únor 2019.



Obrázek 48 - koncentrační růžice zobrazující vztah mezi koncentrací suspendovaných částic  $PM_{10}$  a směrem a rychlostí větru, rozdělené podle dne v týdnu. Stanice Brno-Zvonařka, září 2018 – únor 2019.

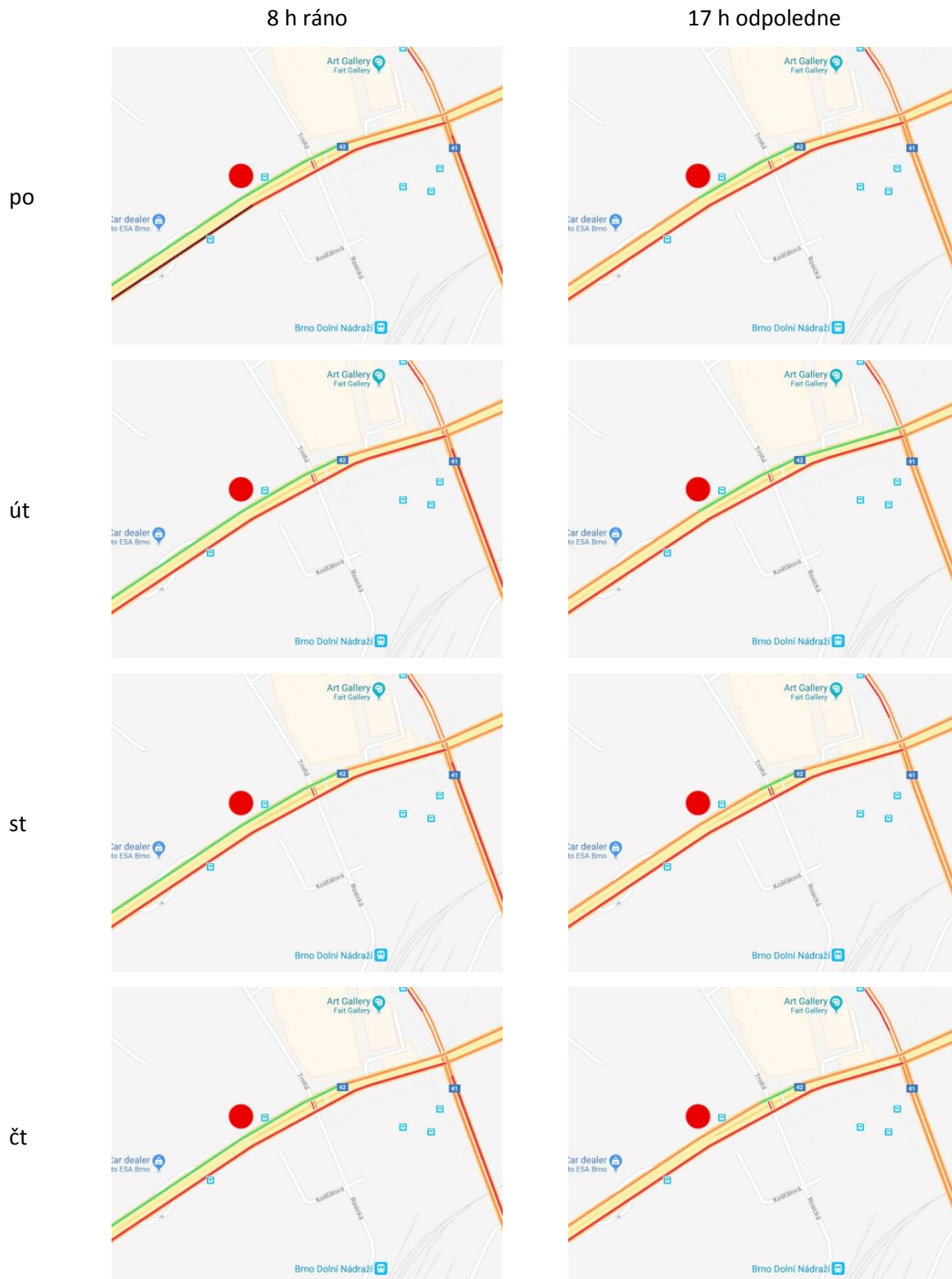
Na základě pohledu na jednotlivé dny v týdnu je ve srovnání s dlouhodobým stavem více patrný rozdíl mezi všedním dnem a víkendem. Nejvyšší koncentrace jsou patrné pouze ve všední dny a v sobotu a v neděli se nejvyšší hodnoty koncentrací  $PM_{10}$  nevyskytovaly. Zároveň je jasně patrné, že jsou nejvyšší koncentrace pozorovány nikoliv při vyšších, ale spíše nižších rychlostech větru. Shodný je směr, při kterém jsou nejvyšší koncentrace pozorovány a to jihovýchod, případně jih.

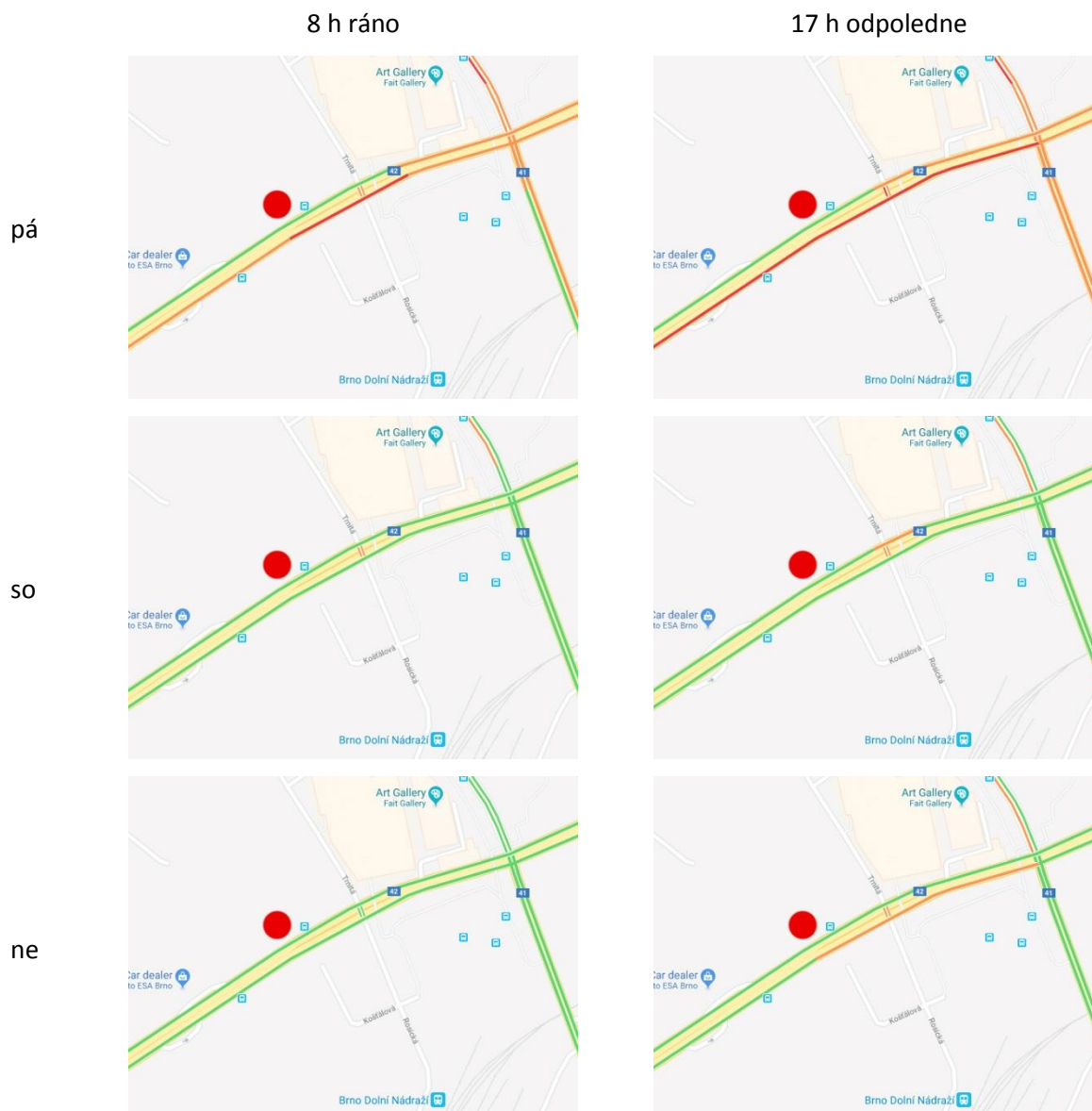


Obrázek 49 - vážené koncentrační růžice zobrazující vztah mezi koncentrací suspendovaných částic  $PM_{10}$  a směrem a rychlostí větru, rozdělené podle dne v týdnu. Stanice Brno-Zvonařka, září 2018 – únor 2019.

Odlíšný je i charakter vážených koncentračních růžic. Podíl severozápadního směru je zde nižší. Možným vysvětlením je fakt, že v absolutních hodnotách (jak je vidět z výše uvedených tabulek a počtu historických maxim) byly koncentrace v dané období výrazně vyšší, a to v takové míře, že se to již výrazněji projeví i na vážených průměrech. Navíc je vzhledem ke 20x kratší periodě, ze které jsou růžice zkonstruovány (10 let vs. 6 měsíců), postačující menší počet vyšších koncentrací k ovlivnění celkového váženého průměru. Víkendové dny nejsou zatíženy ranní dopravní špičkou. Možným zdrojem informací o intenzitě dopravy přímo z ulice Opuštěná je analýza dat získaných z anonymního sledování uživatelů mobilních telefonů. Tato data jsou k dispozici prostřednictvím služby Google Maps, která umožňuje zobrazení typické intenzity dopravy pro jednotlivé dny v týdnu a hodiny v konkrétní lokalitě. Ač se nejedná o přímé a přesné měření, vzhledem k počtu uživatelů mobilních telefonů s operačním

systémem Android a množství dat lze tato čísla brát jako minimálně orientačně správná. Nejedná se o přímé měření počtu vozidel, ale odhad na základě rychlosti pohybu vozidel. V blízkosti stanice se nachází světelná křižovatka ulic Opuštěná a Trnitá, kde se při vyšší intenzitě dopravy tvoří četné dopravní kolony a pohyb vozidel je pomalý.

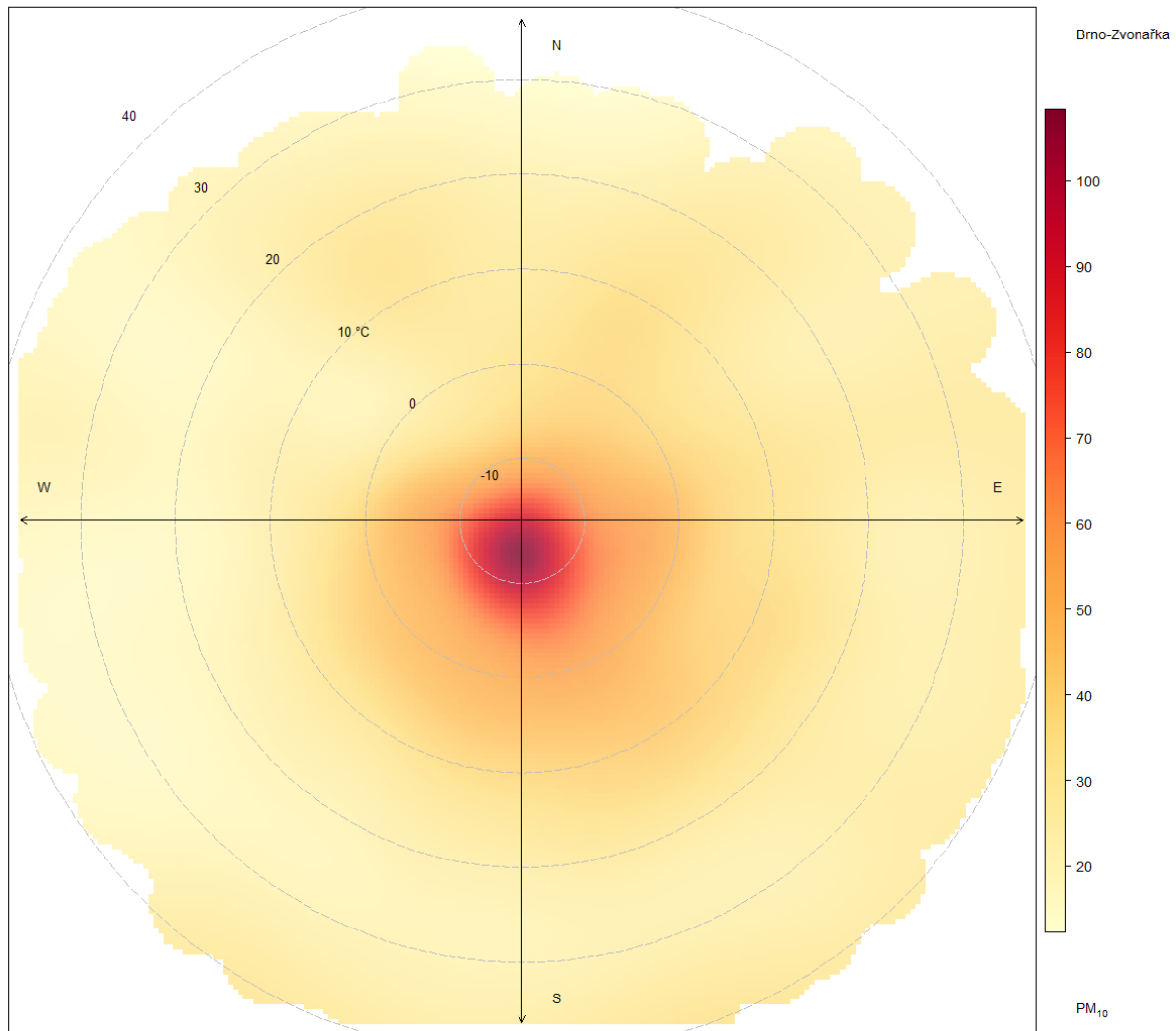




Obrázek 50 – intenzita dopravy v okolí stanice (červený bod) v jednotlivé dny v týdnu v 8 h ráno a 17 h odpoledne občanského času. Zelená barva značí plynulou dopravu, oranžová barva zpomalení, červená barva významné zpomalení a tmavě červená barva velmi pomalý pohyb vozidel. Zdroj dat: Google Maps API.

Nejmarkantnější rozdíl mezi víkendem a všedním dnem je výrazně plynulejší provoz v ranních hodinách. V pozdějším odpoledni je vidět určitý nárůst zejména v neděli. Oranžové zbarvení komunikace Opuštěná ve směru na východ odpovídá frontě vozidel u semaforu na křižovatce Opuštěná-Trnitá.

Jak již bylo řečeno dříve, koncentrace suspendovaných částic vykazují silnou korelaci s teplotou vzduchu. Tento vztah je vyjádřen na následujících koncentračních růžicích, které vyjadřují vztah mezi koncentrací  $PM_{10}$ , směrem větru a teplotou vzduchu.

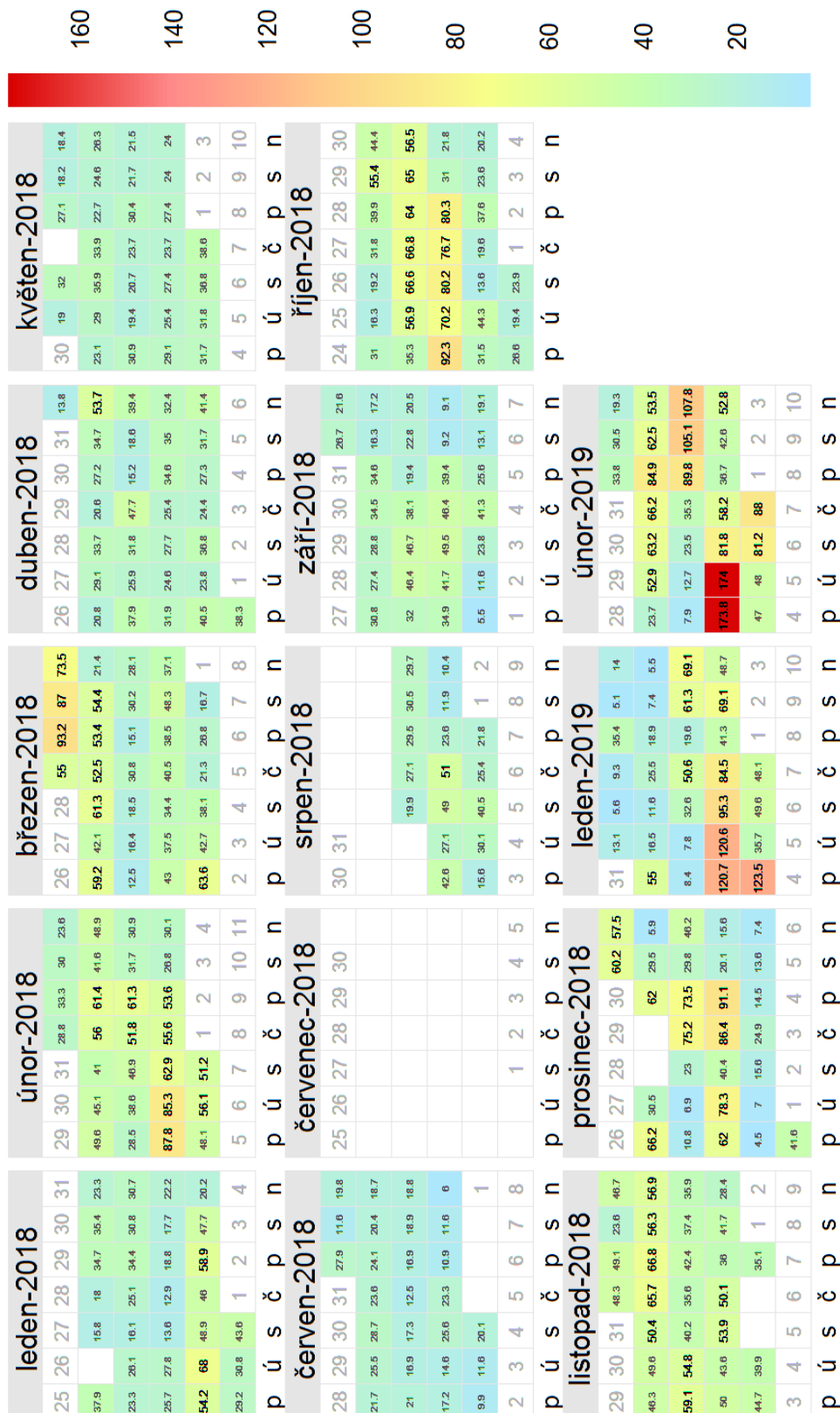


Obrázek 51 – koncentrační růžice závislosti koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  na teplotě vzduchu a směru větru. Stanice Brno-Zvonařka, 2008-2017.

Na výše uvedené růžici je vidět velmi silná korelace mezi koncentracemi  $PM_{10}$  a teplotou vzduchu. Jednoznačně nejvyšší koncentrace  $PM_{10}$  byly zaznamenány při nízkých teplotách vzduchu. Vzhledem k chybějícím datům o teplotě vzduchu za leden a únor 2019 nemá smysl konstrukce růžice za 4 měsíce. V takto krátkém období by byla interpretace takovéto růžice zavádějící.

V následujícím kalendářním zobrazení jsou vidět denní průměrné koncentrace v období od 1. ledna 2018 do 28. února 2019. Průměry za rok 2018 jsou ještě počítány původní metodikou (od 06:00-06:00 UTC), průměry za rok 2019 jsou již počítány aktualizovanou metodikou (00:00-00:00 UTC).

# Brno-Zvonařka - PM<sub>10</sub>

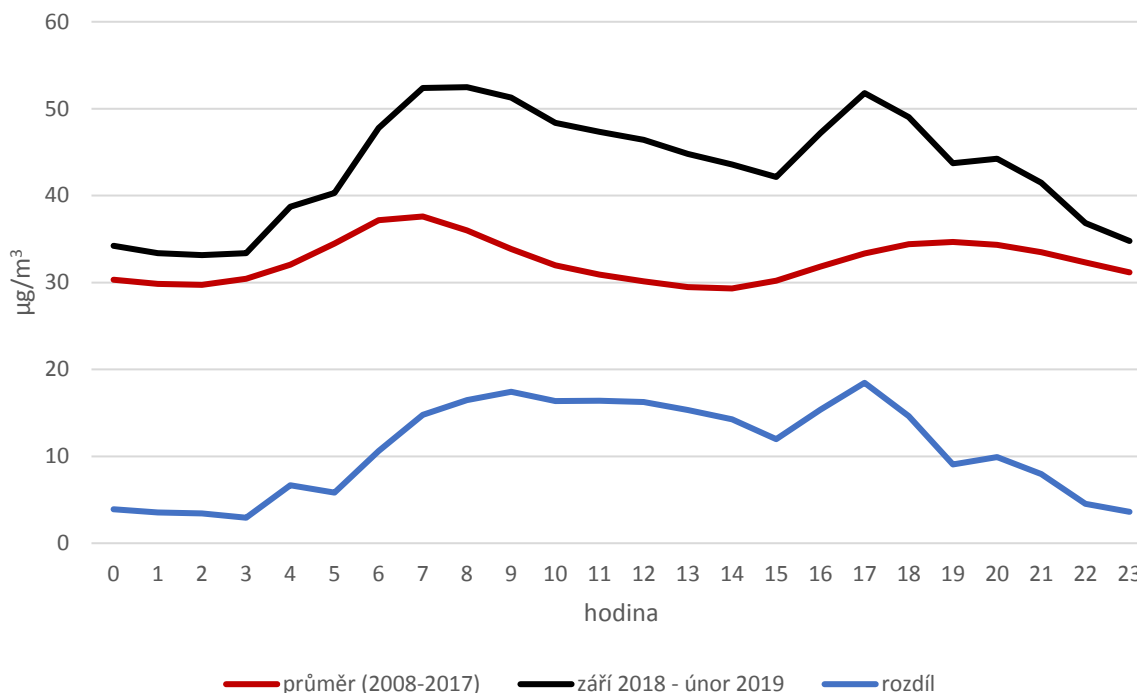


Tučně zvýrazněné dny odpovídají dnům s překročeným 24h imisním limitem 50 µg/m<sup>3</sup>. Jsou vidět dva dny s extrémně vysokými denními koncentracemi suspendovaných částic PM<sub>10</sub> – 18. a

19. února 2019. V tyto dny byla hodnota 24h imisního limitu překročena více než trojnásobně. Velmi vysoké byly koncentrace také 21. a 22. ledna 2019 a 28. ledna 2019.

V roce 2018 byly koncentrace vyšší přibližně od ledna do března. Výrazná změna je vidět mezi zářím a říjnem. V říjnu 2018 byla hodnota 24h imisního limitu překročena 12x, v září ani jednou.

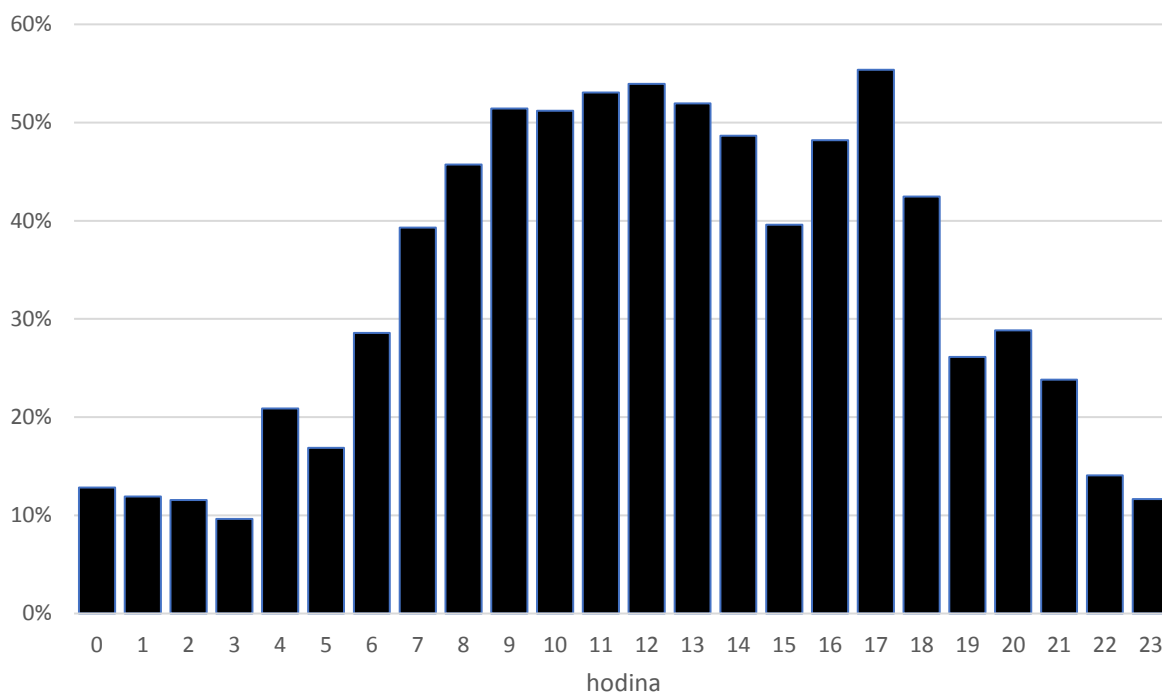
Následující graf srovnává průměrné hodinové koncentrace  $PM_{10}$  za desetileté období 2008 až 2017 s totožnými průměry vypočítanými za období září 2018 až únor 2019.



Obrázek 52 – průměrné koncentrace suspendovaných částic  $PM_{10}$  v jednotlivé hodiny (UTC) jako desetiletý průměr ve srovnání s analyzovaným obdobím září 2018 až únor 2019. Modrá čára reprezentuje rozdíl mezi černou a červenou křivkou. Stanice Brno-Zvonařka.

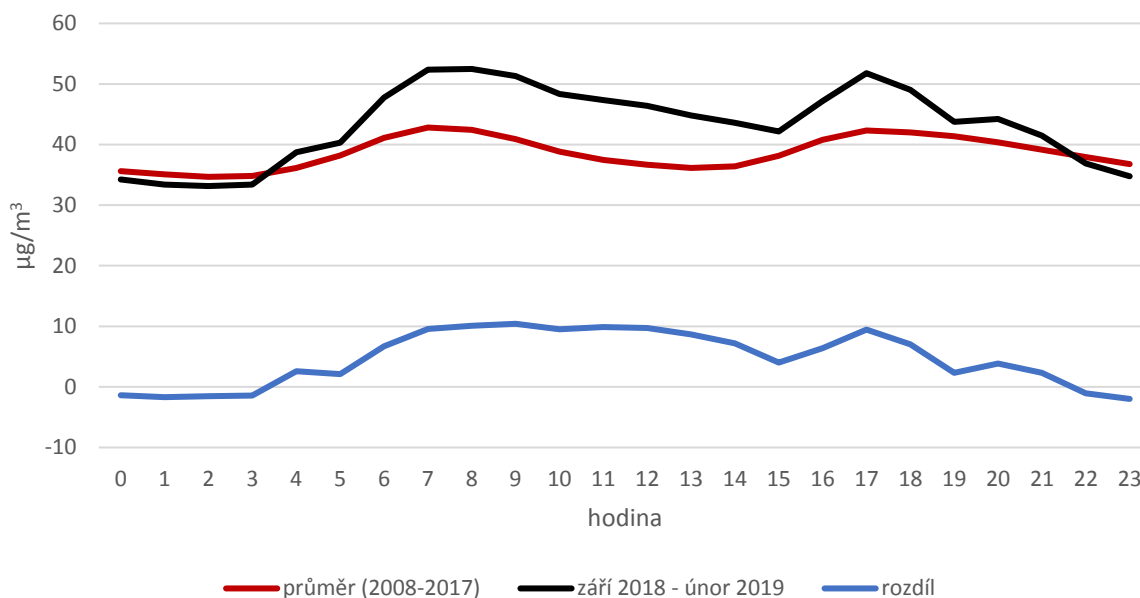
První křivka ukazující průměry hodin za desetileté období je typickým denním chodem pro dopravní stanici. Mezi 5 a 8 h UTC je vidět ranní dopravní špička, druhá špička přichází odpoledne. Pokud tuto křivku srovnáme s křivkou sestavenou z půlročního období zájmu, vidíme, že se denní chod příliš nezměnil, pouze došlo k celkovému navýšení koncentrací  $PM_{10}$ . Průměr pro jednotlivé hodiny byl vyšší ve všech případech. Modrá křivka reprezentuje právě rozdíl mezi černou a červenou. Vidíme, že nejvýrazněji se průměr liší v absolutní hodnotě v 18 h UTC (+18,46  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Pokud by nás zajímal rozdíl procentuální je nárůst nejvyšší v 17 h UTC (+55,37 %).



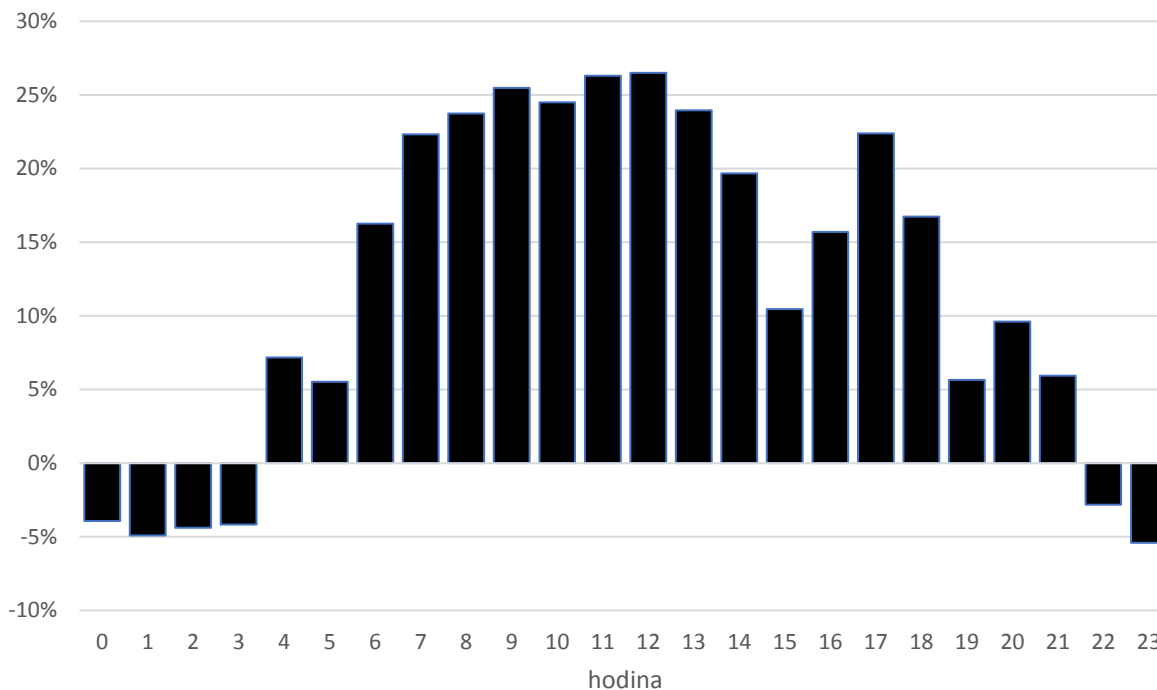


Obrázek 53 – procentuální rozdíl mezi průměrem v jednotlivé hodiny mezi desetiletým průměrem 2008-2017 a obdobím zámru (září 2018 až únor 2019) na stanici Brno-Zvonařka.

Toto srovnání však může být zavádějící, protože období září až únor zahrnuje víceméně kompletní chladnou část roku, kdy jsou koncentrace obecně vyšší. Následující srovnání je totožné s předchozím, ale do desetiletého průměru jsou zahrnuty pouze měsíce září až únor.

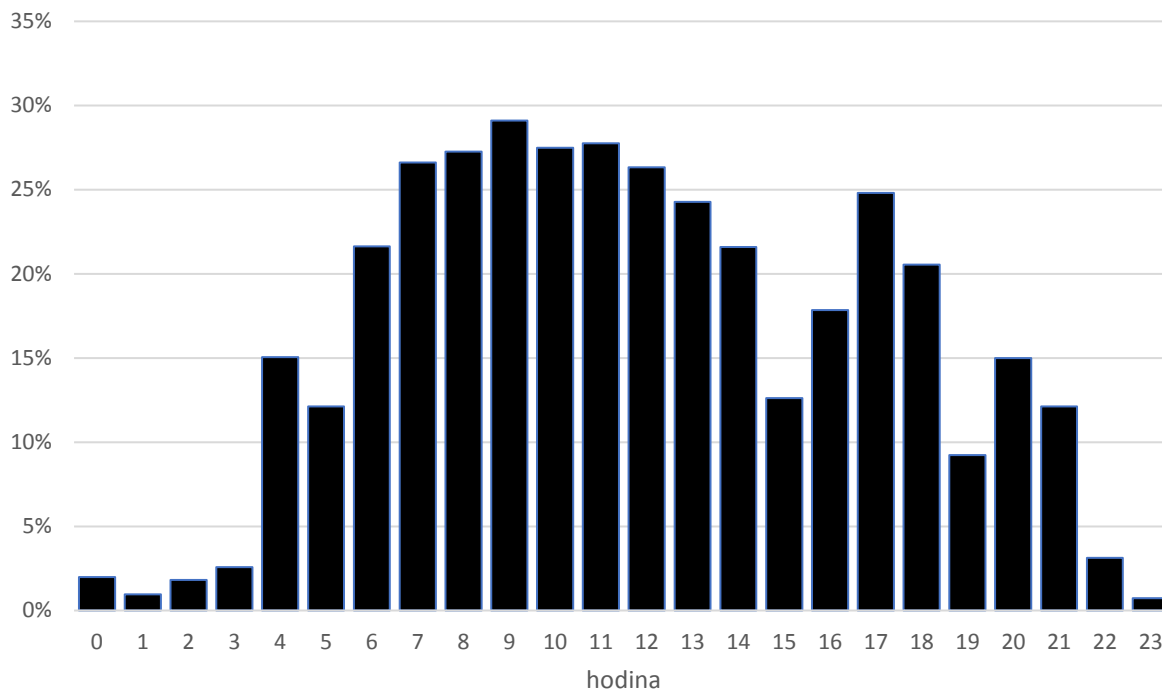


Obrázek 54 - průměrné koncentrace suspendovaných částic PM<sub>10</sub> v jednotlivé hodiny (UTC) jako desetiletý průměr 2008-2017 (pouze data září-únor) ve srovnání s analyzovaným obdobím září 2018 až únor 2019. Modrá čára reprezentuje rozdíl mezi černou a červenou křivkou. Stanice Brno-Zvonařka.



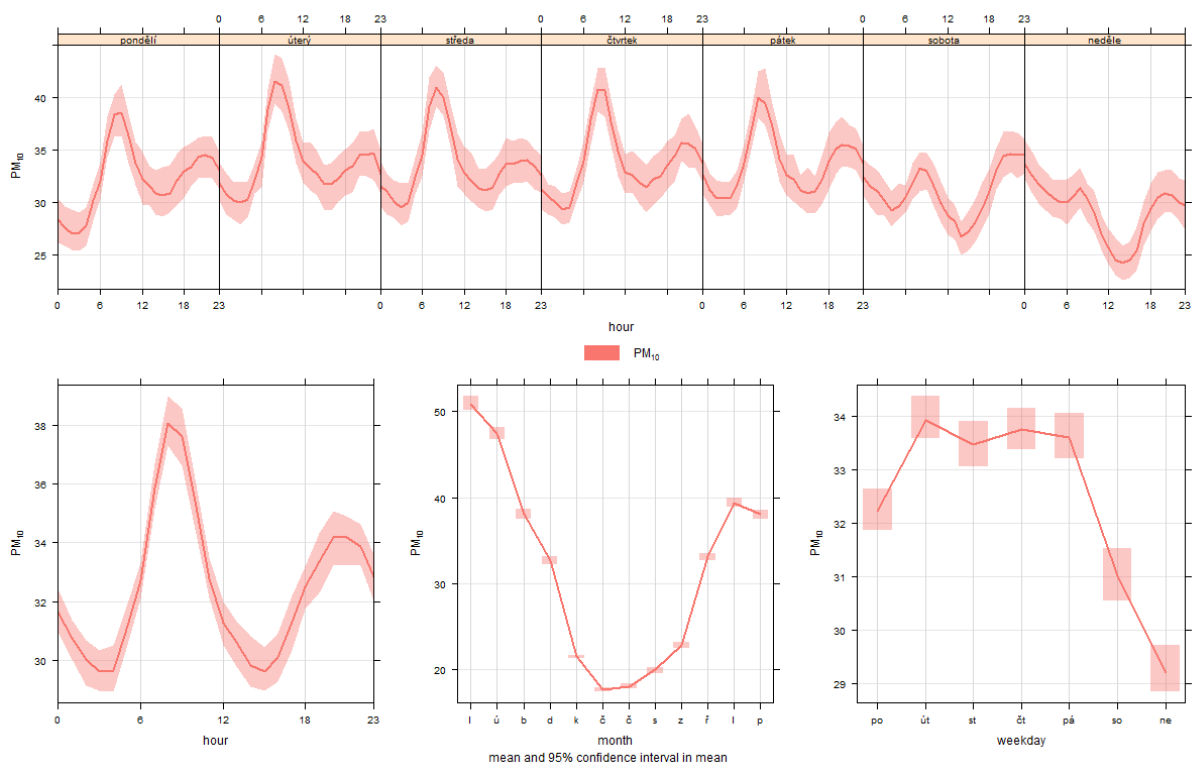
Obrázek 55 - procentuální rozdíl mezi průměrem v jednotlivé hodiny mezi desetiletým průměrem 2008-2017 (září až únor) a obdobím zájmu (září 2018 až únor 2019) na stanici Brno-Zvonařka.

Dle předpokladu je zde již rozdíl výrazně nižší, navíc je vidět, že v noci od 22 h do 3 h ráno byly koncentrace v září 2018 až únoru 2019 nižší, než je desetiletý průměr 2008-2017. Tady je však třeba poznamenat, že obecně se situace po stránce koncentrací  $PM_{10}$  v České republice od roku 2008 zlepšila. Pokud bychom tedy provedli srovnání s pouze pětiletým průměrem 2013-2017, byly by koncentrace vyšší i v noci a tedy lze říci, že byly koncentrace ve všechny hodiny v průměru vyšší, než jaké byly v posledních letech.



Obrázek 56 - procentuální rozdíl mezi průměrem v jednotlivé hodiny mezi pětiletým průměrem 2013-2017 (září až únor) a obdobím zájmu (září 2018 až únor 2019) na stanici Brno-Zvonařka.

Následující graf přehledně ukazuje průměrný průběh týdenních hodinových koncentrací PM<sub>10</sub>, denní průměrný chod, průměry pro jednotlivé dny v týdnu a roční chod.



Obrázek 57 – průměrný týdenní hodinový chod koncentrací PM<sub>10</sub> (nahore), průměrný denní chod koncentrací PM<sub>10</sub> (vlevo dole), průměrný roční chod koncentrací PM<sub>10</sub> (dole uprostřed) a průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> v jednotlivé dny v týdnu (vpravo dole). Vypočteno za desetileté období 2008-2017. Stanice Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

Na týdenním chodu je vidět velmi výrazný rozdíl mezi víkendem a všedním dnem. O víkendu jsou maximální koncentrace PM<sub>10</sub> výrazně nižší. Jednoznačně nejlepší je situace v neděli. Z grafu lze usuzovat, že dlouhodobě jsou nejnižší koncentrace PM<sub>10</sub> na stanici Brno-Zvonařka v nedělních odpoledních hodinách. U všedních dní není příliš velký rozdíl s výjimkou pondělí. Pokud se však podíváme na týdenní průběh, je patrné, že se pondělí chová podobně jako ostatní všední dny, avšak vzhledem k výrazně nižším koncentracím PM<sub>10</sub> v neděli jsou koncentrace během noci z neděle na pondělí nižší a zvyšují se ranní špičkou z nižších průměrných hodnot. Roční chod pak zcela jasně ukazuje na velmi dobrou situaci v teplou část roku a výrazně vyšší koncentrace v chladnější půlrok.

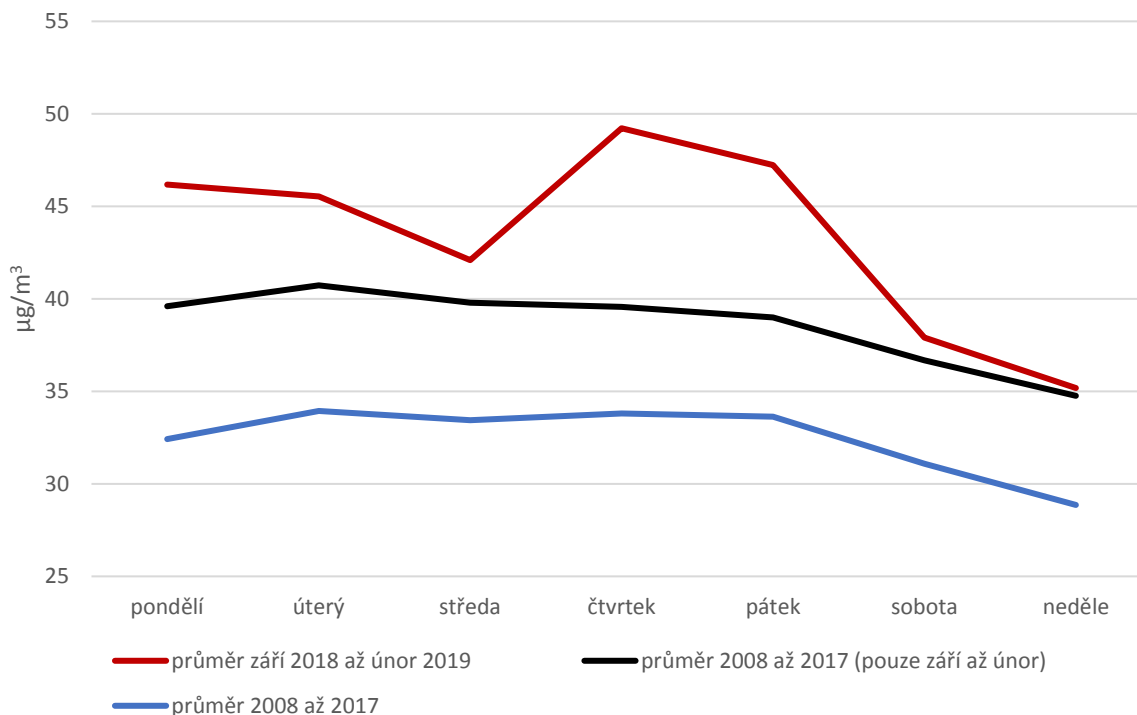
Následující tabulka ukazuje průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> podle dne v týdnu.

Tabulka 17 – průměrné koncentrace  $PM_{10}$  v jednotlivé dny v týdnu a průměr za po-pá a so-ne, období září 2018 až únor 2019 ve srovnání s období září až únor 2013-2017 a 2008-2017. Stanice Brno-Zvonařka.

	průměr září 2018 až únor 2019 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	průměr 2008 až 2017 (pouze září až únor) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	průměr 2008 až 2017 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
pondělí	46,18	39,60	32,42
úterý	45,53	40,73	33,94
středa	42,10	39,80	33,45
čtvrtek	49,22	39,56	33,81
pátek	47,23	38,99	33,63
sobota	37,90	36,68	31,08
neděle	35,18	34,76	28,86
po – pá	46,05	37,74	33,45
so – ne	36,54	35,72	29,97

V období září 2018 až únor 2019 byla koncentrace  $PM_{10}$  ve víkendový den v průměru 79,3 % průměrné koncentrace všedního dne. V pětiletém období září až únor 2013-2018 to bylo 94,6 % a v desetiletém průměru září až únor 2008-2017 to bylo 89,6 %. Je tedy zřejmé, že došlo v období září 2018 až únor 2019 k výraznému nárůstu koncentrací suspendovaných částic frakce  $PM_{10}$ , a to primárně ve všední dny.

Níže jsou výše uvedená čísla zobrazena graficky. Osa Y je záměrně posunuta a nezačíná 0, aby lépe vynikl rozdíl mezi jednotlivými obdobími.



Obrázek 58 – průměrné koncentrace  $PM_{10}$  v jednotlivé dny v týdnu. Srovnání období září 2018 až únor 2019 s desetiletým průměrem.

Modrá a černá linka jsou si podobné. To znamená, že v průběhu roku se podíl jednotlivých dní takřka nemění. Modrá linka je níže, protože zahrnuje celý rok, včetně teplejšího půlroku, kdy jsou koncentrace nižší. Jak je ale vidět, v období od září 2018 do února 2019 byl průběh v jednotlivé dny odlišný. O víkendu takřka shodný s periodou 2008 až 2017, ve všední dny ale byly koncentrace výrazně vyšší, došlo tudíž k nerovnoměrnému navýšení ve všední dny.

## SOUHRN



- **hlavním zdrojem PM<sub>10</sub> v ČR je lokální vytápění domácností**, dalšími významnějšími zdroji pak jsou **zemědělství, veřejná energetika a výroba tepla, těžba, doprava a výstavba a demolice**.
- začátkem roku 2018 byly koncentrace PM<sub>10</sub> na stanici Brno-Zvonařka relativně nízké ve srovnání s ostatními roky. **V září došlo k prudkému nárůstu a v říjnu byl naměřen zatím nejvyšší říjnový průměr pro tuto stanici** (od roku 2007). Průměrná koncentrace PM<sub>10</sub> v lednu 2019 byla výrazně podprůměrná, naopak v únoru 2019 výrazně nadprůměrná (nejvyšší kdy naměřený únorový průměr na stanici Brno-Zvonařka).
- **19. února 2019** byl zaznamenán dosud **nejvyšší kdy naměřený denní průměr** koncentrace PM<sub>10</sub> pro stanici Brno-Zvonařka (178,9 µg/m<sup>3</sup>)
- v roce 2018 došlo k **58 překročením** hodnoty 24h imisního limitu PM<sub>10</sub>. Vzhledem k maximálním povoleným 35 překročením byl **překročen 24h imisní limit PM<sub>10</sub>** (stejně jako ve všech předchozích 10 letech).
- v několika případech došlo k **rapidnímu extrémnímu zvýšení koncentrací** PM<sub>10</sub> na hodnoty **přesahující** v hodinovém průměru **500 µg/m<sup>3</sup>**. Příčinou tohoto extrémního nárůstu byly s největší pravděpodobností stavební práce probíhající v těsné blízkosti stanice. Například zejména během demoličních prací se do ovzduší velmi rychle uvolňuje obrovské množství prachových částic a to částic spíše větších, frakce PM<sub>10</sub>.
- období září 2018 až únor 2019 bylo **v 54,1 % dnech nadprůměrné**, ale zároveň **ve 23,2 % dní byly koncentrace PM<sub>10</sub> rekordně vysoké pro daný den**. Jinými slovy, 42,9 % dní s nadprůměrnou koncentrací bylo zároveň historickým maximem pro daný den v roce. Z toho vyplývá, že se v tomto půlročním období **koncentrace PM<sub>10</sub> zvyšovaly zejména nárazově** (jeden a více dní), avšak v těchto nárazových zvýšeních se jednalo o zvýšení extrémní.



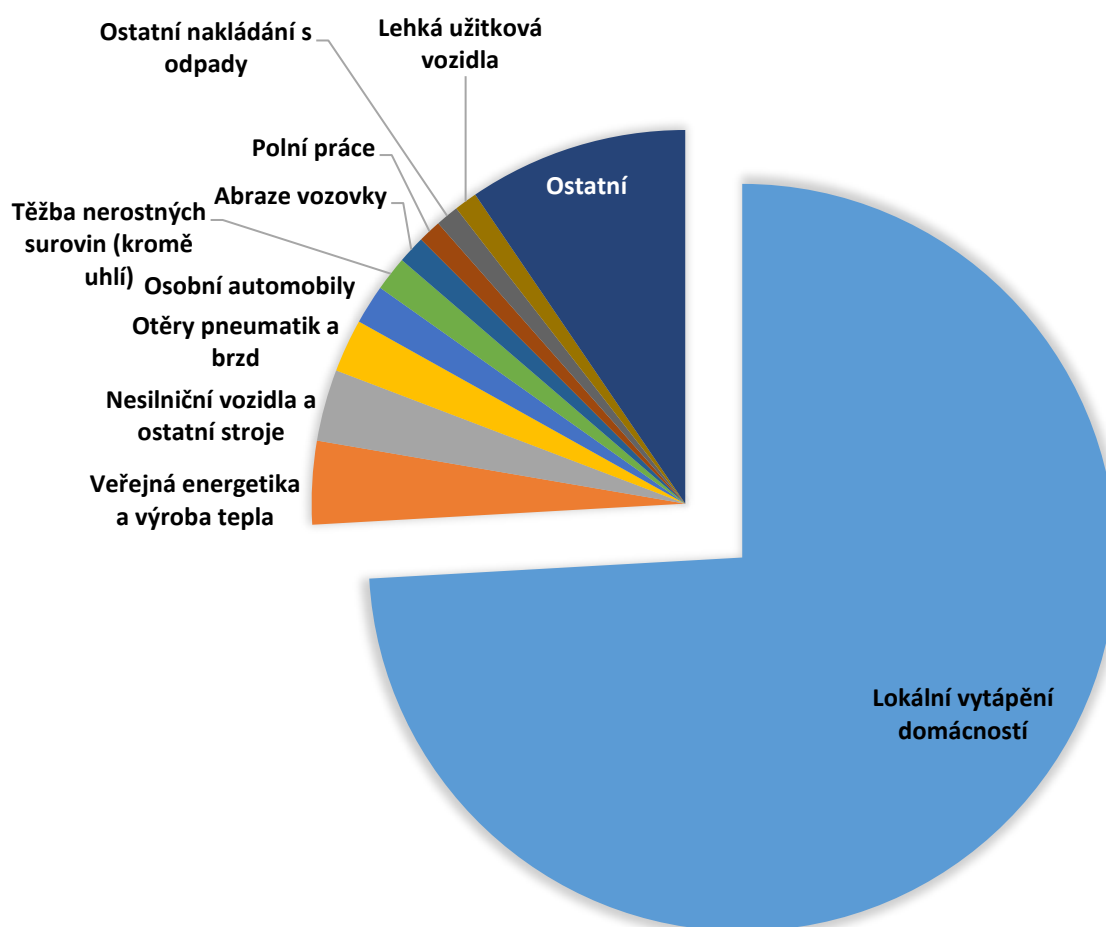
- koncentrační růžice ukazují, že nejvyšší koncentrace  $PM_{10}$  byly v období září 2018 až únor 2019 zaznamenány **při jihovýchodním proudění**, což odpovídá poloze přiléhající dopravní komunikace. Významnou složkou emisí z dopravy je **resuspenze**. Je vysoce pravděpodobné (jak následně potvrdila i mikroskopická analýza), že za vysoké koncentrace mohla právě **vysoká intenzita dopravy** spolu s velkým množstvím prachových částic usazených na vozovce ze **stavebních prací**, které byly vozy znovu vířeny do ovzduší.
- vážená koncentrační růžice ukazuje na fakt, že na dlouhodobém průměru se nejvíce podílí severozápadní směr a směr jihovýchodní. Podíl severozápadního směru souvisí s faktem, že se jedná o dominantní směr větru v dané lokalitě a proto se podíl kumuluje.
- anulární růžice ukazující rozložení koncentrací během dne ukazuje **nejvyšší hodnoty během dne** (přibližně od momentu začátku ranní špičky do zhruba 15 h) **při jihovýchodním proudění**.
- ve srovnání s dlouhodobým stavem byl **zaznamenán větší rozdíl mezi koncentracemi  $PM_{10}$  ve v pracovní dny a víkendy**. Nejvyšší koncentrace byly naměřeny vždy v pracovní den.
- ve srovnání s dlouhodobým průměrem došlo k **nejvýraznějšímu nárůstu (přibližně 30%) v denní dobu**, naopak přibližně od 22 do 4 h byly koncentrace téměř totožné s 5letým průměrem a dokonce nižší, než je průměr 10letý.



## SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM<sub>2,5</sub>

Suspendované částice PM<sub>2,5</sub> představují chemicky různorodou směs organických a anorganických částic, jejichž společným znakem je aerodynamický průměr do 2,5 μm. Jedná se tedy o částice menší, a tedy zdravotně potenciálně rizikovější, jelikož pronikají hlouběji do dýchacího systému, navíc vzhledem ke své nižší váze můžou v ovzduší setrvávat déle, či se snadněji šířit na větší vzdálenosti. Zdrojem částic této frakce jsou velmi často spalovací procesy.

Téměř tři čtvrtiny (74,1 %) emisí PM<sub>2,5</sub> v České republice pochází z lokálního vytápění domácností. Dalšími významnými, avšak řádově méně zastoupenými kategoriemi zdrojů jsou veřejná energetika a výroba tepla (3,6 %), zemědělství, lesnictví a rybolov (3,1 %) či silniční doprava (otěry pneumatik a brzd, 2,3 %). Osobní automobily přispívají 1,7 %. Tato čísla jsou platná pro Českou republiku jako celek, v dílčích oblastech, například ve městech, bude toto zastoupení samozřejmě odlišné. Lokální vytápění domácností je problémem zejména v menších obcích, naopak automobilová doprava bude mít výraznější zastoupení ve městech.

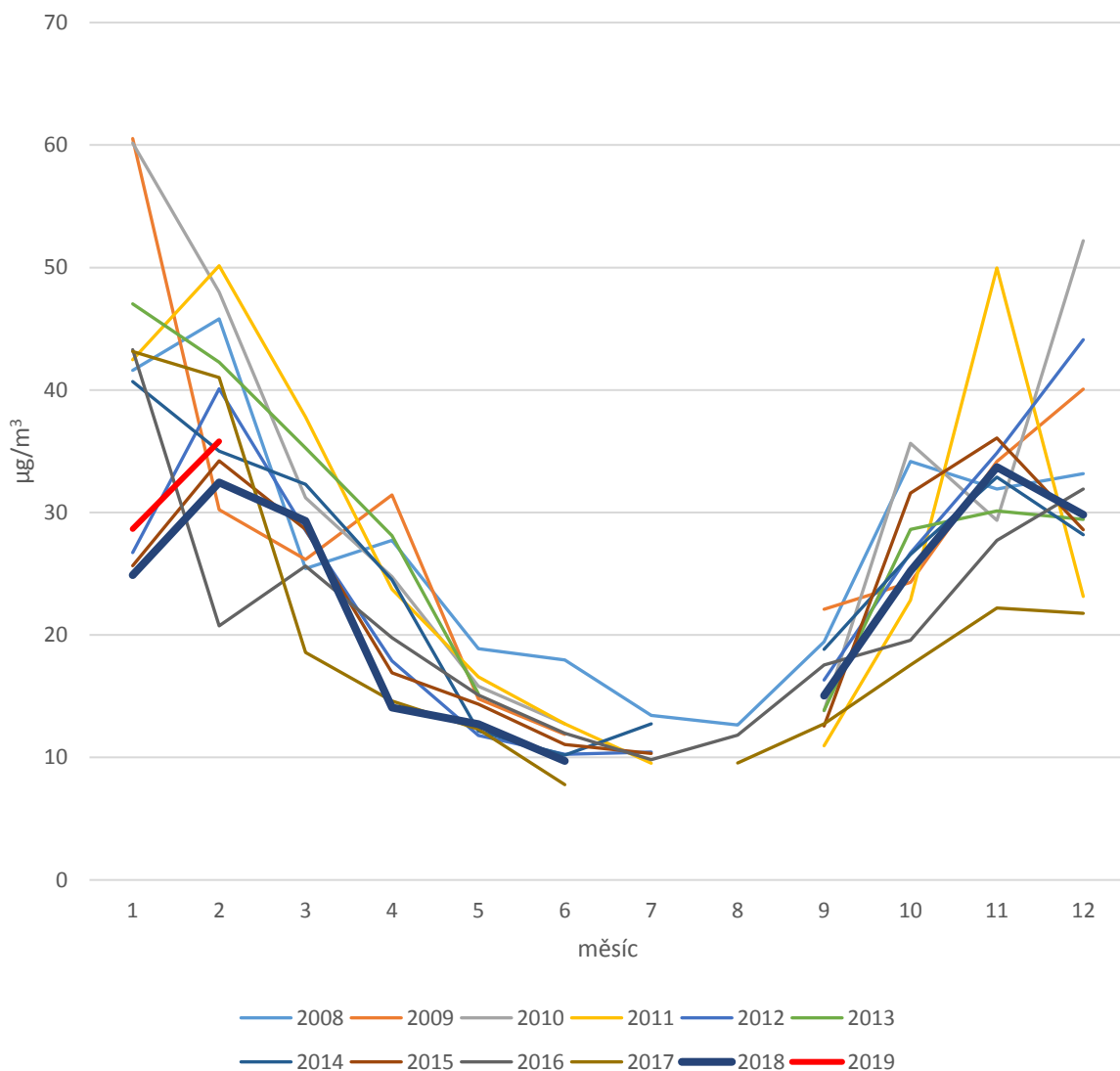


Obrázek 59 - podíl sektorů NFR na celkových emisích PM<sub>2,5</sub> v České republice, rok 2016

Pro tuto velikostní frakci částic není stanoven 24h imisní limit, ale pouze limit roční. Ten má hodnotu  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V roce 2020 bude tento limit snížen na  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a Světová zdravotnická organizace (World Health Organization, WHO) doporučuje koncentrace v ročním průměru maximálně  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## POPIS SITUACE

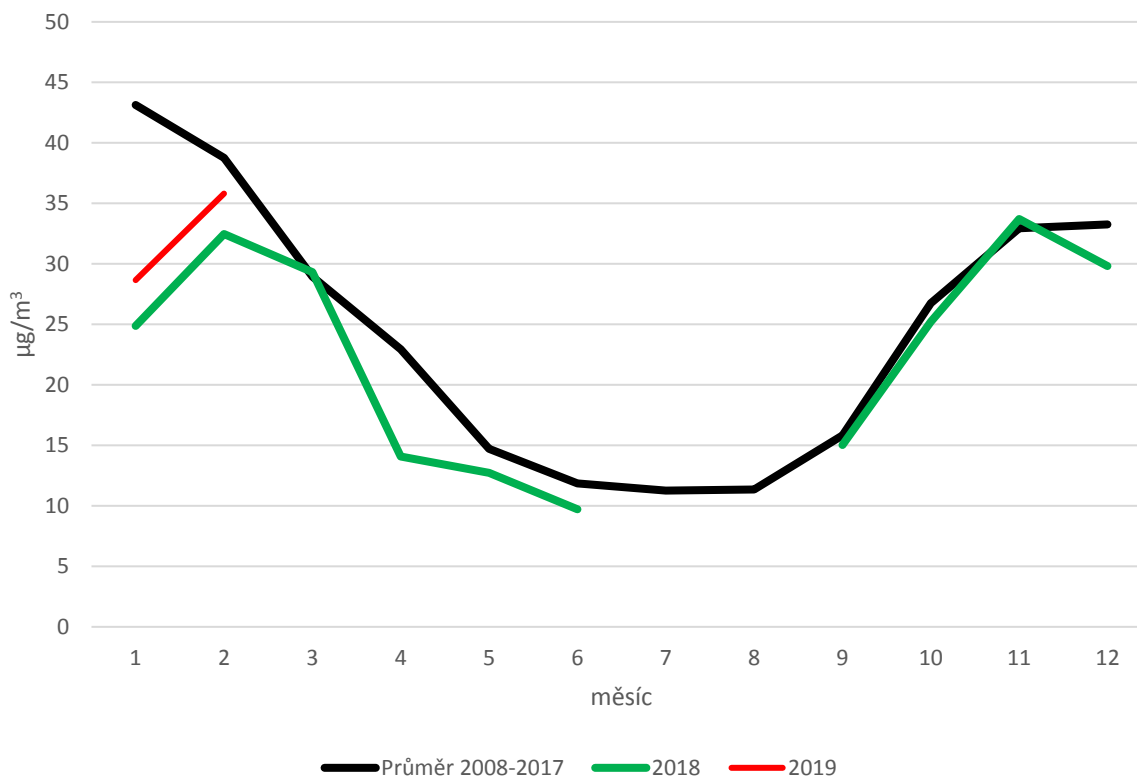
Zdrojem suspendovaných částic  $\text{PM}_{2,5}$  jsou spíše spalovací procesy, zatímco  $\text{PM}_{10}$  často vznikají mechanicky. Následující graf ukazuje průměrné měsíční koncentrace  $\text{PM}_{2,5}$  na stanici Brno-Zvonařka za celé období, kdy tato stanice tuto frakci měří, tedy od roku 2008 do února 2019.



Obrázek 60 – průměrné měsíční koncentrace suspendovaných částic  $\text{PM}_{2,5}$  na stanici Brno-Zvonařka, 2008 až únor 2019

V grafu je červeně zvýrazněn rok 2019 a tučnou černou čarou rok 2018. Je vidět, že období leden 2018 až únor 2019 patřilo po stránce koncentrací  $\text{PM}_{2,5}$  k obdobím relativně dobrým. Pokud se podíváme například na měsíc leden, je k dispozici dvanáct měsíčních průměrů. V lednu 2019 byla

měsíční průměrná koncentrace  $PM_{2,5}$  čtvrtá nejnižší, s tím, že od nejnižšího průměru ji dělily necelé  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Lepší srovnání s dlouhodobým stavem poskytuje níže uvedený graf, kde je zobrazen desetiletý průměr 2008-2017 a data za rok 2018 a 2019.



Obrázek 61 – průměrné měsíční koncentrace částic  $PM_{2,5}$  na stanici Brno-Zvonařka jako desetiletý průměr 2008-2017, rok 2018 a rok 2019.

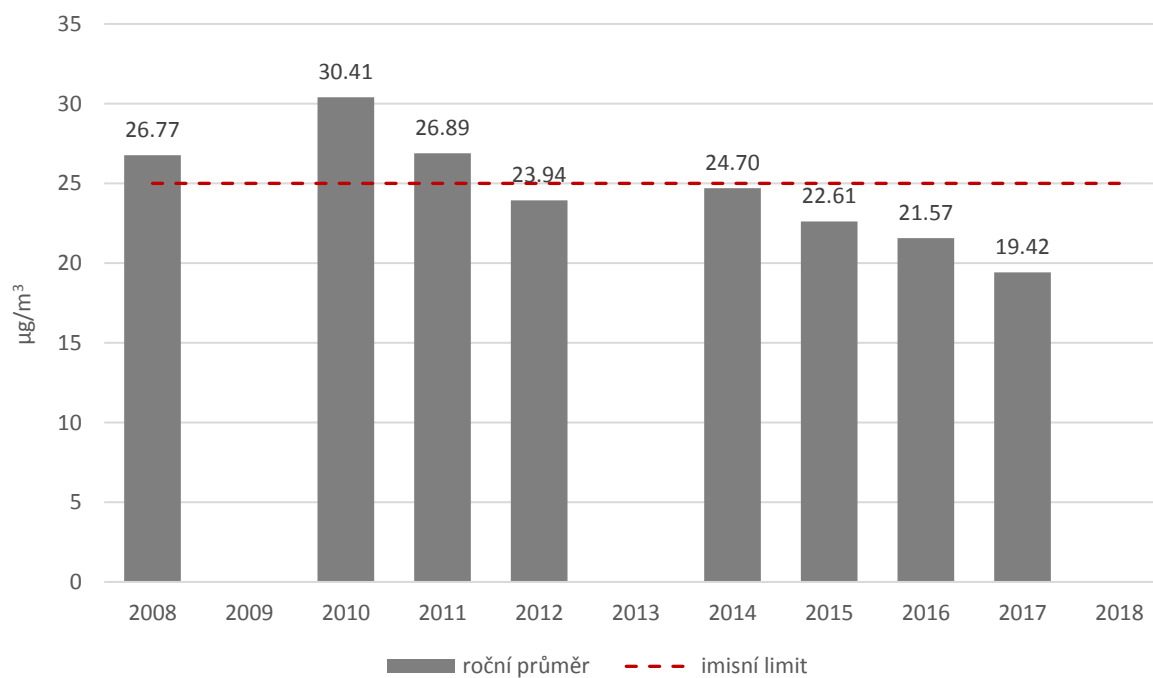
Z grafu vidíme, že období od září do prosince 2018 bylo průměrné, začátek roku 2019 byl průměr nižší, než je průměr 2008-2017. Pokud bychom spočítali pouze pětiletý průměr, tedy srovnání ledna a února 2019 s průměrem 2014-2018, bude leden opět podprůměrný a únor velmi slabě nadprůměrný.

Tabulka 18 – průměrné měsíční koncentrace suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> na stanici Brno-Zvonařka, 2008 až únor 2019, v µg/m<sup>3</sup>.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2008	41.61	45.81	25.43	27.73	18.88	17.95	13.44	12.65	19.45	34.17	31.92	33.17
2009	60.53	30.24	26.18	31.44	14.80	11.88			22.10	24.30	34.16	40.07
2010	60.16	47.99	31.20	24.77	15.82	12.75			13.82	35.65	29.37	52.18
2011	42.49	50.15	37.80	23.73	16.58	12.75	9.53		10.95	22.83	49.96	23.16
2012	26.72	40.10	28.51	17.87	11.81	10.26	10.46		16.31	26.70	34.86	44.11
2013	47.04	42.26	35.27	28.11	15.20		12.49		13.85	28.61	30.14	29.44
2014	40.69	35.02	32.30	24.51	12.16	10.19	12.76		18.83	26.58	32.89	28.18
2015	25.66	34.22	28.62	16.92	14.35	11.06	10.33		12.57	31.59	36.08	28.60
2016	43.29	20.74	25.62	19.78	15.10	11.97	9.82	11.83	17.56	19.56	27.73	31.92
2017	43.14	41.01	18.57	14.62	12.30	7.78		9.56	12.74	17.54	22.20	21.77
2018	24.88	32.47	29.31	14.08	12.72	9.72			15.04	25.23	33.71	29.81
2008	28.66	35.81										

Z tabulky výše je opět vidět jasný roční chod, s vyššími hodnotami v chladném období a nejnižšími v létě. Opět to souvisí se zdroji a meteorologickými podmínkami.

Na rozdíl od suspendovaných částic PM<sub>10</sub> nemá frakce PM<sub>2,5</sub> stanoven 24h imisní limit, ale pouze imisní limit roční. Ten má hodnotu 25 µg/m<sup>3</sup> a od roku 2020 bude legislativně snižován na 20 µg/m<sup>3</sup>.



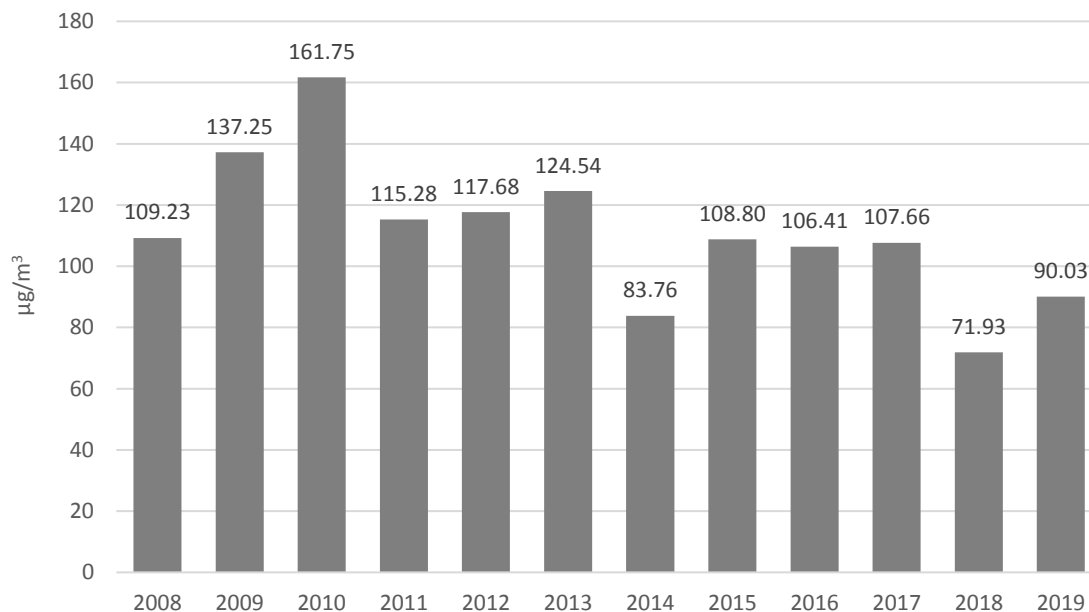
Obrázek 62 – průměrné roční koncentrace suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> na stanici Brno-Zvonařka, 2008-2018.

Z grafu průměrných ročních koncentrací je vidět, že byl především v minulosti imisní limit překračován (2008, 2010, 2011). Od roku 2014 se tak již nestalo<sup>5</sup>, zatím nejnižší roční průměr byl zaznamenán v roce 2017 a to i přesto, že byly tento rok na počátku roku v lednu a únor velmi nepříznivé rozptylové podmínky a s tím souviselo vyhlášení smogových situací. Za rok 2018 není roční průměr dostupný, můžeme však provést srovnání s rokem 2017 tak, že vyloučíme z průměru měsíce červenec a srpen. Dojde tím sice ke zkreslení a zvýšení celkového průměru, avšak je pak možné srovnávat. V roce 2017 byl průměr ze zbývajících 10 měsíců  $21,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Stejně období o rok později, tedy 2018 mělo průměr  $22,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pokud bychom průměrovali pouze prvních 6 měsíců, bez zahrnutí období září až prosinec, byl by průměr v roce 2017  $22,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , v roce 2018 pouze  $20,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Listopad 2018 byl měsícem s nejvyšší průměrnou měsíční koncentrací  $\text{PM}_{2,5}$  na Zvonařce. WHO doporučuje roční průměrné koncentrace  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tento limit stanice Brno-Zvonařka nespĺnila ani jednou a lze s jistotou říci, že jej nespĺnila ani v letech s chybějícími daty. Je však nutné podotknout, že tento limit by nespĺnila naprostá většina stanic imisního monitoringu v České republice, včetně venkovských pozadřových. Nejnovější kompletně verifikovaná data jsou aktuálně z roku 2017. Tento rok byly v ČR pouze 3 stanice ze 79, které měly průměrnou roční koncentraci  $\text{PM}_{2,5}$  pod  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Z těchto 79 stanic byla při seřazení od nejvyššího ročního průměru po nejnižší, Zvonařka na 30. místě, je však nutné vzít v potaz, že jsou v tomto seznamu zahrnuty všechny typy stanic, tedy i stanice pozadřové.

Následující graf ukazuje absolutně maximální denní koncentraci  $\text{PM}_{2,5}$  v jednotlivých letech. V případě roku 2019 je do hodnocení zahrnut pouze leden a únor.

---

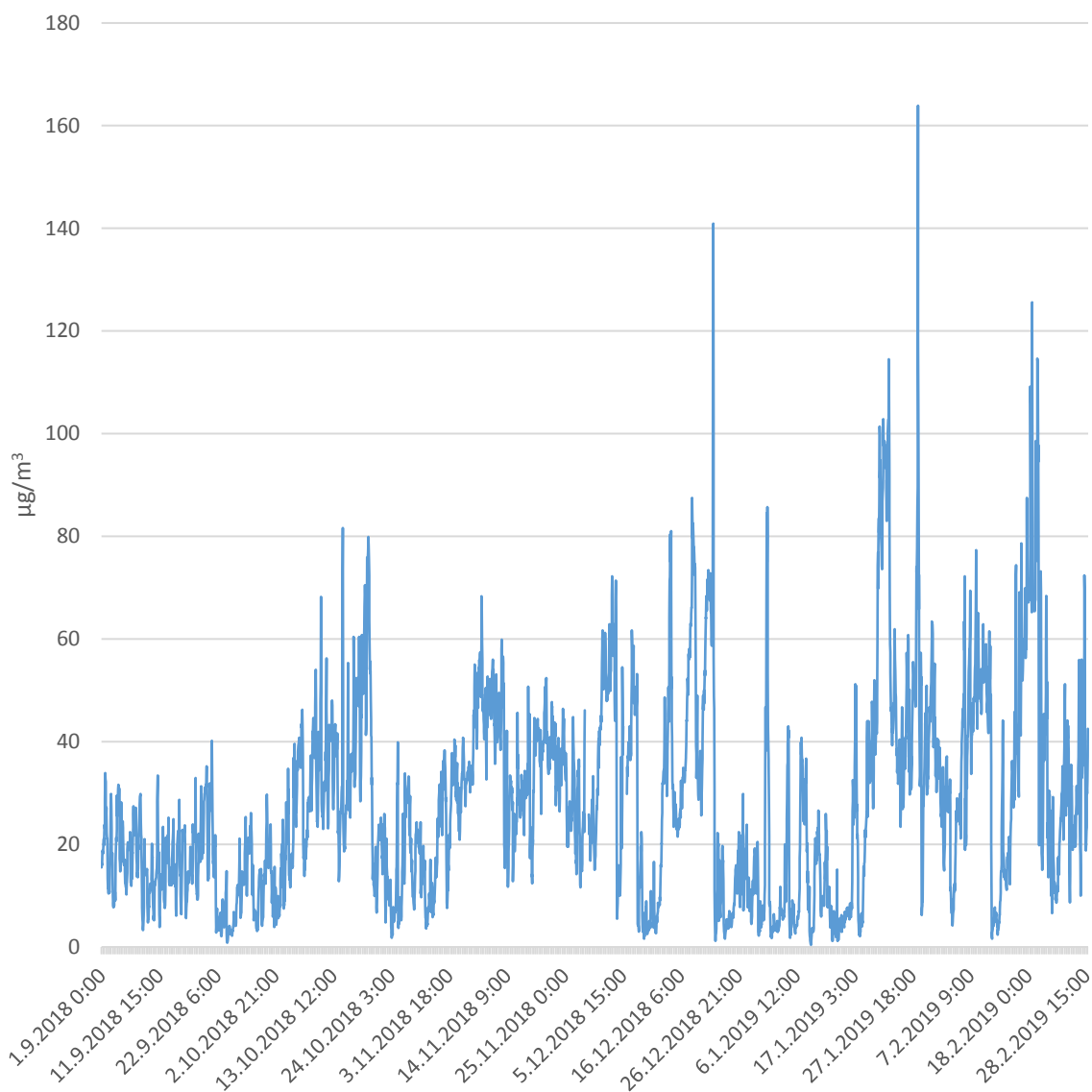
<sup>5</sup> pro rok 2009, 2013 a 2018 nejsou dostupné roční průměry z důvodu nesplnění požadavku na podíl dostupných dat (alespoň 90 %).



Obrázek 63 - maximální denní koncentrace PM<sub>2,5</sub> na stanici Brno-Zvonařka v jednotlivé roky. Pro rok 2019 jsou zahrnuty pouze měsíce leden a únor.

Z grafu je patrné, že v roce 2018 byla zaznamenána nejnižší maximální denní koncentrace PM<sub>2,5</sub>. Hodnota 71,93 µg/m<sup>3</sup> v denním průměru byla na stanici pozorována 21. prosince 2018. Průměrná denní koncentrace PM<sub>10</sub> ve stejný den byla 91,10 µg/m<sup>3</sup>. V roce 2019 již byla zaznamenána během ledna a února hodnota vyšší. Zatím nejvyšší průměrná denní koncentrace PM<sub>2,5</sub> v roce 2019 (leden + únor) byla zaznamenána 22. ledna 2019. Tento den je detailně analyzován v další části této zprávy, jednalo se o den s obecně velmi špatnou kvalitou ovzduší v celé východní části České republiky, kdy v Moravskoslezském, Zlínském a Olomouckém kraji byly vyhlášeny smogové situace či regulace. V Jihomoravském kraji tomu tak nebylo, ale koncentrace (12h průměry) se na reprezentativních stanicích (Brno-Zvonařka k nim nepatří, jelikož má reprezentativnost velmi malou) pohybovaly těsně kolem informativní prahové hodnoty k vyhlášení smogové situace.

Na grafu níže je kompletní přehled hodinových koncentrací PM<sub>2,5</sub> od září 2018 do února 2019.



Obrázek 64 - průběh hodinových koncentrací  $PM_{2,5}$  na stanici Brno-Zvonařka v období od 1. září 2018 do 28. února 2019.

Z grafu je patrné, že na začátku období byly koncentrace  $PM_{2,5}$  relativně nízké, jednalo se o ještě relativně teplou část roku. Zvýšení přišlo kolem prvního říjnového týdne. Vidět je také horší situace v únoru 2019 ve srovnání s lednem téhož roku.

Od 1. ledna 2019 jsou denní průměrné koncentrace počítány jiným způsobem (00:00-00:00 UTC místo původních 06:00-06:00). Za účelem srovnání byly vypočítány denní průměry a maxima všechny z intervalu 00:00-00:00.

Data byla následně agregována a zprůměrována následovně: pro měsíce září-prosinec byl vypočítán průměr a maximum z období 2008-2017 pro každý kalendářní den a tato data srovnána s denními průměry a maximy v roce 2018. U ledna a února byl spočítán průměr a maximum pro každý

kalendářní den z období 2008-2018 a následně srovnáno s denními průměry a maximy z ledna a února 2019. Tímto způsobem lze určit, které kalendářní dny byly v období září 2018 až únor 2019 nadprůměrné a podprůměrné co se týče koncentrací PM<sub>2,5</sub> a zároveň lze vyhledat dny, kdy byla naměřena absolutně nejvyšší koncentrace PM<sub>2,5</sub> pro daný kalendářní den od roku 2008.

Celé období září 2018 až únor 2019 mělo 181 dní. Z těchto 181 vyšlo výše uvedenou metodikou 68 dní jako dny s nadprůměrným denním průměrem ve srovnání s dlouhodobým průměrem pro daný kalendářní den, tedy 37,6 % dní. Zbytek dní byly koncentrace PM<sub>2,5</sub> pod průměrem. Co se týče historických maxim pro konkrétní kalendářní den, bylo zaznamenáno celkem 12 dní, kdy denní maximum v období září 2018 až únor 2019 byla koncentrace absolutním maximem pro daný kalendářní den (6,6 %).

Tabulka 19 – počet dní v období září 2018 až únor 2019, kdy byly koncentrace PM<sub>2,5</sub> nadprůměrné a počet dní, kdy byla v tomto období v konkrétní kalendářní den naměřena maximální koncentrace PM<sub>2,5</sub>.

	nadprůměrné dny		dny s historickým maximem	
<b>září 2018</b>	14	46.67 %	2	6.67 %
<b>říjen 2018</b>	16	51.61 %	4	12.90 %
<b>listopad 2018</b>	12	40.00 %	1	3.33 %
<b>prosinec 2018</b>	11	35.48 %	2	6.45 %
<b>leden 2019</b>	5	16.13 %	2	6.45 %
<b>únor 2019</b>	10	35.71 %	1	3.57 %
<b>celkem</b>	<b>68</b>	<b>37,57 %</b>	<b>12</b>	<b>6,63 %</b>

Níže je uveden přehled dní, kdy bylo pozorováno historické maximum pro daný kalendářní den v období září 2018 až únor 2019.

Tabulka 20 - přehled dní, ve kterých bylo v období od 1. září 2018 do 28. února 2019 naměřeno historické maximum koncentrace PM<sub>2,5</sub> (od 1. 1. 2008) pro daný kalendářní den (v časové řadě od roku 2008). Uvedeno je původní maximum, nové maximum a rozdíl v absolutní hodnotě (µg/m<sup>3</sup>) a procentuálně.

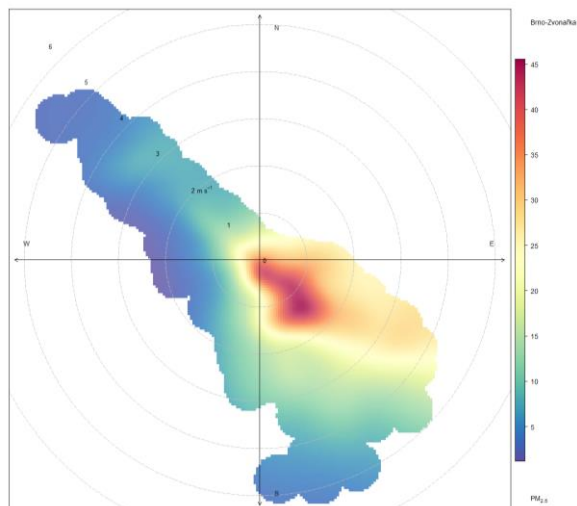
Den	původní maximum [µg/m <sup>3</sup> ]	nové maximum [µg/m <sup>3</sup> ]	rozdíl [µg/m <sup>3</sup> ]	rozdíl [%]
<b>1. 9.</b>	33,1	33,9	0,8	102,4
<b>21. 9.</b>	37,2	40,2	3,0	108,0
<b>15. 10.</b>	70	81,6	11,6	116,6
<b>17. 10.</b>	55,6	60,4	4,8	108,6
<b>18. 10.</b>	57	60,8	3,8	106,7



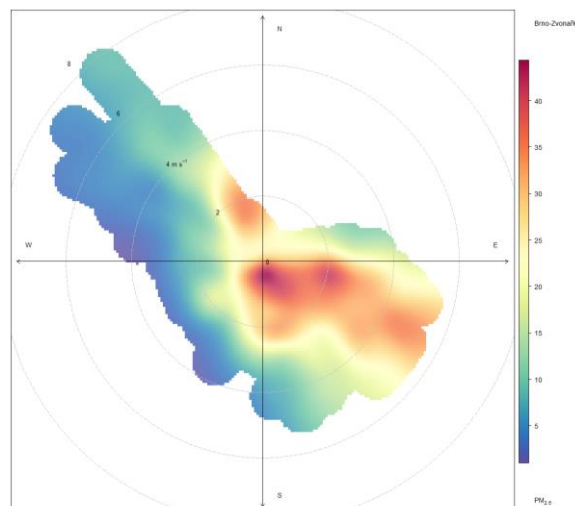
Den	původní maximum	nové maximum	rozdíl	
	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[%]
19. 10.	67,3	79,9	12,6	118,7
11. 11.	48,5	56	7,5	115,5
14. 12.	76,0	81,0	5,0	106,6
22. 12.	94,1	140,9	46,8	149,7
21. 1.	90,6	101,4	10,8	111,9
28. 1.	154,6	163,9	9,3	106,0
18. 2.	106,1	125,6	19,5	118,4

V daném období bylo zaznamenáno 12 historických maxim během 181 dní. To odpovídá 6,63 %. Data jsou k dispozici za 11-12 let (podle měsíce), z čistě statistického hlediska by tak v tomto období mělo být přibližně 8 až 9 % maxim. Pokud vezmeme v potaz obecně klesající trend koncentrací  $\text{PM}_{2,5}$  od roku 2008, lze považovat 6,63 % maxim jako očekávaný a nijak nevybočující stav. Navíc nejsou nová maxima výrazněji odlišná od původních. U poloviny nových maxim je to o méně než 10 % více, než bylo původní, pouze u jednoho dne, 22. prosince, je nové maximum o přibližně polovinu vyšší než původní. Pokud tuto tabulku srovnáme s totožnou tabulkou v předchozí části věnované částicím  $\text{PM}_{10}$ , je zde velmi významný rozdíl (u  $\text{PM}_{10}$  to byla téměř čtvrtina dní, kdy bylo zaznamenáno historické maximum a u některých dní bylo nové maximum i více než čtyřnásobkem původního).

Následující koncentrační růžice ukazují závislost mezi koncentracemi  $\text{PM}_{2,5}$  a rychlostí a směrem větru. Jedna je zkonstruována pro periodu září 2018 až únor 2019, druhá pro totožnou dobu v roce (září až únor), jako agregace let 2008 až 2017.



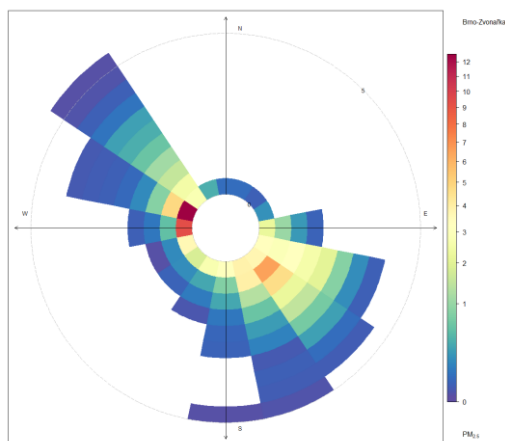
Obrázek 65 – koncentrační růžice závislosti koncentrace  $PM_{2,5}$  na směru a rychlosti větru za období září 2018 až únor 2019 na stanici Brno-Zvonařka.



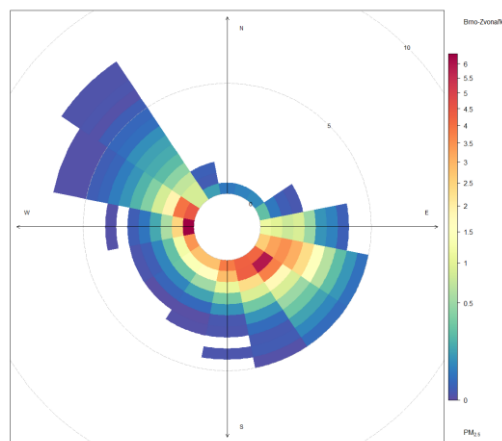
Obrázek 66 - koncentrační růžice závislosti koncentrace  $PM_{2,5}$  na směru a rychlosti větru za období 2008 až 2017 (pouze měsíce září až únor).

Obě růžice jsou si relativně podobné, a to jak v závislosti na směru, tak ve škále barev. U dlouhodobé růžice vidíme vyšší znečištění i při vyšších rychlostech z jihovýchodu. To ale vychází ze statistického hlediska analýzy delšího období, kde se logicky vyskytuje více případů vyšších rychlostí větru.

Další podstatnou informací je srovnání vážených koncentračních růžic za stejná dvě období.



Obrázek 67 – vážená koncentrační růžice závislosti koncentrace  $PM_{2,5}$  na směru a rychlosti větru za období září 2018 až únor 2019 na stanici Brno-Zvonařka.

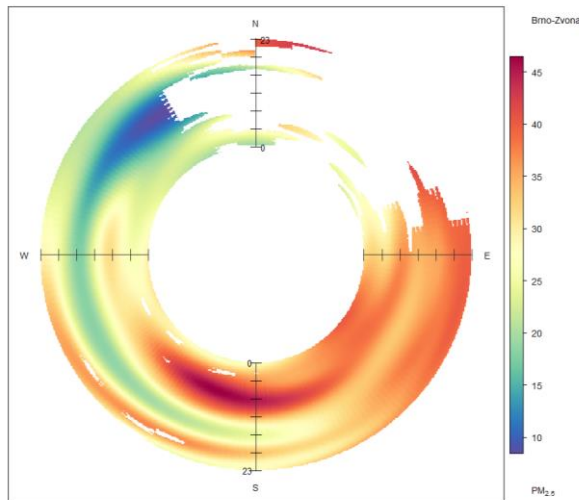


Obrázek 68 – vážená koncentrační růžice závislosti koncentrace  $PM_{2,5}$  na směru a rychlosti větru za období 2008 až 2017 (pouze měsíce září až únor).

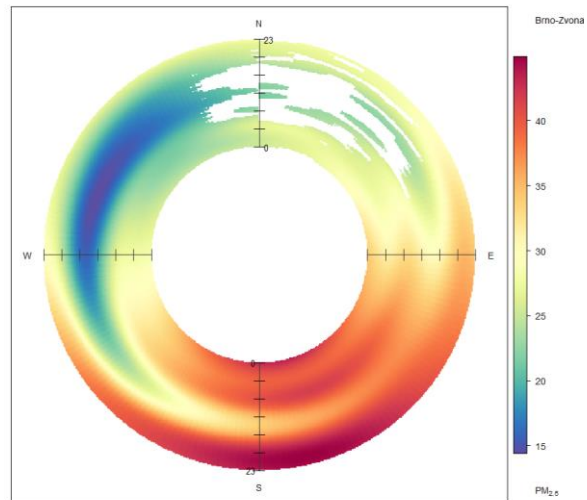
Obě růžice vykazují podobný charakter až na jihovýchodní směr. Růžice vpravo, reprezentující agregaci za delší období je více rozložená do prostoru, což je logické a pramení ze statisticky většího počtu případů s vyššími rychlostmi větru a větším počtu kombinací směru a rychlosti větru. U

dlouhodobé růžice je vidět větší podíl jihovýchodního směru. To je však dáno i faktem, že jak je vidět z větrných růžic ze severozápadu foukalo v období září 2018 až únor 2019 více, než je zde obvyklé.

Následující anulární koncentrační růžice ukazuje vztah mezi hodinou dne, směrem a rychlostí větru.



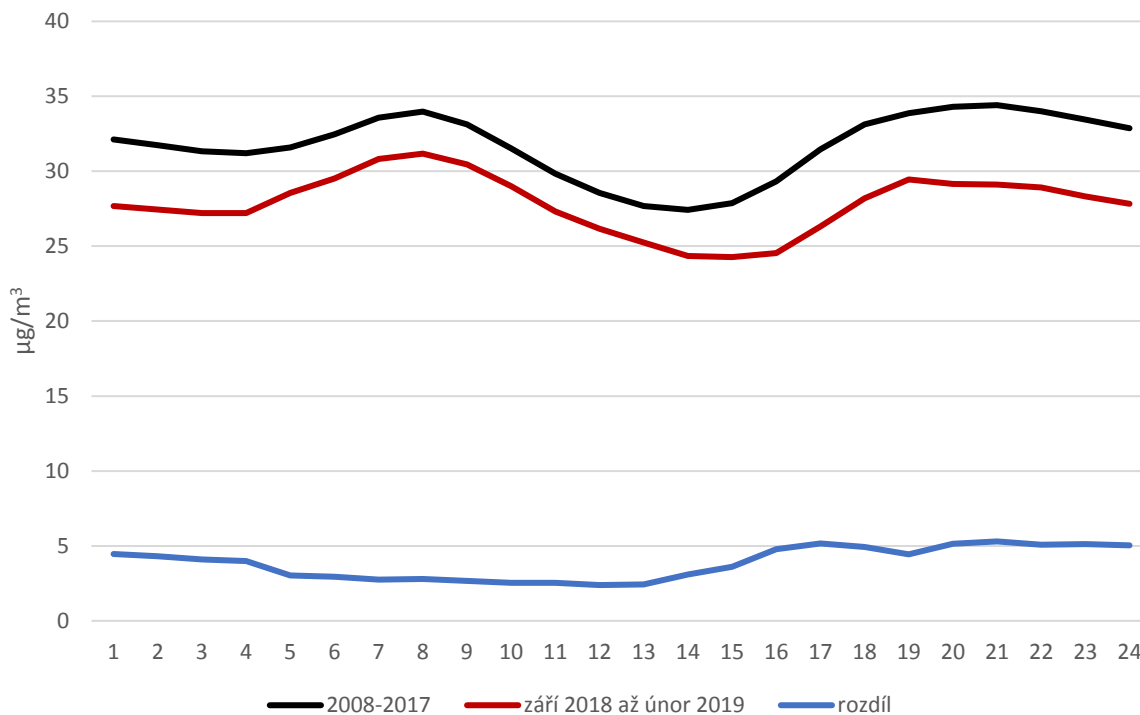
Obrázek 69 – anulární koncentrační růžice, zobrazující vztah mezi koncentrací suspendovaných částic  $PM_{2,5}$ , směrem větru a denní hodinou. Na vnějším okraji růžice jsou večerní hodiny, u středu růžice ranní. Stanice Brno-Zvonařka, září 2018 až únor 2019. Hodiny odpovídají UTC času a jsou započítány časové posuny kvůli letnímu a zimnímu času.



Obrázek 70 – anulární koncentrační růžice, zobrazující vztah mezi koncentrací suspendovaných částic  $PM_{2,5}$ , směrem větru a denní hodinou. Na vnějším okraji růžice jsou večerní hodiny, u středu růžice ranní. Stanice Brno-Zvonařka, 2008 až 2017 (pouze měsíce září až únor). Hodiny odpovídají UTC času a jsou započítány časové posuny kvůli letnímu a zimnímu času.

