

VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V LOKALITĚ OTROKOVICE ROK 2023



ENVITECH BOHEMIA, s.r.o.

ÚDAJE O ZAKÁZCE

Zhotovitel:

ENVItch Bohemia s.r.o.

Ovocná 34/1021,

161 00 Praha 6

Česká republika

IČO: 47119209

DIČ: CZ47119209

Datum předání zprávy: 28. února 2024

Počet výtisků: 1

Výtisk číslo: 1

OBSAH

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | ÚVOD | 4 |
| 1.1 | IMISNÍ LIMITY | 5 |
| 1.2 | DATA A JEJICH ZPRACOVÁNÍ | 5 |
| 1.3 | ROK 2023 V ČR Z HLEDISKA METEOROLOGIE A KVALITY OVZDUŠÍ | 6 |
| 2 | METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ | 7 |
| 2.1 | VĚTRNÉ RŮŽICE | 7 |
| 2.2 | RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU | 7 |
| 2.3 | TEPLOTA VZDUCHU | 9 |
| 2.4 | RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU | 10 |
| 2.5 | ÚHRN SRÁŽEK | 12 |
| 3 | VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ | 14 |
| 3.1 | SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM ₁₀ , PM _{2,5} A PM ₁ | 14 |
| 3.1.1 | PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE | 16 |
| 3.1.2 | PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE | 17 |
| 3.1.3 | PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE PM | 19 |
| 3.1.4 | ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE | 23 |
| 3.1.5 | SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU | 28 |
| 3.2 | OXIDY DUSÍKU NO ₂ , NO A NO _x | 34 |
| 3.2.1 | PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE | 35 |
| 3.2.2 | PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE | 36 |
| 3.2.3 | PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE NO, NO ₂ A NO _x | 38 |
| 3.2.4 | ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE | 40 |
| 3.2.5 | SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU | 44 |
| 3.3 | OXID UHELNATÝ CO | 46 |
| 3.3.1 | VÝVOJ NEJVYŠŠÍCH 8HODINOVÝCH KLOUZAVÝCH PRŮMĚRŮ ZA DEN V ROCE | 46 |
| 3.3.2 | PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE | 48 |
| 3.3.3 | VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH DENNÍCH KONCENTRACÍ CO | 49 |
| 3.3.4 | ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE | 51 |
| 3.3.5 | SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU | 55 |
| 4 | DOPRAVNÍ INTENZITY A ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ | 57 |
| 5 | ZÁVĚRY | 61 |
| 6 | CITOVANÁ LITERATURA | 62 |

1 ÚVOD

V Otrokovicích probíhá měření kvality ovzduší na monitorovací stanici Otrokovice – město umístěnou na náměstí 3. května. Tato stanice je charakterizována jako dopravní městská stanice. Její reprezentativnost leží v oblastním měřítku (0,5 – 4 km). Měření zde započalo 1. 1. 2014.



Obr. 1 – Stanice Otrokovice – město

Tato studie slouží jako vyhodnocení měření za rok 2023 a srovnání s legislativou.

1.1 IMISNÍ LIMITY

Pro škodliviny, měřené v lokalitě Otrokovice – město, platí následující imisní limity dle Přílohy č. 1 zákona o ochraně ovzduší [1].

Tab. 1 - Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí a maximální počet jejich překročení

| Znečišťující látka | Doba průměrování | Imisní limit LV | pLV |
|--|---|--|-----|
| Suspendované částice PM ₁₀ | 24 hodin | 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ | 35 |
| Suspendované částice PM ₁₀ | 1 kalendářní rok | 40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ | |
| Suspendované částice PM _{2,5} | 1 kalendářní rok | 20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ | |
| Oxid dusičitý NO ₂ | 1 hodina | 200 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ | 18 |
| Oxid dusičitý NO ₂ | 1 kalendářní rok | 40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ | |
| Oxid uhelnatý CO | maximální denní osmihodinový klouzavý průměr | 10 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ | |

Kromě samotných imisních limitů tabulky uvádí také přípustnou četnost překročení za kalendářní rok (pLV, je-li stanovena). To znamená, že například v případě denního limitu pro PM₁₀ může být za kalendářní rok hodnota 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ maximálně 35krát překročena, aniž by došlo k překročení imisního limitu. Proto se často hodnotí 36. nejvyšší denní koncentrace, která pokud je vyšší než 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, došlo k překročení imisního limitu.

1.2 DATA A JEJICH ZPRACOVÁNÍ

Ve studii byla mimo samotnou lokalitu Otrokovice – město rovněž použita data státní sítě imisního monitoringu za účelem srovnání lokality s okolními stanicemi. Data byla poskytnuta Českým hydrometeorologickým ústavem. Veškerá uvedená data byla poskytnuta na základě žádosti a nemohou být použita jinak než pro tuto studii. Veškerá data ČHMÚ pocházejí z databáze ISKO (Informační systém kvality ovzduší).

K analýze a zobrazení závislosti znečištění ovzduší na meteorologických podmínkách sloužil OpenSource balík R (R Core Team, Rakousko) [2]. Především bylo využito souboru balíčků „Tidyverse“, obsahují nástroje pro zpracování a analýzu dat a jejich vizualizaci [3]. Dále bylo využito balíčku „openair“, jehož součástí jsou algoritmy pro použité polární grafy [4].

1.3 Rok 2023 v ČR z hlediska meteorologie a kvality ovzduší

Rok 2023 byl na území ČR teplotně silně nadnormální, průměrná roční teplota vzduchu 9,7 °C byla o 1,4 °C vyšší než normál 1991–2020. Jde tak o vůbec nejteplejší rok zaznamenaný v řadě od roku 1961. Doposud nejteplejším rokem na našem území byl rok 2018 s průměrnou roční teplotou 9,6 °C, následovaly roky 2019 (9,5 °C), 2014 a 2015 (9,4 °C). V uplynulém roce 2023 byla u všech měsíců kromě dubna a května odchylka průměrné měsíční teploty vzduchu na území ČR od normálu 1991–2020 kladná. Výrazně teplé byly měsíce leden (odchylka +3,4 °C), září (odchylka +3,5 °C), říjen (odchylka +2,9 °C) a prosinec (odchylka +2,5 °C).

Srážkově byl rok 2023 na území ČR normální. Předběžný průměrný roční úhrn srážek 728 mm představuje 106 % normálu 1991–2020. V průběhu roku se střídaly na srážky bohaté a chudé měsíce. Srážkově silně nadnormální byly měsíce duben s úhrnem 68 mm (174 % normálu), srpen s úhrnem 135 mm (173 % normálu), listopad s úhrnem 90 mm (200 % normálu) a prosinec s úhrnem 90 mm (196 % normálu). Naopak velmi suché bylo září, kdy na území ČR spadlo v průměru pouze 18 mm srážek (30 % normálu). [5].

Rok 2023 byl z hlediska kvality ovzduší mimořádně příznivý. Koncentrace většiny látek znečišťujících ovzduší v roce 2023 opět poklesly a za hodnocené období 2013–2023 dosáhly nejnižších hodnot. Poprvé za celou historii měření nebyl překročen žádný z imisních limitů pro suspendované částice PM₁₀ a PM_{2,5}. Navíc v roce 2023, podobně jako v minulých letech, nebyly překročeny ani imisní limity pro NO₂, SO₂ a CO.

K relativně dobré kvalitě ovzduší v ČR, vyjma přízemního ozonu (O₃), v roce 2023 přispěly zejména výrazně nižší koncentrace látek znečišťujících ovzduší během zimního období (leden–březen, říjen–prosinec), kdy z hlediska kvality ovzduší převažovaly příznivé meteorologické a rozptylové podmínky. Výrazně nižší koncentrace v porovnání s desetiletým průměrem 2013–2023 byly zaznamenány v lednu (teplotně silně nadnormální měsíc s výrazně lepšími rozptylovými podmínkami), v březnu a nejvýraznější v listopadu, kdy byly – pro listopad atypicky – pouze dobré rozptylové podmínky.

K překročení 24hodinového imisního limitu PM₁₀ v roce 2023 nedošlo na žádné stanici s automatizovaným měřicím programem. Jedná se tak o první rok za celou historii měření PM₁₀ od 90. let minulého století, kdy 24hodinový imisní limit nebyl překročen. Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM₁₀ nebyl v roce 2023 překročen na žádné stanici s automatizovaným měřicím programem. Rok 2023 prodloužil souvislou řadu let bez překročení imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci PM₁₀ počínající rokem 2019. Imisní limit pro roční průměrnou koncentraci PM_{2,5} nebyl v roce 2023 překročen na žádné stanici s automatizovaným měřicím programem. Stalo se tak poprvé od zavedení tohoto limitu v roce 2005, který byl navíc v roce 2020 zpřísněn.

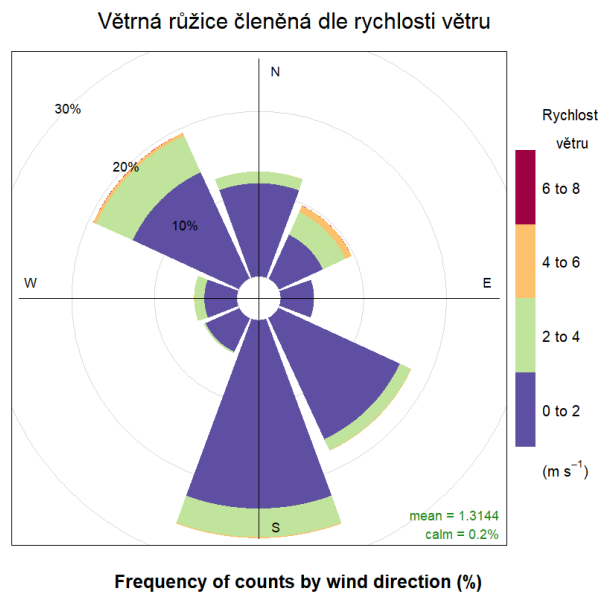
V roce 2023 byly vyhlášeny tři smogové situace z důvodu vysokých koncentrací suspendovaných částic PM₁₀ v celkové délce trvání 105 h (4,4 dny) a jedna smogová situace z důvodu vysokých koncentrací přízemního ozonu v délce trvání 16 h (0,7 dny).

Je však třeba zdůraznit, že zatím nebyla vyhodnocena data všech znečišťujících látek. Jedná se především o benzo[a]pyren, u kterého lze, stejně jako v minulých letech, předpokládat překročení ročního imisního limitu na řadě lokalit [6].

2 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ

2.1 VĚTRNÉ RŮŽICE

Na následujícím Obr. 2 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Otrokovice – město konstruovaná z hodinových rychlostí a směrů větru. Růžice naznačuje převažující jižní (cca 26 % roku) a severozápadní (cca 20 % roku) proudění. Vyšší rychlosti větru byly zaznamenány především ze severovýchodu a severozápadu. Bezvětrí panovalo ve zhruba 0,2 % času měření. Průměrná rychlost větru za celé měřené období byla zhruba $1,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 2 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, Otrokovice – město, rok 2023

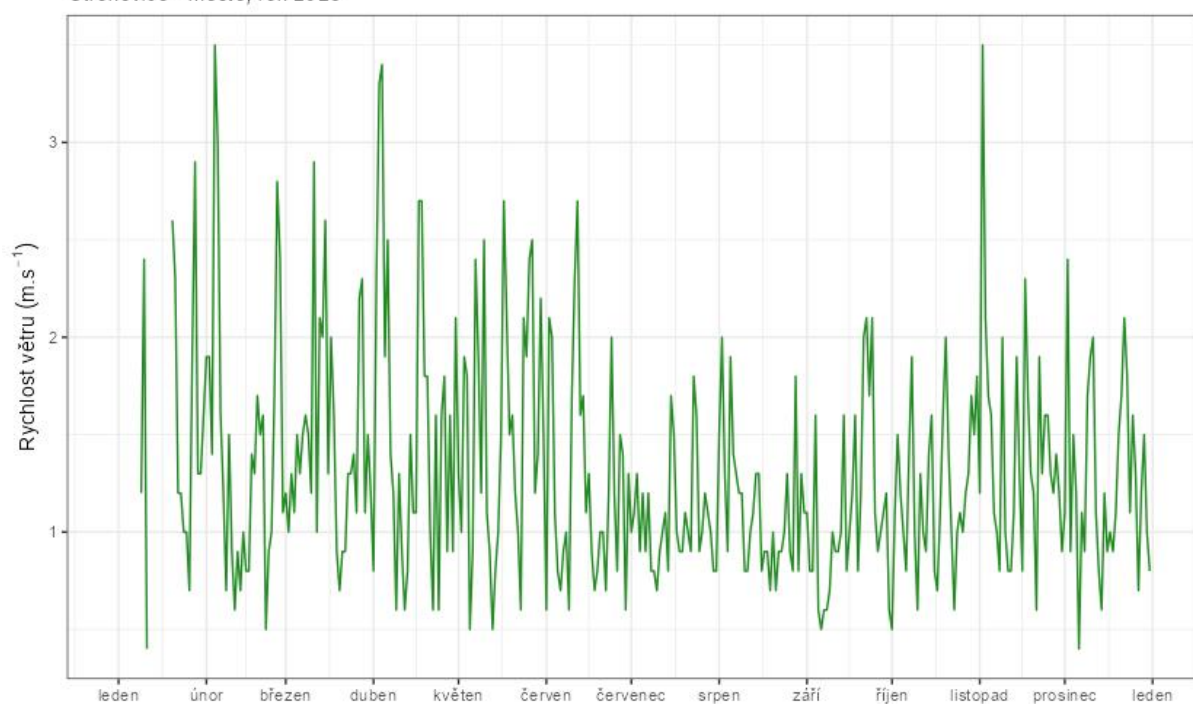
2.2 RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU

Meteorologické podmínky v chladné části roku vlivem častějších, a především silnějších teplotních inverzí napomáhají horším rozptylovým podmínkám – během teplotní inverze se v atmosféře vytvoří vrstva připomínající pokličku, pod kterou je stabilní atmosféra tzn., že je téměř bezvětrí nebo pouze nízké rychlosti větru a nedochází tedy k dostatečnému rozptylu škodlivin. Škodliviny se pak pod touto vrstvou kumulují a jejich koncentrace roste. Rychlost proudění větru je tedy významným meteorologickým prvkem ovlivňujícím koncentraci škodlivin ovzduší. Pokud jsou rychlosti velmi nízké nebo panuje bezvětrí, jsou zpravidla koncentrace škodlivin (zejména suspendovaných částic) vysoké. Naopak při vyšších rychlostech větru dochází k dobrému rozptylu, na druhou stranu může rovněž docházet i k resuspenzi suspendovaných částic, kdy dochází k opětovnému vznosu již jednou sedimentovaných částic. Příkladem takové resuspenze může být např. větrná eroze, kdy vlivem větru je strhávána půda z polí do vzduchu a podílí se tak na nárůstu koncentrací suspendovaných částic v ovzduší.

Na následujícím Obr. 3 jsou uvedeny průměrné denní rychlosti proudění větru v lokalitě Otrokovice – město. Z grafu je patrné, že byly měřeny převážně nízké rychlosti větru zhruba do $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, rychlosti nad $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ se vyskytovaly výjimečně. Následující Obr. 4 zobrazuje průměrné měsíční hodnoty.

Vývoj průměrných denních rychlostí větru

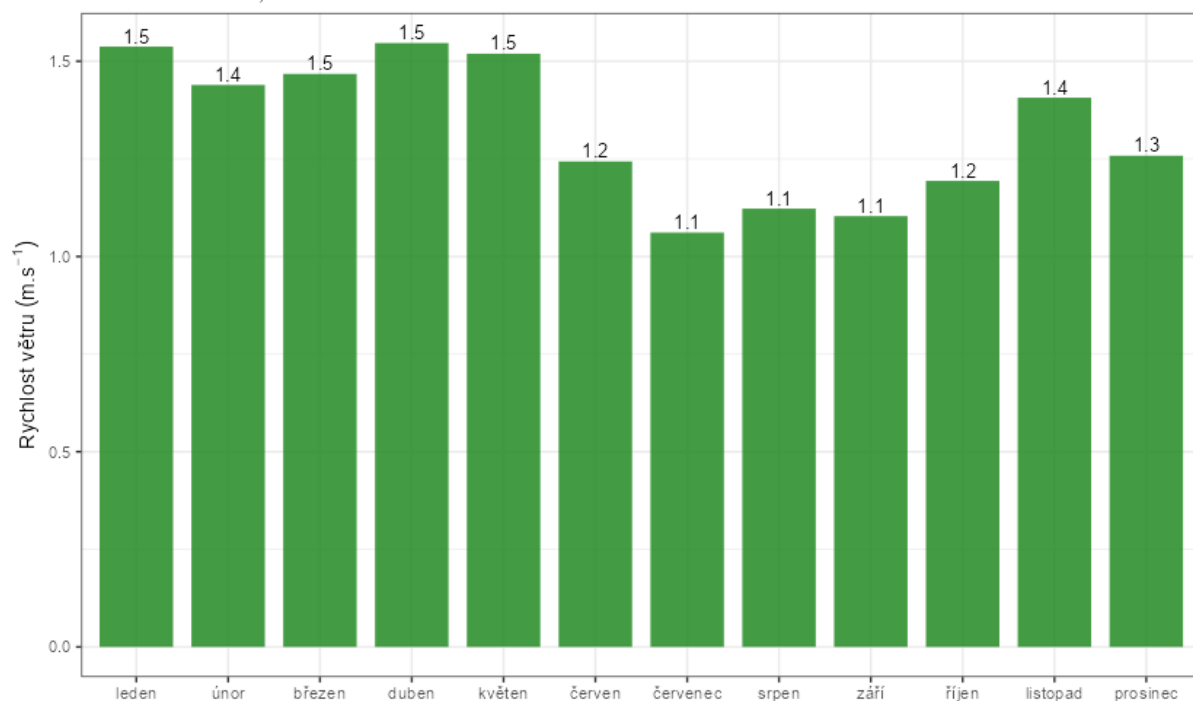
Otrokovice - město, rok 2023



Obr. 3 – Průměrné denní rychlosti větru, Otrokovice – město, rok 2023

Vývoj průměrných měsíčních rychlostí větru

Otrokovice - město, rok 2023

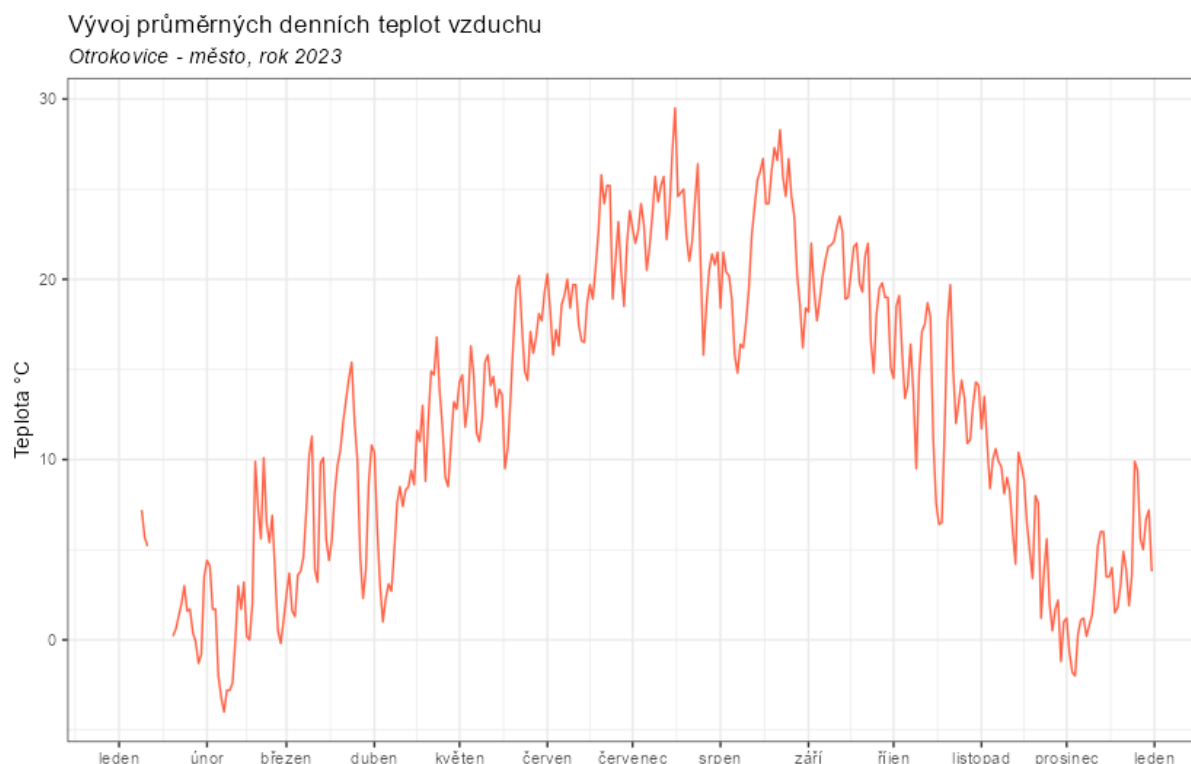


Obr. 4 – Průměrné měsíční rychlosti větru, Otrokovice – město, rok 2023

2.3 TEPLOTA VZDUCHU

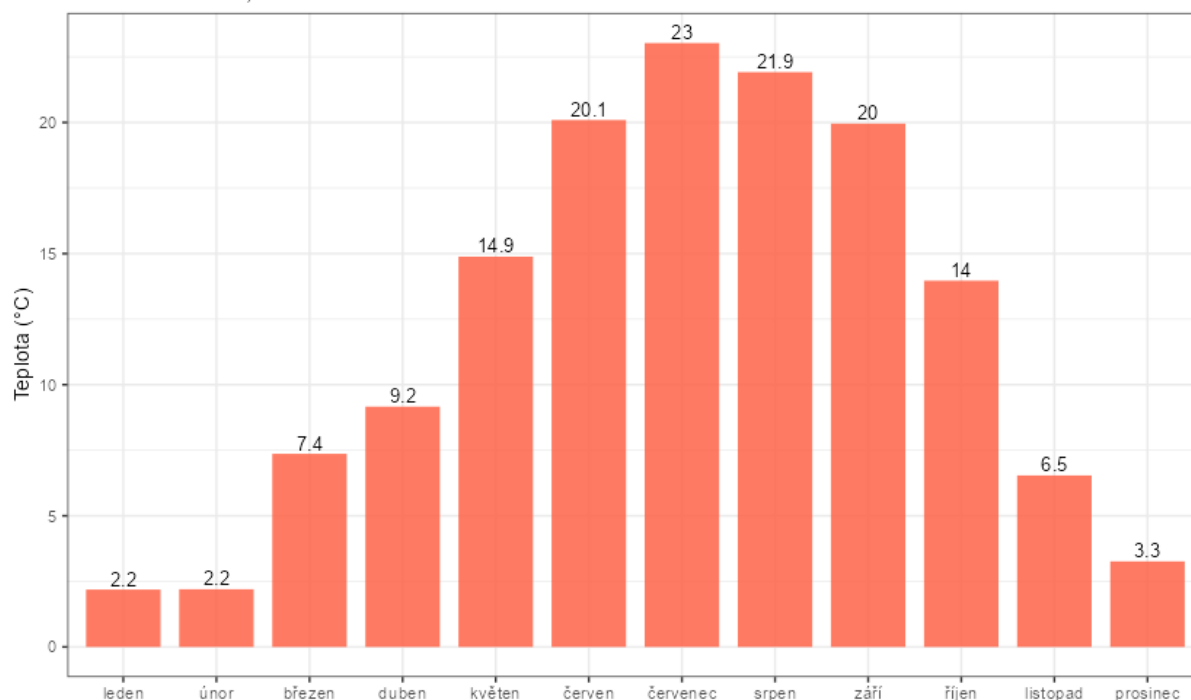
Významným faktorem, ovlivňujícím koncentrace a distribuci velikostních frakcí je teplota vzduchu. V dlouhodobém trendu platí, že s klesající teplotou rostou koncentrace částic v ovzduší, přičemž je více zastoupená jemnější frakce, a naopak s rostoucí teplotou koncentrace klesají a je výrazněji zastoupená hrubší frakce částic. Teplota však spolu se slunečním zářením má vliv i na tvorbu částic z plynných prekurzorů tzv. nukleací. Působení teploty na tvorbu částic může být přímé (nukleace, růst a agregace) a nepřímé, kdy nízké teploty nutí k intenzivnějšímu vytápění, a tudíž k vyšším emisím tuhých látek z lokálních topenišť. Pokud jsou během teplotních inverzí velmi nízké teploty a bezvětří, vedou tyto situace k nárůstu koncentrací všech škodlivin v ovzduší a pokud situace trvá déle i k vyhlášení smogových situací.