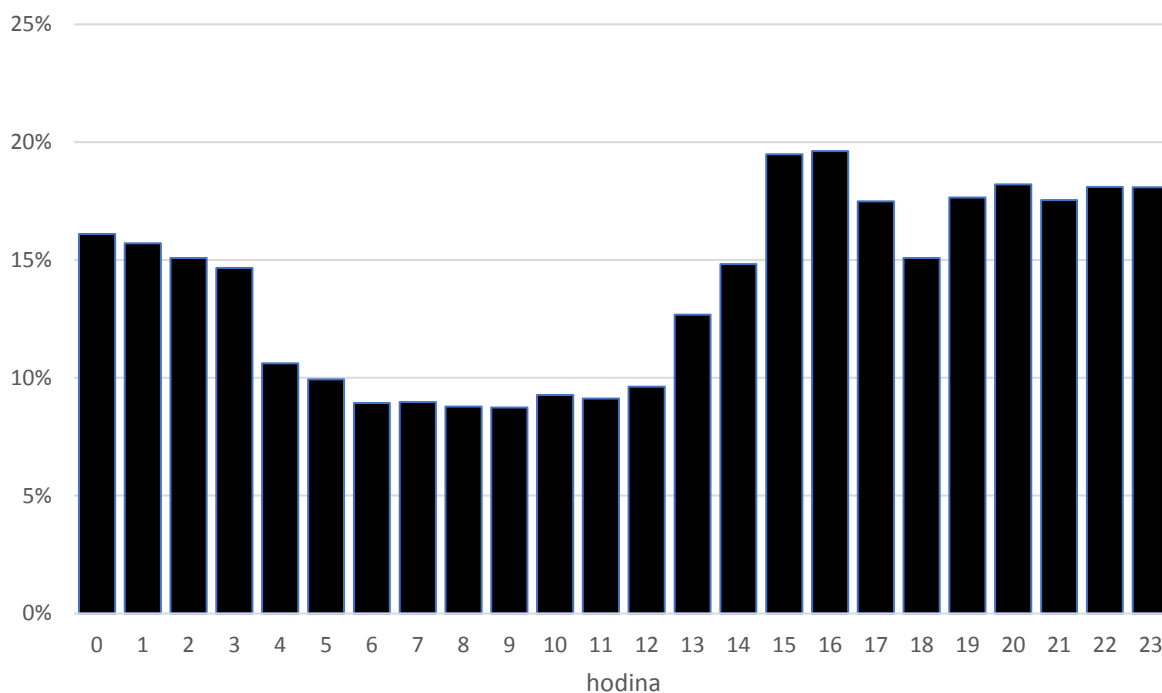
Jak je možné vidět ze srovnání růžic, mají podobnou škálu. U růžice z půlročního období září 2018 až únor 2019 je možné vidět výraznější nárůst v ranních a dopoledních hodinách v jihozápadním směru. U dlouhodobé růžice za stejné měsíce 2008 až 2017 je vidět vysoká koncentrace především v pozdních večerních hodinách z jihovýchodu. Celkově je u dlouhodobější růžice patrné rovnoměrnější rozložení hodnot během dne v jihovýchodním směru.

Následující graf ukazuje denní chod koncentrací v období září 2018 až únor 2019 a stejnou roční dobu jako desetiletý průměr 2008 až 2017.



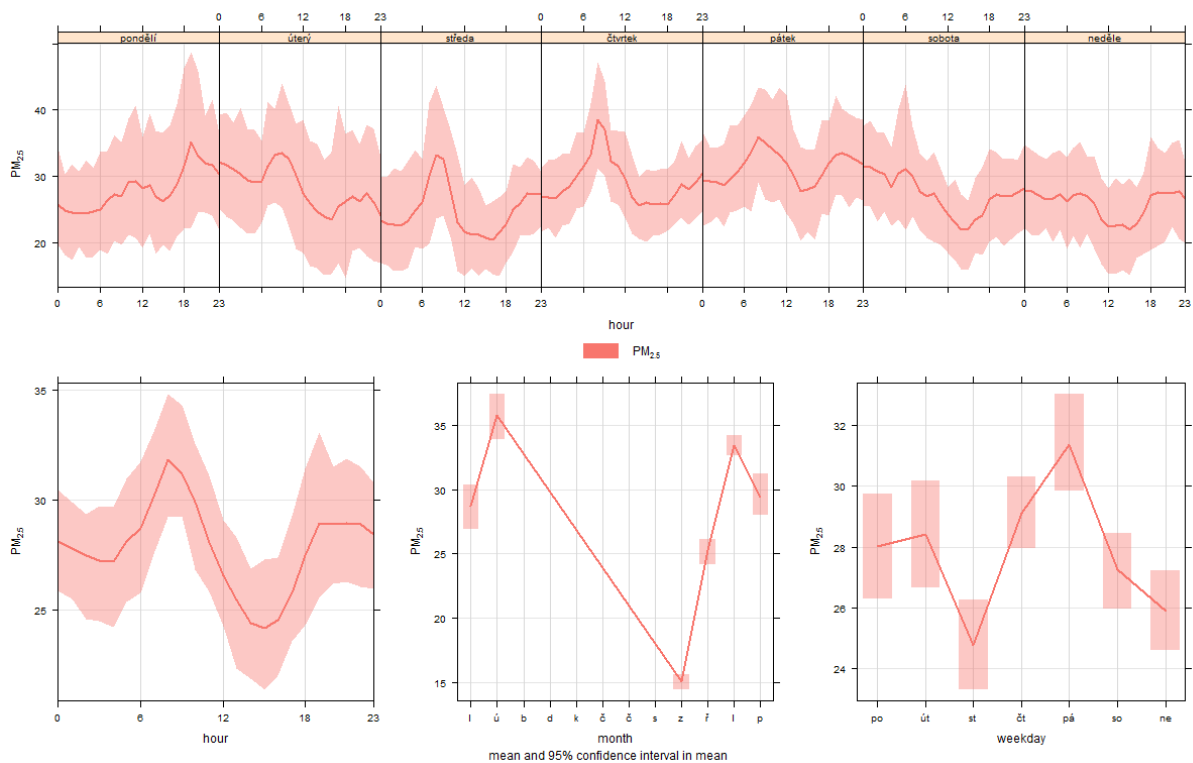
Obrázek 71 – průměrné koncentrace v jednotlivé hodiny dne. Srovnání září 2018 až únor 2019 s obdobím září až únor, průměr z deseti let 2008-2017. Hodiny jsou v UTC.

Ze srovnání je vidět, že byly koncentrace v období září 2018 až únor 2019 obecně nižší, denní chod jako takový se však příliš nezměnil. Koncentrace stoupají v ranních hodinách, klesají kolem poledne, následně znovu stoupají odpoledne a od večera do rána klesají. Rozdíl vyjadřuje modrá linie, níže uvedený graf jej pak popisuje procentuálně, je vidět, že koncentrace  $PM_{2,5}$  byly v daném období o 10 až 20 % nižší, než je hodnota dlouhodobého průměru pro danou hodinu.

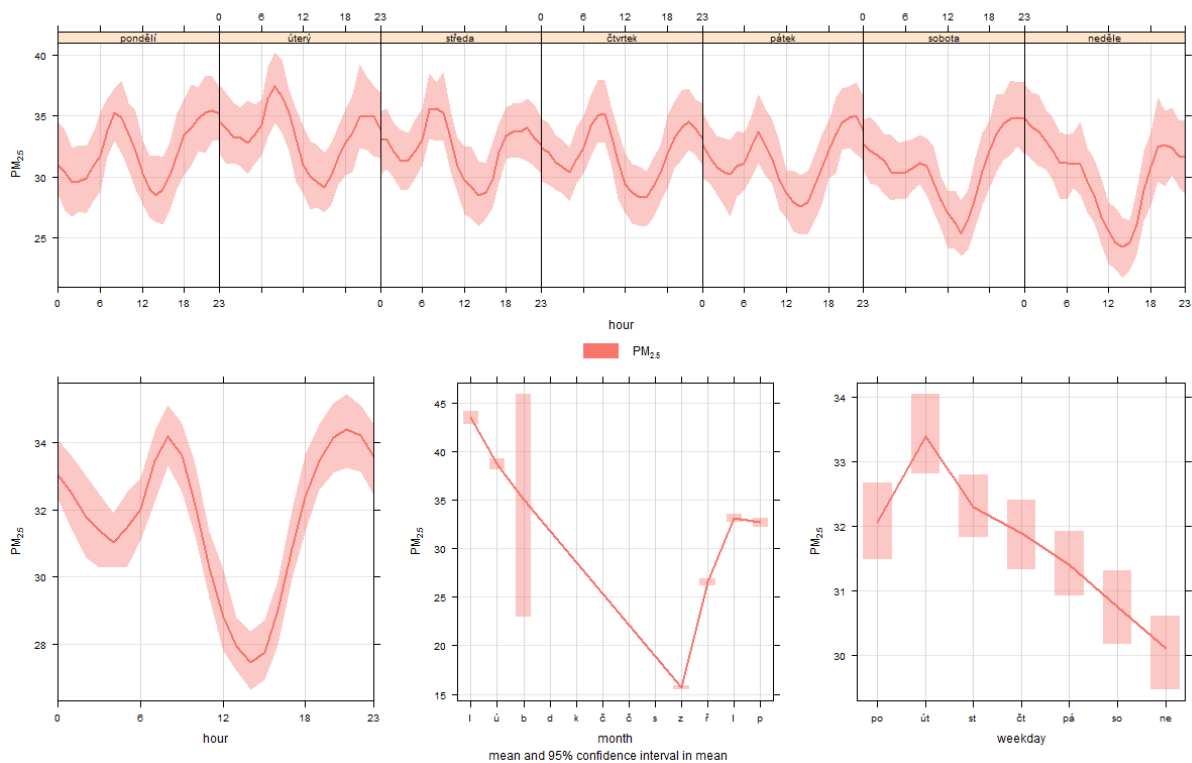


Obrázek 72 – procentuální rozdíl mezi hodinovými koncentracemi září až únor jako průměr 2008-2017 a obdobím září 2018 až únor 2019.

Následující souhrnné grafy ilustrují měsíční, denní a týdenní chod koncentrací  $PM_{2,5}$  na stanici. První graf představuje období září 2018 až únor 2019, druhý graf stejnou roční dobu jako desetiletý průměr 2008 až 2017.



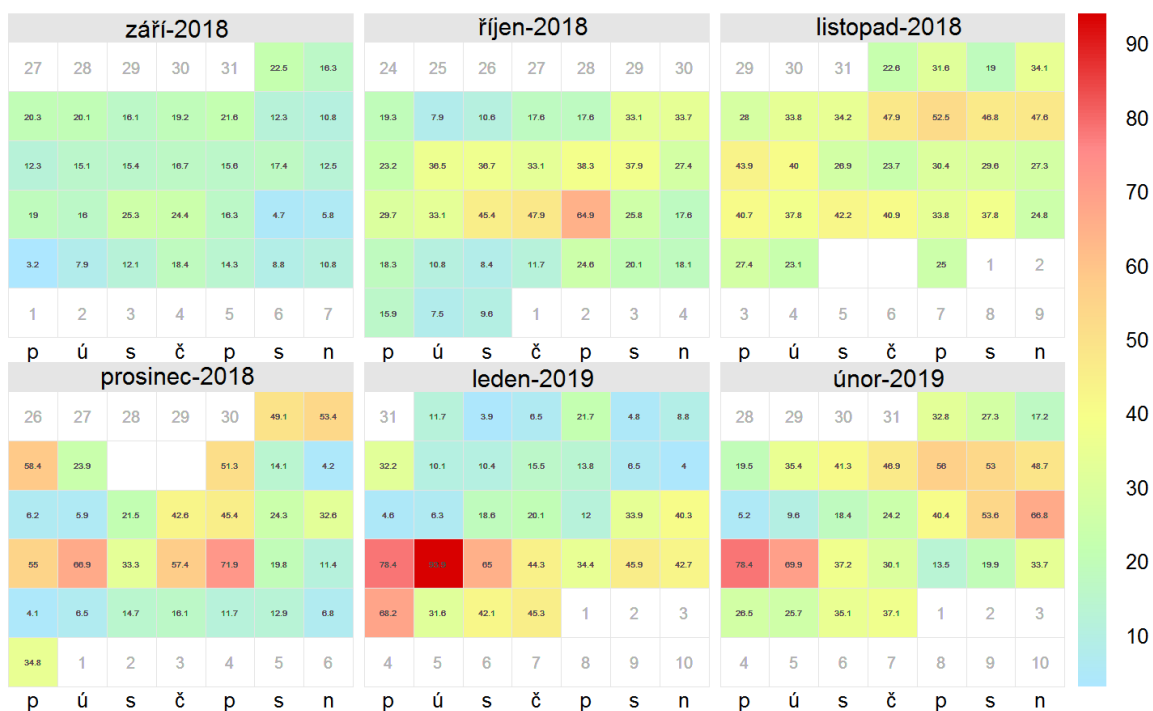
Obrázek 73 - průměrný týdenní hodinový chod koncentrací PM<sub>2,5</sub> (nahore), průměrný denní chod koncentrací PM<sub>10</sub> (vlevo dole), průměrný roční chod koncentrací PM<sub>2,5</sub> (dole uprostřed) a průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> v jednotlivé dny v týdnu (vpravo dole). Vypočteno za období září 2018 až únor 2019. Stanice Brno-Zvonařka. Čas v UTC.



Obrázek 74 - průměrný týdenní hodinový chod koncentrací PM<sub>2,5</sub> (nahore), průměrný denní chod koncentrací PM<sub>2,5</sub> (vlevo dole), průměrný roční chod koncentrací PM<sub>2,5</sub> (dole uprostřed) a průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> v jednotlivé dny v týdnu (vpravo dole). Vypočteno za období září až únor 2008 až 2017. Stanice Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

U grafu za období září 2018 až únor 2019 je výrazně odlišný především graf zcela vpravo dole, který ilustruje průměry pro jednotlivé dny v týdnu. V grafu vyčnívá neobvykle nízký průměr ve středu, který je nižší, než oba víkendové dny. Osa Y nezačíná na 0 pro zvýraznění rozdílů. U dlouhodobého průměru na grafu pod ním již se projevuje nejnižší koncentrace o víkendu. Otázkou zůstává, jak tento zvláštní trend vysvětlit. Pravděpodobně se však jedná pouze o shodu náhod. Šestiměsíční období není příliš dlouhé, tedy není příliš dní, které se do průměru započítávají a jeden či dva výrazně nadprůměrné či podprůměrné dny mohou průměr značně pozměnit. Průměry v jednotlivé dny v týdnu se u období září 2018 až únor 2019 pohybují mezi přibližně 25 a 31  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , což není velký rozdíl. Následující kalendářní vizualizace ukazuje rozložení koncentrací v jednotlivé dny.

### Brno-Zvonařka - PM<sub>2.5</sub>



Z tohoto zobrazení je patrné, že se pravděpodobně opravdu jedná o náhodu. Rozdíly mezi jednotlivými dny nejsou v průměru velké a stačí jeden či dva horší/lepší dny a průměr se výrazněji změní. Toto zvýšení může být dáno změnou meteorologických podmínek, které jsou na dny v týdnu zcela nezávislé. Například vidíme, že třetí týden v prosinci byla koncentrace ve středu výrazně nižší než ostatní všední dny. Následně ve čtvrtém týdnu v lednu byly koncentrace vysoké zejména v pondělí a úterý a druhý a třetí týden v únoru byly koncentrace z celého týdne nejvyšší o víkend.



Tabulka 21 – průměrné koncentrace  $PM_{2,5}$  v jednotlivé dny v týdnu a průměr za po-pá a so-ne, období září 2018 až únor 2019 ve srovnání s období září až únor 2013-2017 a 2008-2017. Stanice Brno-Zvonařka.

	průměr září 2018 až únor 2019 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	průměr září až únor 2013-2017 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	průměr září až únor 2008-2017 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
pondělí	28,36	28,37	32,22
úterý	28,05	28,40	33,33
středa	24,98	29,31	32,26
čtvrtek	29,25	29,82	31,87
pátek	31,53	29,71	31,45
sobota	26,98	28,78	30,87
neděle	25,81	26,19	29,91
po-pá	28,43	29,12	32,23
so-ne	26,40	27,49	30,39

V období září 2018 až únor 2019 byl poměr koncentrace  $PM_{2,5}$  ve víkendový den 92,2 % průměrné koncentrace všedního dne. V pětiletém období září až únor 2013-2017 to bylo 94,4 % a v desetiletém průměru 2008-2017 94,3 %. Z tabulky je také vidět, že se koncentrace  $PM_{2,5}$  v pětiletém průměru snížily ve srovnání s průměrem desetiletým a to v podstatě ve shodném poměru ve všech dnech týdne.

## SOUHRN



- hlavním zdrojem menších částic  $PM_{2,5}$  je **lokální vytápění domácností** a dalšími významnými zdroji jsou veřejná energetika a výroba tepla a doprava.
- zatímco  $PM_{10}$  vznikají především mechanicky, menší  $PM_{2,5}$  vznikají často při **spalovacích procesech**
- při srovnání průměrných měsíčních koncentrací v roce 2018 a lednu a únoru 2019 je patrné, že na rozdíl od  $PM_{10}$  nedošlo k žádnému výraznému nárůstu oproti předchozím letům. **Měsíční průměrné koncentrace v dané období byly podprůměrné.**
- nejvyšší denní průměrná koncentrace  $PM_{2,5}$  ve sledovaném období byla naměřena 22. ledna 2019, což bylo období s plošně špatnou kvalitou ovzduší, která byla pozorována v celé východní části republiky a zvýšení nesouviselo s lokálními zdroji, ale spíše s dálkovým transportem a velmi nízkými teplotami
- v daném období bylo **pouze 37,6 % dní nad dlouhodobý průměr** pro daný kalendářní den, zbytek dní byly koncentrace pro daný den pod dlouhodobým průměrem. Historických maxim pro daný kalendářní den bylo pozorováno pouze 6,6 %, což je méně, než odpovídá statistickému výskytu těchto maxim.
- **nejvyšší koncentrace**  $PM_{2,5}$  byly zaznamenány ve shodě s částicemi  $PM_{10}$  **při jihovýchodním proudění**
- k dlouhodobému průměru koncentrací  $PM_{2,5}$  nejvíce přispívá severozápadní směr větru, což souvisí s frekvencí proudění na této stanici spíše než s nějakým konkrétním zdrojem na SZ od stanice
- **koncentrace byly v průměru nižší ve všechny hodiny dne, a to o 10 až 20 %.**

## SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM<sub>1</sub>

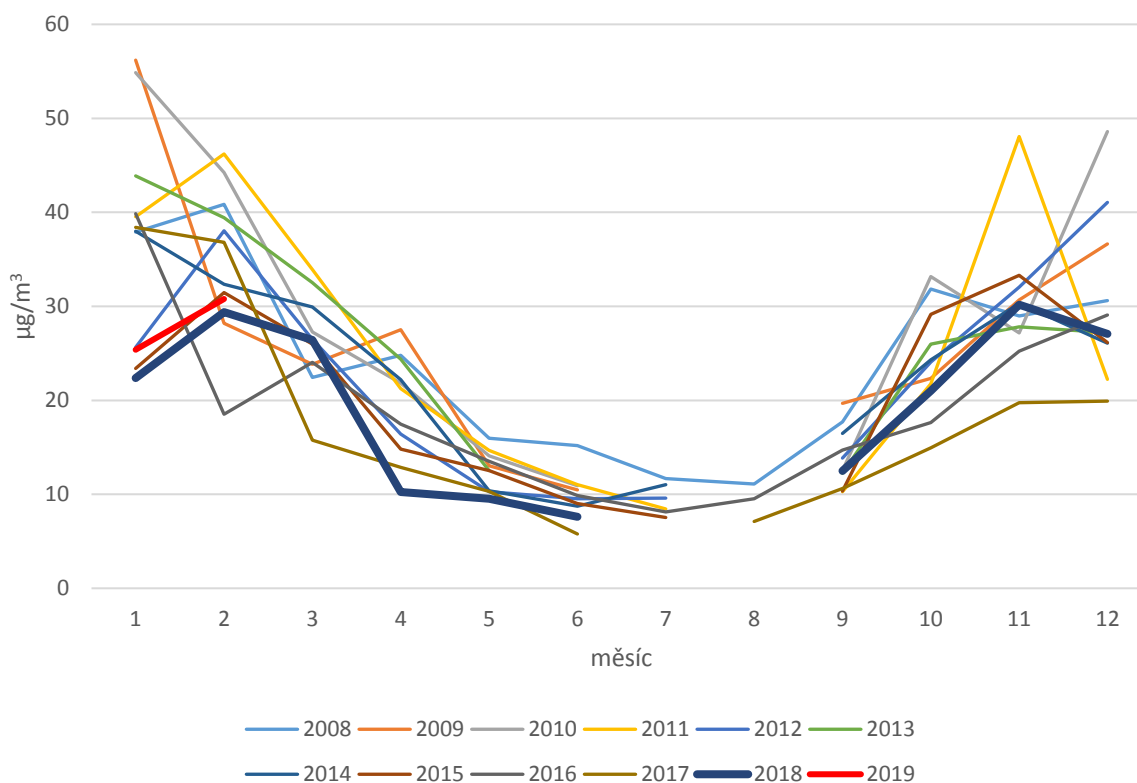
Suspendované částice PM<sub>1</sub> představují skupinu částic ještě menších, než jsou PM<sub>2,5</sub>, s aerodynamickým průměrem do jednoho mikrometru. Pro lidské zdraví jsou tyto částice potenciálně ještě nebezpečnější, protože pronikají ještě hlouběji dýchacím systémem, v případě tzv. nanočástic až přímo do krevního řečiště.

V současné době se v rámci Státní sítě imisního monitoringu buduje a plánuje navyšovat počet stanic monitorujících právě tuto frakci znečišťujících látek. Jak stanice Sivice, tak Mokrá již analyzátořem schopným kvantifikovat koncentrace PM<sub>1</sub> vybavené jsou.

Pro tuto nejmenší frakci není v české legislativě ustanoven žádný imisní limit.

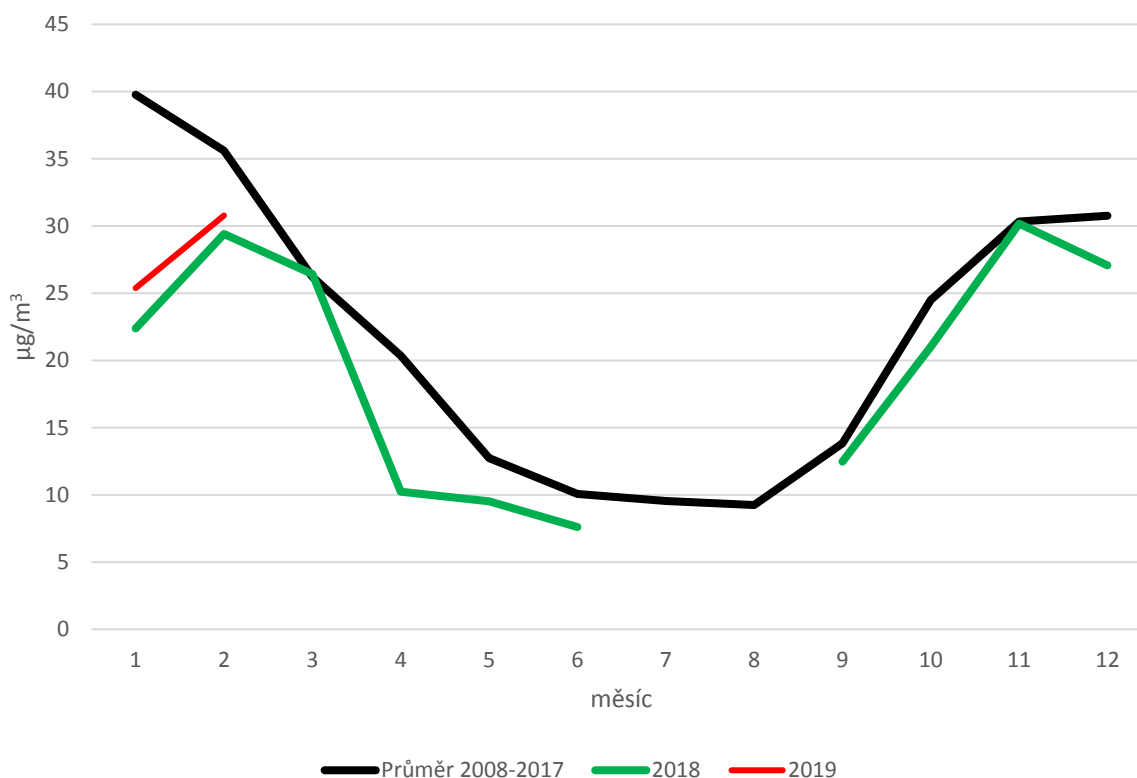
## POPIS SITUACE

Částice PM<sub>1</sub> jsou na stanici Brno-Zvonařka rovněž monitorovány od konce roku 2007. Pro účely této zprávy byla použita data od začátku roku 2008. K dispozici je tak více než desetiletá řada. Níže uvedený graf ukazuje průměrné měsíční koncentrace PM<sub>1</sub> v jednotlivé roky až do roku 2019, kde jsou zahrnuty dostupné první dva měsíce.



Obrázek 75 – průměrné měsíční koncentrace  $PM_{10}$  na stanici Brno-Zvonařka. Červeně je zvýrazněn rok 2019, černá tučná linka reprezentuje rok 2018.

Z grafu je patrné, že koncentrace v roce 2018 i na začátku roku 2019 byly ve srovnání s předchozími lety podprůměrné. Z dostupných dvanácti lednových průměrů byl průměr za rok 2019 třetí nejnižší, po roce 2018 a 2015. Srovnání roku 2018 a části roku 2019 s desetiletým průměrem 2008-2017 ukazuje následující graf.



Obrázek 76 – měsíční koncentrace PM<sub>1</sub> v roce 2018, části roku 2019 a srovnání s průměrem 2008 až 2017.

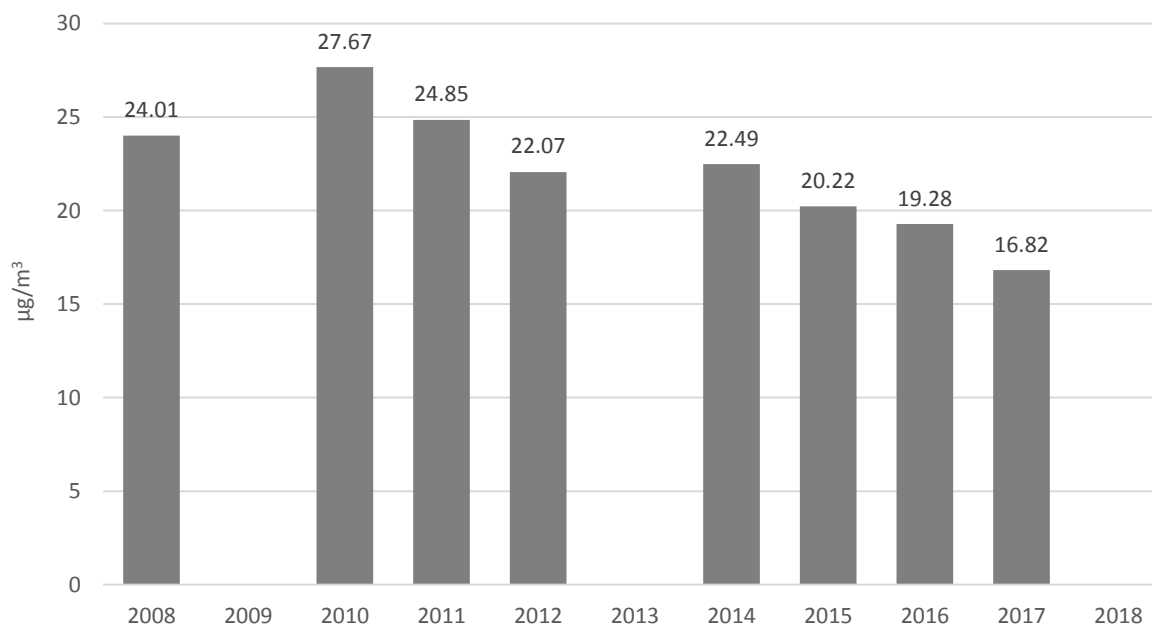
Z grafu je patrné, že žádný měsíc nebyly měsíční koncentrace PM<sub>1</sub> v roce 2018 a lednu a únoru 2019 nadprůměrné. Pouze v březnu a listopadu 2018 byly průměrné.

Tabulka 22 – měsíční průměrné koncentrace PM<sub>1</sub> na stanici Brno-Zvonařka v letech 2008 až únor 2019 v µg/m<sup>3</sup>.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2008	37.91	40.85	22.42	24.79	15.95	15.20	11.66	11.09	17.69	31.84	28.96	30.62
2009	56.19	28.20	23.84	27.51	13.05	10.47			19.69	22.33	30.68	36.64
2010	54.86	44.2	27.28	21.82	14.09	10.91			12.51	33.15	27.17	48.59
2011	39.54	46.19	33.90	21.24	14.67	11.03	8.44		10.27	21.74	48.06	22.2
2012	25.63	38.04	26.48	16.40	10.28	9.53	9.61		13.84	24.06	32.03	41.06
2013	43.88	39.42	32.52	24.36	12.53		10.46		12.24	25.97	27.82	27.21
2014	37.99	32.34	29.93	22.19	10.38	8.73	11.01		16.46	24.32	30.29	26.06
2015	23.39	31.46	25.98	14.80	12.52	9,00	7.53		10.36	29.13	33.30	26.16
2016	39.86	18.51	24.05	17.47	13.51	9.89	8.13	9.52	14.71	17.64	25.24	29.06
2017	38.40	36.81	15.77	12.86	10.31	5.78		7.12	10.60	14.93	19.73	19.93
2018	22.38	29.40	26.43	10.24	9.53	7.61			12.48	21.02	30.17	27.07
2019	25.38	30.78										

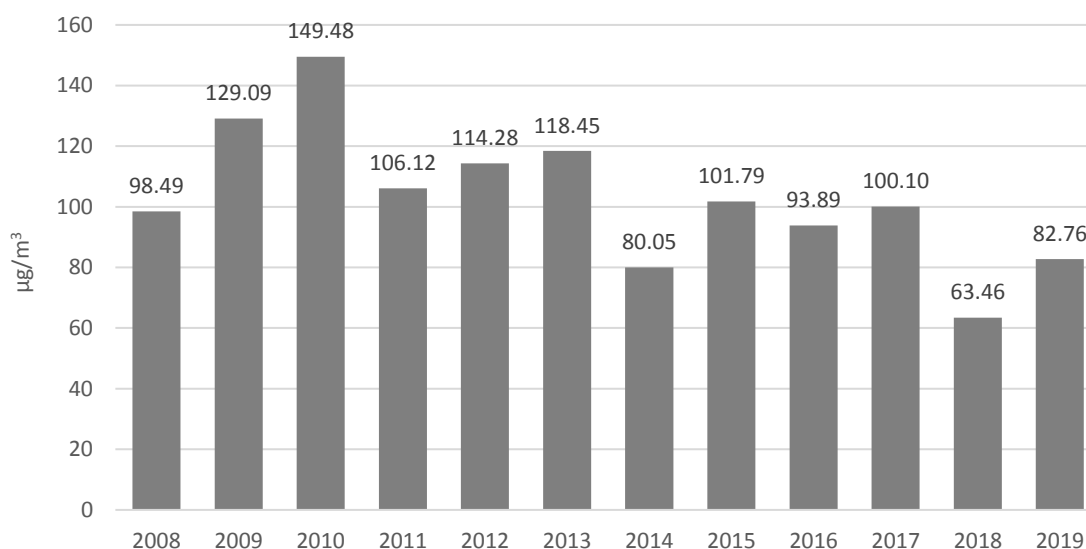
Při pohledu na graf průměrných ročních koncentrací je vidět pozitivní trend jejich postupného snižování. Nejnižší, druhý nejnižší a třetí nejnižší průměr byly zaznamenány v letech 2017, 2016 a 2015. V roce 2018 nejsou z důvodu výpadku měření v letních měsících data kompletní a roční průměr tudíž

nelze vypočítat. Na počátku roku 2018 byla situace výrazně lepší, než v roce 2017. Začátek roku 2017 byly rozptylové podmínky velmi špatné a bylo vyhlášeno několik smogových situací. Naopak konec roku 2018, především listopad a prosinec, byly průměrné měsíční koncentrace  $PM_{10}$  výrazně vyšší, než o rok dříve.



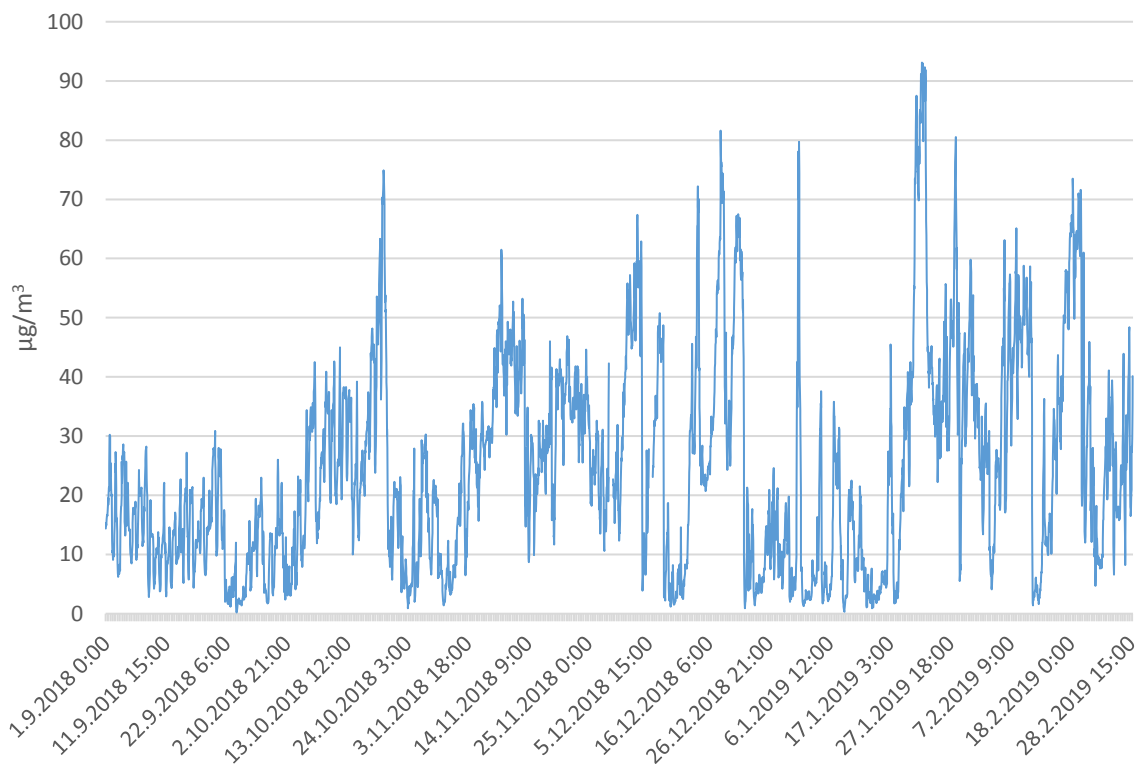
Obrázek 77 – průměrné roční koncentrace  $PM_{10}$  na stanici Brno-Zvonařka v letech 2008 až 2018.

Další graf pak ukazuje maximální denní průměry v jednotlivých letech. Zde již tak výrazný klesající trend není patrný. U roku 2019 vychází maximum pouze z dat za leden a únor.



Obrázek 78 – maximální denní průměrné koncentrace  $PM_{10}$  v jednotlivých letech na stanici Brno-Zvonařka, 2008 až 2019. Pro rok 2019 jsou použita pouze data za měsíce leden a únor.

Následující grafu ukazuje celkový průběh hodinových koncentrací PM<sub>1</sub> na stanici Brno-Zvonařka v období září 2018 až únor 2019.

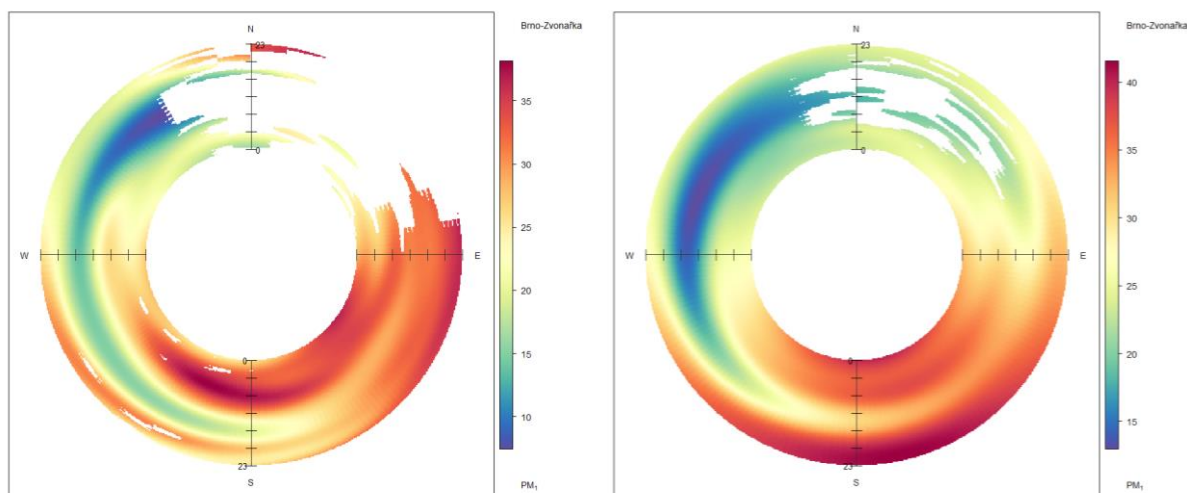


Obrázek 79 – hodinový průběh koncentrací PM<sub>1</sub> na stanici Brno-Zvonařka, září 2018 až únor 2019.

Z grafu je patrné, že v září, nejteplejší měsíc z daného období, byly koncentrace relativně nízké, pod 30 µg/m<sup>3</sup>. Výrazný pík vidíme kolem poloviny října, pak opět pokles a opět nárůst ke konci listopadu. Absolutně nejvyšší pak byly ve sledovaném období hodnoty PM<sub>1</sub> na přelomu ledna a února 2019.

Nejvyšší průměrná koncentrace PM<sub>1</sub> v období září 2018 až únor 2019 byla zaznamenána 22. ledna 2019 a to 82,76 µg/m<sup>3</sup>. Jedná se o jeden z dní detailně popsanych v další části této zprávy a zároveň den, kdy byla situace na celé východní části České republiky po stránce kvality ovzduší velmi špatná.

Následující koncentrační růžice ukazuje vztah mezi koncentrací PM<sub>1</sub>, směrem větru a hodinou dne jako srovnání období září 2018 až únor 2019 se shodnou roční dobou (září až únor) v desetileté agregaci 2008 až 2017.

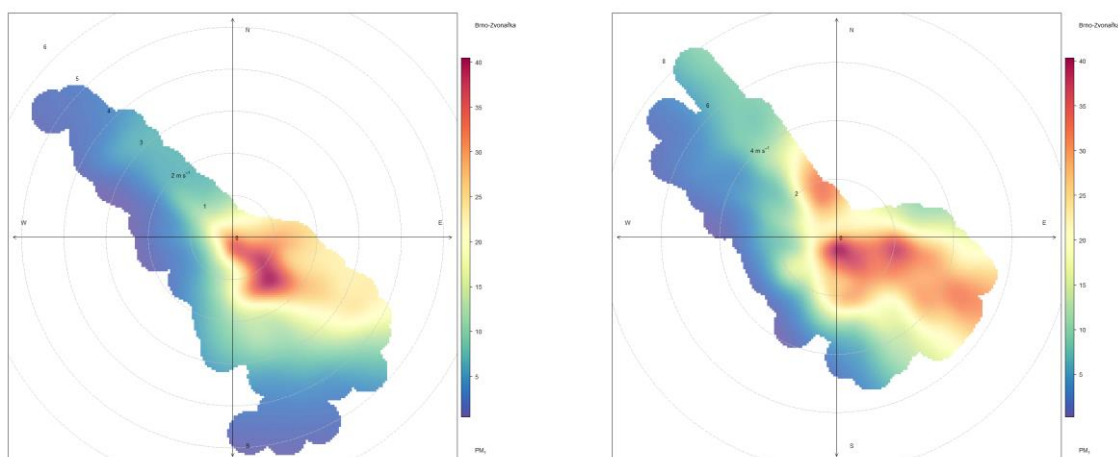


Obrázek 80 – anulární koncentrační růžice reprezentující vztah koncentrace  $PM_{10}$ , směru větru a hodiny dne. Období září 2018 až únor 2019.

Obrázek 81 - anulární koncentrační růžice reprezentující vztah koncentrace  $PM_{10}$ , směru větru a hodiny dne. Období září až únor 2008-2017.

Anulární koncentrační růžice pro suspendované částice frakce  $PM_{10}$  jsou velmi podobné růžicím pro  $PM_{2,5}$ . U kratšího období září 2018 až únor 2019 je vidět nejvyšší znečištění při jihozápadním proudění v ranních hodinách a relativně vysoké koncentrace po celý den při jihovýchodním proudění.

Koncentrační růžice zobrazující vztah mezi koncentrací  $PM_{10}$  a směrem a rychlostí větru jsou uvedeny níže, opět jako srovnání s totožnou částí roku v desetileté agregaci 2008 až 2017.



Obrázek 82 – koncentrační růžice reprezentující vztah koncentrace  $PM_{10}$ , směru a rychlosti větru. Období září 2018 až únor 2019.

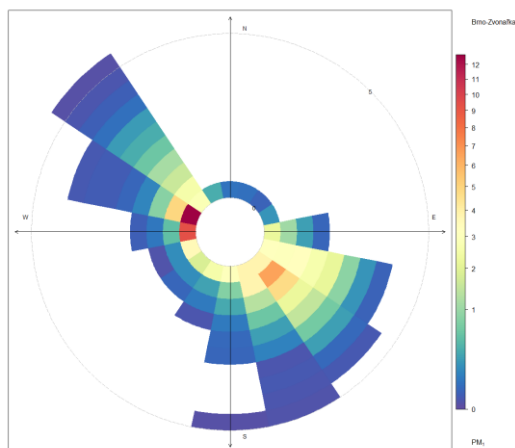
Obrázek 83 - koncentrační růžice reprezentující vztah koncentrace  $PM_{10}$ , směru a rychlosti větru. Období září až únor 2008-2017.

Při srovnání obou růžic je vidět, že se vzájemně příliš neliší. Nejvyšší znečištění je patrné v jihovýchodním směru. U růžice za delší zprůměrované období je toto vyšší znečištění patrné i při vyšších rychlostech větru, to však vychází ze statistiky, kdy u delšího období je logicky zaznamenáno

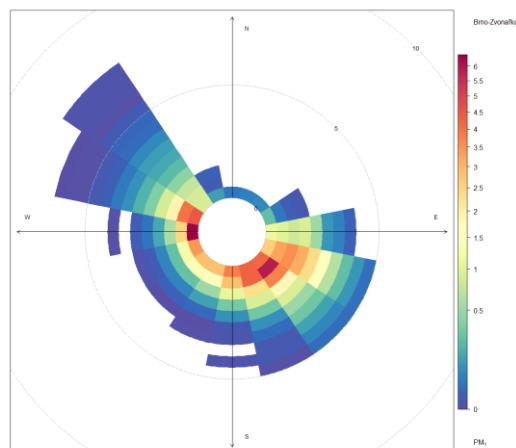


více kombinací rychlostí a směrů větru. Nejvyšších koncentrací  $PM_{10}$  v září 2018 až únor 2019 bylo dosahováno při nižších rychlostech větru, u dlouhodobého průměru zejména při takřka bezvětří.

Příspěvek jednotlivých směrů větru k celkovému průměru je vidět na vážené koncentrační růžici, opět pro obě srovnávaná období.



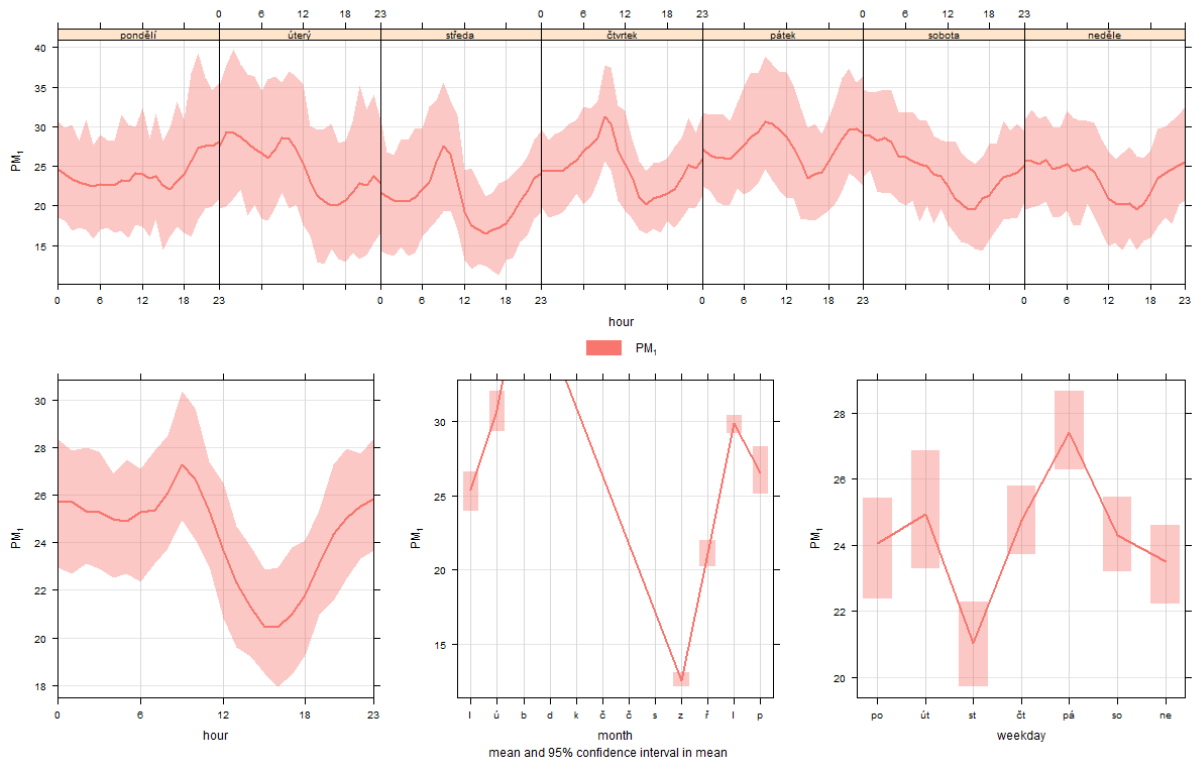
Obrázek 84 – vážená koncentrační růžice reprezentující vztah koncentrace  $PM_{10}$ , směru a rychlosti větru. Období září 2018 až únor 2019.



Obrázek 85 – vážená koncentrační růžice reprezentující vztah koncentrace  $PM_{10}$ , směru a rychlosti větru. Období září až únor 2008-2017.

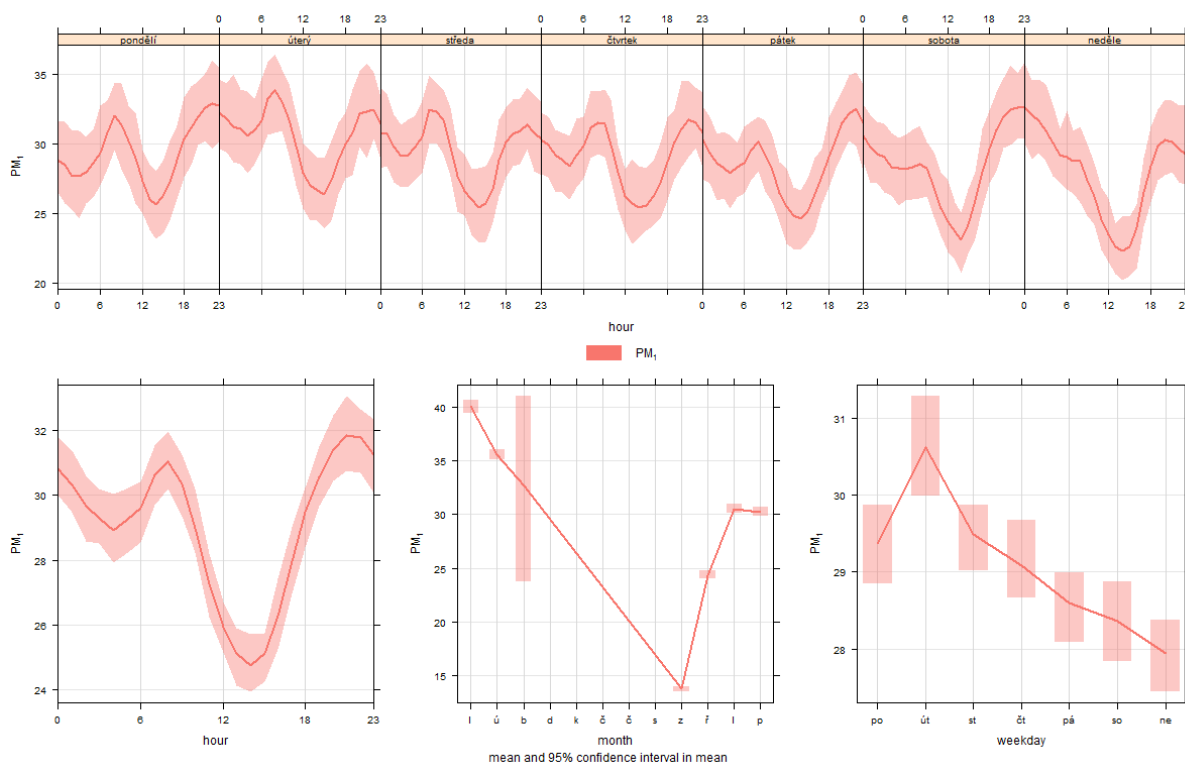
Vážené koncentrační růžice jsou velmi podobné váženým koncentračním růžicím ostatních frakcí suspendovaných částic. Největší příspěvek k celkovému průměru má v obou obdobích severozápadní směr, a to při nízkých rychlostech větru. U dlouhodobé růžice je rovněž patrné zvýšený podíl při jihovýchodním proudění, to může souviset s menším podílem jihovýchodního proudění v období září 2018 až únor 2019, než je v této oblasti obvyklé.

Na vizualizaci týdenního, denního a měsíčního chodu za období září 2018 až únor 2019 je vidět, že jsou chody velmi podobné chodům koncentrací suspendovaných částic  $PM_{2,5}$ . Ve srovnání s částicemi  $PM_{10}$  zde je výrazně menší rozdíl mezi pracovním dnem a víkendem. Středa opět vychází jako den v týdnu s průměrně nejnižšími koncentracemi, vysvětlení tohoto jevu je pravděpodobně stejné, jako v případě částic  $PM_{2,5}$  – jedná se o náhodu vzhledem k nízkému počtu střed, ze kterých byl průměr počítán.



Obrázek 86 - průměrný týdenní hodinový chod koncentrací PM<sub>1</sub> (nahore), průměrný denní chod koncentrací PM<sub>1</sub> (vlevo dole), průměrný roční chod koncentrací PM<sub>1</sub> (dole uprostřed) a průměrné koncentrace PM<sub>1</sub> v jednotlivé dny v týdnu (vpravo dole). Vypočteno za září 2018 až únor 2019. Stanice Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

Následující zobrazení pak ukazuje průměrný stav na stanici Brno-Zvonařka, v období září až únor jako agregaci 2008-2017.



Obrázek 87 - průměrný týdenní hodinový chod koncentrací  $PM_{10}$  (nahore), průměrný denní chod koncentrací  $PM_{10}$  (vlevo dole), průměrný roční chod koncentrací  $PM_{10}$  (dole uprostřed) a průměrné koncentrace  $PM_{10}$  v jednotlivé dny v týdnu (vpravo dole). Vypočteno za září až únor agregace 2008-2017. Stanice Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

U dlouhodobého průměru, viz vizualizace výše, se potvrzuje menší rozdíl mezi pracovními dny a víkendy, než je tomu u ostatních frakcí větších částic. Výrazně odlišný je graf průměrných koncentrací  $PM_{10}$  v jednotlivé dny v týdnu, tady ale lze předpokládat, že se jedná o jev náhodný z důvodu malého počtu zdrojových dat. Je také vidět, že má únor v průměru nižší koncentraci než  $PM_{10}$  dlouhodobě, v roce 2019 tomu bylo naopak. Denní chod vykazuje podobný charakter včetně průběhu průměrných hodinových koncentrací v týdnu, pouze rozptyl je výrazně menší z důvodu vyššího počtu dat u dlouhodobé analýzy.

Tabulka 23 – průměrné koncentrace  $PM_{10}$  v jednotlivé dny v týdnu a průměr za po-pá a so-ne, období září 2018 až únor 2019 ve srovnání s obdobím září až únor 2013-2017 a 2008-2017. Stanice Brno-Zvonařka.

	průměr září 2018 až únor 2019 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	průměr září až únor 2013-2017 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	průměr září až únor 2008-2017 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
pondělí	24,46	25,73	29,52
úterý	24,35	25,75	30,56
středa	21,30	26,51	29,45
čtvrtek	24,96	27,04	29,06

	průměr září 2018 až únor 2019 [μg/m <sup>3</sup> ]	průměr září až únor 2013-2017 [μg/m <sup>3</sup> ]	průměr září až únor 2008-2017 [μg/m <sup>3</sup> ]
pátek	27,65	26,86	28,65
sobota	23,94	26,41	28,48
neděle	23,38	24,06	27,74
po-pá	24,54	26,38	29,45
so-ne	23,66	25,23	28,11

Z tabulky je vidět, že byly koncentrace PM<sub>1</sub> celkově podprůměrné ve srovnání s pětiletým průměrem 2013-2017 i desetiletým průměrem 2008-2017. V září 2018 až únoru 2019 dosahovaly v průměru koncentrace PM<sub>1</sub> o víkendu 96,4 % průměrných koncentrací ve všední den. V pětiletém průměru byl tento poměr 95,6 % a v desetiletém průměru 95,4 %.

Analýza jednotlivých denních koncentrací PM<sub>1</sub> a jejich srovnání v kontextu dlouhodobého průměru ukazuje, že ze 181 dní v období září 2018 až únor 2019 bylo 63 dní nadprůměrných, tedy 34,8 % dní. U zbylých dní byl průměr v tomto dni nižší, než jaký je průměr pro daný kalendářní den od začátku měření PM<sub>1</sub> (2008-). Historické maximum pro daný kalendářní den bylo pozorováno pouze v 5 případech.

	nadprůměrné dny		dny s historickým maximem	
září 2018	13	43,33 %	0	0,00 %
říjen 2018	12	38,71 %	1	3,23 %
listopad 2018	12	40,00 %	1	3,33 %
prosinec 2018	11	35,48 %	2	6,45 %
leden 2019	5	16,13 %	1	3,23 %
únor 2019	10	35,71 %	0	0,00 %
celkem	63	34,80 %	5	2,76 %

Níže je uveden přehled dní, kdy bylo pozorováno historické maximum pro daný kalendářní den v období září 2018 až únor 2019.

Den	původní maximum	nové maximum	rozdíl	
	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[%]
19. 10.	64,1	74,9	10,8	116,8%
11. 11.	45,1	52,7	7,6	116,9%
14. 12.	67	72,2	5,2	107,8%
17. 12.	57,6	58,6	1,0	101,7%
21. 1.	84,7	87,5	2,8	103,3%

Z výše uvedeného je patrné, že situace po stránce koncentrací  $\text{PM}_{10}$  na stanici Brno-Zvonařka v období září 2018 až říjen 2019 byla lepší, než činí průměr 2008-2017. Téměř 2/3 dní byly koncentrace pod průměrem pro daný kalendářní den a pouze v 5 případech bylo naměřeno historické maximum pro daný kalendářní den (2,8% dní).

## SOUHRN



- koncentrace  $PM_1$  v roce 2018 i na začátku roku 2019 byly ve srovnání s předchozími lety **podprůměrné**
- nejvyšší průměrná koncentrace  $PM_1$  v období září 2018 až únor 2019 byla zaznamenána 22. ledna 2019, kdy byla celkově kvalita ovzduší v celé východní části ČR špatná
- **nejvyšší koncentrace** byly ve shodě s dalšími frakcemi pozorovány **při jihovýchodním proudění**
- k celkovému průměru nejvíce přispíval severozápadní směr větru, což souvisí s dominancí tohoto směru proudění v daném období v dané lokalitě
- ve sledovaném období bylo **pouze 34,8 % dní nadprůměrných, zbytek dní byl ve srovnání s dlouhodobým průměrem pro daný kalendářní den podprůměrný**. Pouze v 5 případech (2,8 %) bylo zaznamenáno historické maximum pro průměrnou koncentraci  $PM_1$  daný kalendářní den.

## POMĚRY KONCENTRACÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC

Kromě samotných absolutních koncentrací suspendovaných částic jednotlivých sledovaných frakcí, mají pro vyhodnocení potenciálních zdrojů a komplexní analýzu velký význam i vzájemné poměry mezi těmito frakcemi.

Prosté navýšení může souviset pouze s odlišnými meteorologickými podmínkami. Pokud dojde i ke změně poměrů jednotlivých frakcí, lze lépe usuzovat, co může dané zvýšení způsobovat a jak se změnilo zdroje znečištění.

V následující kapitole jsou srovnány poměry koncentrací jednotlivých frakcí PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub>. Nejprve je uvedena tabulka průměrných poměrů PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub>, PM<sub>1</sub>/PM<sub>10</sub> a PM<sub>1</sub>/PM<sub>2,5</sub>. Data jsou uvedena jako průměry v jednotlivé měsíce září až únor ve srovnání periody září 2018 až únor 2019 a průměr pro jednotlivé měsíce za období 2008-2017. Průměr není spočítán podílem měsíčních průměrů, ale jako průměr dílčích poměrů spočítaných pro jednotlivé hodiny.

Tabulka 24 – průměrné poměry mezi velikostními frakcemi suspendovaných částic v jednotlivých měsících. První tři sloupce pro období září 2018 až únor 2019, poslední tři sloupce jako průměr z období 2008-2017.

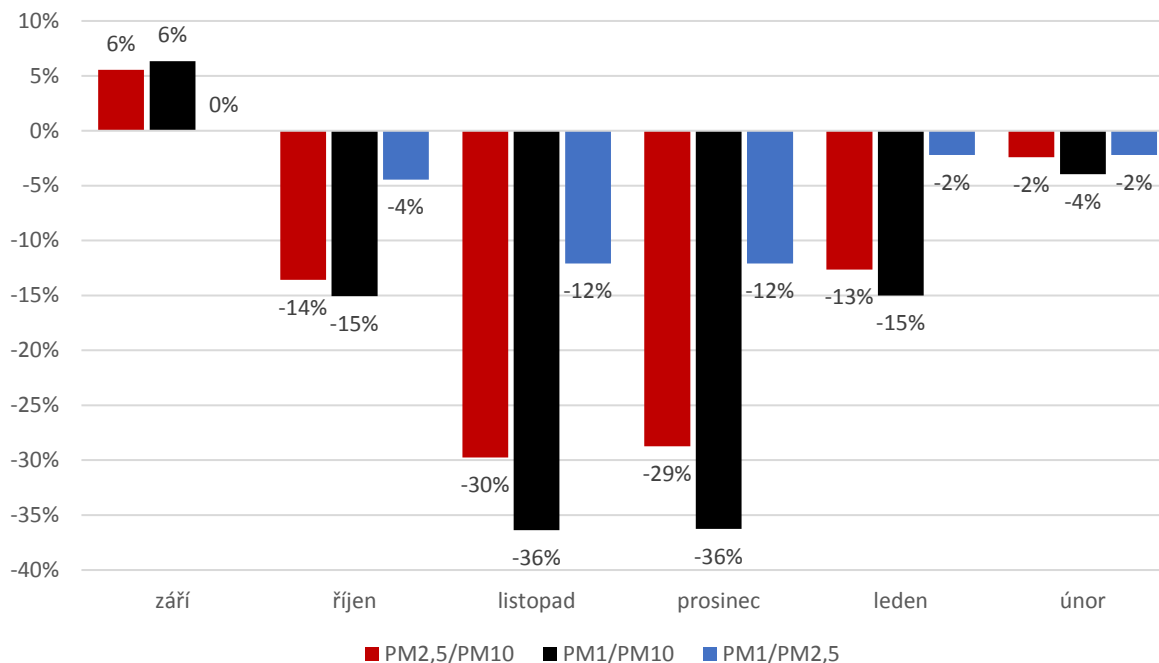
	průměr 2008-2017			průměr 2018/2019		
	PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>2,5</sub>
<b>září</b>	0,72	0,63	0,86	0,76	0,67	0,86
<b>říjen</b>	0,81	0,73	0,90	0,70	0,62	0,86
<b>listopad</b>	0,84	0,77	0,91	0,59	0,49	0,80
<b>prosinec</b>	0,87	0,80	0,91	0,62	0,51	0,80
<b>leden</b>	0,87	0,80	0,91	0,76	0,68	0,89
<b>únor</b>	0,83	0,76	0,91	0,81	0,73	0,89

Totožná tabulka nyní jako rozdíl mezi daty z šestiměsíčního období září 2018 až únor 2019 a desetiletým průměrem 2008-2017.

Tabulka 25 – rozdíly mezi poměry jednotlivých frakcí suspendovaných částic v období září 2018 až únor 2019 ve srovnání se stejnými měsíci jako desetiletý průměr 2008-2017. První tři sloupce uvádí rozdíl v absolutní hodnotě, poslední tři procentuálně.

	PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>2,5</sub>
<b>září</b>	0,04	0,04	0,00	+5,56 %	+6,35 %	0,00 %
<b>říjen</b>	-0,11	-0,11	-0,04	-13,58 %	-15,07 %	-4,44 %
<b>listopad</b>	-0,25	-0,28	-0,11	-29,76 %	-36,36 %	-12,09 %

	PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>2,5</sub>
prosinec	-0,25	-0,29	-0,11	-28,74 %	-36,25 %	-12,09 %
leden	-0,11	-0,12	-0,02	-12,64 %	-15,00 %	-2,20 %
únor	-0,02	-0,03	-0,02	-2,41 %	-3,95 %	-2,20 %



Obrázek 88 – procentuální rozdíl mezi poměry frakcí suspendovaných částic. Rozdíl mezi obdobím září 2018 až únor 2019 a desetiletým průměrem 2008-2017.

Z výsledků je patrné, že nejvíce se měnily v poměru k ostatním frakcím koncentrace frakce PM<sub>10</sub>. U poměru PM<sub>1</sub>/PM<sub>10</sub> došlo v období zájmu o více než třetinový pokles v měsíčním průměru v listopadu a prosinci. Výjimkou je pouze září 2018, kdy byl naopak podíl PM<sub>1</sub> a PM<sub>2,5</sub> k PM<sub>10</sub> vůči dlouhodobému průměru vyšší.

Tato informace je patrná i ze srovnání předchozích kapitol, kdy například počet dní s nadprůměrnou koncentrací a počet dní s historickým maximem pro daný kalendářní den, byl jednoznačně nejvyšší u frakce PM<sub>10</sub>. Naopak u frakce PM<sub>1</sub> byly koncentrace v období září 2018 až únor 2019 podprůměrné.

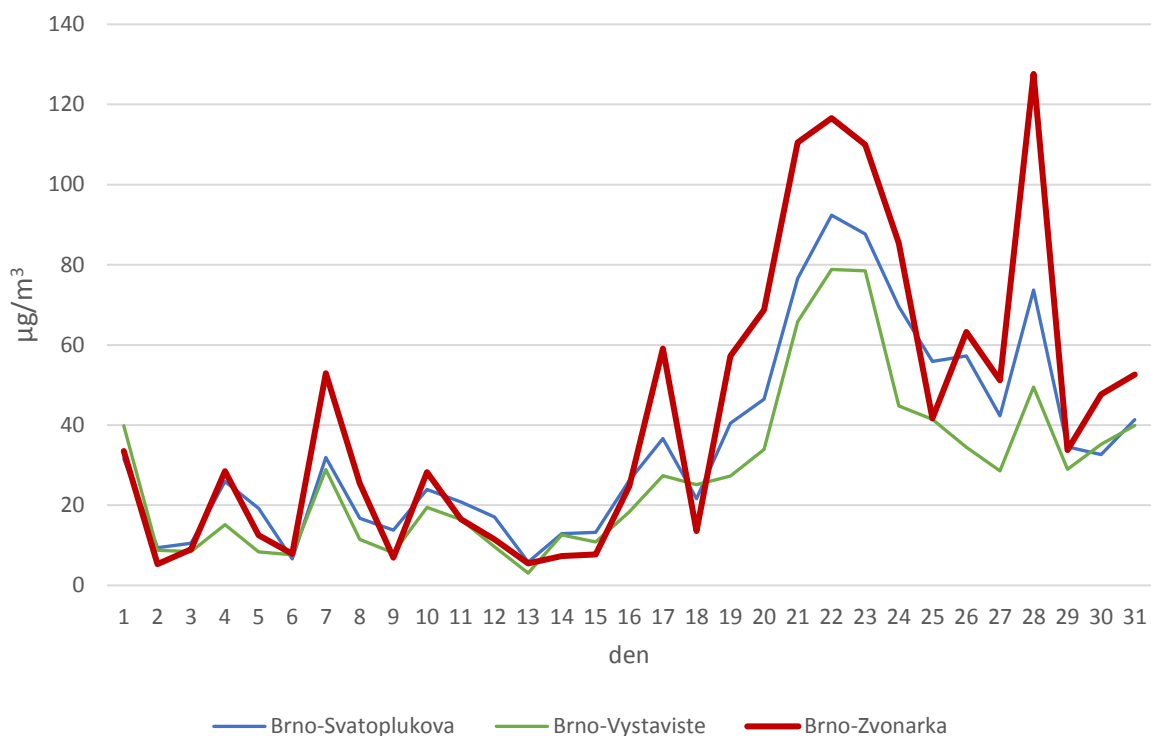
Následující tabulka ukazuje ty stejné poměry pro 10 dní s nejvyšší průměrnou denní koncentrací PM<sub>10</sub> v daném období.



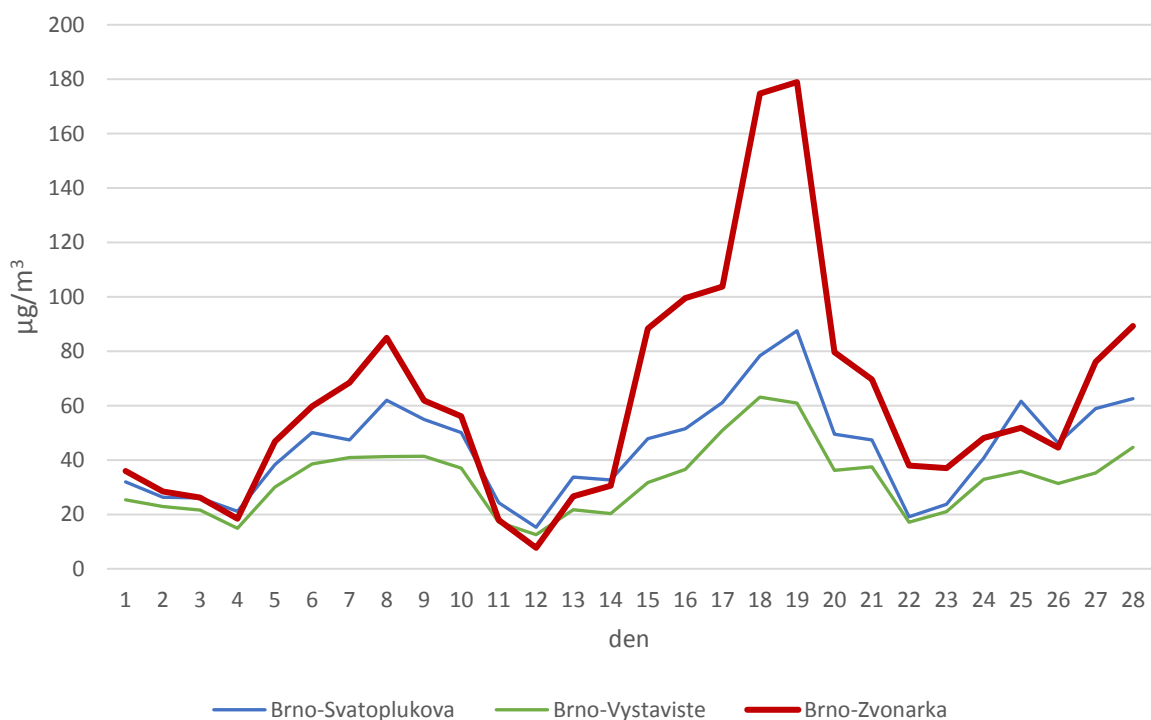
Tabulka 26 – průměrné denní koncentrace a průměrní denní poměry mezi jednotlivými frakcemi suspendovaných částic PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> na stanici Brno-Zvonařka ve dny s nejvyššími koncentracemi PM<sub>10</sub> v období září 2018 až únor 2019.

	průměr PM <sub>10</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	průměr PM <sub>2,5</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	průměr PM <sub>1</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	průměr PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub>	průměr PM <sub>1</sub> /PM <sub>10</sub>	průměr PM <sub>1</sub> /PM <sub>2,5</sub>
19. 2. 2019	178,93	78,83	62,33	0,57	0,49	0,81
18. 2. 2019	174,70	78,80	62,64	0,59	0,51	0,82
28. 1. 2019	127,62	71,60	59,28	0,74	0,69	0,90
22. 1. 2019	116,58	90,03	82,76	0,81	0,75	0,92
21. 1. 2019	110,55	69,69	61,36	0,71	0,65	0,89
23. 1. 2019	109,96	77,41	69,98	0,80	0,75	0,92
17. 2. 2019	103,73	64,14	56,50	0,70	0,64	0,89
16. 2. 2019	99,51	47,64	39,15	0,62	0,55	0,85
21. 12. 2018	91,02	67,85	63,23	0,82	0,77	0,93
15. 2. 2019	88,27	40,19	31,78	0,64	0,57	0,82

Pokud se podíváme na dva dny s nejvyšší průměrnou denní koncentrací PM<sub>10</sub> v období září 2018 až únor 2019, tedy na 19. a 18. únor 2019, je vidět, že zde došlo k výraznému nárůstu frakce PM<sub>10</sub>, ale koncentrace frakcí PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> tak markantní nárůst nezaznamenaly. Při pohledu na dlouhodobý průměrný poměr částic PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> v únoru (2008-2017), ten má hodnotu 0,83. Zatímco v tyto dva dny to bylo pouze 0,57 a 0,59. Když se však podíváme například na období od 21. do 23. ledna 2019, kdy byla denní průměrná koncentrace PM<sub>10</sub> rovněž vysoká (přes 100 μg/m<sup>3</sup>, tedy více než dvojnásobně překročena hodnota 24h imisního limitu), pak je vidět, že tyto tři dny byl poměr PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> výrazně vyšší a podobnější průměru (průměr pro leden je dlouhodobě 0,87). Tyto tři dny byly koncentrace PM<sub>10</sub> vysoké v celé východní části České republiky a znečištění tak mělo plošný charakter. Tyto výsledky tedy jasně naznačují, že vysoké koncentrace kolem 2. a 3. týdne v únoru byly dány odlišným zdrojem, než zvýšení mezi 20. a 25. lednem. Následující dva grafy jsou srovnáním průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> v lednu a únoru 2019 pro tři stanice. Pro srovnání byly použity dvě dopravní stanice v nedalekém okolí stanice Brno-Zvonařka. První z nich je dopravní stanice Brno-Svatoplukova a druhou dopravní stanice Brno-Výstaviště.



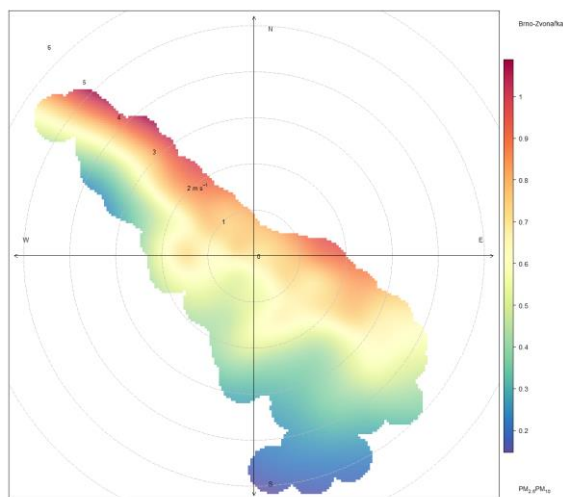
Obrázek 89 – průměrné denní koncentrace  $PM_{10}$  v lednu 2019 na stanicích Brno-Zvonařka, Brno-Svatoplukova a Brno-Výstaviště.



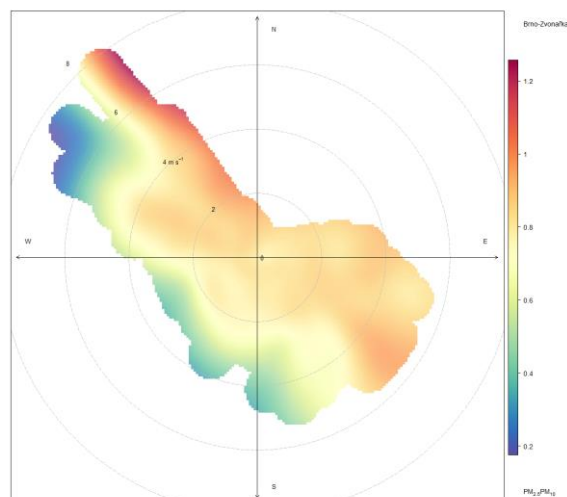
Obrázek 90 - průměrné denní koncentrace  $PM_{10}$  v únoru 2019 na stanicích Brno-Zvonařka, Brno-Svatoplukova a Brno-Výstaviště.

Na nárůstu kolem 18. února je dobře vidět nepoměrný nárůst frakce  $PM_{10}$ . Naopak v případě plošně špatné kvality ovzduší kolem 22. ledna je dobře vidět poměrně rovnoměrný nárůst koncentrací suspendovaných částic v ovzduší.

Následující růžice poskytují představu o tom, jak to vypadá s poměry frakcí suspendovaných částic v jednotlivých směrech.

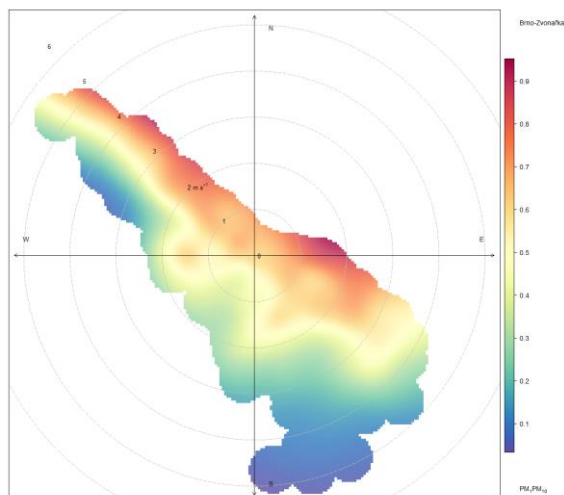


Obrázek 91 – růžice zobrazující vztah mezi poměrem  $PM_{2,5}$  ku  $PM_{10}$ , rychlostí a směrem větru za období září 2018 až únor 2019.

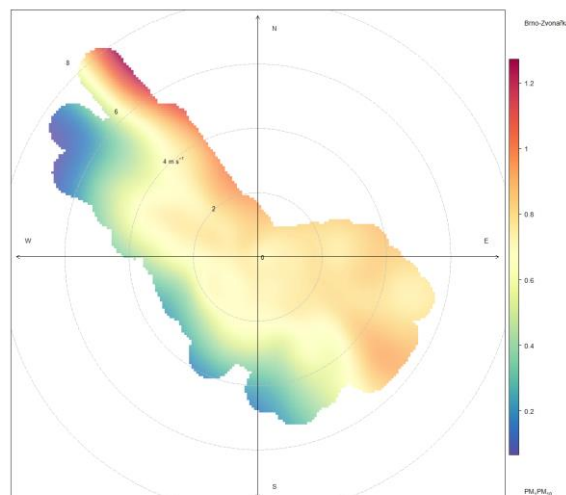


Obrázek 92 - růžice zobrazující vztah mezi poměrem  $PM_{2,5}$  ku  $PM_{10}$ , rychlostí a směrem větru za období září až únor 2008-2017.

Na obou koncentračních růžicích je patrný výrazný rozdíl. Zatímco u dlouhodobého průměru je nejnižší poměr  $PM_{2,5}/PM_{10}$  ze severozápadu, u totožného ročního období, ale v letech 2018/2019 je nejnižší poměr u jihovýchodního proudění. Znamená to tedy, že byly v období 2018/2019 výrazně vyšší podíly částic  $PM_{10}$  z jihovýchodního směru ve srovnání s částicemi  $PM_{2,5}$ .



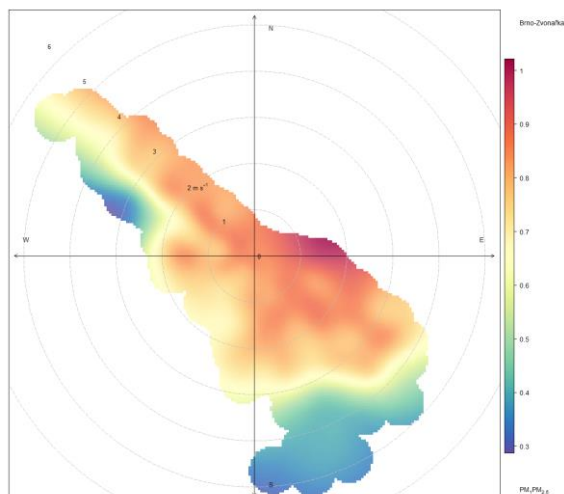
Obrázek 93 – růžice zobrazující vztah mezi poměrem  $PM_1$  ku  $PM_{10}$ , rychlostí a směrem větru za období září 2018 až únor 2019.



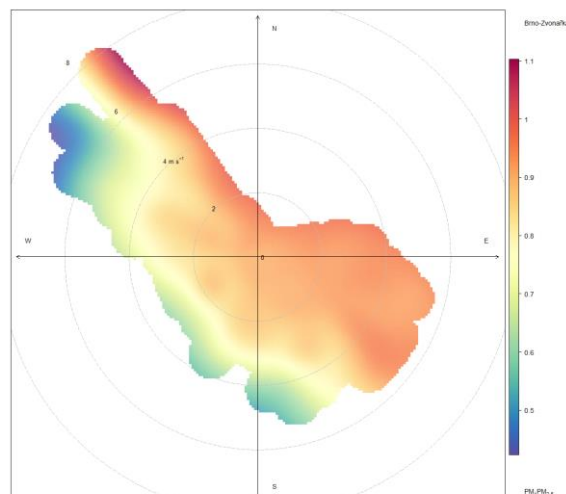
Obrázek 94 - růžice zobrazující vztah mezi poměrem  $PM_1$  ku  $PM_{10}$ , rychlostí a směrem větru za období září až únor 2008-2017.

U růžic poměru  $PM_1/PM_{10}$  vidíme zcela totožnou situaci. Dá se tedy konstatovat, že koncentrace frakce  $PM_{10}$  v období září 2018 až únor 2019 byly vyšší ve srovnání s  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$  v jihovýchodním směru, než je obvyklé.

Nakonec ještě srovnání poměru  $PM_1$  ku  $PM_{2,5}$ . I tady je vidět rozdíl, lze tedy říci, že i částic  $PM_{2,5}$  bylo více než částic  $PM_1$  v jihovýchodním směru, než je obvyklé.

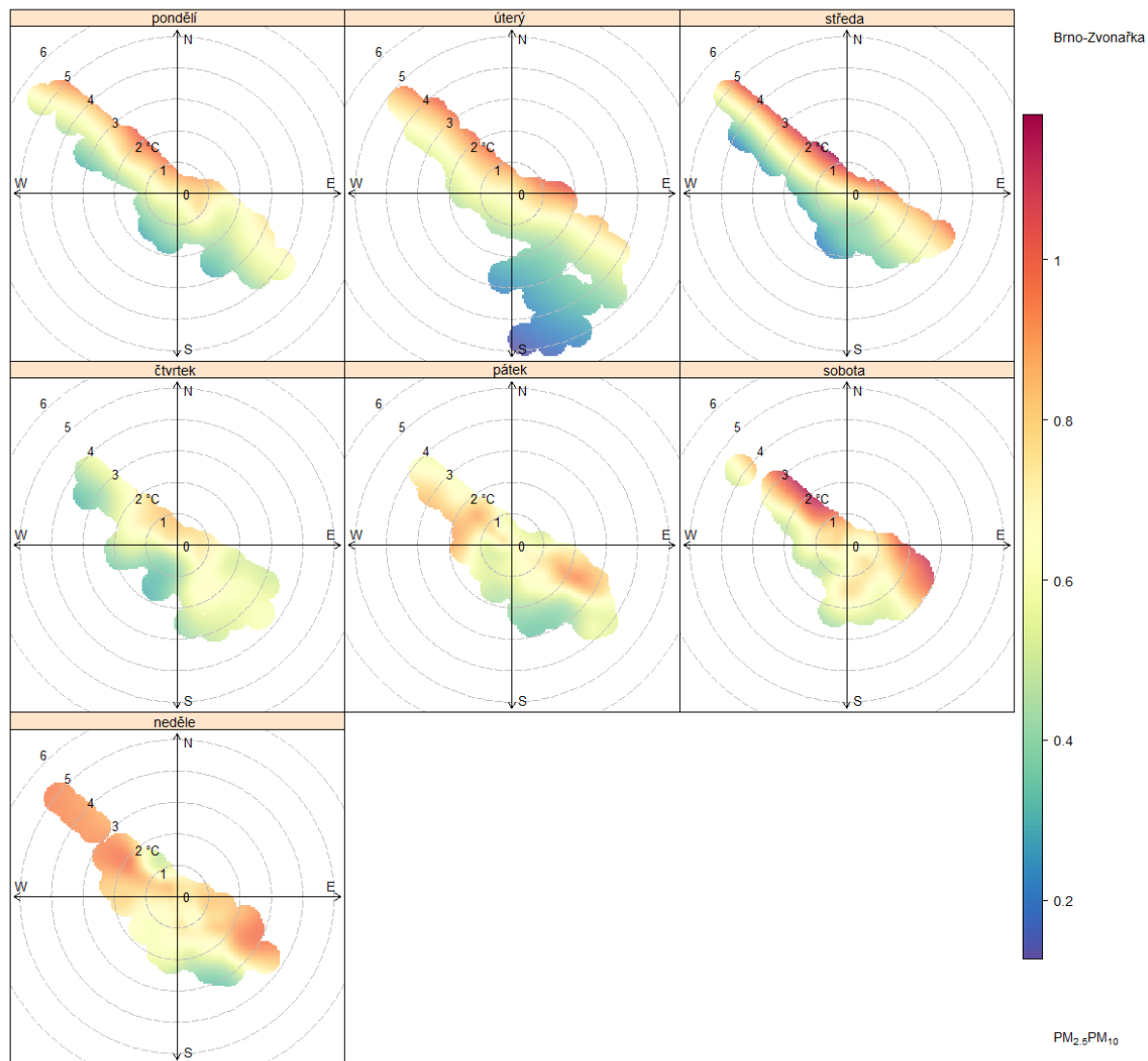


Obrázek 95 – růžice zobrazující vztah mezi poměrem  $PM_1$  ku  $PM_{2,5}$ , rychlostí a směrem větru za období září 2018 až únor 2019.

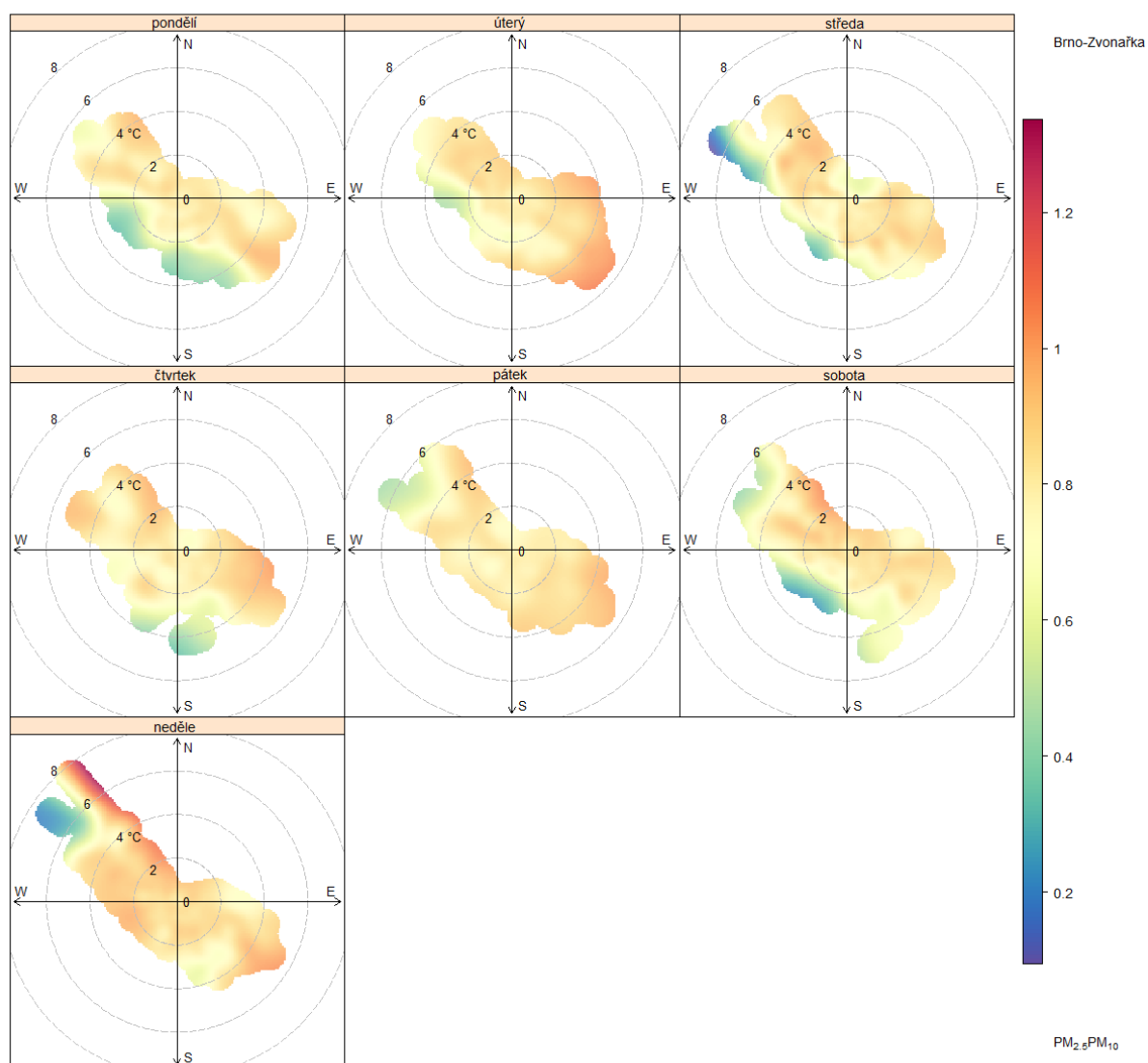


Obrázek 96 - růžice zobrazující vztah mezi poměrem  $PM_1$  ku  $PM_{2,5}$ , rychlostí a směrem větru za období září až únor 2008-2017.

Otázkou je, zda jsou změny ve všechny dny v týdnu, či zda je zde vidět nějaký rozdíl. Následující sada růžic ukazuje pro každý den v týdnu jednu růžici. Každá z nich ukazuje poměr částic  $PM_{2,5}$  ku  $PM_{10}$  v období září až únor. Na první růžici 2018/2019, na druhé agregaci 10 let (2008-2017).



Obrázek 97 - růžice zobrazující vztah mezi poměrem  $PM_{10}$  ku  $PM_{2,5}$ , rychlostí a směrem větru za období září 2018 až únor 2019. Rozděleno podle dne v týdnu.



Obrázek 98 - růžice zobrazující vztah mezi poměrem  $PM_1$  ku  $PM_{2,5}$ , rychlostí a směrem větru za období září až únor 2008-2017. Rozděleno podle dne v týdnu.

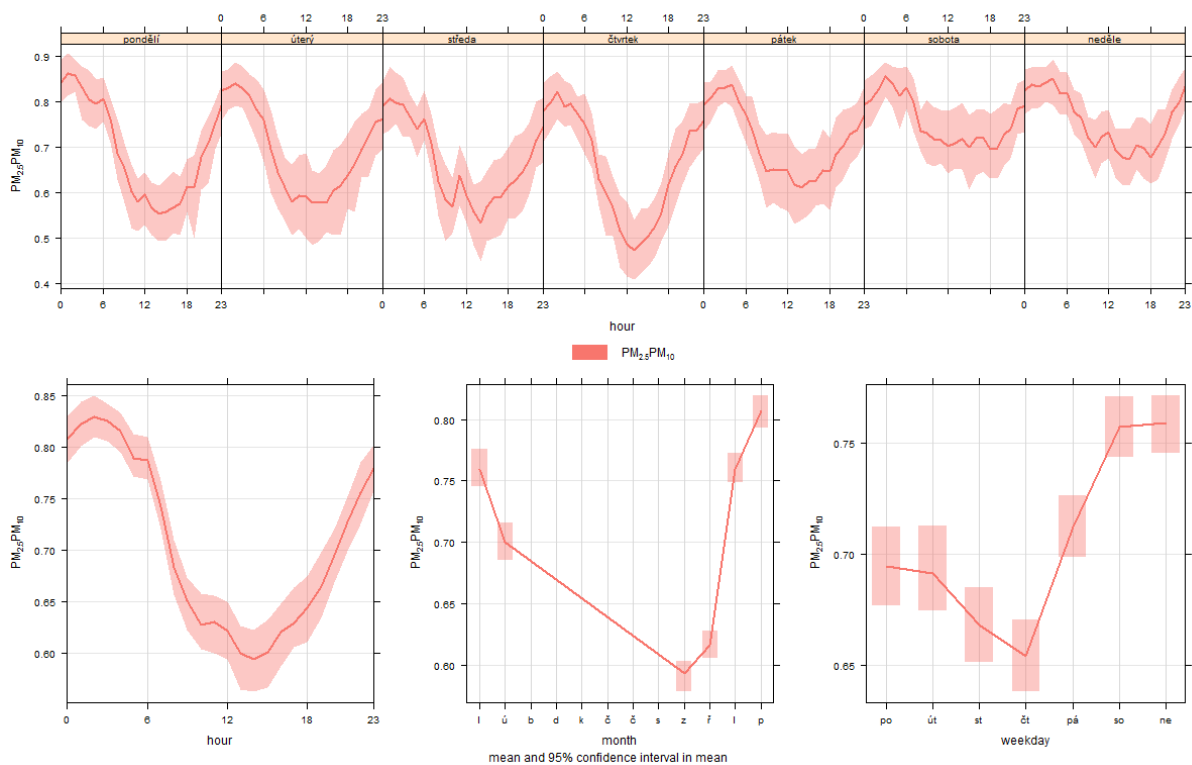
Při srovnání obou sad růžic je patrné, že růžice z dlouhodobějšího období mají rovnoměrnější rozložení poměrů koncentrací  $PM_{2,5}$  a  $PM_{10}$  v jednotlivých směrech větru. U sady růžic za období 2018/2019 je vidět, že ač není rozdíl příliš markantní, v pondělí až pátek jsou v jihovýchodním směru nižší, tedy je z jihovýchodu větší podíl částic  $PM_{10}$ .

Následující tabulka ukazuje průměrné poměry  $PM_{2,5}/PM_{10}$ ,  $PM_1/PM_{10}$  a  $PM_1/PM_{2,5}$  v jednotlivé dny v týdnu jako srovnání období září 2018 až únor 2019 a září až únor, agregace z deseti let 2008-2017.

Tabulka 27 – průměrné poměry mezi jednotlivými frakcemi suspendovaných částic rozdělené podle dní v týdnu. Srovnání období září 2018 až únor 2019 a průměr z deseti let (2008-2017), pouze měsíce září až únor.

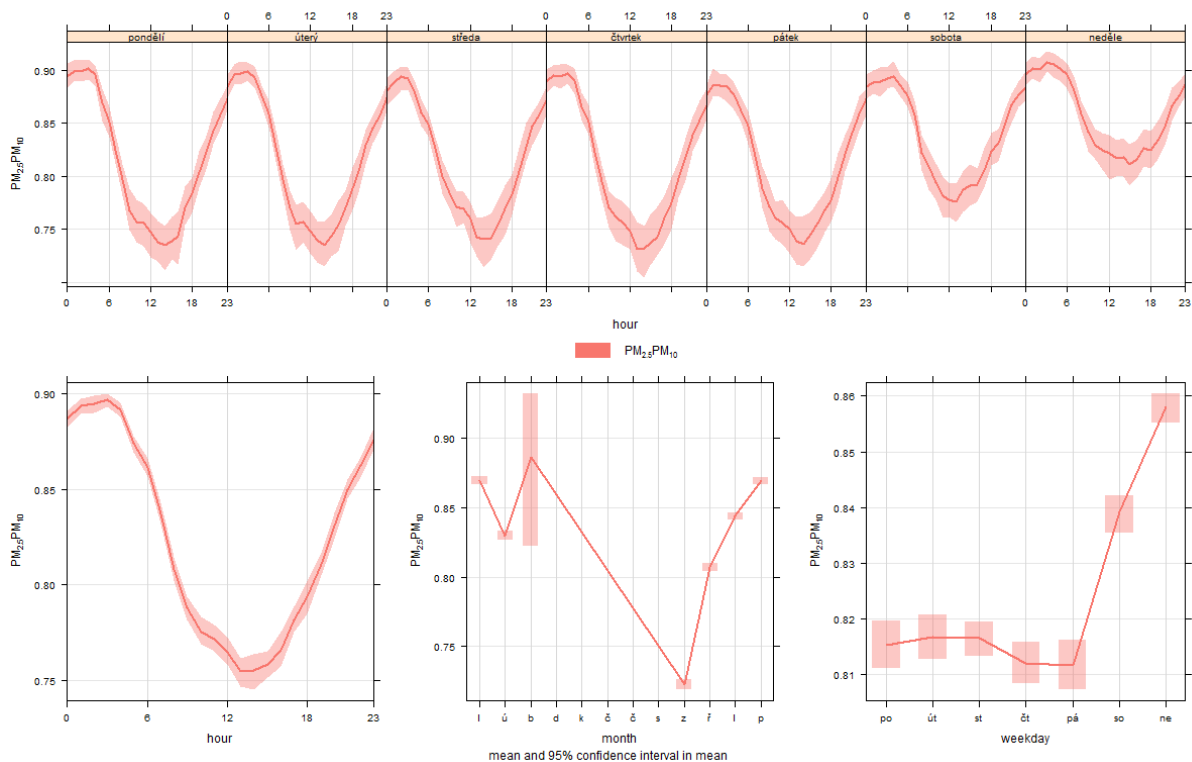
září 2018 – únor 2019				září – únor, 2008-2017		
	PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>2,5</sub>
pondělí	0.69	0.60	0.84	0.76	0.68	0.88
úterý	0.69	0.59	0.83	0.76	0.68	0.88
středa	0.67	0.57	0.82	0.76	0.68	0.87
čtvrtek	0.66	0.57	0.83	0.76	0.67	0.87
pátek	0.71	0.63	0.86	0.76	0.68	0.87
sobota	0.76	0.68	0.87	0.80	0.72	0.89
neděle	0.76	0.68	0.88	0.81	0.73	0.89

Z těchto dat vidíme, že v pracovní dny byl poměr PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> u období 2018/2019 (září až únor) přibližně o 8 % nižší. U víkendových dní to bylo pouze asi 4,5 %. Je tedy patrné, že koncentrace PM<sub>10</sub> se zvyšovalo v poměru k PM<sub>2,5</sub> zejména v pracovní dny. U poměru PM<sub>1</sub>/PM<sub>10</sub> je rozdíl ve všední dny 9 %, ve víkendové dny 4,5 %.



Obrázek 99 - průměrný týdenní hodinový chod poměrů PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> (nahore), průměrný denní chod poměrů PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> (vlevo dole), průměrný roční chod poměrů PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> (dole uprostřed) a průměrné poměry PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> v jednotlivé dny v týdnu (vpravo dole). Vypočteno za září 2018 až únor 2019. Stanice Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

Při pohledu na chody poměrů  $PM_{2,5}/PM_{10}$  za období září 2018 až únor 2019 je dobře patrný rozdíl mezi pracovním dnem a víkendem. V pracovní dny jsou vidět poklesy zejména po ranní špičce a poměr zůstává nižší až do večerních hodin.

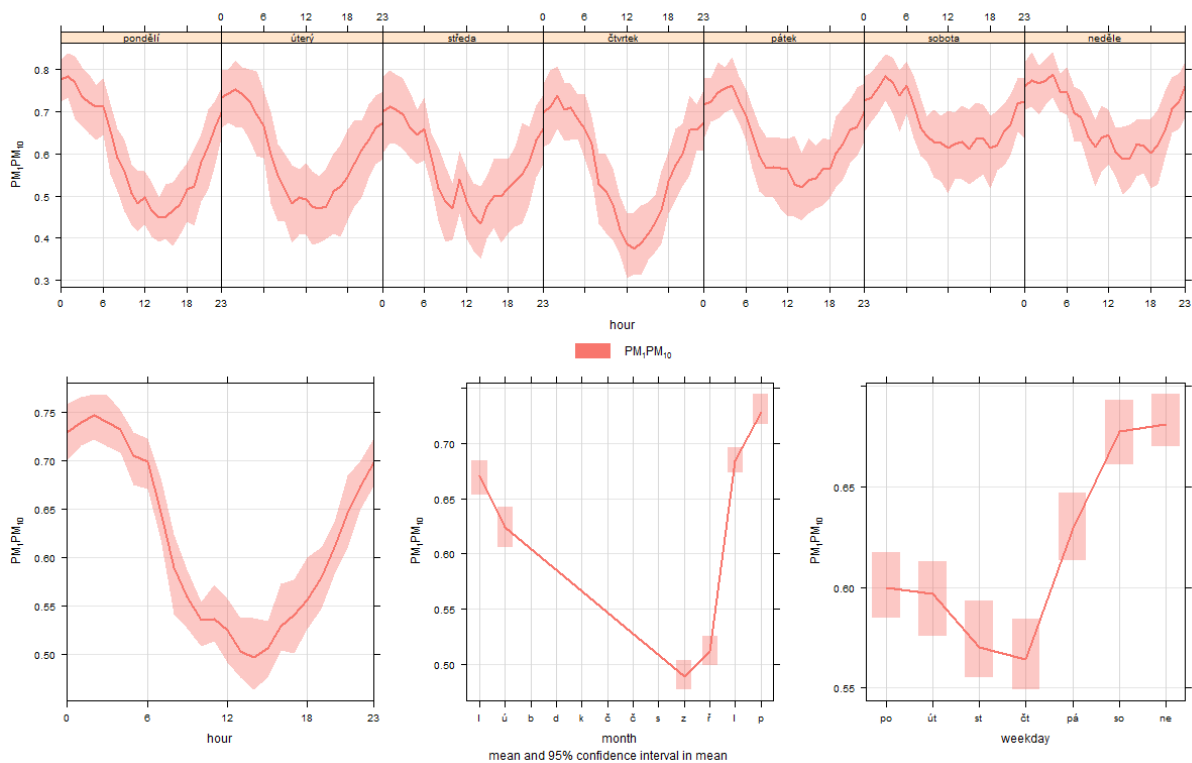


Obrázek 100 - průměrný týdenní hodinový chod poměrů  $PM_{2,5}/PM_{10}$  (nahore), průměrný denní chod poměrů  $PM_{2,5}/PM_{10}$  (vlevo dole), průměrný roční chod poměrů  $PM_{2,5}/PM_{10}$  (dole uprostřed) a průměrné poměry  $PM_{2,5}/PM_{10}$  v jednotlivé dny v týdnu (vpravo dole). Vypočteno za září až únor 2008-2017. Stanice Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

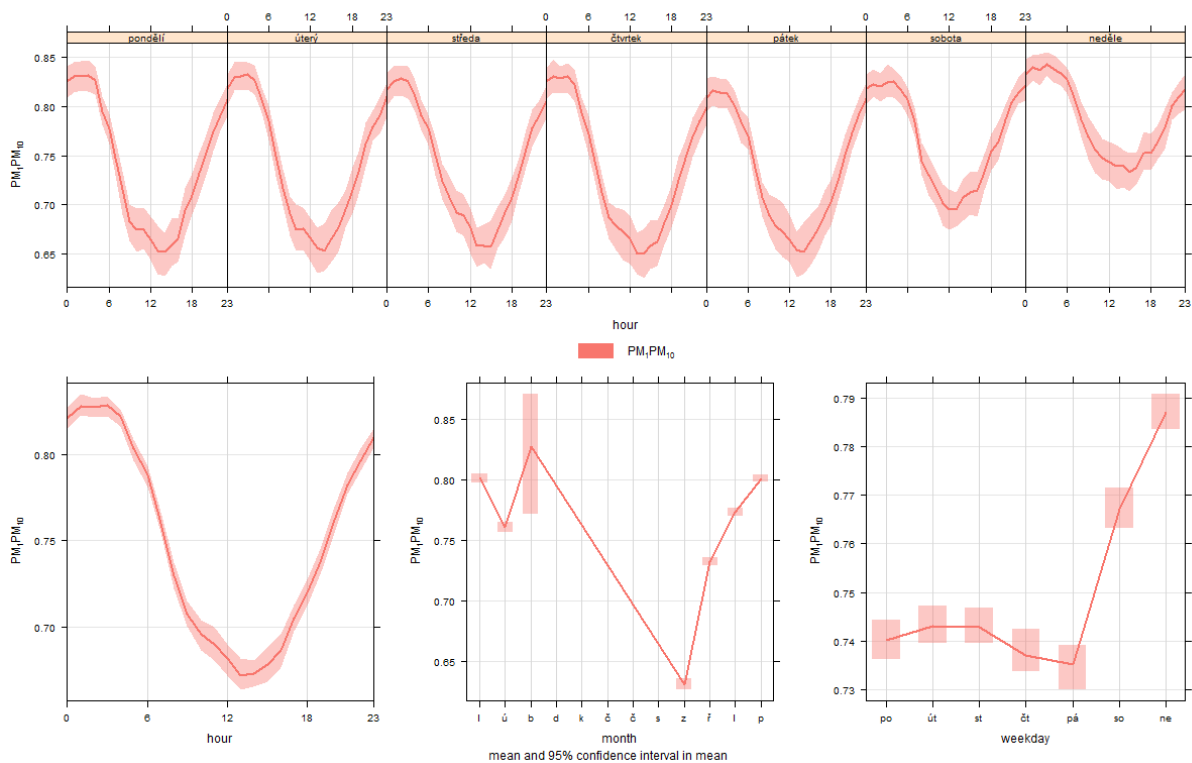
Pokud srovnáme dlouhodobý průměrný chod (září až únor 2008-2017) je vidět, že poklesy poměru  $PM_{2,5}/PM_{10}$  jsou ve všední dny výrazně nižší. Průměrně klesají ze zhruba 0,9 na 0,75. Naopak v případě intervalu září 2018 až únor 2019 dochází k poklesům z přibližně 0,85 na 0,5, i méně.

Jak vypadá srovnání chodů u poměru  $PM_1/PM_{10}$  ukazují následující sady grafů.





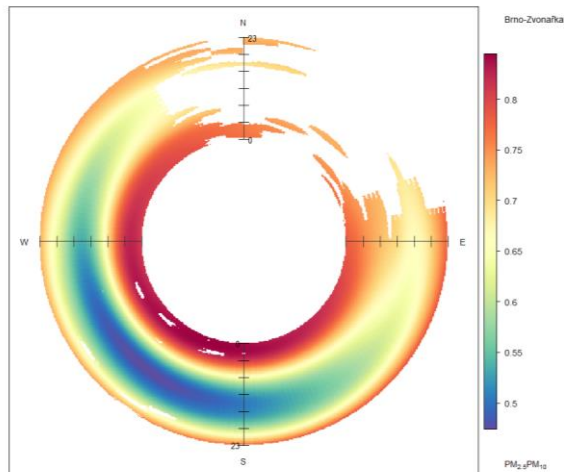
Obrázek 101 - průměrný týdenní hodinový chod poměrů  $PM_1/PM_{10}$  (nahore), průměrný denní chod poměrů  $PM_{2,5}/PM_{10}$  (vlevo dole), průměrný roční chod poměrů  $PM_1/PM_{10}$  (dole uprostřed) a průměrné poměry  $PM_1/PM_{10}$  v jednotlivé dny v týdnu (vpravo dole). Vypočteno za září 2018 až únor 2019. Stanice Brno-Zvonařka. Čas v UTC.



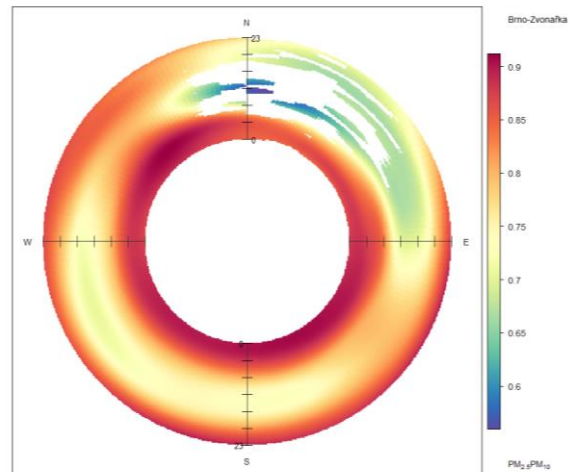
Obrázek 102 - průměrný týdenní hodinový chod poměrů  $PM_1/PM_{10}$  (nahore), průměrný denní chod poměrů  $PM_{2,5}/PM_{10}$  (vlevo dole), průměrný roční chod poměrů  $PM_1/PM_{10}$  (dole uprostřed) a průměrné poměry  $PM_1/PM_{10}$  v jednotlivé dny v týdnu (vpravo dole). Vypočteno za září až únor 2008-2017. Stanice Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

V podstatě lze říci, že se charakteristika chodů a jejich změn v období září 2018 až únor 2019 neliší od změn u poměru  $PM_{2,5}/PM_{10}$ .

Následující anulární koncentrační růžice ukazuje vztah mezi poměrem  $PM_{2,5}/PM_{10}$ , hodinou dne a směrem větru. Srovnány jsou růžice za období září 2018 až únor 2019 a dlouhodobý průměr za období září až únor (2008-2017).

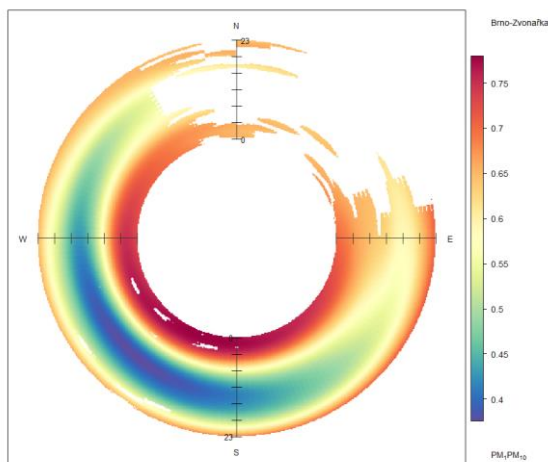


Obrázek 103 – anulární koncentrační růžice zobrazující vztah mezi poměrem  $PM_{2,5}/PM_{10}$ , hodinou dne a směrem větru za období září 2018 až únor 2019 na stanici Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

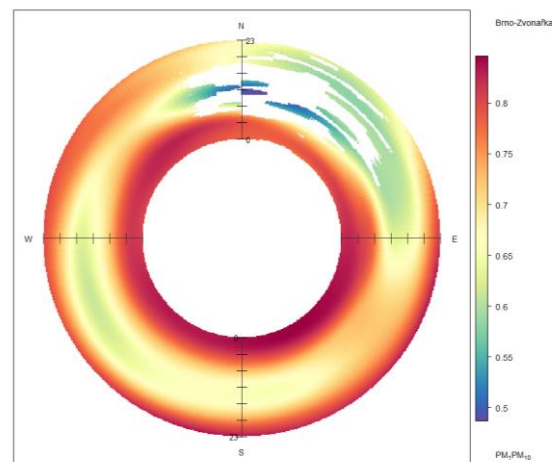


Obrázek 104 - anulární koncentrační růžice zobrazující vztah mezi poměrem  $PM_{2,5}/PM_{10}$ , hodinou dne a směrem větru za období září až únor 2008-2017 na stanici Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

Ze srovnání a škály je patrné, že celkově byl poměr  $PM_{2,5}/PM_{10}$  v období září 2018 až únor 2019 nižší, než je obvyklé. Dále je vidět výrazně vyšší denní amplituda tohoto poměru. Nejnižší pak byl v jihozápadním směru a částečně také jihovýchodním a severozápadním, a to v pozdních odpoledních hodinách.

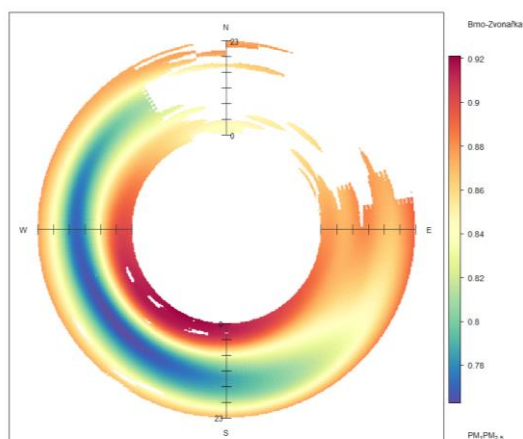


Obrázek 105 – anulární koncentrační růžice zobrazující vztah mezi poměrem  $PM_1/PM_{10}$ , hodinou dne a směrem větru za období září 2018 až únor 2019 na stanici Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

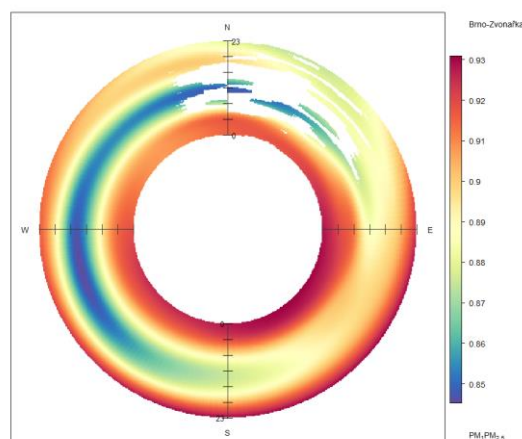


Obrázek 106 - anulární koncentrační růžice zobrazující vztah mezi poměrem  $PM_1/PM_{10}$ , hodinou dne a směrem větru za období září až únor 2008-2017 na stanici Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

Výše uvedené růžice ukazují poměr  $PM_1/PM_{10}$ . Samotný poměr v absolutních číslech je sice odlišný, rozložení a růžice jako takové však vypadají téměř shodně.



Obrázek 107 – anulární koncentrační růžice zobrazující vztah mezi poměrem  $PM_1/PM_{2,5}$ , hodinou dne a směrem větru za období září 2018 až únor 2019 na stanici Brno-Zvonařka. Čas v UTC.



Obrázek 108 - anulární koncentrační růžice zobrazující vztah mezi poměrem  $PM_1/PM_{2,5}$ , hodinou dne a směrem větru za období září až únor 2008-2017 na stanici Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

U srovnání anulárních koncentračních růžic poměru  $PM_1/PM_{2,5}$  je vidět, že k tak výrazné změně jako u zbylých dvou poměrů nedošlo. Růžice jsou si relativně podobné. U dlouhodobé růžice nechybí v takové míře data v severovýchodním směru. To je dáno čistě statisticky, kdy za delší období z daného směru vícekrát foukalo a množství dat bylo dostatečné pro zobrazení těchto poměrů v růžici. U období září 2018 až únor 2019 je vidět nižší poměr v pozdní odpoledne v jihozápadním směru. Zároveň je u dlouhodobé růžice patrný vyšší nárůst poměru v noci a celkově jsou poměry vyšší, než za období září 2018 až únor 2019.

## SOUHRN



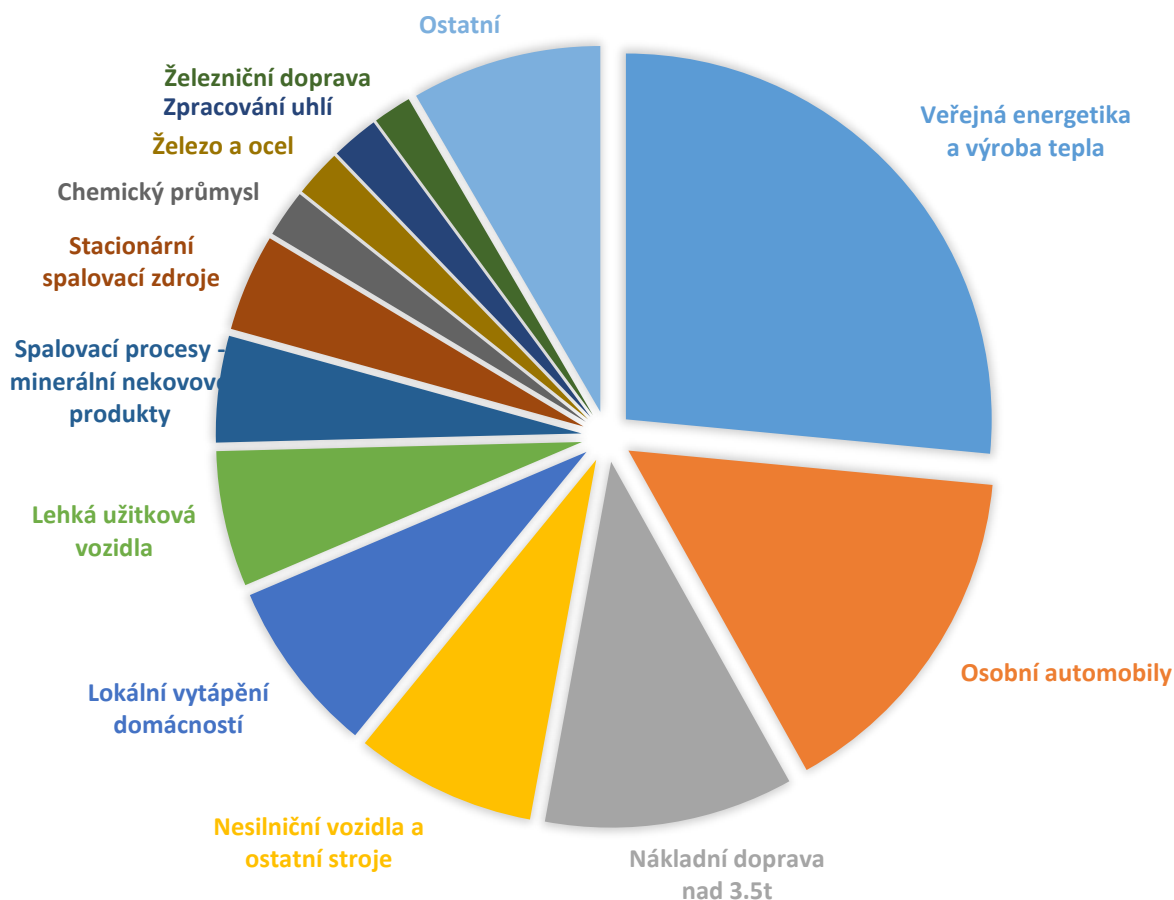
- **poměry a změny poměrů mezi koncentracemi jednotlivých frakcí PM přispívají k identifikaci zdrojů** a jsou dobrým ukazatelem potenciálních změn těchto zdrojů
- z výsledků je jednoznačně patrné, že **nejvíce se měnily koncentrace frakce PM<sub>10</sub>**. U této frakce došlo k výraznému nárůstu průměrných koncentrací ve sledovaném období, ale u frakcí PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> takovýto nárůst zaznamenán nebyl.
- při plošném znečištění koncem ledna 2019 došlo k poměrovému zvýšení koncentrací všech frakcí. V jiné dny s velmi vysokými koncentracemi PM<sub>10</sub> lokálně pouze na této stanici však u ostatních frakcí ke zvýšení nedocházelo.
- poměry mezi částicemi se od dlouhodobého průměru odlišovaly **zejména v pracovní dny** (přibližně dvojnásobně více než o víkendu). Navíc byl poměr částic PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub> nejnížší (tedy nejvyšší podíl větších částic) **v denní dobu a naopak nejnížší v noci**.
- výše uvedené informace **podporují závěr, že za vysoké koncentrace PM<sub>10</sub> můžou stavební práce v okolí**, které jsou zdrojem především větších částic frakce PM<sub>10</sub> (nárůst u jiných frakcí nebyl pozorován), což se projevuje především ve všední dny a denní dobu, kdy tyto práce primárně probíhají a kdy je v okolí stanice intenzivní doprava, která kromě vlastní produkce PM výrazně přispívá k vysokým koncentracím resuspence (vířením) částic ze stavby na vozovce.

## OXIDY DUSÍKU

V kontextu kvality ovzduší se jako oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) označuje součet koncentrací oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>). Vzhledem k faktu, že NO je přechodný meziprodukt a rychle oxiduje mj. na NO<sub>2</sub>, jsou koncentrace NO<sub>x</sub> závislé především na koncentracích NO<sub>2</sub>.

Dle nejnovější emisní bilance z roku 2016 je v České republice hlavním zdrojem NO<sub>x</sub> v ovzduší kategorie Doprava (osobní automobily 15,4 %, nákladní vozy nad 3,5 t 11,0 %, lehká užitková vozidla 6,0 %, nesilniční vozidla a ostatní stroje 8,0 %), dále Veřejná energetika a výroba tepla (26,5 %) a Lokální vytápění domácností (7,7 %).

Následující koláčový graf ukazuje hlavní zdroje znečištění ovzduší oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>, počítáno jako součet koncentrací NO<sub>2</sub> a NO) v České republice. Do zprávy byla použita nejnovější dostupná data o emisích, tedy z roku 2016.



Obrázek 109 – podíl sektorů NFR na celkových emisích NO<sub>x</sub> v České republice, rok 2016

Z dat tedy vidíme, že hlavním zdrojem NO<sub>x</sub> v České republice je doprava. Společný podíl vlivu osobních automobilů, nákladní dopravy, nesilničních vozidel a ostatních strojů a lehkých užitkových vozidel byl v roce 2016 40,4 %. Veřejná energetika a výroba tepla se podílela 26,5 % a lokální vytápění domácností 7,7 %.

## OXID DUSIČITÝ (NO<sub>2</sub>)

Oxid dusičitý je v čisté plynné formě červenohnědý a silně agresivní a jedovatý.

Měření oxidu dusičitého je založeno na chemiluminiscenci. Koncentrace tohoto plynu jsou zjišťovány sekundárně z rozdílu mezi koncentracemi oxidu dusnatého (NO) a oxidů dusíku (NO<sub>x</sub> = NO + NO<sub>2</sub>).

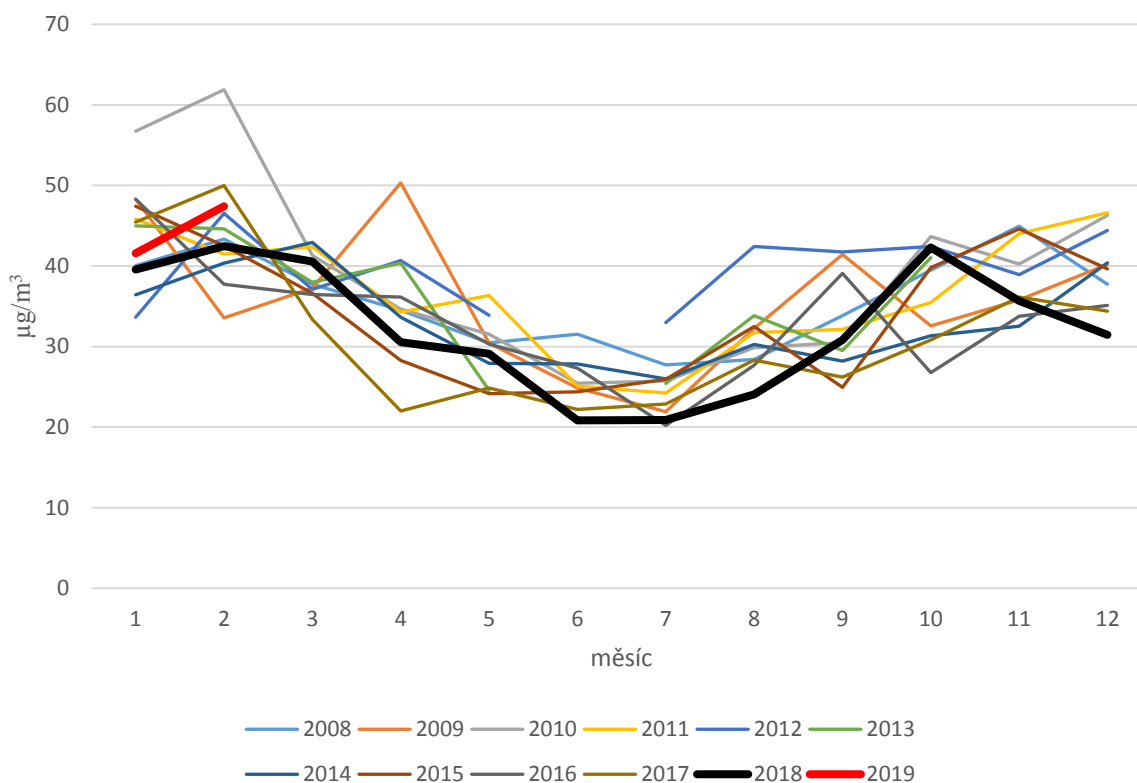
Nejvýznamnějším zdrojem oxidu dusičitého je doprava a v menší míře průmysl a domácnosti (WHO, 2006). Vzniká oxidací vzdušného dusíku za vysokých teplot ve spalovacích motorech. Patří na seznam plynů podílejících se na tvorbě nežádoucích kyselých dešťů (Koumar, S., 2017). Navíc spolu s kyslíkem a těkavými organickými látkami (VOC) reaguje za vzniku přízemního ozonu, polutantu, který může ve vysokých koncentracích vyvolat fotochemický smog. Působení NO<sub>2</sub> bývá spojováno se zvýšením celkové, kardiovaskulární a respirační úmrtnosti (SZÚ, 2016).

Tabulka 28 - imisní limity pro oxid dusičitý

Perioda	imisní limit
1h průměrná koncentrace	200 µg/m <sup>3</sup> max. 18 překročení / rok
roční průměrná koncentrace	40 µg/m <sup>3</sup>

## POPIS SITUACE

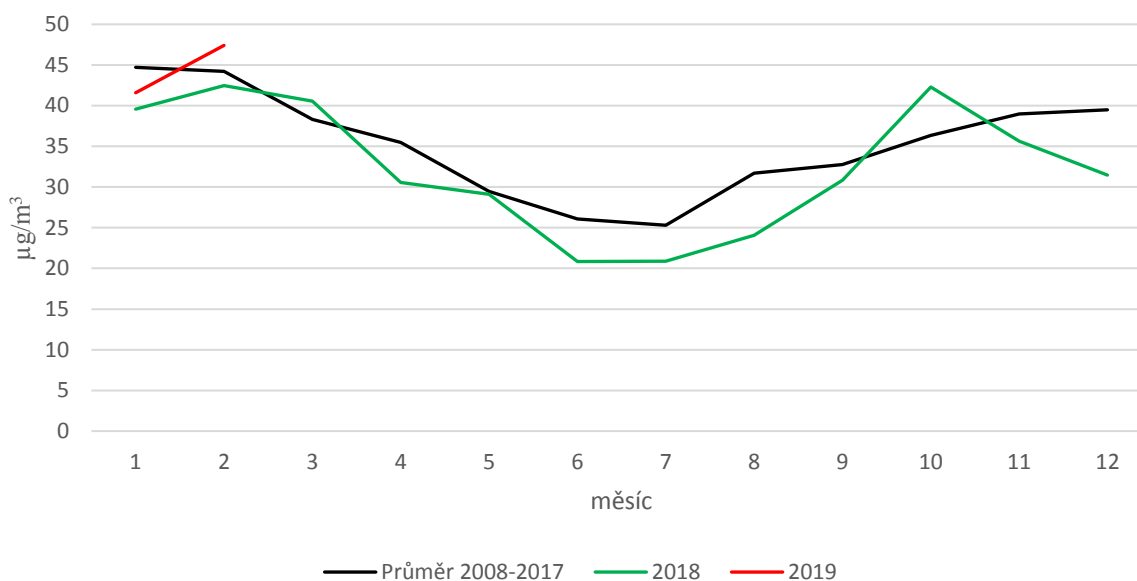
Následující graf ukazuje průměrné měsíční koncentrace oxidu dusičitého v období leden 2008 až únor 2019.



Obrázek 110 – průměrné měsíční koncentrace  $\text{NO}_2$  v období 2008 až 2019 (leden až únor) na stanici Brno-Zvonařka.

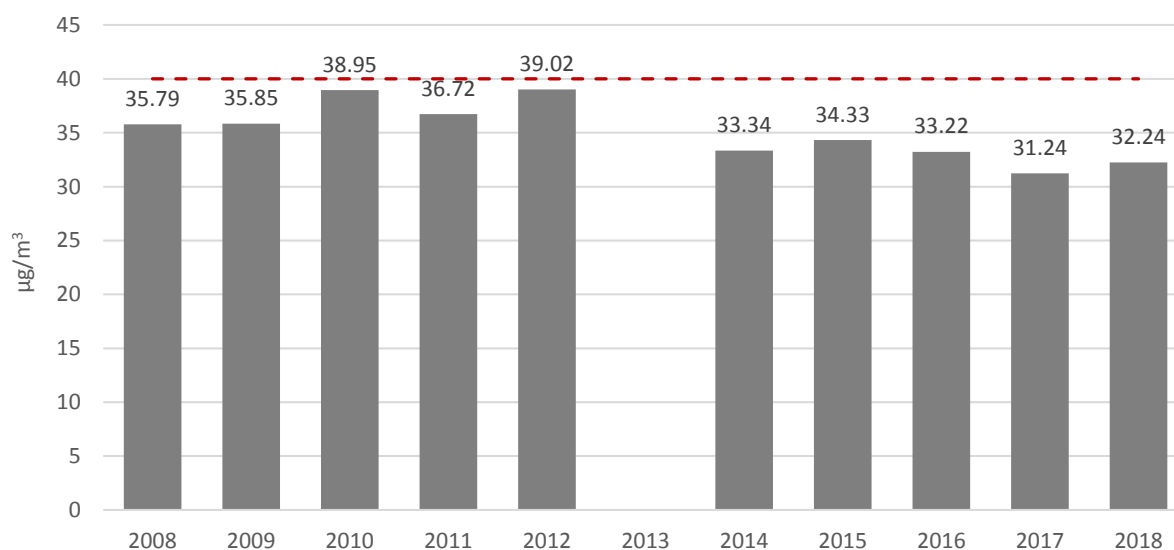
Z grafu je patrné, že průměrné měsíční koncentrace  $\text{NO}_2$  byly v roce 2018 přibližně do června průměrné, následně v letní měsíce podprůměrné, nadprůměrné v říjnu a v listopadu a prosinci opět podprůměrné. V červnu 2018 byl měsíční průměr koncentrace  $\text{NO}_2$  vůbec nejnižší od roku 2008. V červenci nepatrně vyšší než nejnižší průměr z roku 2016. Nejlépe koncentrace v roce 2018 a lednu a únoru roku 2019 v kontextu dlouhodobého průměru ilustruje následující graf. Ten ukazuje průměrné měsíční koncentrace  $\text{NO}_2$  v roce 2018 a lednu a únoru 2019 a průměry pro jednotlivé měsíce z desetiletého období 2008 až 2017. Na rozdíl od typického ročního chodu koncentrací suspendovaných částic, není u  $\text{NO}_2$  tak patrný rozdíl mezi teplou a chladnou částí roku. V zimě jsou obecně koncentrace  $\text{NO}_2$  vyšší, což je dáno obecně vyšší četností nepříznivých rozptylových podmínek. Hlavním zdrojem  $\text{NO}_2$  však není lokální vytápění, tak jak je tomu u suspendovaných částic, které má vliv pouze v topné sezóně, jedním z hlavních zdrojů je doprava, která ovlivňuje kvalitu ovzduší po celý rok.





Obrázek 111 – měsíční průměrné koncentrace NO<sub>2</sub> na stanici Brno-Zvonařka za rok 2018, leden a únor roku 2019 a desetiletý průměr 2008-2017.

Následující graf ukazuje roční průměrné koncentrace NO<sub>2</sub> včetně vyznačení hodnoty ročního imisního limitu 40 µg/m<sup>3</sup>.

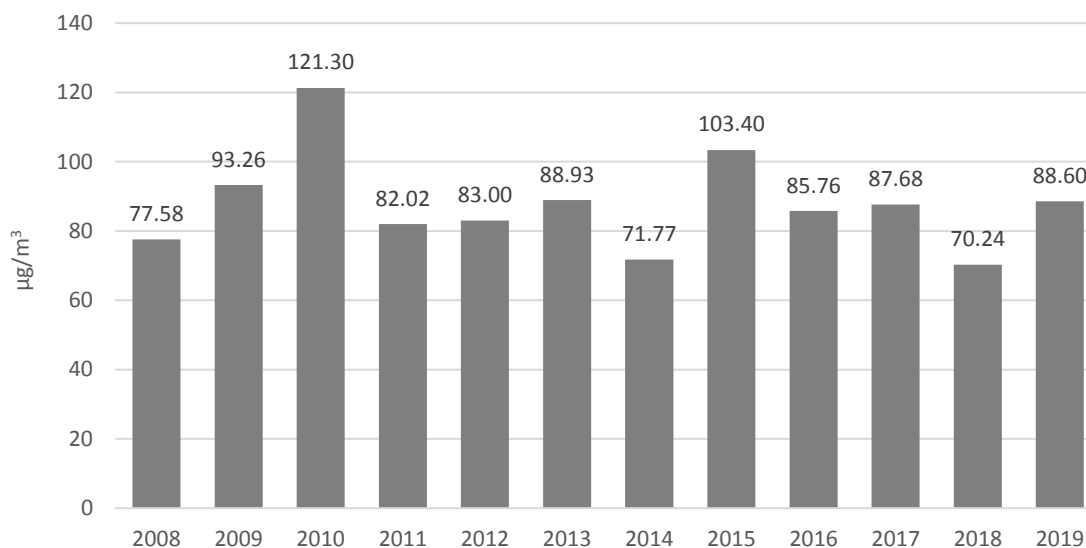


Obrázek 112 – roční průměrné koncentrace NO<sub>2</sub> na stanici Brno-Zvonařka v období 2008 až 2018.

Z grafu ročních průměrných koncentrací je vidět, že koncentrace od roku 2008 v ročním průměru víceméně stagnují, nebo se velmi nepatrně snižují. Hodnota ročního imisního limitu 40 µg/m<sup>3</sup> nebyla od roku 2008 překročena ani jednou<sup>6</sup>, ale v letech 2010 a 2012 se roční průměry této hodnotě velmi přiblížily (38,95 µg/m<sup>3</sup> a 39,02 µg/m<sup>3</sup>). Naopak nejnižší byla roční průměrná koncentrace NO<sub>2</sub>

<sup>6</sup> není k dispozici roční průměr za rok 2013, kdy není k dispozici dostatečné množství dat pro výpočet ročního průměru (90 %).

v roce 2017 a to 31,24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Následující graf ukazuje maximální průměrné denní koncentrace  $\text{NO}_2$  v jednotlivých letech. U roku 2019 je započítán pouze leden a únor.



Obrázek 113 – maximální průměrné denní koncentrace  $\text{NO}_2$  v jednotlivých letech 2008 až 2019. U roku 2019 jsou zahrnuty pouze měsíce leden a únor.

Z grafu je patrné, že vůbec nejvyšší průměrná denní koncentrace  $\text{NO}_2$  na Zvonařce v období 2008 až 2019 byla pozorována v roce 2010 a to 121,30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Naopak nejnižší maximální denní průměrná koncentrace  $\text{NO}_2$  byla naměřena v roce 2018 a to 70,24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

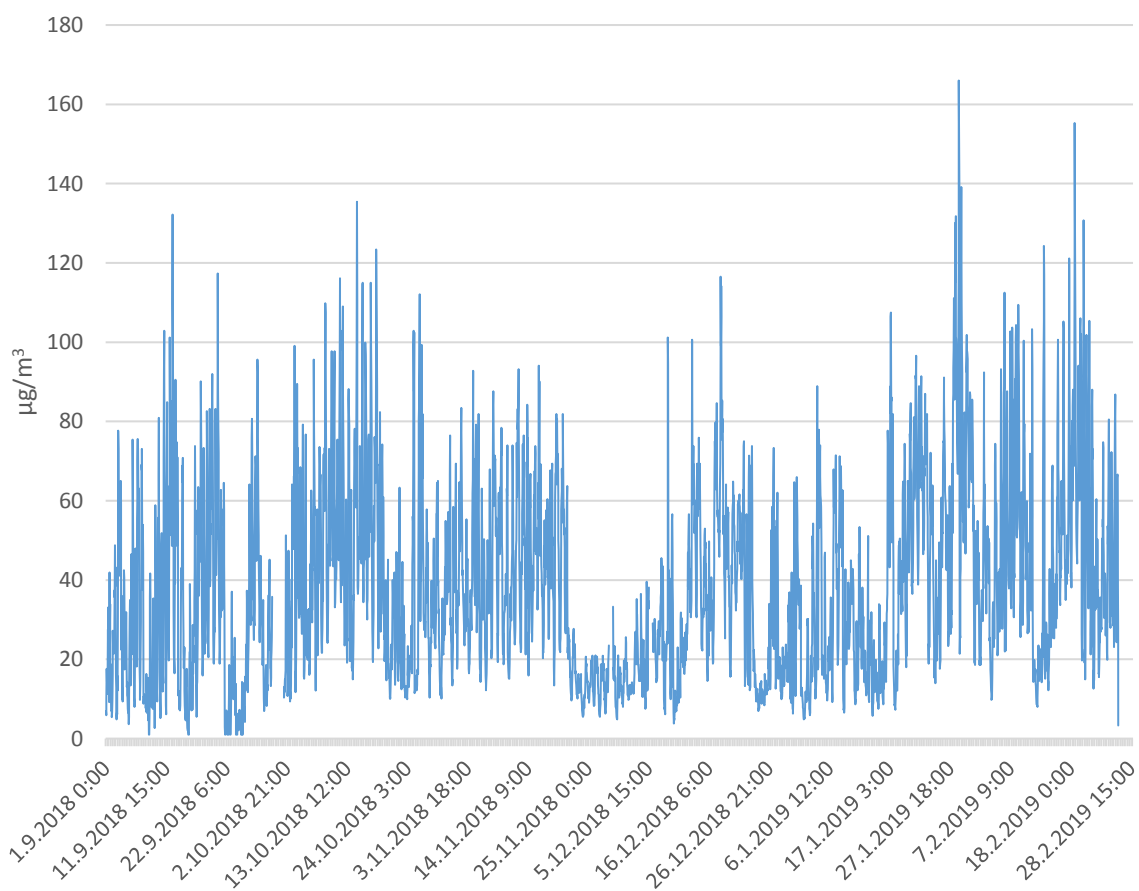
Pro  $\text{NO}_2$  je kromě ročního imisního limitu platný také imisní limit hodinový. Jeho hodnota je 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a limit se považuje za překročený, pokud dojde k překročení více než 3x za rok. Za období leden 2008 až únor 2019 byla hodnota 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  v hodinovém průměru překročena pouze 6x, jak ukazuje tabulka níže.

Tabulka 29 – hodiny, kdy byla na stanici Brno-Zvonařka v období leden 2008 až únor 2019 překročena hodnota hodinového imisního limitu pro koncentrace  $\text{NO}_2$  (200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

	koncentrace $\text{NO}_2$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
6. 3. 2009 5:00-6:00 UTC	247,9
3. 2. 2010 16:00-17:00 UTC	246,8
6. 3. 2009 6:00-7:00 UTC	222,1
3. 2. 2010 17:00-18:00 UTC	214,8
23. 2. 2010 6:00-7:00 UTC	208,5
3. 2. 2010 18:00-19:00 UTC	200,5

Z tabulky je vidět, že pouze v roce 2010 došlo k překročení hodinového imisního limitu NO<sub>2</sub> (4 překročení, maximální počet povolených překročení je 3). Ke dvěma překročením došlo v roce 2009. Od roku 2011 k žádnému překročení hodinového imisního limitu NO<sub>2</sub> nedošlo. V roce 2018 byla naměřena minimální maximální hodinová koncentrace NO<sub>2</sub> od roku 2008, 135.4 µg/m<sup>3</sup>.

Následující graf ukazuje celkový průběh hodinových koncentrací NO<sub>2</sub> v období září 2018 až únor 2019.



Obrázek 114 – průběh hodinových koncentrací NO<sub>2</sub> v období od září 2018 do února 2019 na stanici Brno-Zvonařka.

Celé období září 2018 až únor 2019 má 181 dní. Z toho v 79 případech byly průměrné denní koncentrace NO<sub>2</sub> nadprůměrné pro daný kalendářní den (43,6 %). Maximum pro daný kalendářní den od roku 2008 bylo zaznamenáno v 16 případech (8,84%).

Tabulka 30 – počet dní v období září 2018 až únor 2019, kdy byly koncentrace NO<sub>2</sub> nadprůměrné a počet dní, kdy byla v tomto období v konkrétní kalendářní den naměřena maximální koncentrace NO<sub>2</sub>.

	nadprůměrné dny		dny s historickým maximem	
září 2018	12	40,00 %	2	6,67 %
říjen 2018	18	60,00 %	9	29,03 %
listopad 2018	15	50,00 %	0	0,00 %
prosinec 2018	9	29,03 %	0	0,00 %
leden 2019	11	35,48 %	3	9,68 %
únor 2019	14	53,85 %	2	7,14 %
<b>celkem</b>	<b>79</b>	<b>43,65 %</b>	<b>16</b>	<b>8,84 %</b>

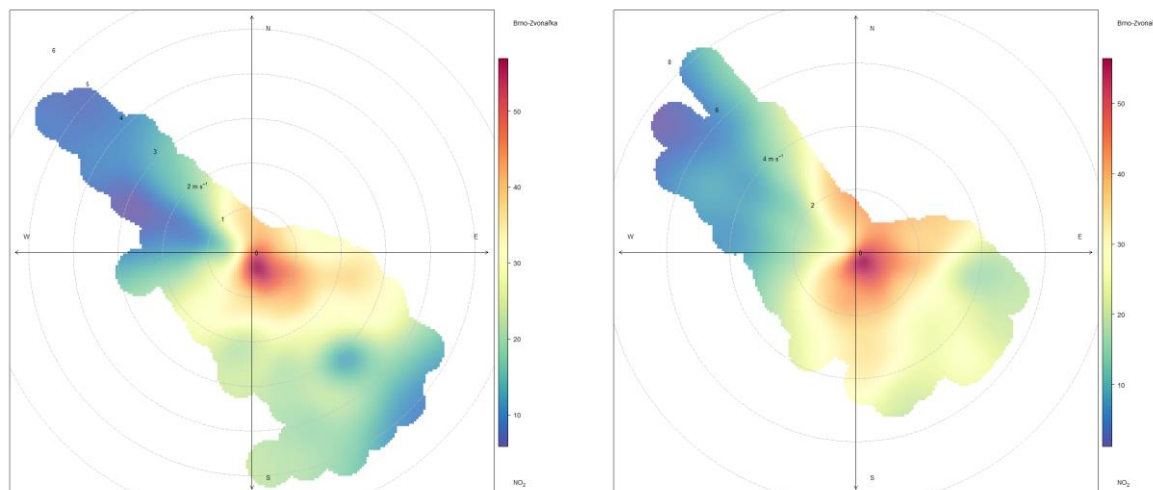
Níže je uveden přehled dní, kdy bylo pozorováno maximum (od roku 2008) pro daný kalendářní den v období září 2018 až únor 2019.

Tabulka 31 - přehled dní, ve kterých bylo v období od 1. září 2018 do 28. února 2019 naměřeno historické maximum koncentrace NO<sub>2</sub> (od 1. 1. 2008) pro daný kalendářní den (v časové řadě od roku 2008). Uvedeno je původní maximum, nové maximum a rozdíl v absolutní hodnotě (μg/m<sup>3</sup>) a procentuálně.

Den	původní maximum [μg/m <sup>3</sup> ]	nové maximum [μg/m <sup>3</sup> ]	rozdíl [μg/m <sup>3</sup> ]	rozdíl [%]
12. 9.	103,9	132,2	28,33	127,3
20. 9.	97,7	117,3	19,55	120,0
7. 10.	93,9	95,6	1,68	101,8
9. 10.	98,9	109,8	10,90	111,0
12. 10.	115,2	116,1	0,9	100,8
13. 10.	84,6	88,2	3,65	104,3
15. 10.	91,2	135,4	44,2	148,5
16. 10.	98,7	115,0	16,29	116,5
17. 10.	109,2	115,0	5,77	105,3
18. 10.	92,2	123,4	31,20	133,8
26. 10.	92,8	112,1	19,32	120,8
17. 1.	102,5	107,5	5,00	104,9
27. 1.	128,7	131,8	3,06	102,4
28. 1.	122,4	166,0	43,57	135,6
8. 2.	102,3	109,4	7,06	106,9
18. 2.	136,6	155,3	18,72	113,7

Z tabulky je patrné, že co se nových maxim pro daný kalendářní den týče, bylo období s nejvyššími koncentracemi kolem poloviny října. Naopak ani jednou nebylo zaznamenáno maximum pro daný kalendářní den v listopadu a prosinci.

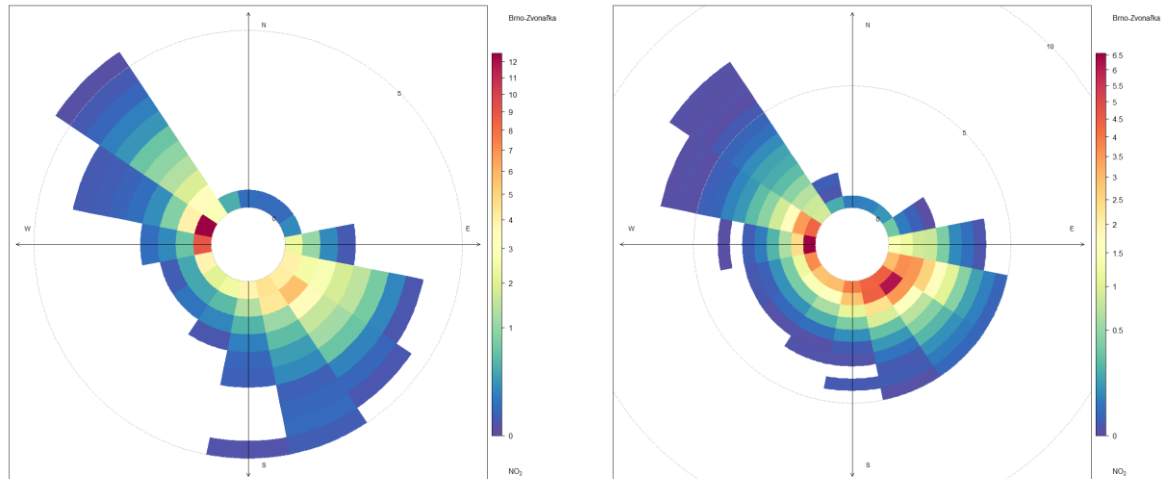
Následující koncentrační růžice ukazuje vztah mezi koncentrací NO<sub>2</sub>, směrem a rychlostí větru. První růžice zahrnuje období září 2018 až únor 2019, druhá růžice je agregovaná za desetileté období 2008 až 2017, se zahrnutím pouze měsíců září až únor pro účely srovnání s periodou zájmu.



Obrázek 115 – koncentrační růžice reprezentující vztah mezi koncentrací NO<sub>2</sub> a směrem a rychlostí větru, stanice Brno-Zvonařka. Vlevo růžice za období září 2018 až únor 2019, vpravo za desetileté období 2008 až 2017, se zahrnutím pouze měsíců září až únor.

Obě růžice jsou si na první pohled velmi podobné. Je patrné, že nejvyšší koncentrace NO<sub>2</sub> jsou na stanici měřeny při jihovýchodním proudění a nízkých rychlostech větru. Naopak nejnižší při severozápadním proudění a vyšších rychlostech větru. Škály obou růžic shodně končí na 50 µg/m<sup>3</sup>. Rozdíl je pouze u vyšších rychlostí větru a jihovýchodního proudění, tady jsou vidět vyšší hodnoty u dlouhodobější růžice, to ale může být dáno statisticky – u růžice za delší období se vyskytlo statisticky více situací s daným směrem a rychlostí větru. U růžice za kratší období bylo takovýchto situací méně a průměr je vypočítaný z průměrně 10x nižšího počtu hodnot.

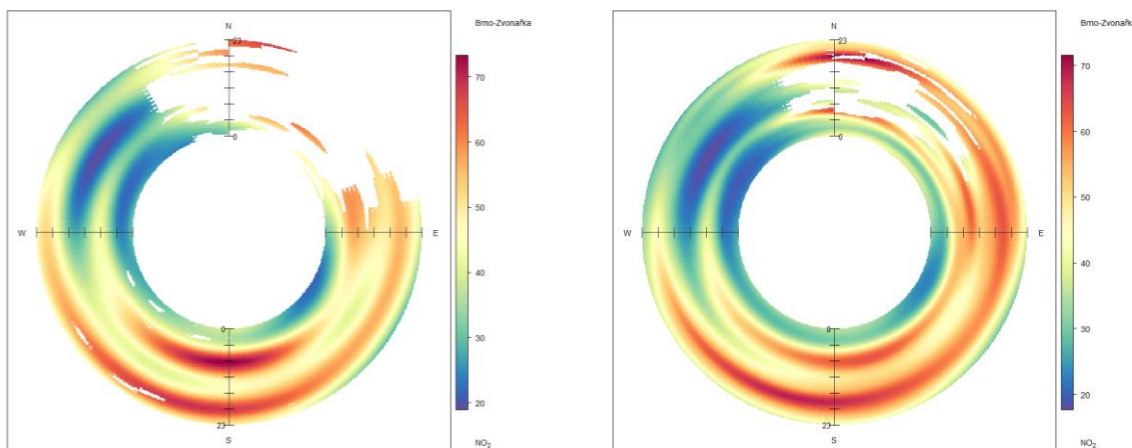
Následující obrázky ukazují vážené koncentrační růžice pro NO<sub>2</sub> na stanici Brno-Zvonařka, vyjadřující vztah mezi směrem větru, koncentrací NO<sub>2</sub> a příspěvkem k celkové průměrné koncentraci. Růžice vlevo je za období září 2018 až únor 2019, druhá za agregované desetileté období 2008 až 2017 se započítáním pouze měsíců září až únor.



Obrázek 116 – vážené koncentrační růžice reprezentující vztah mezi koncentrací  $\text{NO}_2$ , směrem větru a příspěvkem k celkovému průměru, stanice Brno-Zvonařka. Vlevo růžice za období září 2018 až únor 2019, vpravo za desetileté období 2008 až 2017, se zahrnutím pouze měsíců září až únor.

U růžice vlevo k celkové průměrné koncentraci  $\text{NO}_2$  nejvíce přispívá severozápadní směr při nízkých rychlostech větru. Podíl této kombinace směru a rychlosti větru na celkové koncentraci  $\text{NO}_2$  je přibližně 12 %. U dlouhodobé růžice je podíl nejvyšší ze západního směru při nízké rychlosti větru, přibližně 6,5 %. Vyšší podíl je také v jihovýchodním směru, ve srovnání s růžicí za období září 2018 až únor 2019. Tento rozdíl je s velkou pravděpodobností dán faktem, že pokud se podíváme na větrné růžice z obou období, uvidíme, že v období září 2018 až únor 2019 bylo dominantní právě severozápadní proudění, naopak u agregované větrné růžice z období září až únor 2008 až 2017 dominuje právě proudění západní. Příspěvek v daném směru se tedy při vyšší frekvenci k celkovému průměru nasčítá.

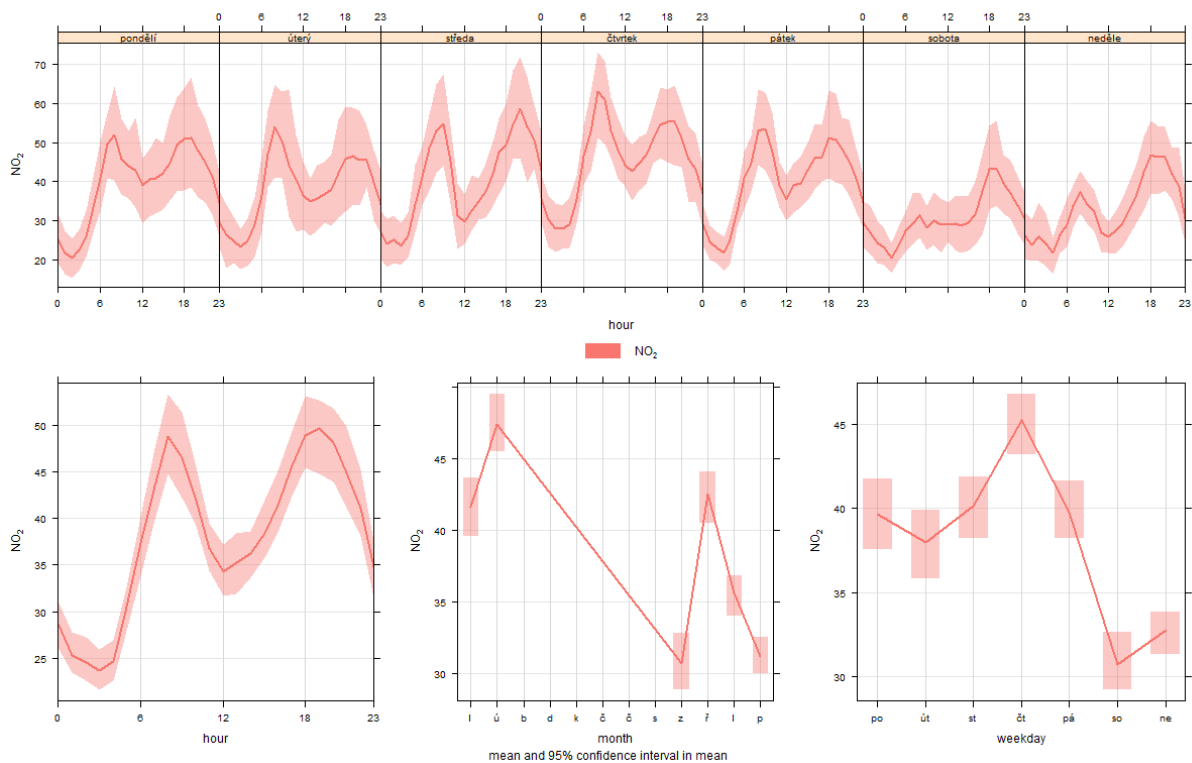
Jak to vypadá s rozložením koncentrací  $\text{NO}_2$  během dne ukazují anulární koncentrační růžice níže. Zcela u středu je půlnoc, na okraji pak konec dne.



Obrázek 117 - anulární koncentrační růžice reprezentující vztah mezi koncentrací  $\text{NO}_2$ , směrem větru a hodinou dne (UTC), stanice Brno-Zvonařka. Vlevo anulární růžice za období září 2018 až únor 2019, vpravo za desetileté období 2008 až 2017, se zahrnutím pouze měsíců září až únor.

Na růžici vlevo za období září 2018 až únor 2019 je dobře patrné, že nejvyšší koncentrace  $\text{NO}_2$  jsou zaznamenávány z jihozápadu až jihovýchodu a během dne se vyskytují dvě hlavní špičky koncentrací  $\text{NO}_2$ . Jedna po ranní dopravní špičce, druhá po odpolední. Totožný průběh vykazuje i dlouhodobá anulární růžice vpravo. Od růžice vlevo se prakticky liší pouze kompletnějšími daty v severovýchodním směru. Z tohoto směru fouká velmi zřídka, primárně vzhledem k okolí stanice, kde na severovýchodu je vyšší budova Městského úřadu Šlapanice. Vzhledem k tomu, že je růžice vpravo zkonstruována z desetkrát delšího období, je logické, že zde bylo více situací s tímto směrem větru a to v některých oblastech růžice je dostačující k zobrazení patřičné barvy. Škála obou růžic končí na  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

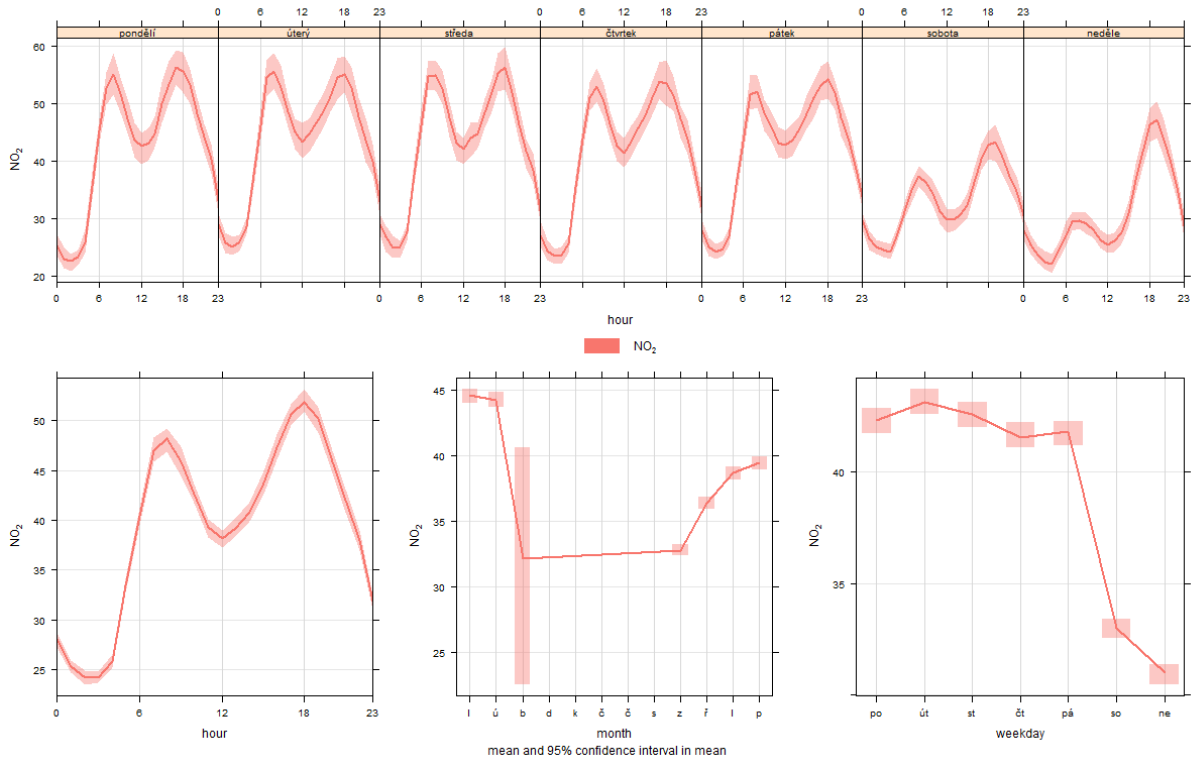
Následující soubor grafů ukazuje průběh  $\text{NO}_2$  v týdenním, měsíčním a hodinovém chodu a to jak za období září 2018 až únor 2019, tak období září až únor, agregace desetileté periody 2008 až 2017.



Obrázek 118 - průměrný týdenní hodinový chod koncentrací NO<sub>2</sub> (nahore), průměrný denní chod koncentrací NO<sub>2</sub> (vlevo dole), průměrný roční chod koncentrací NO<sub>2</sub> (dole uprostřed) a průměrné koncentrace NO<sub>2</sub> v jednotlivé dny v týdnu (vpravo dole). Vypočteno za září 2018 až únor 2019. Stanice Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

V týdenním chodu s hodinovým rozlišením je vidět rozdíl mezi pracovním dnem a víkendem. O víkendu prakticky chybí ranní špička, odpolední vidět je, ale je dosahováno nižších koncentrací, než je průměr v pracovním dni. Obě denní špičky ukazuje nejlépe graf vlevo dole. Je vidět, že se v průměru hodnota obou píků prakticky neliší a v období září 2018 až únor 2019 dosahovala 50 µg/m<sup>3</sup>. Na grafu vpravo dole pak vidíme rozdíly mezi jednotlivými dny v týdnu. Nejvyšší koncentrace NO<sub>2</sub> byly v průměru pozorovány ve čtvrtek, ostatní pracovní dny mají průměry podobné. Nejnižší průměr byl naměřen v sobotu a v neděli, kdy byl o trochu vyšší, ale stále výrazně nižší, než kterýkoliv pracovní den.





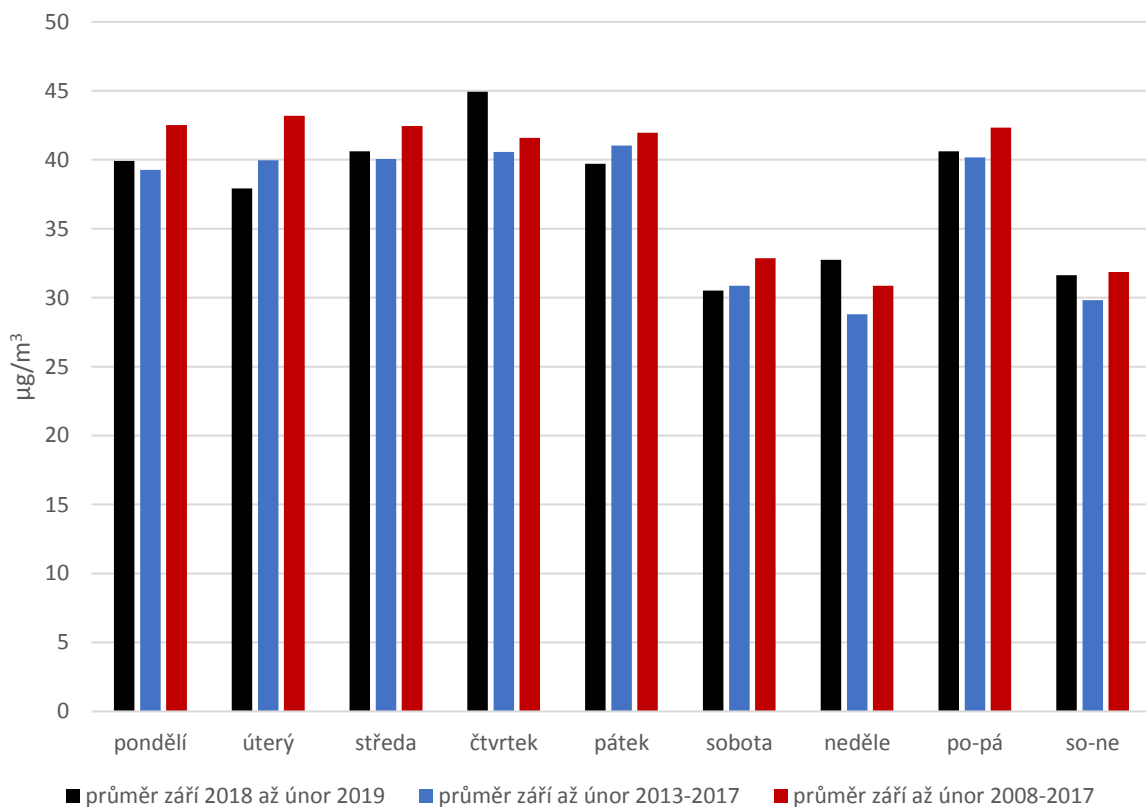
Obrázek 119 - průměrný týdenní hodinový chod koncentrací  $\text{NO}_2$  (nahore), průměrný denní chod koncentrací  $\text{NO}_2$  (vlevo dole), průměrný roční chod koncentrací  $\text{NO}_2$  (dole uprostřed) a průměrné koncentrace  $\text{NO}_2$  v jednotlivé dny v týdnu (vpravo dole). Vypočteno za září až únor 2008-2017. Stanice Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

Graf za desetileté období září až únor 2008-2017 je podobný předchozím průběhům ze šestiměsíčního období, ale v některých aspektech se odlišuje. Na grafu vlevo dole je vidět, že v průměru je během ranní špičky dosahováno nižších hodnot než u odpolední. Rozdíl není velký, ale u předchozí šestiměsíční periody je víceméně nulový. Ranní špička dosahuje jen přibližně  $47,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Je však nutné vzít také v potaz nižší rozptyl vzhledem k většímu množství dat. U grafů za období září 2018 až únor 2019 je rozptyl vyšší, a tedy nelze s jistotou říci, že jsou oba grafy rozdílné. O víkendu jsou stejně jako u předchozího souboru grafů koncentrace  $\text{NO}_2$  výrazně nižší, než v pracovní den. Rozdíly v průměrných koncentracích v jednotlivé dny v týdnu ilustruje následující tabulka a graf.

Tabulka 32 – průměrné koncentrace  $\text{NO}_2$  v jednotlivé dny v týdnu a průměr za po-pá a so-ne, období září 2018 až únor 2019 ve srovnání s obdobím září až únor 2013-2017 a 2008-2017. Stanice Brno-Zvonařka.

	průměr září 2018 až únor 2019 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	průměr září až únor 2013-2017 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	průměr září až únor 2008-2017 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
pondělí	39,92	39,27	42,52
úterý	37,93	39,97	43,19
středa	40,62	40,05	42,46
čtvrtek	44,93	40,57	41,59

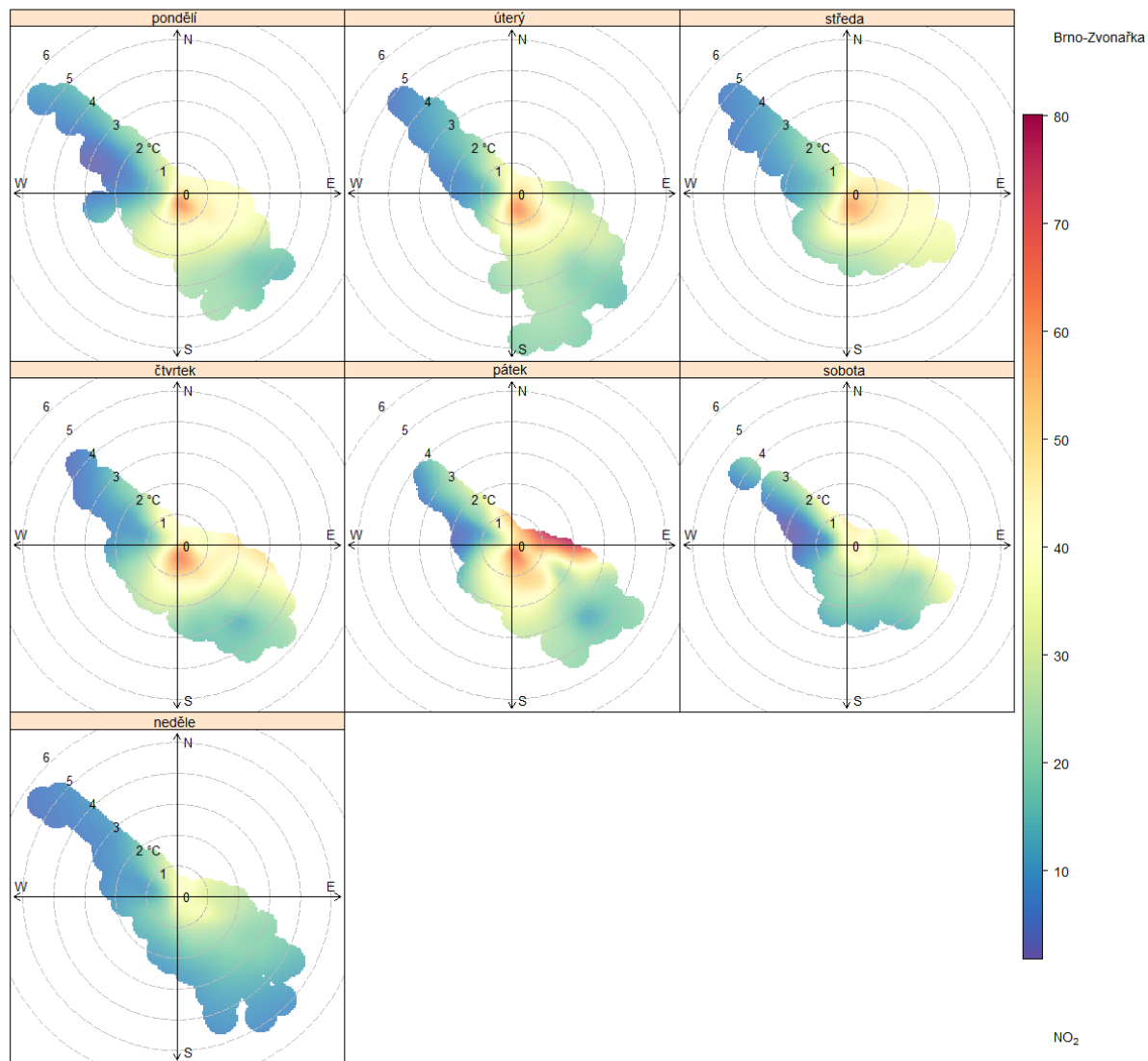
	průměr září 2018 až únor 2019 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	průměr září až únor 2013-2017 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	průměr září až únor 2008-2017 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
pátek	39,70	41,02	41,96
sobota	30,52	30,87	32,86
neděle	32,74	28,79	30,86
po-pá	40,62	40,18	42,34
so-ne	31,63	29,83	31,86



Obrázek 120 - průměrné koncentrace  $\text{NO}_2$  v jednotlivé dny v týdnu a průměr za po-pá a so-ne, období září 2018 až únor 2019 ve srovnání s období září až únor 2013-2017 a 2008-2017. Stanice Brno-Zvonařka.

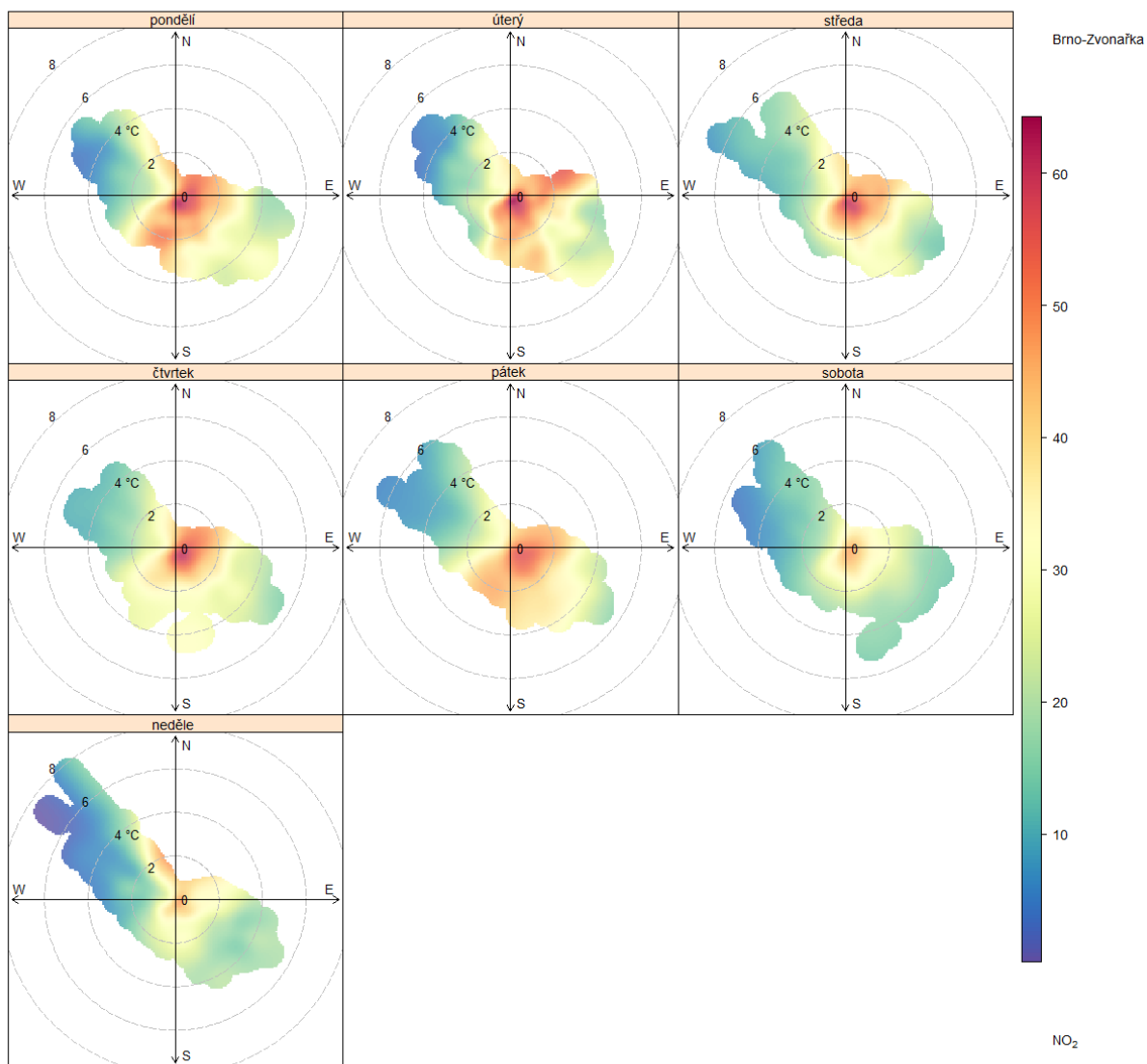
Průměrné koncentrace v jednotlivé dny v týdnu se takřka neliší. U období září 2018 až únor 2019 dosahuje průměrná koncentrace  $\text{NO}_2$  o víkendu 77,9 % průměrné koncentrace v pondělí až pátek. U dlouhodobého průměru září až únor 2008-2017 je poměr víkendového průměru k průměru všedního dne 75,2 %. Pokud se podíváme na pětiletý průměr, pak je poměr víkendu/všednímu dni 74,2 %. Celkově tedy můžeme říci, že v období září 2018 až únor 2019 byly koncentrace mírně vyšší, než je pětiletý průměr pro toto období a mírně nižší, než je desetiletý průměr pro dané období. Rozložení v jednotlivé dny v týdnu se příliš neliší, poměr průměrné koncentrace  $\text{NO}_2$  o víkendu k/ke všednímu dni se pohybuje od 74 do 78 %.

Následující soubor koncentračních růžic za období září 2018 až únor 2019 je rozložen podle dne v týdnu a je vidět, že ve víkendové dny je charakter růžice podobný jako ve všední den, ale hodnoty koncentrací NO<sub>2</sub> nedosahují tak vysokých hodnot jako ve všední den.



Obrázek 121 – koncentrační růžice vyjadřující vztah mezi koncentrací NO<sub>2</sub>, směrem a rychlostí větru pro jednotlivé dny v týdnu v období září 2018 až únor 2019, stanice Brno-Zvonařka.

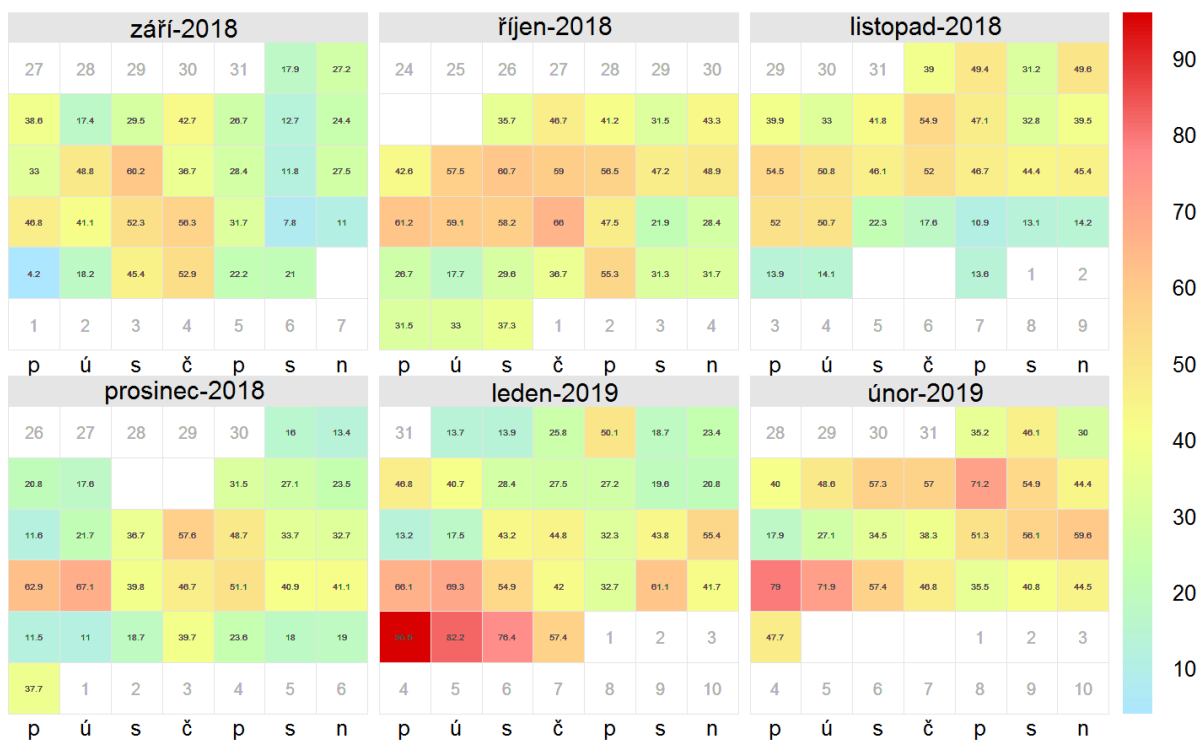
Pro srovnání ještě zahrňme totožné koncentrační růžice, ale tentokrát pro desetiletou agregaci září až únor 2008 až 2017.



Obrázek 122 - koncentrační růžice vyjadřující vztah mezi koncentrací  $\text{NO}_2$ , směrem a rychlostí větru pro jednotlivé dny v týdnu v období září až únor 2008-2017, stanice Brno-Zvonařka.

U obou období je vidět nejvyšší hodnoty ve všední dny v jihovýchodním směru a při nižší rychlosti větru.

### Brno-Zvonařka - NO<sub>2</sub>



Obrázek 123 – průměrné koncentrace NO<sub>2</sub> v jednotlivé dny v období září 2018 až únor 2019 (všechny denní průměry jsou vypočítány z 0-0 UTC).

## SOUHRN



- **hlavním zdrojem NO<sub>2</sub> v České republice je doprava** a dalším významným zdrojem je veřejná energetika a výroba tepla
- průměrné měsíční koncentrace NO<sub>2</sub> byly v roce 2018 přibližně do června průměrné, následně v letní měsíce podprůměrné, nadprůměrné v říjnu a v listopadu a prosinci opět podprůměrné. První dva měsíce roku 2019 lze co do průměrných měsíčních koncentrací NO<sub>2</sub> označit jako průměrné.
- **roční imisní limit pro NO<sub>2</sub> nebyl v období 2008 až 2018 překročen ani jednou**
- k překročení hodnoty hodinového imisního limitu NO<sub>2</sub> došlo pouze velmi výjimečně (6 případů) v letech 2009 a 2010, povolený počet překročení této hodnoty vyčerpán nebyl a proto **nebyl hodinový imisní limit překročen v období 2008 až 2018 ani jednou**
- **ve 43,6 % případů byly průměrné denní koncentrace NO<sub>2</sub>** ve sledované období září 2018 až únor 2019 **vyšší** než činí dlouhodobý průměr pro daný kalendářní den. **V ostatních případech byly koncentrace pod tímto průměrem.** Maximum pro daný kalendářní den od roku 2008 bylo zaznamenáno v 16 případech (8,84%).
- **nejvyšší koncentrace jsou zaznamenávány při jihovýchodním proudění** a nízkých rychlostech větru a to jak dlouhodobě, tak během analyzovaného období, což souvisí s dominantním zdrojem, kterým je doprava a polohou komunikace vzhledem ke stanici
- v denním chodu jsou jasně patrné **dvě špičky časově se shodující s ranní a odpolední dopravní špičkou.** V nepracovní dny jsou koncentrace výrazně nižší. Sledované období se od dlouhodobého chodu nijak neodlišuje.
- ač patří koncentrace NO<sub>2</sub> na stanici Brno-Zvonařka k nejvyšším v Aglomeraci Brno, tento stav je dlouhodobý a souvisí s intenzitou dopravy v okolí stanice. **V analyzovaném období září 2018 až únor 2019 nebyl pozorován nárůst NO<sub>2</sub>.**

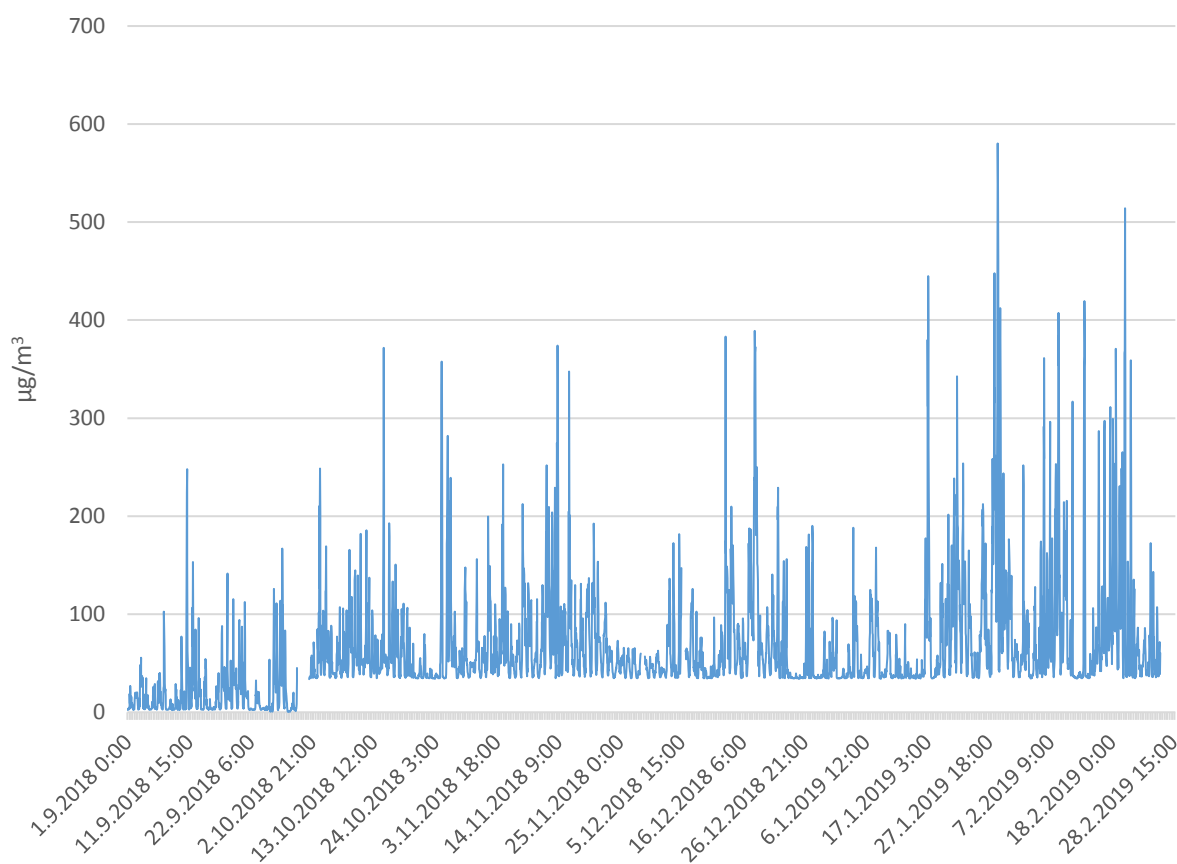
## OXID DUSNATÝ (NO)

Oxid dusnatý je za normálních podmínek bezbarvý až nahnědlý plyn s velmi výrazným a specifickým zápachem. Jedná se o velmi reaktivní molekulu, která rychle reaguje na  $\text{NO}_2$ , tedy představuje dočasný intermediát v řadě chemických reakcí probíhajících jak v troposféře, tak ve stratosféře.

Měření oxidu dusnatého je založeno na chemiluminiscenci. Přímo pro NO není specifikován imisní limit.

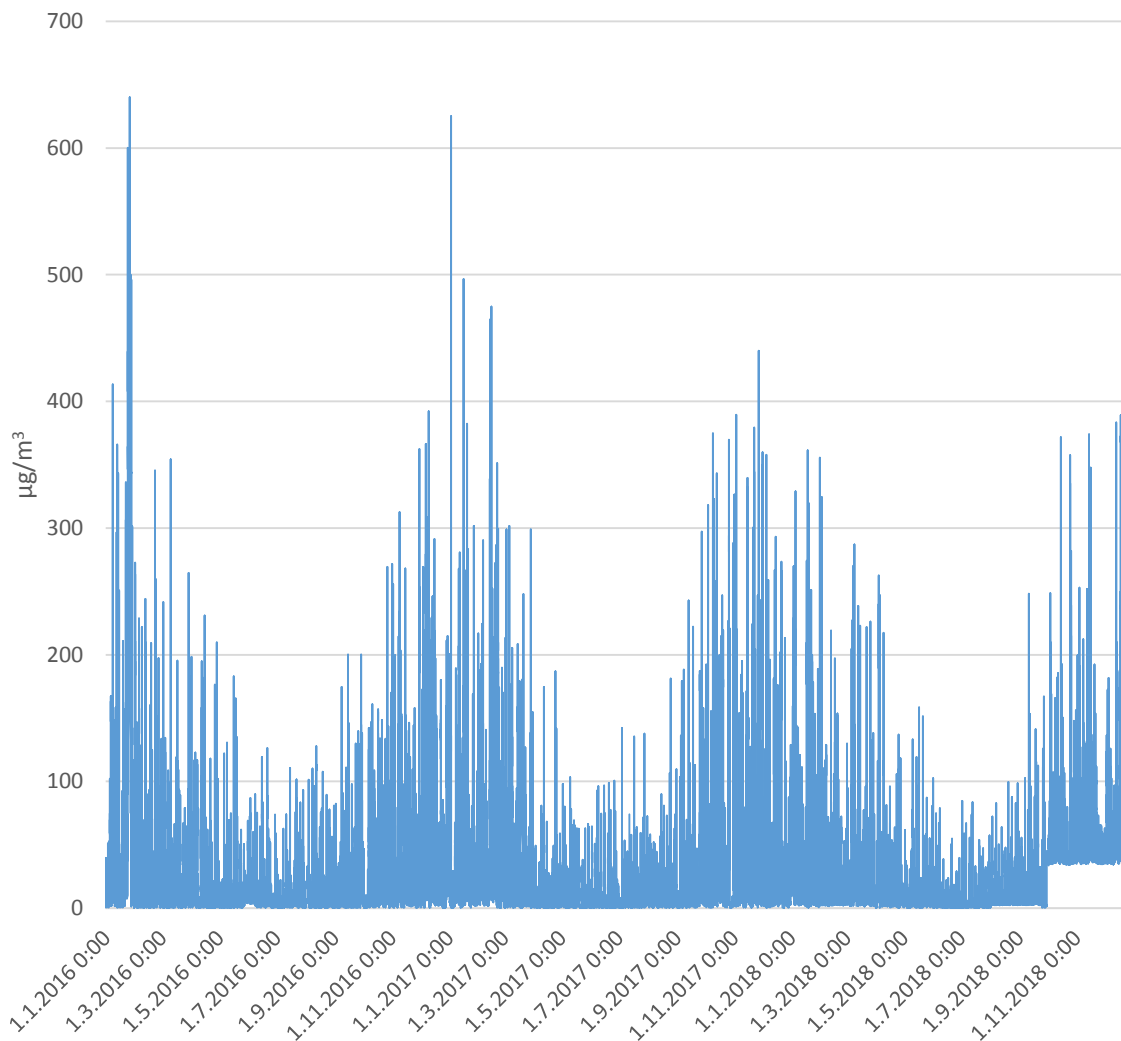
V české legislativě není pro oxid dusnatý stanoven žádný imisní limit.