Následující Obr. 5 zobrazuje průměrné denní teploty vzduchu v lokalitě Otrokovice – město. Z grafu vyplývá, že maximální hodnoty byly v této lokalitě měřeny červenci a v srpnu, poté docházelo k postupnému poklesu teplot. Minimální teploty pak byly měřeny v lednu a únoru (Obr. 6).



Obr. 5 – Průměrné denní teploty vzduchu, Otrokovice – město, rok 2023

Vývoj průměrných měsíčních teplot vzduchu
Otrokovice - město, rok 2023



Obr. 6 – Průměrné měsíční teploty, Otrokovice – město, rok 2023

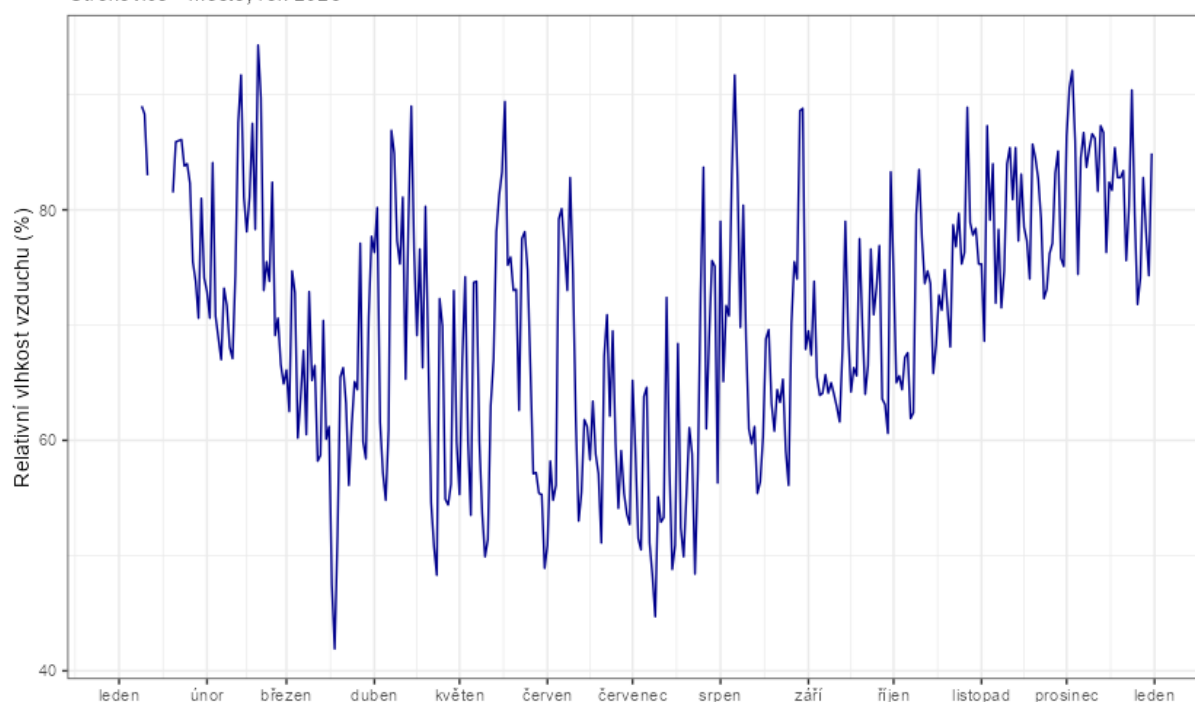
2.4 RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU

Důležitým faktorem, ovlivňujícím koncentraci a distribuci velikostních frakcí je i relativní vlhkost vzduchu. V dlouhodobém trendu platí, že s rostoucí relativní vlhkostí rostou koncentrace částic v ovzduší, přičemž je více zastoupená jemnější frakce, a naopak s klesající relativní vlhkostí koncentrace klesají a je výrazněji zastoupena hrubší frakce částic.

Následující Obr. 7 zobrazuje průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu v lokalitě Otrokovice – město. Z grafu vyplývá, že maximální hodnoty byly v této lokalitě měřeny v chladné části roku, naopak nejnižší hodnoty byly měřeny v červenci. Průměrné měsíční hodnoty jsou uvedeny v grafu na Obr. 8

Vývoj relativních denních vlhkostí vzduchu

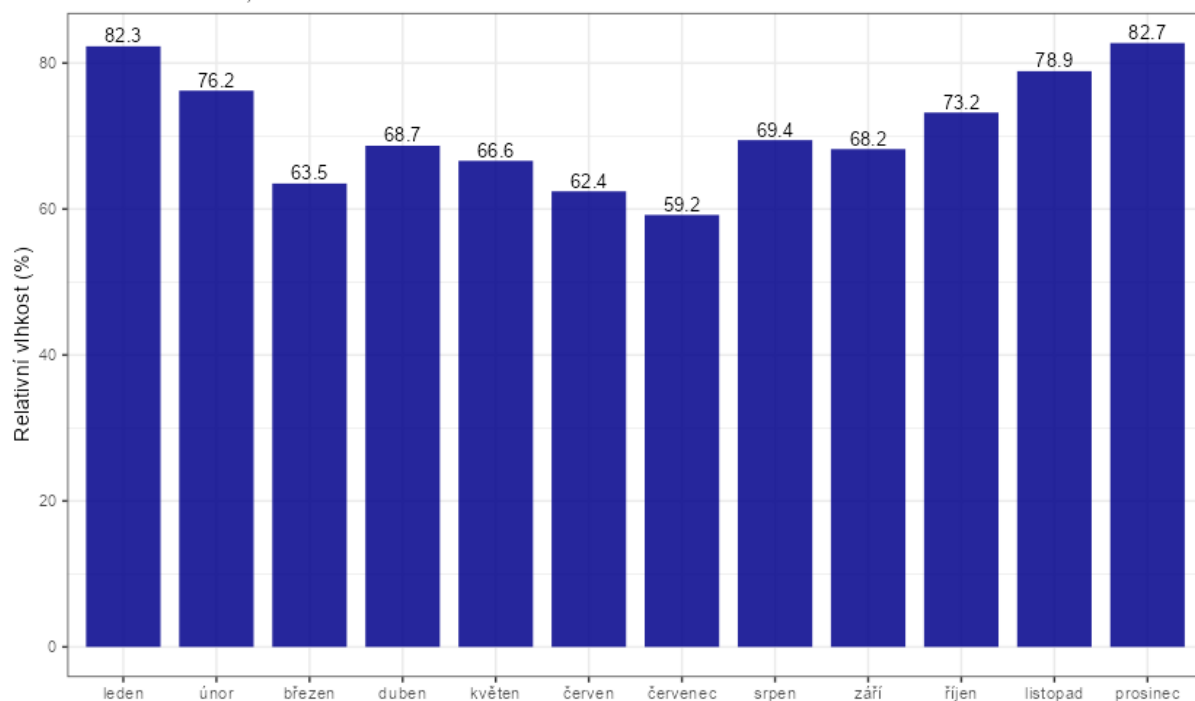
Otrokovice - město, rok 2023



Obr. 7 - Průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu, Otrokovice – město, rok 2023

Vývoj průměrných měsíčních relativních vlhkostí vzduchu

Otrokovice - město, rok 2023

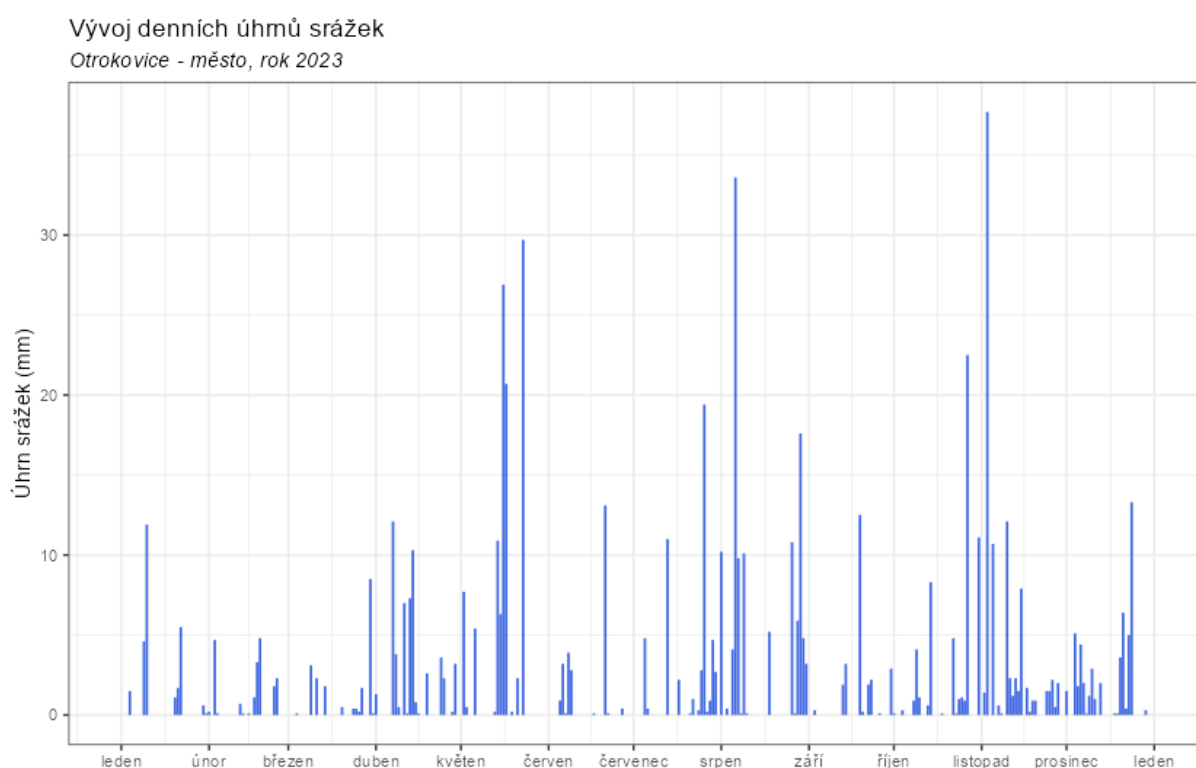


Obr. 8 – Průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu, Otrokovice – město, rok 2023

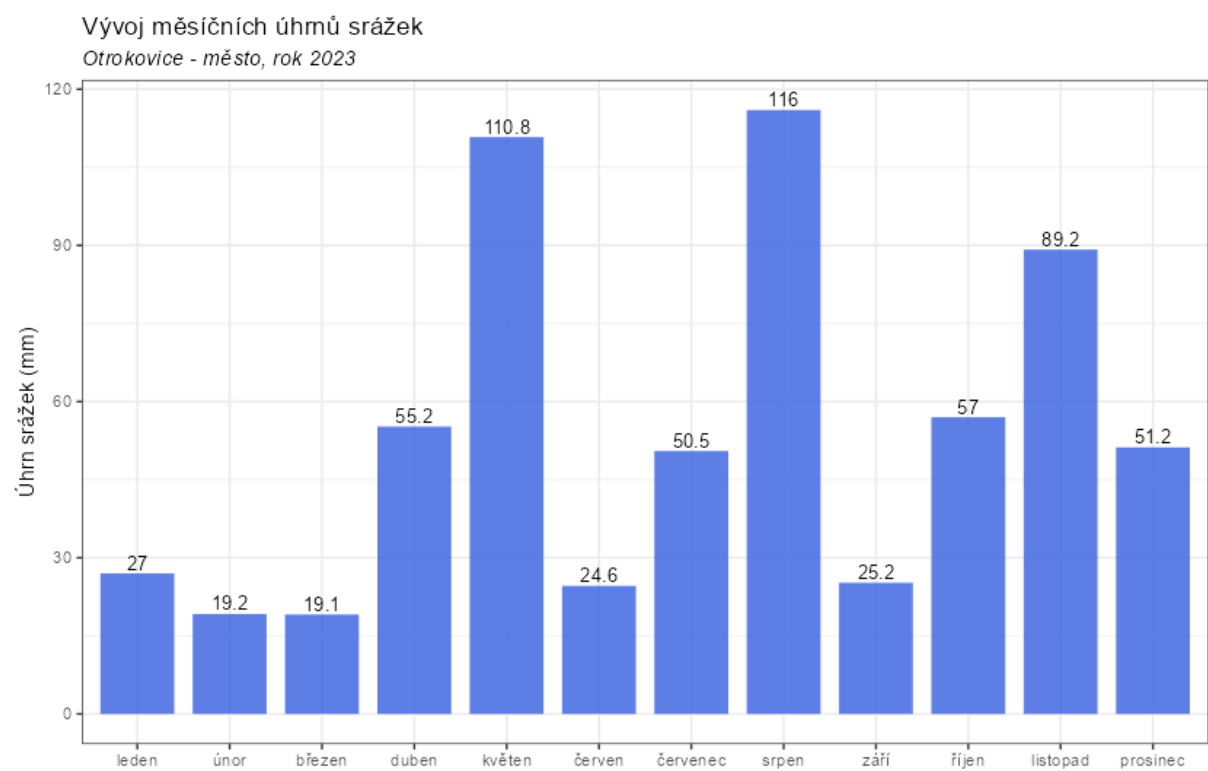
2.5 ÚHRN SRÁŽEK

Koncentrace škodlivin může ovlivňovat rovněž úhrn srážek. Ten může znamenat přechod fronty, a tedy rozrušení teplotní inverze, v případě částic může díky srážkám docházet k tzv. vymývání částic z atmosféry, kdy dojde k výraznému poklesu koncentrací prašnosti v ovzduší. Naopak delší bezesrážková epizoda může v zimě značit delší epizodu s inverzním charakterem počasí, v teplé části roku pak může docházet k vysychání půdy a větrné erozi.

Následující Obr. 9 zobrazuje denní úhrn srážek v lokalitě Otrokovice – město. Následující graf na Obr. 10 zobrazuje měsíční úhrny srážek. Významnější úhrny srážek se vyskytovaly především v srpnu a květnu. Nízké úhrny srážek se vyskytovaly začátkem roku.



Obr. 9 – Denní úhrn srážek, Otrokovice – město, rok 2023



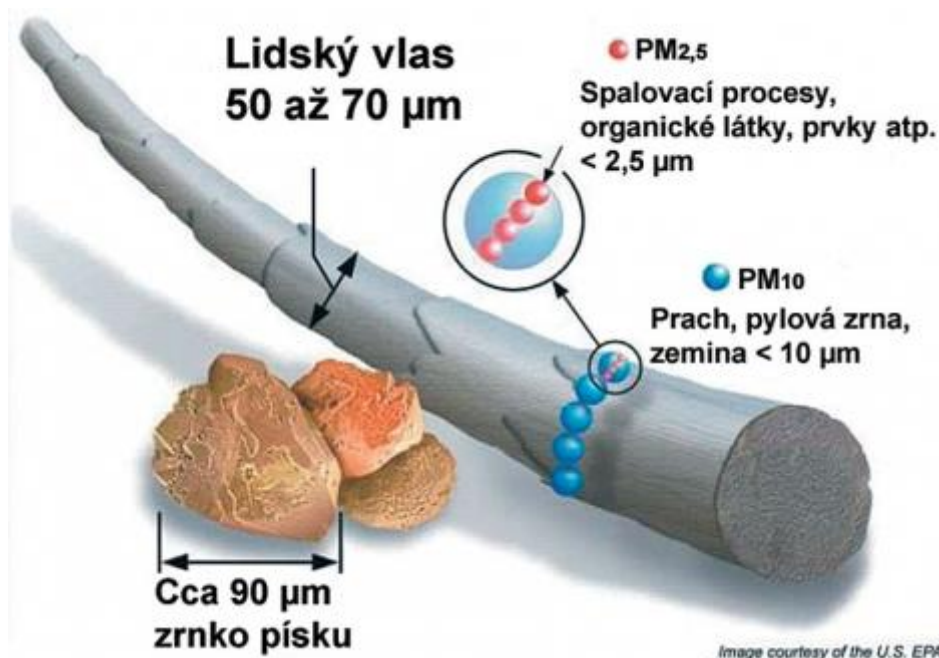
Obr. 10 – Měsíční úhm srážek, Otrokovice – město, rok 2023

3 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ

3.1 SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM_{10} , $PM_{2,5}$ A PM_1

Suspendované částice jsou emitovány jak přírodními (např. sopky či prашné bouře), tak i antropogenními (např. elektrárny a průmyslové technologické procesy, doprava, spalování uhlí v domácnostech, spalování odpadu) zdroji. Většina těchto antropogenních emisních zdrojů je soustředěna v urbanizovaných oblastech, tj. v oblastech, ve kterých žije velká část populace.

Z hlediska platné legislativy [1] jsou v ovzduší sledovány dvě velikostní frakce suspendovaných částic. Jedná se o hrubší frakci PM_{10} (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 10 μm) a jemnější frakci $PM_{2,5}$ (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 2,5 μm). Názorně jsou tyto částice velikostně srovnány s lidským vlasem na Obr. 11.

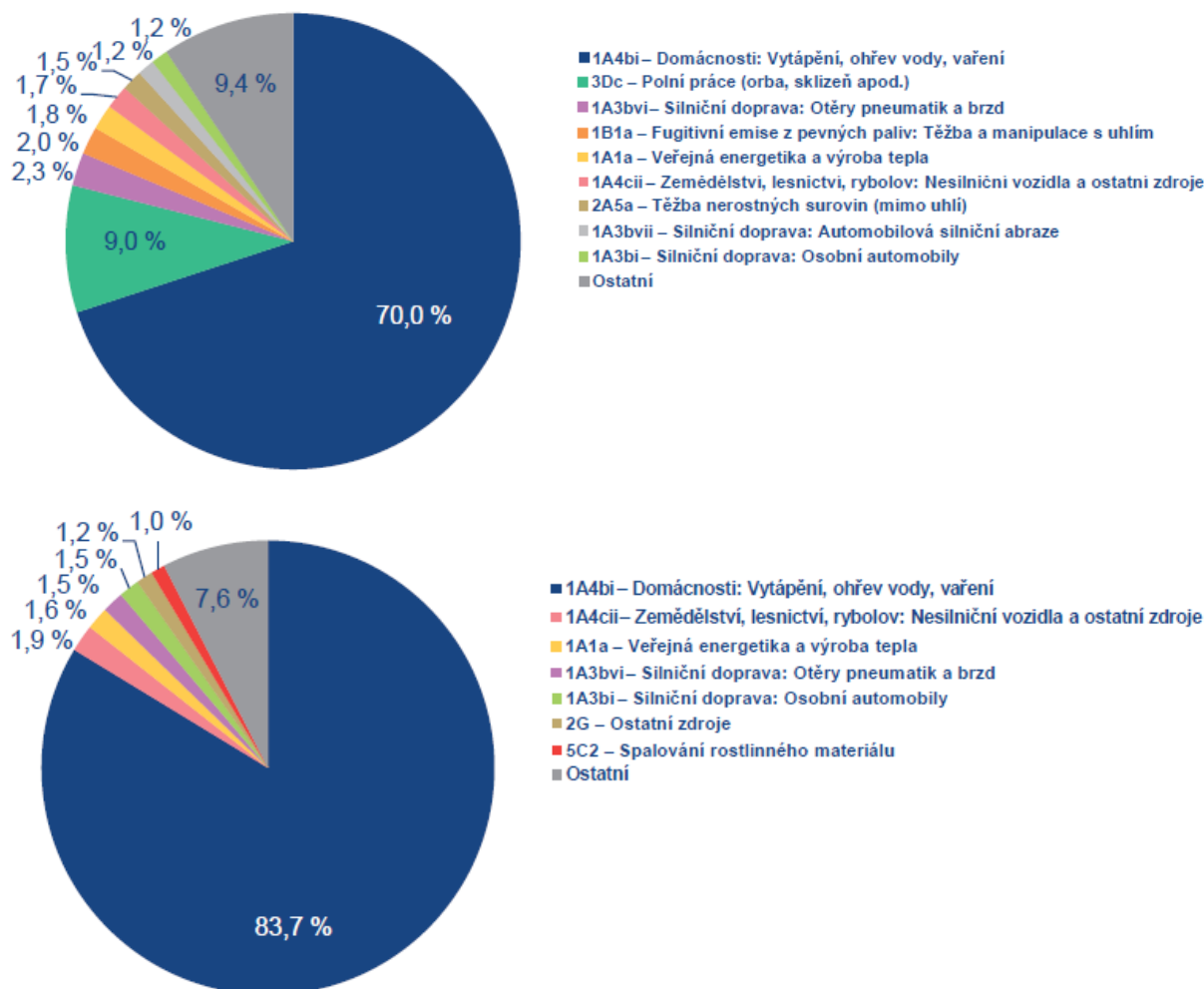


Obr. 11 – Srovnání velikostí částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ s lidským vlasem a zrnkem písku. Zdroj: US EPA

Emisní inventury částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ prováděné podle současných metodik zahrnují pouze emise produkované primárními zdroji. Ve srovnání s emisemi jiných znečišťujících látek jsou emise PM_x vnášeny do ovzduší z velkého počtu významnějších skupin zdrojů. Kromě zdrojů, ze kterých jsou tyto látky vypouštěny řízeně komínem nebo výduchy (průmyslové zdroje, lokální topeniště, doprava), pochází významné množství emisí PM ze zdrojů fugitivních (kamenolomy, skládky prašných materiálů, operace s prašnými materiály apod.). Zahrnuty jsou rovněž emise z otěrů pneumatik, brzdového obložení a abraze vozovek vypočítávané z dopravních výkonů. Kvalitu ovzduší ovlivňuje rovněž resuspenze částic (znovuzvření), která do standardně prováděných emisních inventur není zahrnuta.