Při hlubší analýze dat koncentrací oxidu dusnatého na stanici Brno-Zvonařka bylo shledáno, že došlo koncem září k výpadku a po opětovném zahájení měření došlo k posunu koncentrací. Tuto skutečnost nejlépe ilustruje následující graf, ukazující průběh hodinových koncentrací NO na stanici Brno-Zvonařka v období září 2018 až únor 2019.



Obrázek 124 – průběh hodinových koncentrací NO na stanici Brno-Zvonařka, obdob září 2018 až únor 2019

Výše uvedený graf vychází z dat, tak jak byla naměřena analyzátořem na stanici bez sekundární verifikace. Pokud se zaměříme na období přelomu září a října je vidět jasný skok a posun směrem k vyšším koncentracím. Základní úroveň měření se posunula. Pokud se podíváme na ještě delší období (3 roky) je vidět, že k posunu došlo právě na konci září a nejednalo se o nápravu nějakého předešlého posunu směrem dolů.



Obrázek 125 – koncentrace na NO na stanici Brno-Zvonařka před korekcí od začátku roku 2016 do konce roku 2018.

Na první pohled se zdá, že jsou data posunuta o přibližně  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nahoru. Pokud však data pro NO přepočteme tak, že veškerá hodinová měření v intervalu 2. 10. 2018 až 28. 2. 2019 ponížíme o  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zjistíme, že jsou v měsíčních průměrech data až podezřele nízká a pravděpodobně tedy nedošlo pouze k posunu, ale celkové chybě v měření.

Problémem je fakt, že právě v době kolem října 2018 je možné očekávat potenciální změnu v absolutních koncentracích NO a poměru NO/NO<sub>2</sub> z důvodu stavebních prací v okolí, proto by při



přepočtu na základě koncentrací NO na jiných okolních dopravních stanicích (například stanici Brno-Svatoplukova nebo Brno-Výstaviště) mohlo dojít ke zkreslení dat. Při přepočtu pomocí koncentrací NO<sub>2</sub> by logicky mohla být anulována potenciální změna v poměru NO/NO<sub>2</sub>, při analýze a přepočtu na základě dat z okolních stanic by mohla být potlačena potenciální změna v absolutních hodnotách.

Z důvodu chyby měření NO tedy nebudou dále ve zprávě analyzována data o koncentracích oxidu dusnatého (NO) a zároveň nelze pracovat ani s daty oxidů dusíku (NO<sub>x</sub>), protože jsou koncentrace NO<sub>x</sub> počítány právě z koncentrací NO<sub>2</sub> a NO.

## OXID UHELNATÝ (CO)

Oxid uhelnatý je bezbarvý jedovatý plyn, bez zápachu. Vzhledem ke své toxicitě se jedná o jednu ze sledovaných látek znečišťujících ovzduší.

Hlavním antropogenním zdrojem CO je především nedokonalé spalování fosilních paliv, kdy je teplota příliš nízká, není k dispozici dostatečné množství kyslíku nebo není čas hoření dostatečný, a namísto úplné oxidace na CO<sub>2</sub> se uvolňuje právě oxid uhelnatý (Ergin, 2016). Toxicita tohoto plynu spočívá v jeho vazbě na krevní barvivo hemoglobin a následný vznik karboxyhemoglobinu (Rose, 2017). Tato reakce značně omezí přenos kyslíku do buněk.

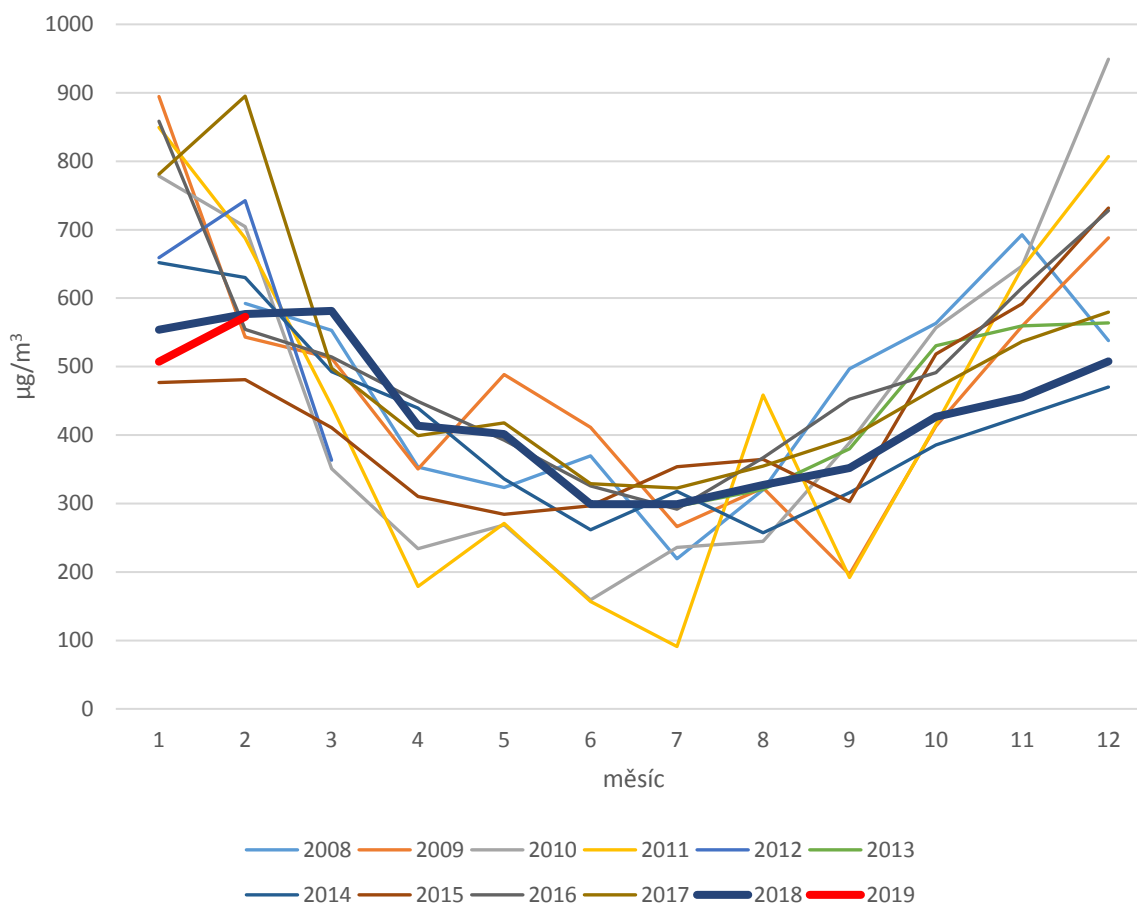
Tabulka 33 – imisní limit pro oxid uhelnatý (CO)

Perioda	imisní limit
maximální denní 8h klouzavý průměr	10 000 µg/m <sup>3</sup>

Monitoring oxidu uhelnatého se v současnosti provádí na relativně malém počtu stanic v rámci Státní sítě imisního monitoringu, jelikož se jeho koncentrace trvale pohybují hluboko pod platným imisním limitem 10 mg/m<sup>3</sup> v maximálním denním 8h klouzavém průměru v celé České republice.

### POPIS SITUACE

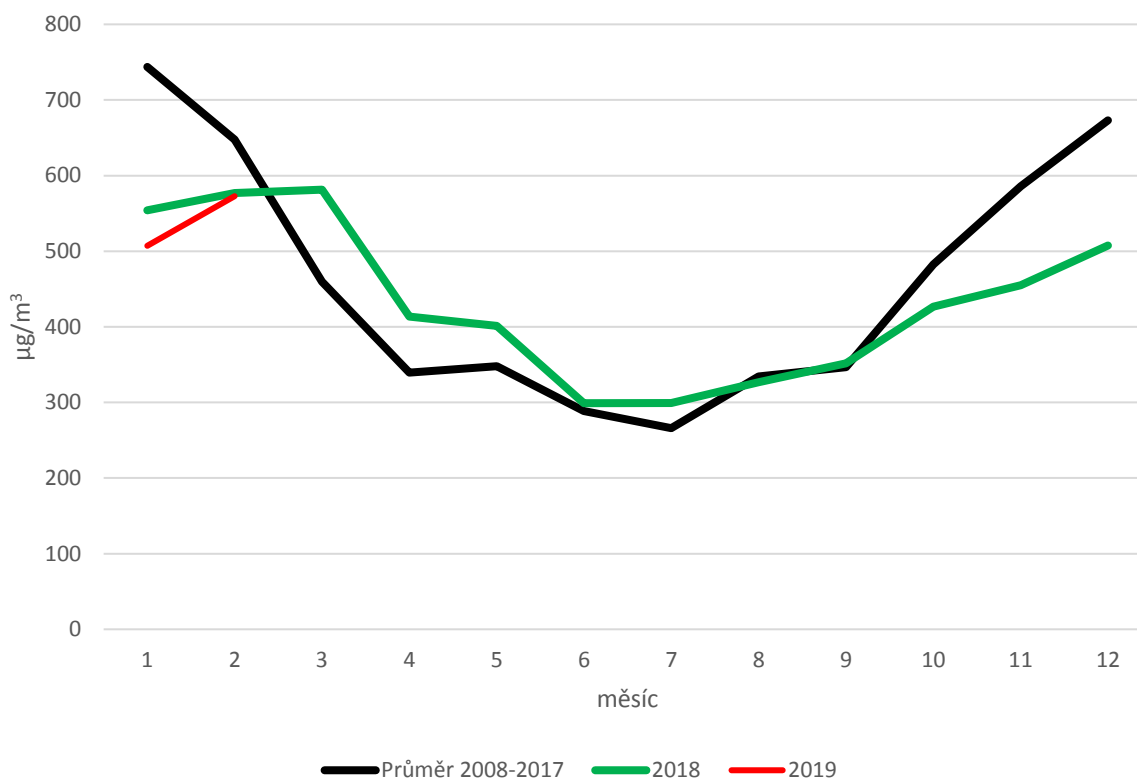
Následující graf ukazuje průměrné měsíční koncentrace CO na stanici Brno-Zvonařka v období od ledna 2008 do února 2019.



Obrázek 126 – průměrné měsíční koncentrace CO na stanici Brno-Zvonařka od ledna 2008 do února 2019. Rok 2018 je zvýrazněn tmavě modře, rok 2019 (leden a únor) je zvýrazněn červeně.

Imisní limit pro maximální 8h klouzavý průměr v grafu není vyznačen, protože by se osa Y posunula natolik, že by nebyly jednotlivé roky vzájemně rozpoznatelné. Pokud bychom se podívali na hodinová data koncentrací CO na stanici Brno-Zvonařka v období leden 2008 až únor 2019, pak vůbec maximální hodinová koncentrace byla naměřena 15. ledna 2009 mezi 16 a 17 h UTC, 3750  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Právě tento den byla zároveň naměřena vůbec nejvyšší denní průměrná koncentrace a to 2418,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Absolutně nejvyšší hodinový průměr tedy představoval jen něco přes třetinu imisního limitu pro 8h maximální klouzavý průměr. Z grafu je také patrný roční chod koncentrací CO, s vyššími hodnotami v chladné části roku.

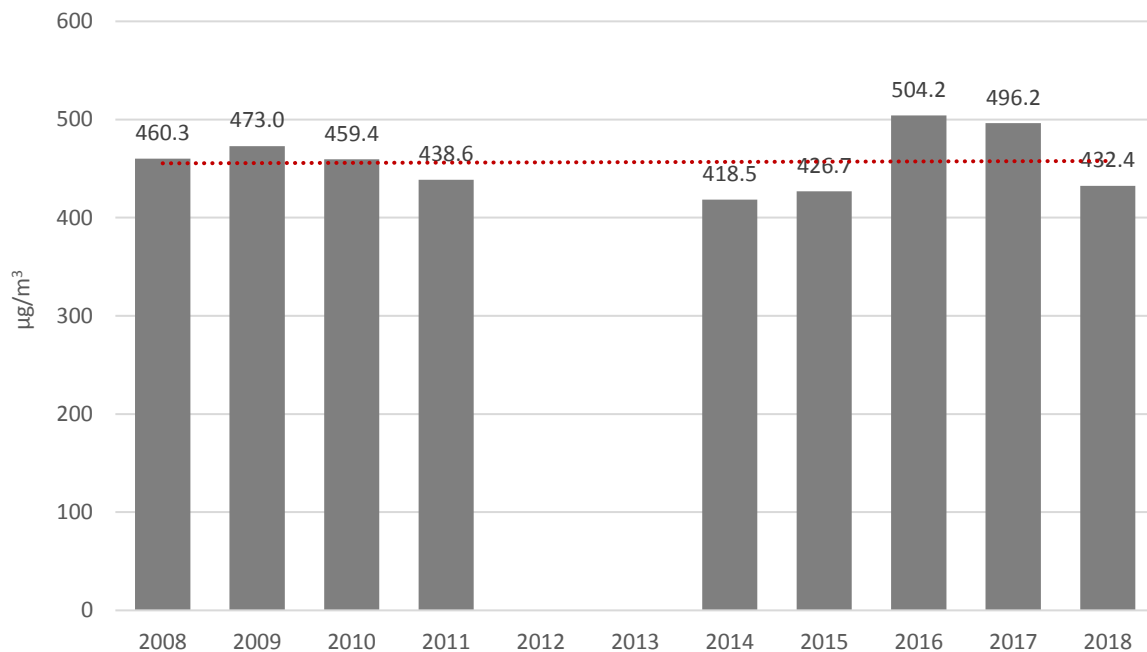
Následující graf poskytuje srovnání let 2018 a prvních dvou měsíců roku 2019 v kontextu dlouhodobého průměru 2008-2017.



Obrázek 127 – průměrné měsíční koncentrace CO v roce 2018 a lednu a únoru 2019 ve srovnání s desetiletým průměrem 2008-2017.

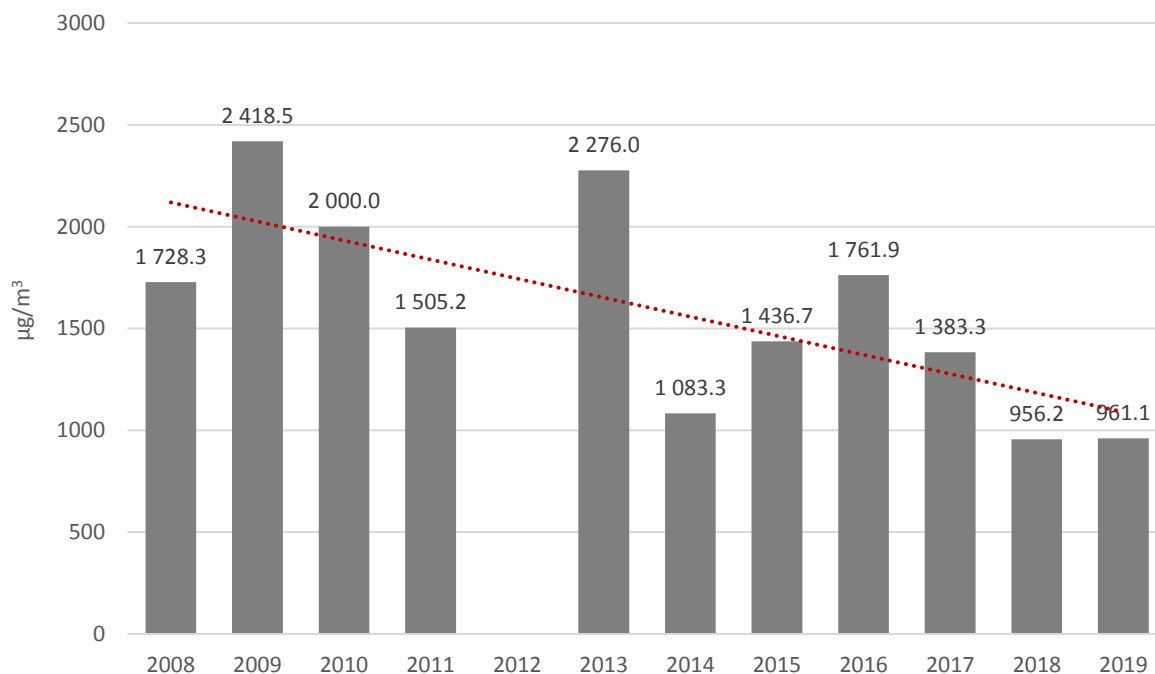
První dva měsíce roku 2019 lze na základě výše uvedeného grafu označit jako podprůměrné co se týče koncentrací CO, rok 2018 byl na začátku roku a jeho konci také podprůměrný, v teplé části roku byly koncentrace CO v měsíčních průměrech průměrné.

Průměrné roční koncentrace CO nevykazují ani klesající ani stoupající trend, jak ukazuje níže uvedený graf.



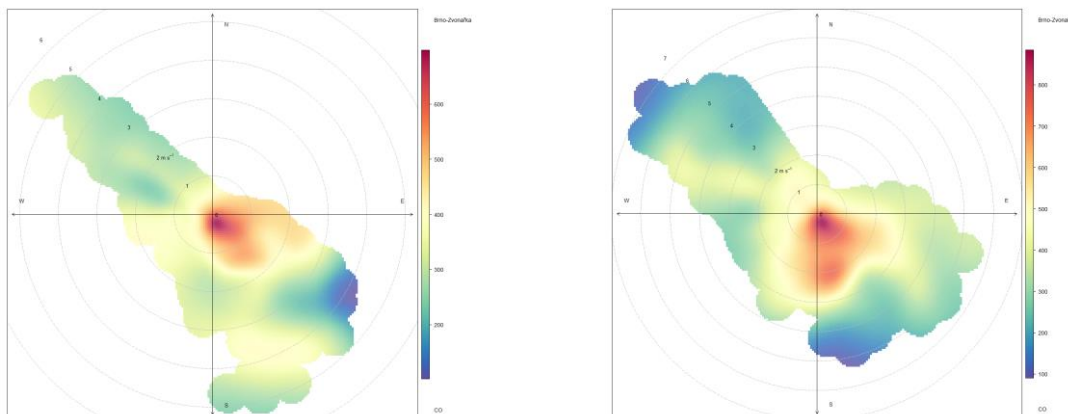
Obrázek 128 – průměrné roční koncentrace CO na stanici Brno-Zvonařka, 2008-2018. Červenou tečkovanou čarou je vyznačen lineární trend.

U grafu maximálních denních průměrných koncentrací CO je však již vidět klesající trend. V posledních letech není dosahováno tak vysokých hodnot ve špičkách, jako tomu bylo před 10 lety.



Obrázek 129 – maximální průměrné denní koncentrace CO v jednotlivých letech 2008-2019. U roku 2019 jsou započítány pouze první dva měsíce. Červenou tečkovanou čarou je vyznačen lineární trend.

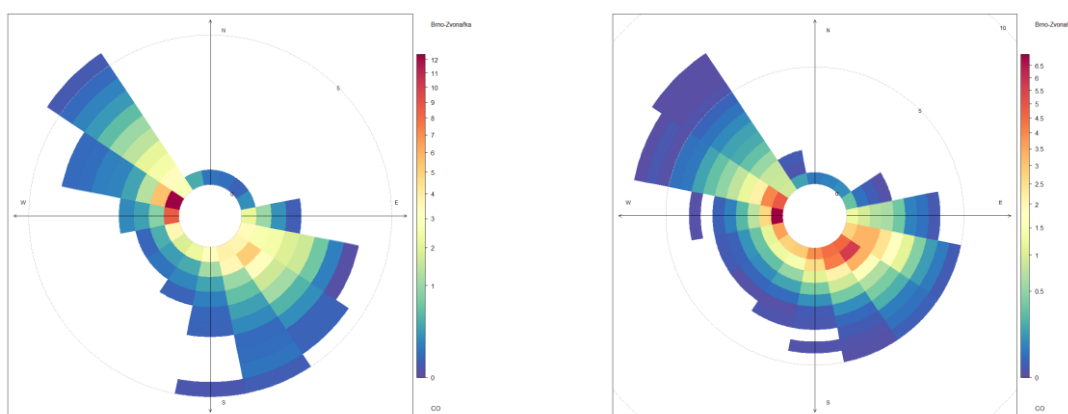
Následující koncentrační růžice reprezentují vztah mezi koncentrací CO, směrem a rychlostí větru. Růžice vlevo je vytvořena z dat za období září 2018 až únor 2019, růžice vpravo pak za shodné období roku, tedy září až únor, ale jako agregace deseti let 2008 až 2017.



Obrázek 130 – koncentrační růžice vyjadřující vztah koncentrace CO a směru a rychlosti větru na stanici Brno-Zvonařka. Růžice vlevo reprezentuje období září 2018 až únor 2019, růžice vpravo shodnou část roku, tedy září až únor jako agregaci z desetiletého období 2008-2017.

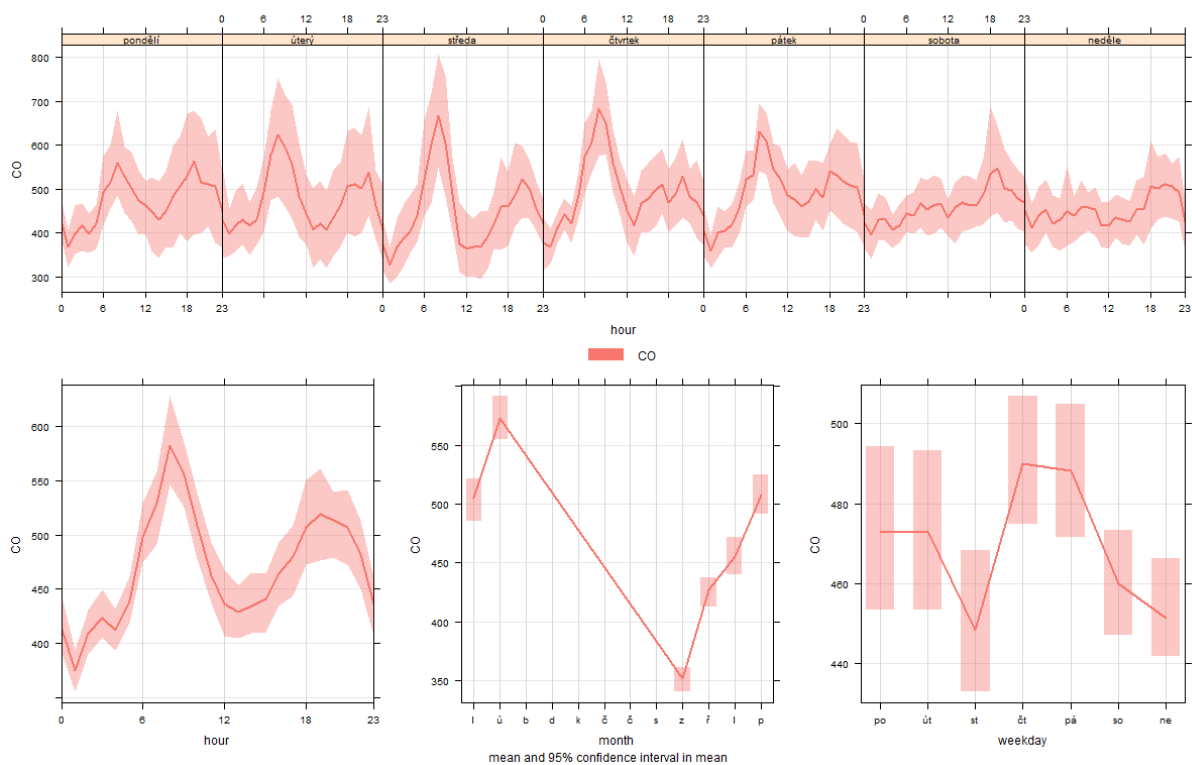
Obě růžice jsou si velmi podobné. Nejvyšší koncentrace CO jsou měřeny při jihovýchodním proudění a nízkých rychlostech větru. Je také dobře vidět trend snižujících se koncentrací s rostoucí rychlostí větru.

Podíly jednotlivých směrů a rychlostí větru k celkovému průměru pak ukazují následující dvě vážené koncentrační růžice zkonstruované za shodná dvě období jako výše uvedené koncentrační růžice.



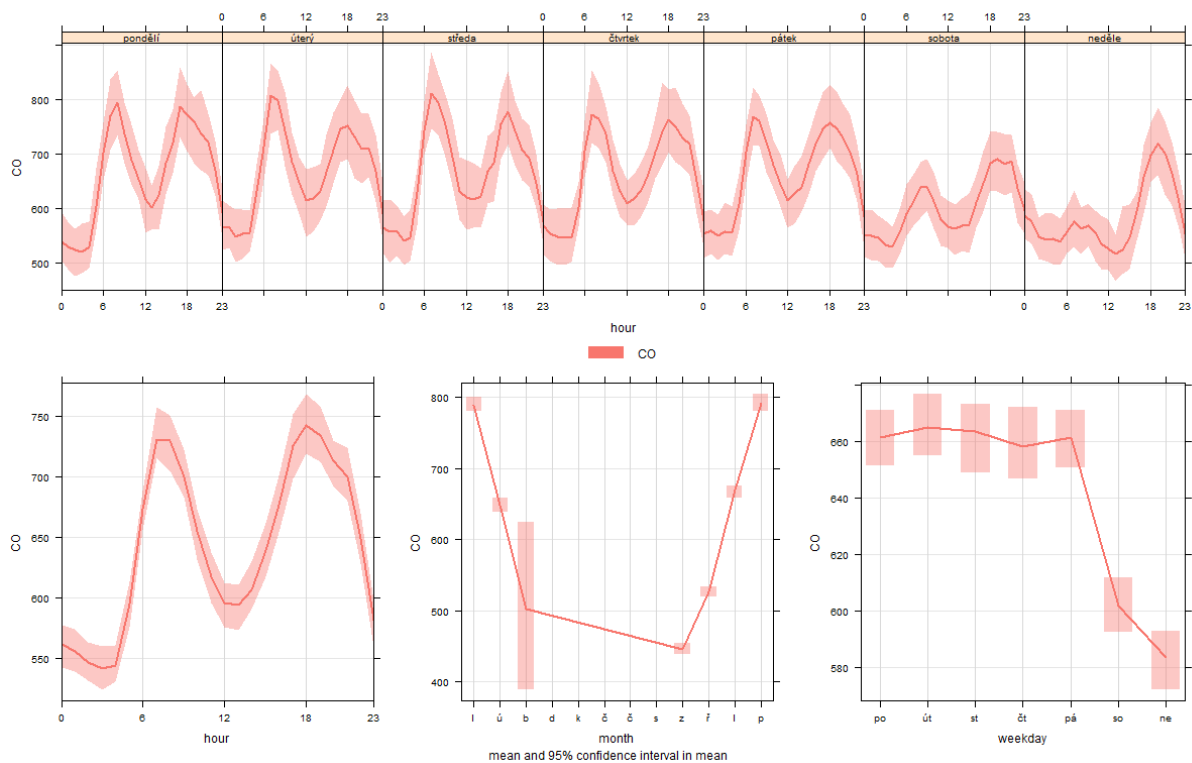
Obrázek 131 – vážené koncentrační růžice vyjadřující vztah koncentrace CO a směru a rychlosti větru na stanici Brno-Zvonařka. Růžice vlevo reprezentuje období září 2018 až únor 2019, růžice vpravo shodnou část roku, tedy září až únor jako agregaci z desetiletého období 2008-2017.

Následující soubor grafů ukazuje týdenní, denní a roční chod koncentrací CO na stanici Brno-Zvonařka, nejprve za období září 2018 až únor 2019, poté za deset let září až únor 2008-2017.



Obrázek 132 - průměrný týdenní hodinový chod koncentrací CO (nahore), průměrný denní chod koncentrací CO (vlevo dole), průměrný roční chod koncentrací CO (dole uprostřed) a průměrné koncentrace CO v jednotlivé dny v týdnu (vpravo dole). Vypočteno za září 2018 až únor 2019. Stanice Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

Z grafu jsou patrné nižší koncentrace ve víkendové dny. U grafu vpravo dole jsou vidět také velmi nízké průměrné koncentrace ve středu. Důvodem je pravděpodobně opět náhoda, v tak krátké periodě může zcela náhodně být vzhledem k meteorologickým podmínkám středa lepší. Pokud se však podíváme na dlouhodobý graf níže, je zcela zřejmé, že nejnižší koncentrace jsou o víkendu. Během dne jsou vidět dva hlavní nárůsty, jeden po ranní dopravní špičce, druhý po odpolední dopravní špičce. V období září 2018 až únor 2019 byla ranní špička výraznější, než odpolední. Celkově se koncentrace pohybují v hodinových průměrech na necelé jedné desetíně imisního limitu pro maximální 8h klouzavý průměr.

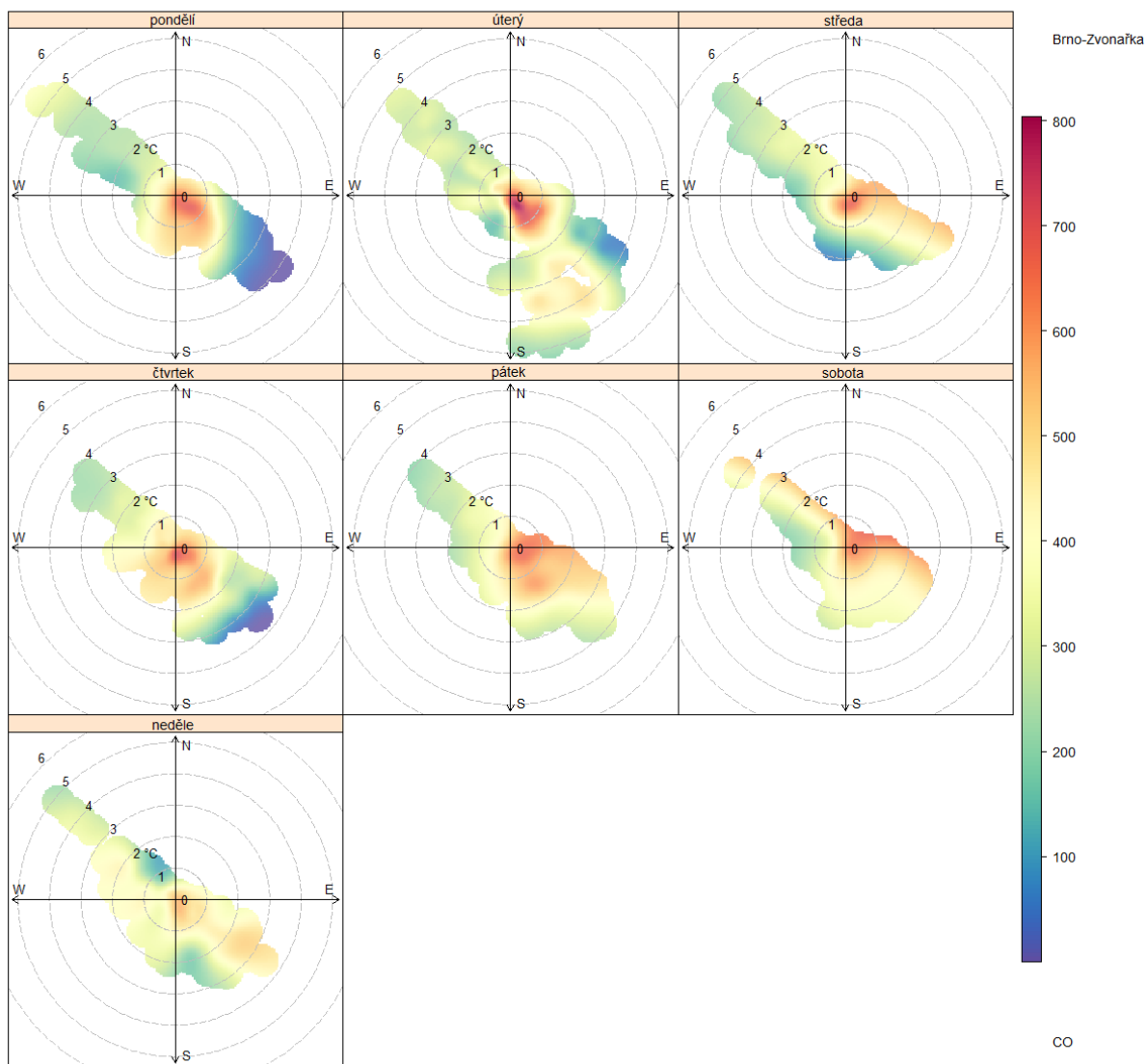


Obrázek 133 - průměrný týdenní hodinový chod koncentrací CO (nahore), průměrný denní chod koncentrací CO (vlevo dole), průměrný roční chod koncentrací CO (dole uprostřed) a průměrné koncentrace CO v jednotlivé dny v týdnu (vpravo dole). Vypočteno za září až únor 2008-2017. Stanice Brno-Zvonařka. Čas v UTC.

Na výše uvedeném souboru grafů je vidět dlouhodobý týdenní, denní a roční chod koncentrací CO na stanici imisního monitoringu Brno-Zvonařka v období září až únor. Je vidět výrazně nižší průměr ve víkendové dny a dvě špičky během dne, po ranní dopravní špičce a po odpolední dopravní špičce, obě s přibližně shodným nárůstem koncentrací CO. V ročním chodu je vidět i na tomto zkráceném grafu září až únor, že nejvyšší jsou koncentrace CO při nízkých teplotách.

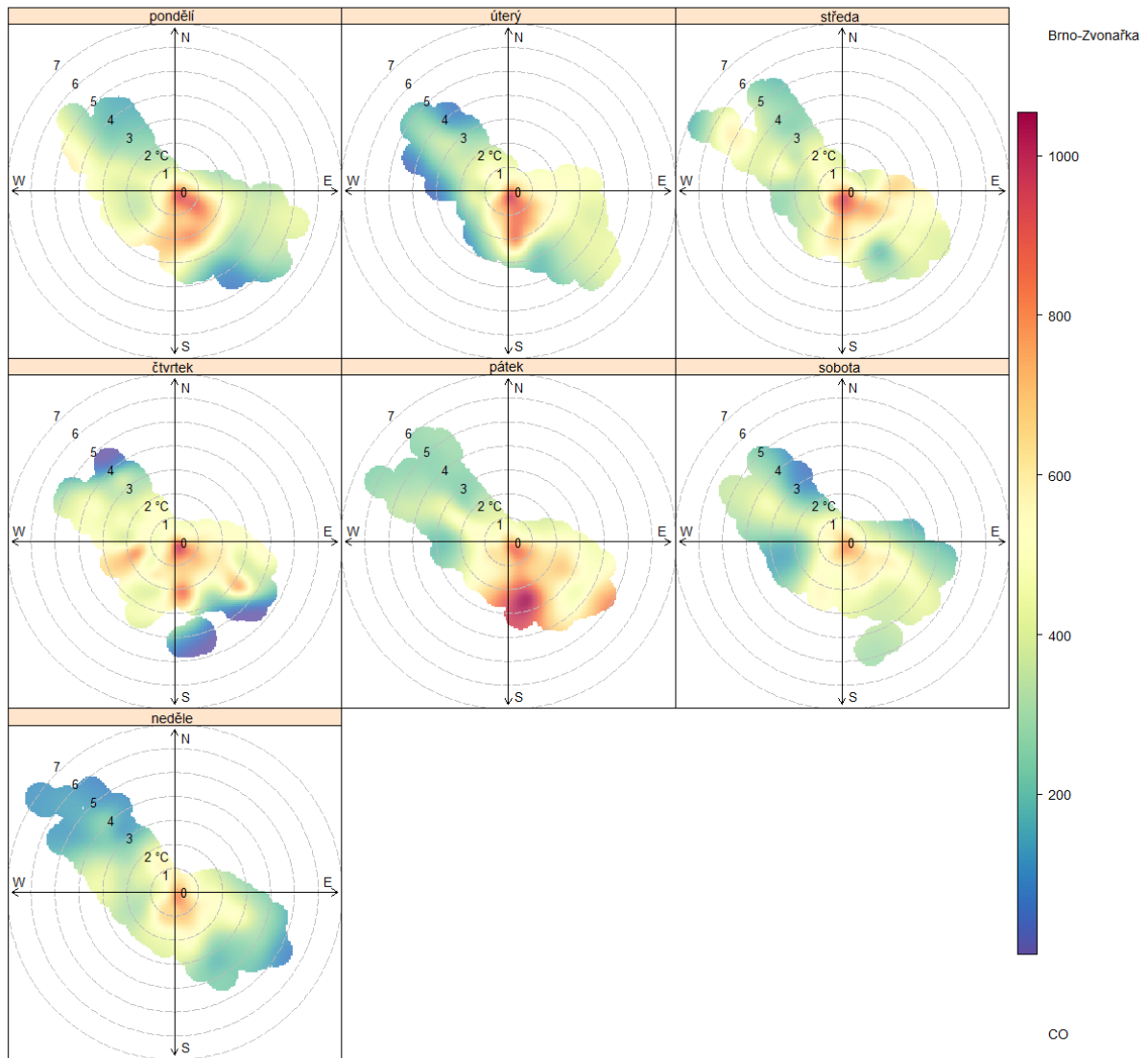
Pokud se podíváme na koncentrační růžice pro jednotlivé dny v týdnu za obě období, vidíme, že ve všechny dny jsou nejvyšší koncentrace při nižších rychlostech větru a to zejména při jihovýchodním proudění. V neděli jsou celkově koncentrace nižší.





Obrázek 134 – koncentrační růžice vyjadřující vztah mezi koncentrací CO a rychlostí a směrem větru v jednotlivé dny v týdnu v období září 2018 až únor 2019.

Totožný obrázek, ale pro dlouhodobé desetileté období září až únor 2008-2017 ukazuje, že vůbec nejvyšší jsou koncentrace při jižním až jihovýchodním proudění v pátek.



Obrázek 135 - koncentrační růžice vyjadřující vztah mezi koncentrací CO a rychlostí a směrem větru v jednotlivé dny v týdnu v období září až únor 2008-2017.

## ANALÝZA DNÍ – PŘÍPADOVÁ STUDIE

Pro lepší pochopení problematických situací na stanici Brno-Zvonařka byla provedena detailní analýza vybraných dní s extrémně vysokými koncentracemi suspendovaných částic PM<sub>10</sub> v období září 2018 až únor 2019. Dny byly vybrány prostým seřazením podle průměrné denní koncentrace PM<sub>10</sub> od nejvyšší po nejnižší a vybráním 5 dní s nejvyšším denním průměrem.

Tabulka 34 – průměrné denní koncentrace PM<sub>10</sub> ve vybrané dny na stanici Brno-Zvonařka

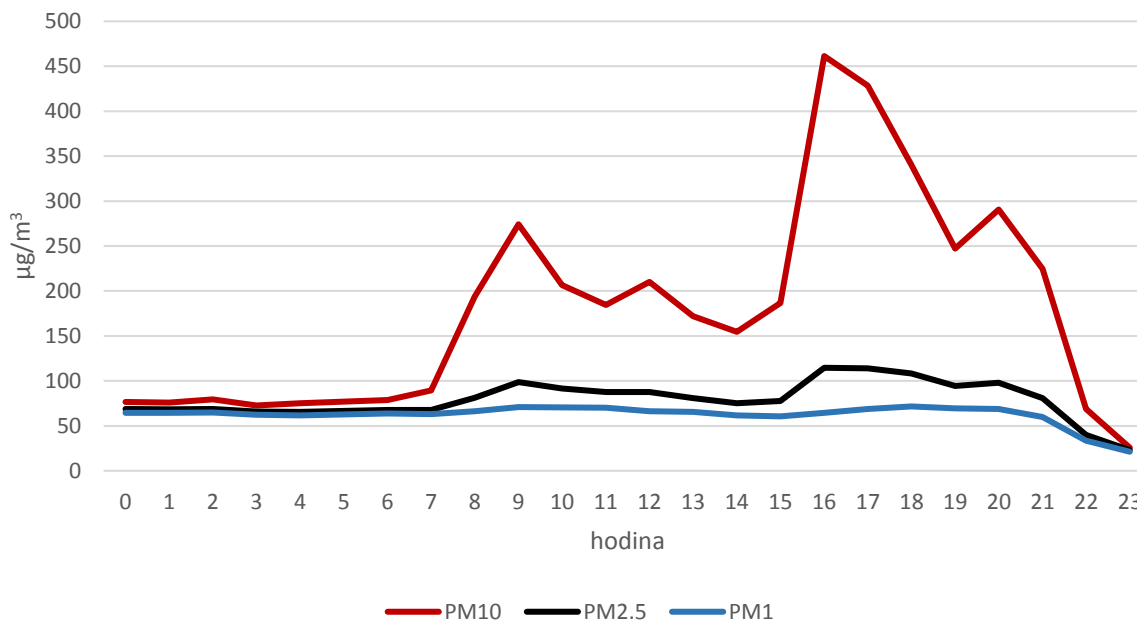
Den	průměrná denní koncentrace PM <sub>10</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]
19. únor 2019	178,93
18. únor 2019	174,70
28. leden 2019	127,62
22. leden 2019	116,58
21. leden 2019	110,55

### 19. ÚNOR 2019

Tabulka 35 – základní statistika koncentrací znečišťujících látek a rychlosti větru na stanici Brno-Zvonařka 19. února 2019

	PM <sub>10</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>2,5</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>1</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]	CO [μg/m <sup>3</sup> ]	rychlost větru [m/s]
<b>průměr</b>	178,93	78,83	62,33	70,45	873,66	0,68
<b>maximum</b>	461,4	114,6	71,6	106,0	1397,9	1,9
<b>minimum</b>	25,7	23,0	21,2	24,4	466,0	0,1
<b>medián</b>	117,27	21,27	11,46	21,58	259,35	0,52
<b>SD</b>	178,35	79,35	64,55	63,6	815,40	0,50

V tento den byla hodnota 24h imisního limitu překročena 3,58x. Následující grafu ukazuje vývoj koncentrací suspendovaných částic frakcí PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub>.



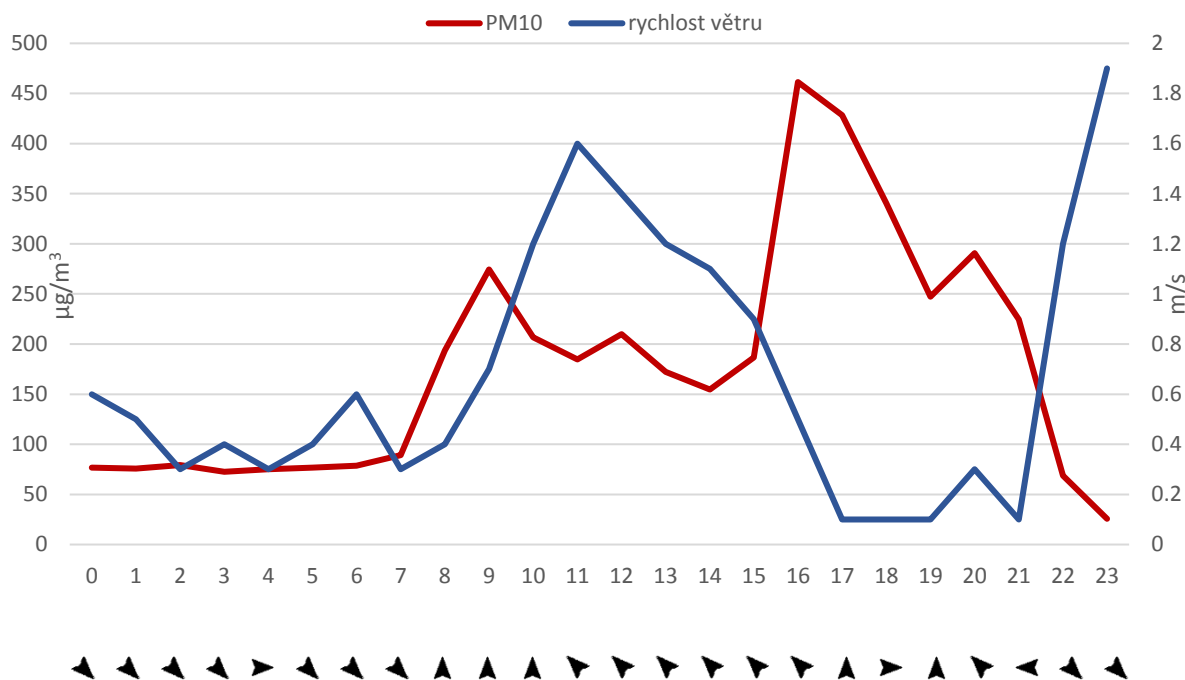
Obrázek 136 – hodinové koncentrace PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> na stanici Brno-Zvonařka, 19. února 2019.

Průběh denních koncentrací je výrazně odlišný pro jednotlivé frakce. Velikostní frakce PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> jsou si po stránce denního chodu velmi podobné. Velmi odlišný je však průběh koncentrací PM<sub>10</sub>. Zde došlo v 7 h UTC (8 h SEČ) k rapidnímu vzrůstu koncentrací z 89,3 µg/m<sup>3</sup> v 7 h UTC (8 h SEČ) na 193,7 µg/m<sup>3</sup> v 9 h UTC (10 h SEČ) až na 274,4 µg/m<sup>3</sup> v 10 h UTC (11 h SEČ). Takovýto průběh není zcela typický, neboť ranní špička nastává dříve a koncentrace následně rychleji klesají, obzvláště u stanice, která je hlavní komunikaci velmi blízko. Ještě výraznější koncentrační skok nastal v pozdních odpoledních hodinách. Ještě 15 h UTC (16 h SEČ) byla koncentrace PM<sub>10</sub> 186,7 µg/m<sup>3</sup>, o hodinu později už 461,4 µg/m<sup>3</sup>. Následně docházelo k postupnému poklesu. U frakce PM<sub>2,5</sub> se koncentrace mezi 7 h UTC a 9 h UTC zvýšila z 67,6 µg/m<sup>3</sup> na 98,6 µg/m<sup>3</sup>. Frakce PM<sub>1</sub> narostla v tomto časovém úseku z 63 µg/m<sup>3</sup> na 71 µg/m<sup>3</sup>. Pokud je toto vyjádřeno procentuálně, byla koncentrace PM<sub>10</sub> v 9 h UTC na hodnotě 307 % hodnoty v 7 h ráno, u PM<sub>2,5</sub> to bylo 146 % a u PM<sub>1</sub> pouze 113 %. V 16 h UTC byla koncentrace PM<sub>10</sub> na 247 % stavu o hodinu dříve, u PM<sub>2,5</sub> to bylo 147 % a u PM<sub>1</sub> pouze 107 %. Nárůst v jednotlivých frakcích tedy nebyl poměrově rovnoměrný. Velmi výrazně více vzrostla koncentrace velikostně větších částic frakce PM<sub>10</sub>.

Nedošlo však ke zvýšení pouze koncentrací suspendovaných částic. Podobným způsobem narostly i koncentrace oxidů dusíku. Průměrná denní koncentrace NO<sub>2</sub> byla 70,45 µg/m<sup>3</sup>. Hodinový imisní limit (200 µg/m<sup>3</sup>) překročen nebyl.

Nyní se podívejme na meteorologické podmínky ten den, konkrétně na směr a rychlost větru. Rychlost větru byla celý den nízká, pod 2 m/s. Během dne se však měnil směr větru. Vztah mezi

koncentracemi dvou znečišťujících látek s největším nárůstem (NO a PM<sub>10</sub>), směrem a rychlostí větru ilustruje následující graf.



Obrázek 137 – hodinové koncentrace PM<sub>10</sub>, rychlost a směr větru. Stanice Brno-Zvonařka, 19. únor 2019.

Pokud se podíváme na vztah mezi směrem větru a koncentracemi NO a PM<sub>10</sub>, je zde vidět určitý vztah. V 8 h se změnil směr proudění ze severozápadního na jižní. Během těchto tří hodin, kdy foukalo od jihu koncentrace NO i PM<sub>10</sub> rostly. Následně se proudění změnilo na jihovýchodní a zároveň vzrostla rychlost větru. Koncentrace NO i PM<sub>10</sub> klesly. V 17 h opět foukalo od jihu a prudce klesla rychlost větru. V ten moment také došlo k druhému rapidnímu nárůstu koncentrací NO a PM<sub>10</sub>. V 18 h bylo dominantní proudění západní a koncentrace mírně klesly, pak opět jižní a v grafu je patrný další již méně výrazný nárůst. Na konci dne pak opět převažovalo proudění severozápadní a stoupla rychlost větru. Koncentrace NO a PM<sub>10</sub> byly na konci dne nejnižší z celého dne.

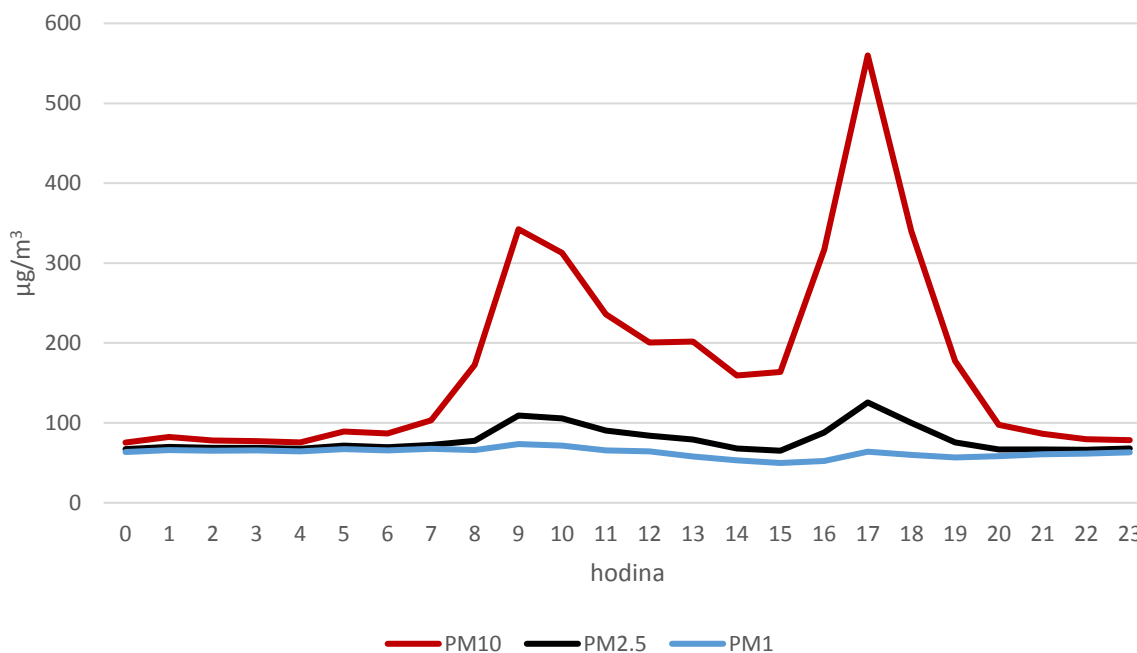
## 18. ÚNOR 2019

Tabulka 36 - základní statistika koncentrací znečišťujících látek a rychlosti větru na stanici Brno-Zvonařka 18. února 2019

	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>1</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [µg/m <sup>3</sup> ]	rychlost větru [m/s]
<b>průměr</b>	174,70	78,80	62,64	78,64	873,67	0,42
<b>maximum</b>	559,9	126,6	73,5	155,3	1514,4	1,3
<b>minimum</b>	75,4	65,2	49,8	38,1	582,5	0
<b>medián</b>	123,00	16,35	5,73	29,17	259,35	0,34

SD	131,30	70,65	64,20	75,35	815,40	0,30
----	--------	-------	-------	-------	--------	------

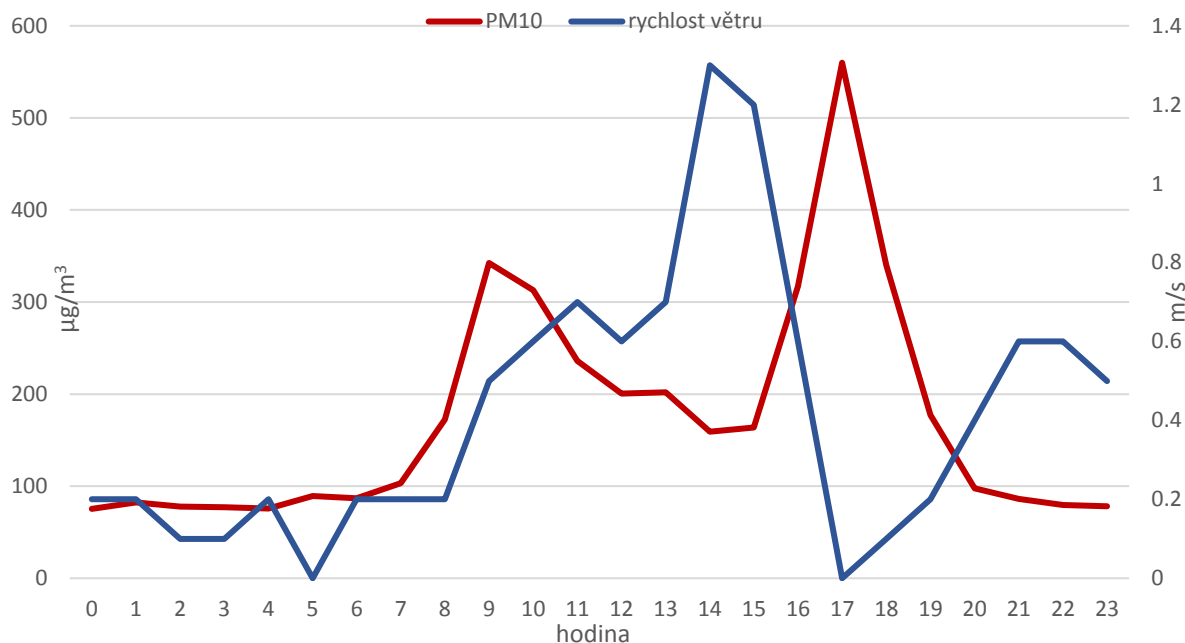
18. února 2019 byla průměrná denní koncentrace  $PM_{10}$   $174,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , tedy 349 % hodnoty 24h imisního limitu. Následující grafu ukazuje hodinové koncentrace suspendovaných částic frakcí  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$ .



Obrázek 138 - hodinové koncentrace  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$  na stanici Brno-Zvonařka, 18. února 2019.

Podobně jako o den později, došlo během dne ke dvěma velmi výrazným zvýšením koncentrací  $PM_{10}$  a dokonce ve víceméně shodné časy – mezi 8 a 10 hodinou ránní a mezi 16 a 18 hodinou odpoledne UTC. Koncentrace jemnějších frakcí se příliš nezvýšily. Zejména odpolední pík byl velmi výrazný. V 15 h UTC (16 h SEČ) byla koncentrace  $PM_{10}$  „pouze“  $163,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . O hodinu později to již bylo  $316,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a za další hodinu  $559,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . V 17 h tedy byla koncentrace 342 % z hodnoty o dvě hodiny dříve. U  $PM_{2,5}$  to bylo pouze 193 % a u  $PM_1$  129 %.

Opět se můžeme podívat na vztah nárůstu koncentrací  $PM_{10}$  a NO a směrem a rychlostí větru.



Obrázek 139 - hodinové koncentrace PM<sub>10</sub>, rychlost a směr větru. Stanice Brno-Zvonařka, 18. únor 2019.

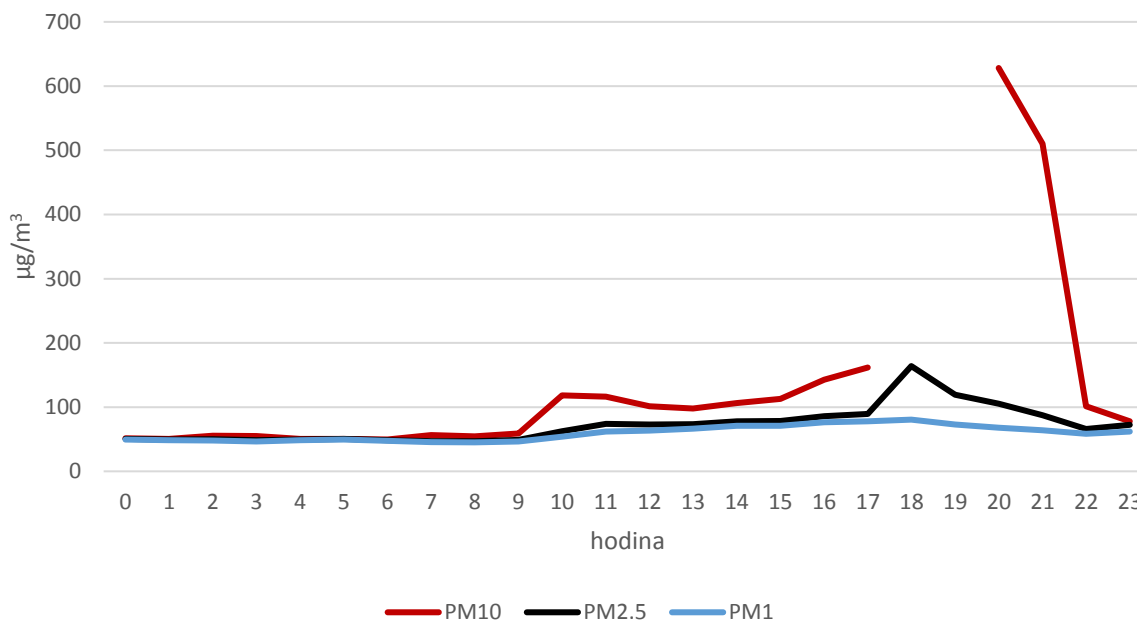
Pokud se podíváme na průběh směru větru, je velmi nápadně podobný průběhu směru větru o den později. Na začátku dne foukalo v brzkých ranních hodinách od západu. V 9 a 10 h UTC se proudění stáčí a fouká od jihu a opět vidíme výrazný nárůst PM<sub>10</sub>. Následně se směr větru změní na jihovýchodní a zvyšuje se rychlost větru. Stejně jako o den dříve následně 6 h fouká od jihovýchodu a poté v 18 h opět od jihu navíc s výrazným poklesem rychlosti větru až na úroveň úplného bezvětří. Právě v momentě jižního proudění a velmi nízké rychlosti větru nastává nejvyšší pík PM<sub>10</sub> celého dne. Následně začíná narůstat rychlost větru, foukat od severozápadu a koncentrace PM<sub>10</sub> rapidně klesají.

## 28. LEDEN 2019

Tabulka 37 - základní statistika koncentrací znečišťujících látek a rychlosti větru na stanici Brno-Zvonařka 28. ledna 2019

	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>1</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [µg/m <sup>3</sup> ]	rychlost větru [m/s]
<b>průměr</b>	127,62	71,60	59,28	88,38	961,05	0,27
<b>maximum</b>	628,2	163,9	80,5	131,8	1747,4	0,8
<b>minimum</b>	49,6	46,8	45,1	31,4	582,5	0
<b>medián</b>	147,90	27,99	11,69	26,49	338,75	0,23
<b>SD</b>	87,9	69,15	60	95,05	873,65	0,2

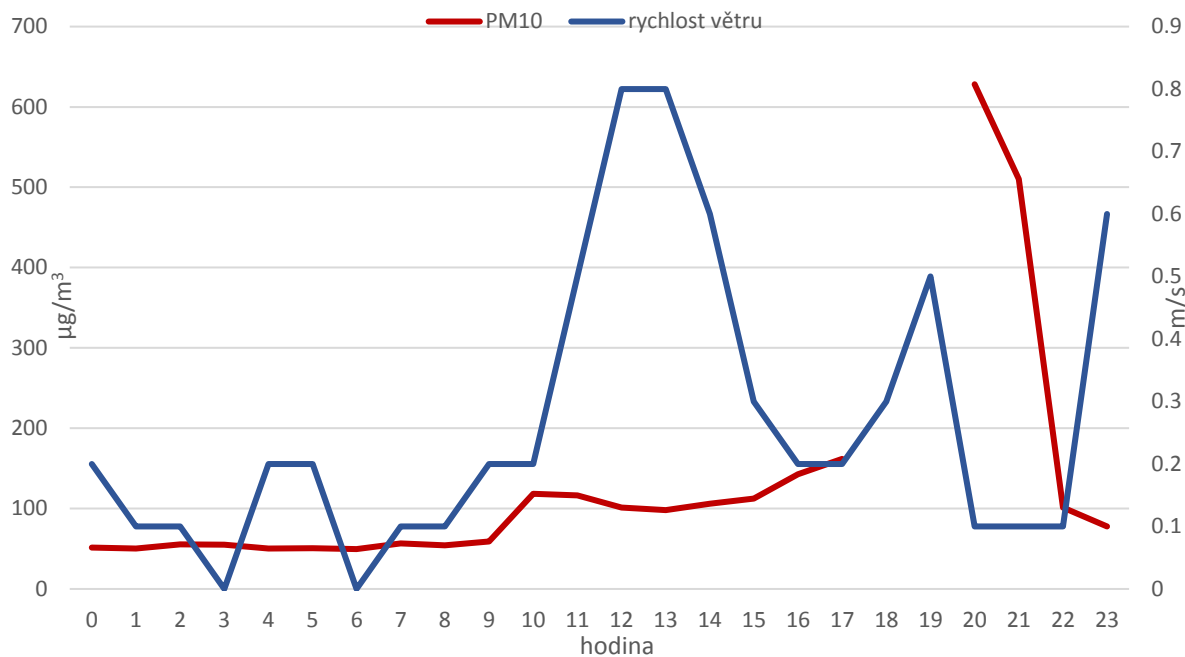
Průměrná koncentrace PM<sub>10</sub> 28. ledna 2019 na stanici Brno-Zvonařka byla 127,62 µg/m<sup>3</sup>, tedy 255 % hodnoty 24h imisního limitu. U NO<sub>2</sub> to bylo 88,38 µg/m<sup>3</sup>. Následující grafu ukazuje průběh hodinových koncentrací suspendovaných částic tento den.



Obrázek 140 - hodinové koncentrace PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM1 na stanici Brno-Zvonařka, 28. ledna 2019.

Na grafu je na první pohled zřetelné, že průměr PM<sub>10</sub> je výrazně ovlivněn dvěma extrémně vysokými hodnotami PM<sub>10</sub> ve 20 a 21 h UTC. Ve 20 h to bylo 628,2 µg/m<sup>3</sup>. V tomto případě nelze vyloučit poruchu či nepřesnost analyzátoru. Došlo nejprve k dvouhodinovému výpadku a následně byla změřena extrémní hodnota. Není tedy známo, jak vypadaly koncentrace mezi 17 a 19 h UTC. Na první pohled vypadá hodnota spíše nerealisticky. Na druhou stranu v kontextu se až tak nerealisticky nejedná, když vezmeme v potaz, že v jiné dny byly na Zvonařce rovněž naměřeny koncentrace PM<sub>10</sub> přesahující 500 µg/m<sup>3</sup> a v těchto dnech se o nepřesnost měření s největší pravděpodobností nejednalo, protože nárůsty korelovaly s nárůsty dalších znečišťujících látek sledovaných jiným nezávislým analyzátozem a k nárůstu a poklesu docházelo postupněji. Extrémní hodnotu z 20 a 21 h tedy nelze označit za věrohodnou, nelze však zcela vyloučit, že takto vysoká koncentrace PM<sub>10</sub> ten den na stanici Brno-Zvonařka opravdu byla.





Obrázek 141 - hodinové koncentrace PM<sub>10</sub>, rychlost a směr větru. Stanice Brno-Zvonařka, 28. leden 2019.

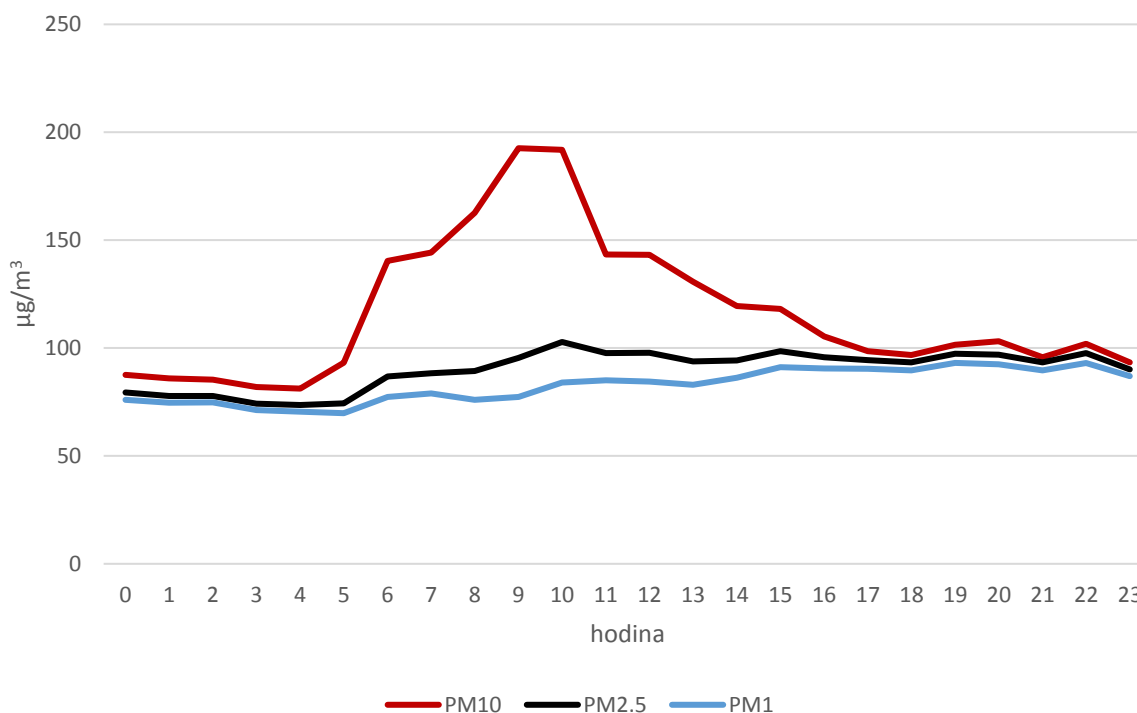
Po celý den byla průměrná hodinová rychlost větru po 1 m/s, tedy velmi nízká. Během dne se několikrát změnil směr větru. V polovině dne foukalo od jihu a následně jihovýchodu. Průběh směru větru a jeho změn je podobný průběhu 18. a 19. února, který byl analyzován výše.

## 22. LEDNA 2019

Tabulka 38 - základní statistika koncentrací znečišťujících látek a rychlosti větru na stanici Brno-Zvonařka 22. ledna 2019

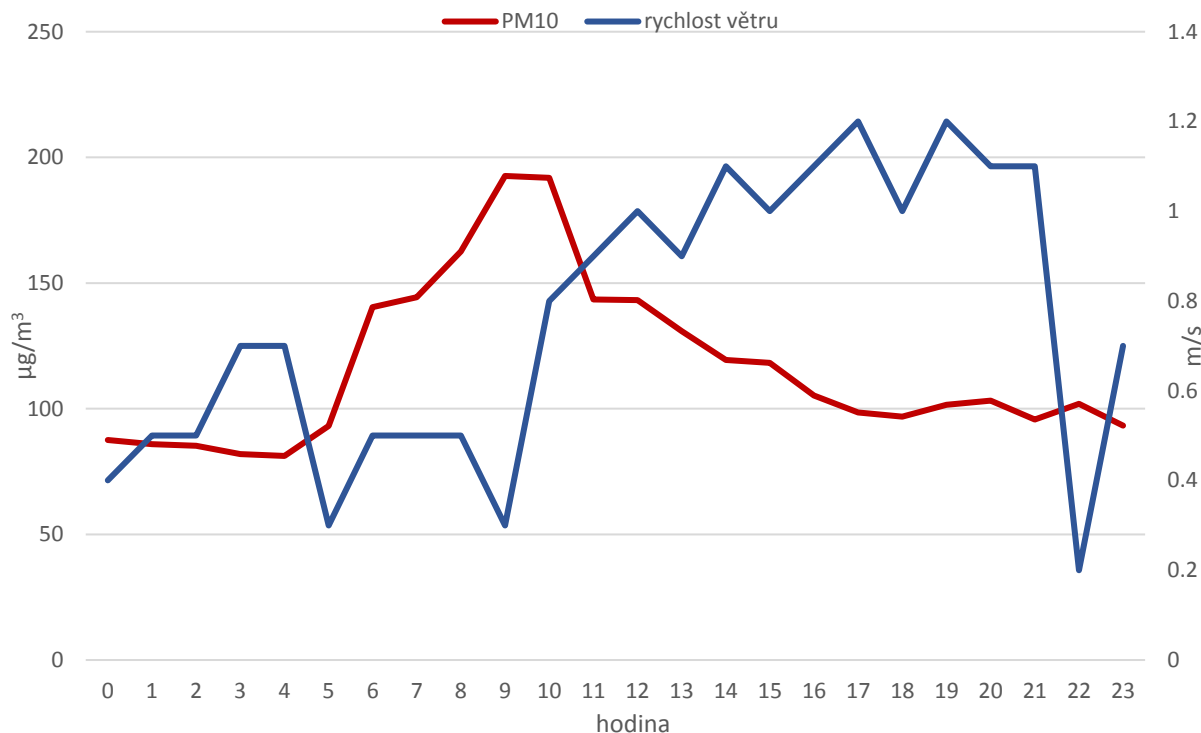
	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>1</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [µg/m <sup>3</sup> ]	rychlost větru [m/s]
<b>průměr</b>	116,58	90,03	82,76	66,84	873,65	0,76
<b>maximum</b>	192,6	102,8	93,1	91,4	1281,4	1,2
<b>minimum</b>	81,2	73,6	69,8	38,8	698,9	0,2
<b>medián</b>	32,80	8,93	7,73	15,17	161,13	0,31
<b>SD</b>	102,55	93,60	84,258	66,60	815,40	0,75

22. ledna byla denní průměrná koncentrace suspendovaných částic 116,58 µg/m<sup>3</sup>. U NO<sub>2</sub> to bylo 66,84 µg/m<sup>3</sup> a NO<sub>x</sub> 256,69 µg/m<sup>3</sup>. Následující graf ukazuje průběh denních koncentrací tří měřených frakcí suspendovaných částic.



Obrázek 142 - hodinové koncentrace PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> na stanici Brno-Zvonařka, 22. ledna 2019.

Na první pohled je zřejmé, že se tento graf v jistých charakteristikách podobá předchozím třem dnům s velmi vysokými koncentracemi PM<sub>10</sub>, na druhou stranu jsou zde však i významné odlišnosti. Podobností je opět nepoměrný nárůst jedné z frakcí, frakce PM<sub>10</sub>. Koncentrace PM<sub>10</sub> rostou výrazně více než ostatní frakce, svědčí to opět o problému s především částicemi s větším aerodynamickým průměrem. Odlišností je především absence druhého vrcholku v pozdních odpoledních hodinách. Koncentrace v tento den narůstaly již od přibližně 6 h UTC (7 h SEČ) a vrcholu dosáhly v 9 a 10 h UTC (10 a 11 h SEČ). Následně došlo k poklesu a další nárůst již nenastal.



Obrázek 143 - hodinové koncentrace PM<sub>10</sub>, rychlost a směr větru. Stanice Brno-Zvonařka, 22. leden 2019.

Při pohledu na směr větru v jednotlivé hodiny vidíme opět stočení proudění na jih v 6 h UTC (7 h SEČ) a následně růst koncentrace PM<sub>10</sub>. Je také důležité si všimnout zvýšení rychlosti větru v 10 h UTC a rychlejší proudění vydrželo až do pozdních nočních hodin.

V tomto případě je však potřeba se podívat i na širší okolí. 22. ledna byla situace na celé Moravě a především v Moravskoslezském kraji po stránce kvality ovzduší velmi špatná. V Aglomeraci Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek bez Třinecka a na Třinecku byla dokonce vyhlášena regulace z důvodu vysoké koncentrace prachových částic PM<sub>10</sub>. Smogová situace byla vyhlášena ve Zlínském kraji a právě 22. ledna i v kraji Olomouckém. Neutěšený stav trval od přibližně 20. do 24. ledna. V Jihomoravském kraji bez aglomerace Brno ani v Aglomeraci Brno smogová situace vyhlášena nakonec nebyla. Koncentrace PM<sub>10</sub> však byly i v této oblasti vysoké a v určitý časový úsek vyšší, než je informativní prahová hodnota pro vyhlášení smogové situace (100 µg/m<sup>3</sup> ve 12h klouzavém průměru). K vyhlášení nedošlo, jelikož se očekávalo v blízké době zlepšení situace (smogová situace je vyhlášována pouze pokud se špatný stav očekává min. dalších 24 hodin) a k předpokládanému zlepšení skutečně došlo. Na stanici Brno-Zvonařka byly koncentrace výrazně vyšší, například kolem 16 h UTC (17 h SEČ) byl 12hodinový klouzavý průměr přes 140 µg/m<sup>3</sup>, tedy blízko prahové hodnoty pro vyhlášení regulace (150 µg/m<sup>3</sup>). Brno-Zvonařka však nepatří k reprezentativním stanicím aglomerace ani kraje, sem řadíme výhradně pozadové stanice s výrazně rozsáhlejší reprezentativností.

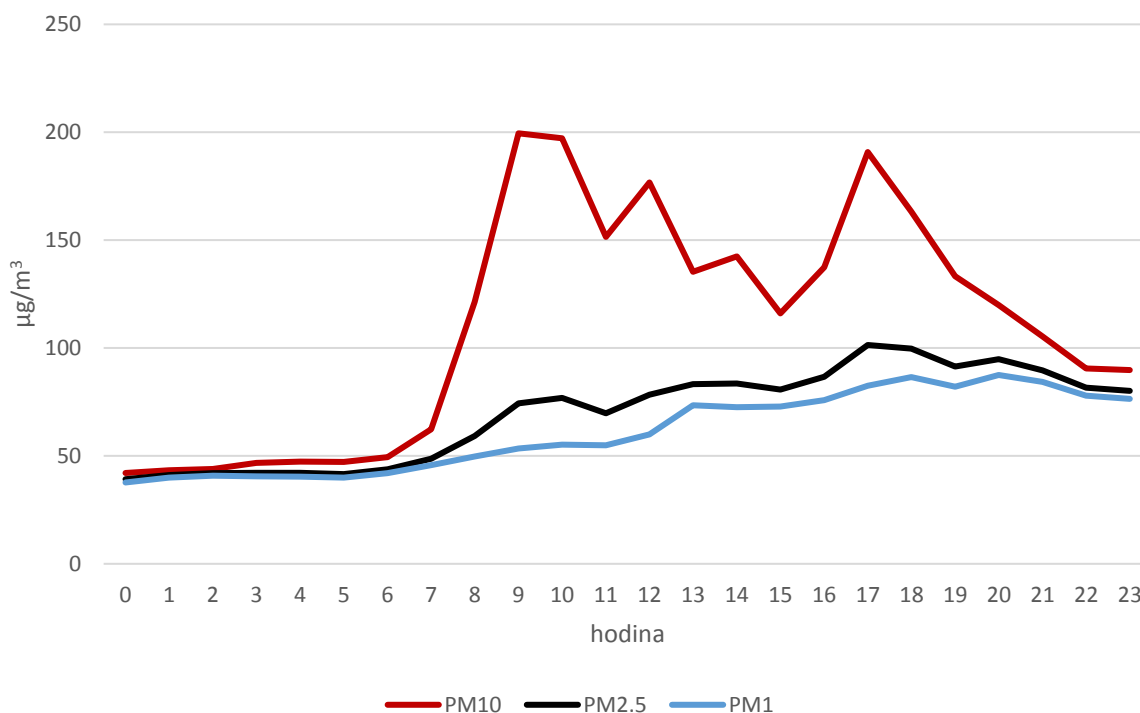
Hlavní příčinou zvýšených koncentrací PM<sub>10</sub> v tuto dobu byl pravděpodobně dálkový transport, velmi nízké teploty vzduchu, nízké rychlosti větru a ojedinělé teplotní inverze. Při zhoršování situace foukalo především ze severovýchodu. V Moravskoslezském kraji byla situace z České republiky nejhorší, znečištění pravděpodobně pocházelo nejen odtud, ale i z přeshraničního transportu z Polska, kde byly koncentrace rovněž velmi vysoké. Smogová situace byla vyhlášena v kraji Zlínském a Olomouckém, které jsou Moravskoslezskému blíže. Tuto závislost bylo možné pozorovat i na načasování. Nejhorší situace ve Zlínském kraji z reprezentativních stanic byla ve Valašském Meziříčí, které je Moravskoslezskému kraji velmi blízko. Následně při zlepšování situace v Moravskoslezském kraji klesaly koncentrace postupně od severovýchodu a v určitou dobu byla nejhorší situace právě na Jižní Moravě. Velmi vysoké koncentrace byly například i na pozadové venkovské stanici v Mikulově. U dopravní stanice Brno-Zvonařka takováto situace samozřejmě rovněž vede k celkovému zvýšení hladiny koncentrací znečišťujících látek. Dobře je tato skutečnost vidět na koncentracích PM<sub>10</sub> úplně na začátku a úplně na konci dne. V tuto dobu dochází běžně k výraznému poklesu, tento den však byla minimální denní koncentrace PM<sub>10</sub> nad 80 µg/m<sup>3</sup>, tedy i minimum bylo o 30 µg/m<sup>3</sup> vyšší, než kolik činí hodnota imisního limitu pro 24h koncentraci této látky. Předchozí 3 dny s detailní analýzou a vyšší průměrnou denní koncentrací PM<sub>10</sub> měly denní minimum PM<sub>10</sub> nižší. Příčinu vysokých koncentrací znečišťujících látek tento den je třeba hledat spíše v plošnějším charakteru než lokálně.

## 21. LEDEN 2019

Tabulka 39 - základní statistika koncentrací znečišťujících látek a rychlosti větru na stanici Brno-Zvonařka 21. ledna 2019

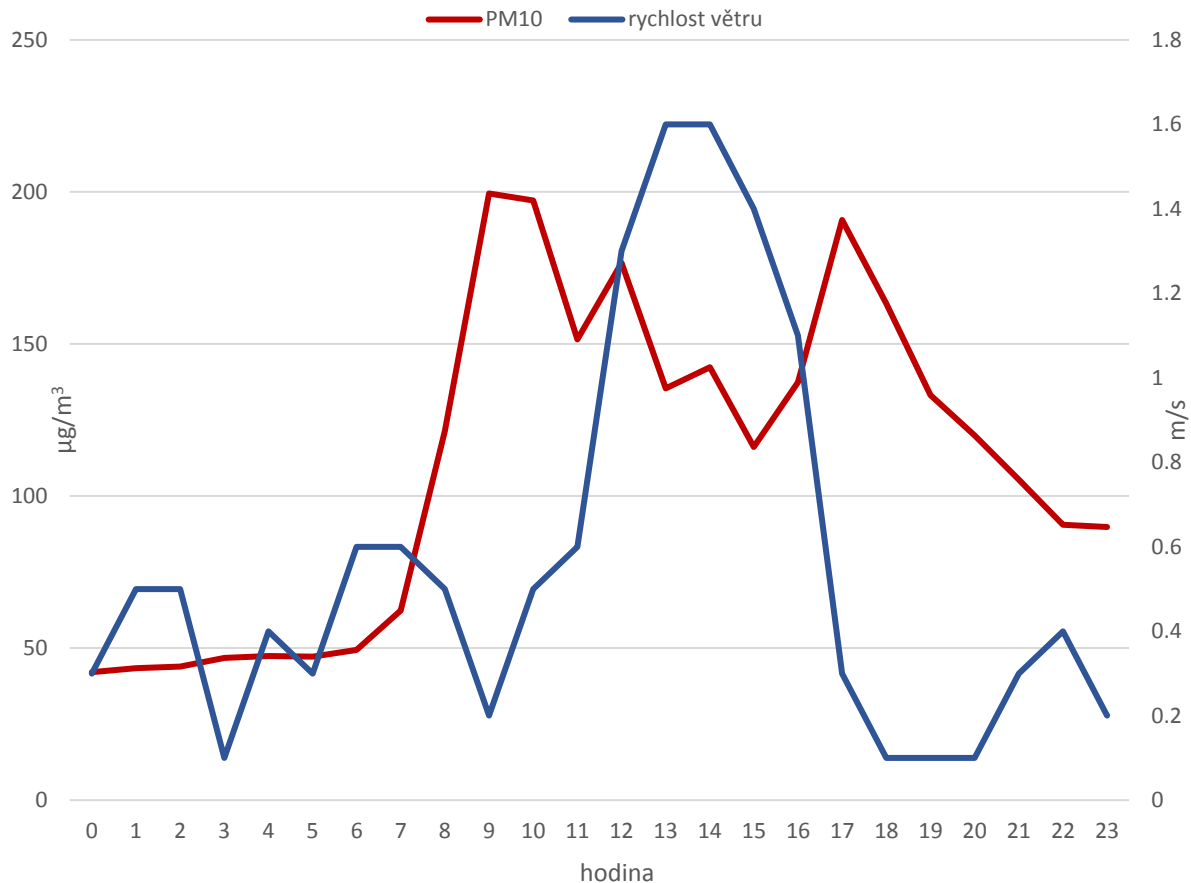
	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>1</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [µg/m <sup>3</sup> ]	rychlost větru [m/s]
<b>průměr</b>	110,55	69,69	61,36	64,43	810,57	0,57
<b>maximum</b>	199,5	101,4	87,5	96,6	1281,4	1,6
<b>minimum</b>	42,1	39,2	37,7	36,5	582,5	0,1
<b>medián</b>	53,74	21,50	18,08	18,53	207,46	0,47
<b>SD</b>	118,00	77,65	57,65	66,10	815,40	0,45

Průměrná denní koncentrace PM<sub>10</sub> 21. ledna 2019 byla 110,55 µg/m<sup>3</sup>. U NO<sub>2</sub> to bylo 64,43 µg/m<sup>3</sup> a NO<sub>x</sub> 244,04 µg/m<sup>3</sup>. Následující dva grafy ukazují denní chod hodinových koncentrací tří frakcí suspendovaných částic a oxidů dusíku.



Obrázek 144 - hodinové koncentrace  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$  na stanici Brno-Zvonařka, 21. ledna 2019.

Jak již bylo popsáno u 22. ledna 2019, panovala v tuto dobu velmi špatná kvalita ovzduší plošněji. 21. ledna již byla v Aglomeraci O/K/F-M bez Třinecka a na Třinecku vyhlášena smogová situace. V zóně Jihomoravského kraje bez Aglomerace Brno a Aglomeraci Brno se začala špatná situace plošněji projevovat právě 21. ledna. Dobře je toto patrné na grafu průběhu koncentrací suspendovaných částic. Pokud srovnáme počáteční a konečný stav (0 h UTC a 23 h UTC) je vidět, že došlo k nárůstu u všech frakcí ( $PM_{10}$   $42,1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 89,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $PM_{2,5}$   $39,2 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 80,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $PM_1$   $37,7 \mu\text{g}/\text{m}^3 \rightarrow 76,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Obrázek 145 - hodinové koncentrace PM<sub>10</sub>, rychlost a směr větru. Stanice Brno-Zvonařka, 21. leden 2019.

Na grafu je dobře vidět nárůst od přibližně 7 h UTC (8 h SEČ), korelující s pondělní ranní dopravní špičkou. V maximu se koncentrace PM<sub>10</sub> pohybovaly do 200 µg/m<sup>3</sup>. Hodnoty zde nejsou tak extrémní jako v předchozí dny a takovýto průběh, byť nežádoucí, není pro dopravní stanici v těsné blízkosti rušné komunikace a v době, kdy i na reprezentativních stanicích koncentrace dosahují vysokých hodnot, neobvyklá.

## SOUHRN

Pět dní s nejvyššími denními průměrnými koncentracemi PM<sub>10</sub> lze rozdělit do dvou kategorií – lokální znečištění a plošné znečištění. V třetí třetině ledna byly koncentrace všech znečišťujících látek vysoké v celé východní části České republiky. V Moravskoslezském kraji byla vyhlášena regulace, ve Zlínském smogová situace a v Jihomoravském kraji byly koncentrace na hranici pro vyhlášení smogové situace, která však nakonec vyhlášena nebyla. Koncentrace byly v tuto dobu vysoké na všech stanicích v kraji včetně venkovských pozadových stanic. Následující tabulka ukazuje srovnání koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a NO<sub>2</sub> ve výše uvedených 5 dní na 10 dalších jihomoravských stanicích.

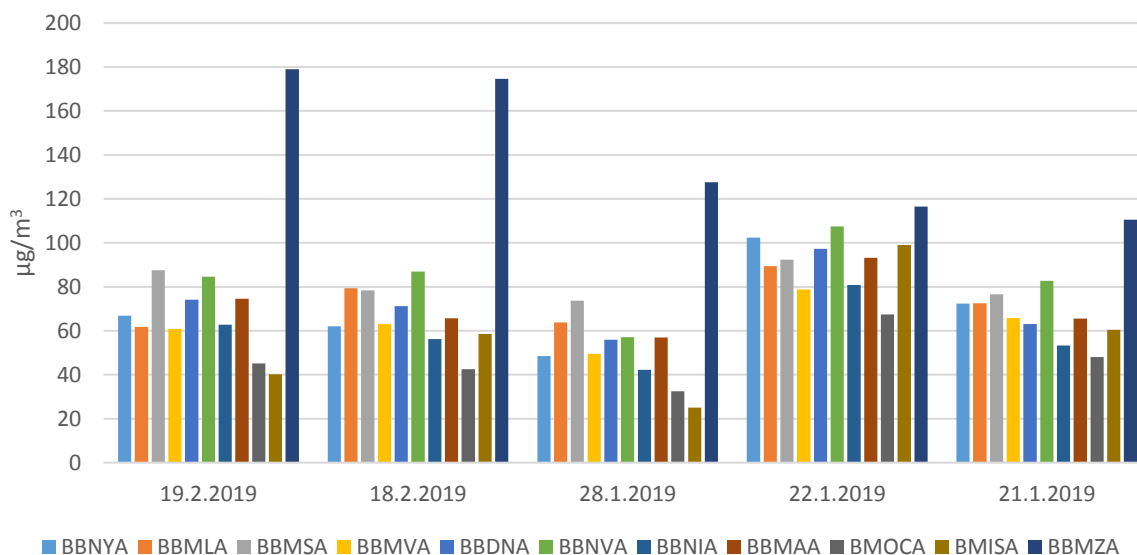
Srovnávané stanice:

- BBNYA Brno-Tuřany požadová předměstská
- BBMLA Brno-Lány požadová městská
- BBMSA Brno-Svatoplukova dopravní městská
- BBMVA Brno-Výstaviště dopravní městská
- BBDNA Brno-Dětská nemocnice požadová městská
- BBNVA Brno-Úvoz (hot spot) dopravní městská
- BBNIA Brno-Líšeň požadová městská
- BBMAA Brno-Arboretum požadová městská
- BMOCA Sivice požadová venkovská
- BMISA Mikulov-Sedlec požadová venkovská
- BBMZA Brno-Zvonařka dopravní městská

Tabulka 40 – průměrné a maximální denní koncentrace  $PM_{10}$  na vybraných stanicích Jihomoravského kraje v pět vybraných dní ledna a února 2019, v  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

$PM_{10}$		19. 2. 2019	18. 2. 2019	28. 1. 2019	22. 1. 2019	21. 1. 2019
BBNYA	průměr	66,92	62,08	48,46	102,33	72,35
	maximum	85,0	85,0	63,0	124,0	113,0
BBMLA	průměr	61,68	79,40	63,75	89,46	72,60
	maximum	93,9	110,6	130,0	107,6	122,6
BBMSA	průměr	87,50	78,35	73,70	92,38	76,62
	maximum	136,2	151,0	190,4	124,9	111,1
BBMVA	průměr	60,93	63,12	49,53	78,84	65,79
	maximum	79,9	90,0	78,9	105,7	116,3
BBDNA	průměr	74,17	71,17	55,96	97,33	63,04
	maximum	102,0	92,0	85,0	118,0	102,0
BBNVA	průměr	84,67	86,96	57,04	107,46	82,67
	maximum	154,0	149,0	95,0	144,0	136,0
BBNIA	průměr	62,83	56,21	42,17	80,79	53,25
	maximum	106,0	71,0	69,0	102,0	84,0
BBMAA	průměr	74,53	65,75	56,88	93,14	65,56
	maximum	109,5	89,3	80,8	121,8	101,3
BMOCA	průměr	45,17	42,46	32,50	67,42	48,13
	maximum	62,0	59,0	54,0	92,0	71,0

PM <sub>10</sub>		19. 2. 2019	18. 2. 2019	28. 1. 2019	22. 1. 2019	21. 1. 2019
BMISA	průměr	40,17	58,50	25,04	99,08	60,42
	maximum	78,0	75,0	55,0	128,0	94,0
BBMZA	průměr	178,93	174,70	127,62	116,58	110,55
	maximum	461,4	559,9	628,2	192,6	199,5



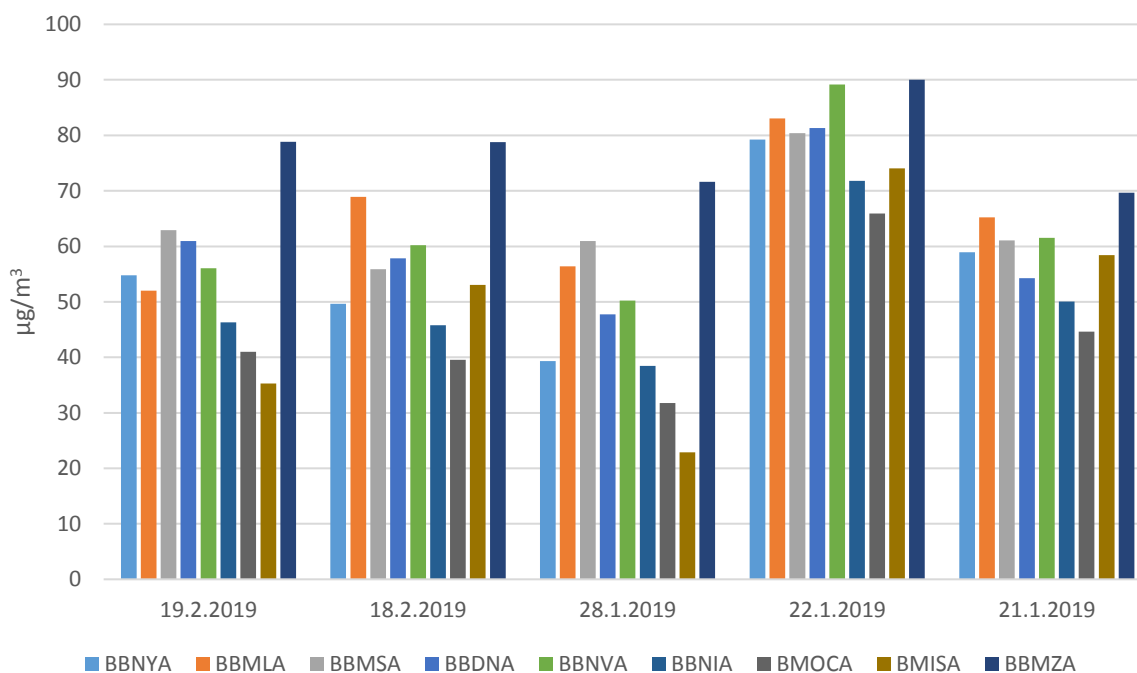
Obrázek 146 – průměrné denní koncentrace PM<sub>10</sub> na vybraných stanicích Jihomoravského kraje v pět vybraných dní ledna a února 2019.