Mezi hlavní zdroje emisí částic v roce 2021 patřil sektor 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami PM_{10} 70 % a $PM_{2,5}$ 83,7 %. Mezi další významné zdroje emisí PM_{10} patřil sektor 3Dc – Polní práce, kde tyto emise vznikají

při zpracování půdy, sklizni a čištění zemědělských plodin. Tento sektor představoval 9 % emisí PM_{10} . Z hlediska účinku na lidské zdraví jsou velkým rizikem emise částic pocházející z dopravy, především ze spalování paliv ve vznětových motorech, které produkují částice o velikosti jednotek až stovek nanometrů [7]. Mobilní zdroje se na emisích PM_{10} v roce 2021 podílely 5,4 % a na emisích $PM_{2,5}$ 4,6 % [8].



Obr. 12 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM_{10} (nahore) a $PM_{2,5}$ (dole) v ČR, rok 2021 [8]

Suspendované částice mají významné zdravotní důsledky, které se projevují již při velmi nízkých koncentracích bez zřejmé spodní hranice bezpečné koncentrace. Zdravotní rizika částic ovlivňuje jejich koncentrace, velikost, tvar a chemické složení. Při akutním působení částic může dojít k podráždění sliznic dýchací soustavy, zvýšené produkci hlenu apod. Tyto změny mohou způsobit snížení imunity a zvýšení náchylnosti k onemocnění dýchací soustavy. Opakující se onemocnění mohou vést ke vzniku chronické bronchitidy a kardiovaskulárním potížím. Při akutním působení částic může dojít k zvýraznění symptomů u astmatiků a navýšení celkové nemocnosti a úmrtnosti populace. Dlouhodobé vystavení působení částic může vést ke vzniku onemocnění respiračního a kardiovaskulárního systému. Míra zdravotních důsledků je ovlivněna řadou faktorů, jako je například aktuální zdravotní stav jedince, alergická dispozice nebo kouření. Citlivou skupinou jsou děti, starší lidé a lidé trpící onemocněním

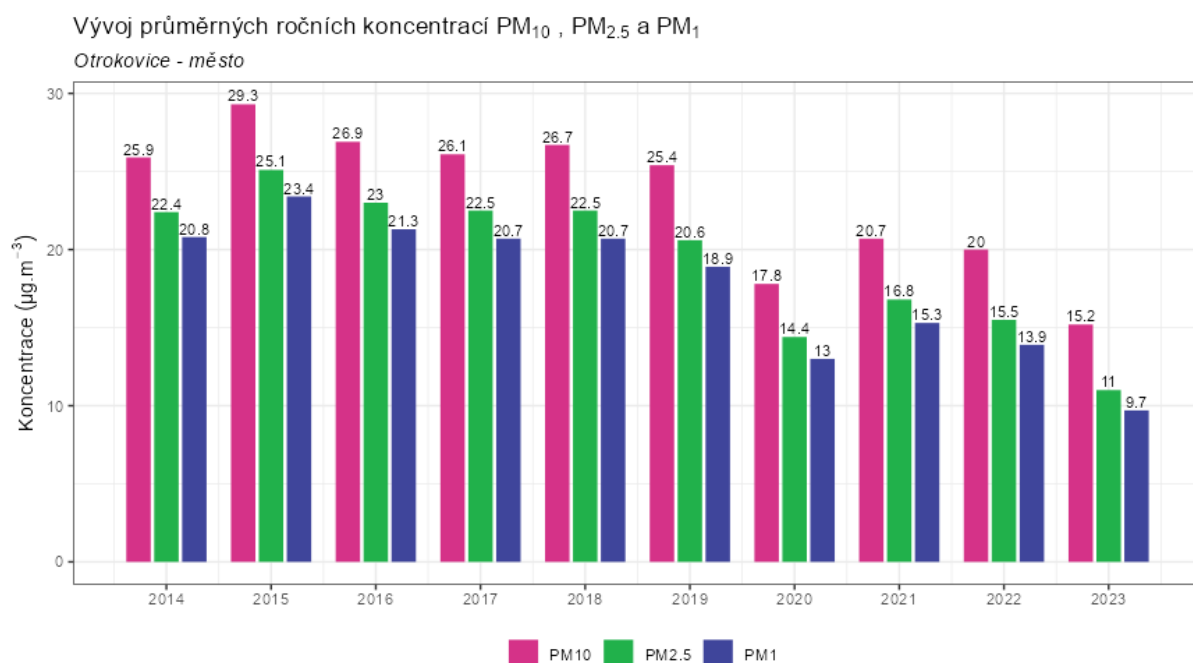
dýchací a oběhové soustavy. Nejzávažnější zdravotní dopady, tj. kardiovaskulární a respirační účinky a navýšení úmrtnosti, mají jemné a ultra jemné částice s velikostí aerodynamického průměru pod 1 μm [8], [9].

3.1.1 Průměrné roční koncentrace

Průměrná roční koncentrace PM_{10} činila v roce 2023 v lokalitě Otrokovice – město $15,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Imisní limit tedy překročen nebyl. Průměrná roční koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ činila v roce 2023 v lokalitě Otrokovice – město $11,0 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Imisní limit tedy překročen nebyl.

Průměrná roční koncentrace PM_1 činila v roce 2023 v lokalitě Otrokovice – město $9,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Následující Obr. 13 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě Otrokovice – město. Z grafu je patrné, že proti roku 2022 došlo ve všech sledovaných frakcích prašnosti k mírnému poklesu průměrných ročních koncentrací. Svůj vliv na nižší koncentrace v posledních letech mohou mít i opatření spojená s onemocněním Covid 19. Nejvyšší koncentrace PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$ byly měřeny v roce 2015, nejnižší byly zaznamenány právě v roce 2023.

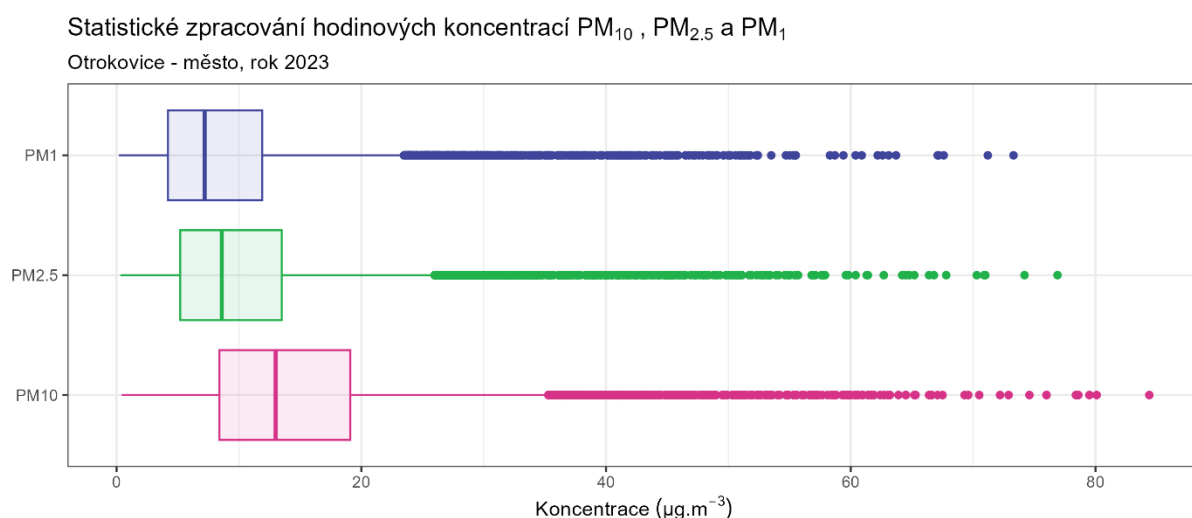


Obr. 13 -Vývoj průměrných ročních koncentrací PM, lokalita Otrokovice – město

Následující Tab. 2 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé frakce PM. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2023 pak zobrazuje Obr. 14.

Tab. 2 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě Otrokovice – město, rok 2023

| STATISTIKA | PM10 | PM25 | PM01 |
|------------|------|------|------|
| PRŮMĚR | 15,2 | 11 | 9,6 |
| MAXIMUM | 84,4 | 76,9 | 73,3 |
| MEDIÁN | 13 | 8,6 | 7,2 |
| MINIMUM | 0,4 | 0,3 | 0,2 |

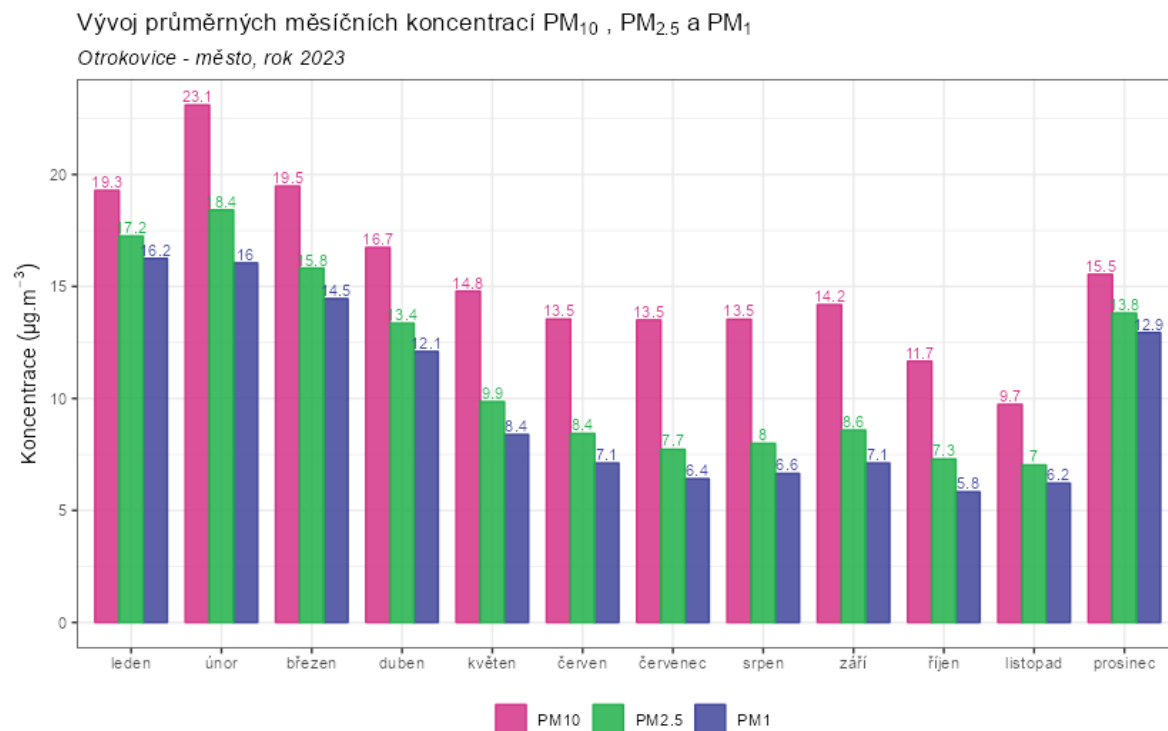


Obr. 14 – Statistické zpracování hodinových koncentrací PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě Otrokovice – město, rok 2023

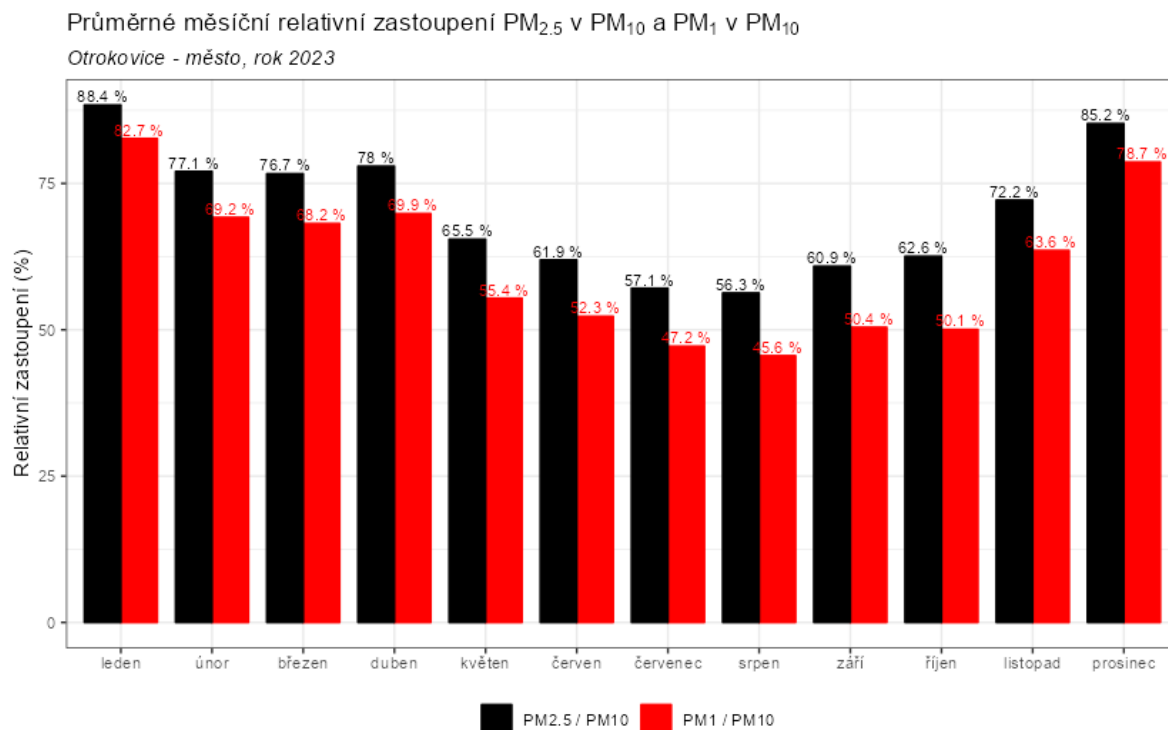
3.1.2 Průměrné měsíční koncentrace

Na Obr. 15 jsou průměrné měsíční koncentrace PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 . Z obrázku je patrné, že v letních měsících jsou koncentrace nejnižší, naopak v chladné části roku jsou měřeny vyšší koncentrace. Nejvyšší průměrná měsíční koncentrace PM_{10} byla naměřena v únoru. Od května do září byly naměřeny poměrně vyrovnané nízké koncentrace všech frakcí PM.

Průměrné měsíční zastoupení jemnějších frakcí v PM_{10} zobrazuje Obr. 16. Z něj je patrné, že v chladné části roku je jemnější a nebezpečnější frakce zastoupena podstatně více (až 90 %), než v létě, kdy se jemnější frakce podílí zhruba 60 %.



Obr. 15 - Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀, PM_{2.5} a PM₁, Otrokovice – město, rok 2023



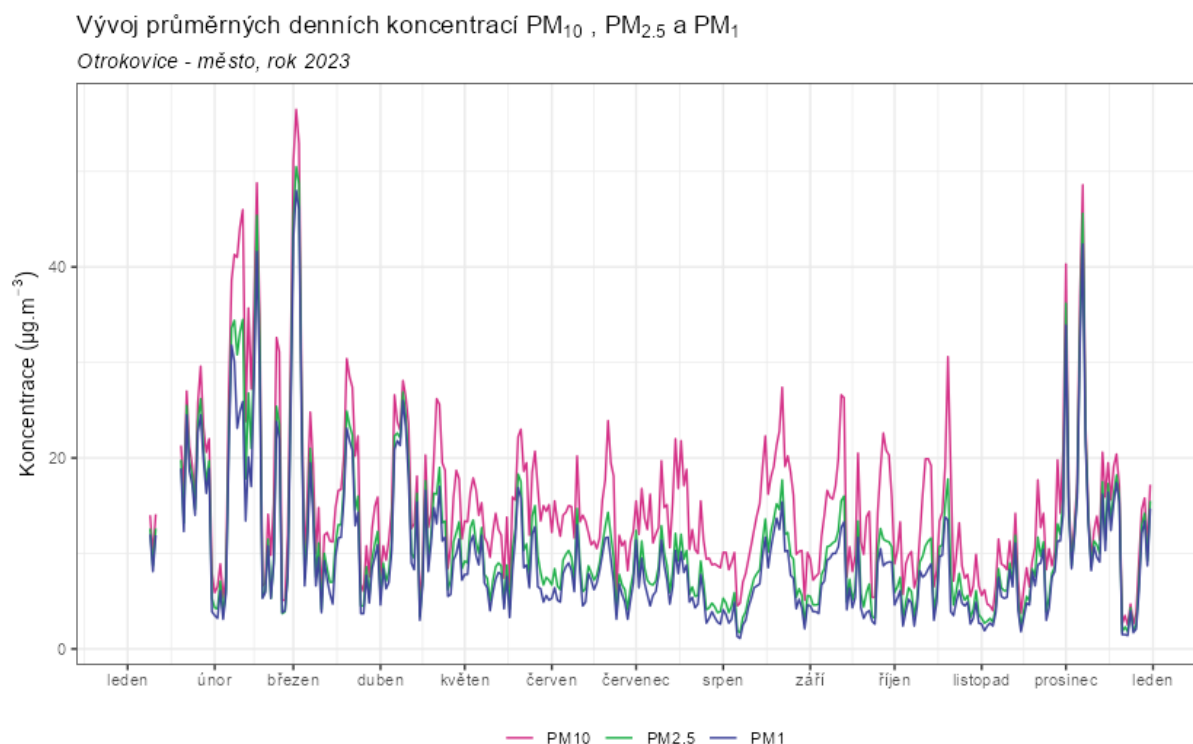
Obr. 16 – Průměrné měsíční zastoupení PM_{2.5} v PM₁₀ a PM₁ v PM₁₀, lokalita Otrokovice – město, rok 2023

3.1.3 Průměrné denní koncentrace PM

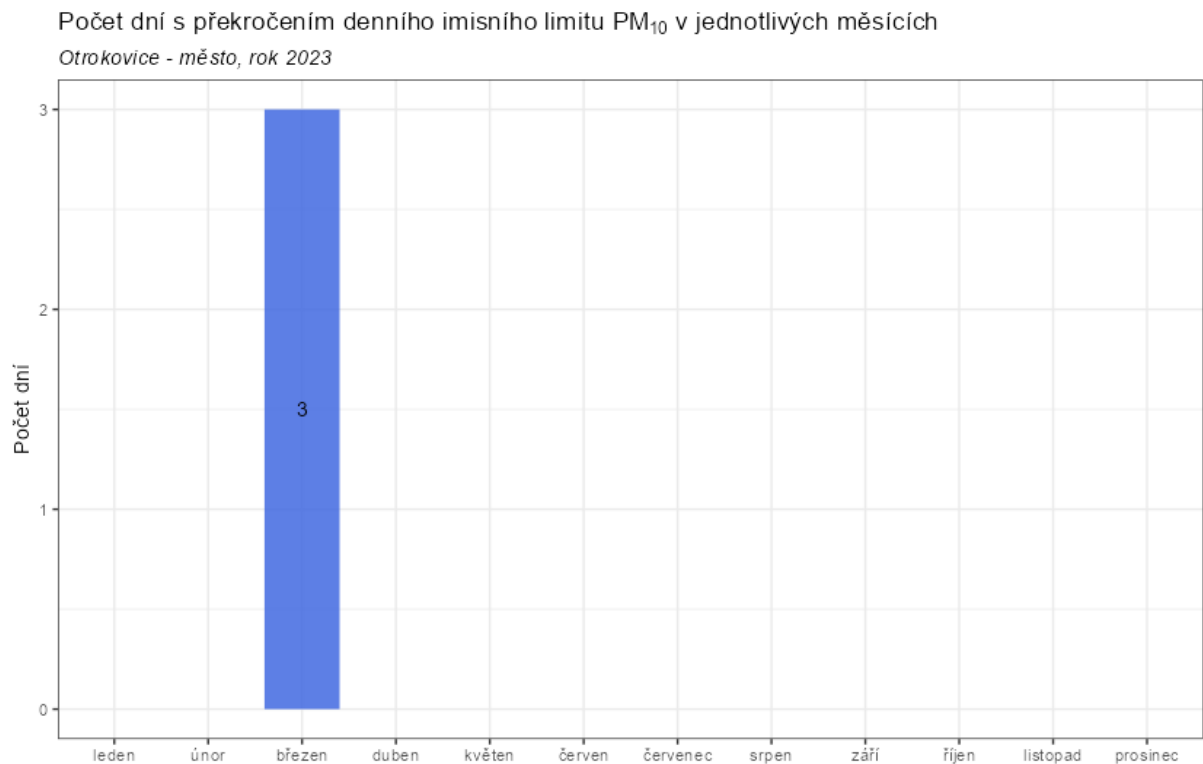
Vývoj průměrných denních koncentrací PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě Otrokovice – město zobrazuje následující Obr. 17. Z grafu je patrné, že koncentrace jemnějších frakcí $PM_{2,5}$ a PM_1 do značné míry kopírují hrubší frakci PM_{10} a z velmi velké části tak PM_{10} tvoří.

Průměrné denní koncentrace vyšší, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) se vyskytují pouze v chladné části. V měsících květen–září, kdy nejsou v provozu lokální topeniště a jsou příznivější rozptylové podmínky, jsou koncentrace všech frakcí PM nižší a k překračování hodnoty limitu až na výjimky nedochází. Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu v jednotlivých měsících zobrazuje následující Obr. 18. K překročení došlo pouze v měsíci březnu (Obr. 5). Za rok 2023 došlo souhrnně pouze ke 3 překročením hodnoty imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} , imisní limit tedy překročen nebyl (zákon umožňuje za kalendářní rok 35 překročení této hodnoty).