Výše uvedený graf průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> na stanici Brno-Zvonařka a deseti dalších stanicích Jihomoravského kraje dobře ilustruje rozdílnou situaci 22. a 21. ledna 2019 (plošné znečištění) a 18. a 19. února a 28. ledna 2019. 22. ledna byly koncentrace PM<sub>10</sub> vysoké na všech stanicích. Například venkovská pozadová stanice Mikulov-Sedlec umístěná uprostřed zemědělské zóny na poli zaznamenala denní průměr 99 µg/m<sup>3</sup>. Je nutné připomenout, že vybrané dny odpovídají pěti dnům s nejvyššími průměrnými koncentracemi PM<sub>10</sub> na stanici Brno-Zvonařka v období září 2018 až únor 2019, proto jsou právě v tyto dny koncentrace PM<sub>10</sub> na této stanici velmi vysoké.



Tabulka 41 - průměrné a maximální denní koncentrace  $PM_{2,5}$  na vybraných stanicích Jihomoravského kraje v pět vybraných dní ledna a února 2019 v  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

$PM_{2,5}$		19. 2. 2019	18. 2. 2019	28. 1. 2019	22. 1. 2019	21. 1. 2019
BBNYA	průměr	54,79	49,63	39,33	79,21	58,92
	maximum	72,0	66,0	64,0	99,0	95,0
BBMLA	průměr	52,00	68,94	56,40	83,03	65,23
	maximum	75,1	93,2	92,3	92,8	106,7
BBMSA	průměr	62,93	55,89	60,96	80,38	61,06
	maximum	80,8	77,9	127,0	92,8	82,5
BBDNA	průměr	60,96	57,83	47,75	81,33	54,25
	maximum	80	80	72	100	88
BBNVA	průměr	56,04	60,21	50,25	89,17	61,54
	maximum	79	76	67	105	85
BBNIA	průměr	46,29	45,79	38,46	71,79	50,04
	maximum	66	63	60	91	75
BMOCA	průměr	41,00	39,54	31,79	65,92	44,63
	maximum	59	56	53	89	62
BMISA	průměr	35,29	53,04	22,88	74,04	58,42
	maximum	67	66	51	92	98
BBMZA	průměr	78,83	78,80	71,60	90,03	69,69
	maximum	114,6	125,6	163,9	102,8	101,4



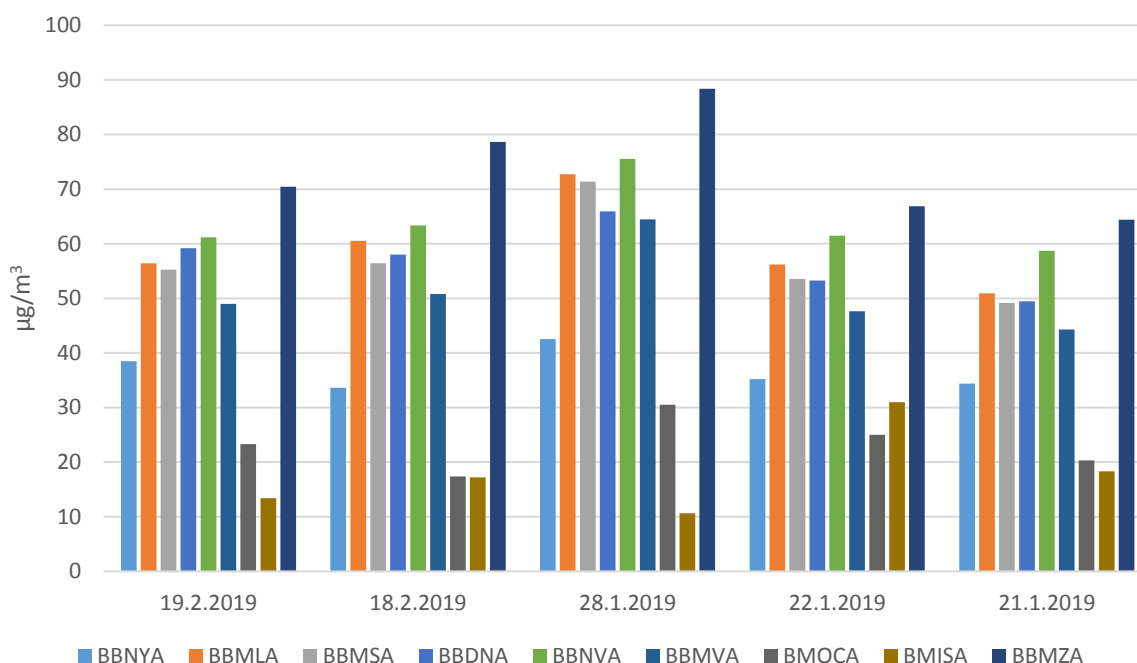
Obrázek 147 - průměrné denní koncentrace PM<sub>2,5</sub> na vybraných stanicích Jihomoravského kraje v pět vybraných dní ledna a února 2019.

V případě koncentrací PM<sub>2,5</sub> již není vidět tak zřetelný rozdíl u stanice Brno-Zvonařka proti ostatním stanicím. 22. ledna při plošném zhoršení kvality ovzduší byla průměrná denní koncentrace PM<sub>2,5</sub> na stanici Brno-Zvonařka téměř totožná s průměrem na dopravní stanici v centru Brna, stanici Brno-Úvoz (hot spot). Celkově jsou pak rozdíly menší, než u koncentrací PM<sub>10</sub>.

Tabulka 42 - průměrné a maximální denní koncentrace NO<sub>2</sub> na vybraných stanicích Jihomoravského kraje v pět vybraných dní ledna a února 2019 v µg/m<sup>3</sup>.

NO <sub>2</sub>		19. 2. 2019	18. 2. 2019	28. 1. 2019	22. 1. 2019	21. 1. 2019
BBNYA	průměr	38,51	33,60	42,53	35,19	34,38
	maximum	60,4	56,6	78,0	45,1	52,4
BBMLA	průměr	56,46	60,53	72,76	56,20	50,95
	maximum	102,1	113,4	107,1	77,9	84,7
BBMSA	průměr	55,23	56,45	71,36	53,55	49,19
	maximum	72,9	77,9	93,0	67,5	67,5
BBDNA	průměr	59,21	58,02	65,93	53,25	49,47
	maximum	102,0	120,7	92,8	68,7	78,2
BBNVA	průměr	61,20	63,37	75,54	61,47	58,70
	maximum	91,4	108,7	96,0	85,7	89,9

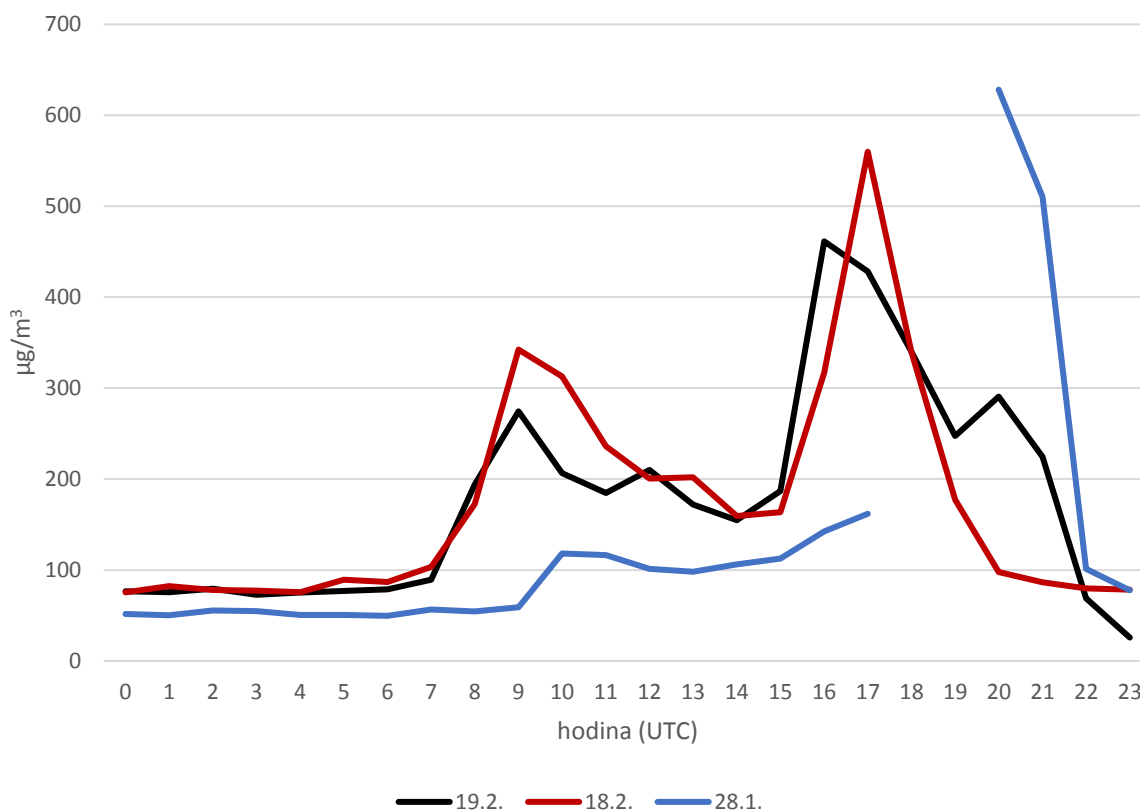
NO <sub>2</sub>		19. 2. 2019	18. 2. 2019	28. 1. 2019	22. 1. 2019	21. 1. 2019
BBMVA	průměr	48,98	50,81	64,47	47,63	44,29
	maximum	89,1	101,8	86,3	64,5	71,7
BMOCA	průměr	23,31	17,38	30,54	25,03	20,29
	maximum	36,5	33,7	53,9	38,1	40,7
BMISA	průměr	13,37	17,19	10,65	30,97	18,33
	maximum	19,9	23,3	15,5	41,9	24,5
BBMZA	průměr	70,45	78,64	88,38	66,84	64,43
	maximum	106,0	155,3	131,8	91,4	96,6



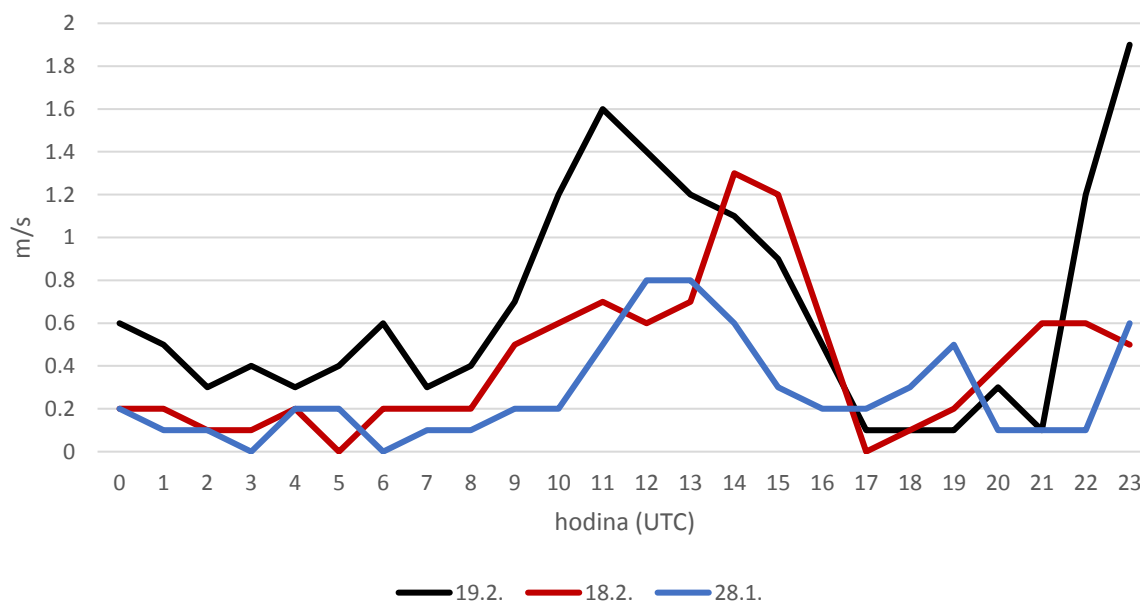
Obrázek 148 - průměrné denní koncentrace NO<sub>2</sub> na vybraných stanicích Jihomoravského kraje v pět vybraných dní ledna a února 2019.

Na grafu průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> je vidět výrazný rozdíl u stanic Mikulov-Sedlec a Sivice. Obě jsou to pozadové stanice a zároveň stanice venkovské. Oxidy dusíku jsou problémem především v dopravně zatížených lokalitách případně blízko některých průmyslových objektů. Logicky tedy jsou koncentrace NO<sub>2</sub> ve městech vyšší, než na venkově.

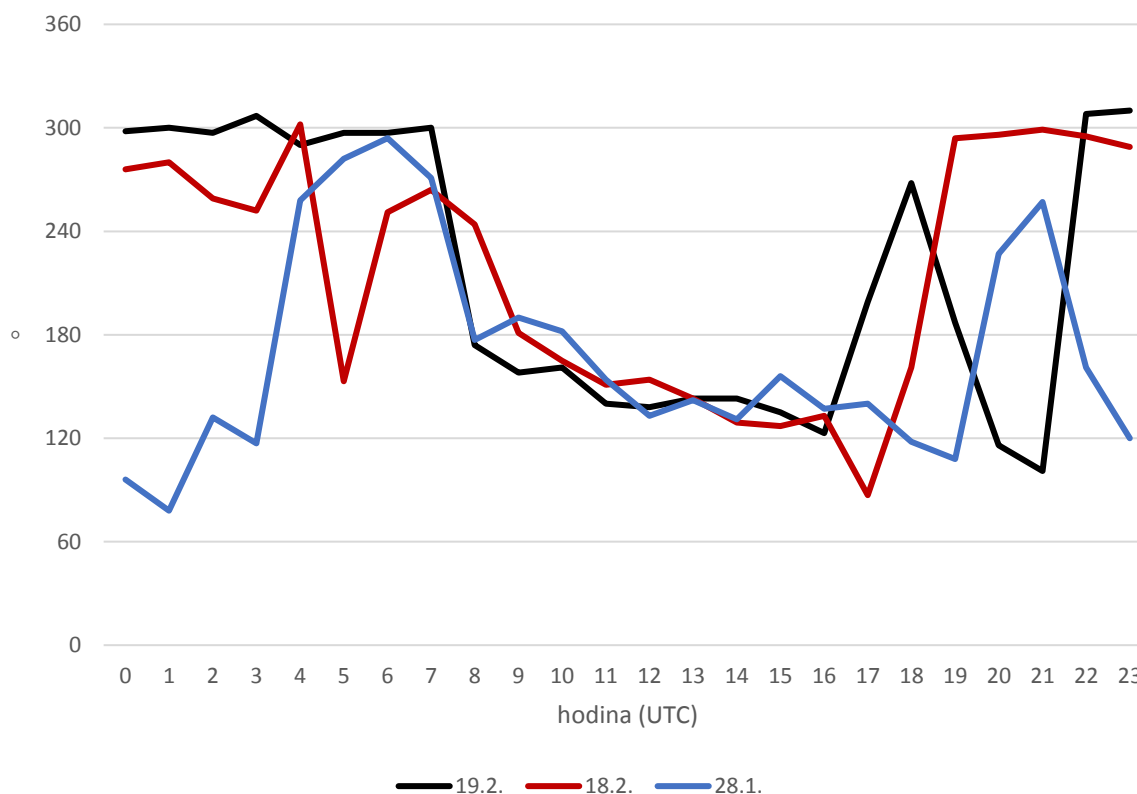
Z výše uvedených grafů lze vyvodit, že 18. a 19. února 2019 a 28. ledna 2019 byly vysoké koncentrace na stanici Brno-Zvonařka způsobeny nějakým lokálním zdrojem. Následující tabulka ukazuje srovnání denních chodů koncentrace PM<sub>10</sub> a rychlosti a směru větru v dané tři dny.



Obrázek 149 – hodinové koncentrace  $PM_{10}$  na stanici Brno-Zvonařka ve tři vybrané dny s nejvyšším denním průměrem  $PM_{10}$  v období září 2018 až únor 2019.



Obrázek 150 - hodinové rychlosti větru na stanici Brno-Zvonařka ve tři vybrané dny s nejvyšším denním průměrem  $PM_{10}$  v období září 2018 až únor 2019.



Obrázek 151 – hodinový směr větru na stanici Brno-Zvonařka ve tři vybrané dny s nejvyšším denním průměrem  $PM_{10}$  v období září 2018 až únor 2019.

Grafy chodu koncentrace  $PM_{10}$ , rychlosti i směru větru ukazují, že jsou si všechny tři dny s nejvyššími denními průměrnými koncentracemi  $PM_{10}$  velmi nápadně podobné. Koncentrace  $PM_{10}$  stoupají dvakrát během dne, jednou dopoledne po ranní dopravní špičce, podruhé odpoledne. Ve všech třech případech byl odpolední nárůst výrazně vyšší než dopolední v absolutních hodnotách. To je ale dáno pouze faktem, že přes noc koncentrace klesají, tudíž ranní vzestup začíná z výrazně nižších hodnot a během poledne na takto nízké hodnoty koncentrace neklesají.

Na grafu rychlosti větru je vidět zvýšení rychlosti větru uprostřed dne, tedy přibližně od 8 h ráno (UTC) do 17 h odpoledne (UTC). Ve všechny tři dny došlo kolem 8 h ranní ke změně směru větru na jižní proudění, které přetrvávalo do přibližně 16 – 17 h (korelující se zvýšenou rychlostí větru). Následně se proudění změnilo. **K nejvýraznějšímu zvýšení  $PM_{10}$  došlo právě v momentě poklesu rychlosti větru, ke změně směru větru došlo až později. Jako nejpravděpodobnější příčina výrazného zvýšení se zde jeví kombinace odpolední dopravní špičky, nízké rychlosti větru, stavebních prací v okolí, ze kterých pramení omezení plynulosti dopravy v už tak velmi dopravně zatížené lokalitě, případně významná resuspenze automobilů, jelikož jsou blízké komunikace pokryté prachem z okolních staveb a stavebních činností.**

## SROVNÁNÍ V KONTEXTU ČESKÉ REPUBLIKY

Srovnání absolutních hodnot koncentrací jednotlivých znečišťujících látek je možné provést i v kontextu celé České republiky.

### SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM<sub>10</sub>

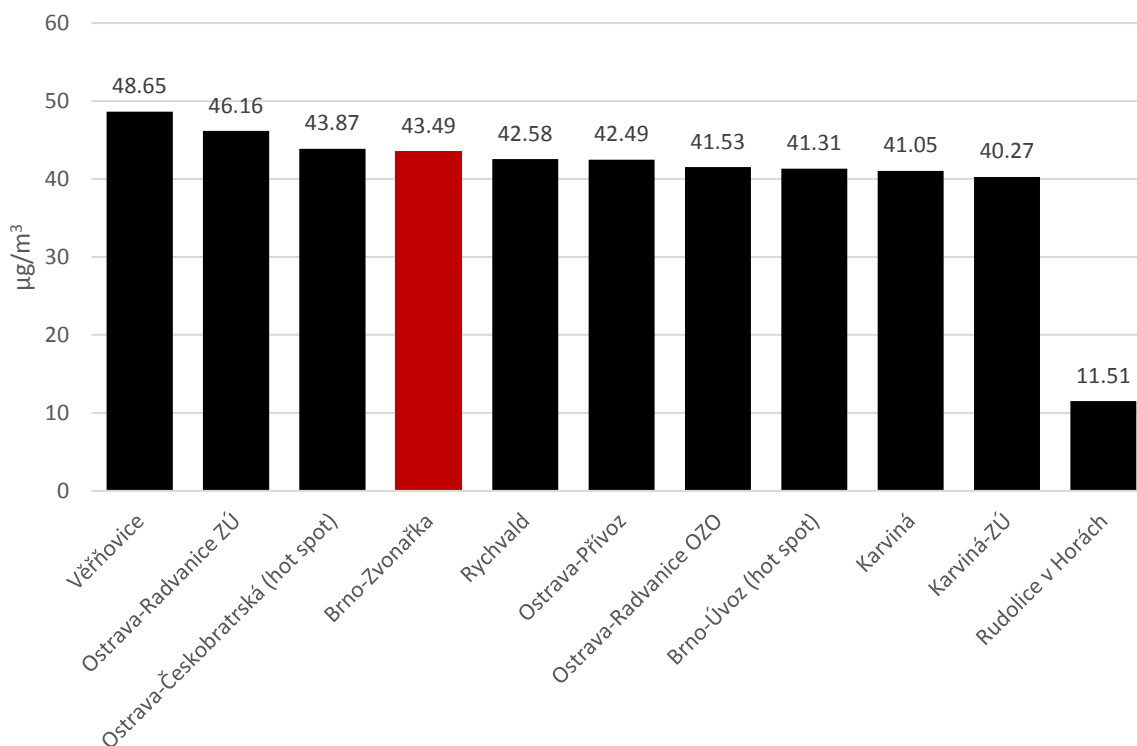
Následující tabulka ukazuje průměrnou koncentraci PM<sub>10</sub> za období září 2018 až únor 2019 na stanicích v České republice.

Tabulka 43 – průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> za období září 2018 až únor 2019 na vybraných stanicích – deseti stanicích s nejvyšším průměrem a stanicí s absolutně nejnižším průměrem. Započítány byly pouze ty stanice, které měly k dispozici dostatečné množství dat.

	Stanice	Kraj	Okres	Typ stanice a zóny	průměr PM <sub>10</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]
1.	Věřňovice	Moravskoslezský	Karviná	pozaďová venkovská	48,65
2.	Ostrava-Radvanice ZÚ	Moravskoslezský	Ostrava-město	průmyslová předměstská	46,16
3.	Ostrava-Českobratrská (hot spot)	Moravskoslezský	Ostrava-město	dopravní městská	43,87
4.	<b>Brno-Zvonařka</b>	<b>Jihomoravský</b>	<b>Brno-město</b>	<b>průmyslová městská</b>	<b>43,49</b>
5.	Rychvald	Moravskoslezský	Karviná	pozaďová městská	42,58
6.	Ostrava-Přívoz	Moravskoslezský	Ostrava-město	průmyslová městská	42,49
7.	Ostrava-Radvanice OZO	Moravskoslezský	Ostrava-město	pozaďová předměstská	41,53
8.	Brno-Úvoz (hot spot)	Jihomoravský	Brno-město	dopravní městská	41,31
9.	Karviná	Moravskoslezský	Karviná	pozaďová městská	41,05
10.	Karviná-ZÚ	Moravskoslezský	Karviná	dopravní městská	40,27

	Stanice	Kraj	Okres	Typ stanice a zóny	průměr PM <sub>10</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]
118.	Rudolice v Horách	Ústecký	Most	pozaďová venkovská	11,51

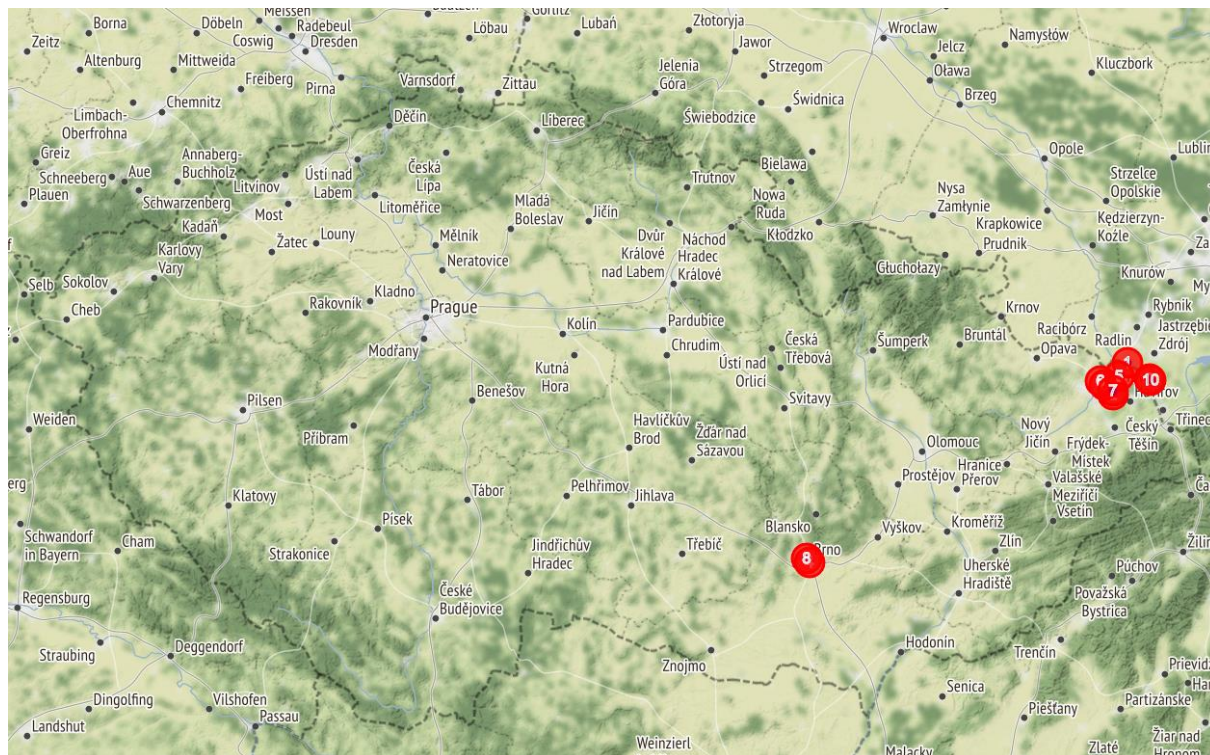
Do tabulky bylo zahrnuto 10 stanic s nejvyšším průměrem PM<sub>10</sub> v období září 2018 až únor 2019 a dostatečným množstvím dat. Paradoxně právě u těchto 10 stanic s nejvyšším průměrem byla průměrná koncentrace vyšší než 40 μg/m<sup>3</sup> (to je imisní limit pro roční průměrnou koncentraci PM<sub>10</sub>, v tomto případě ale nelze hovořit o překročení imisního limitu, protože se nejedná o data za kalendářní rok, ale pouze půlrok, který zahrnuje chladné období, kdy jsou koncentrace vždy vyšší, a při zahrnutí letního půlroku by se průměr snížil).



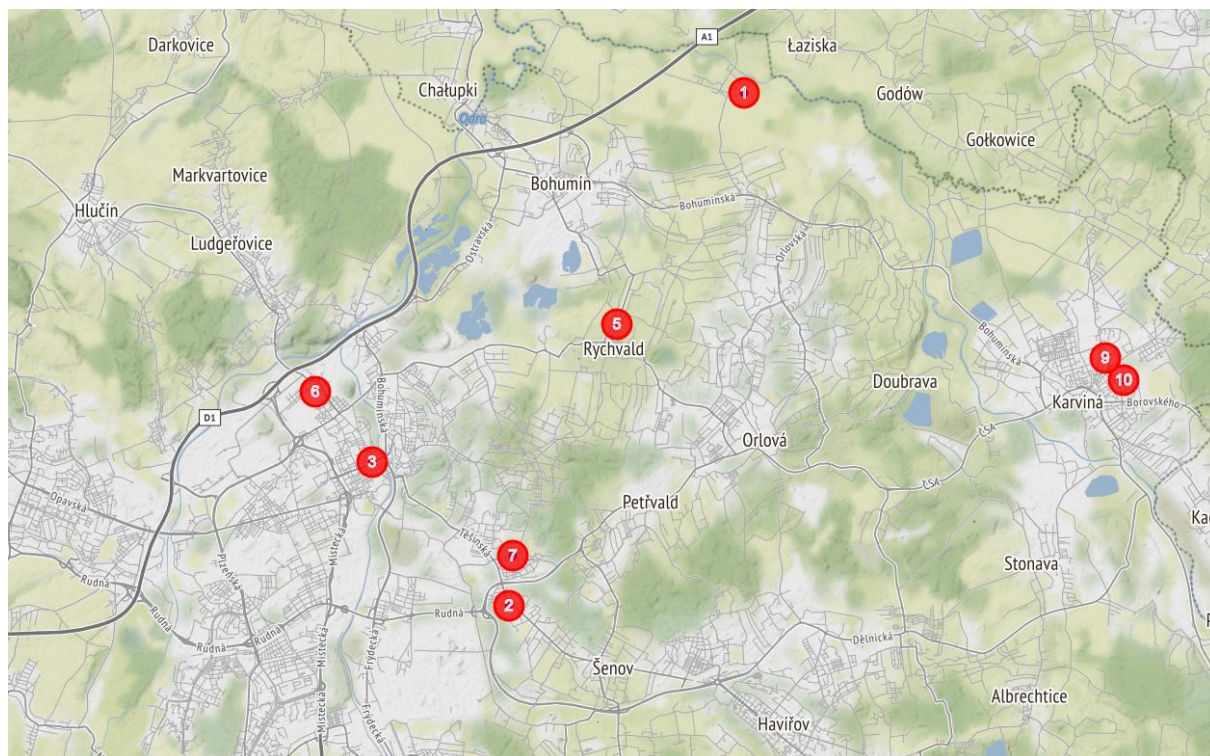
Obrázek 152 - průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> za období září 2018 až únor 2019 na vybraných stanicích – deseti stanicích s nejvyšším průměrem a stanici s absolutně nejnižším průměrem. Započítány byly pouze ty stanice, které měly k dispozici dostatečné množství dat. Stanice Brno-Zvonařka je zvýrazněna červeně.

Z tabulky je patrné, že nejvyšší koncentrace PM<sub>10</sub> jsou v Moravskoslezském kraji. Z deseti stanic s nejvyšším průměrem je osm v Moravskoslezském kraji a zbylé dvě jsou stanice právě v Brně. Čtvrtou nejvyšší průměrnou koncentraci měla stanice Brno-Zvonařka, která je předmětem této analýzy, na osmém místě je to pak stanice Brno-Úvoz (hot spot). Příčina vysokých koncentrací a společný faktor na obou brněnských stanicích bude popsán později v tomto textu.

Výše uvedených deset stanic s nejvyššími průměrnými koncentracemi  $PM_{10}$  v období září 2018 až únor 2019 v České republice je uvedeno i na následujících mapách.

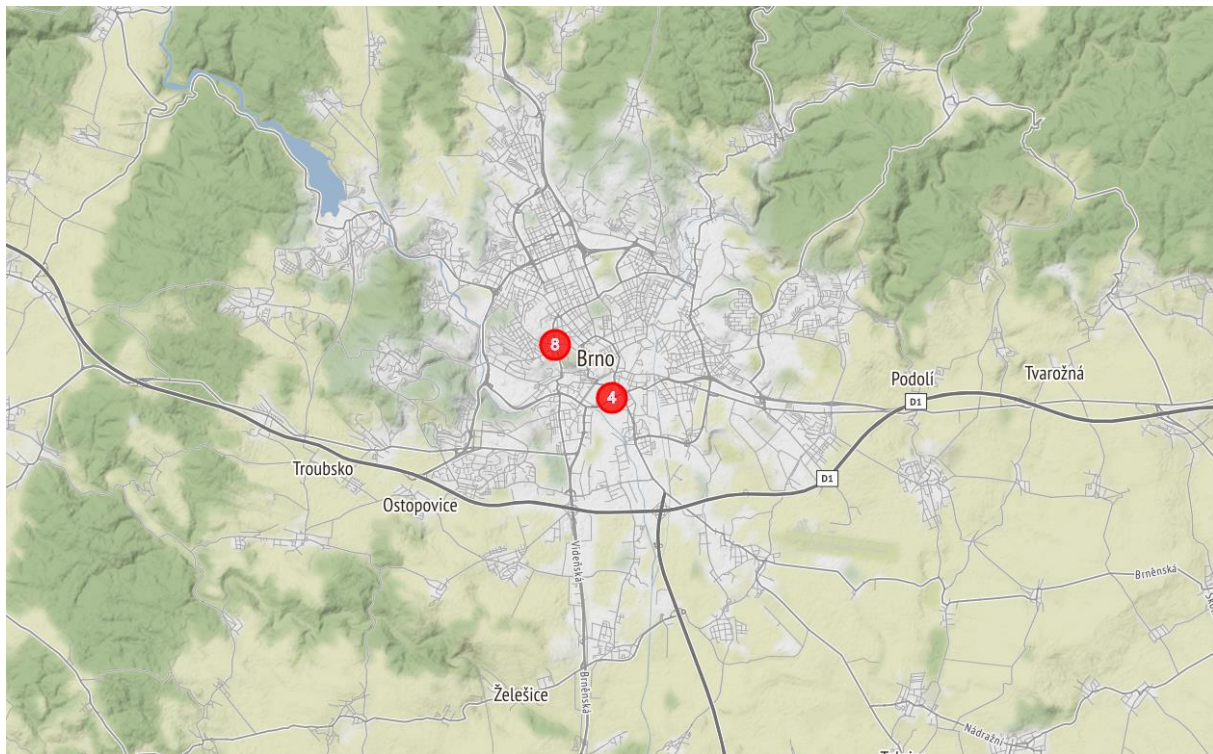


Obrázek 153 – deset stanic s nejvyšší průměrnou koncentrací  $PM_{10}$  v České republice v období září 2018 až únor 2019.



Obrázek 154 - deset stanic s nejvyšší průměrnou koncentrací  $PM_{10}$  v České republice v období září 2018 až únor 2019. Zaměření na Moravskoslezský kraj, kde se nachází 8 z těchto 10 stanic.





Obrázek 155 - deset stanic s nejvyšší průměrnou koncentrací  $PM_{10}$  v České republice v období září 2018 až únor 2019. Zaměření na Aglomeraci Brno, kde se nachází 2 z těchto 10 stanic.

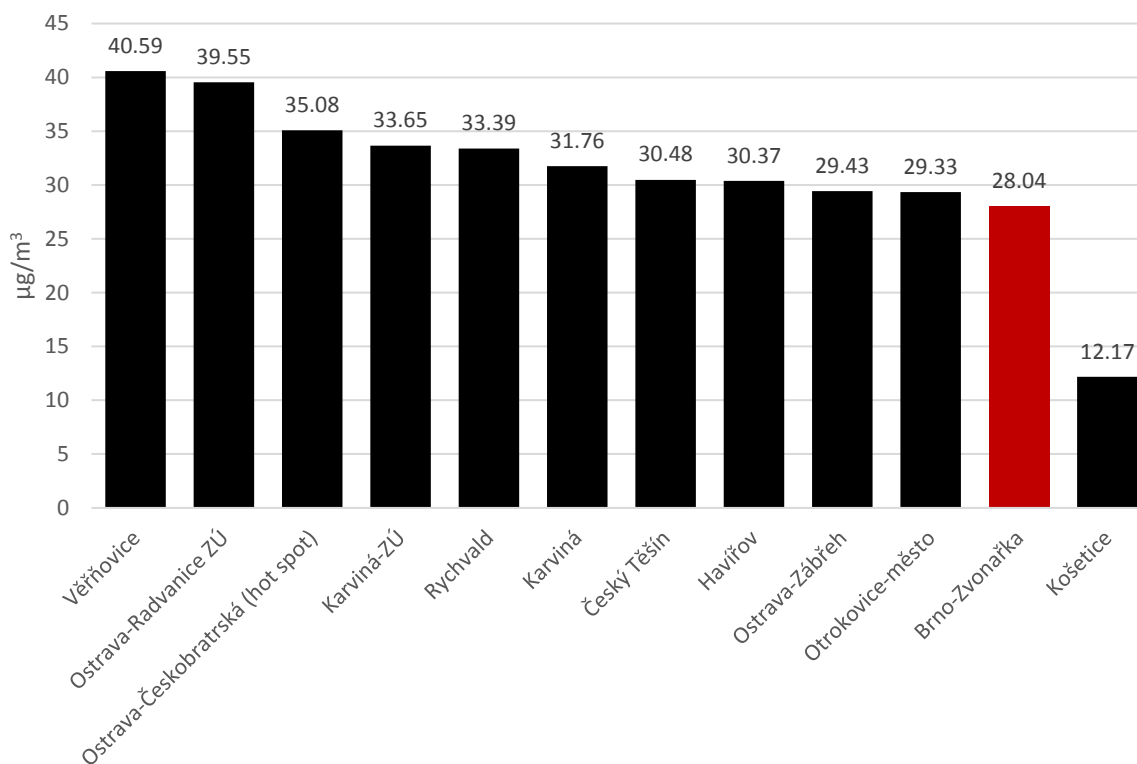
## SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM<sub>2,5</sub>

Shodnou tabulku jako je ta pro PM<sub>10</sub> uvedeme i pro frakci PM<sub>2,5</sub>.

Tabulka 44 - průměrné koncentrace PM<sub>2,5</sub> za období září 2018 až únor 2019 na vybraných stanicích – deseti stanicích s nejvyšším průměrem a stanici s absolutně nejnižším průměrem. Započítány byly pouze ty stanice, které měly k dispozici dostatečné množství dat.

	Stanice	Kraj	Okres	Typ stanice a zóny	průměr PM <sub>2,5</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]
1.	Věřňovice	Moravskoslezský	Karviná	pozaďová venkovská	40,59
2.	Ostrava-Radvanice ZÚ	Moravskoslezský	Ostrava-město	průmyslová předměstská	39,55
3.	Ostrava-Českobratrská (hot spot)	Moravskoslezský	Ostrava-město	dopravní městská	35,08
4.	Karviná-ZÚ	Moravskoslezský	Karviná	dopravní městská	33,65
5.	Rychvald	Moravskoslezský	Karviná	pozaďová městská	33,39
6.	Karviná	Moravskoslezský	Karviná	pozaďová městská	31,76
7.	Český Těšín	Moravskoslezský	Karviná	pozaďová městská	30,48
8.	Haviřov	Moravskoslezský	Karviná	pozaďová městská	30,37
9.	Ostrava-Zábřeh	Moravskoslezský	Ostrava-město	pozaďová městská	29,43
10.	Otrokovice-město	Zlínský	Zlín	dopravní městská	29,33
15.	<b>Brno-Zvonařka</b>	<b>Jihomoravský</b>	<b>Brno-město</b>	<b>průmyslová městská</b>	<b>28,04</b>
83.	Košetice	Vysočina	Pelhřimov	pozaďová venkovská	12,17

V tabulce výše nefiguruje stanice Brno-Zvonařka mezi prvními deseti stanicemi s nejvyššími koncentracemi  $PM_{2,5}$  v daném období. S výjimkou desáté nejvyšší jsou všechny stanice v Moravskoslezském kraji. Absolutně nejnižší průměrná koncentrace  $PM_{2,5}$  v období září 2018 až únor 2019 byla na stanici v areálu observatoře Košetice. Paradoxně je tato hodnota vyšší než průměrná koncentrace  $PM_{10}$  na stanici Rudolice v Horách. Příčinou tohoto stavu je fakt, že se koncentrace  $PM_{2,5}$  sledují na nižším počtu stanic a například právě v Rudolci v Horách se  $PM_{2,5}$  nemonitoruje. Ač byl tedy průměr  $PM_{2,5}$  za dané období minimálně v Rudolicích v Horách nižší, nelze jej uvést, protože nejsou tato data změřená.



Obrázek 156 - průměrné koncentrace  $PM_{2,5}$  za období září 2018 až únor 2019 na vybraných stanicích – deseti stanicích s nejvyšším průměrem, stanici Brno-Zvonařka a stanici s absolutně nejnižším průměrem. Započítány byly pouze ty stanice, které měly k dispozici dostatečné množství dat. Stanice Brno-Zvonařka je zvýrazněna červeně.

## OXID DUSIČITÝ (NO<sub>2</sub>)

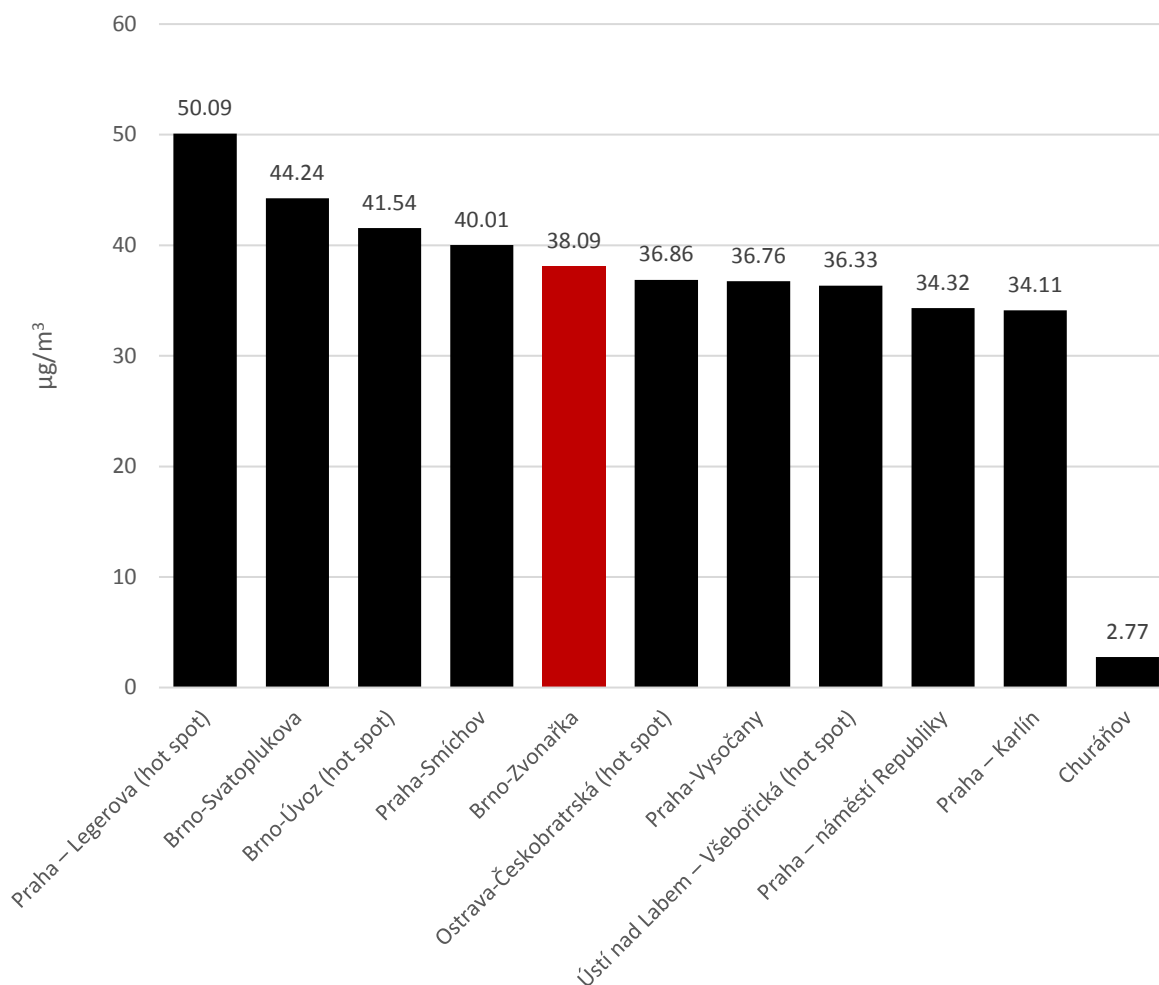
U oxidu dusičitého je tabulka výrazně odlišná, což souvisí s hlavním zdrojem NO<sub>2</sub> – dopravou. Nejvyšší koncentrace NO<sub>2</sub> jsou tedy měřeny na dopravně nejzatíženějších lokalitách v České republice.

Tabulka 45 - průměrné koncentrace NO<sub>2</sub> za období září 2018 až únor 2019 na vybraných stanicích – deseti stanicích s nejvyšším průměrem a stanici s absolutně nejnižším průměrem. Započítány byly pouze ty stanice, které měly k dispozici dostatečné množství dat.

	Stanice	Kraj	Okres	Typ stanice a zóny	průměr NO <sub>2</sub> [μg/m <sup>3</sup> ]
1.	Praha – Legerova (hot spot)	Praha	Praha	dopravní městská	50,09
2.	Brno-Svatoplukova	Jihomoravský	Brno-město	dopravní městská	44,24
3.	Brno-Úvoz (hot spot)	Jihomoravský	Brno-město	dopravní městská	41,54
3.	Praha-Smíchov	Praha	Praha	dopravní městská	40,01
5.	<b>Brno-Zvonařka</b>	<b>Jihomoravský</b>	<b>Brno-město</b>	<b>průmyslová městská</b>	<b>38,09</b>
6.	Ostrava-Českoobrátská (hot spot)	Moravskoslezský	Ostrava-město	dopravní městská	36,86
7.	Praha-Vysočany	Praha	Praha	dopravní městská	36,76
8.	Ústí nad Labem – Všebořická (hot spot)	Ústí nad Labem	Ústí nad Labem	dopravní městská	36,33
9.	Praha – náměstí Republiky	Praha	Praha	pozaďová městská	34,32
10.	Praha – Karlín	Praha	Praha	dopravní městská	34,11
93.	Churáňov	Jihočeský	Prachatice	pozaďová venkovská	2,77

Tabulce stanic s nejvyššími koncentracemi NO<sub>2</sub> jasně dominují dopravní městské stanice velkoměst České republiky – Praze, Brně, Ostravě a Ústí nad Labem. Všech deset stanic s nejvyšší

průměrnou koncentrací NO<sub>2</sub> za období září 2018 až únor 2019 je právě v jednom z těchto měst. Stanice Brno-Zvonařka má průměr pátý nejvyšší, nicméně tento stav je dlouhodobý. Stanice je velmi dopravně zatížená, ještě více pak v Brně stanice v ulici Svatoplukova, kde je provoz ještě vyšší a stanice ještě blíže této komunikaci a stanice Brno-Úvoz (hot spot), která již svým označením „hot spot“ značí, že se jedná o stanici zaměřenou čistě na dopravu, navíc umístěnou v kotlině zástavby, kde se často tvoří dopravní kolony.



Obrázek 157 - průměrné koncentrace NO<sub>2</sub> za období září 2018 až únor 2019 na vybraných stanicích – deseti stanicích s nejvyšším průměrem a stanici s absolutně nejnižším průměrem. Započítány byly pouze ty stanice, které měly k dispozici dostatečné množství dat. Stanice Brno-Zvonařka je zvýrazněna červeně.

## SROVNÁNÍ

Srovnajme nyní výše uvedený stav s předchozím rokem – vůbec nejvyšší průměrná koncentrace PM<sub>10</sub> byla v období září 2018 až únor 2019 na stanici u polských hranic Věřňovice. V roce 2017 byla roční průměrná koncentrace PM<sub>10</sub> na této stanici druhá nejhorší v České republice, po stanici Ostrava-Radvanice ZÚ, která byla v období září 2018 až únor 2019 druhá nejhorší. Třetí nejhorší byly

koncentrace PM<sub>10</sub> za září 2018 až únor 2019 na stanici Ostrava-Českobratrská (hot spot). Roční průměr za rok 2017 pro tuto stanici z důvodu nesplnění podmínky 90% dostupnosti dat k dispozici. Koncentrace jsou zde však vysoké dlouhodobě, v roce 2016 to byla co do ročního průměru PM<sub>10</sub> čtvrtá nejhorší stanice v České republice. Čtvrtý nejvyšší průměr koncentrací PM<sub>10</sub> v období září 2018 až únor 2019 zaznamenala stanice Brno-Zvonařka. V roce 2017 však měla tato stanice až 29. nejvyšší roční průměrnou koncentraci PM<sub>10</sub>, což svědčí o výrazném rozdílu. Pátý nejvyšší byl průměr na stanici v Rychvaldu a v roce 2017 to byla stanice s třetím nejvyšším průměrem v České republice. Pokud tedy vezmeme prvních pět stanic s nejvyšší průměrnou koncentrací PM<sub>10</sub> za období září 2018 až únor 2019 a srovnáme je s ročním průměrem za rok 2017, jako pořadí od nejvyšších po nejnižší zjistíme, že u stanice Brno-Zvonařka na rozdíl od ostatních stanic došlo k výraznému zhoršení. Jedinou další stanicí v desítce stanic s nejvyšším průměrem PM<sub>10</sub> září 2018 až únor 2019 s velkým rozdílem je již zmiňovaná stanice Brno-Úvoz (hot spot) – v období září 2018 až únor 2019 to byla stanice s osmým nejvyšším průměrem koncentrace PM<sub>10</sub>, zatímco v roce 2017 to byla až stanice s 57. nejvyšším průměrem.

Tabulka 46 – pořadí stanic při seřazení od stanice s nejvyšším průměrem koncentrací PM<sub>10</sub> v konkrétním období v České republice.

	září 2018 – únor 2019	2017
Věřňovice	1.	2.
Ostrava-Radvanice ZÚ	2.	1.
Ostrava-Českobratrská (hot spot)	3.	-
Brno-Zvonařka	<b>4.</b>	<b>29.</b>
Rychvald	5.	3.
Ostrava-Přívoz	6.	7.
Ostrava-Radvanice OZO	7.	6.
Brno-Úvoz (hot spot)	8.	57.
Karviná	9.	5.
Karviná-ZÚ	10.	33.

## EMISNÍ ZDROJE – AGLOMERACE BRNO

Stavební práce samozřejmě nejsou jediným zdrojem emisí v Brně. Emisní zdroje jsou evidovány v tzv. Registru emisí a zdrojů znečištění ovzduší (REZZO). Emisní zdroje lze zařadit do dvou hlavních kategorií a to stacionární a mobilní. Samotný registr pak obsahuje kategorie čtyři:

- **REZZO 1 – velké stacionární zdroje znečišťování ovzduší** – stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu vyšším než 5 MW a zařízení zvláště závažných technologických procesů.
- **REZZO 2 – střední stacionární zdroje znečišťování ovzduší** – stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu od 0,2 do 5 MW a zařízení zvláště závažných technologických procesů, uhelné lomy a plochy s možností hoření, zapaření nebo úletu znečišťujících látek.
- **REZZO 3 – malé stacionární zdroje znečišťování ovzduší** – stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu nižším než 0,2 MW. Nesledují se jednotlivě, ale hromadně, patří sem například lokální vytápění domácností.
- **REZZO 4 – mobilní zdroje znečišťování ovzduší** – pohyblivá zařízení se spalovacími nebo jinými motory, zejména silniční motorová vozidla, železniční kolejová vozidla, plavidla a letadla.

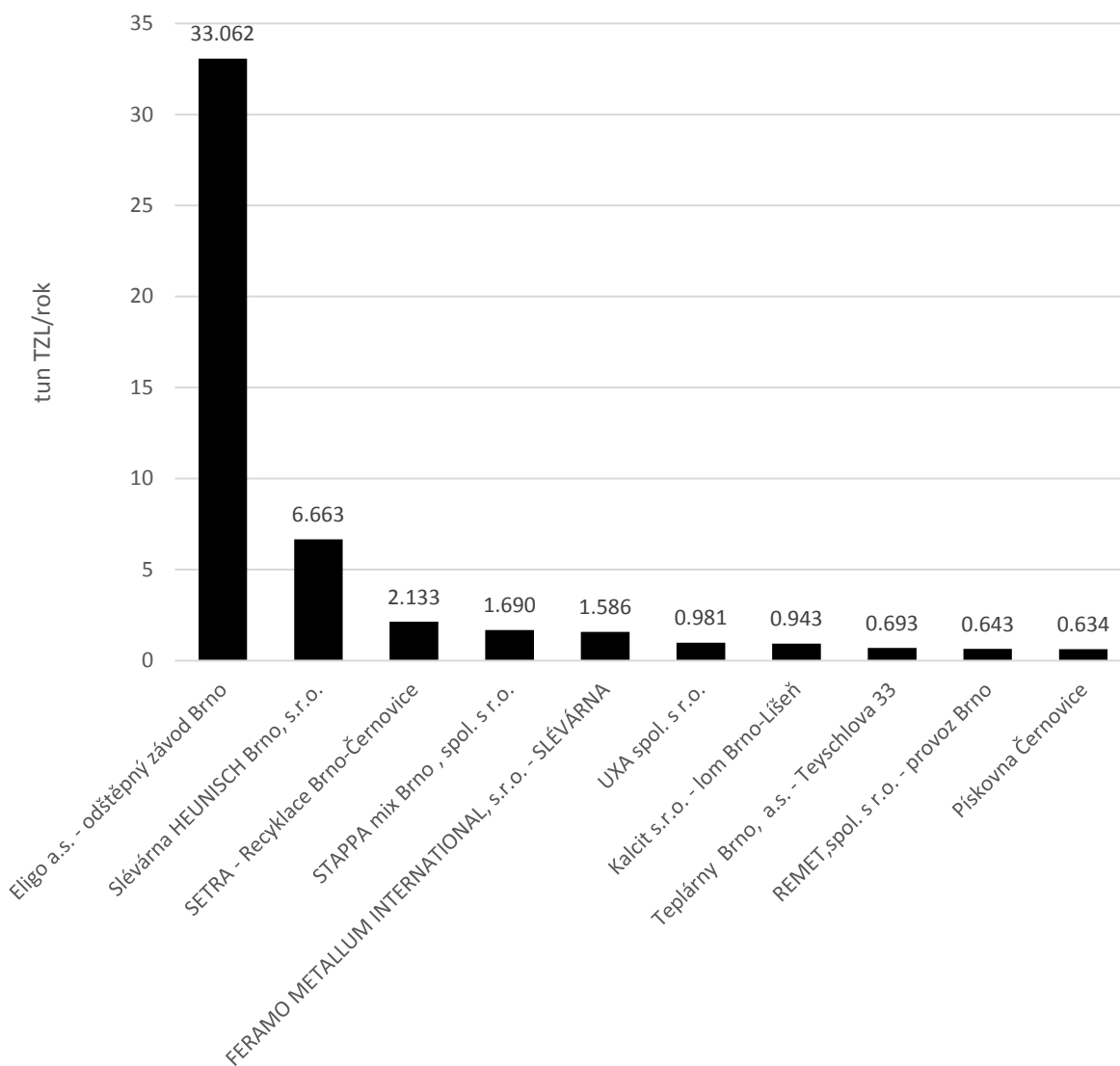
Z této databáze byly vyhledány nejnovější informace o největších zdrojích znečištění ovzduší v Aglomeraci Brno (oblast CZ0642 – Aglomerace Brno). Následující tabulky ukazují deset nejvýznamnějších zdrojů podle jednotlivých znečišťujících látek. V případě, že má jedna provozovna více než jeden výdech, jsou tyto agregovány za provozovnu. Jedná se o data za rok 2017.

## TUHÉ ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY (TZL)

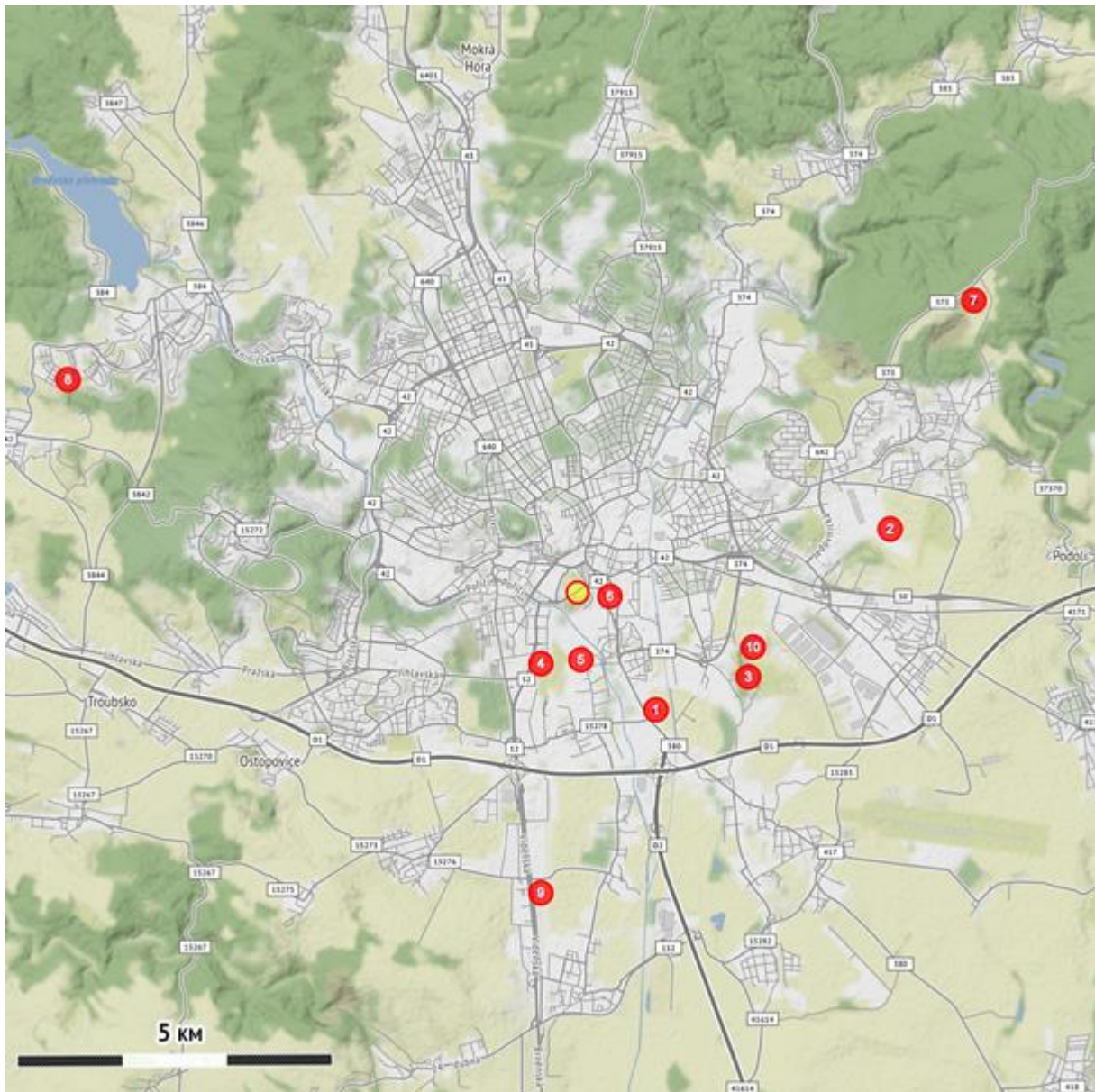
Tabulka 47 – deset nejvýznamnějších zdrojů emisí TZL v Aglomeraci Brno.

	Provozovna	množství TZL za rok [t]	typ
1	Eligo a. s.	33,062	Výroba a prodej sušených mléčných výrobků.
2	Slévárna HEUNISCH a. s.	6,663	Výroba náročných odlitků z šedé litiny. Zajištění výroby kokil, modelů, nástrojů. Provádění tepelného zpracování a povrchových úprav odlitků.
3	SETRA - Recyklace Brno-Černovice	2,133	Zemní práce a demolice objektů mechanizačními prostředky
4	STAPPA mix Brno spol. s. r. o.	1,690	Výroba betonu a betonových směsí
5	FERAMO METALLUM INTERNATIONAL s. r. o.	1,586	Výroba součástek pro automobilový průmysl, výtahy, čerpadla, elektromotory, převodové skříně, topenářskou techniku či bílou techniku.
6	UXA spol. s. r. o.	0,981	Výroba a prodej odlitků ze šedé, tvárné a temperované litiny. Výroba dřevěných a kompozitních materiálů.
7	Kalcit s. r. o. – lom Brno-Líšeň	0,943	Těžba, zpracování a komplexní dodávky vápence a granodioritu.
8	Teplárny Brno a. s. - Teyschlova 33	0,693	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.
9	REMET spol. s. r. o.	0,643	Odběratel a dodavatel kovových druhotných surovin a poloproduktů.
10	Pískovna Černovice	6,634	Těžba a prodej šterkopísku, kopaného písku a výkupu výkopové zeminy.





Obrázek 158 - deset nejvýznamnějších zdrojů emisí TZL v Aglomeraci Brno.

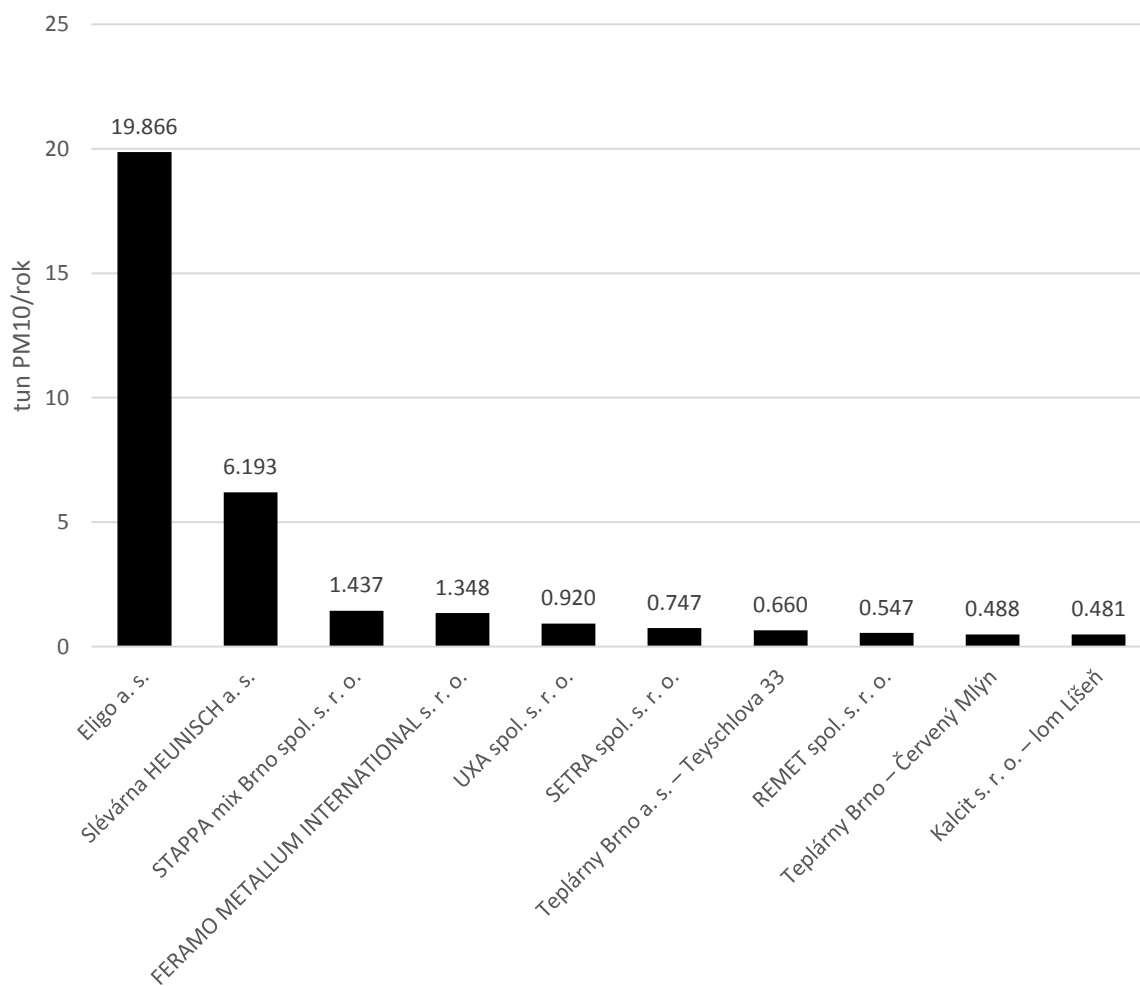


Obrázek 159 – mapa s vyznačenými hlavními emisními zdroji TZL v Aglomeraci Brno, čísla odpovídají číslům v tabulce, zdroje jsou seřazeny podle množství emisí. Žlutý bod odpovídá lokalitě stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka. Mapové podklady: Leaflet, zpracování: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno

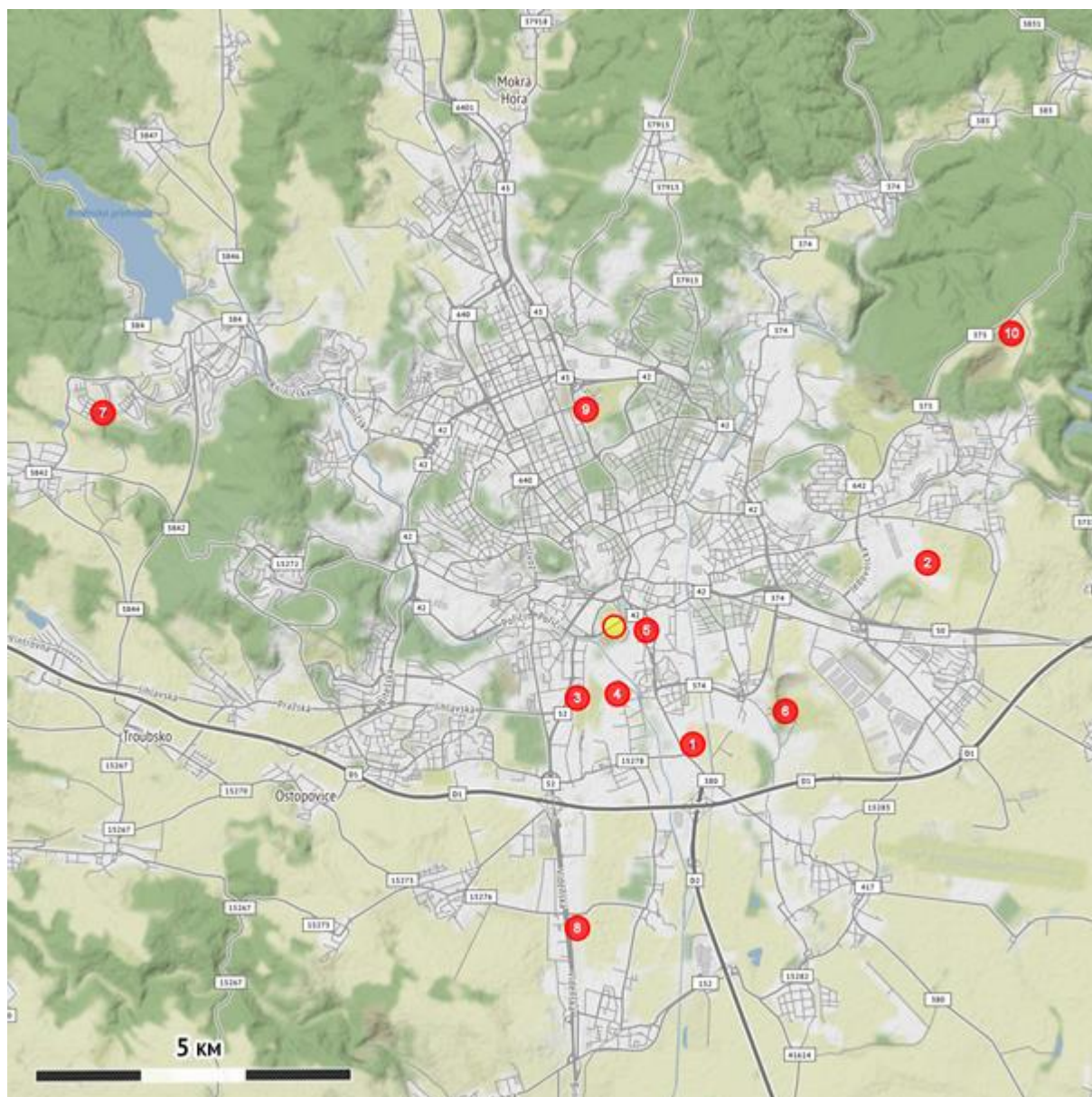
## SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM<sub>10</sub>

Tabulka 48 - deset nejvýznamnějších zdrojů emisí PM<sub>10</sub> v Aglomeraci Brno.

	Provozovna	množství PM <sub>10</sub> za rok [t]	typ
1	Eligo a. s.	19,866	Výroba a prodej sušených mléčných výrobků.
2	Slévárna HEUNISCH a. s.	6,193	Výroba náročných odlitků z šedé litiny. Zajištění výroby kokil, modelů, nástrojů. Provádění tepelného zpracování a povrchových úprav odlitků.
3	STAPPA mix Brno spol. s. r. o.	1,437	Výroba betonu a betonových směsí
4	FERAMO METALLUM INTERNATIONAL s. r. o.	1,348	Výroba součástek pro automobilový průmysl, výtahy, čerpadla, elektromotory, převodové skříně, topenářskou techniku či bílou techniku.
5	UXA spol. s. r. o.	0,920	Výroba a prodej odlitků ze šedé, tvárné a temperované litiny. Výroba dřevěných a kompozitních materiálů.
6	SETRA spol. s. r. o.	0,747	Zemní práce a demolice objektů mechanizačními prostředky
7	Teplárny Brno a. s. – Teyschlova 33	0,660	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.
8	REMET spol. s. r. o.	0,547	Odběratel a dodavatel kovových druhotných surovin a poloproduktů.
9	Teplárny Brno – Červený Mlýn	0,488	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.
10	Kalcit s. r. o. – lom Líšeň	0,481	Těžba, zpracování a komplexní dodávky vápence a granodioritu.



Obrázek 160 - deset nejvýznamnějších zdrojů emisí PM<sub>10</sub> v Aglomeraci Brno.

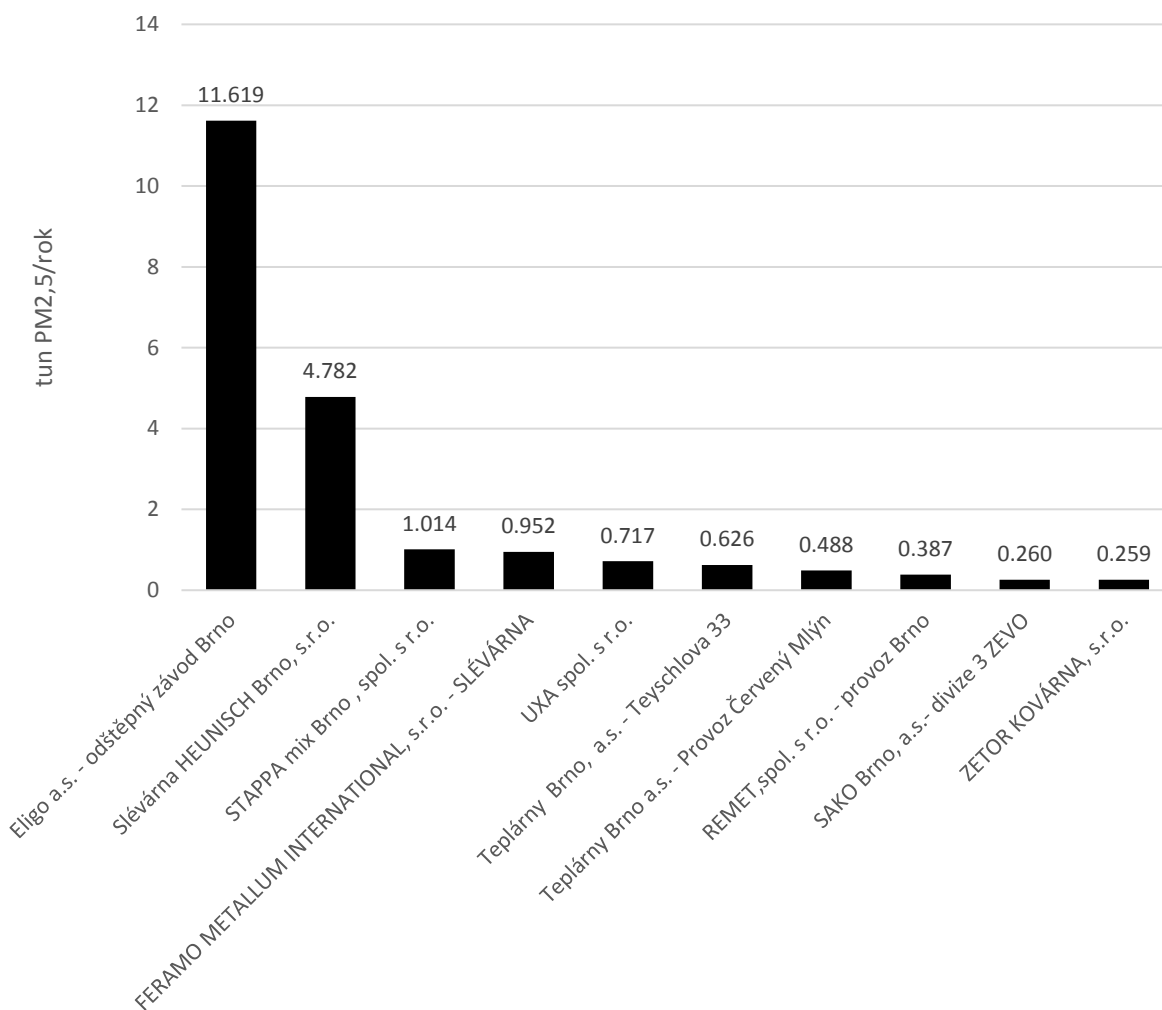


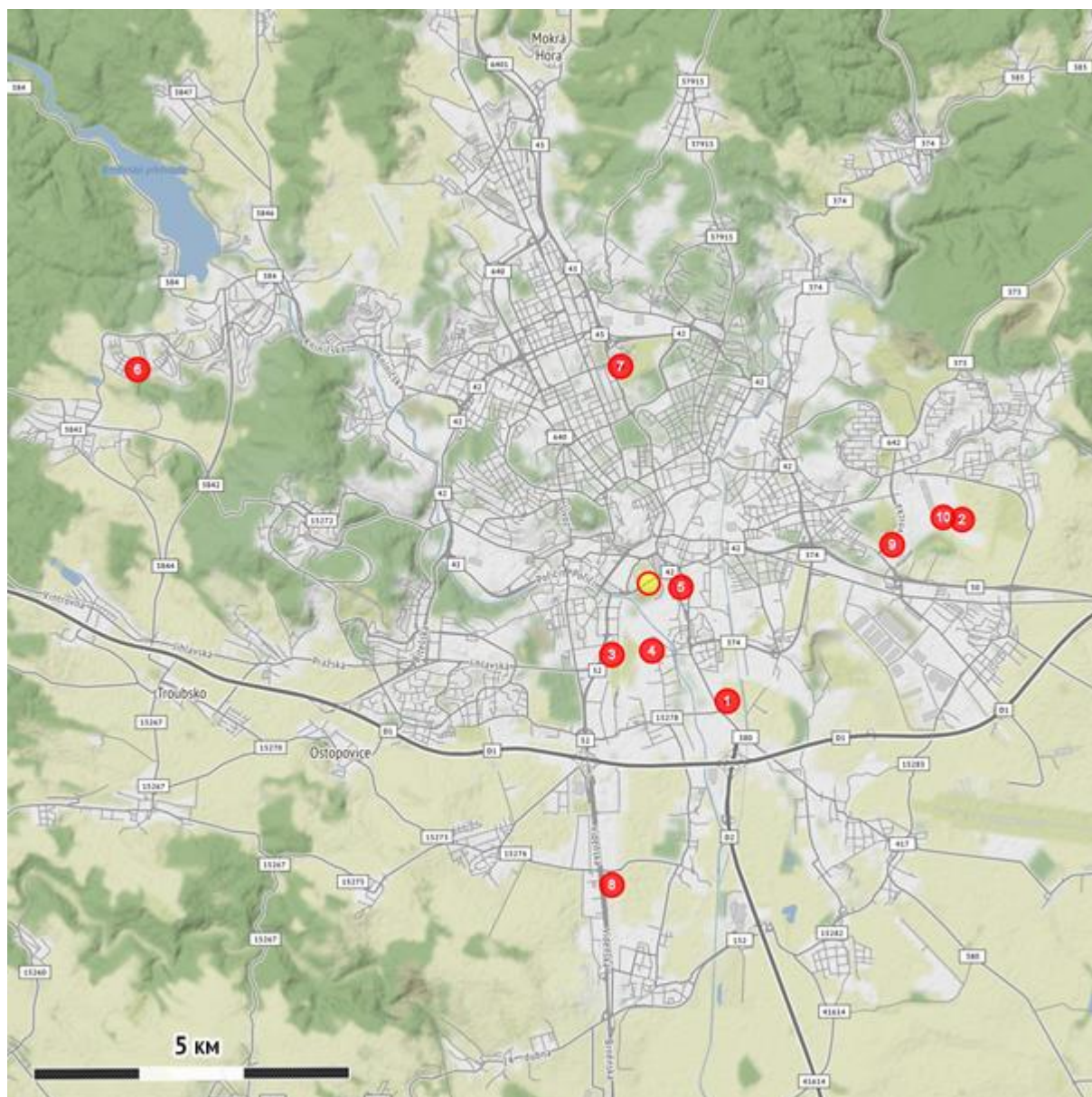
Obrázek 161 - mapa s vyznačenými hlavními emisními zdroji PM<sub>10</sub> v Aglomeraci Brno, čísla odpovídají číslům v tabulce, zdroje jsou seřazeny podle množství emisí. Žlutý bod odpovídá lokalitě stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka. Mapové podklady: Leaflet, zpracování: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno

## SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM<sub>2,5</sub>

Tabulka 49 - deset nejvýznamnějších zdrojů emisí PM<sub>2,5</sub> v Aglomeraci Brno.

	Provozovna	množství PM <sub>2,5</sub> za rok [t]	typ
1	Eligo a. s.	11,619	Výroba a prodej sušených mléčných výrobků.
2	Slévárna HEUNISCH a. s.	4,782	Výroba náročných odlitků z šedé litiny. Zajištění výroby kokil, modelů, nástrojů. Provádění tepelného zpracování a povrchových úprav odlitků.
3	STAPPA mix Brno spol. s. r. o.	1,014	Výroba betonu a betonových směsí
4	FERAMO METALLUM INTERNATIONAL s. r. o.	0,952	Výroba součástek pro automobilový průmysl, výtahy, čerpadla, elektromotory, převodové skříně, topenářskou techniku či bílou techniku.
5	UXA spol. s. r. o.	0,717	Výroba a prodej odlitků ze šedé, tvárné a temperované litiny. Výroba dřevěných a kompozitních materiálů.
6	Teplárny Brno a. s. – Teyschlova 33	1,823	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.
7	Teplárny Brno – Červený Mlýn	0,488	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.
8	REMET spol. s. r. o.	0,387	Odběratel a dodavatel kovových druhotných surovin a poloproductů.
9	SAKO Brno a. s. – divize 3 ZEVO	0,260	Energetické spalování komunálního i vybraného průmyslového odpadu.
10	ZETOR KOVÁRNA s. r. o.	0,259	Výroba zápustkových výkovek.

Obrázek 162 - deset nejvýznamnějších zdrojů emisí PM<sub>2,5</sub> v Aglomeraci Brno.



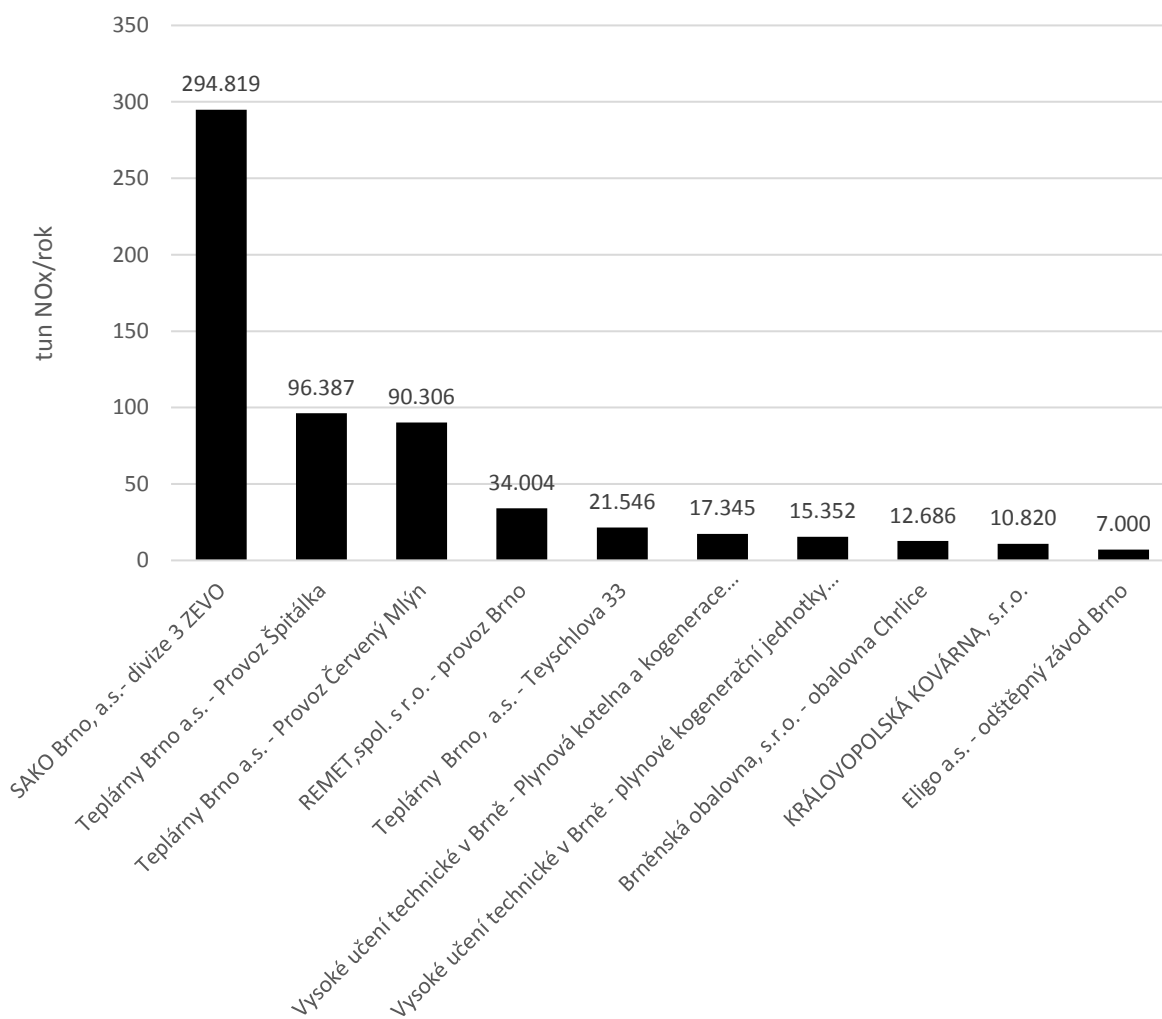
Obrázek 163 - mapa s vyznačenými hlavními emisními zdroji PM<sub>2,5</sub> v Aglomeraci Brno, čísla odpovídají číslům v tabulce, zdroje jsou seřazeny podle množství emisí. Žlutý bod odpovídá lokalitě stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka. Mapové podklady: Leaflet, zpracování: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno



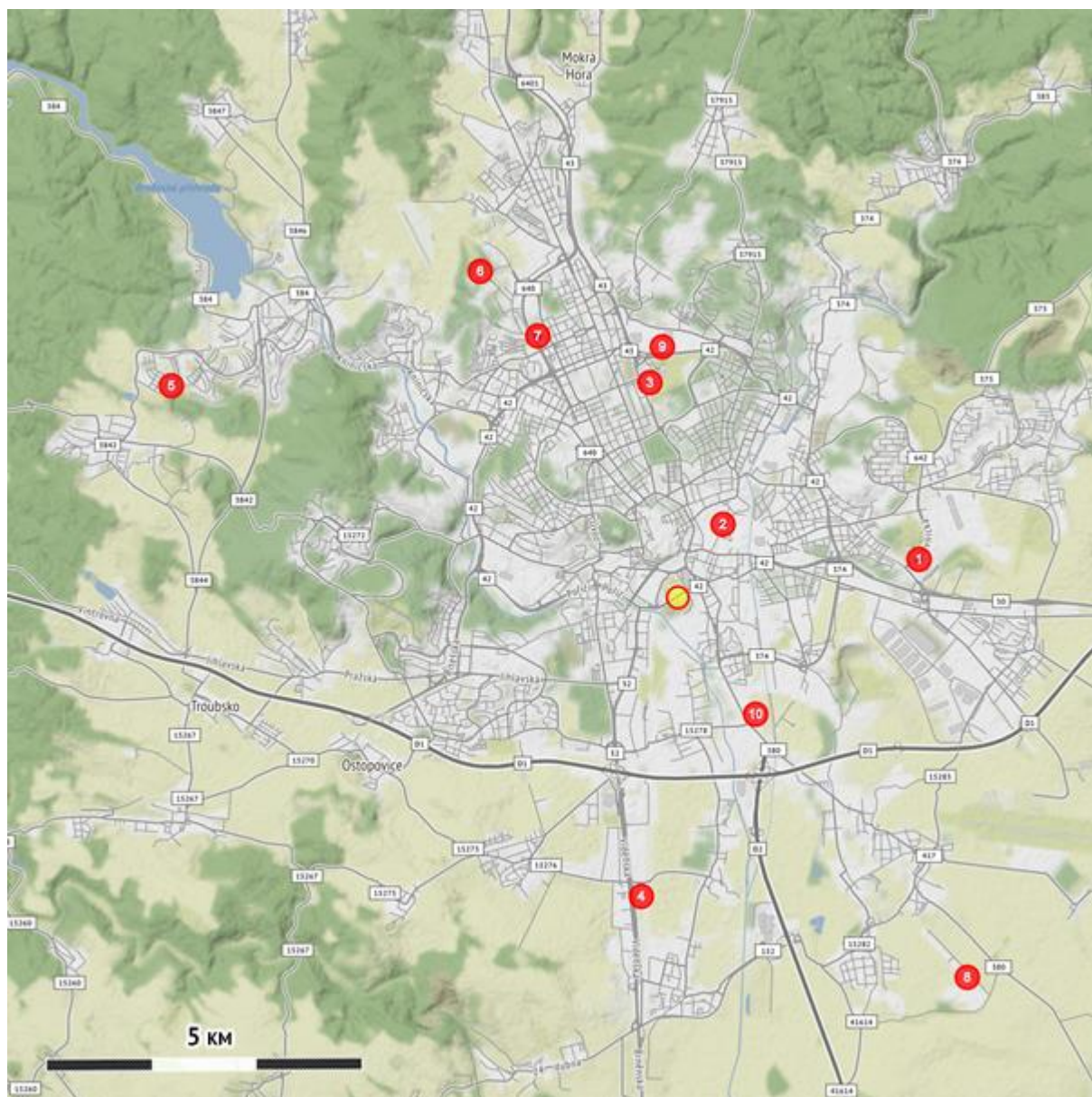
## OXIDY DUSÍKU (NO<sub>x</sub>)

Tabulka 50 - deset nejvýznamnějších zdrojů emisí NO<sub>x</sub> v Aglomeraci Brno.

	Provozovna	množství NO <sub>x</sub> za rok [t]	typ
1	SAKO Brno a. s.	294,819	Energetické spalování komunálního i vybraného průmyslového odpadu.
2	Teplárny Brno a. s. – provoz Špitálka	96,387	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.
3	Teplárny Brno a. s. – provoz Červený Mlýn	90,306	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.
4	REMET spol. s. r. o.	34,004	Odběratel a dodavatel kovových druhotných surovin a poloproduktů.
5	Teplárny Brno – Teyschlova 33	21,546	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.
6	Vysoké učení technické v Brně – Plynová kotelna a kogenerace Kolejní 2	17,345	Univerzita
7	Vysoké učení technické v Brně – Plynové kogenerační jednotky Purkyňova 93	15,352	Univerzita
8	Brněnská obalovna s. r. o. – obalovna Chrlice	12,686	Výroba teplých a živičných směsí i barvených, litých asfaltů a živičných směsí za studena.
9	Královopolská kovárna s. r. o.	10,820	Výroba zápustkových i volně kovaných výkovků včetně tepelného zpracování a povrchových úprav.
10	Eligo a. s.	7,000	Výroba a prodej sušených mléčných výrobků.



Obrázek 164 - deset nejvýznamnějších zdrojů emisí NOx v Aglomeraci Brno.

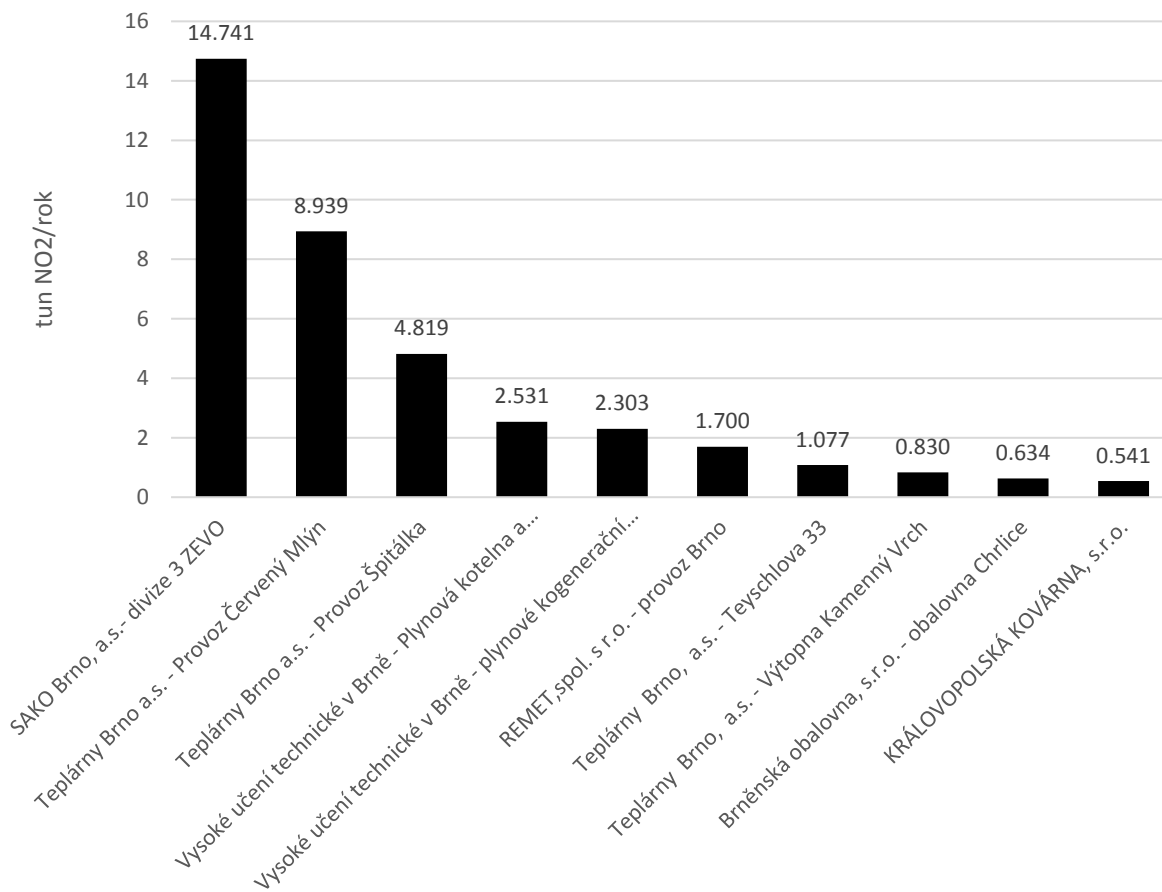


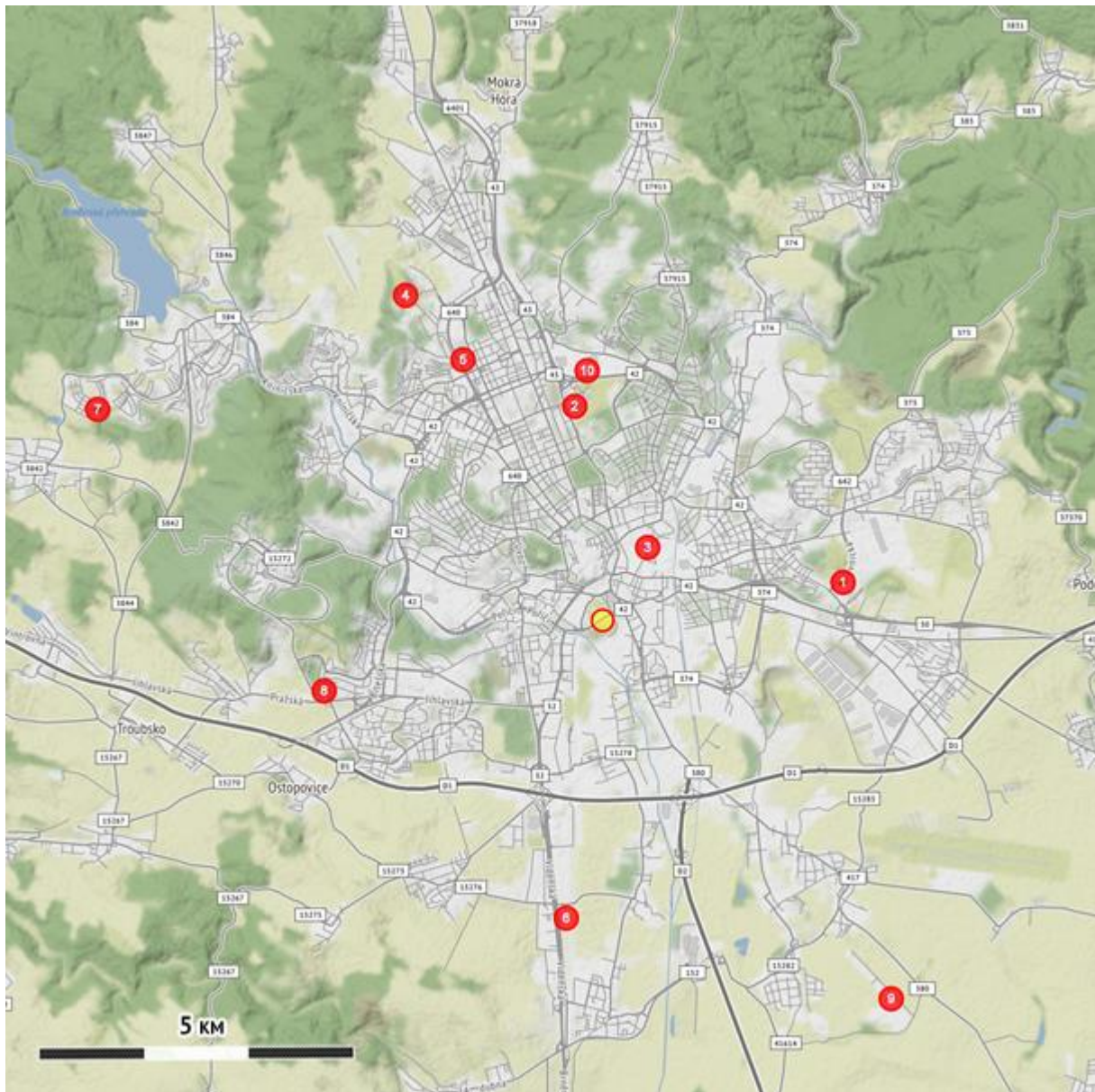
Obrázek 165 - mapa s vyznačenými hlavními emisními zdroji NO<sub>x</sub> v Aglomeraci Brno, čísla odpovídají číslům v tabulce, zdroje jsou seřazeny podle množství emisí. Žlutý bod odpovídá lokalitě stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka. Mapové podklady: Leaflet, zpracování: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno

## OXID DUSIČITÝ (NO<sub>2</sub>)

Tabulka 51 - deset nejvýznamnějších zdrojů emisí NO<sub>2</sub> v Aglomeraci Brno.