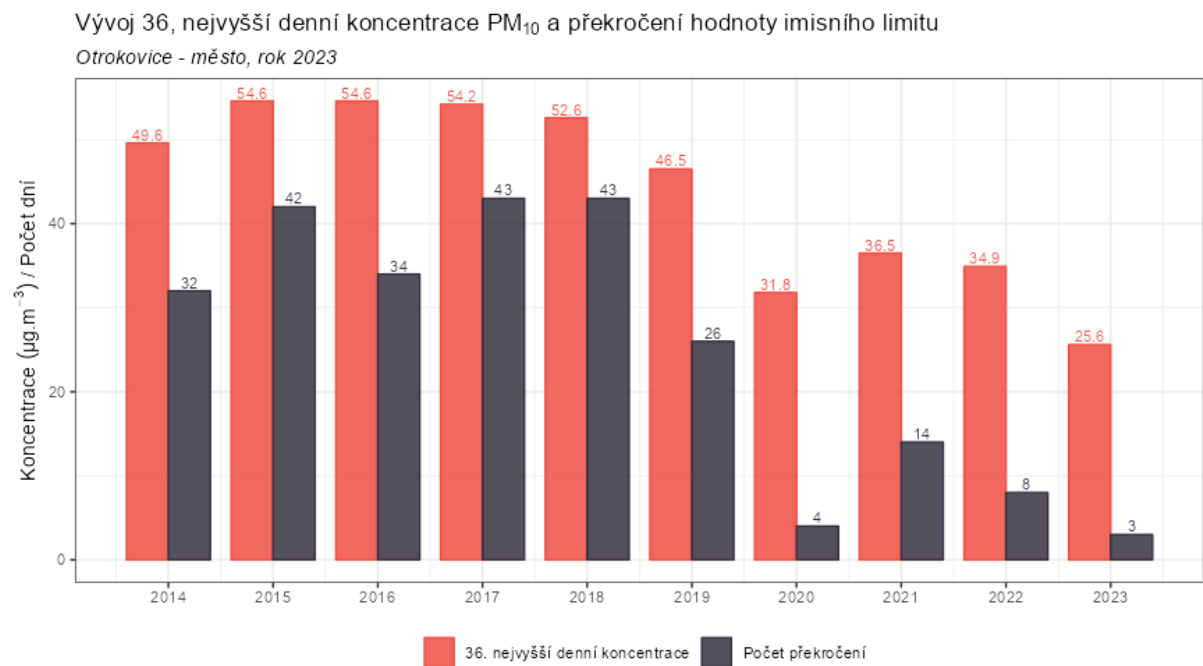
Vývoj charakteristik, vztahujících se k dennímu imisnímu limitu pro PM_{10} (36. nejvyšší koncentrace PM_{10} za kalendářní rok a počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu) zobrazuje Obr. 19. Z grafu je patrné, že v roce 2023 došlo proti roku 2022 k mírnému poklesu obou sledovaných charakteristik, naměřené hodnoty jsou nejnižší za celé sledované období.



Obr. 17 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 , Otrokovice – město, rok 2023



Obr. 18 – Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ v jednotlivých měsících, Otrokovice – město



Obr. 19 – Vývoj 36. nejvyšší denní koncentrace PM₁₀ a počtu dní s překročením hodnoty imisního limitu pro denní koncentraci PM₁₀, lokalita Otrokovice – město

Vzhledem k tomu, že jsou trend a z velké části i hodnoty PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 téměř totožné (Obr. 17), bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro PM_{10} , avšak totéž platí i pro jemnější frakce.

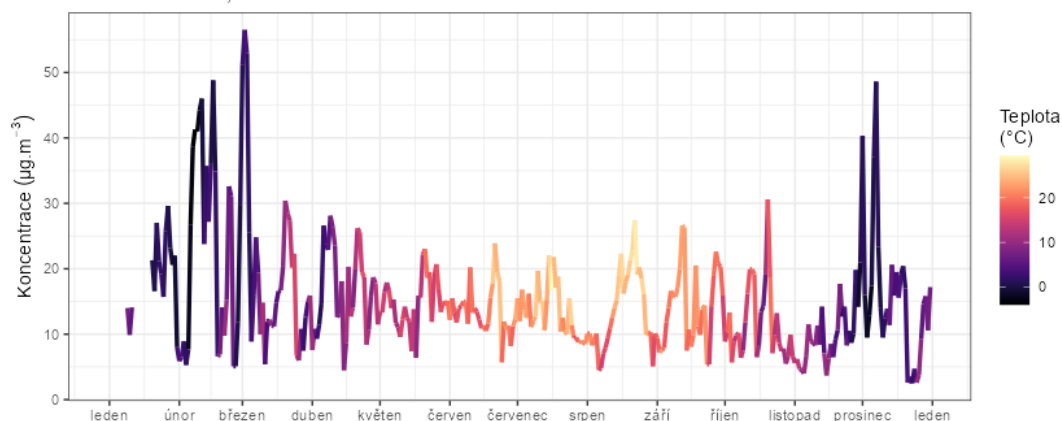
Na Obr. 20 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací PM_{10} , zbarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním relativní vlhkost.

Z grafů je pak patrné, že vyšší koncentrace PM_{10} jsou měřeny při nízkých teplotách a nízkých rychlostech větru. To jsou podmínky charakteristické pro teplotní inverzi. Nízké teploty se dále promítnou do potřeby více topit, takže se i zvyšují emise z lokálních topenišť – v chladné části roku nejvýznamnější zdroj prašnosti. Nízké rychlosti větru pak zabraňují dostatečnému rozptylu škodlivin a koncentrace se tak neustále zvyšují.

V případě března, kdy byly měřeny nejvyšší koncentrace PM a došlo k nejvíce překročením hodnoty denního imisního limitu pro PM_{10} měly meteorologické podmínky zřejmě významný vliv. Ze začátku měsíce došlo k propadu teplot až k bodu mrazu, průměrná měsíční teplota se téměř neliší od února. Z grafu rychlosti větru je patrné, že při nejvyšších koncentracích panovaly velmi nízké rychlosti větru až bezvětří. V druhé polovině měsíce března je patrný rovněž významný pokles relativní vlhkosti vzduchu, který zapříčinil nejnižší průměrnou vlhkost v průměru mezi měsíci (Obr. 8). To může naznačovat vpád suchého kontinentálního vzduchu, který v sobě mohl nést i znečištění. Suchý vzduch beze srážek ve spojení s nižšími teplotami a nízkými rychlostmi větru s tak mohl podepsat na vyšších koncentracích škodlivin v ovzduší.

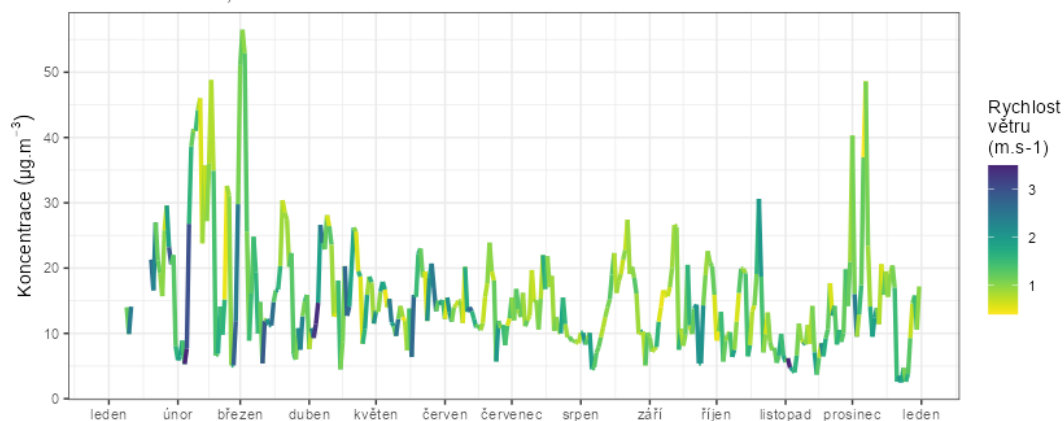
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na teplotě vzduchu

Otrokovice - město, rok 2023



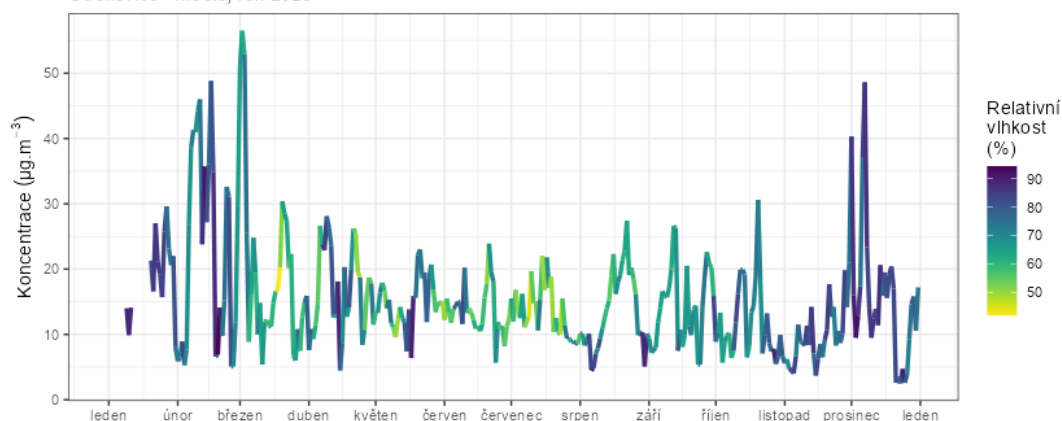
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na rychlosti větru

Otrokovice - město, rok 2023



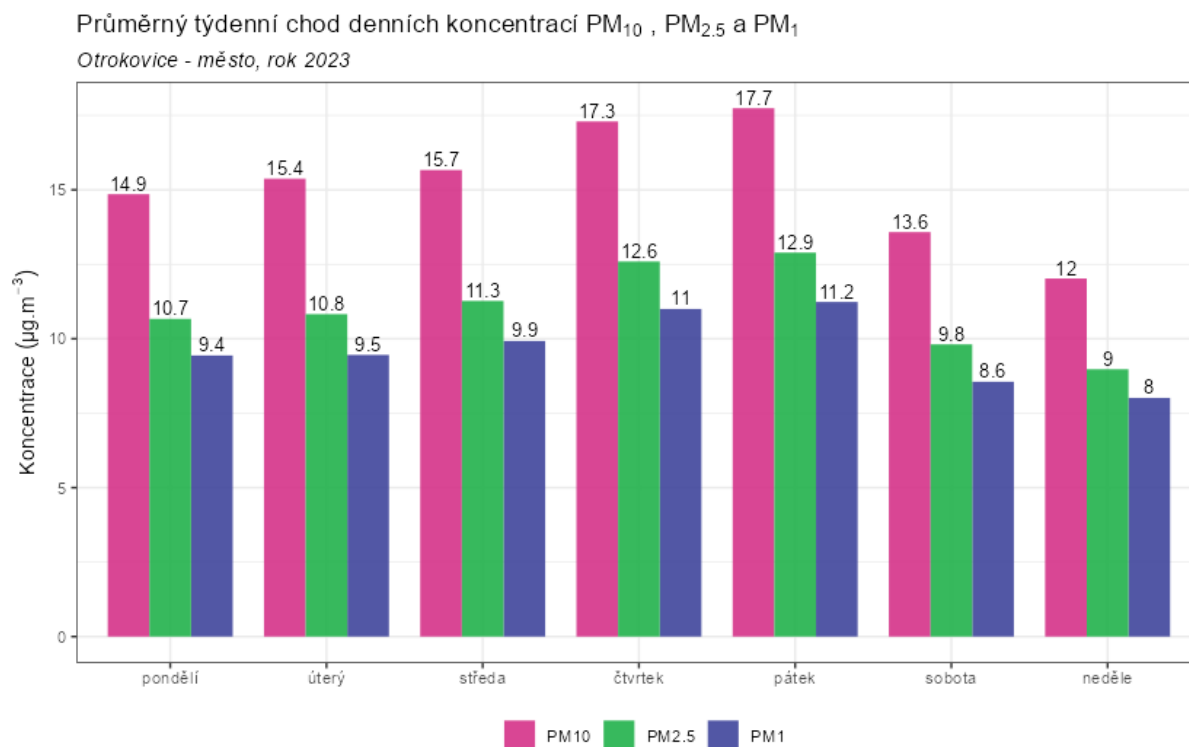
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Otrokovice - město, rok 2023



Obr. 20 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace PM₁₀, Otrokovice – město, rok 2023

Z hlediska týdenního chodu průměrných denních koncentrací PM_{10} , $PM_{2.5}$ a PM_1 (Obr. 21) je nejhorším dnem pátek. Naopak nejnižší koncentrace byly měřeny v neděli.



Obr. 21 – Průměrný týdenní chod denních koncentrací PM_{10} , Otrokovice – město, rok 2023

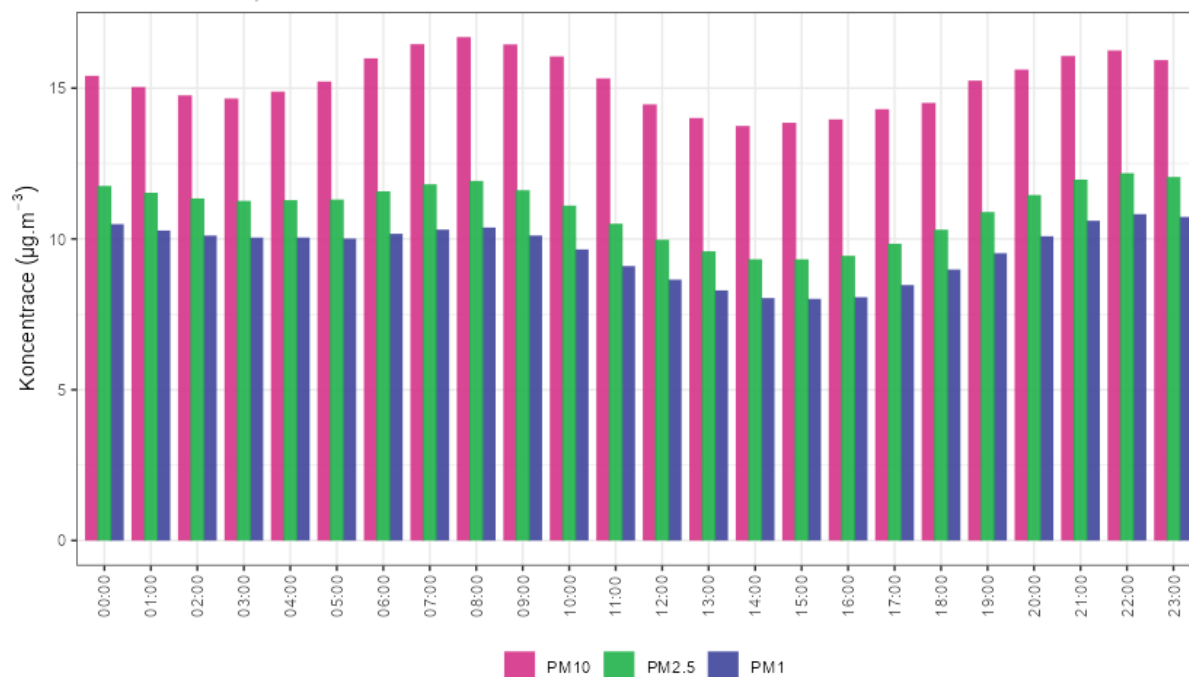
3.1.4 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací PM_{10} (a v podstatě také $PM_{2.5}$ a PM_1) v lokalitě Otrokovice – město. Denní chod koncentrací PM_{10} zobrazuje Obr. 22.

Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací PM_{10} jsou dosahovány během ranní dopravní špičky kolem 7. hodiny ráno a dále pak ve večerních a nočních hodinách. Večerní vysoké hodnoty jsou pravděpodobně důsledek návratu lidí z práce a zatopení v lokálních topeništích, které plošně navýší hodnoty koncentrací prašnosti v celém území. Svůj vliv mají také rozptylové podmínky, které bývají v noci horší. Nárůst začíná kolem 16. hodiny a zůstává zvýšený zhruba do 22. hodiny. Poté dochází k postupnému poklesu koncentrací. Minimální hodnoty jsou pak měřeny během odpoledne.

Průměrný denní chod hodinových koncentrací PM₁₀, PM_{2.5} a PM₁

Otrokovice - město, rok 2023

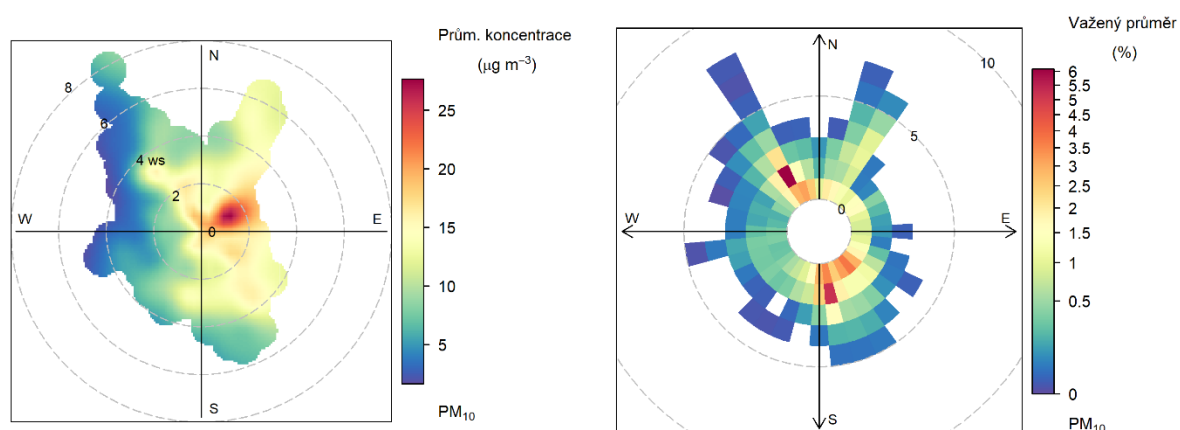


Obr. 22 – Denní chod hodinových koncentrací PM₁₀, PM_{2.5} a PM₁, Otrokovice – město, rok 2023

Koncentrační růžice jsou nástroj pro analýzu znečištění ovzduší na základě meteorologických charakteristik. Pro jejich konstrukci jsou použita hodinová data meteorologických prvků a koncentrací škodlivin. Vychází se z větrné růžice, do polárních souřadnic se ukládá jednak směr větru jako u klasické větrné růžice, a dále pak rychlost větru – ve středu růžice je bezvětří, s rostoucí vzdáleností od středu roste rychlost větru. Pro jednotlivé rychlosti a směry větru je pak v koncentrační růžici zprůměrována koncentrace dané škodliviny, naměřená vždy při daných rychlostech a směrech větru.

Základní koncentrační růžice tak ukazuje, při jakých rychlostech a směrech větru jsou v průměru dosahovány (nejvyšší) koncentrace. Vážená koncentrační růžice pak vypočte vážený průměr (tzn. že je vzata v úvahu také četnost výskytu), a dává tak informaci, jakým procentem se jednotlivé směry větru podílí na měřených koncentracích dané škodliviny.

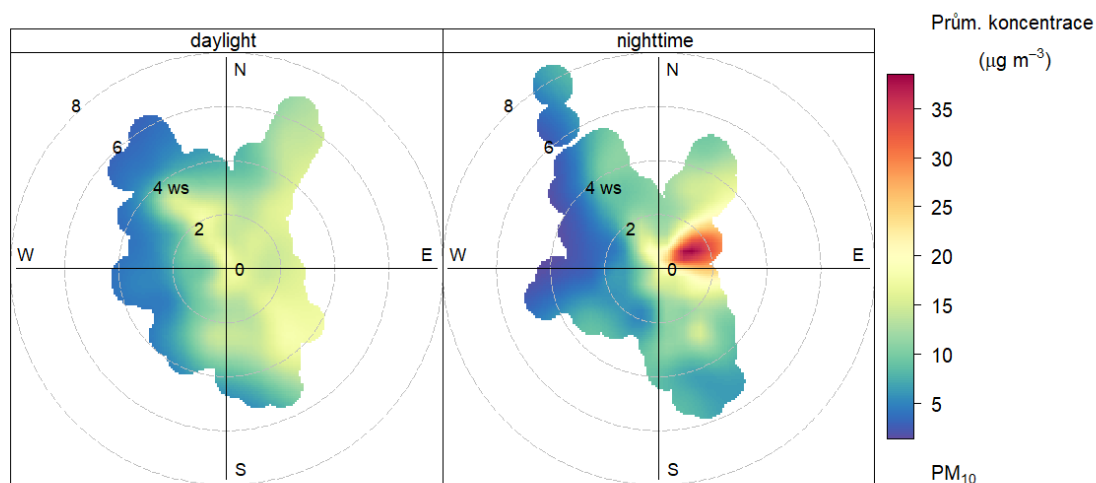
Následující Obr. 23 zobrazuje tyto dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Otrokovice – město.



Obr. 23 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro PM₁₀, Otrokovice – město, rok 2023

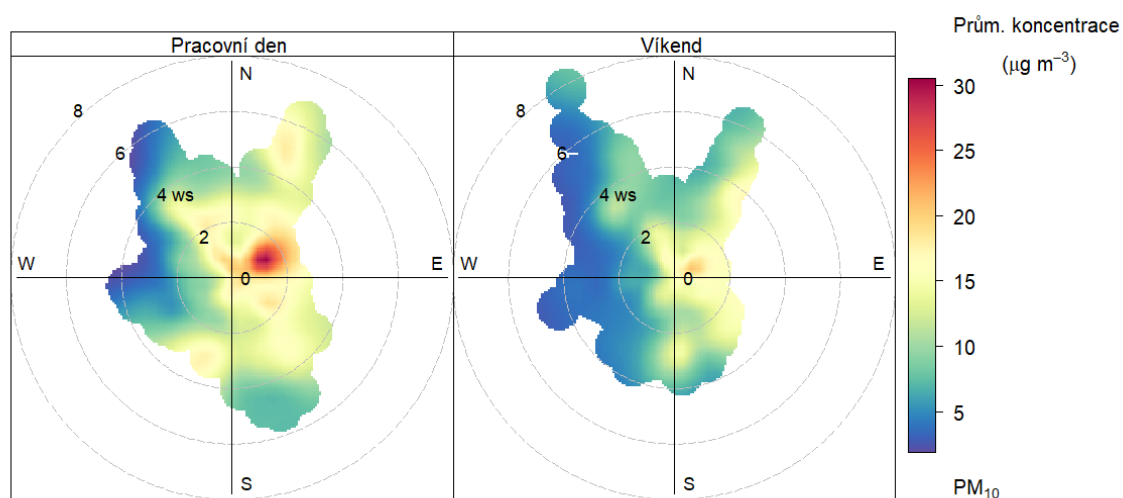
Z Obr. 23 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při severovýchodním proudění a převážně nižších rychlostech větru. Co se týče relativního příspěvku k měřeným koncentracím, převládají severozápadní, jižní a jihovýchodní směry větru (z těchto směrů fouká nejčastěji) a spíše nízké rychlosti větru.