	Provozovna	množství NO <sub>2</sub> za rok [t]	typ
1	SAKO Brno a. s. – divize 3 ZEVO	14,741	Energetické spalování komunálního i vybraného průmyslového odpadu.
2	Teplárny Brno a. s. – provoz Červený Mlýn	8,939	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.
3	Teplárny Brno a. s. – provoz Špitálka	4,819	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.
4	Vysoké učení technické v Brně – Plynová kotelná a kogenerace Kolejní 2	2,531	Univerzita
5	Vysoké učení technické v Brně – Plynové kogenerační jednotky Purkyňova 93	2,303	Univerzita
6	REMET spol. s. r. o.	1,700	Odběratel a dodavatel kovových druhotných surovin a poloproduktů.
7	Teplárny Brno a. s. – Teyschlova 33	1,077	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.
8	Teplárny Brno a. s. – Výtopna Kamenný Vrch	0,830	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.
9	Brněnská obalovna s. r. o. – obalovna Chrlice	0,634	Výroba teplých a živičných směsí i barvených, litých asfaltů a živičných směsí za studena.
10	Královopolská kovárna s. r. o.	0,541	Výroba zápusťkových i volně kovaných výkovek včetně tepelného zpracování a povrchových úprav.

Obrázek 166 - deset nejvýznamnějších zdrojů emisí NO<sub>2</sub> v Aglomeraci Brno.

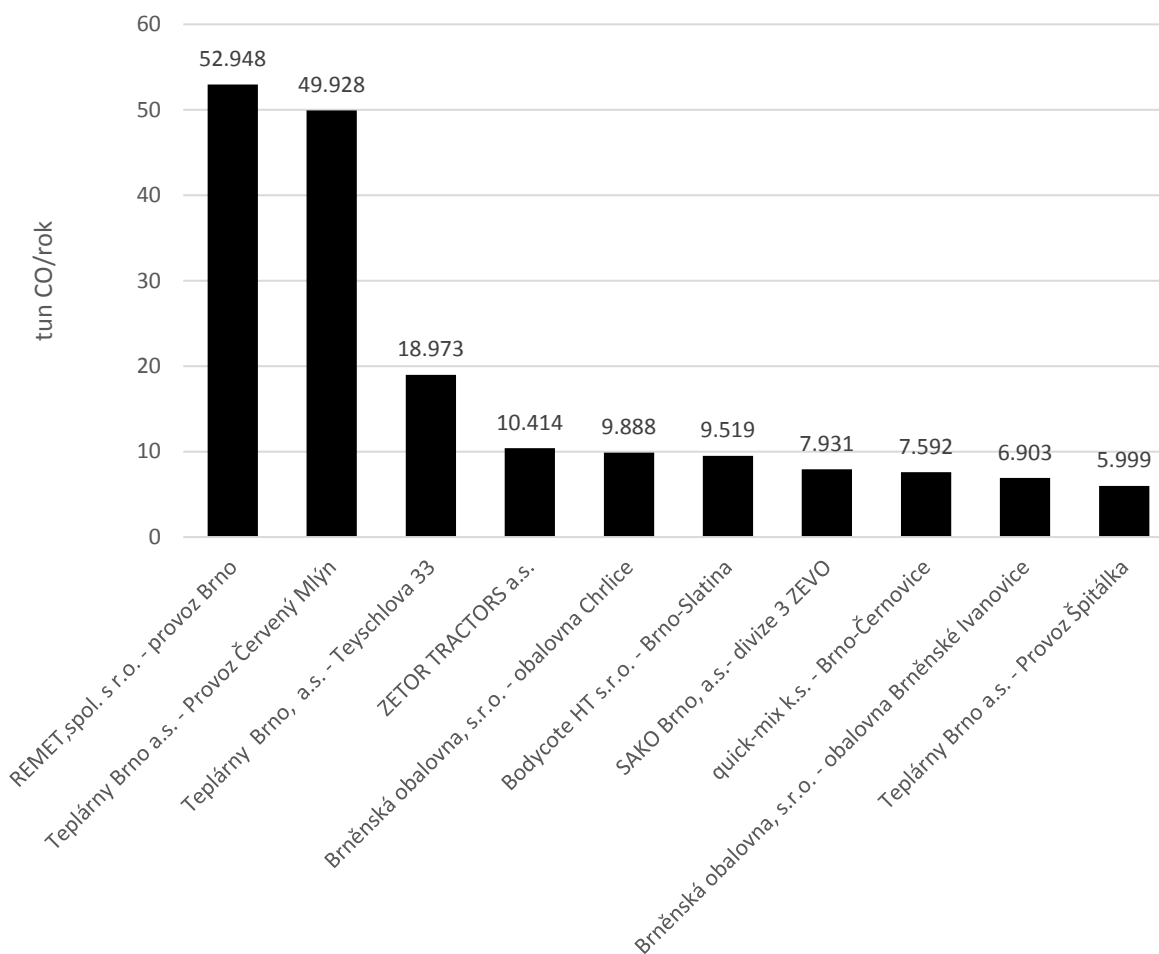


Obrázek 167 - mapa s vyznačenými hlavními emisními zdroji NO<sub>2</sub> v Aglomeraci Brno, čísla odpovídají číslům v tabulce, zdroje jsou seřazeny podle množství emisí. Žlutý bod odpovídá lokalitě stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka. Mapové podklady: Leaflet, zpracování: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno

## OXID UHELNATÝ (CO)

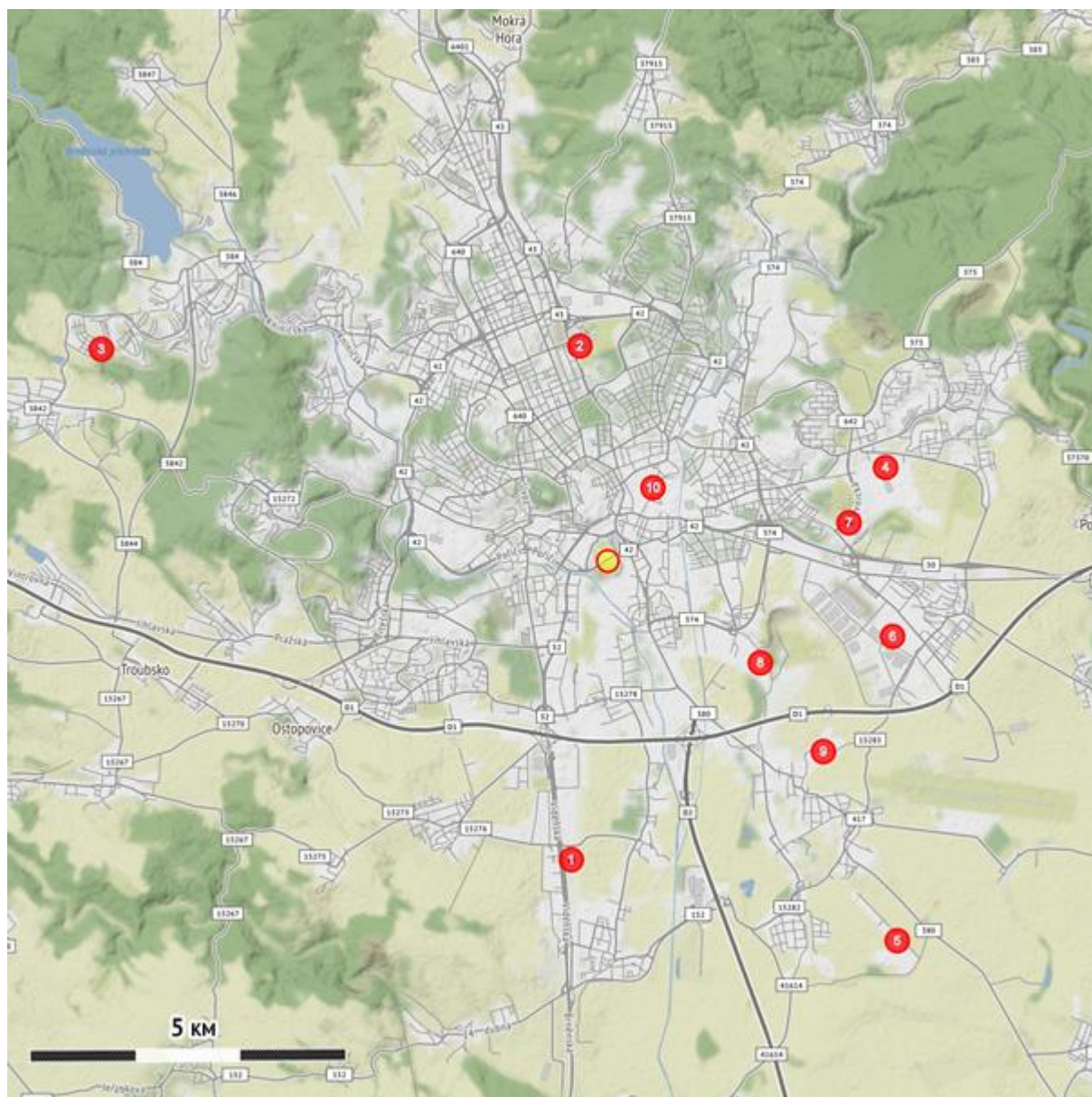
Tabulka 52 - deset nejvýznamnějších zdrojů emisí CO v Aglomeraci Brno.

	Provozovna	množství CO za rok [t]	typ
1	REMET spol. s. r. o.	52,948	Odběratel a dodavatel kovových druhotných surovin a poloproductů.
2	Teplárny Brno a. s. – provoz Červený Mlýn	49,928	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.
3	Teplárny Brno a. s. – Teyschlova 33	18,973	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.
4	ZETOR Tractors a. s.	10,414	Výroba a prodej traktorů a motorů.
5	Brněnská obalovna s. r. o. – obalovna Chrlice	9,888	Výroba teplých a živičných směsí i barvených, litých asphaltů a živičných směsí za studena.
6	Bodycote HT s. r. o.	9,519	Nabídka služeb v oboru tepelného i chemického zpracování kovů.
7	SAKO Brno a. s. – divize 3 ZEVO	7,931	Energetické spalování komunálního i vybraného průmyslového odpadu.
8	Quick-Mix k.s.	7,592	Výroba a prodej zdící a maltové směsi, směsi na stavební a renovační práce, obkladový a lepicí systém, utěšňovací systémy, omítkové směsi, betony.
9	Brněnská obalovna s. r. o. – obalovna Brněnské Ivanovice	6,903	Výroba teplých a živičných směsí i barvených, litých asphaltů a živičných směsí za studena.
10	Teplárny Brno a. s. – provoz Špitálka	5,999	Výroba a dodávka tepelné a elektrické energie.



Obrázek 168 - deset nejvýznamnějších zdrojů emisí CO v Aglomeraci Brno.





Obrázek 169 - mapa s vyznačenými hlavními emisními zdroji CO v Aglomeraci Brno, čísla odpovídají číslům v tabulce, zdroje jsou seřazeny podle množství emisí. Žlutý bod odpovídá lokalitě stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka. Mapové podklady: Leaflet, zpracování: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno

## ANALÝZA SKENOVACÍM ELEKTRONOVÝM MIKROSKOPEM

### TECHNICKÉ VYBAVENÍ

- autoemisní rastrovací elektronový mikroskop TESCAN Mira3
- EDX detektor X-Max<sup>N</sup> 20 od Oxford Instruments (AZtec Energy)
- Airity 10.0 – vlastní software pro částicovou analýzu a její vyhodnocení



Obrázek 170 - SEM TESCAN Mira3 v laboratoři ČHMÚ na pobočce Brno

### ZÁKLADNÍ INFORMACE

Skenovací elektronová mikroskopie v kombinaci s energiově-disperzní rentgenovou spektroskopií (SEM/EDX) představuje velmi efektivní nástroj pro charakterizaci suspendovaných částic v ovzduší (Willis et al., 2002). Umožňuje odhalit nejen jejich chemické respektive prvkové složení, ale i morfologii, a to často i u částic velkých jen několik desetin mikrometru. Speciální software pak umožňuje provádět automatickou analýzu jednotlivých částic, což vzhledem k velkému počtu částic, které je potřeba analyzovat, z důvodu reprezentativnosti vzorku jinak nebylo možné kvůli extrémní časové náročnosti.

K odběru vzorků bylo použito nízkoobjemového vzorkovače Leckel MVS6 v kombinaci s polykarbonátovými filtry (Isopore<sup>TM</sup>, velikost pórů 0,8  $\mu\text{m}$ ). Odběry byly prováděny po dobu 4 h při průtoku 1  $\text{m}^3/\text{h}$ .

## ODBĚRY

Za účelem zhodnocení situace na Zvonařce byly provedeny tři 4h odběry PM<sub>10</sub> částic při nízkém průtoku pro následnou částicovou analýzu. Každý z odběrů byl proveden v jiný den a jinou denní dobu. Vzorkovač byl umístěn na střeše kontejneru automatické stanice imisního monitoringu.

### Odběry

- **Vzorek 1**  
2. dubna  
02:00 – 06:00 SELČ
- **Vzorek 2**  
3. dubna  
15:00 – 19:00 SELČ
- **Vzorek 3**  
5. dubna  
06:00 – 10:00 SELČ

## METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY A DATA AIM

Následující data ukazují informace o meteorologických podmínkách a koncentrace znečišťujících látek naměřené automatickou stanicí imisního monitoringu. Vzhledem k umístění vzorkovače přímo na střeše stanice lze považovat podmínky měření a odběru za totožné.

### METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY

Následující tabulka ukazuje hodinové průměry meteorologických parametrů v době všech tří vzorkování a příslušné aritmetické průměry.

Tabulka 53 – meteorologické podmínky (teplota a vlhkost vzduchu, rychlost a směr větru) na stanici Brno-Zvonařka v době vzorkování pro analýzu SEM/EDX

		Teplota (2 m)	Vlhkost	Rychlost větru	Směr větru
		[°C]	[%]	[m/s]	
vzorek 1	2. 4. 2019 02:00-03:00	6,9	41	0,4	ZJZ
	2. 4. 2019 03:00-04:00	6,2	44	0,4	ZSZ
	2. 4. 2019 04:00-05:00	4,5	52	0,2	J
	2. 4. 2019 05:00-06:00	3,8	56	0,3	ZSZ
		<b>5,30</b>	<b>48,25</b>	<b>0,33</b>	
vzorek 2	3. 4. 2019 15:00-16:00	16,1	35	4,4	JV
	3. 4. 2019 16:00-17:00	15,7	36	3,8	JV
	3. 4. 2019 17:00-18:00	15,5	36	4,3	JV
	3. 4. 2019 18:00-19:00	15,2	36	3,7	JV
		<b>15,58</b>	<b>35,75</b>	<b>4,05</b>	
vzorek 3	5. 4. 2019 06:00-07:00	10,2	58	0,8	VJV
	5. 4. 2019 07:00-08:00	11,0	55	0,6	JV
	5. 4. 2019 08:00-09:00	12,7	50	1,0	JV
	5. 4. 2019 09:00-10:00	14,2	45	2,7	JV
		<b>11,98</b>	<b>52,00</b>	<b>1,28</b>	

Následující tabulka pak ukazuje totožnou časovou periodu a koncentrace vybraných znečišťujících látek sledovaných a naměřených automatickou stanicí imisního monitoringu Brno-Zvonařka.

Tabulka 54 – hodinové průměrné koncentrace vybraných znečišťujících látek ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ,  $PM_1$  a  $NO_x$ ) v době vzorkování pro SEM/EDX analýzu

		$v \mu g/m^3$	$PM_{10}$	$PM_{2,5}$	$PM_1$	$NO_x$
vzorek 1	2. 4. 2019 02:00-03:00		23,4	15,1	13,2	28,1
	2. 4. 2019 03:00-04:00		23	15,8	14,1	15,7
	2. 4. 2019 04:00-05:00		44,9	18,7	14,5	79,8
	2. 4. 2019 05:00-06:00		47,7	20,0	15,3	108,3
			<b>34,75</b>	<b>17,40</b>	<b>14,28</b>	<b>57,98</b>
vzorek 2	3. 4. 2019 15:00-16:00		120,1	35,9	25,3	48,8
	3. 4. 2019 16:00-17:00		97,5	34,9	26,5	47,8
	3. 4. 2019 17:00-18:00		99,9	36,5	27,2	38,4

	3. 4. 2019 18:00-19:00	85,8	33,4	25,9	28,1
		<b>100,83</b>	<b>35,18</b>	<b>26,23</b>	<b>40,78</b>
vzorek 3	5. 4. 2019 06:00-07:00	74,9	31,7	24,2	189,2
	5. 4. 2019 07:00-08:00	100,1	35,8	25,8	223
	5. 4. 2019 08:00-09:00	116,3	36,9	24,8	181,2
	5. 4. 2019 09:00-10:00	68,6	27,3	21,3	80
		<b>89,98</b>	<b>32,93</b>	<b>24,03</b>	<b>168,35</b>

Jak bylo zmíněno v předchozím textu, významné jsou rovněž poměry mezi jednotlivými frakcemi suspendovaných částic, ty ukazuje následující tabulka.

Tabulka 55 – hodinové průměrné poměry mezi frakcemi suspendovaných částic v době vzorkování pro SEM/EDX analýzu

		PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>10</sub>
vzorek 1	2. 4. 2019 02:00-03:00	64,5	87,4	56,4
	2. 4. 2019 03:00-04:00	68,7	89,2	61,3
	2. 4. 2019 04:00-05:00	41,7	77,5	32,3
	2. 4. 2019 05:00-06:00	41,9	76,5	32,0
		<b>50,07</b>	<b>82,04</b>	<b>41,08</b>
vzorek 2	3. 4. 2019 15:00-16:00	29,9	70,5	21,1
	3. 4. 2019 16:00-17:00	35,8	75,9	27,2
	3. 4. 2019 17:00-18:00	36,5	74,5	27,2
	3. 4. 2019 18:00-19:00	38,9	77,5	30,2
		<b>34,89</b>	<b>74,56</b>	<b>26,01</b>
vzorek 3	5. 4. 2019 06:00-07:00	42,3	76,3	31,3
	5. 4. 2019 07:00-08:00	35,8	72,1	25,8
	5. 4. 2019 08:00-09:00	31,7	67,2	21,3
	5. 4. 2019 09:00-10:00	39,8	78,0	31,1
		<b>36,59</b>	<b>72,97</b>	<b>26,70</b>

## VYHODNOCENÍ

Navzorkované filtry byly podrobeny automatické částicové analýze skenovacím elektronovým mikroskopem. U každého vzorku bylo analyzováno přibližně 2 tisíce částic, u nichž bylo zjištěno prvkové zastoupení a morfologie.

Surová data byla následně vyhodnocena vlastním softwarem Airity, kde byly částice klasifikovány na základě prvkového složení do různých kategorií a soubor dat popsán základními statistickými metodami.

Hodnoceny byly vždy pouze ty částice, u kterých byl identifikován alespoň jeden prvek s dostatečnou jistotou. Pomocí analýzy na polykarbonátových filtrech nelze hodnotit prvky uhlík a kyslík, protože jsou obsaženy v samotném filtru a obsah v částici nelze kvantifikovat a oddělit od signálu z filtru. Organické částice obsahující pouze vodík, kyslík a uhlík tak byly identifikovány, ale o jejich složení není k dispozici žádná informace.

Tvar částic je vyjádřen koeficientem, který definuje jejich pravidelnost. Dokonalý kruh vyjadřuje koeficient 1. Nepravidelnější tvar znamená vyšší koeficient, tedy čím blíže je koeficient číslu 1, tím pravidelnější má částice tvar.

## VZOREK 1

Na polykarbonátovém filtru bylo analyzováno 2040 částic. Z tohoto počtu bylo hodnoceno pouze 1723 částic. Zbýlých 317 částic bylo z analýzy vyřazeno. V níže uvedené tabulce jsou vyjádřeny základní statistické parametry morfologie částic (aritmetický průměr, medián, směrodatná odchylka (SD), koeficient variace, šikmosti a špičatosti).

*Tabulka 56 - aritmetický průměr, medián, směrodatná odchylka (SD), koeficient variace, šikmosti a špičatosti parametrů vyjadřující morfologii hodnocených částic vzorku 1 z 2. 4. 2019.*

	Celkem	Analyzované	Vyřazené
Počet částic	2040	1723	317
Tvar (průměr)	1.57	1.6	1.4
Tvar (medián)	1.27	1.27	1.19
Tvar (SD)	0.91	0.96	0.54
Tvar (koeficient variace)	58.25	60.26	38.65
Tvar (šikmost)	4.69	4.6	2.14
Tvar (špičatost)	37.92	35.47	5.82
Plocha (průměr)	2.33	2.66	0.51
Plocha (medián)	0.9	1.13	0.33

Plocha (SD)	4.02	4.29	0.44
Plocha (koeficient variace)	172.75	161.09	86.97
Plocha (šířkost)	6.29	5.92	2.13
Plocha (špičatost)	76.99	68.37	5.12

Následující tabulka pak ukazuje počet částic v jednotlivých třídách a procentuální vyjádření tohoto počtu z celkového počtu částic.

Tabulka 57 – počet částic, poměr z celku a průměrný tvar částic podle jednotlivých kategorií částic na základě klasifikace programem Airity vzorku 1 z 2. 4. 2019.

Třída	Počet	Poměr	Tvar - průměr
Si bohatá	688	39.93	1.646
Směšený hlinitokřemičitan	650	37.72	1.724
Fe bohatý hlinitokřemičitan	293	17.01	1.705
Křemen	219	12.71	1.416
Fe vysoká	214	12.42	1.526
Fe bohatá	194	11.26	1.576
Mg bohatá	165	9.58	1.715
Ca	160	9.29	1.589
Fe	151	8.76	1.659
Ca bohatý hlinitokřemičitan	125	7.25	1.943
Ca vysoká	110	6.38	1.468
Ca bohatá	92	5.34	1.522
Nezařazená	85	4.93	1.426
K bohatá	49	2.84	2.247
Ca a S bohatá	45	2.61	1.309
Popílek	44	2.55	1.219
Ca a Mg bohatá	41	2.38	1.406
Cl bohatá	20	1.16	1.995
K a S bohatá	15	0.87	1.728
Sůl	11	0.64	1.38
Ti	10	0.58	1.383
K-Cl	6	0.35	5.44
Pb	5	0.29	1.28
Cu bohatá	5	0.29	1.113
Ba	3	0.17	1.448

Zn bohatá	3	0.17	1.152
Mastek	2	0.12	1.13
Cu	2	0.12	1.12
Ti bohatý hlinitokřemičitan	2	0.12	1.08
K a P bohatá	2	0.12	3.729
Ti vysoká	2	0.12	1.722
Ti bohatá	1	0.06	1.439
Mn	1	0.06	1.013
Al bohatá	1	0.06	1.193
Ni a/nebo V	1	0.06	0.967

Z výše uvedených výsledků je patrné, že největší podíl částic tvořily částice z kategorie hlinitokřemičitanů a částice bohaté na železo. Tyto výsledky korespondují s předpokladem, že hlavním zdrojem znečištění jsou na stanici stavební práce a doprava. Hlinitokřemičitan jsou částice typické pro různé typy půd, částice bohaté na železo jsou typické pro dopravní stanice, jak dokazují studie na toto téma.

## VZOREK 2

Na polykarbonátovém filtru bylo analyzováno 2040 částic. Z tohoto počtu bylo hodnoceno pouze 1700 částic. Zbylých 340 částic bylo z analýzy vyřazeno. V níže uvedené tabulce jsou vyjádřeny základní statistické parametry morfologie částic (aritmetický průměr, medián, směrodatná odchylka (SD), koeficient variace, šikmosti a špičatosti).

Tabulka 58 - aritmetický průměr, medián, směrodatná odchylka (SD), koeficient variace, šikmosti a špičatosti parametrů vyjadřující morfologii hodnocených částic vzorku 2 z 3. 4. 2019.

	Celkem	Analyzované	Vyřazené
Počet částic	2040	1700	340
Tvar (průměr)	1.73	1.78	1.46
Tvar (medián)	1.33	1.37	1.27
Tvar (SD)	1.24	1.33	0.59
Tvar (koeficient variace)	71.91	74.56	40.54
Tvar (šikmost)	5.73	5.48	3.02
Tvar (špičatost)	51.66	46.18	14
Plocha (průměr)	2.63	3.04	0.57



Plocha (medián)	1.02	1.35	0.28
Plocha (SD)	4.31	4.59	1.05
Plocha (koeficient variace)	163.94	150.88	185.08
Plocha (šikmost)	3.7	3.43	6.38
Plocha (špičatost)	18.24	15.55	49.54

Následující tabulka pak ukazuje počet částic v jednotlivých třídách a procentuální vyjádření tohoto počtu z celkového počtu částic.

Tabulka 59 - počet částic, poměr z celku a průměrný tvar částic podle jednotlivých kategorií částic na základě klasifikace programem Airity vzorku 2 z 3. 4. 2019.

Třída	Počet	Poměr	Tvar - průměr
Si bohatá	718	42.24	1.805
Smíšený hlinitokřemičitan	659	38.76	1.954
Fe bohatý hlinitokřemičitan	294	17.29	1.941
Křemen	274	16.12	1.5
Mg bohatá	219	12.88	2.058
Ca	190	11.18	1.891
Fe	180	10.59	2.211
Ca bohatý hlinitokřemičitan	165	9.71	2.074
Ca vysoká	129	7.59	1.524
Fe vysoká	110	6.47	1.707
Ca bohatá	96	5.65	1.798
Fe bohatá	76	4.47	1.921
Nezařazená	63	3.71	1.505
K bohatá	46	2.71	1.82
Ca a Mg bohatá	39	2.29	1.526
Ca a S bohatá	30	1.76	1.504
Popílek	22	1.29	1.284
Mastek	8	0.47	1.964
Cl bohatá	8	0.47	1.258
K a S bohatá	8	0.47	2.514
Cu	7	0.41	1.071
Ti	5	0.29	1.328

Cu bohatá	4	0.24	1.344
Zn bohatá	4	0.24	1.605
Ti bohatá	3	0.18	1.421
Cr bohatá	3	0.18	2.452
Sůl	3	0.18	1.163
Mn	3	0.18	1.533
Pb	2	0.12	0.971
Al bohatá	2	0.12	1.186
Ti vysoká	2	0.12	1.188
Ti bohatý hlinitokřemičitan	1	0.06	1.062
K a P bohatá	1	0.06	1.626
Sr	1	0.06	1.159
Cd bohatá	1	0.06	1.268
Ba	1	0.06	2.06

Podobně jako v případě vzorku číslo 1 je i zde jasná převaha částic bohatých na křemík a železo.

### VZOREK 3

Na polykarbonátovém filtru bylo analyzováno 2040 částic. Z tohoto počtu bylo hodnoceno pouze 1638 částic. Zbýlých 402 částic bylo z analýzy vyřazeno. V níže uvedené tabulce jsou vyjádřeny základní statistické parametry morfologie částic (aritmetický průměr, medián, směrodatná odchylka (SD), koeficient variace, šikmosti a špičatosti).

*Tabulka 60 - aritmetický průměr, medián, směrodatná odchylka (SD), koeficient variace, šikmosti a špičatosti parametrů vyjadřující morfologii hodnocených částic vzorku 3 z 5. 4. 2019.*

	Celkem	Analyzované	Vyřazené
Počet částic	2040	1638	402
Tvar (průměr)	1.66	1.72	1.41
Tvar (medián)	1.28	1.29	1.27
Tvar (SD)	1.1	1.2	0.5
Tvar (koeficient variace)	66.42	69.55	35.58
Tvar (šikmost)	4.3	4.03	2.16
Tvar (špičatost)	26.48	22.53	6.63

Plocha (průměr)	1.89	2.23	0.49
Plocha (medián)	0.54	0.74	0.26
Plocha (SD)	3.92	4.28	0.98
Plocha (koeficient variace)	207.84	191.99	199.57
Plocha (šikmost)	5.29	4.82	8
Plocha (špičatost)	38.75	32.03	77.56

Následující tabulka pak ukazuje počet částic v jednotlivých třídách a procentuální vyjádření tohoto počtu z celkového počtu částic.

Tabulka 61 - počet částic, poměr z celku a průměrný tvar částic podle jednotlivých kategorií částic na základě klasifikace programem Airity vzorku 3 z 5. 4. 2019.

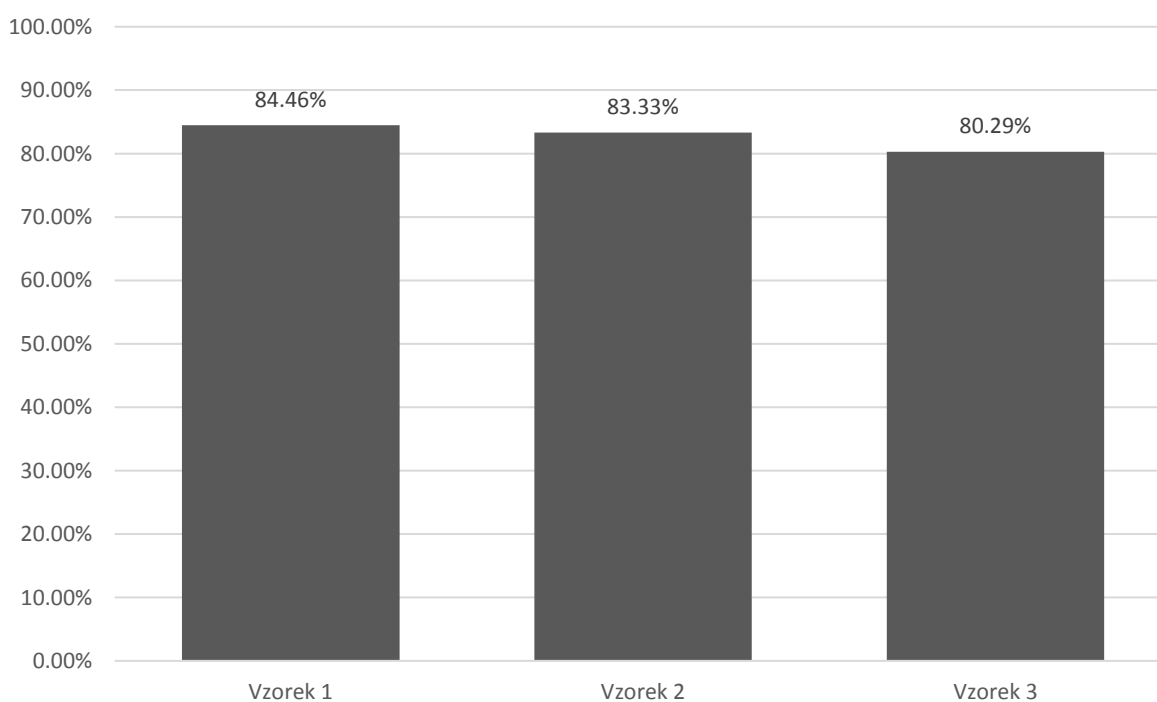
Třída	Počet	Poměr	Tvar - průměr
Si bohatá	437	26.68	1.987
Smíšený hlinitokřemičitan	358	21.86	2.239
Ca a S bohatá	287	17.52	1.361
Ca	280	17.09	1.619
Křemen	212	12.94	1.587
Ca bohatá	187	11.42	1.466
Fe vysoká	167	10.2	1.711
Fe bohatý hlinitokřemičitan	163	9.95	2.246
Fe	152	9.28	1.835
Fe bohatá	149	9.1	1.757
Mg bohatá	121	7.39	2.045
Nezařazená	116	7.08	1.46
Ca vysoká	87	5.31	1.842
Ca bohatý hlinitokřemičitan	73	4.46	2.345
K bohatá	65	3.97	1.491
K a S bohatá	45	2.75	1.423
Ca a Mg bohatá	14	0.85	1.731
Popílek	14	0.85	2.332
Cl bohatá	11	0.67	1.739
Cu	9	0.55	1.45
Mastek	8	0.49	1.191

Ti	7	0.43	2.105
Cu bohatá	7	0.43	1.096
Al bohatá	5	0.31	1.308
Mn	4	0.24	1.116
Ti vysoká	4	0.24	1.504
Sůl	4	0.24	1.486
Zn bohatá	3	0.18	2.283
K-Cl	3	0.18	1.271
Ni a/nebo V	1	0.06	1.268
Ti bohatá	1	0.06	3.102
Pb	1	0.06	0.991

Podobně jako u prvních dvou vzorků, převažují částice hlinitokřemičitanů bohaté na křemík a částice bohaté na železo.

## SROVNÁNÍ A VYHODNOCENÍ

Podíl analyzovaných částic k vyřazeným byl u všech vzorků velmi podobný a pohyboval se mezi 80 % a 85 %.



Obrázek 171 – srovnání podílu analyzovaných částic v jednotlivých vzorcích

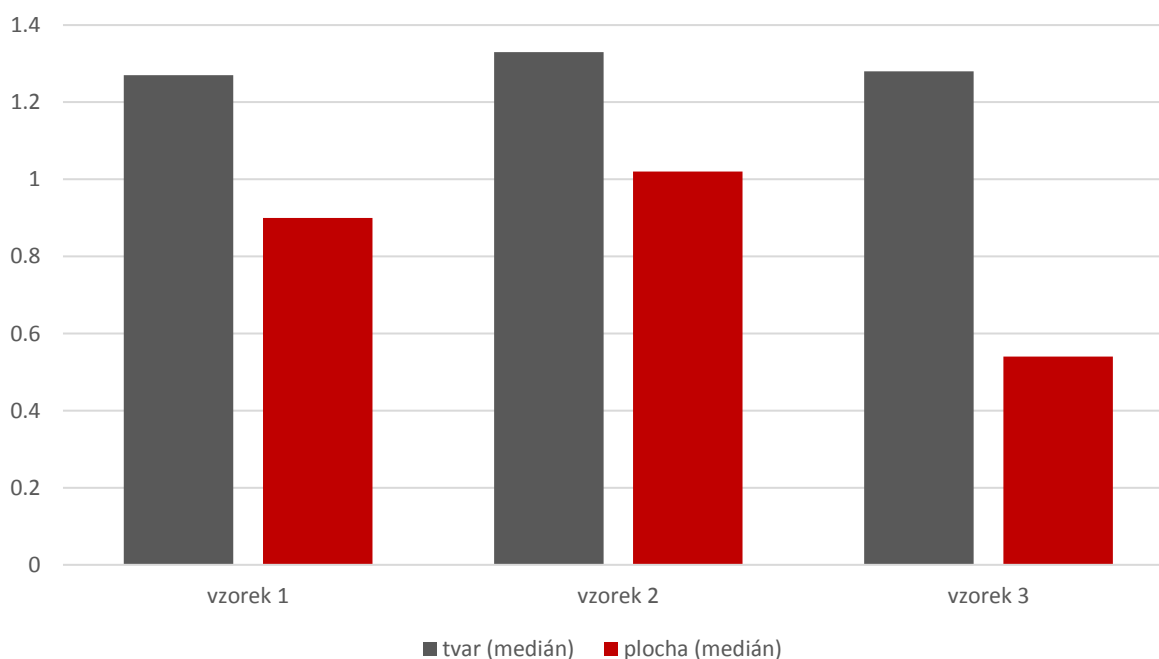
Následující tabulka ukazuje srovnání morfologických parametrů pro všechny částice z jednotlivých vzorků.

Tabulka 62 – srovnání průměru, mediánu a směrodatné odchylky (SD) tvaru a plochy pro jednotlivé vzorky

	vzorek 1	vzorek 2	vzorek 3
tvar (průměr)	1,57	1,73	1,66
tvar (medián)	1,27	1,33	1,28
tvar (SD)	0,91	1,24	1,1
plocha (průměr)	2,33	2,63	1,89
plocha (medián)	0,9	1,02	0,54
plocha (SD)	4,02	4,31	3,92

Medián tvaru je u všech vzorků velmi podobný a nižší, než aritmetický průměr. To znamená, že bylo ve všech vzorcích několik velmi nepravidelných částic, které měly extrémně vysokou hodnotu koeficientu tvaru a vedly ke zvýšení aritmetického průměru.

V případě vzorku číslo 3 byly částice znatelně menší, co se dvourozměrné plochy týče. Při srovnání mediánů ze vzorku 2 a vzorku 3 je medián plochy u vzorku 3 téměř poloviční ve srovnání se vzorkem 2.



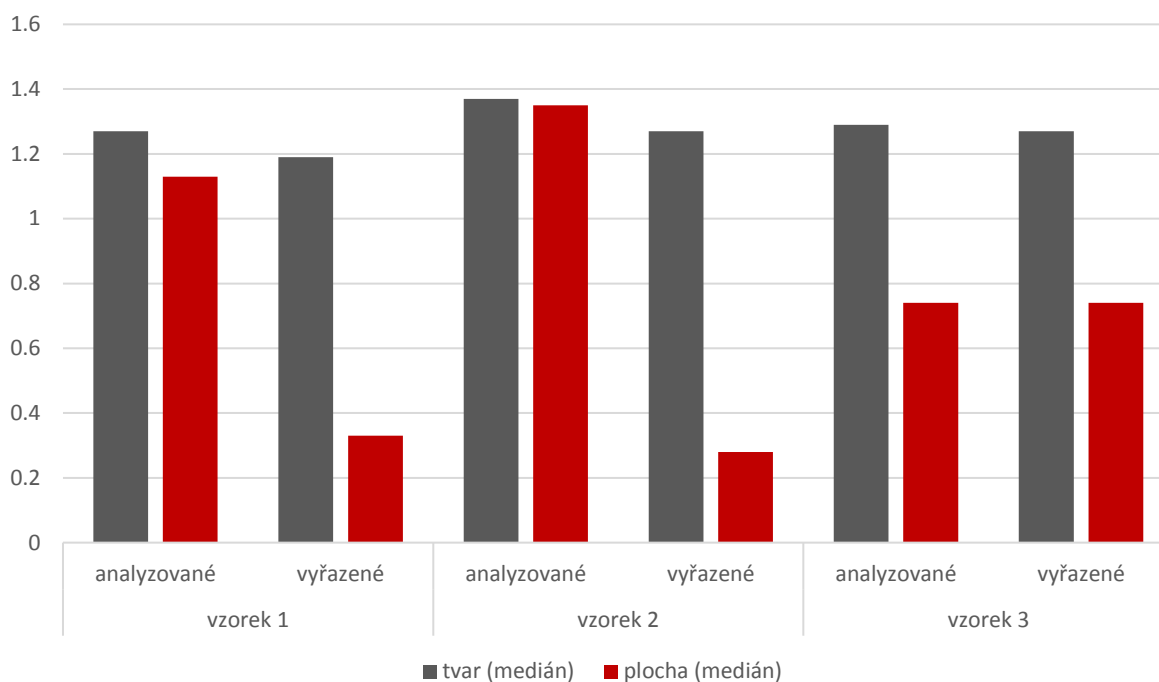
Obrázek 172 – srovnání mediánu tvaru a plochy pro jednotlivé vzorky

Následující tabulka ukazuje srovnání morfologických parametrů částic analyzovaných a vyřazených v jednotlivých vzorcích.

Tabulka 63 – srovnání průměru, mediánu a směrodatné odchylky (SD) plochy a tvaru částic v jednotlivých vzorcích, rozdělené podle částic analyzovaných a vyřazených

	vzorek 1		vzorek 2		vzorek 3	
	analyzované	vyřazené	analyzované	vyřazené	analyzované	vyřazené
tvar (průměr)	1,6	1,4	1,78	1,46	1,72	1,41
tvar (medián)	1,27	1,19	1,37	1,27	1,29	1,27
tvar (SD)	0,96	0,54	1,33	0,59	1,20	0,50
plocha (průměr)	2,66	0,51	3,04	0,57	2,23	2,23
plocha (medián)	1,13	0,33	1,35	0,28	0,74	0,74
plocha (SD)	4,29	0,44	4,59	1,05	4,28	4,28

Ve všech případech je patrné, že vyřazené částice (tedy částice, ve kterých ani jeden z analyzovatelných chemických prvků nebyl zjištěn v dostatečném množství – s největší pravděpodobností se jednalo o organické částice obsahující uhlík, vodík, případně kyslík nebo ve kterých byl obsah ostatních prvků pod mezí detekce) byly mírně pravidelnější a především výrazně menší.



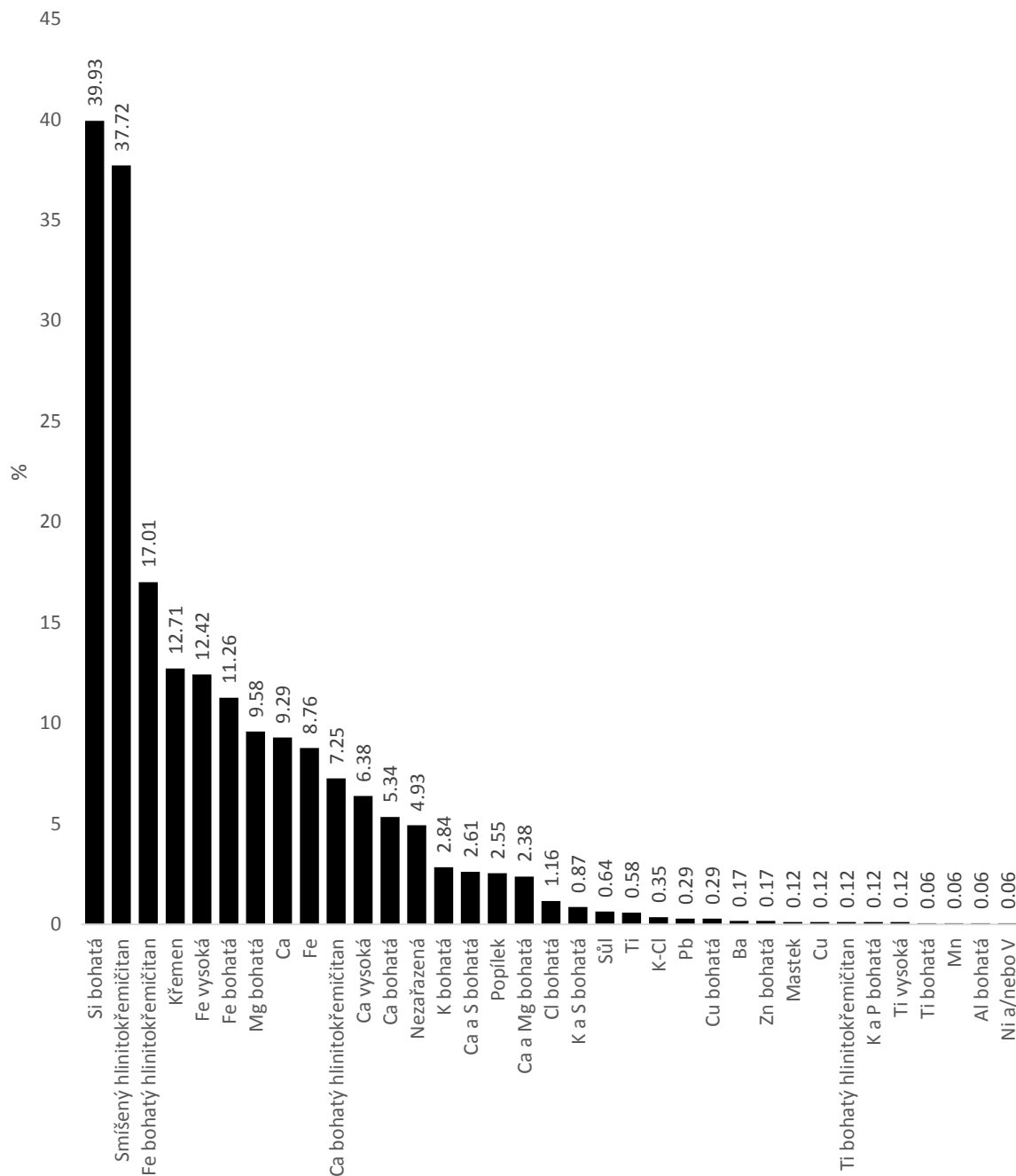
Obrázek 173 - srovnání mediánu plochy a tvaru částic v jednotlivých vzorcích, rozdělené podle částic analyzovaných a vyřazených

Kromě morfologie poskytuje SEM/EDX analýza také informace o prvkovém složení částic, na základě čehož je možné klasifikovat částice do uživatelem vytvořených kategorií. Jedna částice může být zařazena do více než jedné kategorie, proto součet poměrů částic v jednotlivých kategoriích nemusí být roven 100 %.

Následující tabulka ukazuje kategorie částic v jednotlivých vzorcích, u kterých byl poměr z celkového počtu alespoň 10 %.

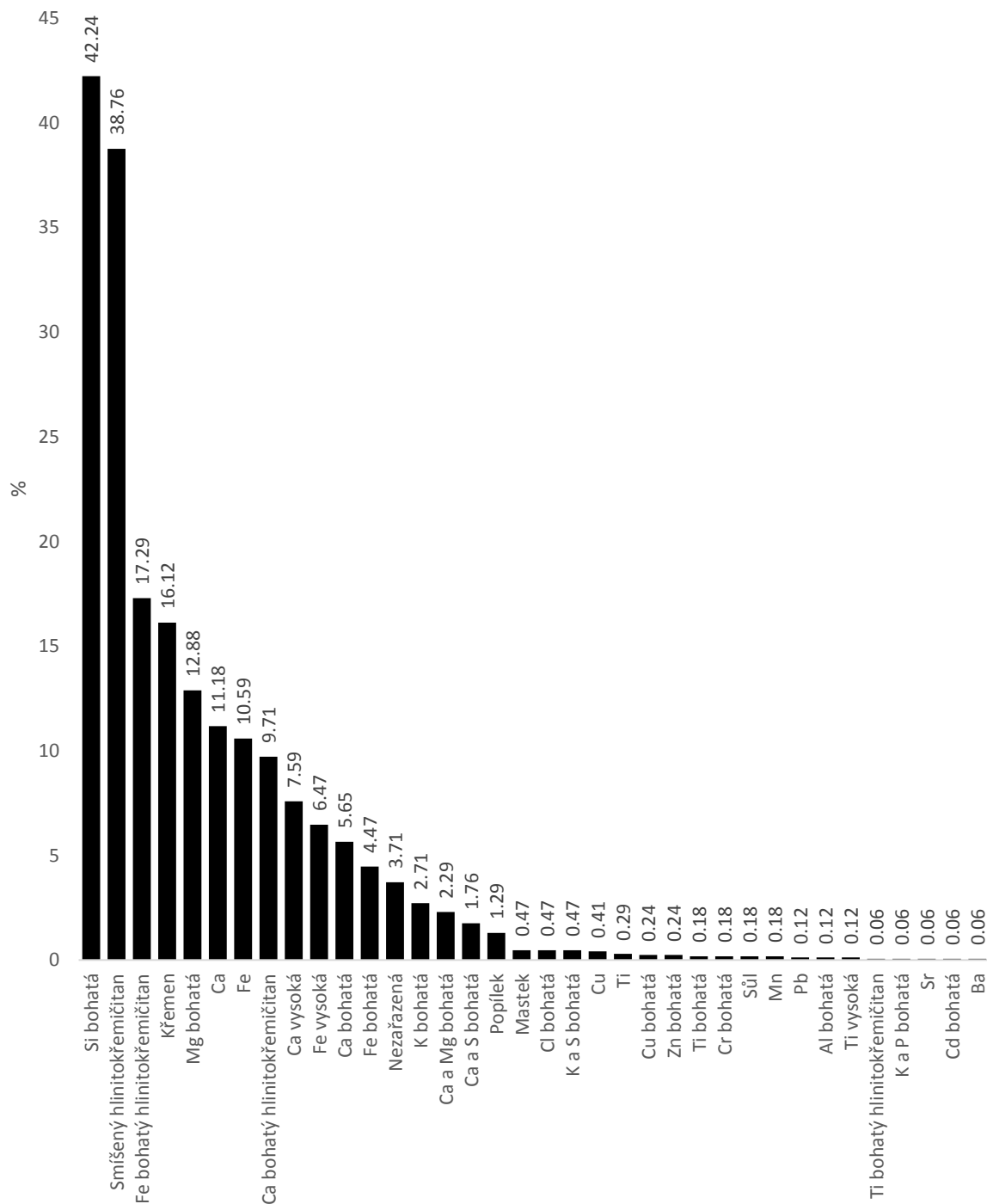
Tabulka 64 – nejzastoupenější kategorie částic (>10 %) v jednotlivých vzorcích

Vzorek 1		Vzorek 2		Vzorek 3		
1.	Si-bohatá	39,93	Si-bohatá	42,24	Si-bohatá	26,68
2.	Smíšený hlinitokřemičitan	37,72	Smíšený hlinitokřemičitan	38,76	Smíšený hlinitokřemičitan	21,86
3.	Fe-bohatý hlinitokřemičitan	17,01	Fe-bohatý hlinitokřemičitan	17,29	Ca a S bohatá	17,52
4.	Křemen	12,71	Křemen	16,12	Ca	17,09
5.	Fe-vysoká	12,42	Mg-bohatá	12,88	Křemen	12,94
6.	Fe-bohatá	11,26	Ca	11,18	Ca bohatá	11,42
7.			Fe	10,59	Fe-vysoká	10,20

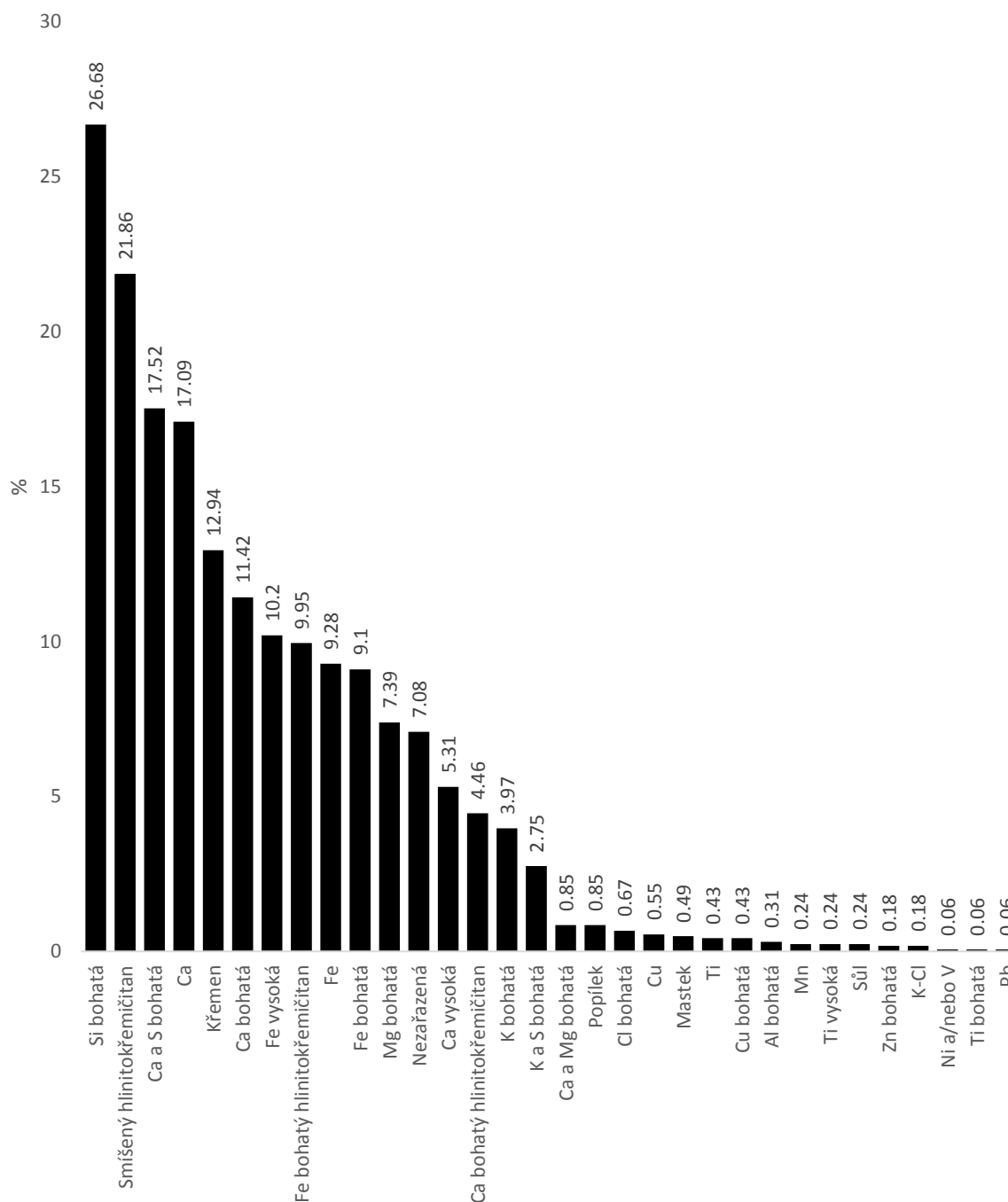


Obrázek 174 – poměr částic v jednotlivých kategoriích ve vzorku 1 z 2. 4. 2019





Obrázek 175 - poměr částic v jednotlivých kategoriích ve vzorku 2 z 3. 4. 2019



Obrázek 176 - poměr částic v jednotlivých kategoriích ve vzorku 3 z 5. 4. 2019

U všech vzorků byl zjištěn nejvyšší podíl částic bohatých na křemík. Křemík je druhým nejzastoupenějším prvkem v zemské kůře. Jedná se o prvek zastoupený ve velkém počtu minerálů vyskytující se velmi hojně v půdách (Sommer, 2006). Křemík, v podobě oxidu křemičitého ( $\text{SiO}_2$ ) je také významnou složkou betonu (Schoepfer, 2009). Tato sloučenina je také složkou písku, využívaném ve stavebnictví. Vysoké koncentrace  $\text{SiO}_2$  jsou obecně problémem při různých stavebních činnostech a vysokými koncentracemi, kterým byli vystaveni stavební dělníci, se zabývala nejedna studie (např.

Rappaport, 2003; Akbar-Khanzadeh, 2002). Křemen se může do ovzduší dostávat mj. ze stavenišť či resuspenzí (Xie, 2005).

Kategorií s druhým nejvyšším podílem ve všech vzorcích byla kategorie smíšených hlinitokřemičitanů. Tato kategorie sdružuje částice s vysokým podílem nejen křemíku, ale rovněž významným podílem hliníku. Jedná se o kategorii rovněž hojně zastoupenou v půdách.

Pokud se zaměříme na stavební činnost, pak dalším předpokládaným hojně zastoupeným prvkem je vápník, který je nedílnou součástí například cementu. V cementu najdeme ale například také síru, a pokud se podíváme na výše uvedenou tabulku, kategorie vápníku a síry byla významně zastoupena zejména ve vzorku č. 3.

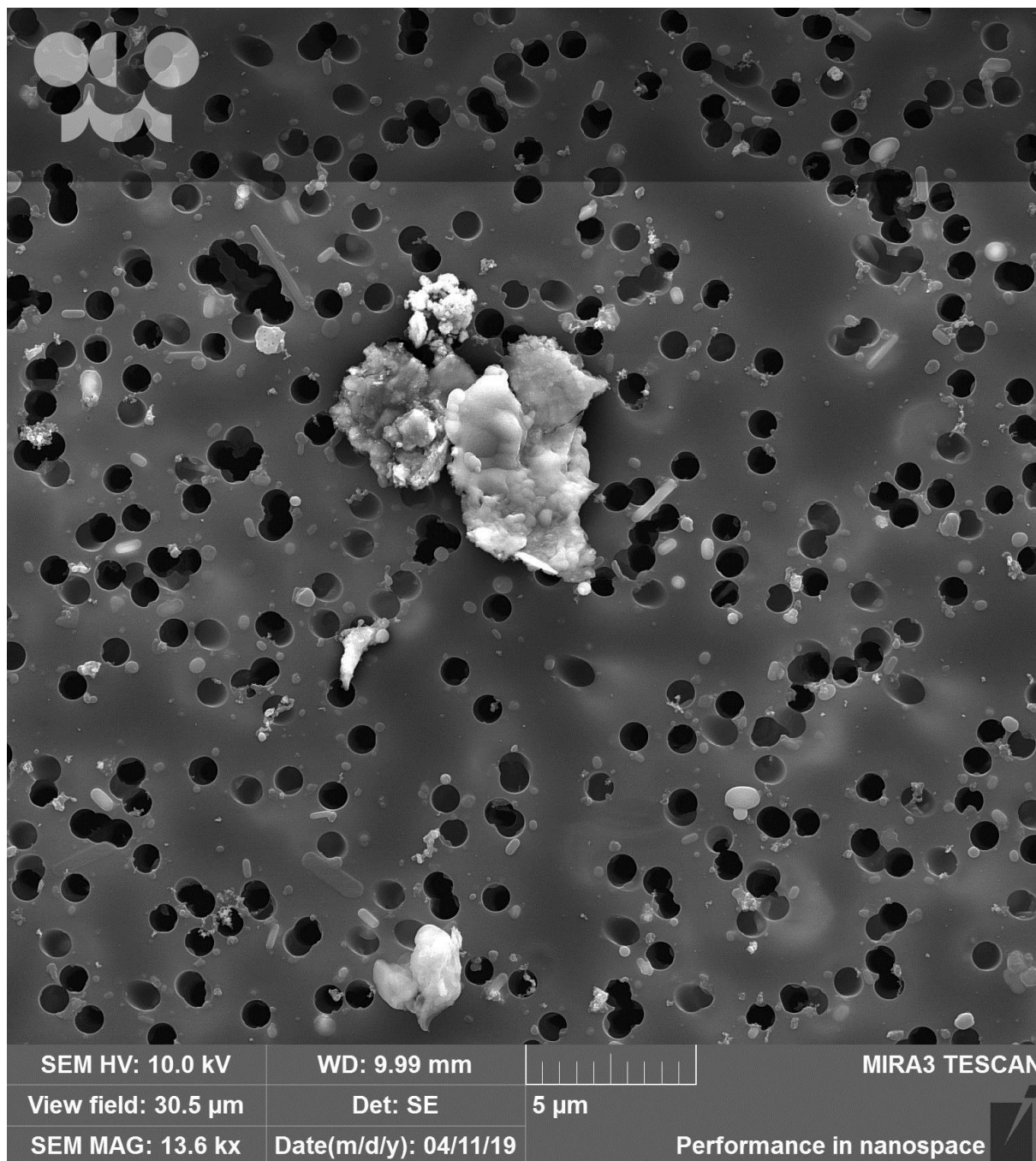
Významně zastoupeným prvkem ve všech vzorcích bylo také železo. Jeho zdrojem bývají často spalovací procesy, ale je také součástí řady přirozeně se vyskytujících minerálů (Ault, 2012). Vzhledem k tvaru částic (spíše nepravidelný) a vzhledem k faktu, že bylo železo často v částicích v kombinaci s dalšími pro půdu typickými prvky (křemík, hliník apod.), pocházely pravděpodobně spíše z půdních zdrojů.

Prvky, které se typicky dostávají do ovzduší emisí z dopravy, jsou například baryum, chrom, zinek, měď, olovo či antimon. Převážnou část emisí z dopravy tvoří výfukové emise, ale emise tzv. nevýfukové – otěry brzdových destiček, otěry pneumatik, ale z velké míry také resuspenze. Odhadnout přesné množství resuspenze je v podstatě nemožné, jelikož jsou do ovzduší vířeny částice, které vznikly z jiného zdroje, a tedy se shodují s částicemi emitovanými přímo a ještě neusazenými. Částice typické pro stavební práce tedy mohou být v ovzduší přítomny primární emisí, či sekundárně resuspenzí dopravou.

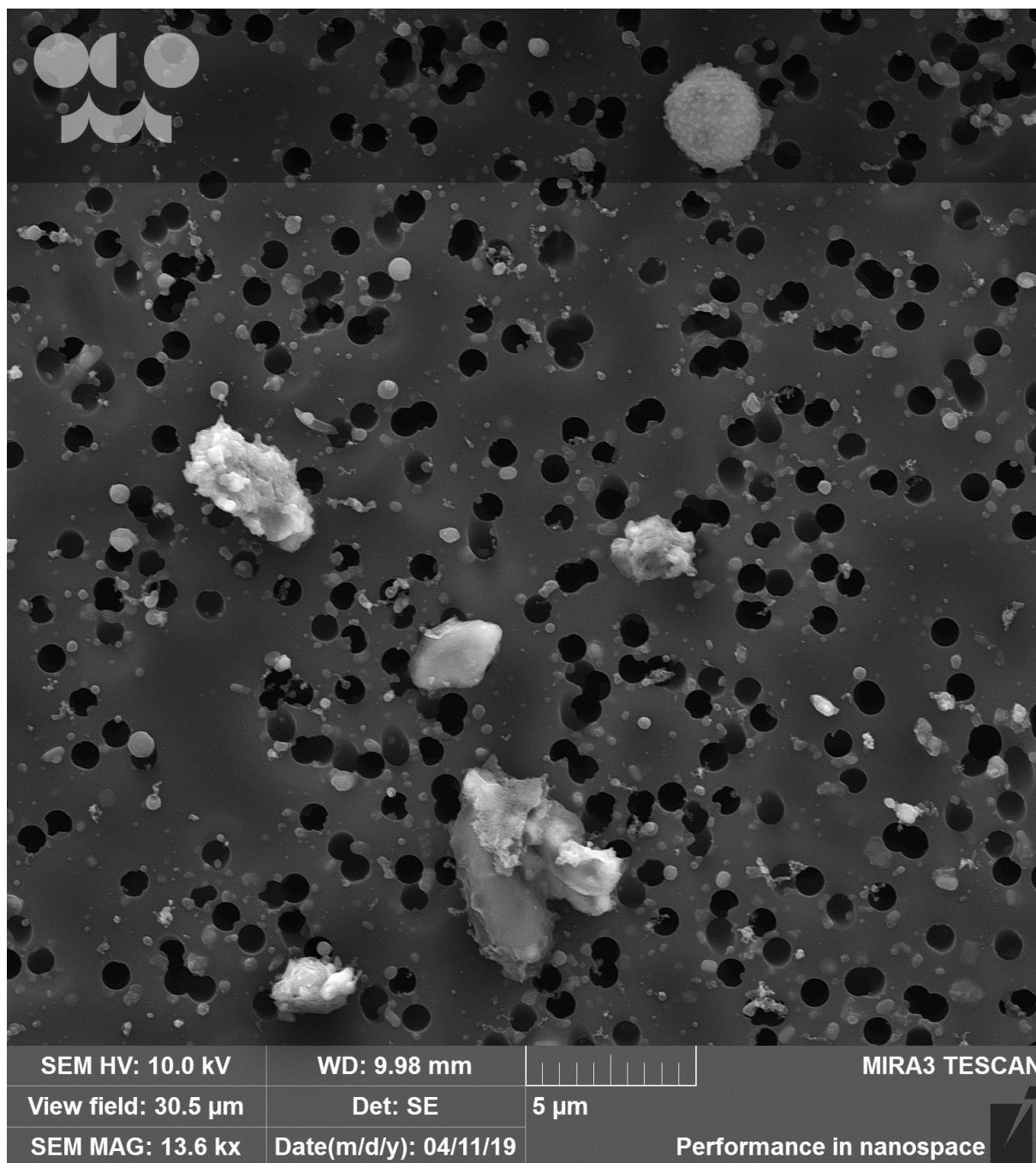
Nejvyšší podíl částic bohatých na křemík a částice hlinitokřemičitanů byl zjištěn u vzorku číslo 2, tedy vzorku odebraném 3. 4. 2019 během odpolední špičky. Potenciálním vysvětlením by mohla být výrazně vyšší rychlost větru v tyto 4 h ve srovnání se zbylými dvěma intervaly vzorkování. Částice z nedalekých staveb se tedy za takového počasí mohou více šířit do okolí, ačkoliv paradoxně za běžných okolností vysoké rychlosti větru přispívají k lepší kvalitě ovzduší.

Pokud srovnáme výše uvedené výsledky například se SEM/EDX analýzou provedenou na vzorku odebraném na dopravou výrazně exponované lokalitě Brno-Svatoplukova, je patrné, že částice na Zvonaře jsou nepravidelnější a větší a to u všech vzorků. Ve srovnání se Svatoplukovou je také výrazně nižší podíl částic obsahujících železo a naopak vyšší podíl částic obsahujících křemík a vápník.

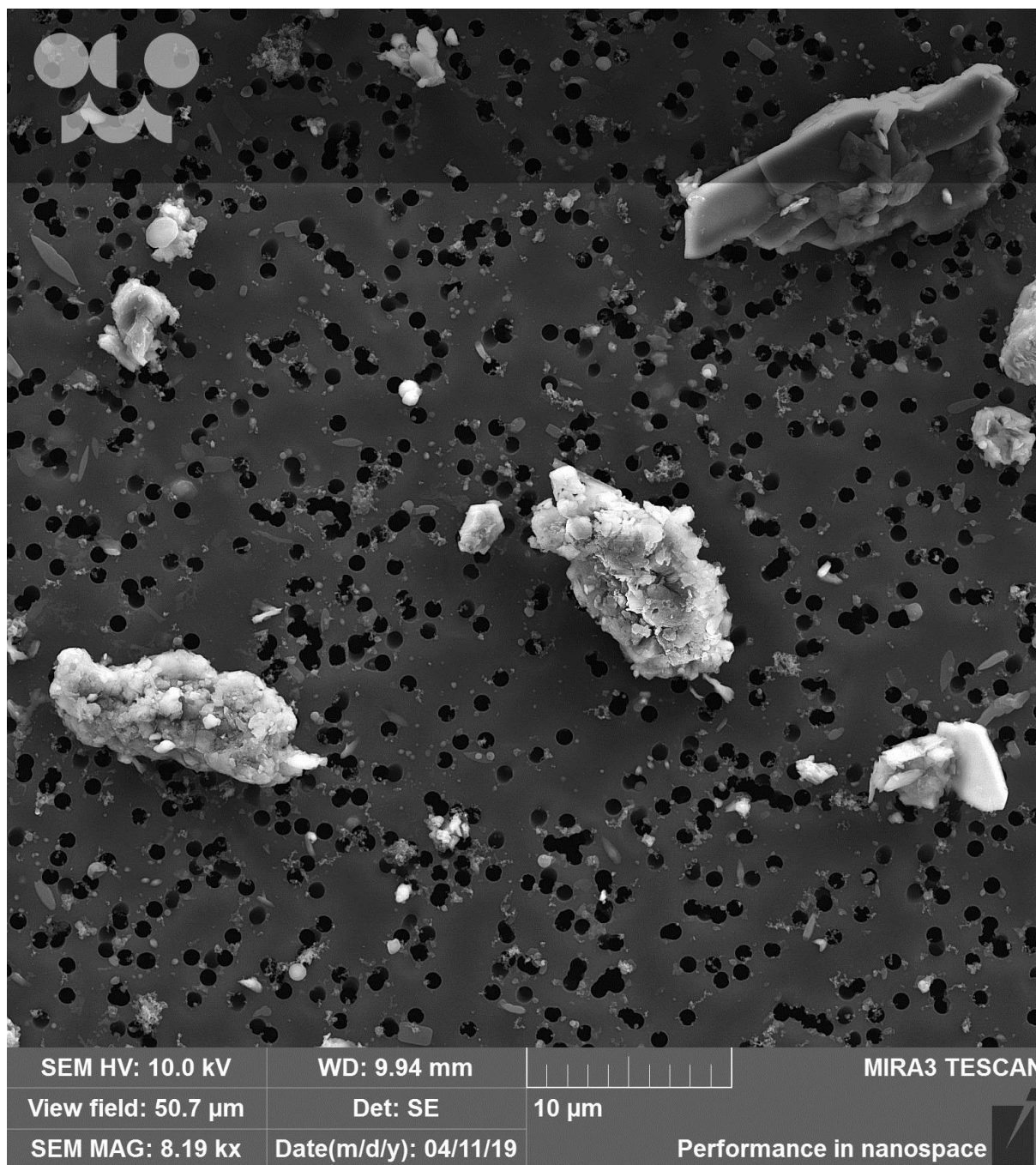
To vše nasvědčuje faktu, že vliv dopravy na Zvonařce momentálně spočívá především v resuspenzi a nejvýznamnějším zdrojem znečištění jsou částice, které souvisí se stavebními pracemi. Nejzastoupenějšími prvky byl křemík, vápník, železo, hořčík, síra a hliník.



Obrázek 177 – snímek ze skenovacího elektronového mikroskopu, vzorek odebraný 2. 4. 2019 na stanici Brno-Zvonařka na polykarbonátovém filtru.

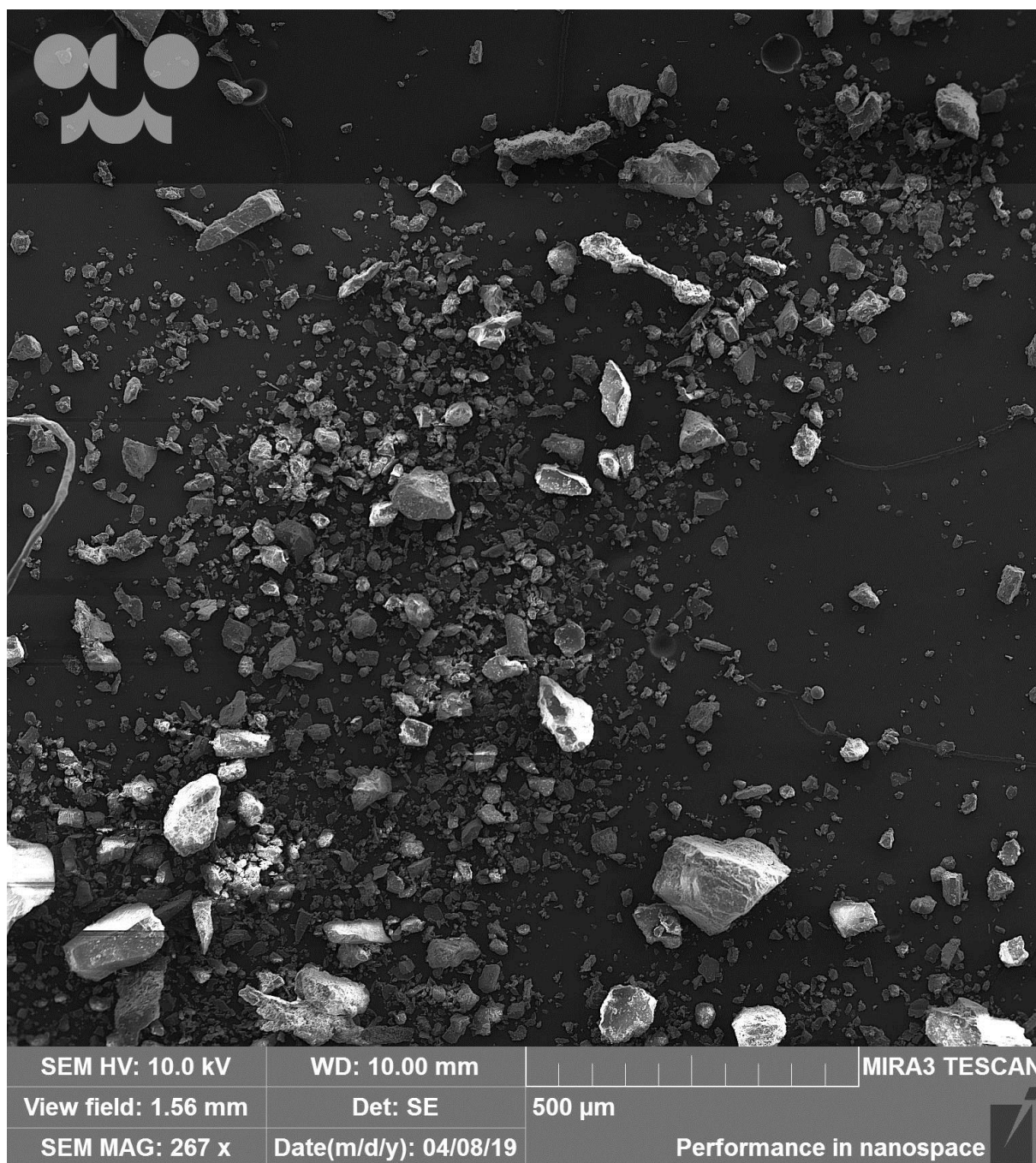


Obrázek 178 - snímek ze skenovacího elektronového mikroskopu, vzorek odebraný 3. 4. 2019 na stanici Brno-Zvonařka na polykarbonátovém filtru.



Obrázek 179 - snímek ze skenovacího elektronového mikroskopu, vzorek odebraný 5. 4. 2019 na stanici Brno-Zvonařka na polykarbonátovém filtru.

Kromě tří odběrů vzorkovačem byl proveden i jeden odběr přímo z povrchu vozovky stěrem. Nejednalo se tedy o frakci  $\text{PM}_{10}$  ale o celkový prach na vozovce. Na tomto vzorku nebyla provedena automatická analýza, která by u takto velkých částic byla problematická, ale částice byly posouzeny vizuálně a manuální analýzou bylo několik částic analyzováno. Na snímku níže je vidět výrazně odlišné měřítko od ostatních tří snímků.

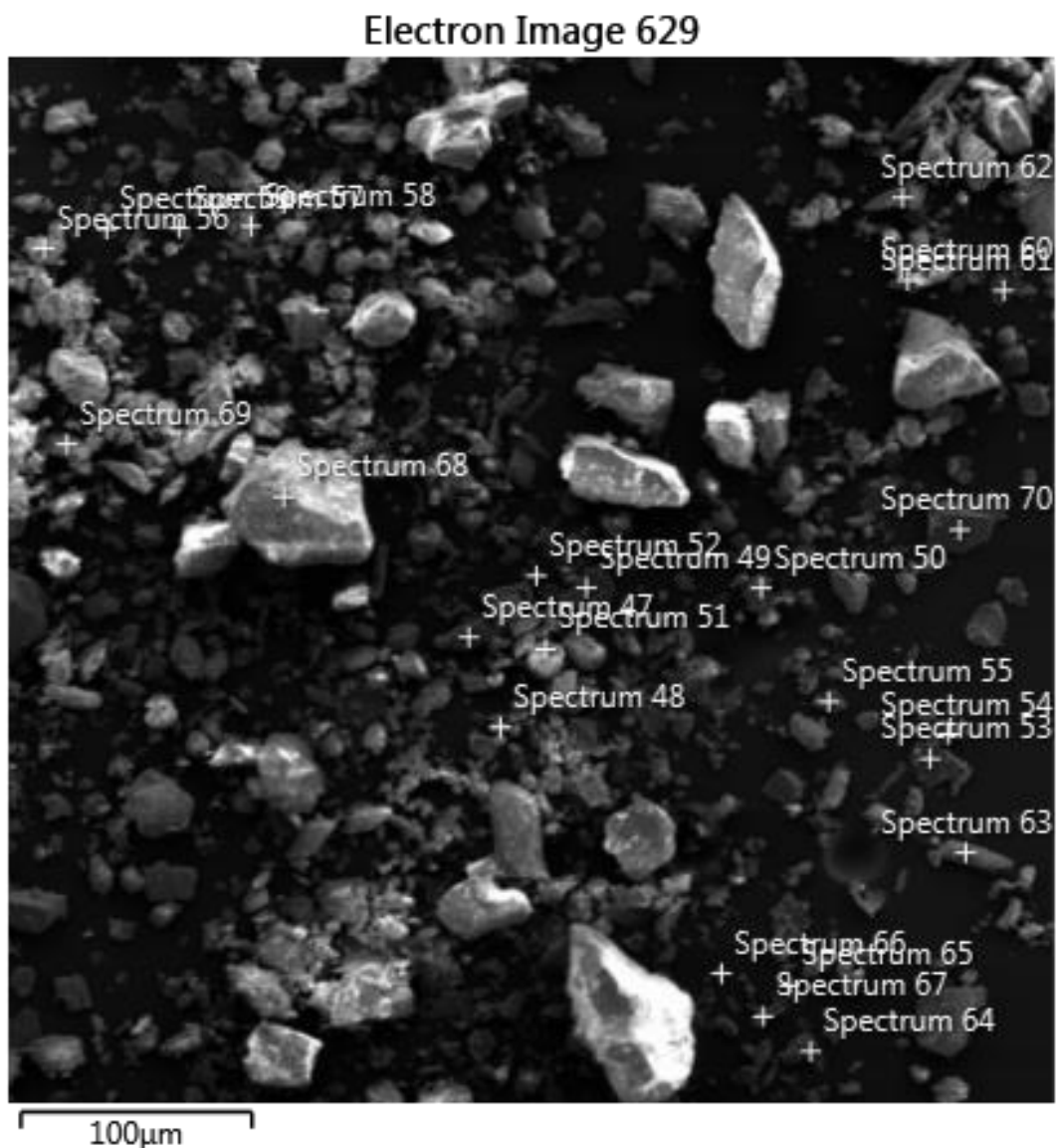


Obrázek 180 - snímek ze skenovacího elektronového mikroskopu, vzorek odebraný přímo z vozovky na stanici Brno-Zvonařka na polykarbonátovém filtru.

Následující obrázky spekter ukazují zastoupení prvků v jednotlivých náhodně vybraných částicích, která byla získána manuální analýzou na vzorku odebraném přímo z povrchu vozovky. U všech spekter je vidět pík v oblasti kyslíku (O) a uhlíku (C). Tento signál může pocházet i ze samotných

částic, vždy je ale takto zaznamenán i signál ze samotného polykarbonátového filtru, proto nelze podíl těchto prvků v částici stanovit (složku z částice a filtru nelze oddělit).

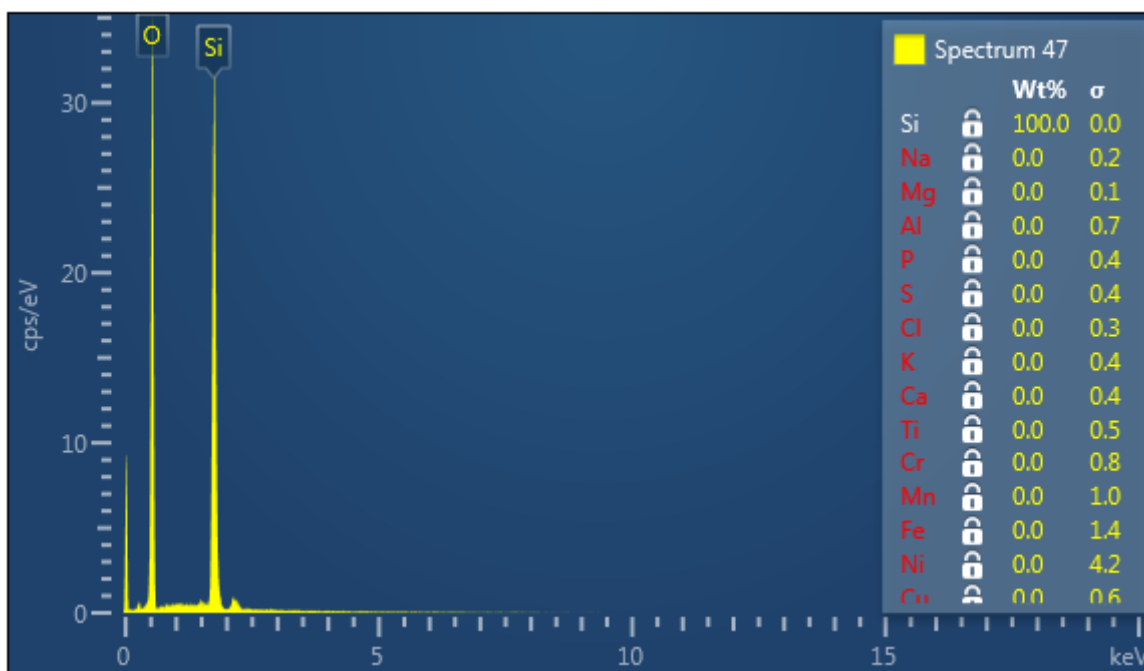
Tabulka u každého spektra ukazuje podíl jednotlivých prvků zjištěných v jednotlivých částicích. Červeným písmem vyznačené prvky však nelze brát jako věrohodné, protože byla nejistota zjištění příliš vysoká a mohlo se jednat pouze o šum ve spektru.



Obrázek 181 – přehled vybraného pole pro manuální analýzu s označením jednotlivých částic

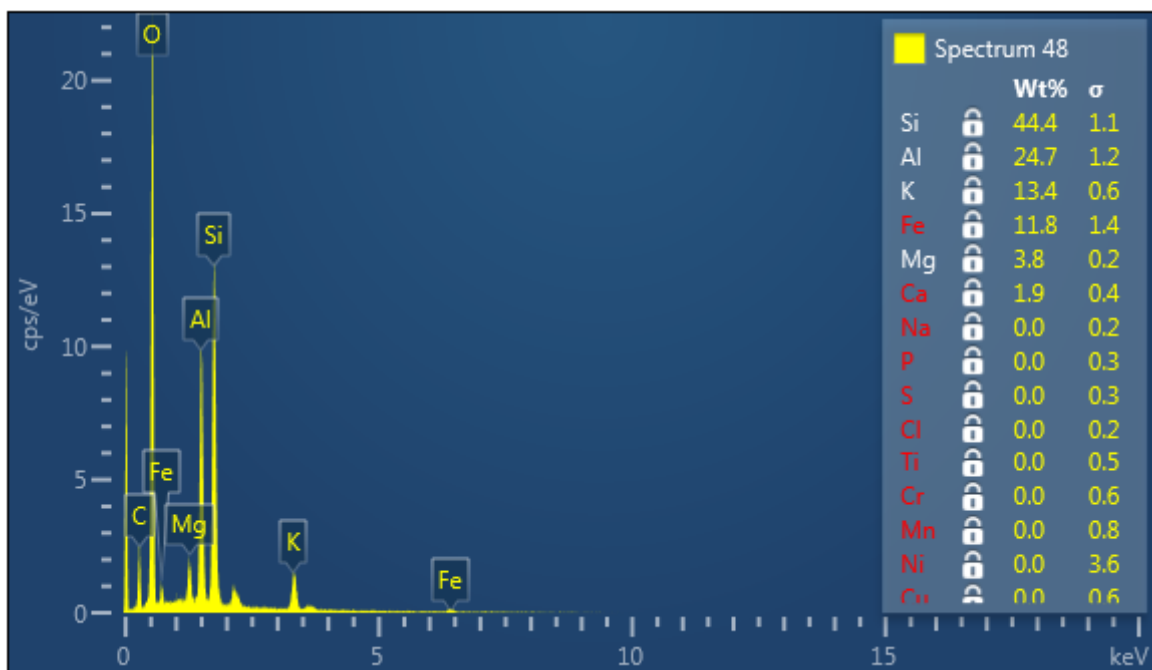
Spektrum z částice 47 ukazuje, že se jednalo o částici obsahující z analyzovaných prvků výhradně křemík.





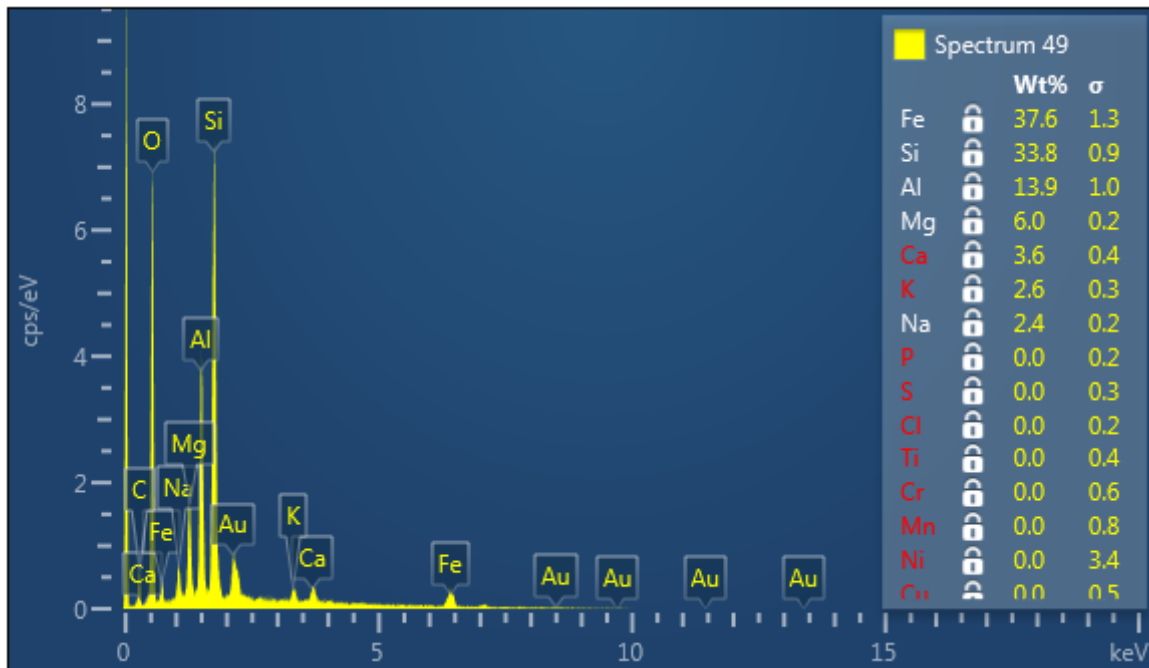
Obrázek 182 – spektrum č. 47.

Spektrum 48 pochází z částice bohaté na křemík, hliník, draslík a hořčík. Tyto prvky jsou typické například pro půdy a je velmi pravděpodobné, že se jednalo o částici spojenou se stavebními pracemi.



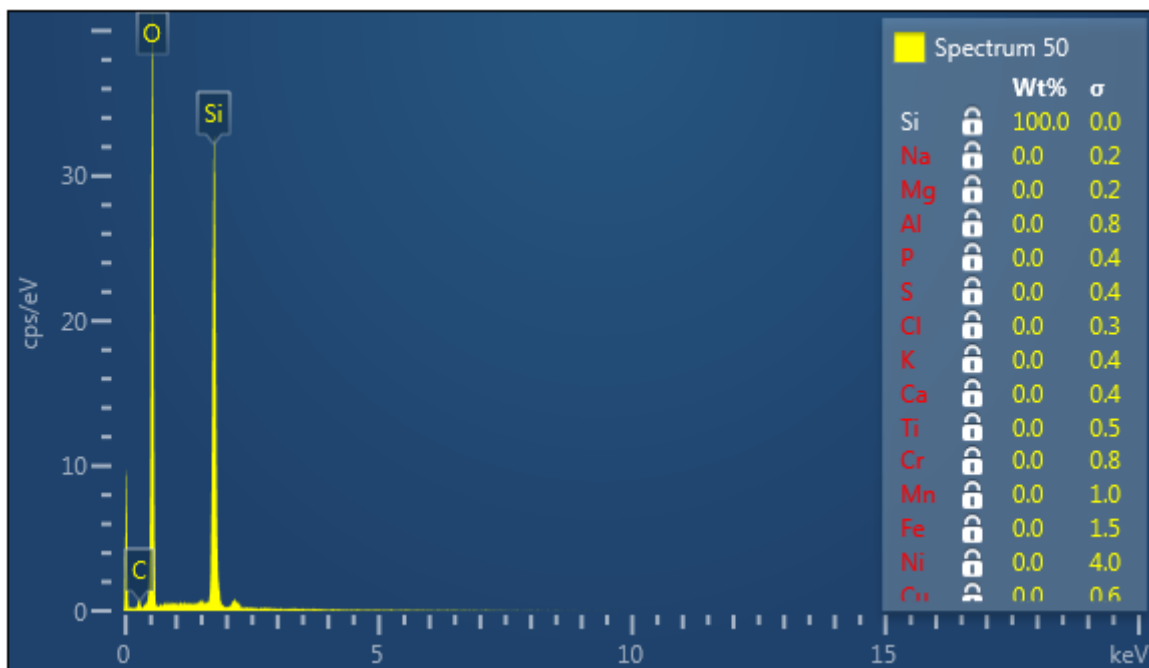
Obrázek 183 – spektrum č. 48.

Částice 49 obsahovala vysoký podíl železa, křemíku, hliníku, hořčíku a také sodík. Mohlo se jednat o na železo bohatý hlinitokřemičitan a rovněž půdní částici.