Na následujícím Obr. 24 je koncentrační růžice rozdělená na den a noc. Vyšší koncentrace při bezvětrí či nízkých rychlostech větru převládají zejména v nočních hodinách. V denních hodinách jsou koncentrace zvýšené zejména při proudění z východních směrů.



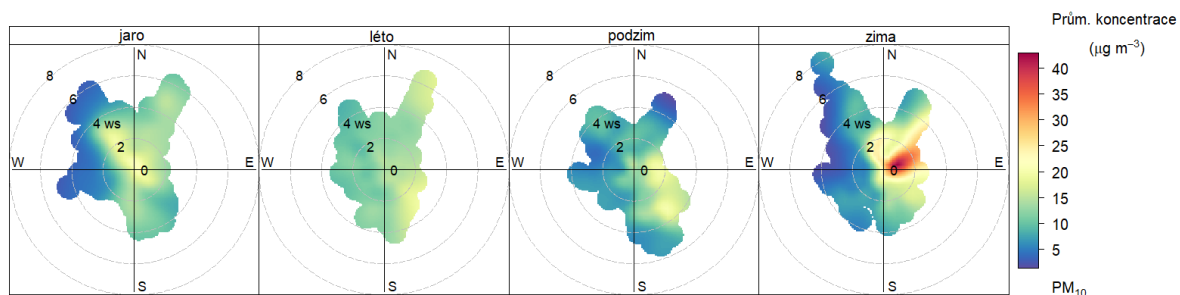
Obr. 24 – Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Otrokovice – město, rok 2023

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendy. Jak ukazuje následující Obr. 25, vyšší koncentrace jsou měřeny v pracovní dny, o víkendech jsou koncentrace nižší, mírně zvýšené zejména při bezvětrí a proudění ze severovýchodu.



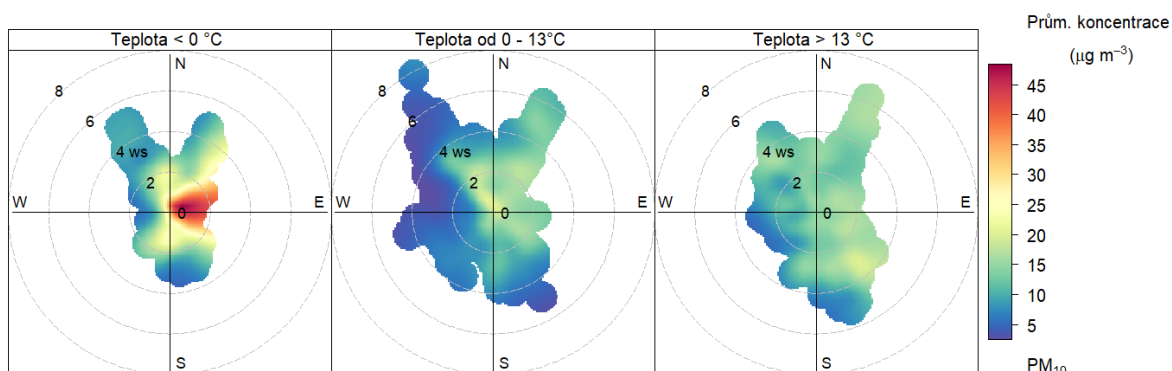
Obr. 25 – Koncentrační růžice v pracovní dny a o víkendu, Otrokovice – město, rok 2023

Následující Obr. 26 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Vysoké koncentrace byly měřeny pouze v zimních měsících, v ostatních ročních obdobích byly koncentrace pouze zvýšené. Zvýšené koncentrace v zimních měsících může být důsledek teplotní inverze, zhoršených rozptylových podmínek a vlivu lokálních topenišť. V jarních měsících mohou přetrvávat nízké teploty, a dále může vyšší prašnost souviset s posypovým materiálem, který po zimě vysychá a může dojít k jeho resuspenzi.



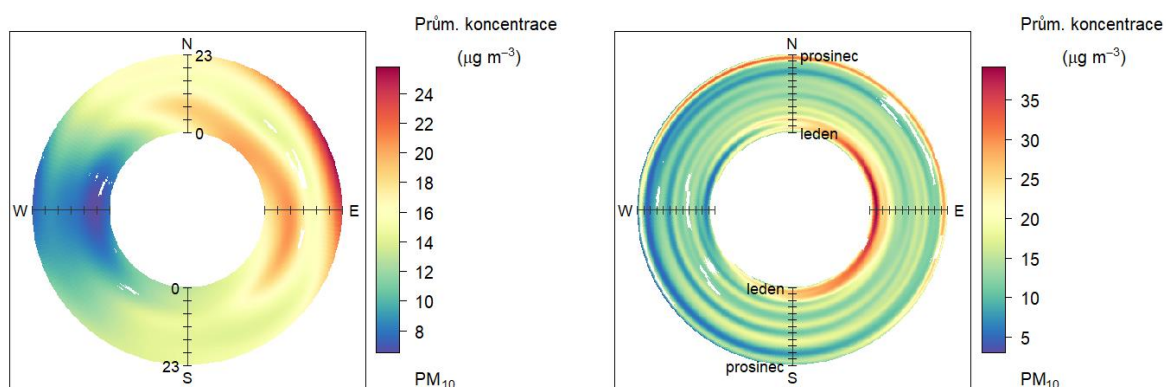
Obr. 26 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Otrokovice – město, rok 2023

Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 27 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou měřeny při teplotách vzduchu nižších než 0 °C a nízkých rychlostech větru při proudění z východních směrů. Při vyšších teplotách jsou již pouze mírně zvýšené.



Obr. 27 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Otrokovice – město, rok 2023

Cenné informace poskytuje rovněž průměrný denní a roční chod, členěný dle směru větru. V případě denního chodu je uprostřed první hodina po půlnoci a na okraji pak 23. hodina. V případě ročního chodu je pak uprostřed 1. 1. a na okraji 31. 12. Směry větru jsou totožné jako v případě růžic.



Obr. 28 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Otrokovice – město, rok 2023

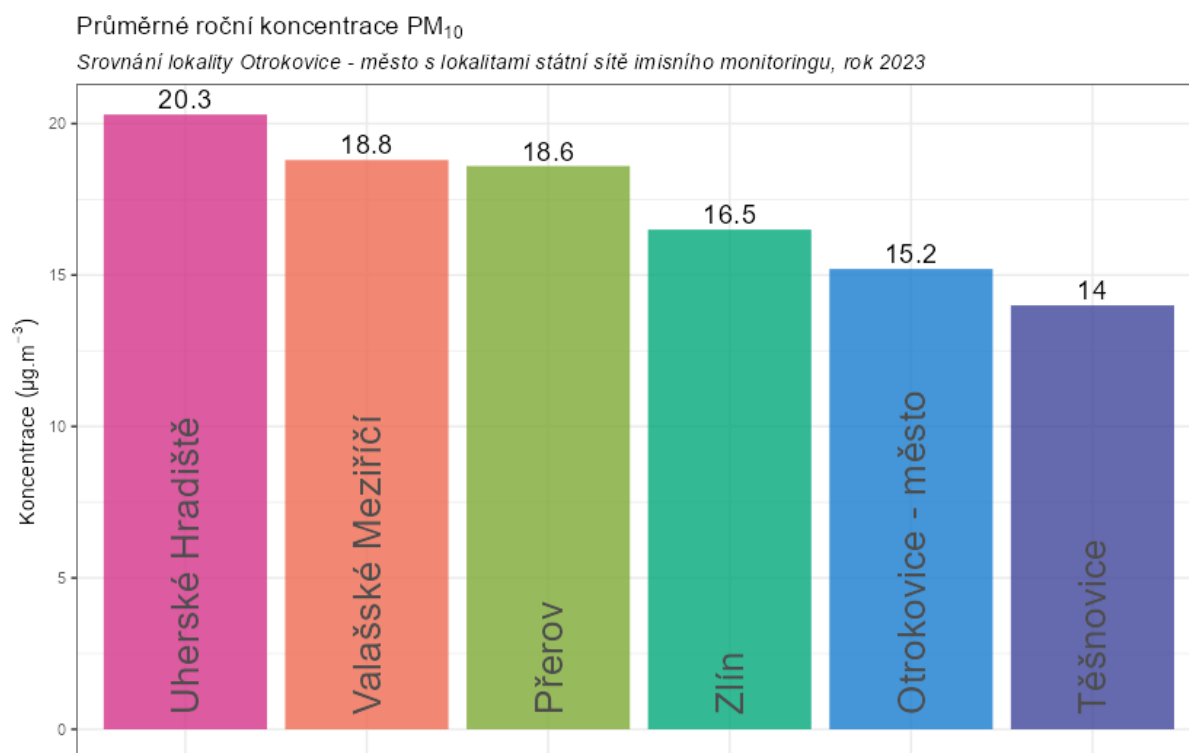
Z Obr. 28 pak vyplývá, že v případě lokality Otrokovice – město v roce 2023 byly nejvyšší koncentrace PM_{10} měřeny v nočních a ranních hodinách při proudění ze severovýchodu až východu. Na těchto koncentracích se může podílet vliv dopravy, vytápění, ale také dálkového transportu z těchto směrů. Při proudění ze západu bývají koncentrace pouze nízké. V případě ročního chodu jsou významné zejména začátek roku a východní směry a dále konec roku a severní směry proudění větru.

3.1.5 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

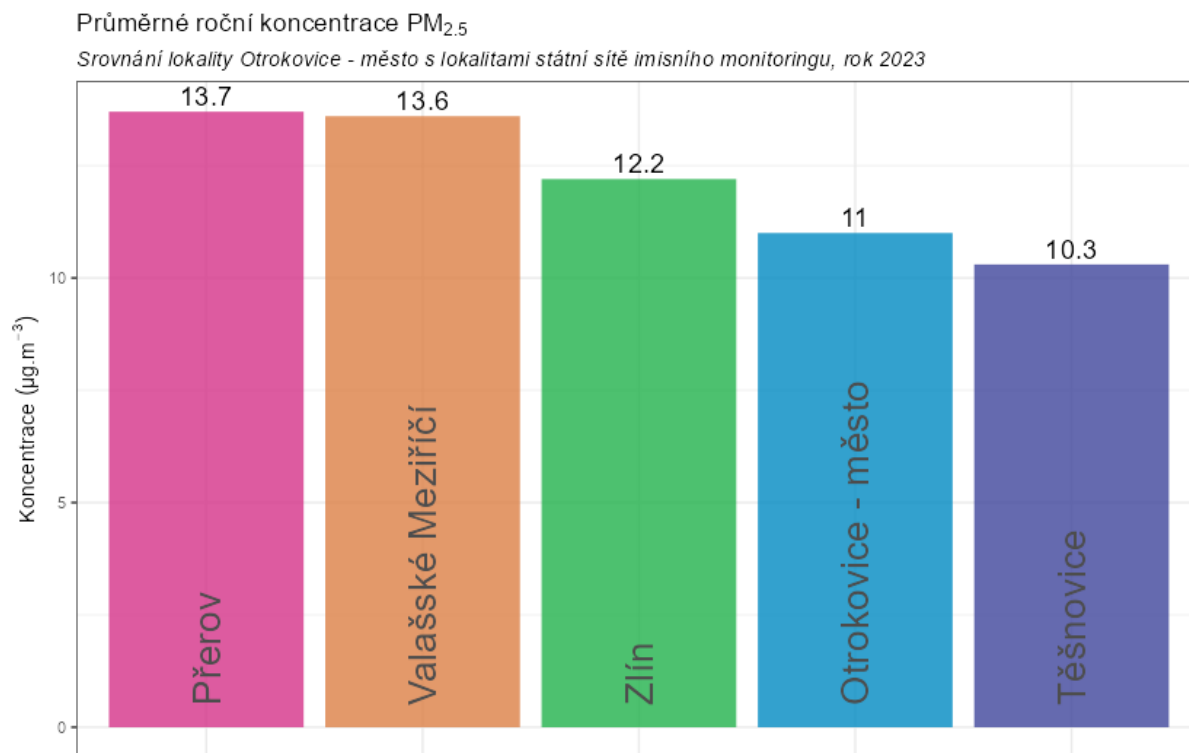
V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Otrokovice – město, srovnány s hodnotami naměřenými ve státní síti imisního monitoringu Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).

Na následujícím Obr. 29 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace částic PM_{10} na blízkých lokalitách v roce 2023 a srovnány s lokalitou Otrokovice – město. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Otrokovice – město jsou měřeny spíše nižší koncentrace PM_{10} . Nejnižší hodnotu naměřila venkovská pozadřová lokalita Těšnovice. Nejvyšší koncentrace PM_{10} byly naměřeny v dopravní lokalitě Uherské Hradiště. Žádná z uvedených lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{10} .

Na následujícím grafu na Obr. 30 jsou obdobně zobrazeny hodnoty průměrných ročních koncentrací $PM_{2,5}$ na vybraných lokalitách. Z grafu je patrné, že lokalita Otrokovice – město dosahuje opět nižších hodnot v regionu, nejvyšší koncentrace $PM_{2,5}$ byly naměřeny v lokalitě Přerov (v lokalitě Uherské Hradiště měření $PM_{2,5}$ neprobíhá), koncentrace ve všech lokalitách jsou poměrně vyrovnané. Žádná z lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci $PM_{2,5}$.



Obr. 29 – Srovnání průměrné roční koncentrace PM_{10} lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



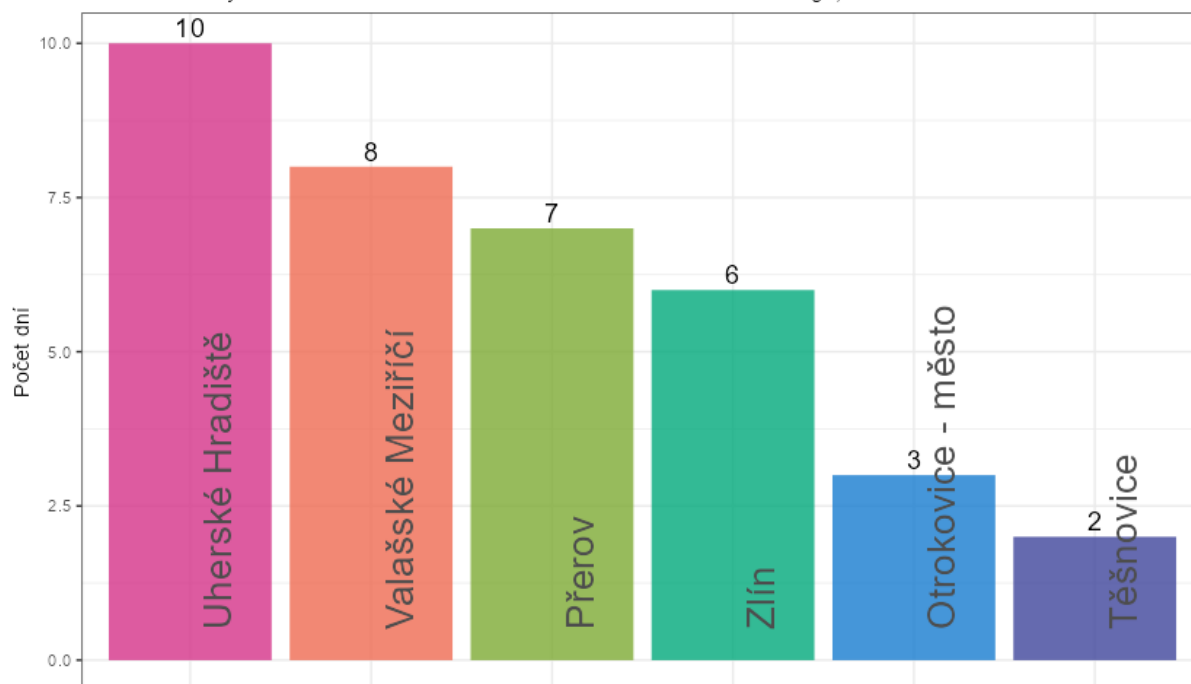
Obr. 30 – Srovnání průměrné roční koncentrace $PM_{2.5}$ lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023

Graf na následujícím Obr. 31 zobrazuje poslední legislativou sledovanou charakteristiku pro suspendované částice PM_{10} . Jedná se o imisní limit pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} , jehož hodnota může být z kalendářní rok 35x překročena. V grafu je zobrazen právě počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} . V případě překročení limitu je číslo v popisku zobrazeno červeně.

Z grafu je patrné, že k překročení imisního limitu na žádné z vybraných lokalit nedošlo. Lokalita Otrokovice – město plnila imisní limit v roce 2023, došlo ke 3 překročením. Nejvíce překročení zaznamenala lokalita Uherské Hradiště (10). Nejméně překročení zaznamenala opět venkovská pozadřová lokalita Těšnovice (2).

Počet dní s koncentracemi PM_{10} vyššími, než je hodnota denního imisního limitu

Srovnání lokality Otrokovice - město s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2023

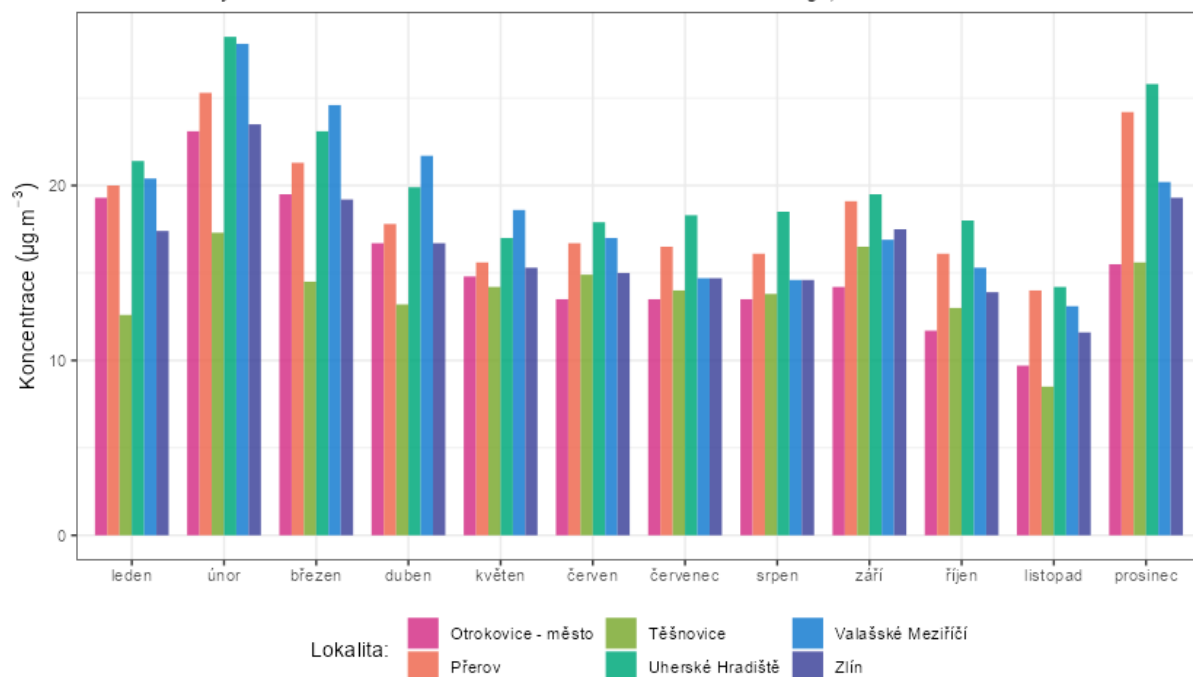


Obr. 31 – Počet dní s průměrnými denními koncentracemi PM_{10} vyššími, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} , vybrané lokality státní sítě imisního monitoringu, rok 2023

Následující grafy zobrazují průměrné měsíční koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$ naměřené ve vybraných lokalitách. Z obou grafů je patrné, že vývoj koncentrací v jednotlivých měsících byl na všech lokalitách podobný. Rovněž je patrné, že obdobně jako v lokalitě Otrokovice – město byly i v ostatních lokalitách měsíce s nejvyššími koncentracemi stejné – zejména únor a prosinec. Je tedy zřejmé, že vliv na zvýšené koncentrace neměly lokální zdroje, ale ovlivnění bylo regionální, resp. nadregionální.

Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀

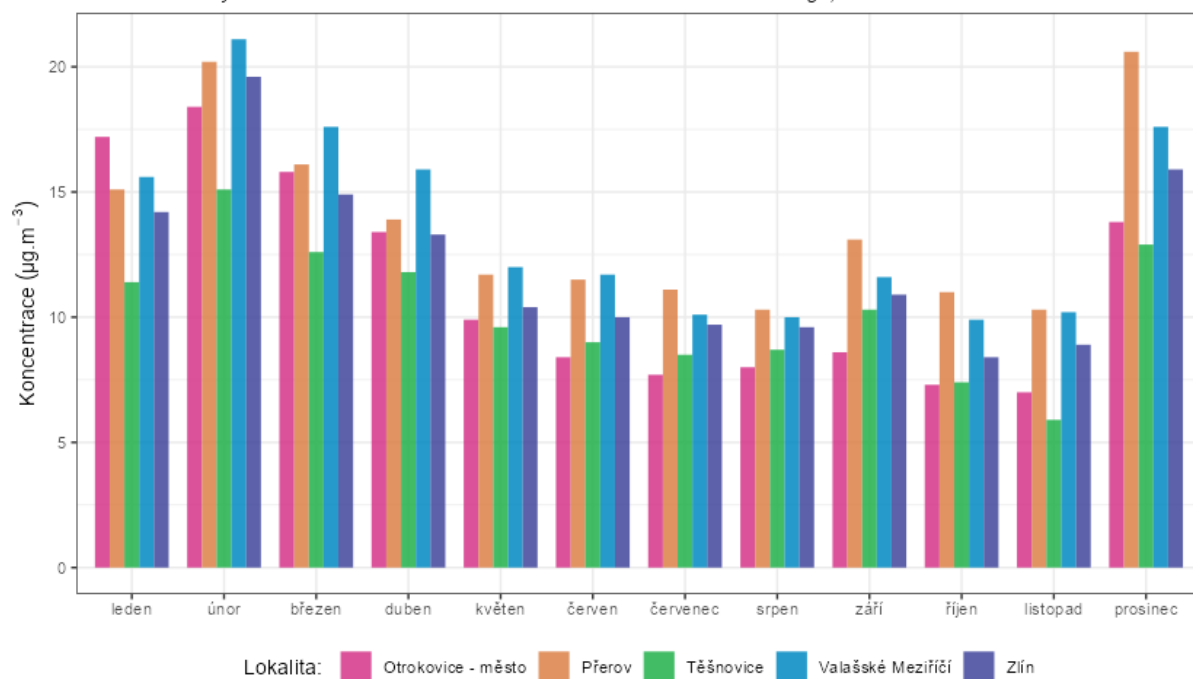
Srovnání lokality Otrokovice - město s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



Obr. 32 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM₁₀ lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023

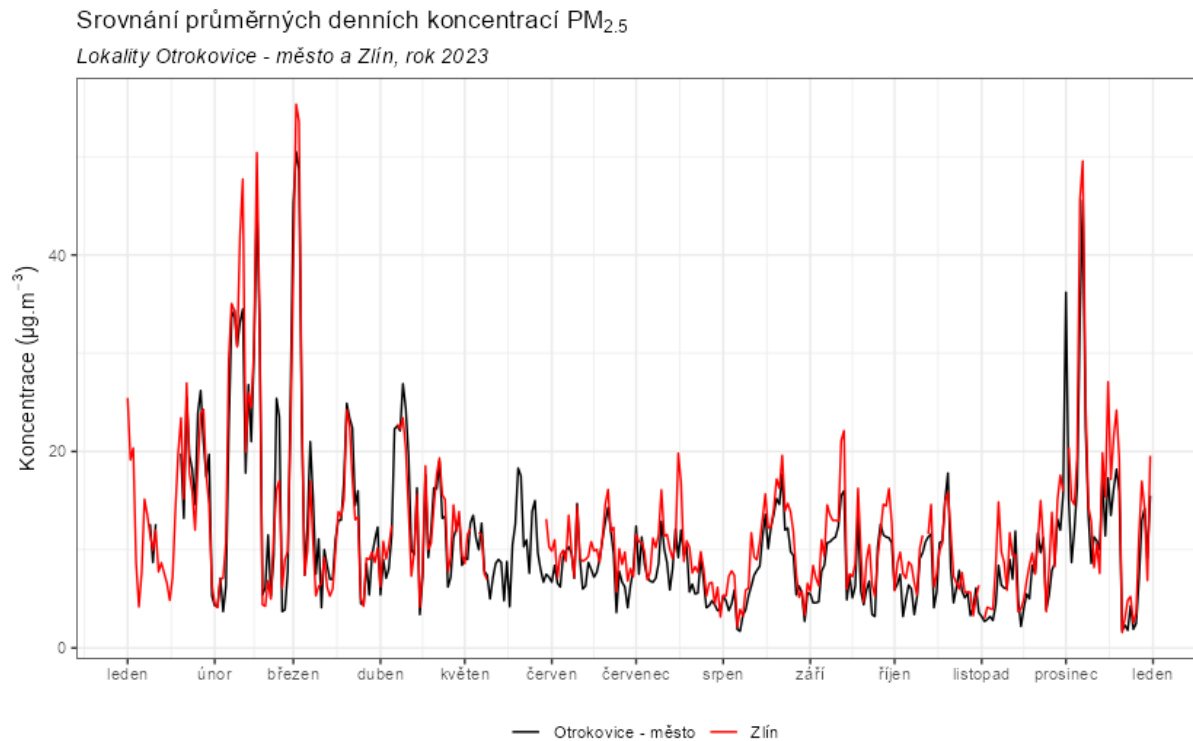
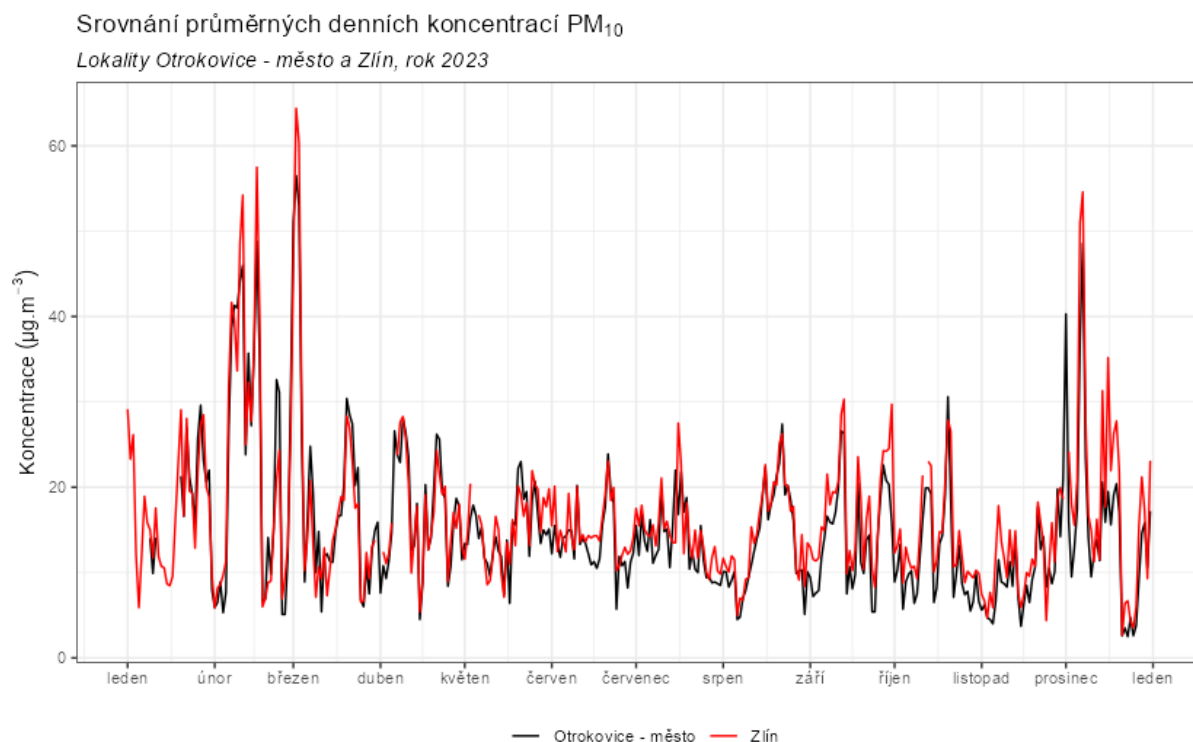
Průměrné měsíční koncentrace PM_{2.5}

Srovnání lokality Otrokovice - město s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



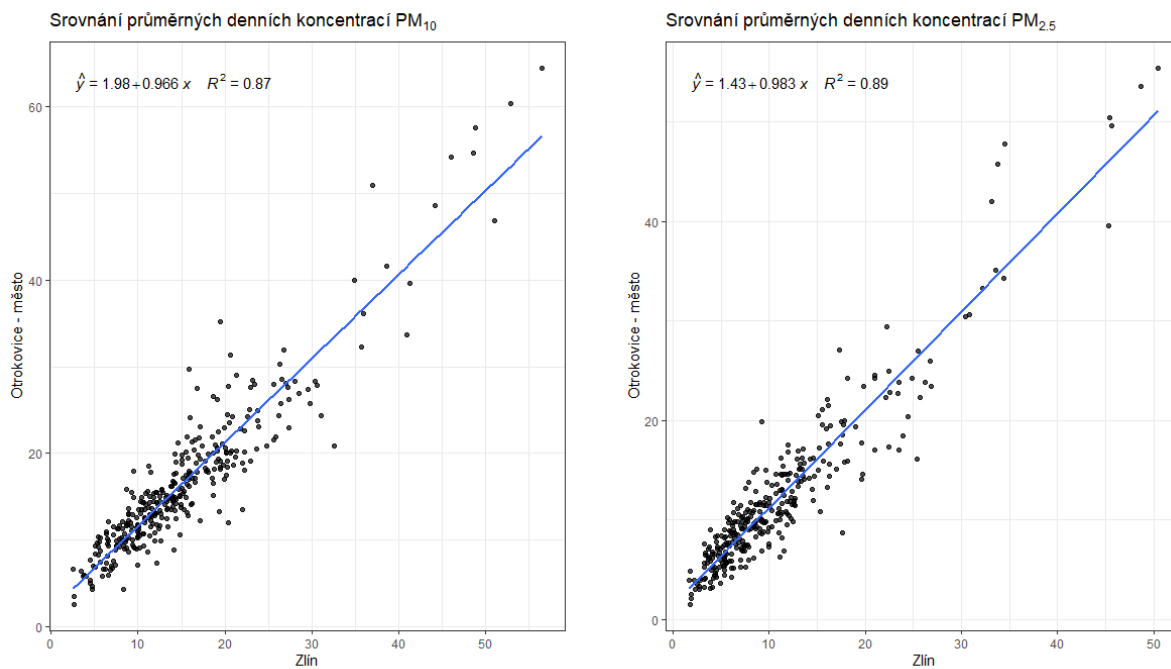
Obr. 33 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM_{2.5} lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023

Následující graf na Obr. 34 srovnání průměrných denních koncentrací PM₁₀ (nahore) a PM_{2,5} (dole) s lokalitou státní sítě imisního monitoringu Zlín.



Obr. 34 – Srovnání průměrných denních koncentrací PM₁₀, lokality Otrokovice – město a Zlín, rok 2023

Z grafu je dobře patrné, že vývoj průměrných denních koncentrací je v obou lokalitách velmi podobný. Mezi stanicemi existuje dobrá korelace jak pro PM_{10} , tak pro $PM_{2,5}$, jak ukazují grafy na Obr. 35.



Obr. 35 – Srovnání průměrných denních koncentrací v lokalitě Zlín a Otrokovice – město, rok 2023

3.2 OXIDY DUSÍKU NO₂, NO A NO_x

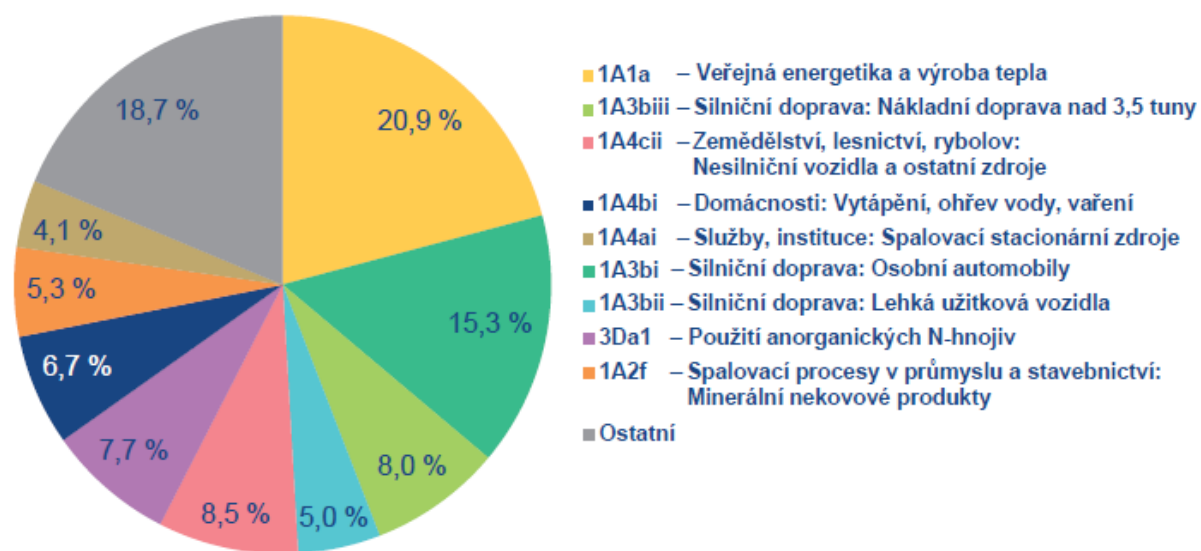
Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO_x) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO₂) [10].

Pro oxid dusičitý jsou v příloze 1 zákona o ochraně ovzduší [1] uvedeny dva imisní limity. Pro průměrnou roční koncentraci a pro hodinovou koncentraci, která může být za kalendářní rok 18 x překročena (Tab. 1).

Z hlediska imisních limitů je na území ČR důležitý pouze imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO₂. Imisní limit pro hodinovou koncentraci není v současnosti na žádné lokalitě v ČR překračován, a to ani na dopravně nejzatíženějších lokalitách, jako je Praha-Legerova.

Více než 90 % z celkových oxidů dusíku ve venkovním ovzduší je emitováno ve formě NO. NO₂ vzniká relativně rychle reakcí NO s přízemním ozonem nebo s radikály typu HO₂, popř. RO₂ [11]. Řadou chemických reakcí se část NO_x přemění na HNO₃/NO₃⁻, které jsou z atmosféry odstraňovány suchou a mokrou atmosférickou depozicí. Pozornost je věnována NO₂ z důvodu jeho negativního vlivu na lidské zdraví. Hraje také klíčovou roli při tvorbě fotochemických oxidantů.

V Evropě vznikají emise NO_x převážně z antropogenních spalovacích procesů, kde NO vzniká reakcí mezi dusíkem a kyslíkem ve spalovaném vzduchu a částečně i oxidací dusíku z paliva. Hlavní antropogenní zdroje představuje především silniční doprava (významný podíl má ovšem i doprava letecká a vodní) a dále spalovací procesy ve stacionárních zdrojích. Méně než 10 % celkových emisí NO_x vzniká ze spalování přímo ve formě NO₂. Přírodní emise NO_x vznikají převážně z půdy, vulkanickou činností a při vzniku blesků. Jsou poměrně významné z globálního pohledu, z pohledu Evropy však představují méně než 10 % celkových emisí [13].



Obr. 36 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO_x v ČR, rok 2021 [8]

Největší množství emisí NO_x pochází z mobilních. Mobilní zdroje se v roce 2021 na celkových emisích NO_x podílely 36,8 %. Sektor 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily se podílel 15,3 %, sektor 1A4cii – Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje se podílel 8,5 %, 1A3biii – Silniční

doprava: Nákladní doprava nad 3,5 t a 1A3bii – Silniční doprava: Lehká užitková vozidla se na celorepublikových emisích NO_x v roce 2021 podílely 8 % a 5 %.

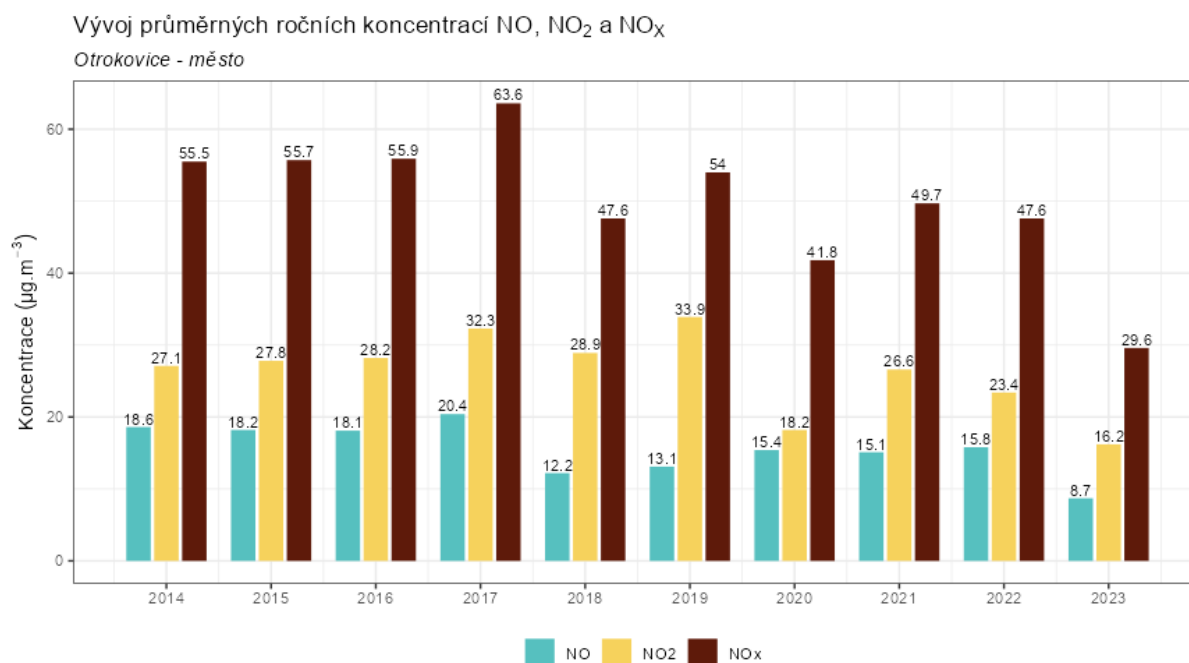
Ze sektoru 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla bylo do ovzduší vneseno 20,9 % emisí NO_x, ze sektoru 3Da1 – Použití anorganických N-hnojiv 7,7 %, a ze sektoru 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření 6,7 % [8].

3.2.1 Průměrné roční koncentrace

Průměrná roční koncentrace NO₂ činila v roce 2023 v lokalitě Otrokovice – město 16,2 µg·m⁻³. Imisní limit tedy překročen nebyl.

Průměrná roční koncentrace NO činila v roce 2023 v lokalitě Otrokovice – město 8,7 µg·m⁻³. Průměrná roční koncentrace NO_x činila v roce 2023 v lokalitě Otrokovice – město 29,6 µg·m⁻³.

Následující Obr. 37 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací NO, NO₂ a NO_x v lokalitě Otrokovice – město. Z grafu je patrné, že hodnota koncentrace NO i NO₂ (a potažmo NO_x) proti roku 2022 mírně klesla. Naměřené hodnoty byly nejnižší ve sledovaném období.



Obr. 37 -Vývoj průměrných ročních koncentrací NO, NO₂ a NO_x, lokalita Otrokovice – město

Následující Tab. 3 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé oxidy dusíku. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2023 pak zobrazuje Obr. 38. Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že maximální hodnota hodinové koncentrace NO₂ se pohybovala pod 1/2 hodnoty imisního limitu pro hodinové koncentrace NO₂

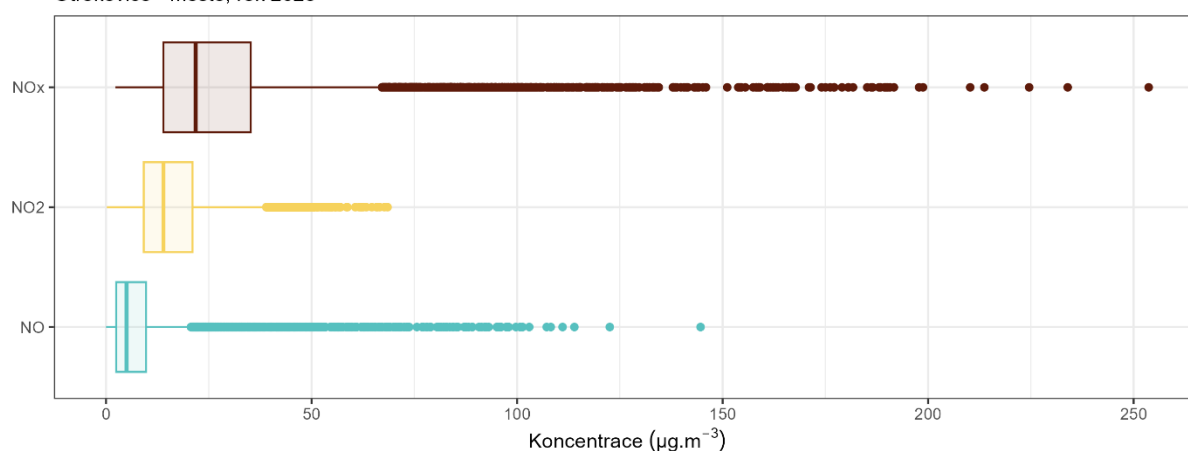
($200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Tato hodnota může být navíc 18x za kalendářní rok překročena. Imisní limit pro hodinové koncentrace NO_2 je tedy v lokalitě Otrokovice – město s velmi velkou rezervou plněn.

Tab. 3 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací NO , NO_2 a NO_x v lokalitě Otrokovice – město, rok 2023

| STATISTIKA | NO | NO ₂ | NO _x |
|------------|-------|-----------------|-----------------|
| PRŮMĚR | 8,7 | 16,2 | 29,6 |
| MAXIMUM | 144,6 | 68,5 | 253,7 |
| MEDIÁN | 5 | 14 | 21,8 |
| MINIMUM | 0 | 0,2 | 2,3 |

Statistické zpracování hodinových koncentrací NO , NO_2 a NO_x

Otrokovice - město, rok 2023



Obr. 38 – Statistické zpracování hodinových koncentrací NO , NO_2 a NO_x v lokalitě Otrokovice – město, rok 2023

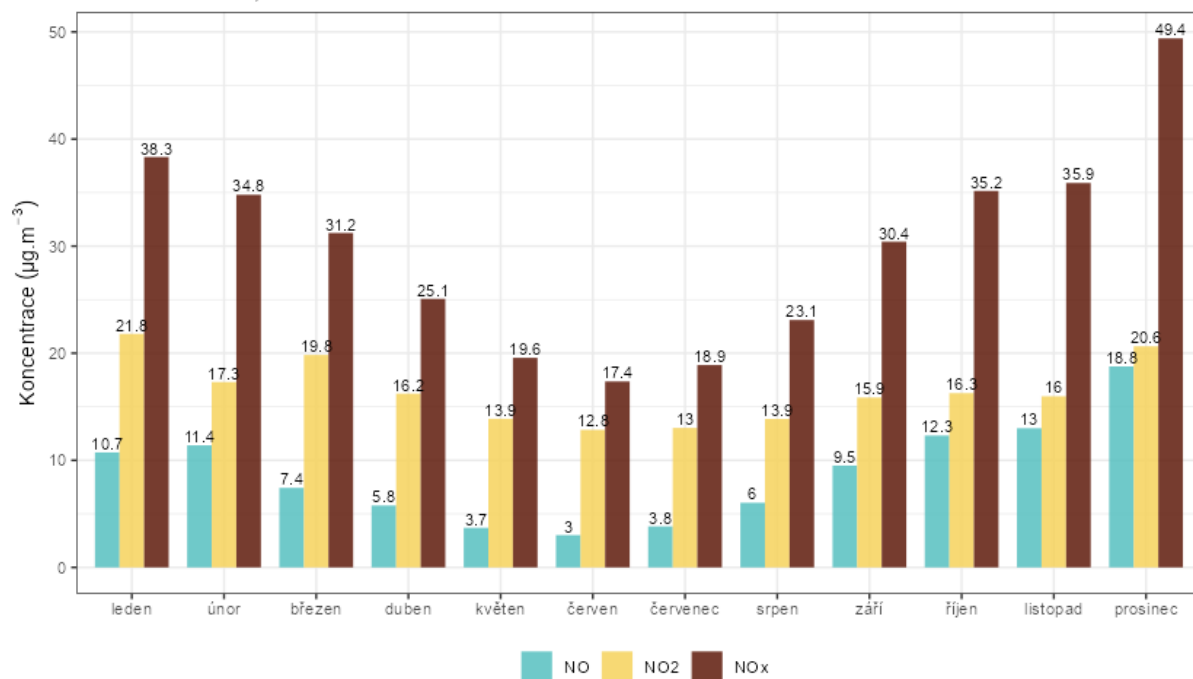
3.2.2 Průměrné měsíční koncentrace

Na Obr. 39 jsou průměrné měsíční koncentrace NO , NO_2 a NO_x . Z obrázku je patrné, že v letních měsících jsou koncentrace NO_2 nižší, naopak v chladné části roku jsou měřeny vyšší koncentrace. Nejvyšší průměrná měsíční koncentrace NO_2 byla naměřena v lednu.

Poměr měsíčních koncentrací NO / NO_2 zobrazuje Obr. 40. Poměr je nejvyšší koncem roku v listopadu a prosinci, kdy se koncentrace NO téměř dorovnaly koncentracím NO_2 , což indikuje významný vliv dopravy na koncentrace v lokalitě.

Vývoj průměrných měsíčních koncentrací NO, NO₂ a NO_x

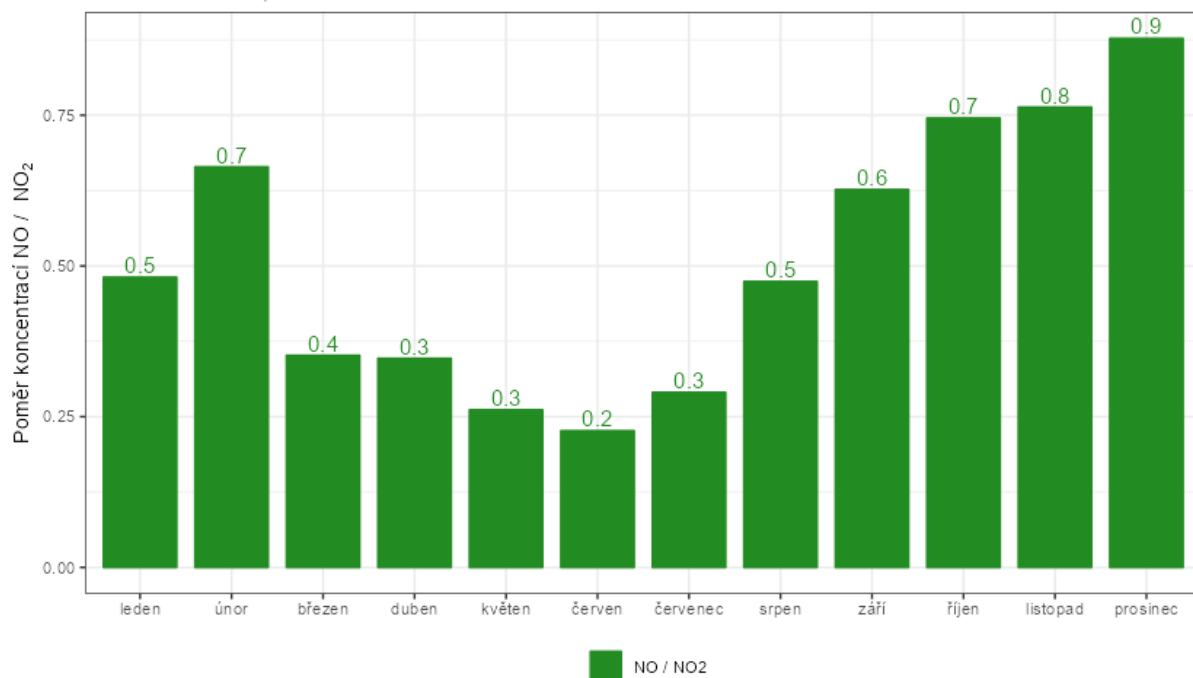
Otrokovice - město, rok 2023



Obr. 39 - Průměrné měsíční koncentrace NO, NO₂ a NO_x, Otrokovice – město, rok 2023

Průměrný měsíční poměr koncentrací NO / NO₂

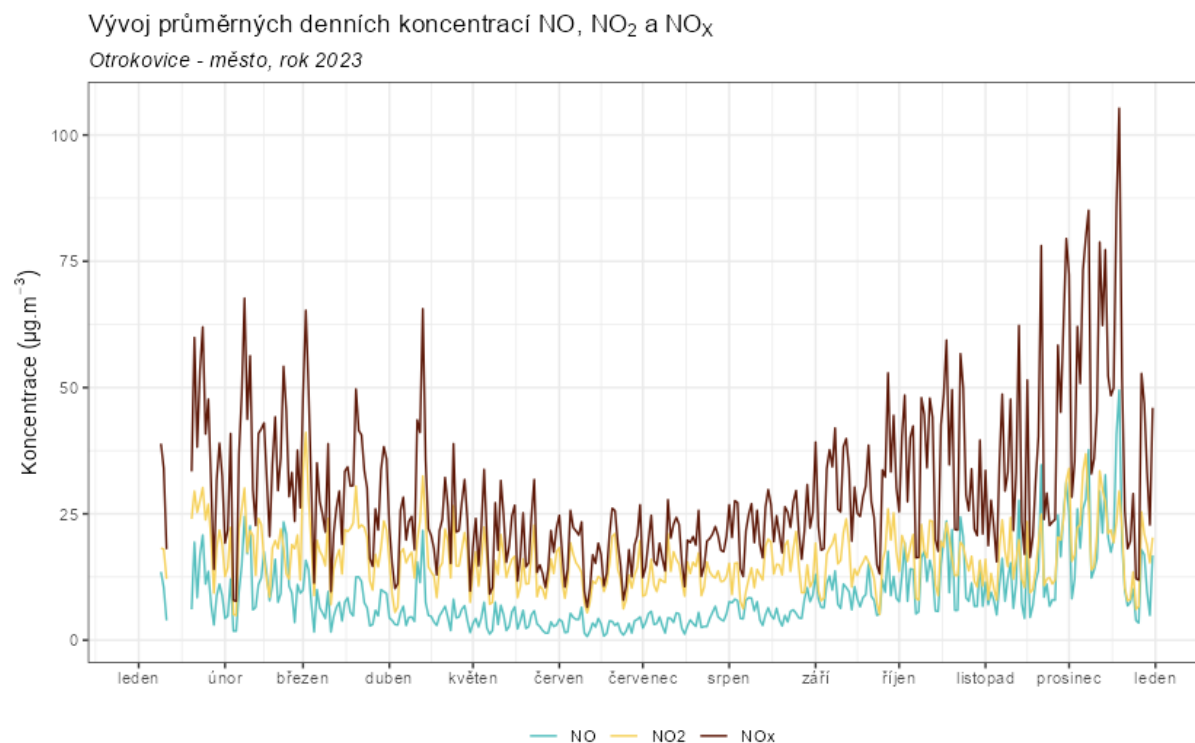
Otrokovice - město, rok 2023



Obr. 40 – Poměr měsíčních koncentrací NO / NO₂, lokalita Otrokovice – město, rok 2023

3.2.3 Průměrné denní koncentrace NO, NO₂ a NO_x

Vývoj průměrných denních koncentrací NO, NO₂ a NO_x v lokalitě Otrokovice – město zobrazuje následující Obr. 41.



Obr. 41 – Vývoj průměrných denních koncentrací NO, NO₂ a NO_x, Otrokovice – město, rok 2023

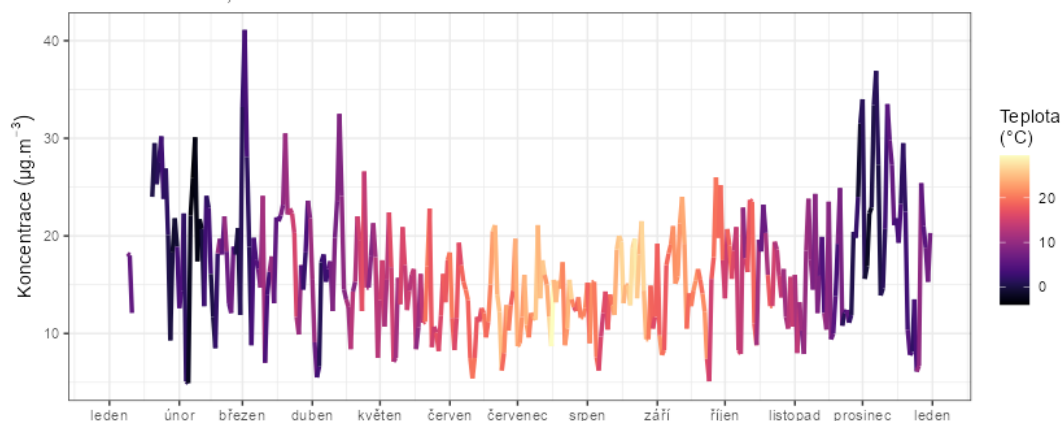
Z grafu je patrné, že koncentrace jsou vyšší v chladné části roku, minima je dosahováno v letních měsících.

Vzhledem k tomu, že imisní limit je stanoven pouze pro koncentrace NO₂, bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro tuto látku. Na Obr. 42 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací NO₂ v dané lokalitě. Zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost.

Z grafů je patrné, že na koncentrace NO₂ má vliv jak teplota, tak rychlost větru. Nejvyšší koncentrace jsou pak měřeny při velmi nízkých rychlostech větru, resp. při nízkých teplotách.

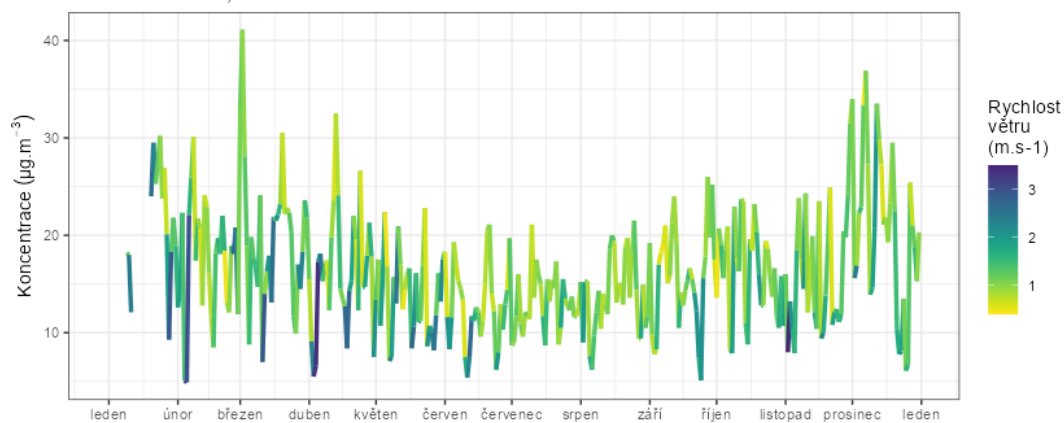
Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na teplotě vzduchu

Otrokovice - město, rok 2023



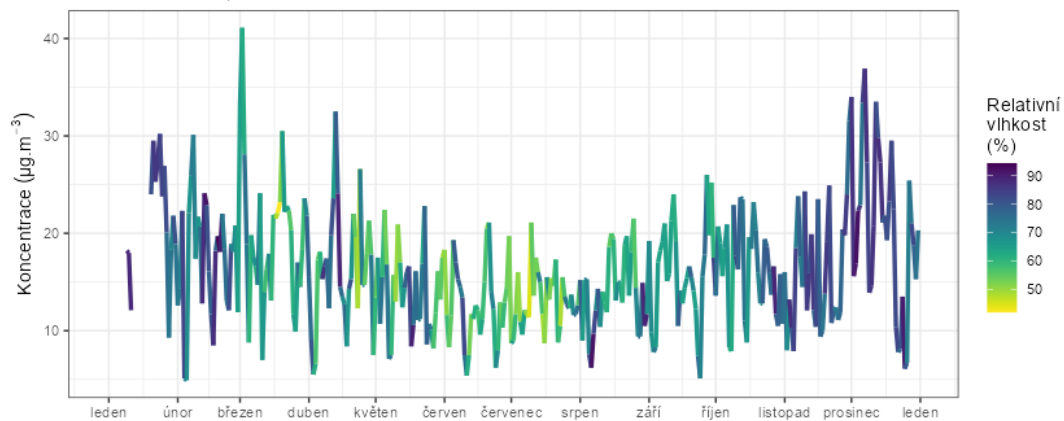
Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na rychlosti větru

Otrokovice - město, rok 2023



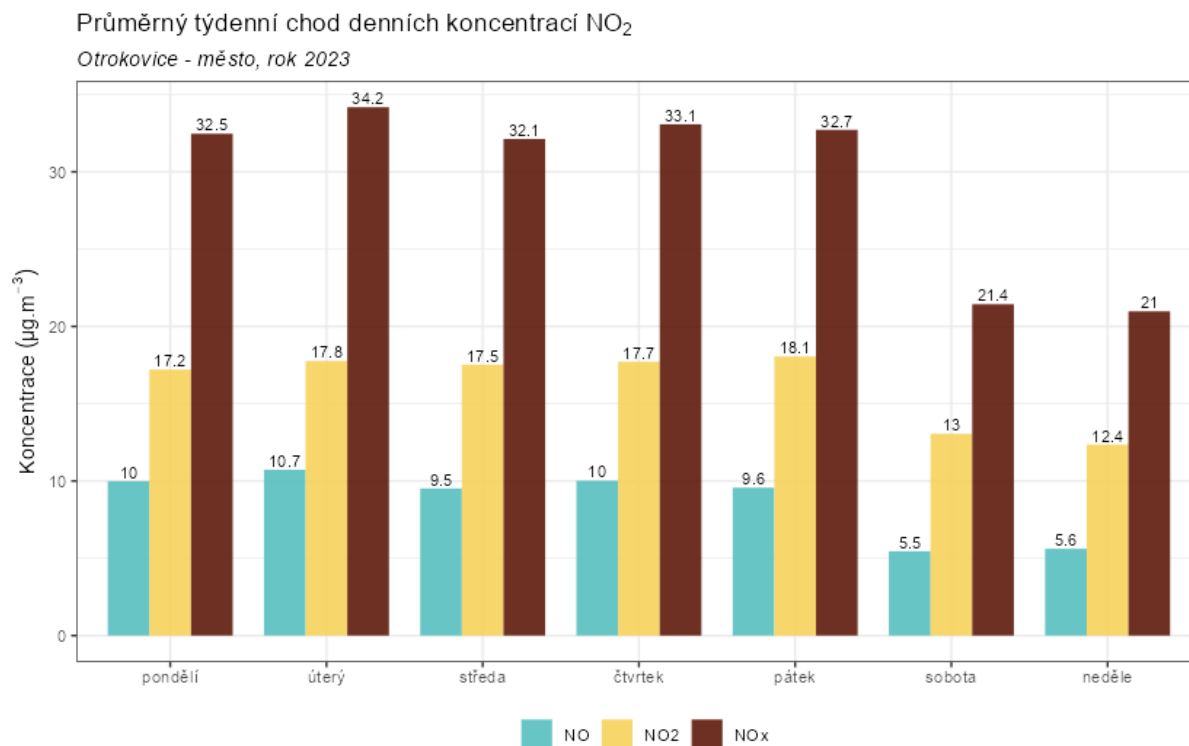
Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Otrokovice - město, rok 2023



Obr. 42 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace NO₂, Otrokovice – město, rok 2023

Z hlediska týdenního chodu denních koncentrací NO, NO₂ a NO_x (Obr. 43) je velmi dobře patrný vliv vyššího dopravního zatížení v pracovní dny, který se projeví také ve vyšších koncentracích zejména NO, ale i NO₂ v pracovní dny. Nejnížší hodnoty NO₂ jsou měřeny v neděli.



Obr. 43 – Průměrný týdenní chod denních koncentrací NO₂, Otrokovice – město, rok 2023

3.2.4 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

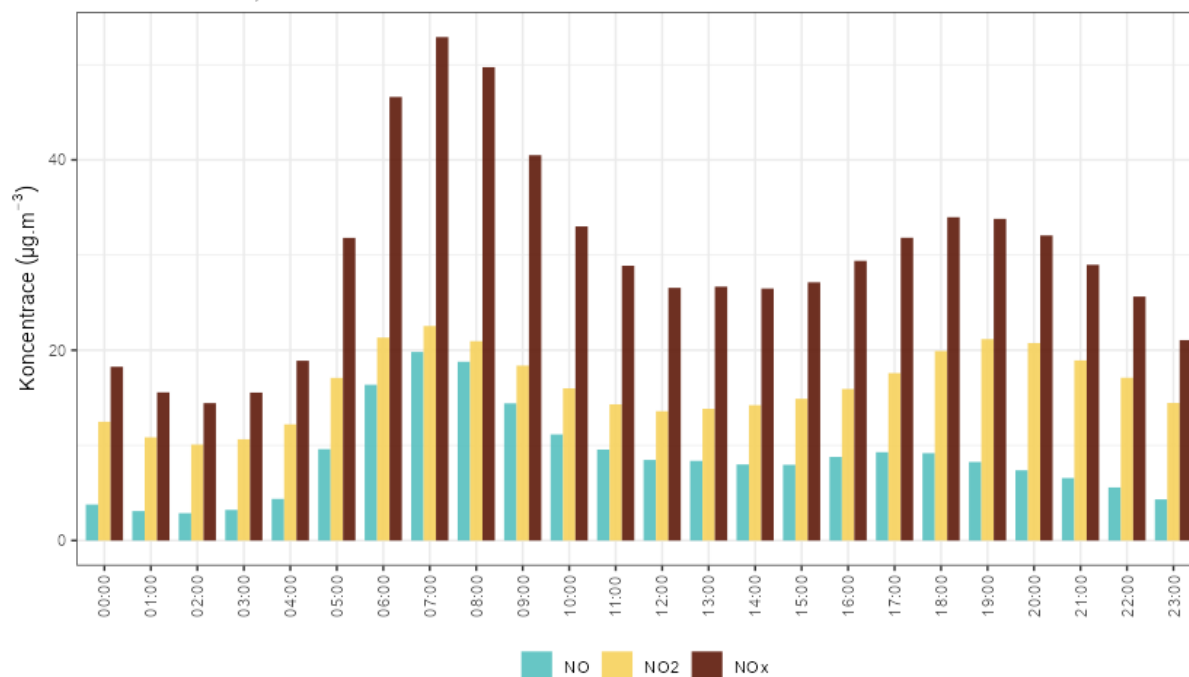
Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací NO, NO₂ a NO_x v lokalitě Otrokovice – město. Denní chod zobrazuje následující Obr. 44.

Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací NO₂ dosahovány v době ranní a odpolední dopravní špičky. Večerní hodnoty mohou být také navýšeny o vliv lokálních topenišť a vytápění. Přes den dochází k mírnému poklesu koncentrací, což může být částečně způsobeno spotřebováním NO₂ na tvorbu přízemního ozónu. Tato reakce probíhá pouze díky slunečního záření, proto lze největší úbytek koncentrací NO₂ očekávat okolo poledne.

Z grafu je rovněž patrné, že v době ranní špičky se koncentrace NO pohybují na podobných hodnotách, jako NO₂, což indikuje významnější vliv dopravy. Odpoledne a zejména večer jsou naopak koncentrace NO₂ významně vyšší než NO, pravděpodobně se tak projevil vliv lokálních topenišť.

Průměrný denní chod hodinových koncentrací NO₂

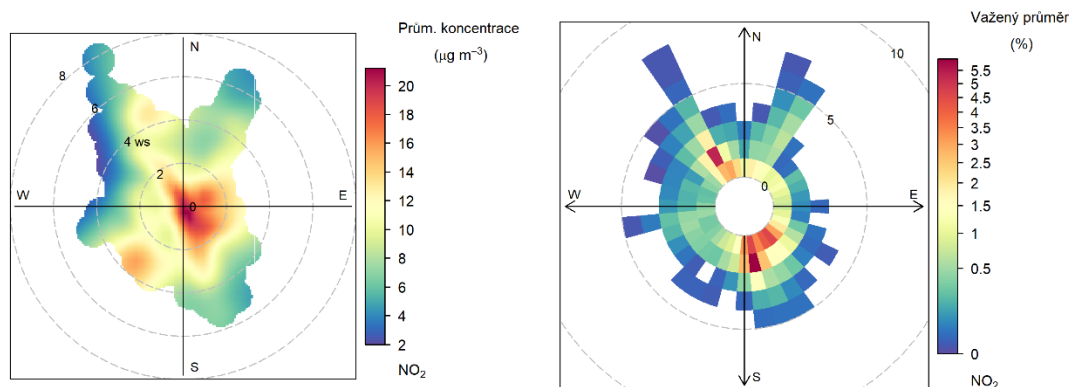
Otrokovice - město, rok 2023



Obr. 44 – Denní chod hodinových koncentrací NO₂, Otrokovice – město, rok 2023

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 3.1.4.

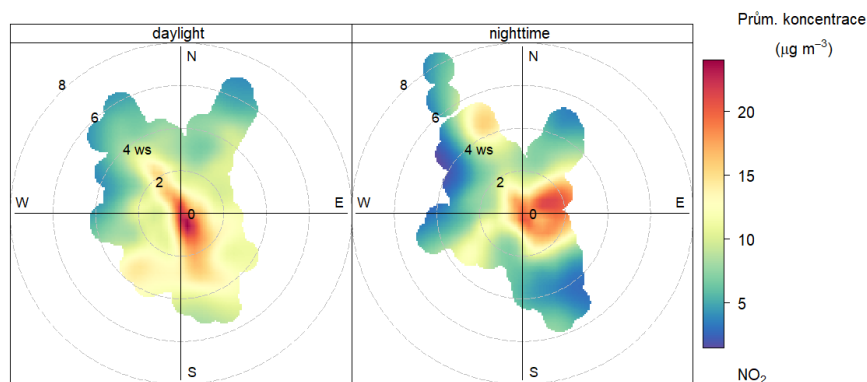
Následující Obr. 45 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro lokalitu Otrokovice – město.