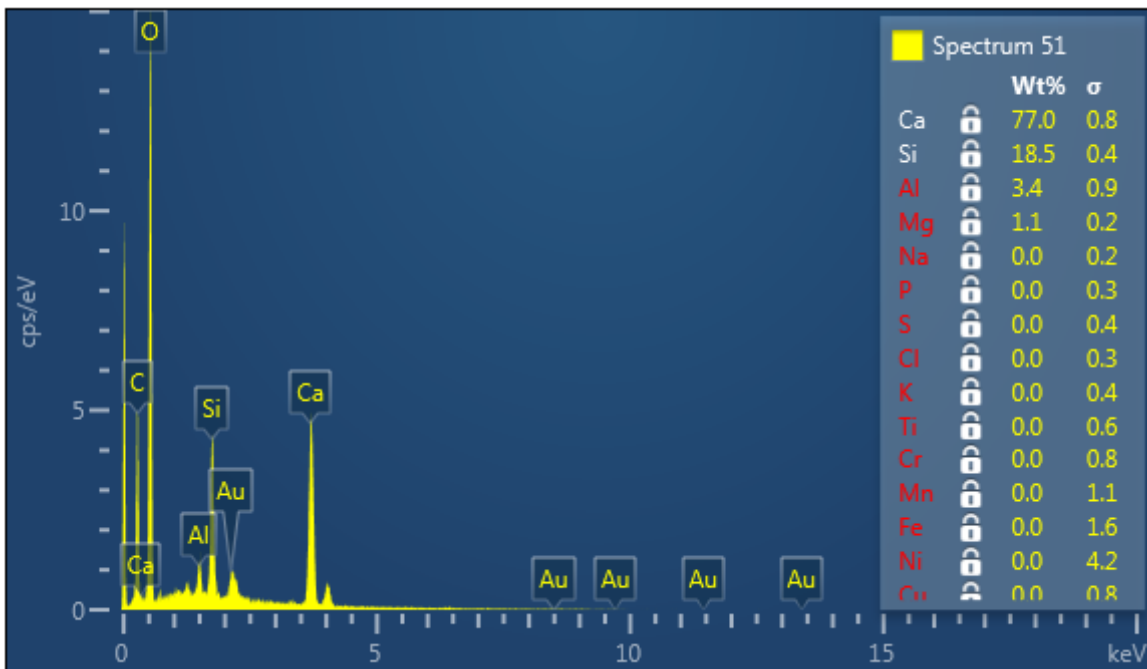
Obrázek 184 – spektrum 49.

V případě částice 50 se rovněž jednalo o částici obsahující z analyzovaných prvků výhradně křemík a mohlo se jednat například o křemen.



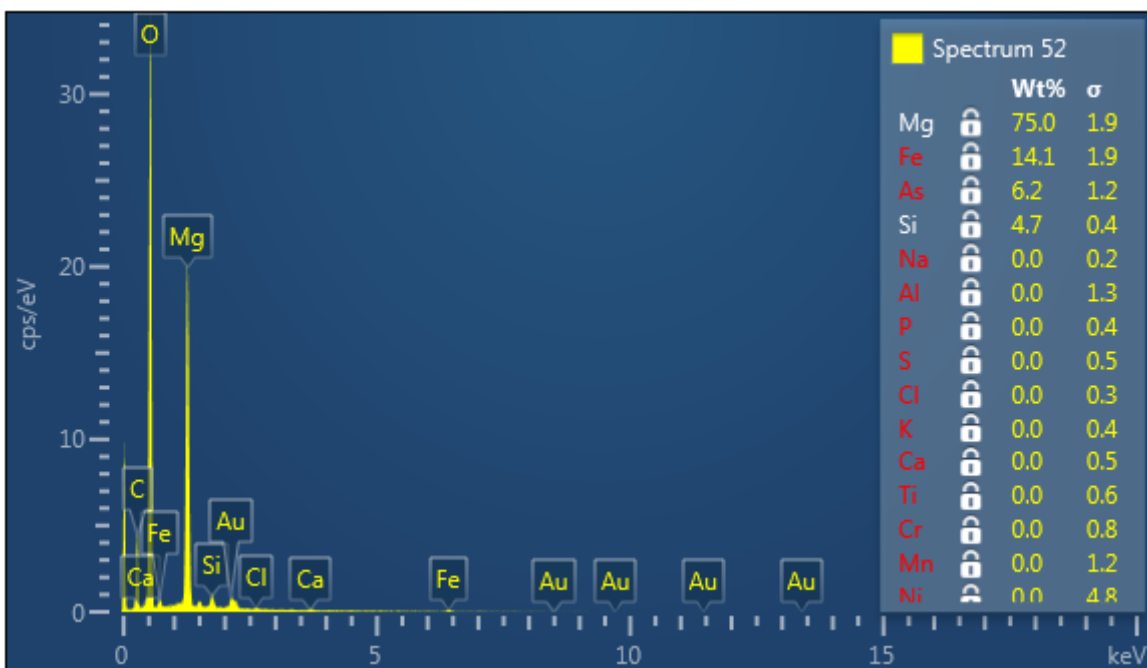
Obrázek 185 – spektrum 50.

Částice 51 obsahuje vysoký podíl vápníku a křemíku, opět se tedy jedná z vysokou pravděpodobností o částici pocházející ze stavebních prací, v tomto případě by se mohlo jednat například o cement, který obsahuje primárně oxid vápenatý a oxid křemičitý.



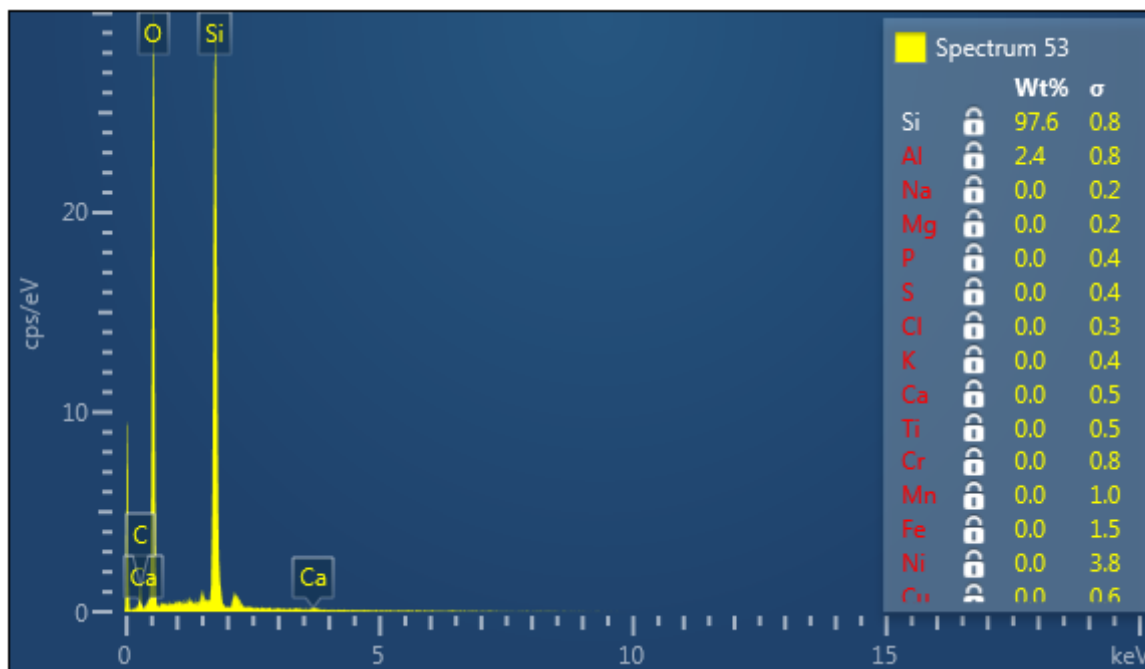
Obrázek 186 – spektrum 51.

Částice 52 obsahuje především hořčík a dále také křemík. S velkou pravděpodobností se tedy jednalo o částici půdy.



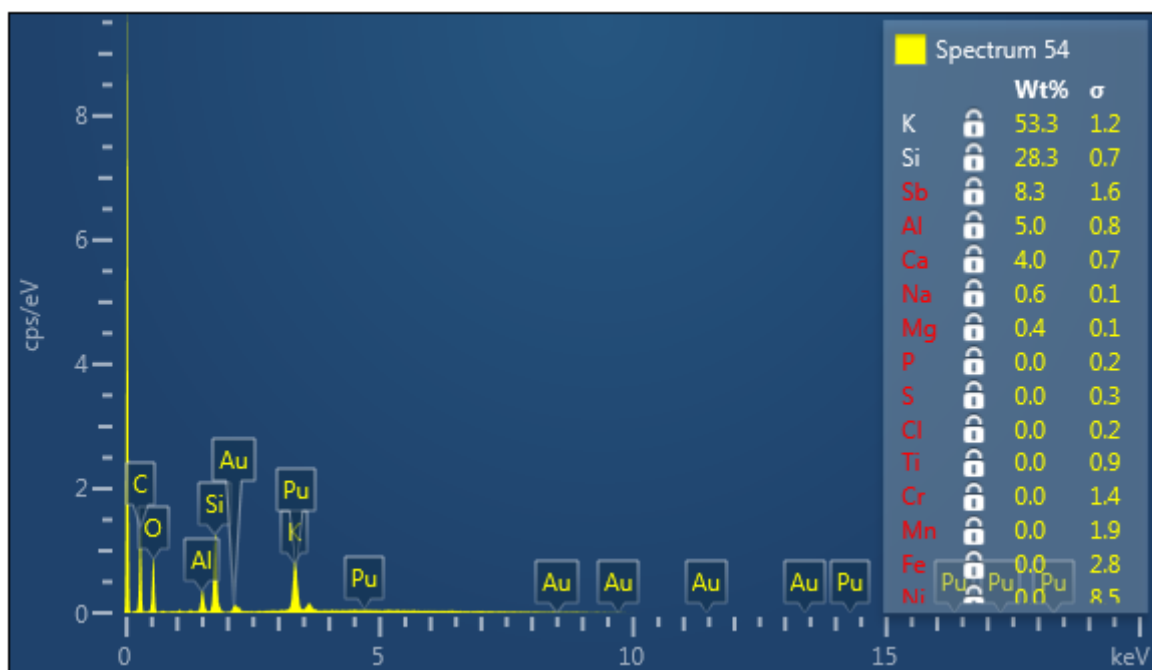
Obrázek 187 – spektrum 52.

Částice číslo 53 je opět částicí obsahující z analyzovaných prvků výhradně křemík. S vysokou pravděpodobností se jednalo o částici půdy nebo ze stavebních prací.



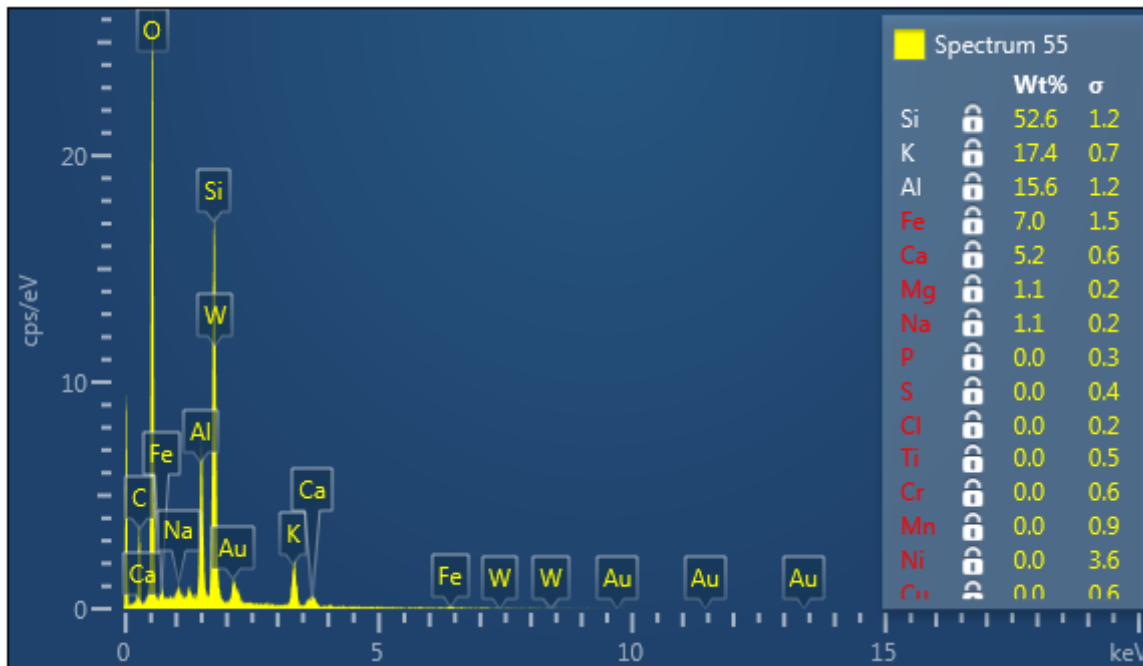
Obrázek 188 – spektrum 53.

Částice 54 obsahovala z analyzovaných prvků především draslík a křemík. Oba prvky se hojně vyskytují v půdách.



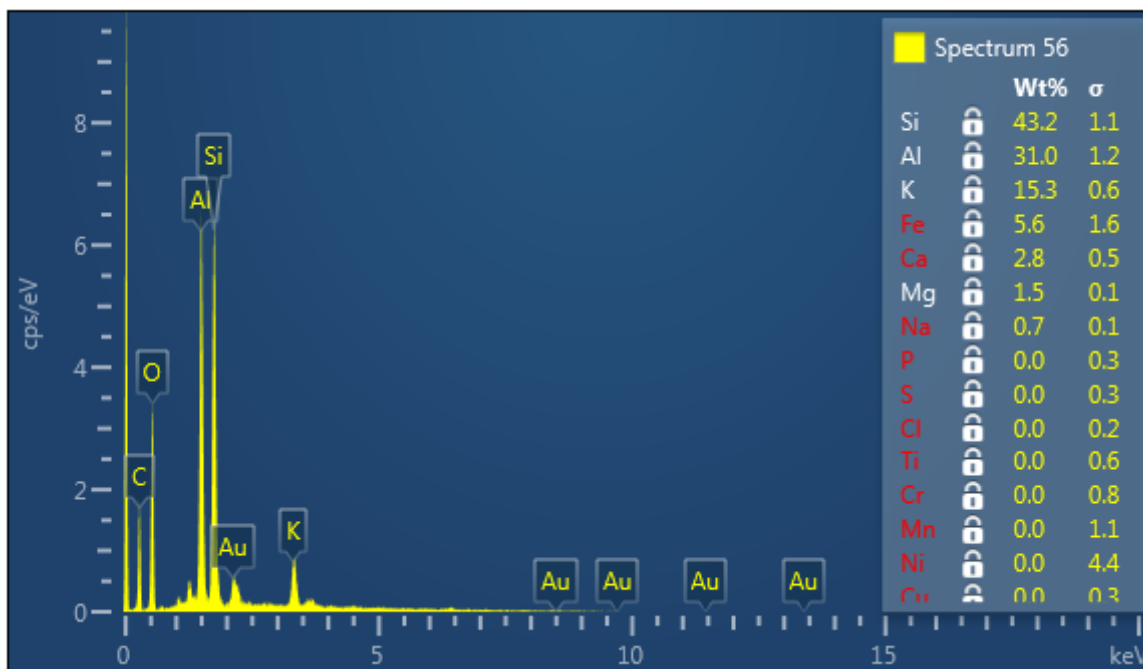
Obrázek 189 – spektrum 54.

Částice 55 obsahovala vysoký podíl křemíku, draslíku a hliníku. Tyto tři prvky tvoří základ například draselných živců. Živce jako takové tvoří více než 40 % zemské kůry (Anderson, 2010).



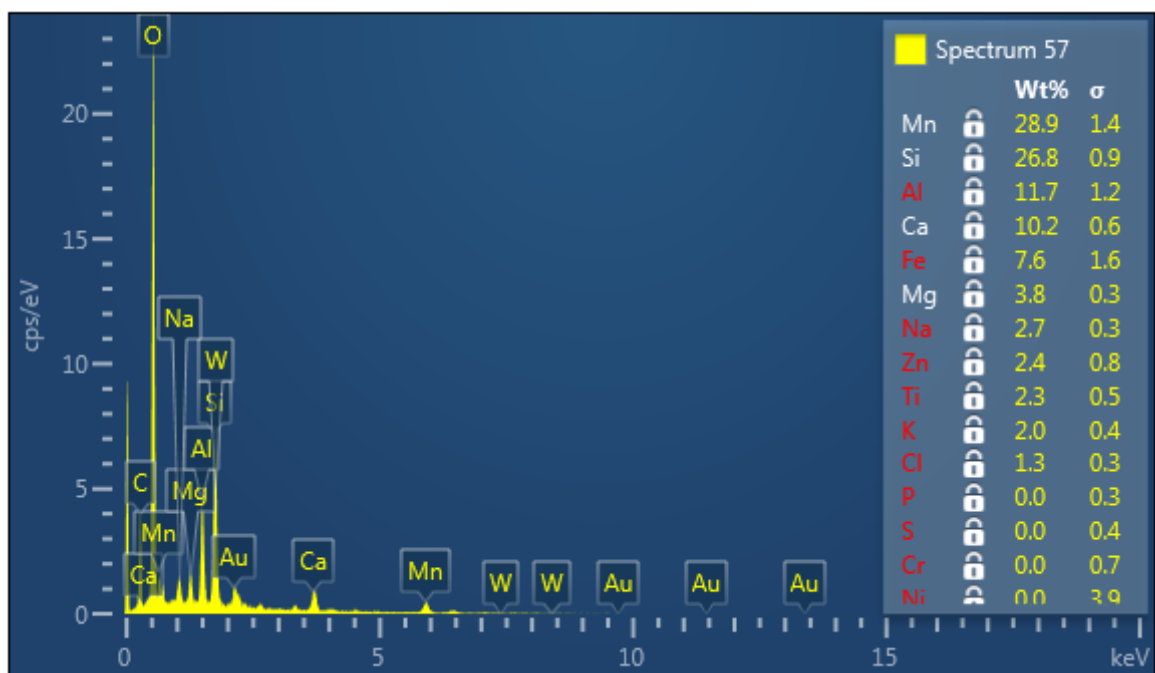
Obrázek 190 – spektrum 55.

Částice 56 byla bohatá na křemík, hliník, draslík a hořčík – prvky hojně zastoupené v půdách.



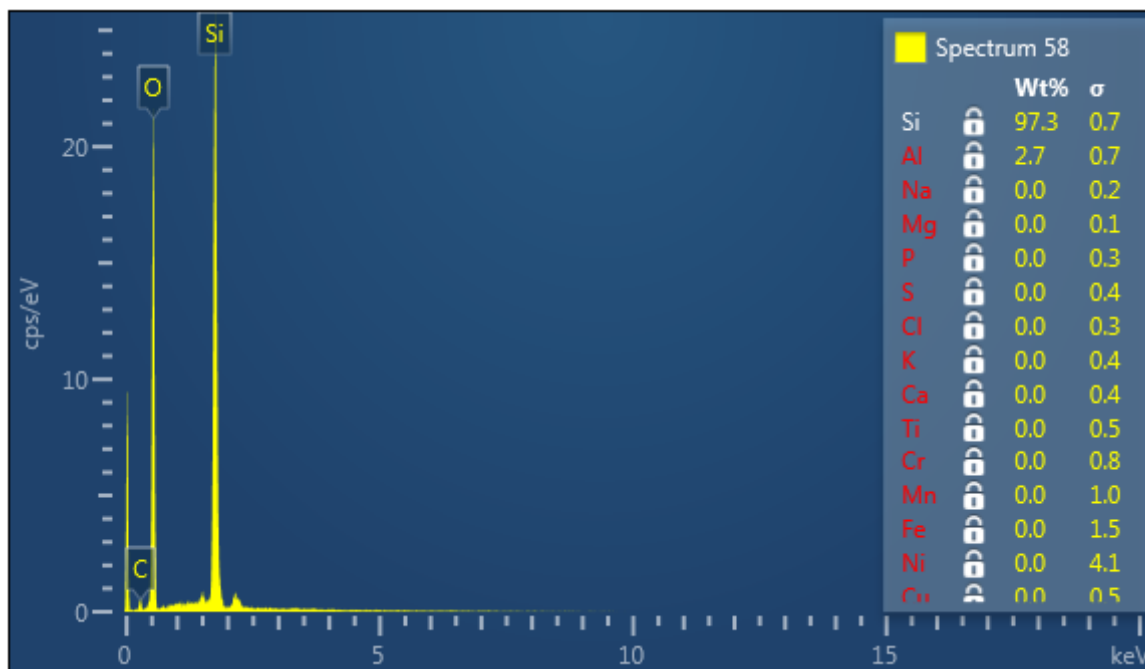
Obrázek 191 – spektrum 56.

Částice 57 byla bohatá na mangan a dále obsahovala také křemík, vápník a hořčík. Zdrojem manganu v ovzduší mohou být průmyslové procesy, nachází se ale také v půdách. Vzhledem k obsahu křemíku, vápníku a hořčíku se spíše jednalo o půdní částici.

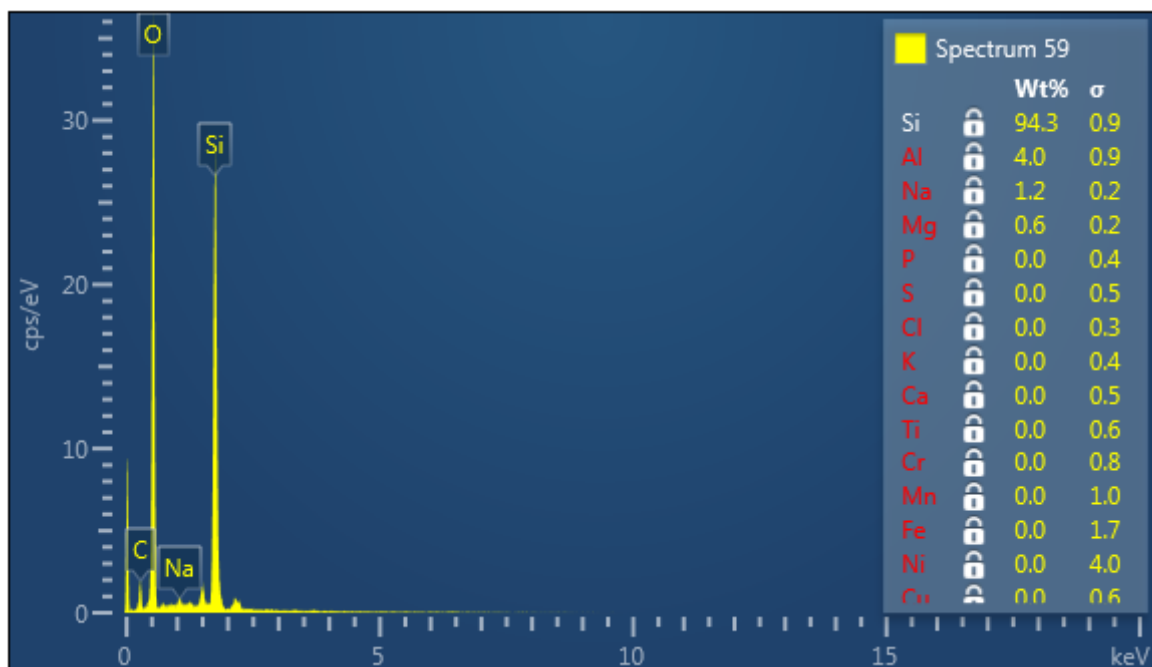


Obrázek 192 – spektrum 57.

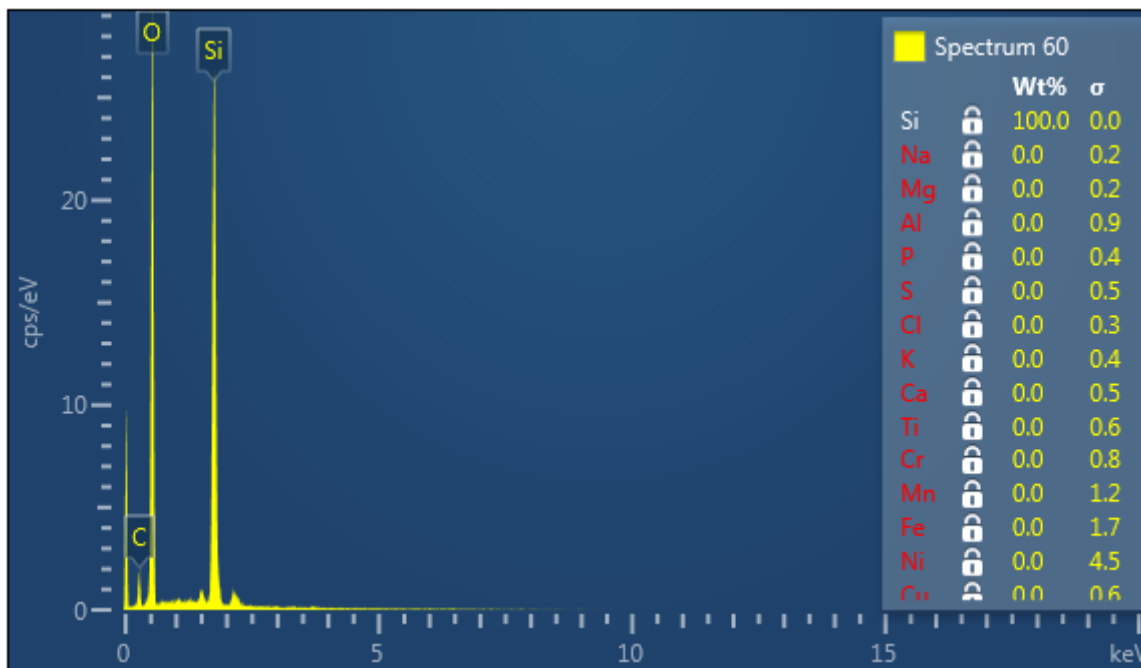
Částice 58, 59, 60, 61 a 62 obsahovaly z analyzovaných prvků výhradně křemík, mohlo se tedy jednat například o částice písku.



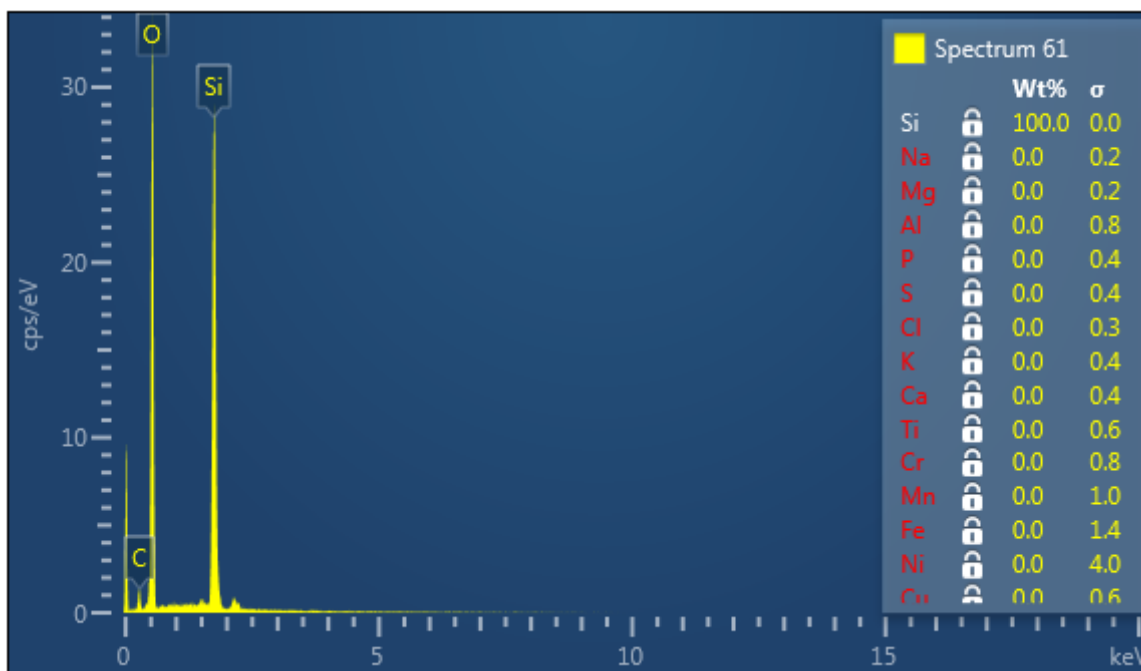
Obrázek 193 – spektrum 58.



Obrázek 194 – spektrum 59.

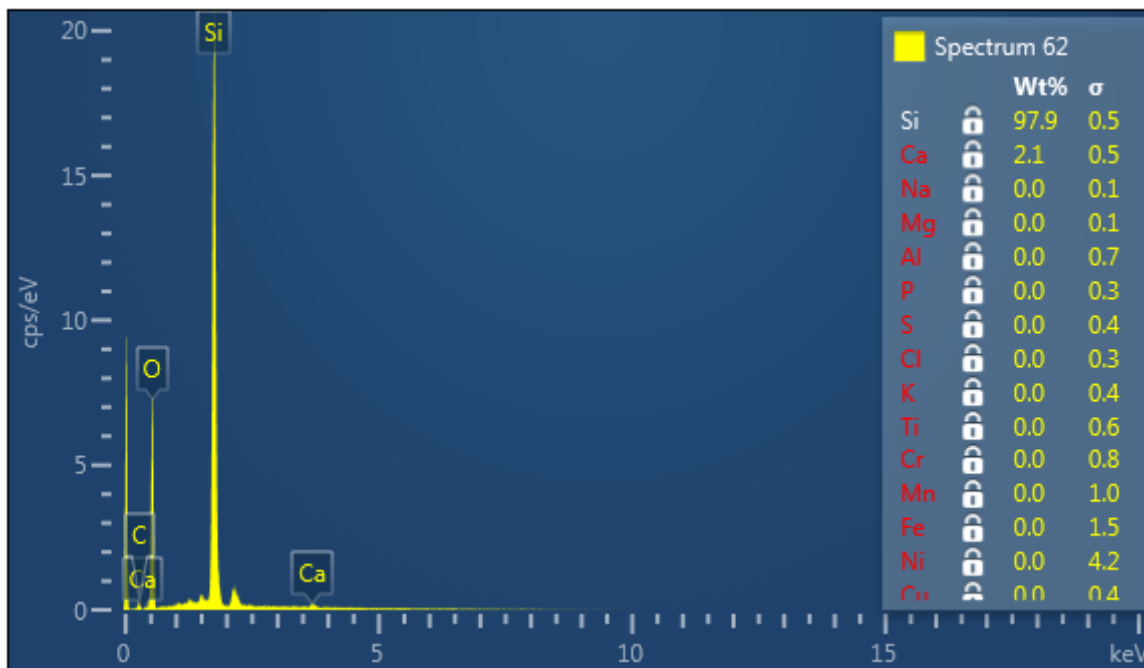


Obrázek 195 - spektrum 60.



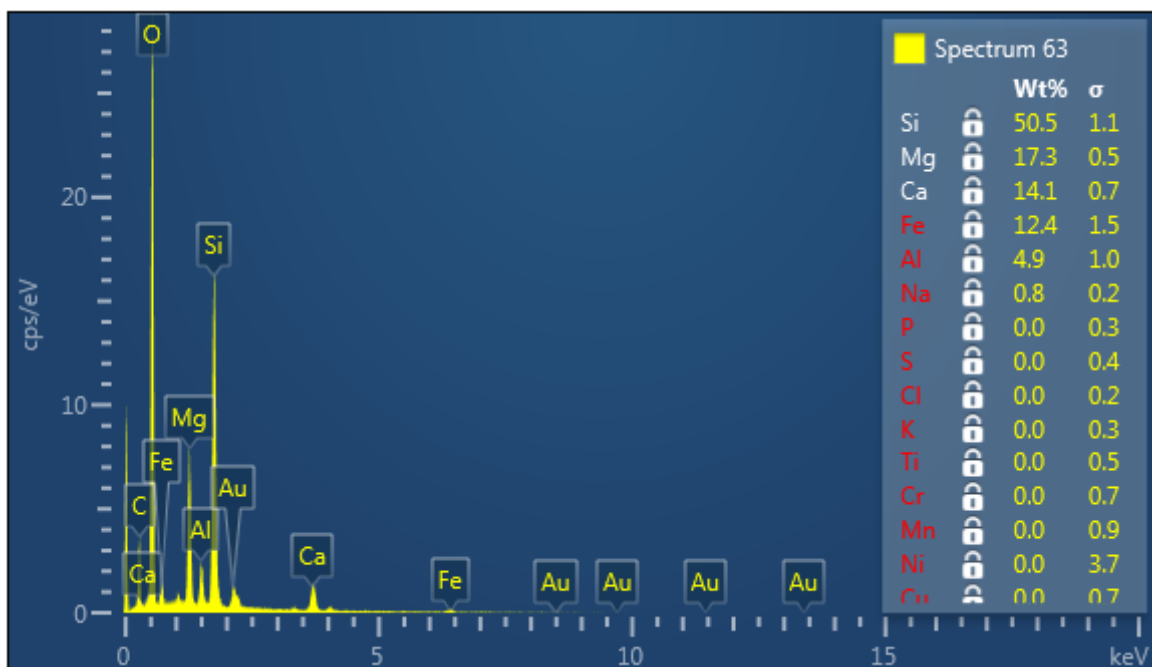
Obrázek 196 – spektrum 61.





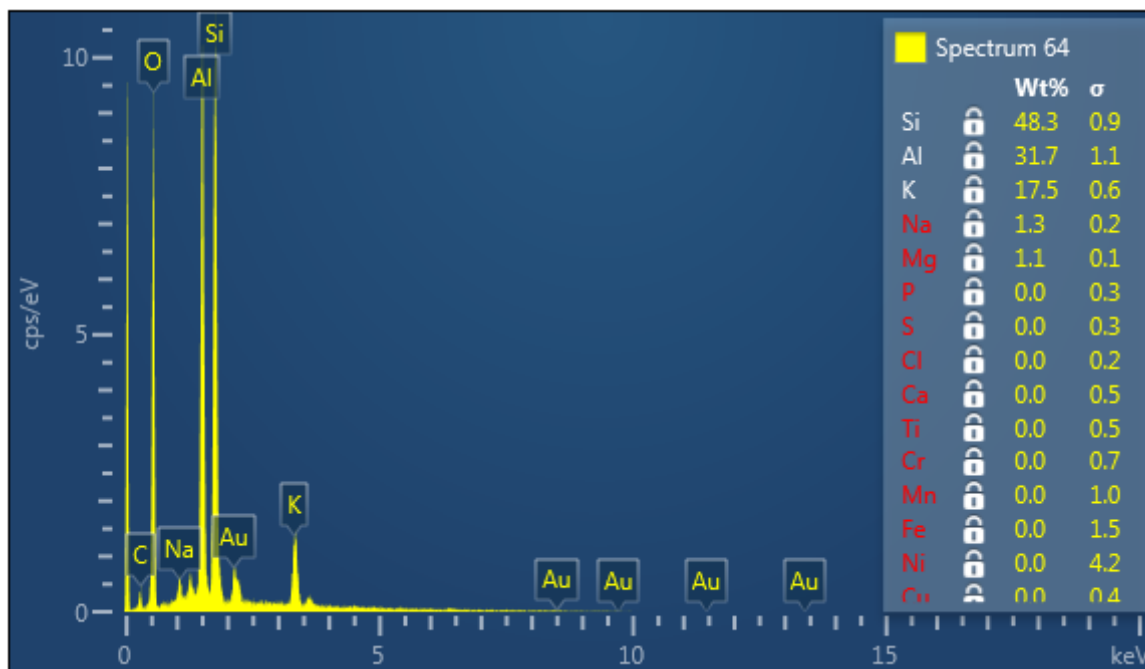
Obrázek 197 – spektrum 62.

Částice 63 obsahovala především křemík a dále hořčík a vápník, mohlo se tedy jednat o částici ze stavebních prací či půdní částici.

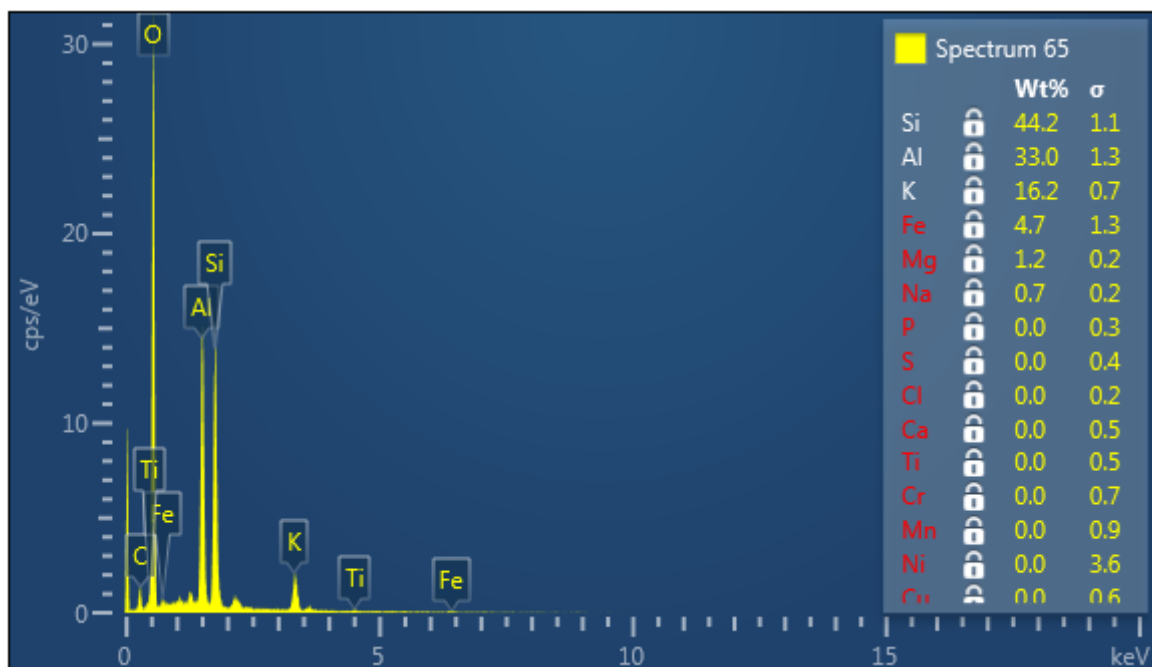


Obrázek 198 – spektrum 63.

Částice 64 a 65 obsahovaly vyšší podíl křemíku a hliníku a dále také draslík. Opět by se tedy mohlo jednat o živce, tedy půdní částice.

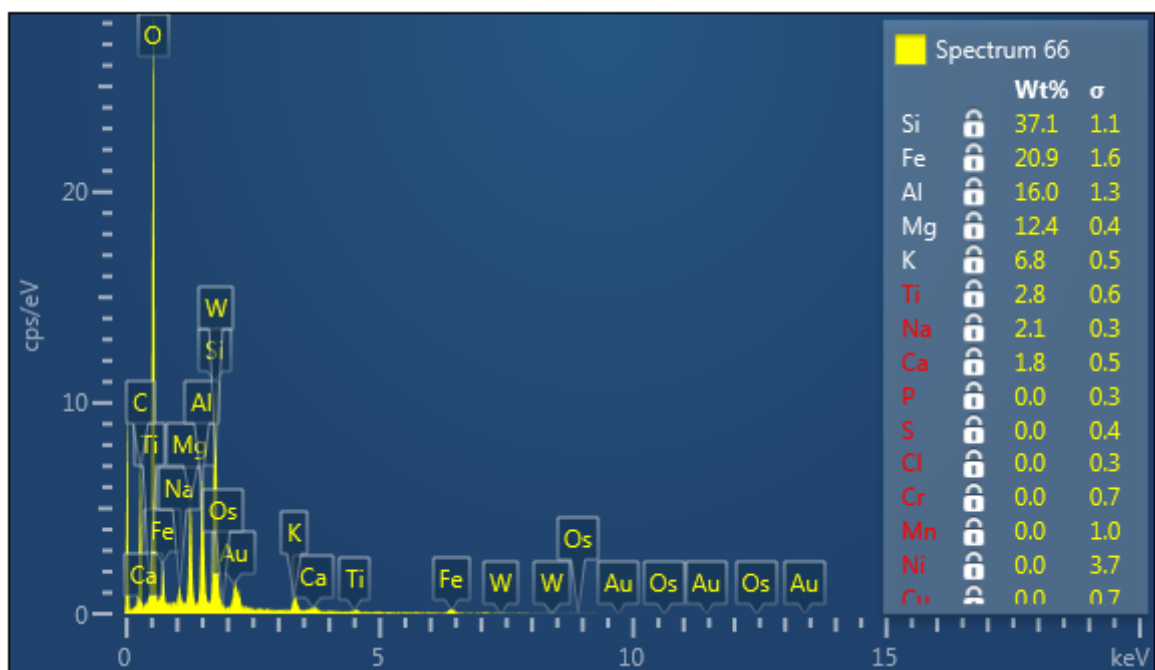


Obrázek 199 – spektrum 64.

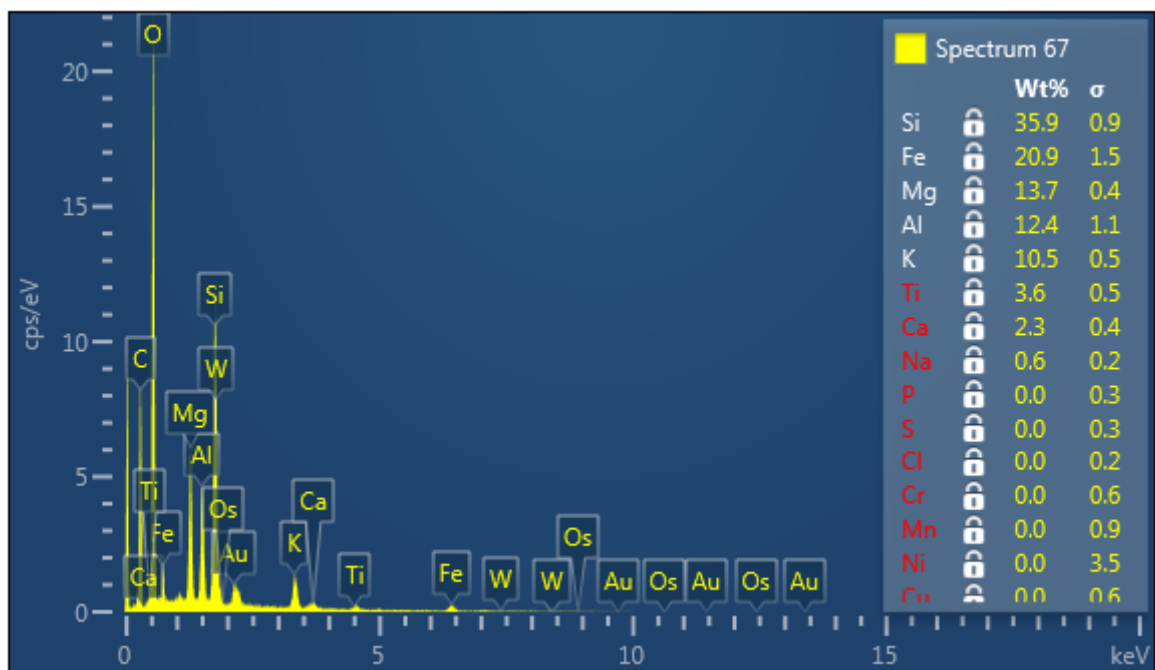


Obrázek 200 – spektrum 65.

Částice 66 a 67 obsahovaly vyšší podíl křemíku, ale také železa a dále hliník, hořčík a draslík. Železo může pocházet jak z antropogenních zdrojů, tak být součástí půd. Vzhledem ke kombinaci prvků se zde lze domnívat, že se jednalo spíše o půdní částici.

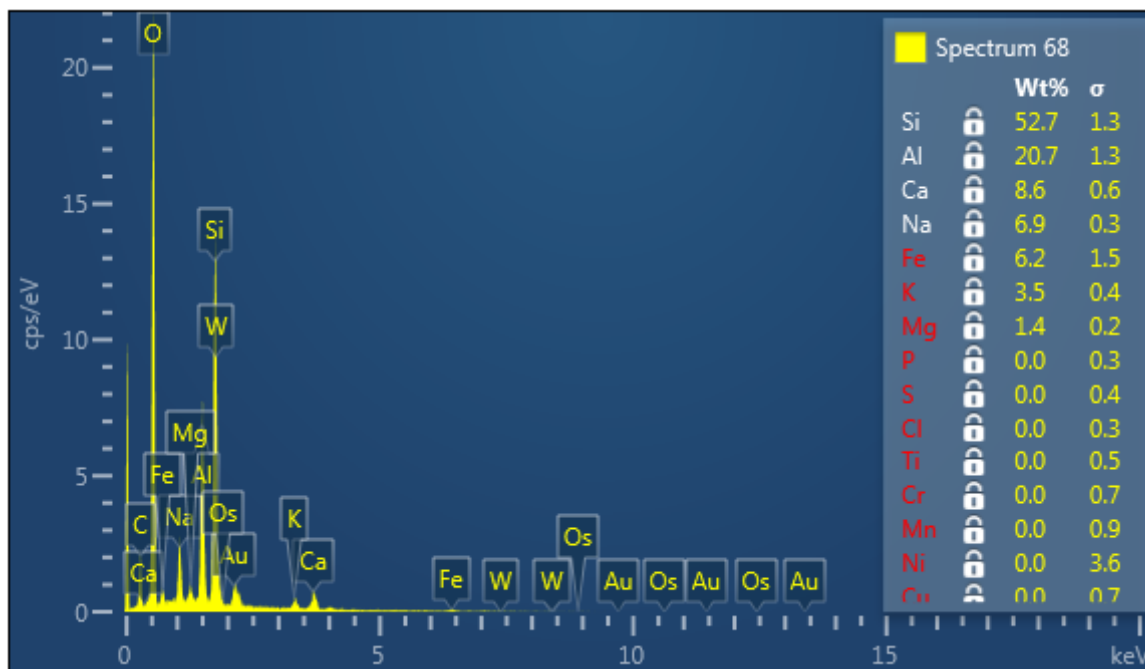


Obrázek 201 – spektrum 66.



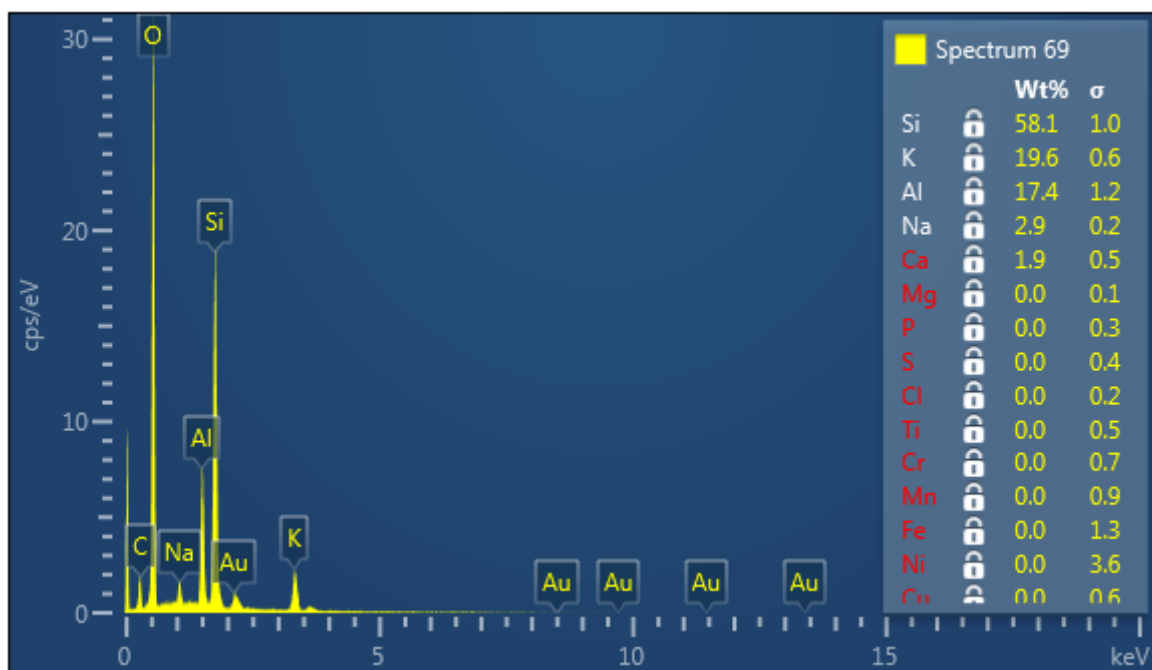
Obrázek 202 – spektrum 67.

Částice 68 obsahuje vysoký podíl křemíku a dále také hliník, vápník a sodík. Jednalo se tedy pravděpodobně o částici půdní nebo například částici cementu.



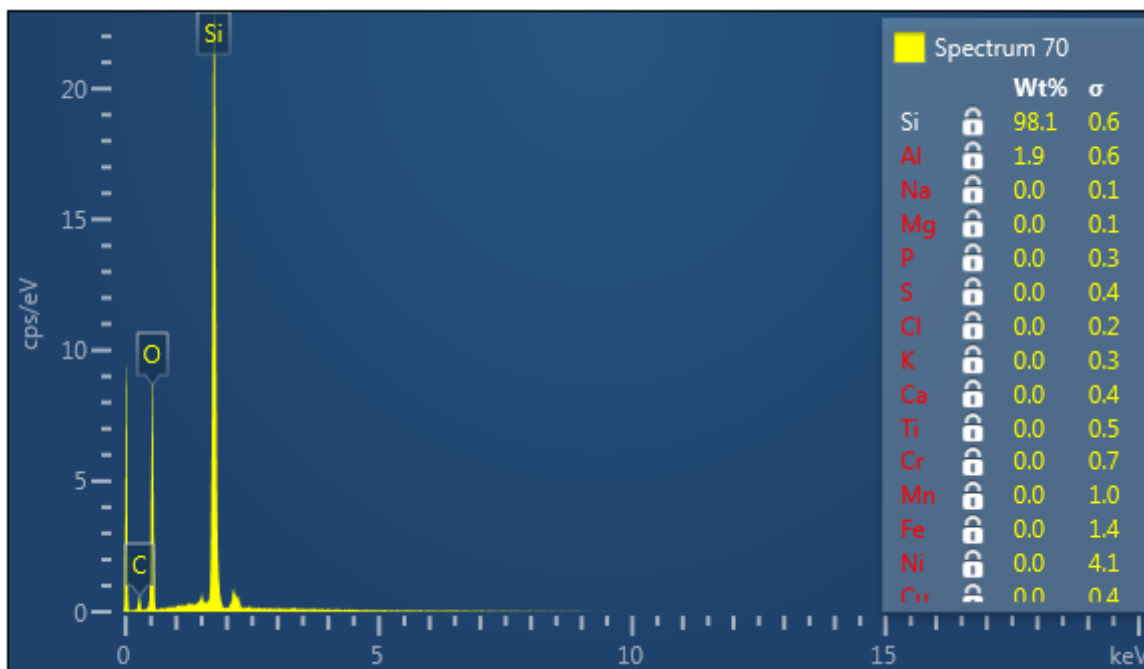
Obrázek 203 – spektrum 68.

Složení částice 69 je dosti podobné částici 68 a rovněž se jedná o prvky hojně zastoupené v půdách (křemík, draslík, hliník a sodík).



Obrázek 204 – spektrum 69.

Poslední hodnocená částice 70 obsahuje z analyzovaných prvků výhradně křemík a mohlo se tedy jednat o částici písku.



Obrázek 205 – spektrum 70.

Z výše uvedených manuálně analyzovaných částic a jejich spekter je vidět, že částice na silnici jsou v podstatě výhradně částicemi pocházejícími z půd či stavební činnosti (částice bohaté především na křemík, dalšími hojně zastoupenými prvky jsou hořčík, vápník, draslík a hliník).

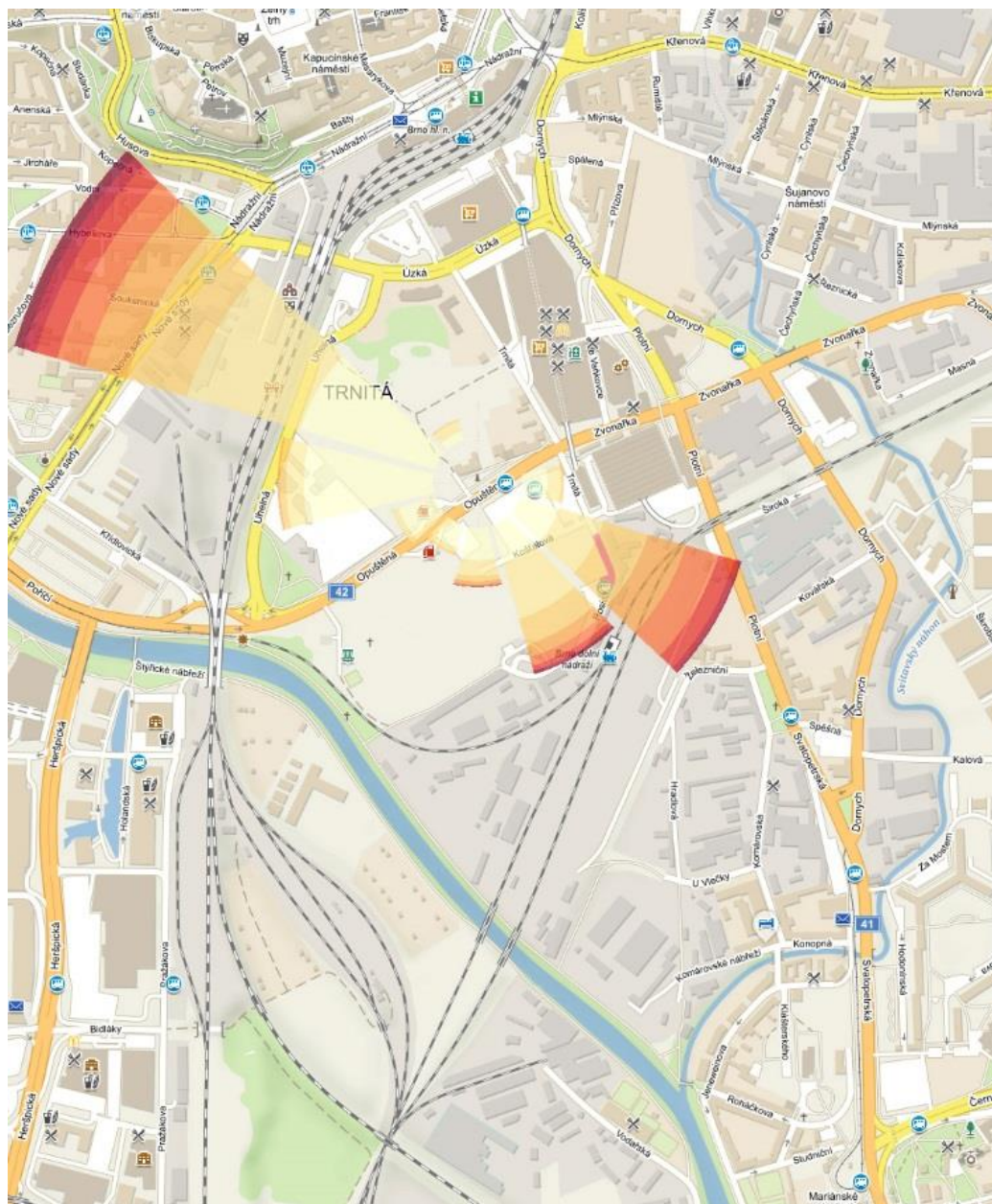
## SOUHRN



- automatická částicová analýza skenovacím elektronovým mikroskopem potvrdila **vysoký podíl částic obsahujících prvky** (křemík, vápník, hořčík, draslík, hliník) **typické pro půdy či stavební materiál** (písek, cement apod.)
- většina částic měla **nepravidelný tvar**, což svědčí o spíše mechanickém původu než vznikem během spalovacího procesu
- manuální částicová analýza na vzorku celkového prachu odebraném přímo z povrchu vozovky rovněž potvrdila přítomnost takřka výhradně částic půdy a stavebních materiálů nepravidelného tvaru. Tyto částice také svým složením a morfologií byly podobné většině částic, které byly nalezeny při odběru z ovzduší. Tam se tedy pravděpodobně dostávají jak přímo **prouděním větru, tak opakovaně resuspenzí** z vozovky.
- některé z částic odebraných vzorkováním ovzduší obsahovaly také vyšší obsah **železa**. Tyto částice však byly spíše nepravidelného tvaru a často v kombinaci s dalšími prvky typickými pro půdní částice, proto je pravděpodobnější, že nepocházely z průmyslové činnosti či dopravy, ale z přirozeně se vyskytujících zdrojů či půd, které sem mohly být dovezeny v souvislosti se stavební činností nebo mohly vzniknout při mechanické práci na stavbě.

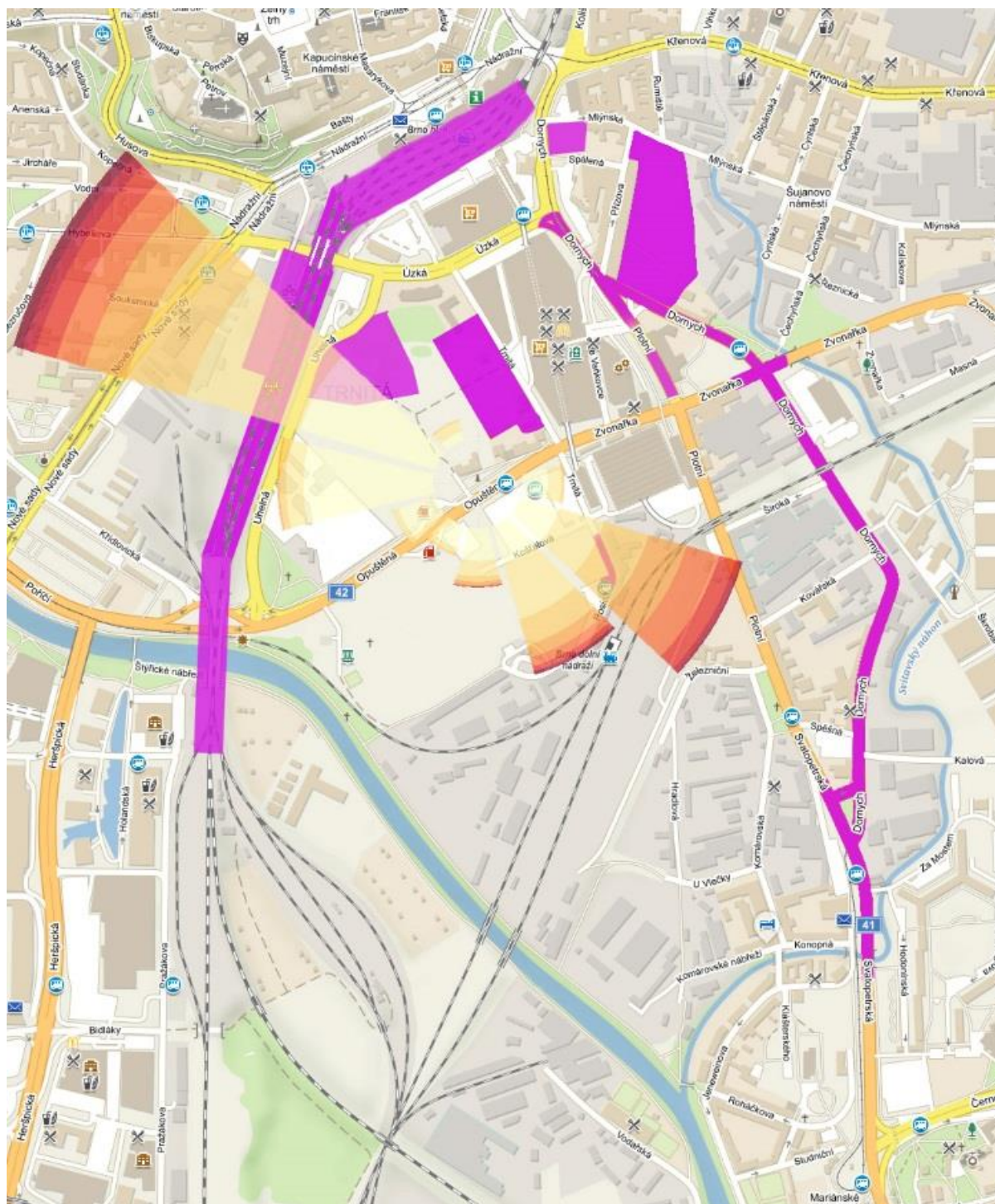
## VYHODNOCENÍ

Nejprve se podívejme na mapu, kterou je dále třeba srovnat s větrnou růžicí za období září 2018 až únor 2019. První mapa zobrazuje větrnou růžici prolnutou s výše uvedenou mapou, střed růžice tvoří místo umístění stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka. Z této mapy je tedy dobře patrné, z které strany nejčastěji foukalo a co se v tomto směru od stanice nachází.



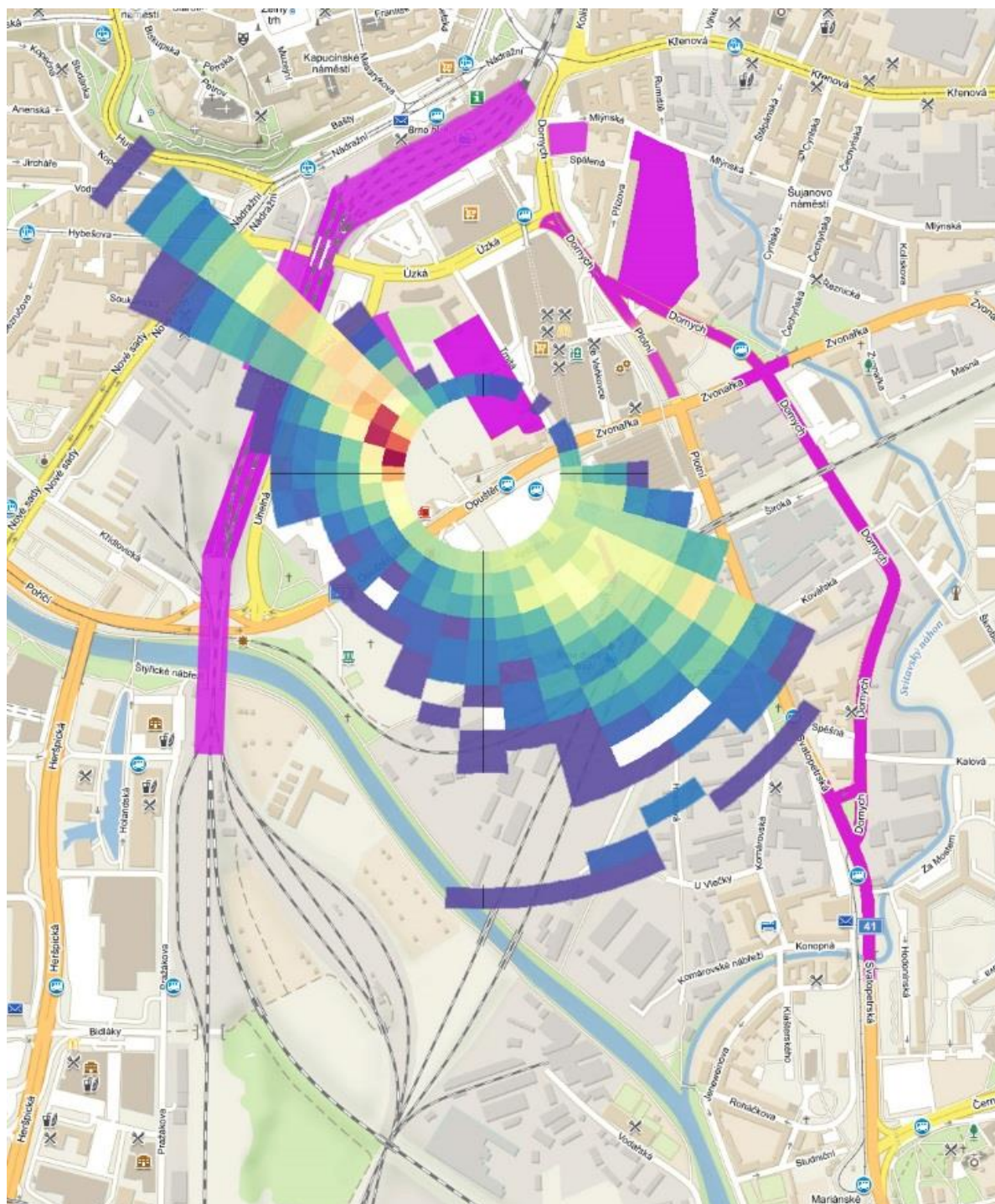
Obrázek 206 – mapa lokality umístění stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka s prolnutou větrnou růžicí zkonstruované z dat o směru a rychlosti větru ze stanice za období září 2018 až únor 2019. Střed větrné růžice odpovídá místu umístění stanice. Zdroj mapového podkladu: mapy.cz.

Totožnou mapu můžeme navíc spojit s lokalitami stavebních prací.



Obrázek 207 - mapa lokality umístění stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka s prolnutou větrnou růžicí zkonstruované z dat o směru a rychlosti větru ze stanice za období září 2018 až únor 2019. Střed větrné růžice odpovídá místu umístění stanice. Fialově vyšrafované oblasti jsou místa s intenzivní stavební činností. Zdroj mapového podkladu: mapy.cz.





Obrázek 208 - mapa lokality umístění stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka s prolnutou váženou koncentrační různicí  $PM_{10}$  zkonstruované z dat za období září 2018 až únor 2019. Střed větrné různice odpovídá místu umístění stanice. Fialově vyšrafované oblasti jsou místa s intenzivní stavební činností. Zdroj mapového podkladu: mapy.cz.

## METODY A PŘESNOST DAT

Na základě kontrolního gravimetrického stanovení a srovnání s okolními stanicemi se lze domnívat, že **naměřené koncentrace suspendovaných částic jsou správné**, byť pro 100% matematické vyhodnocení by bylo potřeba provést řádově vyšší počet kontrolních srovnání.

Zároveň bylo shledáno, že koncentrace NO a tudíž také z nich vypočítané koncentrace NO<sub>x</sub> jsou zkrácené a tyto hodnoty tedy nelze považovat za akurátní, proto nebyla tato data použita ani v tomto hodnocení.

## METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY

Rok 2018 se zapsal do historie jako zatím **nejteplejší rok**, co se týče teplotních průměrů pro území České republiky. Roční srážkový úhrn byl pro celou Českou republiku v průměru 517 mm, což znamená, že se jednalo o rok **srážkově silně podnormální** (76 % normálu, dlouhodobý průměr 1981-2010 v ČR je 686 mm). Stejně jako rok 2015 to byl rok hodnocený jako suchý a to jak z hlediska srážkových, tak odtokových poměrů.

Na stanici Brno-Zvonařka byl každý z šesti měsíců září 2018 až únor 2019 teplotně nadprůměrný. Nejvíce říjen 2018 (+2,92 °C nad průměrem 2008-2017), nejméně leden 2019 (+0,46°C nad průměrem 2008-2017).

Co se relativní vlhkosti vzduchu týče, byl naopak každý měsíc vlhkostně podprůměrný ve srovnání s desetiletým obdobím 2008-2017.

Průměrné měsíční **rychlosti větru byly průměrné** a dlouhodobě jsou na Zvonařce relativně nízké (v měsíčním průměru do 1,15 m/s). Pokud srovnáme větrné růžice z období září 2018 až únor 2019 a průměru z období září až únor 2008-2017 je patrné, že v šestiměsíčním období září 2018 až únor 2019 foukalo více ze **severozápadu**, než je obvyklé, naopak výrazně méně ze západu. Také jihovýchodní proudění bylo v září 2018 až únoru 2019 častější (cca 20 % vs. cca 16 %).

Jedním z doporučení je také **zvýšená intenzita kropení** a vlhčení materiálu při práci s ním (výrazně snižuje prašení do okolí). Vliv srážek na kvalitu ovzduší ilustruje níže uvedená tabulka. Přímou na stanici Brno-Zvonařka se srážky neměří, lze však vycházet z desetiminutových dat o srážkách z blízké meteorologické stanice Brno-Tuřany.

Výraznější srážkový úhrn byl zaznamenán například v ranních hodinách 14. září 2018. Zatímco o den dříve dostahovaly koncentrace PM<sub>10</sub> na stanici Zvonařka kolem 8 h ranní více než 100 µg/m<sup>3</sup>, o den později během a po dešti byly koncentrace v totožnou dobu a rovněž ve všední den pod 20 µg/m<sup>3</sup>. Podobně vypadala situace 3. září 2018, kdy přšlo během brzkých ranních hodin a koncentrace PM<sub>10</sub> během ranní špičky se rovněž pohybovaly pouze kolem 15 až 20 µg/m<sup>3</sup>. Ukázkou koncentrací během a po dešti v nepracovní den byl Štědrý den 2018, kdy od půlnoci až do přibližně 5 h ranní mrholilo. Koncentrace PM<sub>10</sub> se po zbytek dne pohybovaly pouze kolem 5 µg/m<sup>3</sup>.

## SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE

### ČÁSTICE PM<sub>10</sub>

Na základě naměřených dat lze říci, že **koncentrace PM<sub>10</sub> byly v období září 2018 až únor 2019 nadprůměrné** ve srovnání se shodným obdobím let 2008-2017. Nejvíce se nárůst projevil v únoru 2019, naopak v lednu 2019 byly koncentrace podprůměrné. Odchyly od desetiletého a pětiletého průměru ukazuje následující tabulka.

Tabulka 65 – průměrné měsíční koncentrace PM<sub>10</sub> v období září 2018 až únor 2019 ve srovnání s pětiletým průměrem (2013-2017) a desetiletým průměrem (2008-2017) a odchylka vyjádřená v absolutních číslech a procentuálně.

	průměr 2018	průměr 2008-2017	průměr 2013-2017	odchylka od průměru 2008-2017		odchylka od průměru 2013-2017	
září	27,80	23,00	24,54	+4,8	+20,87%	+3,26	+13,28%
říjen	43,93	33,33	33,21	+10,6	+31,80%	+10,72	+32,28%
listopad	45,53	39,13	37,15	+6,4	+16,36%	+8,38	+22,56%
prosinec	38,77	38,72	34,22	+0,05	+0,13%	+4,55	+13,30%
	<b>2019</b>						
leden	42,67	50,51	49,47	-7,84	-15,52%	-6,8	-13,75%
únor	62,46	47,51	44,99	+14,95	+31,47%	+17,47	+38,83%

V únoru 2019 byly koncentrace ve srovnání s průměrem za roky 2013-2017 o téměř 40 % vyšší. Také v říjnu 2018 to bylo o více než 30 %. K odchýlení od průměru došlo někdy na přelomu srpna a září.

Na grafu s celkovým chodem koncentrací PM<sub>10</sub> v období září 2018 až únor 2019 je vidět, že **absolutně nejvyšších hodnot bylo dosaženo koncem ledna** (628,2 µg/m<sup>3</sup>) a kolem 18. února. **Z celkových 181 dní, které v období září 2018 až únor 2019 bylo 98 (54,14%) nadprůměrných ve srovnání s průměrem pro daný kalendářní den od roku 2008. Navíc ve 42 případech bylo denní maximum vůbec nejvyšší koncentrací v daný kalendářní den kdy naměřenou** (tedy téměř čtvrtina dní v tomto období). Z toho vyplývá, že **ač měsíční průměry nebyly tak extrémní, nejvyšší denní špičky byly často velmi neobvykle vysoké.**

Nejvyšší denní průměrná koncentrace PM<sub>10</sub> v tomto sledovaném období byla 178,9 µg/m<sup>3</sup>, 19. února 2019. Jedná se o vůbec **nejvyšší kdy naměřený denní průměr pro PM<sub>10</sub>.**

Imisní limit jako takový se považuje za překročený, pokud dojde k více než 35 překročením za kalendářní rok. **V roce 2018 bylo překročení na stanici Brno-Zvonařka celkem 58**, tedy o více než 65 % více, než povoluje imisní limit. Navíc pouze během prvních dvou měsíců roku 2019 došlo k dalším 27 překročením a v době dokončení této zprávy (druhá půlka dubna) je již imisní limit překročen i pro rok 2019 (zatím 43 překročení). Je nutné konstatovat, že **tento imisní limit byl na Zvonařce překročen každý rok od roku 2008**, od kdy jsou dostupná data pro PM<sub>10</sub> v ročním průměru. Vůbec nejvíce překročení bylo zaznamenáno v roce 2010 a to 75. 58 překročení v roce 2018 je nejvíce od roku 2014. V zimním období jsou obecně koncentrace suspendovaných částic nejvyšší, vysoký počet překročení často souvisí s inverzním charakterem počasí, velmi nízkými teplotami a nízkými rychlostmi větru. V roce 2019 však do konce února nebyla v Jihomoravském kraji vyhlášena smogová situace ani jednou a přesto došlo k 27 překročením. Ke konci února 2019 patřila stanice Brno-Zvonařka jednoznačně k jedné ze stanic s vůbec nejvyššími koncentracemi PM<sub>10</sub> za první dva měsíce roku 2019 v České republice. Více překročení měla pouze stanice v Hranicích, kde však byla denní maximální koncentrace nižší.

Otázka nyní zní, co způsobilo tak významné zvýšení koncentrací PM<sub>10</sub> v poslední třetině roku 2018 a začátkem roku 2019? Důvodů je pravděpodobně více. Hlavním zdrojem PM<sub>10</sub> v České republice obecně je lokální vytápění. Šestiměsíční období září 2018 až únor 2019 však bylo teplotně nadprůměrné a navíc nebyly zaznamenány ani žádné periody s extrémně nízkými teplotami, které by mohly vést k výrazně intenzivnějšímu vytápění. Příčinu nelze hledat ani ve výrazně zhoršených rozptylových podmínkách. V září, říjnu, listopadu i prosinci 2018 a lednu 2019 byly rozptylové podmínky naopak lepší, než činí dlouhodobý průměr<sup>7</sup>. Vliv výše uvedených faktorů by se navíc projevil plošněji i na ostatních stanicích v blízkém okolí, což se nepotvrdilo. Je tedy nutné hledat lokální zdroj tohoto zvýšení.

Jednoznačně hlavní hypotézou bylo **zvýšení v důsledku intenzivní a rozsáhlé stavební činnosti v blízkém okolí**. Jak bylo popsáno v kapitole o stavební činnosti, v okruhu 1 km od stanice se nacházelo několik velmi rozsáhlých staveb, které zahrnují jak stavbu, rekonstrukci, tak demolic. Stavební činnost má na kvalitu ovzduší významný, negativní, vliv. Prach se šíří přímo ze staveb a stavebních činností do okolí, usazuje se například na silnicích, a pokud nejsou tyto čištěny, dochází k dalšímu rozvířování automobily, chodci atd. Kromě toho souvisí stavební práce například také se zvýšeným pohybem nákladních automobilů v okolí. Sekundárně pak většinou stavební práce znamenají například také omezení plynulosti dopravy, které vede sekundárně ke zvýšení emisí z dopravy. Vliv stavební činnosti byl podrobně popsán v kapitole výše. Na základě všech analýz lze říci, že **za zvýšenými koncentracemi**

---

<sup>7</sup> data za únor 2019 zatím nejsou k dispozici

**PM<sub>10</sub> na stanici Brno-Zvonařka může právě stavební činnost.** Potvrzen přinesla i částicová analýza skenovacím elektronovým mikroskopem, která potvrdila **vysoký podíl částic půdních, částic písku a částic, které složením odpovídají materiálům používaným ve stavebnictví**, například cementu.

Koncentrační růžice PM<sub>10</sub> z daného období jasně ukazují na **nejvyšší koncentrace při jihovýchodním proudění**. Jihovýchodně od stanice se nachází rušná dopravní komunikace, kudy projíždí nákladní vozy se stavebním materiálem, kde může docházet k **resuspenzi** pohybem automobilů, vzhledem k omezení dopravy se zde tvoří ve větší míře dopravní kolony. Anulární koncentrační růžice ukazuje nejvyšší koncentrace krátce po odpolední dopravní špičce a zvýšení rovněž v ranních hodinách, opět v korelaci s očekávaným chodem v důsledku dopravy.

**Čištění silnic a odstraňování prachu z jejich povrchu neprobíhá v takové míře, v jaké by bylo žádoucí.** To dokazují i následující snímky z povrchu vozovky v těsné blízkosti stanice pořízené v náhodný den v blízkém okolí.



Obrázek 209 – zaprášený povrch vozovky a chodníku v blízkém okolí stanice Brno-Zvonařka. Foto: Tomáš Helán, Krajský úřad Jihomoravského kraje.

Z denního chodu koncentrací PM<sub>10</sub> je vidět velmi výrazný nárůst těsně po ranní dopravní špičce, následně další pík po odpolední špičce, který však již není tak výrazný a je více rozložený v čase. Zároveň ze všech analýz dní v týdnu (tabulky, grafy, koncentrační růžice) jasně vyplývá, že jsou koncentrace výrazně **nižší o víkendu a rozdíl mezi víkendovým dnem a všedním dnem je vyšší, než je dlouhodobě v této lokalitě obvyklé**. Pravděpodobně jsou tyto nárůsty spojeny s vyšší intenzitou dopravy, její nižší

plynulostí, faktu, že většina stavebních prací probíhá v pracovní dny, dochází k intenzivnější resuspenzi, vyšší míře dopravních kolon, průjezdů nákladních automobilů apod. kolem stanice. V období září 2018 až únor 2019 byla koncentrace  $PM_{10}$  ve víkendový den v průměru 79,3 % průměrné koncentrace všedního dne. V pětiletém období září až únor 2013-2018 to bylo 94,6 % a v desetiletém průměru září až únor 2008-2017 to bylo 89,6 %.

Extrémně vysokou prašnost dobře ilustrují například následující fotky automobilů stojících na nedaleké ulici, které jsou zcela pokryté prachem.



Obrázek 210 – zaprášené automobily v ulici poblíž stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka. Foto: Tomáš Helán, Krajský úřad Jihomoravského kraje.

Z tabulky koncentrací  $PM_{10}$  v kapitole kontextu České republiky bylo patrné, že kromě stanice Brno-Zvonařka došlo k **významnému zhoršení také na další stanici a to opět v Brně, na stanici Brno-Úvoz (hot spot)**. Tato stanice je dopravní městskou stanicí v centru Brna u velmi frekventované křižovatky v kotlině husté zástavby. Koncentrace jsou zde dlouhodobě vyšší, avšak v období září 2018 až únor 2019 byly v kontextu České republiky výrazně horší, než v minulosti. Zmiňována je zde proto, že i vedle této stanice **probíhají intenzivní stavební práce v rámci rekonstrukce ulice Údolní**. To vedlo ke zhoršení stavu jak v důsledku stavby jako takové (stavební materiál v okolí, stavební činnost), tak v důsledku výrazně intenzivnější dopravy vzhledem k uzavírkám a zúžením v této oblasti. Příčinou výrazného zhoršení kvality ovzduší a to především koncentrací suspendovaných částic  $PM_{10}$  je zde rovněž jako na Zvonařce dáno stavebními pracemi.

## ČÁSTICE PM<sub>2,5</sub>

Hlavním zdrojem suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> v České republice je lokální vytápění. Tyto menší částice, s aerodynamickým průměrem do 2,5 μm, se spíše než mechanicky tvoří při nedokonalém spalování různými spalovacími procesy.

Z analýzy v kapitole o této velikostní frakci je vidět, že koncentrace PM<sub>2,5</sub> se v období září 2018 až únor 2019 pohybovaly spíše **pod dlouhodobým průměrem** u desetiletého průměru (2008-2017) a mírně nadprůměrně při srovnání s průměrem pětiletým (2013-2017). Následující tabulka je strukturálně shodná s výše uvedenou tabulkou pro suspendované částice PM<sub>10</sub> a ilustruje srovnání měsíčních průměrných koncentrací PM<sub>2,5</sub> za období září 2018 až únor 2019 v kontextu pětiletého a desetiletého průměru.

Tabulka 66 - průměrné měsíční koncentrace PM<sub>2,5</sub> v období září 2018 až únor 2019 ve srovnání s pětiletým průměrem (2013-2017) a desetiletým průměrem (2008-2017) a odchylka vyjádřená v absolutních číslech a procentuálně.

	průměr 2018	průměr 2008-2017	průměr 2013-2017	odchylka od průměru 2008-2017		odchylka od průměru 2013-2017	
září	15,04	15,82	15,11	-0,78	-4,93%	-0,07	-0,46%
říjen	25,23	26,75	24,77	-1,52	-5,68%	+0,46	+1,86%
listopad	33,71	32,93	29,81	+0,78	+2,37%	+3,9	+13,08%
prosinec	29,81	33,26	27,98	-3,45	-10,37%	+1,83	-6,54%
	<b>2019</b>						
leden	28,66	43,13	39,96	-14,47	-33,55%	-11,3	-28,28%
únor	35,81	38,75	34,65	-2,94	-7,59%	+1,16	+3,35%

Zcela nejvýraznější odchylkou od dlouhodobého průměru co se koncentrací PM<sub>2,5</sub> týče, byl v daném období měsíc leden 2019. Odchylka však byla v pozitivním směru – o více než 33 % nižší měsíční průměr ve srovnání s desetiletým průměrem a o více než 28 % méně, než je průměr z pětiletého období 2013-2017. Naopak nejvíce nadnormální byl měsíc únor 2019, kdy byly koncentrace ve srovnání s průměrem 2013-2017 o 3,35 % vyšší. To však je velmi významný rozdíl oproti odchylkám koncentrací PM<sub>10</sub>, které byly až o téměř 40 % vyšší.

**Stavební práce primárně produkují větší částice, které vznikají mechanicky.** Tento fakt koreluje s výrazným rozdílem mezi zvýšením koncentrací frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>. Z výše uvedeného je

vidět, že nárůst koncentrací částic PM<sub>10</sub> byl dán především nárůstem koncentrace částic o velikosti 2,5 až 10 µm.

Z celkového počtu 181 dní v období září 2018 až únor 2019 bylo 68 dní, kdy byly koncentrace vyšší, než je dlouhodobý průměr pro daný kalendářní den, tedy u více než 62 % dní byly koncentrace pod dlouhodobým průměrem pro daný kalendářní den. Pouze ve 12 případech (6,6 %) bylo denní maximum pro daný kalendářní den absolutním maximem naměřeným od roku 2008. To víceméně odpovídá počtu dní, u kterých by se statisticky toto dalo předpokládat.

V období září 2018 až únor 2019 byl poměr koncentrace PM<sub>2,5</sub> ve víkendový den 92,2 % průměrné koncentrace všedního dne. V pětiletém období září až únor 2013-2017 to bylo 94,4 % a v desetiletém průměru 2008-2017 94,3 %. I zde je tedy vidět téměř shodný stav s dlouhodobým průměrem, na rozdíl od rozdílů u PM<sub>10</sub>.

Roční průměrnou koncentraci PM<sub>2,5</sub> v roce 2018 bohužel vzhledem k nedostatečnému množství dat nelze stanovit, avšak lze předpokládat, že k překročení imisního limitu (25 µg/m<sup>3</sup>) nedošlo, jelikož průměr z 10 dostupných měsíců je 22,70 µg/m<sup>3</sup> a chybějící dva měsíce jsou měsíce červenec a srpen, kdy jsou koncentrace suspendovaných částic obecně nízké.

Maximální průměrná denní koncentrace PM<sub>2,5</sub> v období září 2018 až únor 2019 byla naměřena 22. ledna 2019 (90,03 µg/m<sup>3</sup>). V tento den však byla kvalita ovzduší velmi špatná plošně. V Moravskoslezském kraji byla v tu dobu vyhlášena regulace, ve Zlínském kraji smogová situace a v celém Jihomoravském kraji a Aglomeraci Brno byly koncentrace na prahu vyhlášení smogové situace. Zvýšené koncentrace znečišťujících látek byly dány kombinací velmi nízkých teplot, horších rozptylových podmínek a dálkovým transportem ze severovýchodu. Nejednalo se tedy o nějaký lokální zdroj poblíž stanice.





Obrázek 211 – víření prachu (resuspenze) za rozjíždějícím se autobusem u stanice Brno-Zvonařka. Foto: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno.

## ČÁSTICE PM<sub>1</sub>

V případě koncentrací suspendovaných částic frakce PM<sub>1</sub> lze **situaci v období září 2018 až únor 2019 v kontextu předešlých let označit za dobrou**. Následující tabulka ukazuje srovnání koncentrací v toto období s pěti- a desetiletým průměrem.

Tabulka 67 - průměrné měsíční koncentrace  $PM_{10}$  v období září 2018 až únor 2019 ve srovnání s pětiletým průměrem (2013-2017) a desetiletým průměrem (2008-2017) a odchylka vyjádřená v absolutních číslech a procentuálně.

	průměr 2018	průměr 2008-2017	průměr 2013-2017	odchylka od průměru 2008-2017		odchylka od průměru 2013-2017	
září	12,48	13,84	12,87	-1,36	-9,83%	-0,39	-3,03%
říjen	21,02	24,51	22,40	-3,49	-14,24%	-1,38	-6,16%
listopad	30,17	30,33	27,28	-0,16	-0,53%	+2,89	+10,59%
prosinec	27,07	30,76	25,68	-3,69	-12,00%	+1,39	+5,41%
	<b>2019</b>						
leden	25,38	39,76	36,70	-14,38	-36,17%	-11,32	-30,84%
únor	30,78	35,61	31,71	-4,83	-13,56%	-0,93	-2,93%

Nejvyšší záporná odchylka měsíčního průměru byla pozorována v lednu 2019, kdy byly koncentrace o více než 36 % nižší, než je desetiletý průměr 2008-2017 a o více než 30 % nižší, než je pětiletý průměr 2013-2017. Naopak nejvyšší kladná odchylka byla pozorována v listopadu 2018, kdy byly koncentrace  $PM_{10}$  o 10,6 % vyšší, než je pětiletý průměr, avšak stále o 0,5 % nižší, než je průměr desetiletý. Celkový průměr za dané období byl  $24,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , průměr září až únor 2013-2017 je  $26,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a desetiletý průměr období 2008-2017 má průměr  $29,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Na základě koncentračních růžic lze říci, že nejvyšší koncentrace  $PM_{10}$  jsou měřeny při **jihovýchodním proudění**, pravděpodobně tedy souvisí primárně s okolní intenzivní dopravou. Růžice za období září 2018 až únor 2019 se v tomto směru nijak neliší od dlouhodobé koncentrační růžice za těchto šest měsíců.

Denní chod koncentrací  $PM_{10}$  se v období zájmu rovněž nelišil od dlouhodobého průměru s výraznějším nárůstem v dopoledních hodinách, propadem po ranní dopravní špičce a následně opět nárůstem ve večerních hodinách.



Obrázek 212 – stavební práce v ulici Dornych, 600 m od stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka. Foto: Tomáš Helán, Krajský úřad Jihomoravského kraje.

## POMĚRY FRAKČÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC

Výše uvedené závěry nejlépe ilustrují změny v poměru mezi jednotlivými frakcemi suspendovaných částic za období září 2018 až únor 2019. Zcela jednoznačně nejvíce se změnil poměr  $PM_{2,5}/PM_{10}$  a  $PM_1/PM_{10}$ . Nejvíce pak v listopadu a prosinci 2018, kdy byl **průměr  $PM_{2,5}/PM_{10}$  o 30 % nižší, než je běžné**, tedy bylo v ovzduší **výrazně více větších částic**, než je dlouhodobý stav. Během dní s extrémně vysokými koncentracemi  $PM_{10}$ , které se vyskytly například 19. února 2019, klesl poměr  $PM_{2,5}/PM_{10}$  až na 0,57. Naopak kolem 22. ledna, kdy byly koncentrace rovněž vysoké, ale tentokrát plošně v celé východní části republiky, zůstal poměr  $PM_{2,5}/PM_{10}$  na hodnotě kolem 0,80. To dobře ilustruje odlišné zdroje znečištění v obou případech. Z analýzy dále vyplynulo, že se poměr **změnil především ve všední dny**. To vše podporuje předpoklad, že zvýšení koncentrací  $PM_{10}$  **souvisí se stavebními pracemi v okolí**, a to jak přímo, tak například jejich dopadem na dopravní situaci.

## OXID DUSIČITÝ

Hlavním zdrojem oxidů dusíku (souhrnně oxidu dusnatý a oxid dusičitý) je doprava a dále veřejná energetika a výroba tepla. Vzhledem k výše popsaným problémům s kvalitou dat koncentrací NO (a tudíž také NO<sub>x</sub>) jsou do hodnocení zahrnuty pouze koncentrace NO<sub>2</sub>.

Srovnání koncentrací NO<sub>2</sub> v období září 2018 až únor 2019 s dlouhodobým stavem ukazuje následující tabulka měsíčních průměrů.

Tabulka 68 - průměrné měsíční koncentrace NO<sub>2</sub> v období září 2018 až únor 2019 ve srovnání s pětiletým průměrem (2013-2017) a desetiletým průměrem (2008-2017) a odchylka vyjádřená v absolutních číslech a procentuálně.

	průměr 2018	průměr 2008-2017	průměr 2013-2017	odchylka od průměru 2008-2017		odchylka od průměru 2013-2017	
září	30,84	32,77	29,59	-1,93	-5,89%	+1,25	+4,22%
říjen	42,29	36,34	33,95	+5,95	+16,37%	+8,34	+24,57%
listopad	35,66	38,99	36,76	-3,33	-8,54%	-1,10	-2,99%
prosinec	31,45	39,50	35,95	-8,05	-20,38%	-4,50	-12,52%
	<b>2019</b>						
leden	41,59	44,71	44,51	-3,12	-6,98%	-2,92	-6,56%
únor	47,41	44,21	43,05	+3,20	+7,24%	+4,36	+10,13%

Z tabulky je vidět, že výrazněji (>10%) se od průměru odlišovaly pouze měsíce říjen a prosinec 2018. V říjnu byly koncentrace o téměř 25 % vyšší, než je pětiletý průměr, v prosinci naopak o více než 20 % nižší, než je průměr desetiletý. Celkový průměr koncentrace NO<sub>2</sub> za období září 2018 až únor 2019 byl 38,21 µg/m<sup>3</sup>, průměr za toto šestiměsíční období za roky 2013-2017 je 37,30 µg/m<sup>3</sup>, za desetiletí 2008-2017 je to 39,42 µg/m<sup>3</sup>. Lze tedy říci, že bylo období jako celek po stránce koncentrací oxidu dusičitého **průměrné**.

Maximální průměrná denní koncentrace NO<sub>2</sub> byla v období září 2018 až únor 2019 naměřena 28. a 29. ledna 2019 (88,38, respektive 88.60 µg/m<sup>3</sup>). Z celkového počtu 181 dní byla v 79 dnech koncentrace NO<sub>2</sub> nad průměrem pro daný kalendářní den (43,65 % případů). Absolutní maximum pro daný kalendářní den bylo pozorováno v 16 případech (8,84 % dní).

**K překročení hodinového imisního limitu (200 µg/m<sup>3</sup>) nedošlo ani jednou.** Roční imisní limit pro NO<sub>2</sub> (40 µg/m<sup>3</sup>) v roce 2018 překročen také nebyl (průměrná roční koncentrace byla 32,24 µg/m<sup>3</sup>).

Z koncentračních růžic je patrné, že nejvyšší jsou koncentrace NO<sub>2</sub> při nízkých rychlostech větru a jihovýchodním proudění. Denní chod vykazuje dvě jasné špičky korelující s dopravní špičkou (ráno a odpoledne). O víkendu jsou koncentrace v průměru výrazně nižší. Chod koncentrací NO<sub>2</sub> v období září 2018 až únor 2019 se neodlišuje od dlouhodobého chodu této znečišťující látky na této stanici.



Obrázek 213 – rozestavěné plochy přiléhající k budově Městského úřadu Šlapanice (běžová budova v pozadí). Z druhé strany budovy je umístěna stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka, 3. března 2019. Foto: Jáchym Brzezina, ČHMÚ Brno.

## EMISNÍ ZDROJE

Tak jako všechny emisní zdroje lze také zdroje poblíž stanice Brno-Zvonařka rozdělit na stacionární a mobilní. Stacionární zdroje pak lze dále dělit na dočasné a dlouhodobé. Jako dočasné můžeme označit stavební práce, které momentálně v okolí stanice probíhají, byť jsou to většinou stavby rozsáhlejšího charakteru a trvající v řádu měsíců či dokonce let.

**Přesně kvantifikovat podíl znečištění ze stavebních prací je v podstatě nemožné.** V současné době probíhají stavební práce zejména na jihozápad, západ, severozápad, sever, severovýchod, východ a jihovýchod od stanice. Některé ze stavebních činností jsou dlouhodobého charakteru, jiné (například demolice budov) jsou krátkodobé a mohou vést ke krátkodobým extrémním nárůstům koncentrací, zejména suspendovaných částic  $PM_{10}$ .

Se stavebními pracemi navíc druhotně souvisí i potenciální **nárůst emisí z dopravy**, ať už v důsledku vyšší tvorby dopravních kolon v důsledku dopravních omezení, tak například průjezdů

nákladních automobilů na stavbu. Významným zdrojem je tzv. **resuspenze**, tedy víření již jednou usazených částic na povrchu vozidla, chodci atd. **Čištění silnic** je v tomto směru důležité stejně jako **přikrývání potenciálních zdrojů** (hromad stavební suti, korby nákladního vozidla atd.). Z fotografického materiálu, který je součástí této zprávy stejně jako na základě objektivní návštěvy autora zprávy na stanici lze konstatovat, že tyto **činnosti neprobíhají tak často a v takové míře, jako by bylo potřeba**.

Nejvýznamnějším zdrojem tuhých znečišťujících látek v Aglomeraci Brno je provoz Eligo a. s. (výrobce a prodejce sušených mléčných výrobků). Tato provozovna se nachází 2,38 km jihovýchodně od stanice. Z deseti nejvýznamnějších zdrojů TZL v Aglomeraci Brno je stanici nejbližší slévárna UXA spol. s. r. o., lokalizovaná 510 m jihovýchodně od stanice. Z dalších významnějších stacionárních zdrojů TZL v okolí můžeme jmenovat slévárnu Feramo Metallum International s. r. o. (1,1 km jižně od stanice) a výrobce betonu a betonových směsí STAPPA mix Brno spol. s. r. o. (1,25 km jihozápadně od stanice). Nejvýznamnějším stacionárním bodovým zdrojem NO<sub>2</sub> v okolí je objekt tepláren Brno, provoz Špitálka (1,38 km severovýchodně od stanice Brno-Zvonařka).

Mobilními zdroji v okolí jsou především silniční doprava na přilehlých a blízkých dopravních komunikacích, ale do určité míry také železniční doprava z nedalekých nádraží a kolejí. U silniční dopravy jsou to nejen osobní automobily, ale například také autobusy (přímo vedle stanice stojí Ústřední autobusové nádraží Brno-Zvonařka) či nákladní automobily, jak ty co zde projíždějí běžně, tak nákladní automobily přijíždějící z důvodu okolních stavebních prací. V důsledku oprav hlavního nádraží byla přesměrována část provozu na blízké Dolní nádraží, kam teď rovněž zajíždí autobusy městské hromadné dopravy, projíždějící po křižovatce přímo u stanice<sup>8</sup>.

## DOPORUČENÍ A ZÁVĚR

**Kvalita ovzduší na dříve dopravní a nyní průmyslové stanici Brno-Zvonařka je dlouhodobě zhoršená a imisní limit pro 24h koncentraci suspendovaných částic PM<sub>10</sub> je zde překračován každý rok od roku 2008**, kdy bylo měření částic PM<sub>10</sub> na této stanici zahájeno. Navíc byl již v tuto chvíli v dubnu roční imisní limit překročen pro rok 2019, jelikož jen během prvních dvou měsíců roku byl povolený počet překročení vyčerpán z více než 75 % a ke konci dubna bylo překročení již 43.

**Přibližně od září 2018 došlo k výraznějšímu zhoršení situace. Zvýšily se zejména koncentrace suspendovaných částic frakce PM<sub>10</sub>, u frakcí PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> nárůst pozorován nebyl, stejně jako u NO<sub>2</sub>.**

---

<sup>8</sup> některé z autobusů Dopravního podniku města Brna jezdí na plynový pohon, což je z hlediska kvality ovzduší velmi pozitivní fakt. Celkově však také přispívají k narušení plynulosti dopravy ve srovnání s běžným stavem bez stavebních prací.

**V maximálních hodinových průměrech dosáhla koncentrace PM<sub>10</sub> i více než 500 µg/m<sup>3</sup>.** Takovéto nárůsty nebyly pozorovány na žádné z okolních dopravních stanic a jsou lokálního charakteru.

Na základě vyhodnocení v této zprávě je jisté, že za zvýšenými koncentracemi PM<sub>10</sub> v dané lokalitě stojí **stavební práce a činnosti a veškeré s nimi spojené změny v okolí** – tedy například snížení plynulosti dopravy, průjezdy nákladních automobilů na stavbu, vyšší míra resuspenze prachu na silnici atd.

Standardní dopravní zátěž na hlavní komunikaci u stanice (ulice Opuštěná) je přibližně 43 tisíc vozidel denně, s průměrnou rychlostí dopravního proudu 40 km/h. V současné době však může být zátěž vzhledem k faktu, že se částečně jedná o objízdnu trasu a že zde projíždí i nákladní vozy v souvislosti se stavbou, větší. Navíc i průměrná rychlost dopravního proudu je pravděpodobně v důsledku tvorby dopravních kolon nižší.

Tomuto závěru nasvědčuje několik faktů:

- **Došlo ke zvýšení koncentrací prakticky pouze větších částic**, které vznikají především mechanicky (výrazně se snížil poměr PM<sub>2,5</sub>/PM<sub>10</sub>).
- **Během daného období byly meteorologické a rozptylové podmínky lepší, než je obvyklé, proto za zvýšením nemůže stát zhoršená rozptylová situace** nebo například intenzivnější vytápění.
- Zvýšené koncentrace PM<sub>10</sub> byly pozorovány **zejména ve všední dny**, méně pak o víkendy.
- V místě je momentálně kvůli stavebním pracím několik dopravních omezení a zúžení, které **snižují plynulost dopravy**.
- **Dopravní komunikace v okolí, včetně chodníků, jsou viditelně pokryté prachem**. Analýza částic mikroskopem potvrdila, že částice odebrané přímo z vozovky se velmi podobají či jsou složením shodné s částicemi nalezenými ve vzorku ovzduší.
- Není známo, že by se koncem roku 2018 v okolí stanice zřídil jakýkoliv další významný zdroj znečišťování ovzduší.

**Zcela zabránit vyšší míře znečišťování ovzduší během stavebních prací a s nimi spojených činností je nereálné. Přesto lze podniknout některé kroky, které mohou přispět k co největšímu potlačení negativních dopadů staveb na okolní ovzduší.** Konkrétní body byly popsány v kapitole Stavební práce. Významný je například **úklid vozovek** (omezuje resuspenzi), **kropení** (vliv vlhkého prostředí na kvalitu ovzduší byl ilustrován na začátku této kapitoly v sekci Meteorologické podmínky),



**přikrývání** stacionárního a převážného stavebního materiálu či **plánování staveb** tak, aby nedocházelo k souběhu příliš vysokého počtu stavebních činností ve stejné lokalitě ve shodný čas.

Dále na základě rozsahu stavebních činností v okolí a na základě jejich časového harmonogramu a délky bylo **doporučeno a realizováno dočasné překlasifikování dopravní stanice imisního monitoringu Brno-Zvonařka na stanici kategorie „průmyslová“, jelikož tato klasifikace lépe vystihuje aktuální lokalitu umístění.**

Ačkoliv tedy bylo jasně zjištěno, že za zhoršenou situací a výrazně zvýšenými koncentracemi PM<sub>10</sub> stojí rozsáhlé stavební práce v okolí, **zjistit která přesně stavba v jaký čas způsobila jakou míru znečištění není možné.**

## REFERENCE

Akbar-Khanzadeh, F. and Brillhart, R.L., 2002. Respirable crystalline silica dust exposure during concrete finishing (grinding) using hand-held grinders in the construction industry. *Annals of Occupational Hygiene*, 46(3), pp.341-346.

Anderson, R.S. and Anderson, S.P., 2010. *Geomorphology: the mechanics and chemistry of landscapes*. Cambridge University Press.

Ault, A.P., Peters, T.M., Sawvel, E.J., Casuccio, G.S., Willis, R.D., Norris, G.A. and Grassian, V.H., 2012. Single-particle SEM-EDX analysis of iron-containing coarse particulate matter in an urban environment: sources and distribution of iron within Cleveland, Ohio. *Environmental science & technology*, 46(8), pp.4331-4339.

Azarmi F, Koumar P, Marsh D, Fuller G. Assessment of the long-term impacts of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> particles from construction works on surrounding areas. *Environmental Science: Processes & Impacts*. 2016;18(2):208-21.

Ergin M, Caliskanturk M, Senat A, Akturk O, Erel O. *Disulfide stress in carbon monoxide poisoning. Clinical biochemistry*. 2016 Nov 1;49(16-17):1243-7.

Font, A., Baker, T., Mudway, I.S., Purdie, E., Dunster, C. and Fuller, G.W., 2014. Degradation in urban air quality from construction activity and increased traffic arising from a road widening scheme. *Science of the Total Environment*, 497, pp.123-132.

Harsha, N., Umadevi, B. and Naik, S.M., 2018. On-Site Investigation on Deviations of Pollutants Before, During & After Demolition of a Residential Building. *IMPACT OF GLOBAL ATMOSPHERIC CHANGES ON NATURAL RESOURCES*.

Hetem IG, Andrade MD. *Characterization of fine particulate matter emitted from the resuspension of road and pavement dust in the metropolitan area of São Paulo, Brazil*. *Atmosphere*. 2016 Feb 23;7(3):31.

Koumar S. *Acid Rain-The Major Cause of Pollution: Its Causes, Effects*. International Journal of Applied Chemistry. 2017;13(1):53-8.

Koumar, P., Mulheron, M. and Som, C., 2012. Release of ultrafine particles from three simulated building processes. *Journal of Nanoparticle Research*, 14(4), p.771.

Rappaport, S.M., Goldberg, M., Susi, P.A.M. and Herrick, R.F., 2003. Excessive exposure to silica in the US construction industry. *Annals of Occupational Hygiene*, 47(2), pp.111-122.

Rose JJ, Wang L, Azarov I, Xu Q, Huang XN, Corey CG, Guimaraes D, McTiernan CF, O'Donnell CP, Tejero J, Shiva S. *Reversal Of The Toxic Effects Of Carbon Monoxide (CO) Poisoning On Tissue Respiration Through A Co Scavenging Molecule*. InB80-A. MECHANISMS AND MODELS OF ACUTE LUNG INJURY 2017 May (pp. A4394-A4394). American Thoracic Society.

Schoepfer, J. and Maji, A., 2009. An investigation into the effect of silicon dioxide particle size on the strength of concrete. *Special Publication*, 267, pp.45-58.

Sommer, M., Kaczorek, D., Kuzyakov, Y. and Breuer, J., 2006. Silicon pools and fluxes in soils and landscapes—a review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 169(3), pp.310-329

SZÚ; *Zdravotní důsledky a rizika znečištění, Odborná zpráva za rok 2015*, Státní zdravotní ústav, Praha, září 2016

Trasande L, Malecha P, Attina TM. *Particulate matter exposure and preterm birth: estimates of US attributable burden and economic costs*. *Environmental health perspectives*. 2016 Dec;124(12):1913.

Vierkötter A, Krutmann J, Schikowski T. 9.1 *Ambient Particulate Matter and Its Health Effects*. *Environment and Skin*. 2017 Nov 20:105.

Wagner, A.C., Bergen, A., Brilke, S., Bühner, B., Ebert, M., Haunold, W., Heinritzi, M., Herzog, S., Jacobi, S., Kürten, A. and Piel, F., 2017. Characterization of aerosol particles produced by a skyscraper demolition by blasting. *Journal of Aerosol Science*, 112, pp.11-18.

WHO, 2016; *Air Quality Guidelines, Global Update 2005*; World Health Organization, 2006

Willis, R., Blanchard, F., Conner, T., 2002. Guidelines for the application of SEM/EDX analytical techniques to particulate matter samples. EPA Report No. 600/R-02/070.

Xie, R.K., Seip, H.M., Leinum, J.R., Winje, T. and Xiao, J.S., 2005. Chemical characterization of individual particles (PM<sub>10</sub>) from ambient air in Guiyang City, China. *Science of the total environment*, 343(1-3), pp.261-272.

## METODIKA VYHODNOCENÍ

Při vypracovávání této zprávy byly využity následující počítačové programy a moduly:

- Microsoft Word 2016
- Microsoft Excel 2016
- R x64 3.4.4
- RStudio 1.1.442
  - modul Openair
  - modul Lubridate
  - modul Tidyverse
- Highcharts 5.0
- Highstock 5.0
- Visual Studio Code 1.30.2
- Adobe Photoshop CS5
- AZtec 4
- Airity 10.0

## SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1 – STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA.....	7
OBRÁZEK 2 - SILNIČNÍ MAPA OKOLÍ STANICE. POLOHA STANICE JE VYZNAČENA ČERVENÝM BODEM. ZDROJ: GOOGLE MAPS.....	8
OBRÁZEK 3 - FOTOGRAFICKÁ MAPA OKOLÍ STANICE. POLOHA STANICE JE VYZNAČENA BÍLE OHRANIČENÝM ČERVENÝM BODEM. ŽLUTĚ JE ZVÝRAZNĚN AREÁL NÁKUPNÍ GALERIE, ZELENĚ BRNO HLAVNÍ NÁDRAŽÍ, MODŘE AUTOBUSOVÉ NÁDRAŽÍ A ORANŽOVĚ PARKOVIŠTĚ. FIALOVĚ JE VYŠRAFOVÁNA BUDOVA ŠLAPANICKÉHO MĚSTSKÉHO ÚŘADU. ZDROJ: GOOGLE MAPS .....	9
OBRÁZEK 4 – STAVEBNÍ PRÁCE NA KŘIŽOVATCE ZVONAŘKA-DORNYCH, 18. ZÁŘÍ 2018, 18:49. VZDÁLENOST OD STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA 440 M. FOTO: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO.....	14
OBRÁZEK 5 – MAPA OBLASTI STAVEBNÍCH PRACÍ SOUVISEJÍCÍCH S PROJEKTEM TRAMVAJ PLOTNÍ. OBLASTI S HLAVNÍMI STAVEBNÍMI PRACEMI JSOU ZVÝRAZNĚNY FIALOVĚ. ČERVENÝ BOD ZNAČÍ UMÍSTĚNÍ STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ZDROJ: MAPY.CZ.....	15
OBRÁZEK 6 - MAPA OBLASTI STAVEBNÍCH PRACÍ SOUVISEJÍCÍCH S PROJEKTEM PALÁC TRNITÁ. OBLASTI S DEMOLIČNÍMI A STAVEBNÍMI PRACEMI JSOU ZVÝRAZNĚNY FIALOVĚ. ČERVENÝ BOD ZNAČÍ UMÍSTĚNÍ STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ZDROJ: MAPY.CZ.....	16
OBRÁZEK 7 – DEMOLICE BUDOVY V ULICI TRNITÁ V SOUVISLOSTI S PŘÍPRAVOU NA STAVBU PALÁCE TRNITÁ. 3. BŘEZNA 2019, 11:10. 105 M VZDUŠNOU ČAROU OD STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA, KTERÁ JE V ZÁSTINU BUDOVY MĚSTSKÉHO ÚŘADU ŠLAPANICE. FOTO: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO. ....	16
OBRÁZEK 8 - MAPA OBLASTI STAVEBNÍCH PRACÍ SOUVISEJÍCÍCH S PROJEKTEM VLNĚNÁ OFFICE PARK. OBLASTI S DEMOLIČNÍMI A STAVEBNÍMI PRACEMI JSOU ZVÝRAZNĚNY FIALOVĚ. ČERVENÝ BOD ZNAČÍ UMÍSTĚNÍ STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ZDROJ: MAPY.CZ .....	17
OBRÁZEK 9 – ROZESTAVĚNÝ KOMPLEX VLNĚNÁ OFFICE PARK, 29. PROSINCE 2018, 11:30. VZDÁLENOST OD STANICE BRNO-ZVONAŘKA 450 M. FOTO: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO.....	17
OBRÁZEK 10 - MAPA OBLASTI STAVEBNÍCH PRACÍ SOUVISEJÍCÍCH S REKONSTRUKCÍ HLAVNÍHO NÁDRAŽÍ BRNO. OBLASTI S DEMOLIČNÍMI A STAVEBNÍMI PRACEMI JSOU ZVÝRAZNĚNY FIALOVĚ. ČERVENÝ BOD ZNAČÍ UMÍSTĚNÍ STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ZDROJ: MAPY.CZ.....	18
OBRÁZEK 11 – STAVEBNÍ PRÁCE NA HLAVNÍM NÁDRAŽÍ BRNO, 490 M OD STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA, 9. BŘEZNA 2019, 11:00. FOTO: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO. ....	19
OBRÁZEK 12 – REKONSTRUKCE ŽELEZNIČNÍHO MOSTU PŘES ULICI OPUŠTĚNÁ A KŘÍDLOVICKÁ, 9. BŘEZNA 2019, 12:00, 690 M OD STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA. FOTO: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO. ....	19
OBRÁZEK 13 - MAPA OBLASTI DEPONIE ZEMIN U ULICE UHELNÁ. OBLAST JE ZVÝRAZNĚNA FIALOVĚ. ČERVENÝ BOD ZNAČÍ UMÍSTĚNÍ STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ZDROJ: MAPY.CZ.....	20
OBRÁZEK 14 – DEPONIE ZEMIN PŘI ULICI UHELNÁ V BRNĚ, 9. BŘEZNA 2019, 12:30. 270 M OD STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA. FOTO: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO.....	21
OBRÁZEK 15 - MAPA OBLASTI STAVEBNÍCH PRACÍ NA ROHU ULIC MLÝNSKÁ A DORNYCH. OBLAST STAVBY JE ZVÝRAZNĚNA FIALOVĚ. ČERVENÝ BOD ZNAČÍ UMÍSTĚNÍ STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ZDROJ: MAPY.CZ .....	22
OBRÁZEK 16 – STAVEBNÍ PRÁCE NA ROHU ULIC MLÝNSKÁ A DORNYCH, 530 M OD STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA, 9. BŘEZNA 2019, 13:00. FOTO: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO.....	22

OBRÁZEK 17 – ORIENTAČNÍ MAPA ROZESTAVĚNÝCH PLOCH V OKOLÍ STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA S VYZNAČENÍM ROVNĚŽ DVOU SLÉVÁRENSKÝCH OBJEKTŮ. VYZNAČENÉ STAVBY JSOU POUZE ORIENTAČNÍ A AKTUÁLNÍ ROZSAH STAVENIŠTĚ SE MŮŽE MÍRNĚ ODLIŠOVAT. ČERVENÝ BOD ZNAČÍ LOKALITU UMÍSTĚNÍ STANICE IMISNÍHO MONITORINGU. 1 – VLNĚNA OFFICE PARK, 2 – PALÁC TRNITÁ, 3 – REKONSTRUKCE HLAVNÍHO NÁDRAŽÍ BRNO, 4 – PROJEKT TRAMVAJ PLOTNÍ, 5 – STAVEBNÍ PRÁCE NA ROHU ULIC MLÝNSKÁ A DORNYCH, 6 – DEPONIE ZEMIN PŘI ULICI UHELNÁ, 7 – REKONSTRUKCE ŽELEZNIČNÍHO MOSTU PŘES ULICI OPUŠTĚNÁ, 8 – SLÉVÁRNA FERAMO METALLUM INTERNATIONAL S.R.O., 9 – SLÉVÁRNA UXA SPOL. S.R.O. ....	24
OBRÁZEK 18 - PŘEHLED ROZPTYLOVÝCH PODMÍNEK V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH 2018.....	28
OBRÁZEK 19 – VĚTRNÁ RŮŽICE PRO STANICI BRNO-ZVONAŘKA ZA DESETELETÉ OBDOBÍ 2008-2017. ....	29
OBRÁZEK 20 - VĚTRNÁ RŮŽICE PRO STANICI BRNO-ZVONAŘKA ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ....	30
OBRÁZEK 21 - VĚTRNÁ RŮŽICE PRO STANICI BRNO-ZVONAŘKA ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR, AGREGACE 2008-2017.....	31
OBRÁZEK 22 – UMÍSTĚNÍ DVOU PROFESIONÁLNÍCH METEOROLOGICKÝCH STANIC MĚŘÍCÍCH MJ. MNOŽSTVÍ SRÁŽEK (1 – BRNO- ŽABOVŘESKY; 2 – BRNO-TUŘANY) A UMÍSTĚNÍ AUTOMATICKÉ STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA (3). ZDROJ: MAPY.CZ.....	32
OBRÁZEK 23 - MĚSÍČNÍ ÚHRNY SRÁŽEK NA STANICI BRNO-ŽABOVŘESKY A BRNO-TUŘANY V OBDOBÍ LEDEN 2018 AŽ ÚNOR 2019. ..	33
OBRÁZEK 24 – PODÍL POČTU DNÍ V JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍCH PODLE MNOŽSTVÍ SPADENÝCH SRÁŽEK ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019.....	34
OBRÁZEK 25 – UMÍSTĚNÍ VZORKOVAČE NA STŘECHU KONTEJNERU AUTOMATICKÉ STANICE IMISNÍHO MONITORINGU (AIM) BĚHEM PARALELNÍHO KONTROLNÍHO VZORKOVÁNÍ, 5. BŘEZNA 08:00. FOTO: RADEK KRYMLÁK, ČHMÚ BRNO.....	36
OBRÁZEK 26 - PODÍL SEKTORŮ NFR NA CELKOVÝCH EMISÍCH PM <sub>10</sub> V ČESKÉ REPUBLICĚ, ROK 2016.....	40
OBRÁZEK 27 – PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC PM <sub>10</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA ZA OBDOBÍ 2008 AŽ 02/2019. ČERVENĚ JE TUČNĚ ZVÝRAZNĚNA KŘIVKA PRO ROK 2019, ČERNĚ JE VÝŠRAFOVÁNA KŘIVKA PRO ROK 2018.....	41
OBRÁZEK 28 – PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC PM <sub>10</sub> . ČERNĚ DESETELETÝ PRŮMĚR 2008-2017, ZELENĚ ROK 2018 A ČERVENĚ ZAČÁTEK ROKU 2019. ....	43
OBRÁZEK 29 – PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, 2008-2018. ....	44
OBRÁZEK 30 – MAXIMÁLNÍ DENNÍ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA V JEDNOTLIVÉ ROKY. PRO ROK 2019 JSOU ZAHRNUTY POUZE MĚSÍCE LEDEN A ÚNOR. ....	44
OBRÁZEK 31 – HODINOVÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, 19. ÚNORA 2019 .....	45
OBRÁZEK 32 - POČET PŘEKROČENÍ HODNOTY 24H IMISNÍHO LIMITU PRO SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>10</sub> (50 µg/m <sup>3</sup> ) V JEDNOTLIVÉ ROKY V OBDOBÍ 2008 AŽ 2019. PRO ROK 2019 JSOU ZAHRNUTY POUZE MĚSÍCE LEDEN A ÚNOR. ROKY SE SVĚTLEJŠÍ VÝPLNÍ SLOUPCE NEMAJÍ 90 % DOSTUPNÝCH DAT NUTNÝCH PRO VÝPOČET ROČNÍHO PRŮMĚRU. ČERVENÁ PŘERUŠOVANÁ ČÁRA ZNAČÍ MAXIMÁLNÍ POVOLENÝ POČET PŘEKROČENÍ ZA ROK. PŘI JEJÍM PŘEKROČENÍ HOVOŘÍME O PŘEKROČENÍ 24H IMISNÍHO LIMITU PRO PM <sub>10</sub> .....	46
OBRÁZEK 33 - POČET PŘEKROČENÍ HODNOTY 24H IMISNÍHO LIMITU PRO SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>10</sub> V JEDNOTLIVÉ ROKY JAKO SOUČET POČTU PŘEKROČENÍ V LEDNU A ÚNORU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 2008-2019. ČERVENÁ TEČKOVANÁ ČÁRA ZNÁZORŇUJE LINEÁRNÍ TREND. ....	48
OBRÁZEK 34 – PRŮBĚH HODINOVÝCH KONCENTRACÍ PM <sub>10</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA V OBDOBÍ OD 1. ZÁŘÍ 2018 DO 28. ÚNORA 2019. ČERVENOU PŘERUŠOVANOU ČAROU JE ZOBRAZEN 24H IMISNÍ LIMIT. ....	50

OBRÁZEK 35 – PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE A ABSOLUTNÍ MAXIMA PRO JEDNOTLIVÉ KALENDÁŘNÍ DNY V LEDNU NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. SROVNÁVACÍ PRŮMĚR JE VYPOČTEN Z CELKOVÉ ČASOVÉ ŘADY MĚŘENÍ (2008-2018), SROVNÁNÍ JE PROVEDENO SE STAVEM ZA OBDOBÍ 2008-2019.....	51
OBRÁZEK 36 - PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE A ABSOLUTNÍ MAXIMA PRO JEDNOTLIVÉ KALENDÁŘNÍ DNY V ÚNORU NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. SROVNÁVACÍ PRŮMĚR JE VYPOČTEN Z CELKOVÉ ČASOVÉ ŘADY MĚŘENÍ (2008-2018), SROVNÁNÍ JE PROVEDENO SE STAVEM ZA OBDOBÍ 2008-2019.....	52
OBRÁZEK 37 - KONCENTRAČNÍ RŮŽICE PRO SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>10</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 .....	55
OBRÁZEK 38 - KONCENTRAČNÍ RŮŽICE PRO SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>10</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA ZA OBDOBÍ 2008 AŽ 2017 (POUZE MĚSÍCE ZÁŘÍ AŽ ÚNOR).....	55
OBRÁZEK 39 - VÁŽENÁ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE PRO SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>10</sub> PRO STANICI BRNO-ZVONAŘKA, ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ....	56
OBRÁZEK 40 - VÁŽENÁ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE PRO SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>10</sub> PRO STANICI BRNO-ZVONAŘKA, ZA OBDOBÍ 2008 AŽ 2017 (POUZE MĚSÍCE ZÁŘÍ AŽ ÚNOR). ....	56
OBRÁZEK 41 – ANULÁRNÍ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE, ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC PM <sub>10</sub> , SMĚREM VĚTRU A DENNÍ HODINOU. NA VNĚJŠÍM OKRAJI RŮŽICE JSOU VEČERNÍ HODINY, U STŘEDU RŮŽICE RANNÍ. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. HODINY ODPOVÍDAJÍ UTC ČASU A JSOU ZAPOČÍTÁNY ČASOVÉ POSUNY KVŮLI LETNÍMU A ZIMNÍMU ČASU. ....	57
OBRÁZEK 42 - ANULÁRNÍ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE, ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC PM <sub>10</sub> , SMĚREM VĚTRU A DENNÍ HODINOU. NA VNĚJŠÍM OKRAJI RŮŽICE JSOU VEČERNÍ HODINY, U STŘEDU RŮŽICE RANNÍ. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 2008-2017 (POUZE ZÁŘÍ AŽ ÚNOR). HODINY ODPOVÍDAJÍ UTC ČASU A JSOU ZAPOČÍTÁNY ČASOVÉ POSUNY KVŮLI LETNÍMU A ZIMNÍMU ČASU. ....	58
OBRÁZEK 43 - ANULÁRNÍ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE, ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC PM <sub>10</sub> , SMĚREM VĚTRU A DENNÍ HODINOU. NA VNĚJŠÍM OKRAJI RŮŽICE JSOU VEČERNÍ HODINY, U STŘEDU RŮŽICE RANNÍ. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 2008-2017, ROZDĚLENO PODLE ROČNÍCH OBDOBÍ. HODINY ODPOVÍDAJÍ OBČANSKÉMU ČASU. MAM = BŘEZEN AŽ KVĚTEN, JJA = ČERVEN AŽ SRPEN, SON = ZÁŘÍ AŽ LISTOPAD, DJF = PROSINEC AŽ ÚNOR. HODINY ODPOVÍDAJÍ UTC ČASU A JSOU ZAPOČÍTÁNY ČASOVÉ POSUNY KVŮLI LETNÍMU A ZIMNÍMU ČASU. ....	59
OBRÁZEK 44 - KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC PM <sub>10</sub> A SMĚREM A RYCHLOSTÍ VĚTRU, ROZDĚLENÉ PODLE DNE V TÝDNU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 2008-2017. ....	61
OBRÁZEK 45 - KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC PM <sub>10</sub> A SMĚREM A RYCHLOSTÍ VĚTRU, ROZDĚLENÉ PODLE DNE V TÝDNU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 2008-2017 (POUZE MĚSÍCE ZÁŘÍ AŽ ÚNOR). ....	62
OBRÁZEK 46 – VÁŽENÉ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC PM <sub>10</sub> A SMĚREM A RYCHLOSTÍ VĚTRU, ROZDĚLENÉ PODLE DNE V TÝDNU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 2008-2017. ....	63
OBRÁZEK 47 - VÁŽENÉ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC PM <sub>10</sub> A SMĚREM A RYCHLOSTÍ VĚTRU, ROZDĚLENÉ PODLE DNE V TÝDNU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 2008-2017 (POUZE MĚSÍCE ZÁŘÍ AŽ ÚNOR). ....	64



OBRÁZEK 48 - KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC $PM_{10}$ A SMĚREM A RYCHLOSTÍ VĚTRU, ROZDĚLENÉ PODLE DNE V TÝDNU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, ZÁŘÍ 2018 – ÚNOR 2019.....	65
OBRÁZEK 49 - VÁŽENÉ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC $PM_{10}$ A SMĚREM A RYCHLOSTÍ VĚTRU, ROZDĚLENÉ PODLE DNE V TÝDNU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, ZÁŘÍ 2018 – ÚNOR 2019.....	66
OBRÁZEK 50 – INTENZITA DOPRAVY V OKOLÍ STANICE (ČERVENÝ BOD) V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU V 8 H RÁNO A 17 H ODPOLEDNE OBČANSKÉHO ČASU. ZELENÁ BARVA ZNAČÍ PLYNULOU DOPRAVU, ORANŽOVÁ BARVA ZPOMALENÍ, ČERVENÁ BARVA VÝZNAMNÉ ZPOMALENÍ A TMAVĚ ČERVENÁ BARVA VELMI POMALÝ POHYB VOZIDEL. ZDROJ DAT: GOOGLE MAPS API.....	68
OBRÁZEK 51 – KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZÁVISLOSTI KONCENTRACE SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC $PM_{10}$ NA TEPLOTĚ VZDUCHU A SMĚRU VĚTRU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 2008-2017. ....	69
OBRÁZEK 52 – PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC $PM_{10}$ V JEDNOTLIVÉ HODINY (UTC) JAKO DESETELETÝ PRŮMĚR VE SROVNÁNÍ S ANALYZOVANÝM OBDOBÍM ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. MODRÁ ČÁRA REPREZENTUJE ROZDÍL MEZI ČERNOU A ČERVENOU KŘÍVKOU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ....	71
OBRÁZEK 53 – PROCENTUÁLNÍ ROZDÍL MEZI PRŮMĚREM V JEDNOTLIVÉ HODINY MEZI DESETELETÝM PRŮMĚREM 2008-2017 A OBDOBÍM ZÁJMU (ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019) NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. ....	72
OBRÁZEK 54 - PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC $PM_{10}$ V JEDNOTLIVÉ HODINY (UTC) JAKO DESETELETÝ PRŮMĚR 2008-2017 (POUZE DATA ZÁŘÍ-ÚNOR) VE SROVNÁNÍ S ANALYZOVANÝM OBDOBÍM ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. MODRÁ ČÁRA REPREZENTUJE ROZDÍL MEZI ČERNOU A ČERVENOU KŘÍVKOU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ....	72
OBRÁZEK 55 - PROCENTUÁLNÍ ROZDÍL MEZI PRŮMĚREM V JEDNOTLIVÉ HODINY MEZI DESETELETÝM PRŮMĚREM 2008-2017 (ZÁŘÍ AŽ ÚNOR) A OBDOBÍM ZÁJMU (ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019) NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. ....	73
OBRÁZEK 56 - PROCENTUÁLNÍ ROZDÍL MEZI PRŮMĚREM V JEDNOTLIVÉ HODINY MEZI PĚTILETÝM PRŮMĚREM 2013-2017 (ZÁŘÍ AŽ ÚNOR) A OBDOBÍM ZÁJMU (ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019) NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. ....	74
OBRÁZEK 57 – PRŮMĚRNÝ TÝDENNÍ HODINOVÝ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{10}$ (NAHOŘE), PRŮMĚRNÝ DENNÍ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{10}$ (VLEVO DOLE), PRŮMĚRNÝ ROČNÍ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{10}$ (DOLE UPROSTŘED) A PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE $PM_{10}$ V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU (VPRAVO DOLE). VYPOČTENO ZA DESETELETÉ OBDOBÍ 2008-2017. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	75
OBRÁZEK 58 – PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE $PM_{10}$ V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU. SROVNÁNÍ OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 S DESETELETÝM PRŮMĚREM. ....	77
OBRÁZEK 59 - PODÍL SEKTORŮ NFR NA CELKOVÝCH EMISÍCH $PM_{2,5}$ V ČESKÉ REPUBLICE, ROK 2016 .....	80
OBRÁZEK 60 – PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC $PM_{2,5}$ NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, 2008 AŽ ÚNOR 2019.....	81
OBRÁZEK 61 – PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE ČÁSTIC $PM_{2,5}$ NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA JAKO DESETELETÝ PRŮMĚR 2008-2017, ROK 2018 A ROK 2019. ....	82
OBRÁZEK 62 – PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC $PM_{2,5}$ NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, 2008-2018. ....	83
OBRÁZEK 63 - MAXIMÁLNÍ DENNÍ KONCENTRACE $PM_{2,5}$ NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA V JEDNOTLIVÉ ROKY. PRO ROK 2019 JSOU ZAHRNUTY POUZE MĚSÍCE LEDEN A ÚNOR. ....	85
OBRÁZEK 64 - PRŮBĚH HODINOVÝCH KONCENTRACÍ $PM_{2,5}$ NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA V OBDOBÍ OD 1. ZÁŘÍ 2018 DO 28. ÚNORA 2019.....	86

OBRÁZEK 65 – KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZÁVISLOSTI KONCENTRACE $PM_{2,5}$ NA SMĚRU A RYCHLOSTI VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA.....	89
OBRÁZEK 66 – KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZÁVISLOSTI KONCENTRACE $PM_{2,5}$ NA SMĚRU A RYCHLOSTI VĚTRU ZA OBDOBÍ 2008 AŽ 2017 (POUZE MĚSÍCE ZÁŘÍ AŽ ÚNOR).....	89
OBRÁZEK 67 – VÁŽENÁ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZÁVISLOSTI KONCENTRACE $PM_{2,5}$ NA SMĚRU A RYCHLOSTI VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA.....	89
OBRÁZEK 68 – VÁŽENÁ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZÁVISLOSTI KONCENTRACE $PM_{2,5}$ NA SMĚRU A RYCHLOSTI VĚTRU ZA OBDOBÍ 2008 AŽ 2017 (POUZE MĚSÍCE ZÁŘÍ AŽ ÚNOR).....	89
OBRÁZEK 69 – ANULÁRNÍ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE, ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC $PM_{2,5}$ , SMĚREM VĚTRU A DENNÍ HODINOU. NA VNĚJŠÍM OKRAJI RŮŽICE JSOU VEČERNÍ HODINY, U STŘEDU RŮŽICE RANNÍ. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. HODINY ODPOVÍDAJÍ UTC ČASU A JSOU ZAPOČÍTÁNY ČASOVÉ POSUNY KVŮLI LETNÍMU A ZIMNÍMU ČASU. ....	90
OBRÁZEK 70 – ANULÁRNÍ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE, ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC $PM_{2,5}$ , SMĚREM VĚTRU A DENNÍ HODINOU. NA VNĚJŠÍM OKRAJI RŮŽICE JSOU VEČERNÍ HODINY, U STŘEDU RŮŽICE RANNÍ. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 2008 AŽ 2017 (POUZE MĚSÍCE ZÁŘÍ AŽ ÚNOR). HODINY ODPOVÍDAJÍ UTC ČASU A JSOU ZAPOČÍTÁNY ČASOVÉ POSUNY KVŮLI LETNÍMU A ZIMNÍMU ČASU. ....	90
OBRÁZEK 71 – PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE V JEDNOTLIVÉ HODINY DNE. SROVNÁNÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 S OBDOBÍM ZÁŘÍ AŽ ÚNOR, PRŮMĚR Z DESETI LET 2008-2017. HODINY JSOU V UTC.....	91
OBRÁZEK 72 – PROCENTUÁLNÍ ROZDÍL MEZI HODINOVÝMI KONCENTRACEMI ZÁŘÍ AŽ ÚNOR JAKO PRŮMĚR 2008-2017 A OBDOBÍM ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019.....	92
OBRÁZEK 73 – PRŮMĚRNÝ TÝDENNÍ HODINOVÝ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{2,5}$ (NAHOŘE), PRŮMĚRNÝ DENNÍ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{10}$ (VLEVO DOLE), PRŮMĚRNÝ ROČNÍ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{2,5}$ (DOLE UPROSTŘED) A PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE $PM_{10}$ V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU (VPRAVO DOLE). VYPOČTENO ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	93
OBRÁZEK 74 – PRŮMĚRNÝ TÝDENNÍ HODINOVÝ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{2,5}$ (NAHOŘE), PRŮMĚRNÝ DENNÍ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{10}$ (VLEVO DOLE), PRŮMĚRNÝ ROČNÍ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{2,5}$ (DOLE UPROSTŘED) A PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE $PM_{10}$ V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU (VPRAVO DOLE). VYPOČTENO ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008 AŽ 2017. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC.....	94
OBRÁZEK 75 – PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE $PM_1$ NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. ČERVENĚ JE ZVÝRAZNĚN ROK 2019, ČERNÁ TUČNÁ LINKA REPREZENTUJE ROK 2018. ....	99
OBRÁZEK 76 – MĚSÍČNÍ KONCENTRACE $PM_1$ V ROCE 2018, ČÁSTI ROKU 2019 A SROVNÁNÍ S PRŮMĚREM 2008 AŽ 2017. ....	100
OBRÁZEK 77 – PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE $PM_1$ NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA V LETECH 2008 AŽ 2018. ....	101
OBRÁZEK 78 – MAXIMÁLNÍ DENNÍ PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE $PM_1$ V JEDNOTLIVÝCH LETECH NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, 2008 AŽ 2019. PRO ROK 2019 JSOU POUŽITA POUZE DATA ZA MĚSÍCE LEDEN A ÚNOR. ....	101
OBRÁZEK 79 – HODINOVÝ PRŮBĚH KONCENTRACÍ $PM_1$ NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ....	102
OBRÁZEK 80 – ANULÁRNÍ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE REPREZENTUJÍCÍ VZTAH KONCENTRACE $PM_1$ , SMĚRU VĚTRU A HODINY DNE. OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019.....	103

OBRÁZEK 81 - ANULÁRNÍ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE REPREZENTUJÍCÍ VZTAH KONCENTRACE $PM_{10}$ , SMĚRU VĚTRU A HODINY DNE. OBDOBÍ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017. ....	103
OBRÁZEK 82 – KONCENTRAČNÍ RŮŽICE REPREZENTUJÍCÍ VZTAH KONCENTRACE $PM_{10}$ , SMĚRU A RYCHLOSTI VĚTRU. OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ....	103
OBRÁZEK 83 - KONCENTRAČNÍ RŮŽICE REPREZENTUJÍCÍ VZTAH KONCENTRACE $PM_{10}$ , SMĚRU A RYCHLOSTI VĚTRU. OBDOBÍ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017. ....	103
OBRÁZEK 84 – VÁŽENÁ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE REPREZENTUJÍCÍ VZTAH KONCENTRACE $PM_{10}$ , SMĚRU A RYCHLOSTI VĚTRU. OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ....	104
OBRÁZEK 85 – VÁŽENÁ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE REPREZENTUJÍCÍ VZTAH KONCENTRACE $PM_{10}$ , SMĚRU A RYCHLOSTI VĚTRU. OBDOBÍ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017. ....	104
OBRÁZEK 86 - PRŮMĚRNÝ TÝDENNÍ HODINOVÝ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{10}$ (NAHOŘE), PRŮMĚRNÝ DENNÍ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{10}$ (VLEVO DOLE), PRŮMĚRNÝ ROČNÍ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{10}$ (DOLE UPROSTŘED) A PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE $PM_{10}$ V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU (VPRAVO DOLE). VYPOČTENO ZA ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	105
OBRÁZEK 87 - PRŮMĚRNÝ TÝDENNÍ HODINOVÝ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{10}$ (NAHOŘE), PRŮMĚRNÝ DENNÍ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{10}$ (VLEVO DOLE), PRŮMĚRNÝ ROČNÍ CHOD KONCENTRACÍ $PM_{10}$ (DOLE UPROSTŘED) A PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE $PM_{10}$ V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU (VPRAVO DOLE). VYPOČTENO ZA ZÁŘÍ AŽ ÚNOR AGREGACE 2008-2017. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	106
OBRÁZEK 88 – PROCENTUÁLNÍ ROZDÍL MEZI POMĚRY FRAKČÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC. ROZDÍL MEZI OBDOBÍM ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 A DESETILETÝM PRŮMĚREM 2008-2017. ....	111
OBRÁZEK 89 – PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE $PM_{10}$ V LEDNU 2019 NA STANICÍCH BRNO-ZVONAŘKA, BRNO-SVATOPLUKOVA A BRNO-VÝSTAVIŠTĚ. ....	113
OBRÁZEK 90 - PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE $PM_{10}$ V ÚNORU 2019 NA STANICÍCH BRNO-ZVONAŘKA, BRNO-SVATOPLUKOVA A BRNO-VÝSTAVIŠTĚ. ....	113
OBRÁZEK 91 – RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI POMĚREM $PM_{2,5}$ KU $PM_{10}$ , RYCHLOSTÍ A SMĚREM VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ....	114
OBRÁZEK 92 - RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI POMĚREM $PM_{2,5}$ KU $PM_{10}$ , RYCHLOSTÍ A SMĚREM VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017. ....	114
OBRÁZEK 93 – RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI POMĚREM $PM_{10}$ KU $PM_{10}$ , RYCHLOSTÍ A SMĚREM VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ....	115
OBRÁZEK 94 - RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI POMĚREM $PM_{10}$ KU $PM_{10}$ , RYCHLOSTÍ A SMĚREM VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017. ....	115
OBRÁZEK 95 – RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI POMĚREM $PM_{10}$ KU $PM_{2,5}$ , RYCHLOSTÍ A SMĚREM VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ....	115
OBRÁZEK 96 - RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI POMĚREM $PM_{10}$ KU $PM_{2,5}$ , RYCHLOSTÍ A SMĚREM VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017. ....	115
OBRÁZEK 97 - RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI POMĚREM $PM_{10}$ KU $PM_{2,5}$ , RYCHLOSTÍ A SMĚREM VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ROZDĚLENO PODLE DNE V TÝDNU. ....	116

OBRÁZEK 98 - RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI POMĚREM $PM_1$ KU $PM_{2,5}$ , RYCHLOSTÍ A SMĚREM VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017. ROZDĚLENO PODLE DNE V TÝDNU. ....	117
OBRÁZEK 99 - PRŮMĚRNÝ TÝDENNÍ HODINOVÝ CHOD POMĚRŮ $PM_{2,5}/PM_{10}$ (NAHOŘE), PRŮMĚRNÝ DENNÍ CHOD POMĚRŮ $PM_{2,5}/PM_{10}$ (VLEVO DOLE), PRŮMĚRNÝ ROČNÍ CHOD POMĚRŮ $PM_{2,5}/PM_{10}$ (DOLE UPROSTŘED) A PRŮMĚRNÉ POMĚRY $PM_{2,5}/PM_{10}$ V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU (VPRAVO DOLE). VYPOČTENO ZA ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	118
OBRÁZEK 100 - PRŮMĚRNÝ TÝDENNÍ HODINOVÝ CHOD POMĚRŮ $PM_{2,5}/PM_{10}$ (NAHOŘE), PRŮMĚRNÝ DENNÍ CHOD POMĚRŮ $PM_{2,5}/PM_{10}$ (VLEVO DOLE), PRŮMĚRNÝ ROČNÍ CHOD POMĚRŮ $PM_{2,5}/PM_{10}$ (DOLE UPROSTŘED) A PRŮMĚRNÉ POMĚRY $PM_{2,5}/PM_{10}$ V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU (VPRAVO DOLE). VYPOČTENO ZA ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	119
OBRÁZEK 101 - PRŮMĚRNÝ TÝDENNÍ HODINOVÝ CHOD POMĚRŮ $PM_1/PM_{10}$ (NAHOŘE), PRŮMĚRNÝ DENNÍ CHOD POMĚRŮ $PM_{2,5}/PM_{10}$ (VLEVO DOLE), PRŮMĚRNÝ ROČNÍ CHOD POMĚRŮ $PM_1/PM_{10}$ (DOLE UPROSTŘED) A PRŮMĚRNÉ POMĚRY $PM_1/PM_{10}$ V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU (VPRAVO DOLE). VYPOČTENO ZA ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	120
OBRÁZEK 102 - PRŮMĚRNÝ TÝDENNÍ HODINOVÝ CHOD POMĚRŮ $PM_1/PM_{10}$ (NAHOŘE), PRŮMĚRNÝ DENNÍ CHOD POMĚRŮ $PM_{2,5}/PM_{10}$ (VLEVO DOLE), PRŮMĚRNÝ ROČNÍ CHOD POMĚRŮ $PM_1/PM_{10}$ (DOLE UPROSTŘED) A PRŮMĚRNÉ POMĚRY $PM_1/PM_{10}$ V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU (VPRAVO DOLE). VYPOČTENO ZA ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	121
OBRÁZEK 103 – ANULÁRNÍ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI POMĚREM $PM_{2,5}/PM_{10}$ , HODINOU DNE A SMĚREM VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	122
OBRÁZEK 104 - ANULÁRNÍ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI POMĚREM $PM_{2,5}/PM_{10}$ , HODINOU DNE A SMĚREM VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017 NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	122
OBRÁZEK 105 – ANULÁRNÍ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI POMĚREM $PM_1/PM_{10}$ , HODINOU DNE A SMĚREM VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	122
OBRÁZEK 106 - ANULÁRNÍ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI POMĚREM $PM_1/PM_{10}$ , HODINOU DNE A SMĚREM VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017 NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	122
OBRÁZEK 107 – ANULÁRNÍ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI POMĚREM $PM_1/PM_{2,5}$ , HODINOU DNE A SMĚREM VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	123
OBRÁZEK 108 - ANULÁRNÍ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE ZOBRAZUJÍCÍ VZTAH MEZI POMĚREM $PM_1/PM_{2,5}$ , HODINOU DNE A SMĚREM VĚTRU ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017 NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	123
OBRÁZEK 109 – PODÍL SEKTORŮ NFR NA CELKOVÝCH EMISÍCH NO <sub>x</sub> V ČESKÉ REPUBLICE, ROK 2016 .....	125
OBRÁZEK 110 – PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE NO <sub>2</sub> V OBDOBÍ 2008 AŽ 2019 (LEDEN AŽ ÚNOR) NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. ....	127
OBRÁZEK 111 – MĚSÍČNÍ PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE NO <sub>2</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA ZA ROK 2018, LEDEN A ÚNOR ROKU 2019 A DESETILETÝ PRŮMĚR 2008-2017. ....	128
OBRÁZEK 112 – ROČNÍ PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE NO <sub>2</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA V OBDOBÍ 2008 AŽ 2018. ....	128
OBRÁZEK 113 – MAXIMÁLNÍ PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE NO <sub>2</sub> V JEDNOTLIVÝCH LETECH 2008 AŽ 2019. U ROKU 2019 JSOU ZAHRNUTY POUZE MĚSÍCE LEDEN A ÚNOR. ....	129

OBRÁZEK 114 – PRŮBĚH HODINOVÝCH KONCENTRACÍ NO <sub>2</sub> V OBDOBÍ OD ZÁŘÍ 2018 DO ÚNORA 2019 NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. .....	130
OBRÁZEK 115 – KONCENTRAČNÍ RŮŽICE REPREZENTUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ NO <sub>2</sub> A SMĚREM A RYCHLOSTÍ VĚTRU, STANICE BRNO-ZVONAŘKA. VLEVO RŮŽICE ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019, VPRAVO ZA DESETILETÉ OBDOBÍ 2008 AŽ 2017, SE ZAHRNUTÍM POUZE MĚSÍCŮ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR. ....	132
OBRÁZEK 116 – VÁŽENÉ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE REPREZENTUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ NO <sub>2</sub> , SMĚREM VĚTRU A PŘÍSPĚVKEM K CELKOVÉMU PRŮMĚRU, STANICE BRNO-ZVONAŘKA. VLEVO RŮŽICE ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019, VPRAVO ZA DESETILETÉ OBDOBÍ 2008 AŽ 2017, SE ZAHRNUTÍM POUZE MĚSÍCŮ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR. ....	133
OBRÁZEK 117 - ANULÁRNÍ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE REPREZENTUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ NO <sub>2</sub> , SMĚREM VĚTRU A HODINOU DNE (UTC), STANICE BRNO-ZVONAŘKA. VLEVO ANULÁRNÍ RŮŽICE ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019, VPRAVO ZA DESETILETÉ OBDOBÍ 2008 AŽ 2017, SE ZAHRNUTÍM POUZE MĚSÍCŮ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR. ....	134
OBRÁZEK 118 - PRŮMĚRNÝ TÝDENNÍ HODINOVÝ CHOD KONCENTRACÍ NO <sub>2</sub> (NAHOŘE), PRŮMĚRNÝ DENNÍ CHOD KONCENTRACÍ NO <sub>2</sub> (VLEVO DOLE), PRŮMĚRNÝ ROČNÍ CHOD KONCENTRACÍ NO <sub>2</sub> (DOLE UPROSTŘED) A PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE NO <sub>2</sub> V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU (VPRAVO DOLE). VYPOČTENO ZA ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	135
OBRÁZEK 119 - PRŮMĚRNÝ TÝDENNÍ HODINOVÝ CHOD KONCENTRACÍ NO <sub>2</sub> (NAHOŘE), PRŮMĚRNÝ DENNÍ CHOD KONCENTRACÍ NO <sub>2</sub> (VLEVO DOLE), PRŮMĚRNÝ ROČNÍ CHOD KONCENTRACÍ NO <sub>2</sub> (DOLE UPROSTŘED) A PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE NO <sub>2</sub> V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU (VPRAVO DOLE). VYPOČTENO ZA ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	136
OBRÁZEK 120 - PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE NO <sub>2</sub> V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU A PRŮMĚR ZA PO-PÁ A SO-NE, OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 VE SROVNÁNÍ S OBDOBÍM ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2013-2017 A 2008-2017. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ....	137
OBRÁZEK 121 – KONCENTRAČNÍ RŮŽICE VYJADŘUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ NO <sub>2</sub> , SMĚREM A RYCHLOSTÍ VĚTRU PRO JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019, STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ....	138
OBRÁZEK 122 - KONCENTRAČNÍ RŮŽICE VYJADŘUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ NO <sub>2</sub> , SMĚREM A RYCHLOSTÍ VĚTRU PRO JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU V OBDOBÍ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017, STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ....	139
OBRÁZEK 123 – PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE NO <sub>2</sub> V JEDNOTLIVÉ DNY V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 (VŠECHNY DENNÍ PRŮMĚRY JSOU VYPOČÍTÁNY Z 0-0 UTC). ....	140
OBRÁZEK 124 – PRŮBĚH HODINOVÝCH KONCENTRACÍ NO NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ....	142
OBRÁZEK 125 – KONCENTRACE NA NO NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA PŘED KOREKČÍ OD ZAČÁTKU ROKU 2016 DO KONCE ROKU 2018. ....	143
OBRÁZEK 126 – PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE CO NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA OD LEDNA 2008 DO ÚNORA 2019. ROK 2018 JE ZVÝRAZNĚN TMAVĚ MODŘE, ROK 2019 (LEDEN A ÚNOR) JE ZVÝRAZNĚN ČERVENĚ. ....	146
OBRÁZEK 127 – PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE CO V ROCE 2018 A LEDNU A ÚNORU 2019 VE SROVNÁNÍ S DESETILETÝM PRŮMĚREM 2008-2017. ....	147
OBRÁZEK 128 – PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE CO NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, 2008-2018. ČERVENOU TEČKOVANOU ČAROU JE VYZNAČEN LINEÁRNÍ TREND. ....	148
OBRÁZEK 129 – MAXIMÁLNÍ PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE CO V JEDNOTLIVÝCH LETECH 2008-2019. U ROKU 2019 JSOU ZAPOČÍTÁNY POUZE PRVNÍ DVA MĚSÍCE. ČERVENOU TEČKOVANOU ČAROU JE VYZNAČEN LINEÁRNÍ TREND. ....	148

OBRÁZEK 130 – KONCENTRAČNÍ RŮŽICE VYJADŘUJÍCÍ VZTAH KONCENTRACE CO A SMĚRU A RYCHLOSTI VĚTRU NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. RŮŽICE VLEVO REPREZENTUJE OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019, RŮŽICE VPRAVO SHODNOU ČÁST ROKU, TEDY ZÁŘÍ AŽ ÚNOR JAKO AGREGACI Z DESETILETÉHO OBDOBÍ 2008-2017. ....	149
OBRÁZEK 131 – VÁŽENÉ KONCENTRAČNÍ RŮŽICE VYJADŘUJÍCÍ VZTAH KONCENTRACE CO A SMĚRU A RYCHLOSTI VĚTRU NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. RŮŽICE VLEVO REPREZENTUJE OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019, RŮŽICE VPRAVO SHODNOU ČÁST ROKU, TEDY ZÁŘÍ AŽ ÚNOR JAKO AGREGACI Z DESETILETÉHO OBDOBÍ 2008-2017. ....	149
OBRÁZEK 132 - PRŮMĚRNÝ TÝDENNÍ HODINOVÝ CHOD KONCENTRACÍ CO (NAHOŘE), PRŮMĚRNÝ DENNÍ CHOD KONCENTRACÍ CO (VLEVO DOLE), PRŮMĚRNÝ ROČNÍ CHOD KONCENTRACÍ CO (DOLE UPROSTŘED) A PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE CO V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU (VPRAVO DOLE). VYPOČTENO ZA ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	150
OBRÁZEK 133 - PRŮMĚRNÝ TÝDENNÍ HODINOVÝ CHOD KONCENTRACÍ CO (NAHOŘE), PRŮMĚRNÝ DENNÍ CHOD KONCENTRACÍ CO (VLEVO DOLE), PRŮMĚRNÝ ROČNÍ CHOD KONCENTRACÍ CO (DOLE UPROSTŘED) A PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE CO V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU (VPRAVO DOLE). VYPOČTENO ZA ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017. STANICE BRNO-ZVONAŘKA. ČAS V UTC. ....	151
OBRÁZEK 134 – KONCENTRAČNÍ RŮŽICE VYJADŘUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ CO A RYCHLOSTÍ A SMĚREM VĚTRU V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ....	152
OBRÁZEK 135 - KONCENTRAČNÍ RŮŽICE VYJADŘUJÍCÍ VZTAH MEZI KONCENTRACÍ CO A RYCHLOSTÍ A SMĚREM VĚTRU V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU V OBDOBÍ ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2008-2017. ....	153
OBRÁZEK 136 – HODINOVÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> A PM <sub>1</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, 19. ÚNORA 2019. ....	155
OBRÁZEK 137 – HODINOVÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> , RYCHLOST A SMĚR VĚTRU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 19. ÚNOR 2019. ....	156
OBRÁZEK 138 - HODINOVÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> A PM <sub>1</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, 18. ÚNORA 2019. ....	157
OBRÁZEK 139 - HODINOVÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> , RYCHLOST A SMĚR VĚTRU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 18. ÚNOR 2019. ....	158
OBRÁZEK 140 - HODINOVÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> A PM <sub>1</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, 28. LEDNA 2019. ....	159
OBRÁZEK 141 - HODINOVÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> , RYCHLOST A SMĚR VĚTRU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 28. LEDEN 2019. ....	160
OBRÁZEK 142 - HODINOVÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> A PM <sub>1</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, 22. LEDNA 2019. ....	161
OBRÁZEK 143 - HODINOVÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> , RYCHLOST A SMĚR VĚTRU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 22. LEDEN 2019. ....	162
OBRÁZEK 144 - HODINOVÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> A PM <sub>1</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, 21. LEDNA 2019. ....	164
OBRÁZEK 145 - HODINOVÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> , RYCHLOST A SMĚR VĚTRU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 21. LEDEN 2019. ....	165
OBRÁZEK 146 – PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> NA VYBRANÝCH STANICÍCH JIHMORAVSKÉHO KRAJE V PĚT VYBRANÝCH DNÍ LEDNA A ÚNORA 2019. ....	167
OBRÁZEK 147 - PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE PM <sub>2,5</sub> NA VYBRANÝCH STANICÍCH JIHMORAVSKÉHO KRAJE V PĚT VYBRANÝCH DNÍ LEDNA A ÚNORA 2019. ....	169
OBRÁZEK 148 - PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE NO <sub>2</sub> NA VYBRANÝCH STANICÍCH JIHMORAVSKÉHO KRAJE V PĚT VYBRANÝCH DNÍ LEDNA A ÚNORA 2019. ....	170
OBRÁZEK 149 – HODINOVÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA VE TŘI VYBRANÉ DNY S NEJVYŠŠÍM DENNÍM PRŮMĚREM PM <sub>10</sub> V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ....	171
OBRÁZEK 150 - HODINOVÉ RYCHLOSTI VĚTRU NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA VE TŘI VYBRANÉ DNY S NEJVYŠŠÍM DENNÍM PRŮMĚREM PM <sub>10</sub> V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ....	171
OBRÁZEK 151 – HODINOVÝ SMĚR VĚTRU NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA VE TŘI VYBRANÉ DNY S NEJVYŠŠÍM DENNÍM PRŮMĚREM PM <sub>10</sub> V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ....	172

OBRÁZEK 152 - PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 NA VYBRANÝCH STANICÍCH – DESETI STANICÍCH S NEJVYŠŠÍM PRŮMĚREM A STANICI S ABSOLUTNĚ NEJNIŽŠÍM PRŮMĚREM. ZAPOČÍTÁNY BYLY POUZE TY STANICE, KTERÉ MĚLY K DISPOZICI DOSTATEČNÉ MNOŽSTVÍ DAT. STANICE BRNO-ZVONAŘKA JE ZVÝRAZNĚNA ČERVENĚ. ....	174
OBRÁZEK 153 – DESET STANIC S NEJVYŠŠÍ PRŮMĚRNOU KONCENTRACÍ PM <sub>10</sub> V ČESKÉ REPUBLICE V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019.....	175
OBRÁZEK 154 - DESET STANIC S NEJVYŠŠÍ PRŮMĚRNOU KONCENTRACÍ PM <sub>10</sub> V ČESKÉ REPUBLICE V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ZAMĚŘENÍ NA MORAVSKOSLEZSKÝ KRAJ, KDE SE NACHÁZÍ 8 Z TĚCHTO 10 STANIC. ....	175
OBRÁZEK 155 - DESET STANIC S NEJVYŠŠÍ PRŮMĚRNOU KONCENTRACÍ PM <sub>10</sub> V ČESKÉ REPUBLICE V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ZAMĚŘENÍ NA AGLOMERACI BRNO, KDE SE NACHÁZÍ 2 Z TĚCHTO 10 STANIC.....	176
OBRÁZEK 156 - PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE PM <sub>2,5</sub> ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 NA VYBRANÝCH STANICÍCH – DESETI STANICÍCH S NEJVYŠŠÍM PRŮMĚREM, STANICI BRNO-ZVONAŘKA A STANICI S ABSOLUTNĚ NEJNIŽŠÍM PRŮMĚREM. ZAPOČÍTÁNY BYLY POUZE TY STANICE, KTERÉ MĚLY K DISPOZICI DOSTATEČNÉ MNOŽSTVÍ DAT. STANICE BRNO-ZVONAŘKA JE ZVÝRAZNĚNA ČERVENĚ.....	178
OBRÁZEK 157 - PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE NO <sub>2</sub> ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 NA VYBRANÝCH STANICÍCH – DESETI STANICÍCH S NEJVYŠŠÍM PRŮMĚREM A STANICI S ABSOLUTNĚ NEJNIŽŠÍM PRŮMĚREM. ZAPOČÍTÁNY BYLY POUZE TY STANICE, KTERÉ MĚLY K DISPOZICI DOSTATEČNÉ MNOŽSTVÍ DAT. STANICE BRNO-ZVONAŘKA JE ZVÝRAZNĚNA ČERVENĚ. ....	180
OBRÁZEK 158 - DESET NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH ZDROJŮ EMISÍ TZL V AGLOMERACI BRNO.....	184
OBRÁZEK 159 – MAPA S VYZNAČENÝMI HLAVNÍMI EMISNÍMI ZDROJI TZL V AGLOMERACI BRNO, ČÍSLA ODPOVÍDAJÍ ČÍSLŮM V TABULCE, ZDROJE JSOU SEŘAZENY PODLE MNOŽSTVÍ EMISÍ. ŽLUTÝ BOD ODPOVÍDÁ LOKALITĚ STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA. MAPOVÉ PODKLADY: LEAFLET, ZPRACOVÁNÍ: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO .....	185
OBRÁZEK 160 - DESET NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH ZDROJŮ EMISÍ PM <sub>10</sub> V AGLOMERACI BRNO. ....	187
OBRÁZEK 161 - MAPA S VYZNAČENÝMI HLAVNÍMI EMISNÍMI ZDROJI PM <sub>10</sub> V AGLOMERACI BRNO, ČÍSLA ODPOVÍDAJÍ ČÍSLŮM V TABULCE, ZDROJE JSOU SEŘAZENY PODLE MNOŽSTVÍ EMISÍ. ŽLUTÝ BOD ODPOVÍDÁ LOKALITĚ STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA. MAPOVÉ PODKLADY: LEAFLET, ZPRACOVÁNÍ: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO.....	188
OBRÁZEK 162 - DESET NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH ZDROJŮ EMISÍ PM <sub>2,5</sub> V AGLOMERACI BRNO. ....	190
OBRÁZEK 163 - MAPA S VYZNAČENÝMI HLAVNÍMI EMISNÍMI ZDROJI PM <sub>2,5</sub> V AGLOMERACI BRNO, ČÍSLA ODPOVÍDAJÍ ČÍSLŮM V TABULCE, ZDROJE JSOU SEŘAZENY PODLE MNOŽSTVÍ EMISÍ. ŽLUTÝ BOD ODPOVÍDÁ LOKALITĚ STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA. MAPOVÉ PODKLADY: LEAFLET, ZPRACOVÁNÍ: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO.....	191
OBRÁZEK 164 - DESET NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH ZDROJŮ EMISÍ NO <sub>x</sub> V AGLOMERACI BRNO. ....	193
OBRÁZEK 165 - MAPA S VYZNAČENÝMI HLAVNÍMI EMISNÍMI ZDROJI NO <sub>x</sub> V AGLOMERACI BRNO, ČÍSLA ODPOVÍDAJÍ ČÍSLŮM V TABULCE, ZDROJE JSOU SEŘAZENY PODLE MNOŽSTVÍ EMISÍ. ŽLUTÝ BOD ODPOVÍDÁ LOKALITĚ STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA. MAPOVÉ PODKLADY: LEAFLET, ZPRACOVÁNÍ: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO .....	194
OBRÁZEK 166 - DESET NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH ZDROJŮ EMISÍ NO <sub>2</sub> V AGLOMERACI BRNO.....	196
OBRÁZEK 167 - MAPA S VYZNAČENÝMI HLAVNÍMI EMISNÍMI ZDROJI NO <sub>2</sub> V AGLOMERACI BRNO, ČÍSLA ODPOVÍDAJÍ ČÍSLŮM V TABULCE, ZDROJE JSOU SEŘAZENY PODLE MNOŽSTVÍ EMISÍ. ŽLUTÝ BOD ODPOVÍDÁ LOKALITĚ STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA. MAPOVÉ PODKLADY: LEAFLET, ZPRACOVÁNÍ: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO .....	197
OBRÁZEK 168 - DESET NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH ZDROJŮ EMISÍ CO V AGLOMERACI BRNO. ....	199

OBRÁZEK 169 - MAPA S VYZNAČENÝMI HLAVNÍMI EMISNÍMI ZDROJI CO V AGLOMERACI BRNO, ČÍSLA ODPOVÍDAJÍ ČÍSLŮM V TABULCE, ZDROJE JSOU SEŘAZENY PODLE MNOŽSTVÍ EMISÍ. ŽLUTÝ BOD ODPOVÍDÁ LOKALITĚ STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA. MAPOVÉ PODKLADY: LEAFLET, ZPRACOVÁNÍ: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO .....	200
OBRÁZEK 170 - SEM TESCAN MIRA3 V LABORATOŘI ČHMÚ NA POBOČCE BRNO.....	201
OBRÁZEK 171 – SROVNÁNÍ PODÍLU ANALYZOVANÝCH ČÁSTIC V JEDNOTLIVÝCH VZORCÍCH .....	211
OBRÁZEK 172 – SROVNÁNÍ MEDIÁNU TVARU A PLOCHY PRO JEDNOTLIVÉ VZORKY .....	212
OBRÁZEK 173 - SROVNÁNÍ MEDIÁNU PLOCHY A TVARU ČÁSTIC V JEDNOTLIVÝCH VZORCÍCH, ROZDĚLENÉ PODLE ČÁSTIC ANALYZOVANÝCH A VYŘAZENÝCH .....	214
OBRÁZEK 174 – POMĚR ČÁSTIC V JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍCH VE VZORKU 1 Z 2. 4. 2019 .....	215
OBRÁZEK 175 - POMĚR ČÁSTIC V JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍCH VE VZORKU 2 Z 3. 4. 2019 .....	216
OBRÁZEK 176 - POMĚR ČÁSTIC V JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍCH VE VZORKU 3 Z 5. 4. 2019 .....	217
OBRÁZEK 177 – SNÍMEK ZE SKENOVAČÍHO ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU, VZOREK ODEBRANÝ 2. 4. 2019 NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA NA POLYKARBONÁTOVÉM FILTRU.....	219
OBRÁZEK 178 - SNÍMEK ZE SKENOVAČÍHO ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU, VZOREK ODEBRANÝ 3. 4. 2019 NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA NA POLYKARBONÁTOVÉM FILTRU.....	220
OBRÁZEK 179 - SNÍMEK ZE SKENOVAČÍHO ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU, VZOREK ODEBRANÝ 5. 4. 2019 NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA NA POLYKARBONÁTOVÉM FILTRU.....	221
OBRÁZEK 180 - SNÍMEK ZE SKENOVAČÍHO ELEKTRONOVÉHO MIKROSKOPU, VZOREK ODEBRANÝ PŘÍMO Z VOZOVKY NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA NA POLYKARBONÁTOVÉM FILTRU.....	222
OBRÁZEK 181 – PŘEHLED VYBRANÉHO POLE PRO MANUÁLNÍ ANALÝZU S OZNAČENÍM JEDNOTLIVÝCH ČÁSTIC .....	223
OBRÁZEK 182 – SPEKTRUM Č. 47. ....	224
OBRÁZEK 183 – SPEKTRUM Č. 48. ....	224
OBRÁZEK 184 – SPEKTRUM 49.....	225
OBRÁZEK 185 – SPEKTRUM 50.....	225
OBRÁZEK 186 – SPEKTRUM 51.....	226
OBRÁZEK 187 – SPEKTRUM 52.....	226
OBRÁZEK 188 – SPEKTRUM 53.....	227
OBRÁZEK 189 – SPEKTRUM 54.....	227
OBRÁZEK 190 – SPEKTRUM 55.....	228
OBRÁZEK 191 – SPEKTRUM 56.....	228
OBRÁZEK 192 – SPEKTRUM 57.....	229
OBRÁZEK 193 – SPEKTRUM 58.....	230
OBRÁZEK 194 – SPEKTRUM 59.....	230
OBRÁZEK 195 - SPEKTRUM 60. ....	231
OBRÁZEK 196 – SPEKTRUM 61.....	231
OBRÁZEK 197 – SPEKTRUM 62.....	232
OBRÁZEK 198 – SPEKTRUM 63.....	232
OBRÁZEK 199 – SPEKTRUM 64.....	233



OBRÁZEK 200 – SPEKTRUM 65.....	233
OBRÁZEK 201 – SPEKTRUM 66.....	234
OBRÁZEK 202 – SPEKTRUM 67.....	234
OBRÁZEK 203 – SPEKTRUM 68.....	235
OBRÁZEK 204 – SPEKTRUM 69.....	235
OBRÁZEK 205 – SPEKTRUM 70.....	236
OBRÁZEK 206 – MAPA LOKALITY UMÍSTĚNÍ STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA S PROLNUTOU VĚTRNOU RŮŽICÍ ZKONSTRUOVANÉ Z DAT O SMĚRU A RYCHLOSTI VĚTRU ZE STANICE ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. STŘED VĚTRNÉ RŮŽICE ODPOVÍDÁ MÍSTU UMÍSTĚNÍ STANICE. ZDROJ MAPOVÉHO PODKLADU: MAPY.CZ. ....	238
OBRÁZEK 207 - MAPA LOKALITY UMÍSTĚNÍ STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA S PROLNUTOU VĚTRNOU RŮŽICÍ ZKONSTRUOVANÉ Z DAT O SMĚRU A RYCHLOSTI VĚTRU ZE STANICE ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. STŘED VĚTRNÉ RŮŽICE ODPOVÍDÁ MÍSTU UMÍSTĚNÍ STANICE. FIALOVĚ VYŠRAFOVANÉ OBLASTI JSOU MÍSTA S INTENZIVNÍ STAVEBNÍ ČINNOSTÍ. ZDROJ MAPOVÉHO PODKLADU: MAPY.CZ. ....	239
OBRÁZEK 208 - MAPA LOKALITY UMÍSTĚNÍ STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA S PROLNUTOU VÁŽENOU KONCENTRAČNÍ RŮŽICÍ PM <sub>10</sub> ZKONSTRUOVANÉ Z DAT ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. STŘED VĚTRNÉ RŮŽICE ODPOVÍDÁ MÍSTU UMÍSTĚNÍ STANICE. FIALOVĚ VYŠRAFOVANÉ OBLASTI JSOU MÍSTA S INTENZIVNÍ STAVEBNÍ ČINNOSTÍ. ZDROJ MAPOVÉHO PODKLADU: MAPY.CZ.....	240
OBRÁZEK 209 – ZAPRÁŠENÝ POVRCH VOZOVKY A CHODNÍKU V BLÍZKÉM OKOLÍ STANICE BRNO-ZVONAŘKA. FOTO: TOMÁŠ HELÁN, KRAJSKÝ ÚŘAD JIHMORAVSKÉHO KRAJE. ....	244
OBRÁZEK 210 – ZAPRÁŠENÉ AUTOMOBILY V ULICI POBLÍŽ STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA. FOTO: TOMÁŠ HELÁN, KRAJSKÝ ÚŘAD JIHMORAVSKÉHO KRAJE. ....	245
OBRÁZEK 211 – VÍŘENÍ PRACHU (RESUSPENZE) ZA ROZÍŽDĚJÍCÍM SE AUTOBUSEM U STANICE BRNO-ZVONAŘKA. FOTO: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO.....	248
OBRÁZEK 212 – STAVEBNÍ PRÁCE V ULICI DORNYCH, 600 M OD STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA. FOTO: TOMÁŠ HELÁN, KRAJSKÝ ÚŘAD JIHMORAVSKÉHO KRAJE. ....	250
OBRÁZEK 213 – ROZESTAVĚNÉ PLOCHY PŘILÉHAJÍCÍ K BUDOVĚ MĚSTSKÉHO ÚŘADU ŠLAPANICE (BĚŽOVÁ BUDOVA V POZADÍ). Z DRUHÉ STRANY BUDOVY JE UMÍSTĚNA STANICE IMISNÍHO MONITORINGU BRNO-ZVONAŘKA, 3. BŘEZNA 2019. FOTO: JÁCHYM BRZEZINA, ČHMÚ BRNO.....	253

## SEZNAM TABULEK

TABULKA 1 – PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ TEPLoty VZDUCHU V JEDNOTLIVÉ MĚSÍCE VE SROVNÁNÍ S DLOUHODOBÝM PRŮMĚREM .....	26
TABULKA 2 – PRŮMĚRNÁ RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU V JEDNOTLIVÉ MĚSÍCE VE SROVNÁNÍ S DLOUHODOBÝM PRŮMĚREM .....	27
TABULKA 3 – PRŮMĚRNÁ RYCHLOST VĚTRU V JEDNOTLIVÉ MĚSÍCE VE SROVNÁNÍ S DLOUHODOBÝM PRŮMĚREM .....	28
TABULKA 4 – MĚSÍČNÍ ÚHRNY SRÁŽEK NA STANICI BRNO-ŽABOVŘESKY A BRNO-TUŘANY V OBDOBÍ LEDEN 2018 AŽ ÚNOR 2019.....	33
TABULKA 5 – POČET DNÍ V JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍCH PODLE MNOŽSTVÍ SRÁŽEK ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019. ....	34
TABULKA 6 – PŘEHLED DNÍ SE SRÁŽKOVÝM ÚHRNEM VYŠŠÍM NEŽ 10 MM V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 NA METEOROLOGICKÝCH STANICÍCH BRNO-TUŘANY A BRNO-ŽABOVŘESKY. ....	34
TABULKA 7 – VÝSLEDKY VZORKOVÁNÍ A GRAVIMETRICKÉHO STANOVENÍ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA. ....	37
TABULKA 8 – HODINOVÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA V UVEDENÉ DNY. ČASY JSOU UVEDENY V SEČ.....	37
TABULKA 9 – SROVNÁNÍ STANOVENÝCH KONCENTRACÍ Z GRAVIMETRIE A STANICE AIM BRNO-ZVONAŘKA. ....	38
TABULKA 10 – PLATNÉ IMISNÍ LIMITY PRO SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>10</sub> V ČESKÉ REPUBLICE .....	40
TABULKA 11 – PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC PM <sub>10</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, 2008-02/2019 v µG/M <sup>3</sup> .....	42
TABULKA 12 – POČET PŘEKROČENÍ HODNOTY 24H IMISNÍHO LIMITU PRO SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>10</sub> (50 µG/M <sup>3</sup> ) V JEDNOTLIVÉ ROKY V OBDOBÍ 2008 AŽ 2019. PRO ROK 2019 JSOU ZAHRNUTY POUZE MĚSÍCE LEDEN A ÚNOR. ROKY S HVĚZDIČKOU NEMAJÍ 90 % DOSTUPNÝCH DAT NUTNÝCH PRO VÝPOČET ROČNÍHO PRŮMĚRU.....	45
TABULKA 13 – 36. NEJVYŠŠÍ PRŮMĚRNÁ DENNÍ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> V JEDNOTLIVÉ ROKY.....	47
TABULKA 14 – POČET PŘEKROČENÍ HODNOTY 24H IMISNÍHO LIMITU PRO SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM <sub>10</sub> V JEDNOTLIVÉ ROKY JAKO SOUČET POČTU PŘEKROČENÍ V LEDNU A ÚNORU. STANICE BRNO-ZVONAŘKA, 2008-2019. ....	47
TABULKA 15 – PŘEHLED DNÍ, VE KTERÝCH BYLO V OBDOBÍ OD 1. ZÁŘÍ 2018 DO 28. ÚNORA 2019 NAMĚŘENO HISTORICKÉ MAXIMUM KONCENTRACE PM <sub>10</sub> (OD 1. 1. 2008) PRO DANÝ KALENDÁŘNÍ DEN (V ČASOVÉ ŘADĚ OD ROKU 2008). UVEDENO JE PŮVODNÍ MAXIMUM, NOVÉ MAXIMUM A ROZDÍL V ABSOLUTNÍ HODNOTĚ (µG/M <sup>3</sup> ) A PROCENTUÁLNĚ. ....	52
TABULKA 16 – POČET DNÍ V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019, KDY BYLY KONCENTRACE PM <sub>10</sub> NADPRŮMĚRNÉ A POČET DNÍ, KDY BYLA V TOMTO OBDOBÍ V KONKRÉTNÍ KALENDÁŘNÍ DEN NAMĚŘENA MAXIMÁLNÍ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> . ....	54
TABULKA 17 – PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU A PRŮMĚR ZA PO-PÁ A SO-NE, OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 VE SROVNÁNÍ S OBDOBÍM ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2013-2017 A 2008-2017. STANICE BRNO-ZVONAŘKA.....	76
TABULKA 18 – PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC PM <sub>2,5</sub> NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA, 2008 AŽ ÚNOR 2019, v µG/M <sup>3</sup> . ....	83
TABULKA 19 – POČET DNÍ V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019, KDY BYLY KONCENTRACE PM <sub>2,5</sub> NADPRŮMĚRNÉ A POČET DNÍ, KDY BYLA V TOMTO OBDOBÍ V KONKRÉTNÍ KALENDÁŘNÍ DEN NAMĚŘENA MAXIMÁLNÍ KONCENTRACE PM <sub>2,5</sub> . ....	87
TABULKA 20 – PŘEHLED DNÍ, VE KTERÝCH BYLO V OBDOBÍ OD 1. ZÁŘÍ 2018 DO 28. ÚNORA 2019 NAMĚŘENO HISTORICKÉ MAXIMUM KONCENTRACE PM <sub>2,5</sub> (OD 1. 1. 2008) PRO DANÝ KALENDÁŘNÍ DEN (V ČASOVÉ ŘADĚ OD ROKU 2008). UVEDENO JE PŮVODNÍ MAXIMUM, NOVÉ MAXIMUM A ROZDÍL V ABSOLUTNÍ HODNOTĚ (µG/M <sup>3</sup> ) A PROCENTUÁLNĚ. ....	87
TABULKA 21 – PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE PM <sub>2,5</sub> V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU A PRŮMĚR ZA PO-PÁ A SO-NE, OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 VE SROVNÁNÍ S OBDOBÍM ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2013-2017 A 2008-2017. STANICE BRNO-ZVONAŘKA.....	96

TABULKA 22 – MĚSÍČNÍ PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE $PM_{10}$ NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA V LETECH 2008 AŽ ÚNOR 2019 V $\mu\text{G}/\text{M}^3$ .	100
TABULKA 23 – PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE $PM_{10}$ V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU A PRŮMĚR ZA PO-PÁ A SO-NE, OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 VE SROVNÁNÍ S OBDOBÍM ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2013-2017 A 2008-2017. STANICE BRNO-ZVONAŘKA.....	106
TABULKA 24 – PRŮMĚRNÉ POMĚRY MEZI VELIKOSTNÍMI FRAKCEMI SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC V JEDNOTLIVÝCH MĚSÍCÍCH. PRVNÍ TŘI SLOUPCE PRO OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019, POSLEDNÍ TŘI SLOUPCE JAKO PRŮMĚR Z OBDOBÍ 2008-2017.....	110
TABULKA 25 – ROZDÍLY MEZI POMĚRY JEDNOTLIVÝCH FRAKČÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 VE SROVNÁNÍ SE STEJNÝMI MĚSÍCI JAKO DESETILETÝ PRŮMĚR 2008-2017. PRVNÍ TŘI SLOUPCE UVÁDÍ ROZDÍL V ABSOLUTNÍ HODNOTĚ, POSLEDNÍ TŘI PROCENTUÁLNĚ. ....	110
TABULKA 26 – PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE A PRŮMĚRNÍ DENNÍ POMĚRY MEZI JEDNOTLIVÝMI FRAKCEMI SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ A $PM_{10}$ NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA VE DNY S NEJVYŠŠÍMI KONCENTRACEMI $PM_{10}$ V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019.....	112
TABULKA 27 – PRŮMĚRNÉ POMĚRY MEZI JEDNOTLIVÝMI FRAKCEMI SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC ROZDĚLENÉ PODLE DNÍ V TÝDNU. SROVNÁNÍ OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 A PRŮMĚR Z DESETI LET (2008-2017), POUZE MĚSÍCE ZÁŘÍ AŽ ÚNOR. ....	118
TABULKA 28 - IMISNÍ LIMITY PRO OXID DUSÍČITÝ.....	126
TABULKA 29 – HODINY, KDY BYLA NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA V OBDOBÍ LEDEN 2008 AŽ ÚNOR 2019 PŘEKROČENA HODNOTA HODINOVÉHO IMISNÍHO LIMITU PRO KONCENTRACE $NO_2$ ( $200 \mu\text{G}/\text{M}^3$ ). ....	129
TABULKA 30 – POČET DNÍ V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019, KDY BYLY KONCENTRACE $NO_2$ NADPRŮMĚRNÉ A POČET DNÍ, KDY BYLA V TOMTO OBDOBÍ V KONKRÉTNÍ KALENDÁRNÍ DEN NAMĚŘENA MAXIMÁLNÍ KONCENTRACE $NO_2$ .....	131
TABULKA 31 - PŘEHLED DNÍ, VE KTERÝCH BYLO V OBDOBÍ OD 1. ZÁŘÍ 2018 DO 28. ÚNORA 2019 NAMĚŘENO HISTORICKÉ MAXIMUM KONCENTRACE $NO_2$ (OD 1. 1. 2008) PRO DANÝ KALENDÁRNÍ DEN (V ČASOVÉ ŘADĚ OD ROKU 2008). UVEDENO JE PŮVODNÍ MAXIMUM, NOVÉ MAXIMUM A ROZDÍL V ABSOLUTNÍ HODNOTĚ ( $\mu\text{G}/\text{M}^3$ ) A PROCENTUÁLNĚ. ....	131
TABULKA 32 – PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE $NO_2$ V JEDNOTLIVÉ DNY V TÝDNU A PRŮMĚR ZA PO-PÁ A SO-NE, OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 VE SROVNÁNÍ S OBDOBÍM ZÁŘÍ AŽ ÚNOR 2013-2017 A 2008-2017. STANICE BRNO-ZVONAŘKA.....	136
TABULKA 33 – IMISNÍ LIMIT PRO OXID UHELNATÝ (CO).....	145
TABULKA 34 – PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE $PM_{10}$ VE VYBRANÉ DNY NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA .....	154
TABULKA 35 – ZÁKLADNÍ STATISTIKA KONCENTRACÍ ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK A RYCHLOSTI VĚTRU NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA 19. ÚNORA 2019 .....	154
TABULKA 36 - ZÁKLADNÍ STATISTIKA KONCENTRACÍ ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK A RYCHLOSTI VĚTRU NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA 18. ÚNORA 2019 .....	156
TABULKA 37 - ZÁKLADNÍ STATISTIKA KONCENTRACÍ ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK A RYCHLOSTI VĚTRU NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA 28. LEDNA 2019.....	158
TABULKA 38 - ZÁKLADNÍ STATISTIKA KONCENTRACÍ ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK A RYCHLOSTI VĚTRU NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA 22. LEDNA 2019.....	160
TABULKA 39 - ZÁKLADNÍ STATISTIKA KONCENTRACÍ ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK A RYCHLOSTI VĚTRU NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA 21. LEDNA 2019.....	163
TABULKA 40 – PRŮMĚRNÉ A MAXIMÁLNÍ DENNÍ KONCENTRACE $PM_{10}$ NA VYBRANÝCH STANICÍCH JIHOMORAVSKÉHO KRAJE V PĚT VYBRANÝCH DNÍ LEDNA A ÚNORA 2019, V $\mu\text{G}/\text{M}^3$ ..	166

TABULKA 41 - PRŮMĚRNÉ A MAXIMÁLNÍ DENNÍ KONCENTRACE $PM_{2,5}$ NA VYBRANÝCH STANICÍCH JIHMORAVSKÉHO KRAJE V PĚT VYBRANÝCH DNÍ LEDNA A ÚNORA 2019 V $\mu\text{G}/\text{M}^3$ .....	168
TABULKA 42 - PRŮMĚRNÉ A MAXIMÁLNÍ DENNÍ KONCENTRACE $NO_2$ NA VYBRANÝCH STANICÍCH JIHMORAVSKÉHO KRAJE V PĚT VYBRANÝCH DNÍ LEDNA A ÚNORA 2019 V $\mu\text{G}/\text{M}^3$ .....	169
TABULKA 43 – PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE $PM_{10}$ ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 NA VYBRANÝCH STANICÍCH – DESETI STANICÍCH S NEJVYŠŠÍM PRŮMĚREM A STANICI S ABSOLUTNĚ NEJNIŽŠÍM PRŮMĚREM. ZAPOČÍTÁNY BYLY POUZE TY STANICE, KTERÉ MĚLY K DISPOZICI DOSTATEČNÉ MNOŽSTVÍ DAT.....	173
TABULKA 44 - PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE $PM_{2,5}$ ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 NA VYBRANÝCH STANICÍCH – DESETI STANICÍCH S NEJVYŠŠÍM PRŮMĚREM A STANICI S ABSOLUTNĚ NEJNIŽŠÍM PRŮMĚREM. ZAPOČÍTÁNY BYLY POUZE TY STANICE, KTERÉ MĚLY K DISPOZICI DOSTATEČNÉ MNOŽSTVÍ DAT.....	177
TABULKA 45 - PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE $NO_2$ ZA OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 NA VYBRANÝCH STANICÍCH – DESETI STANICÍCH S NEJVYŠŠÍM PRŮMĚREM A STANICI S ABSOLUTNĚ NEJNIŽŠÍM PRŮMĚREM. ZAPOČÍTÁNY BYLY POUZE TY STANICE, KTERÉ MĚLY K DISPOZICI DOSTATEČNÉ MNOŽSTVÍ DAT.....	179
TABULKA 46 – POŘADÍ STANIC PŘI SEŘAZENÍ OD STANICE S NEJVYŠŠÍM PRŮMĚREM KONCENTRACÍ $PM_{10}$ V KONKRÉTNÍM OBDOBÍ V ČESKÉ REPUBLICĚ.....	181
TABULKA 47 – DESET NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH ZDROJŮ EMISÍ TZL V AGLOMERACI BRNO. ....	183
TABULKA 48 - DESET NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH ZDROJŮ EMISÍ $PM_{10}$ V AGLOMERACI BRNO. ....	186
TABULKA 49 - DESET NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH ZDROJŮ EMISÍ $PM_{2,5}$ V AGLOMERACI BRNO.....	189
TABULKA 50 - DESET NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH ZDROJŮ EMISÍ $NO_x$ V AGLOMERACI BRNO. ....	192
TABULKA 51 - DESET NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH ZDROJŮ EMISÍ $NO_2$ V AGLOMERACI BRNO.....	195
TABULKA 52 - DESET NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH ZDROJŮ EMISÍ CO V AGLOMERACI BRNO.....	198
TABULKA 53 – METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY (TEPLOTA A VLHKOST VZDUCHU, RYCHLOST A SMĚR VĚTRU) NA STANICI BRNO-ZVONAŘKA V DOBĚ VZORKOVÁNÍ PRO ANALÝZU SEM/EDX.....	203
TABULKA 54 – HODINOVÉ PRŮMĚRNÉ KONCENTRACE VYBRANÝCH ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK ( $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ , $PM_1$ A $NO_x$ ) V DOBĚ VZORKOVÁNÍ PRO SEM/EDX ANALÝZU .....	203
TABULKA 55 – HODINOVÉ PRŮMĚRNÉ POMĚRY MEZI FRAKCEMI SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC V DOBĚ VZORKOVÁNÍ PRO SEM/EDX ANALÝZU.....	204
TABULKA 56 - ARITMETICKÝ PRŮMĚR, MEDIÁN, SMĚRODATNÁ ODCHYLKA (SD), KOEFICIENT VARIACE, ŠIKMOSTI A ŠPIČATOSTI PARAMETRŮ VYJADŘUJÍCÍ MORFOLOGII HODNOCENÝCH ČÁSTIC VZORKU 1 Z 2. 4. 2019. ....	205
TABULKA 57 – POČET ČÁSTIC, POMĚR Z CELKU A PRŮMĚRNÝ TVAR ČÁSTIC PODLE JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍ ČÁSTIC NA ZÁKLADĚ KLASIFIKACE PROGRAMEM AIRITY VZORKU 1 Z 2. 4. 2019.....	206
TABULKA 58 - ARITMETICKÝ PRŮMĚR, MEDIÁN, SMĚRODATNÁ ODCHYLKA (SD), KOEFICIENT VARIACE, ŠIKMOSTI A ŠPIČATOSTI PARAMETRŮ VYJADŘUJÍCÍ MORFOLOGII HODNOCENÝCH ČÁSTIC VZORKU 2 Z 3. 4. 2019. ....	207
TABULKA 59 - POČET ČÁSTIC, POMĚR Z CELKU A PRŮMĚRNÝ TVAR ČÁSTIC PODLE JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍ ČÁSTIC NA ZÁKLADĚ KLASIFIKACE PROGRAMEM AIRITY VZORKU 2 Z 3. 4. 2019.....	208
TABULKA 60 - ARITMETICKÝ PRŮMĚR, MEDIÁN, SMĚRODATNÁ ODCHYLKA (SD), KOEFICIENT VARIACE, ŠIKMOSTI A ŠPIČATOSTI PARAMETRŮ VYJADŘUJÍCÍ MORFOLOGII HODNOCENÝCH ČÁSTIC VZORKU 3 Z 5. 4. 2019. ....	209

TABULKA 61 - POČET ČÁSTIC, POMĚR Z CELKU A PRŮMĚRNÝ TVAR ČÁSTIC PODLE JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍ ČÁSTIC NA ZÁKLADĚ KLASIFIKACE PROGRAMEM AIRITY VZORKU 3 Z 5. 4. 2019.....	210
TABULKA 62 – SROVNÁNÍ PRŮMĚRU, MEDIÁNU A SMĚRODATNÉ ODCHYLKY (SD) TVARU A PLOCHY PRO JEDNOTLIVÉ VZORKY .....	212
TABULKA 63 – SROVNÁNÍ PRŮMĚRU, MEDIÁNU A SMĚRODATNÉ ODCHYLKY (SD) PLOCHY A TVARU ČÁSTIC V JEDNOTLIVÝCH VZORCÍCH, ROZDĚLENÉ PODLE ČÁSTIC ANALYZOVANÝCH A VYŘAZENÝCH .....	213
TABULKA 64 – NEJZASTOUPENĚJŠÍ KATEGORIE ČÁSTIC (>10 %) V JEDNOTLIVÝCH VZORCÍCH .....	214
TABULKA 65 – PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 VE SROVNÁNÍ S PĚTILETÝM PRŮMĚREM (2013-2017) A DESETILETÝM PRŮMĚREM (2008-2017) A ODCHYLKA VYJÁDŘENÁ V ABSOLUTNÍCH ČÍSLECH A PROCENTUÁLNĚ. .....	242
TABULKA 66 - PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE PM <sub>2,5</sub> V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 VE SROVNÁNÍ S PĚTILETÝM PRŮMĚREM (2013-2017) A DESETILETÝM PRŮMĚREM (2008-2017) A ODCHYLKA VYJÁDŘENÁ V ABSOLUTNÍCH ČÍSLECH A PROCENTUÁLNĚ. .....	246
TABULKA 67 - PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE PM <sub>1</sub> V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 VE SROVNÁNÍ S PĚTILETÝM PRŮMĚREM (2013-2017) A DESETILETÝM PRŮMĚREM (2008-2017) A ODCHYLKA VYJÁDŘENÁ V ABSOLUTNÍCH ČÍSLECH A PROCENTUÁLNĚ. .....	249
TABULKA 68 - PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE NO <sub>2</sub> V OBDOBÍ ZÁŘÍ 2018 AŽ ÚNOR 2019 VE SROVNÁNÍ S PĚTILETÝM PRŮMĚREM (2013-2017) A DESETILETÝM PRŮMĚREM (2008-2017) A ODCHYLKA VYJÁDŘENÁ V ABSOLUTNÍCH ČÍSLECH A PROCENTUÁLNĚ. .....	251

## PODĚKOVÁNÍ

Autoři zprávy by chtěli poděkovat laborantce **Ivě Bajerkové** a vedoucí laboratoře **RNDr. Hance Smékalové** z ČHMÚ Brno za provedení gravimetrického stanovení, dále technikům ČHMÚ **Radku Krymlákovi** a **Miroslavu Komárkovi** za technické zabezpečení vzorkování pro kontrolní gravimetrické stanovení a SEM vzorkování, **Ing. Zuzaně Vránové** za asistenci při vytváření odborné zprávy, **Ing. Katarině Křikavové** za poskytnutí dat o emisních zdrojích v Aglomeraci Brno, stejně jako **zaměstnancům Městského úřadu Šlapanice**, kteří poskytli podporu při vzorkování na stanici Brno-Zvonařka. Dík patří také **Ing. Tomáši Helánovi** z Krajského úřadu Jihomoravského kraje za organizační podporu a poskytnutí fotodokumentace a dále **Bc. Radku Kronovetovi** z magistrátu Statutárního města Brna a **technikům**, kteří spravují stanici imisního monitoringu Brno-Zvonařka.