Obr. 45 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro NO₂, Otrokovice – město, rok 2023

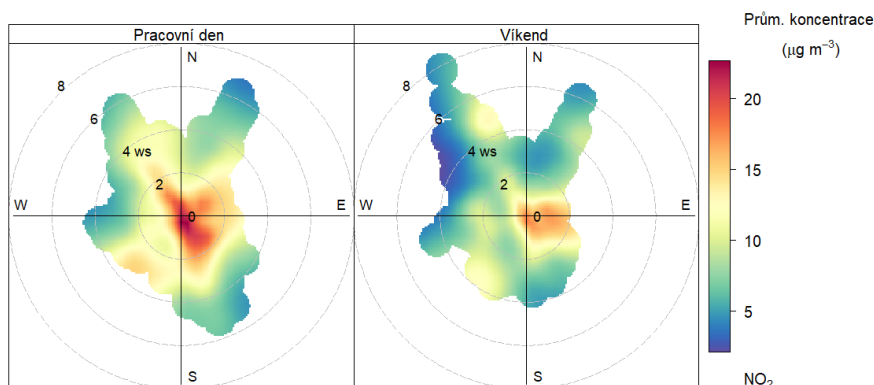
Z Obr. 45 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při bezvětří a nízkých rychlostech větru při severním a jihovýchodním proudění. Nízké rychlosti větru a jihovýchodní či jižní proudění (nejčastější směr proudění dle větrné růžice) pak nejvíce přispívaly k měřeným koncentracím NO₂.

Následující Obr. 46 zobrazuje koncentrační růžice ve dne a v noci. V denních hodinách jsou vyšší koncentrace měřeny při bezvětří či proudění z jihovýchodu, popř. severozápadu. V nočních hodinách jsou pak nejvyšší koncentrace měřeny při proudění z východu.



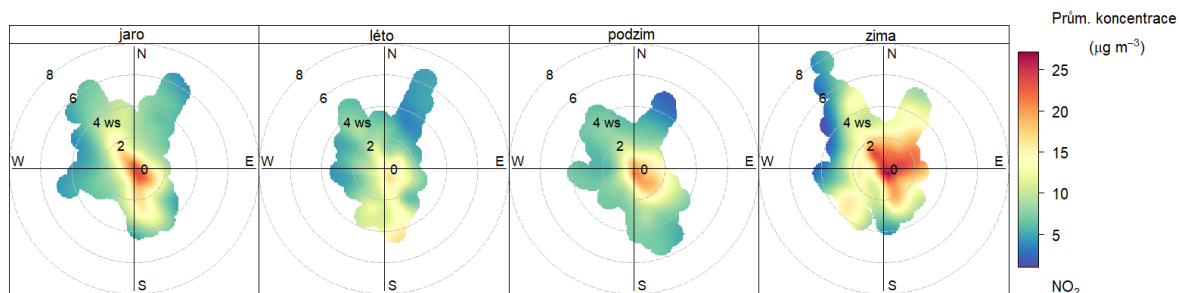
Obr. 46 - Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Otrokovice – město, rok 2023

Obdobně lze koncentrační růžici rozlišit na pracovní dny a víkend (Obr. 47). Z obrázku je patrné, že maximální koncentrace byly měřeny v pracovních dnech při bezvětří, popř. jihovýchodním proudění. Zvýšené koncentrace o víkendu jsou měřeny při bezvětří či východním proudění.



Obr. 47 – Koncentrační růžice NO₂ v pracovní dny a o víkendu, lokalita Otrokovice – město, rok 2023

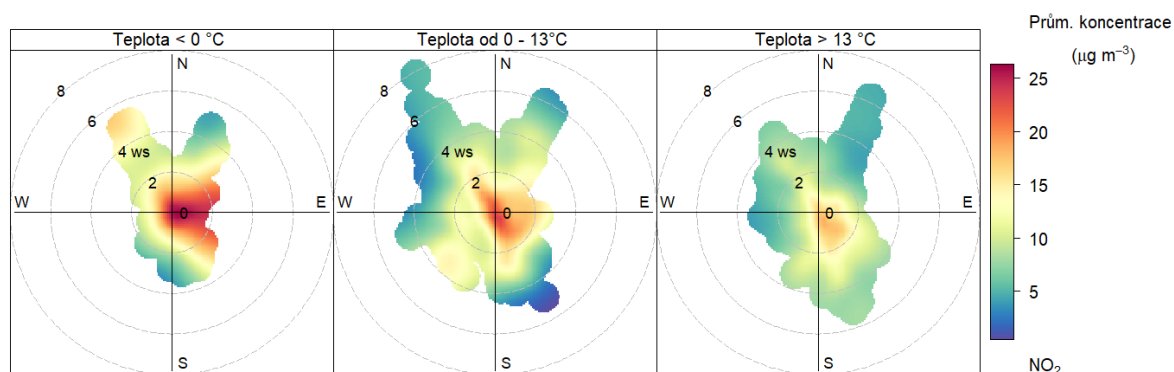
Následující Obr. 48 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích.



Obr. 48 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Otrokovice – město, rok 2023

Zvýšené koncentrace se vyskytují zejména na jaře a v zimě. V létě byly koncentrace pouze nízké, mírně zvýšené při bezvětří a jižním proudění.

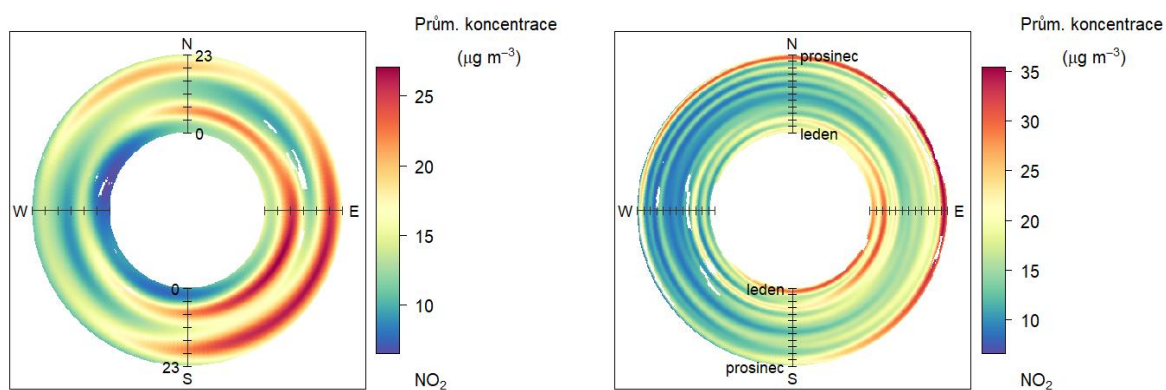
Zajímavé je také rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 49 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou měřeny při teplotách nižších než 13 °C a bezvětří, resp. východním až jihovýchodním proudění. Při vyšších teplotách byly koncentrace nízké



Obr. 49 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Otrokovice – město, rok 2023

Cenné informace poskytuje rovněž průměrný denní a roční chod, členěný dle směru větru. V případě denního chodu je uprostřed první hodina po půlnoci a na okraji pak 23. hodina. V případě ročního chodu je pak uprostřed 1. 1. a na okraji 31. 12. Směry větru jsou totožné jako v případě růžic.

Z Obr. 50 pak vyplývá, že v případě lokality Otrokovice – město v roce 2023 byly nejvyšší koncentrace NO₂ měřeny při proudění z jihovýchodu, zejména během ranní a večerní špičky. V případě ročního chodu jsou významné zejména zimní měsíce na začátku a konci roku. Z hlediska maxim převládají východní až severovýchodní směry větru.



Obr. 50 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Otrokovice – město, rok 2023

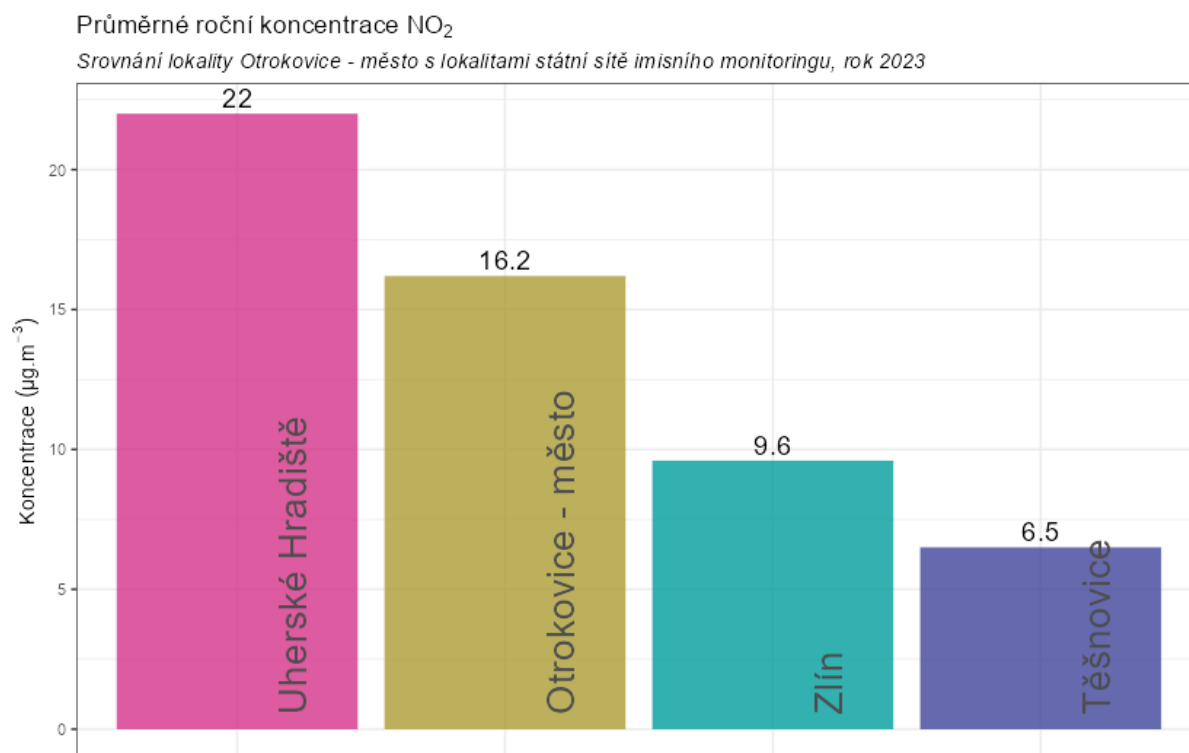
3.2.5 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Otrokovice – město, srovnány s hodnotami naměřenými ve státní síti imisního monitoringu Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).

Na následujícím Obr. 51 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace legislativou sledovaného oxidu dusičitého NO_2 na blízkých lokalitách sítě imisního monitoringu v roce 2023. Ty jsou srovnány s lokalitou Otrokovice – město. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Otrokovice – město jsou měřeny nižší koncentrace než v dopravní lokalitě Uherské Hradiště a vyšší než v pozadové lokalitě Zlín. Nejnížší hodnoty naměřila venkovská pozadová lokalita Těšnovice. Žádná z uvedených lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO_2 .

Následující graf na Obr. 52 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace NO_2 naměřené ve vybraných lokalitách. Z grafu je patrné, že lokalita Otrokovice měřila velmi obdobné koncentrace, jako další dopravní lokalita Uherské Hradiště. Ale i na dalších lokalitách je i přes nižší koncentrace možné sledovat podobný vývoj, ovlivněný zejména meteorologickými podmínkami.

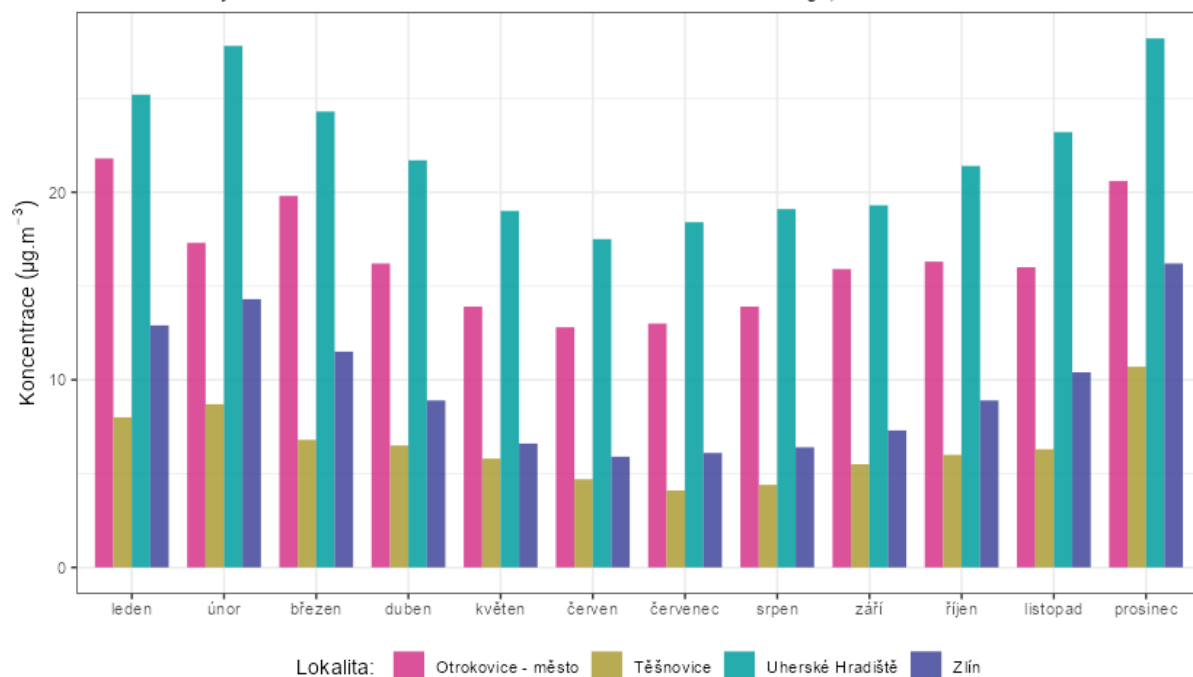
Následující graf na Obr. 53 srovnání průměrných denních koncentrací NO_2 s další dopravní lokalitou státní sítě imisního monitoringu Uherské Hradiště. Z grafu je patrné, že koncentrace v lokalitě Otrokovice – město jsou velmi dobře srovnatelné s lokalitou Uherské Hradiště, celoročně jsou mírně nižší.



Obr. 51 – Srovnání průměrné roční koncentrace NO_2 lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023

Průměrné měsíční koncentrace NO₂

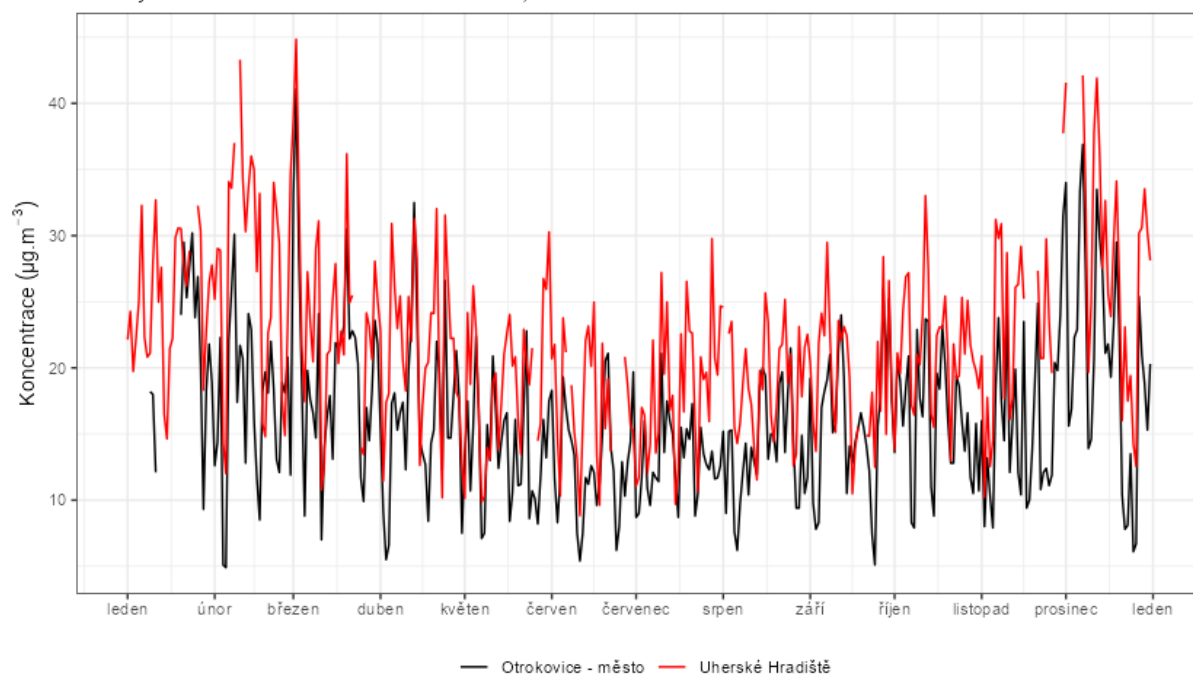
Srovnání lokality Otrokovice - město s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



Obr. 52 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací NO₂ lokality Otrokovice – město s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023

Srovnání průměrných denních koncentrací NO₂

Lokality Otrokovice - město a Uherské Hradiště, rok 2023



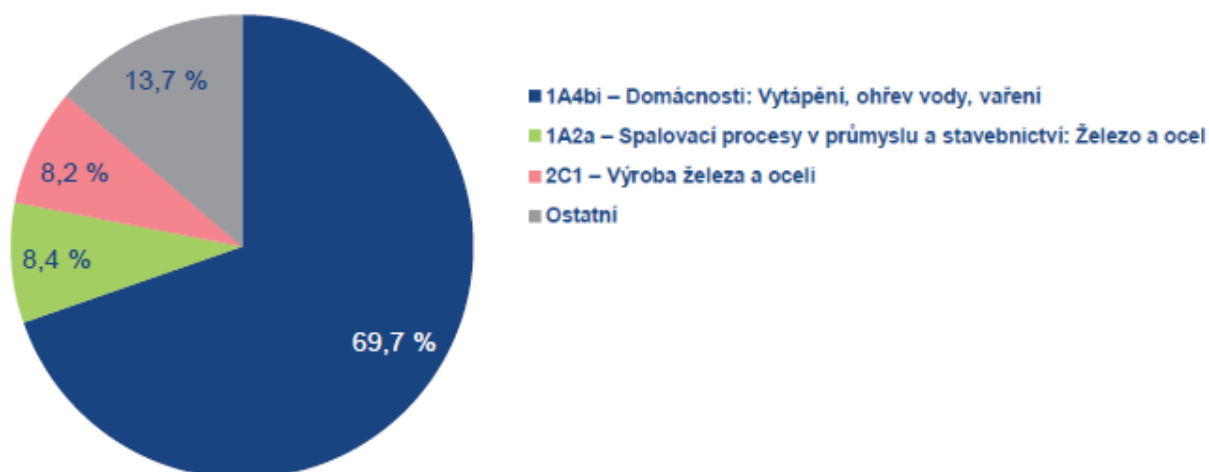
Obr. 53 – Srovnání průměrných denních koncentrací NO₂ lokality Otrokovice – město a Uherské Hradiště, rok 2023

3.3 OXID UHELNATÝ CO

Antropogenním zdrojem znečištění ovzduší oxidem uhelnatým (CO) jsou procesy, při kterých dochází k nedokonalému spalování fosilních paliv. Je to především doprava a dále stacionární zdroje, zejména lokální topeniště.

Zvýšené koncentrace mohou způsobovat bolesti hlavy, zhoršují koordinaci a snižují pozornost. Oxid uhelnatý se váže na hemoglobin, zvýšené koncentrace vzniklého karboxyhemoglobinu omezují kapacitu krve pro přenos kyslíku.

Oxid uhelnatý je produktem spalování paliv obsahujících uhlík za nízké teploty a nedostatku spalovacího vzduchu. Největší množství emisí CO vzniká v sektoru 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření, který se v roce 2021 podílel na celorepublikových emisích 69,7 %. Mezi další významné zdroje patřily sektory 1A2a – Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Železo a ocel (8,4 %) a sektor 2C1 – Výroba železa a oceli (8,2 %), viz. Obr. 54 [8].

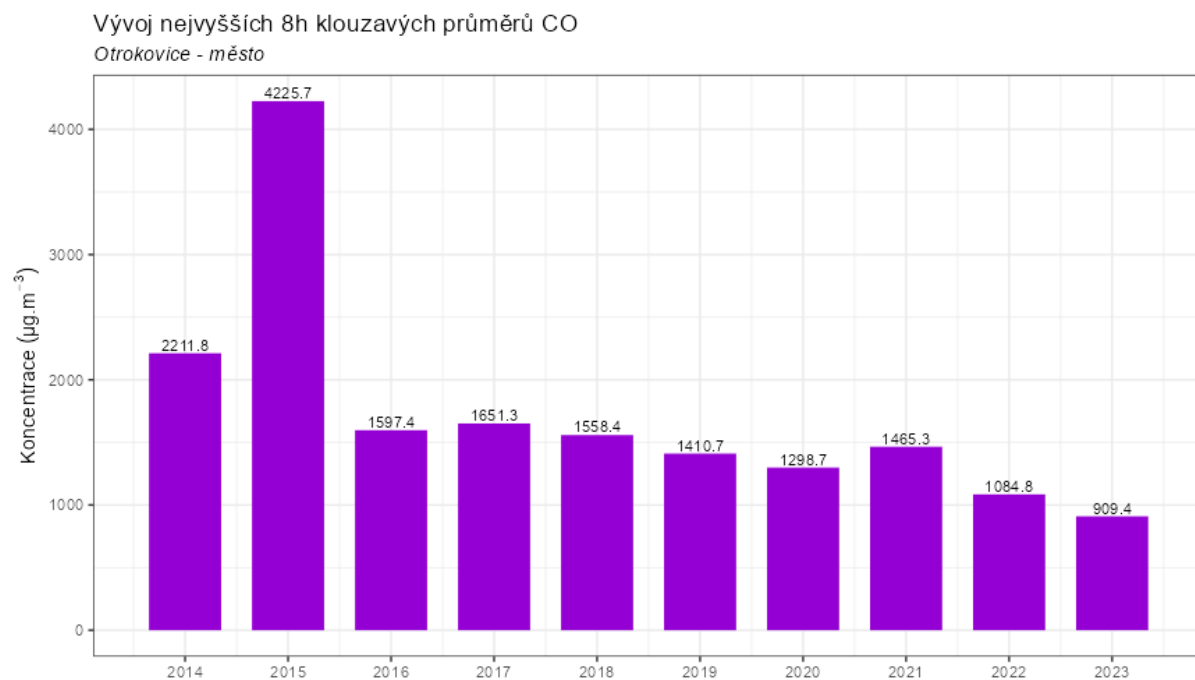


Obr. 54 - Podíl sektorů NFR na celkových emisích CO v ČR, rok 2021 [8]

3.3.1 Vývoj nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů za den v roce

V případě oxidu uhelnatého se sledují 8–hodinové klouzavé průměry, přičemž ten maximální nesmí za kalendářní rok překročit hodnotu $10000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Tato hodnota nebyla v ČR již dlouho dosažena. Vývoj maximálních 8–hodinových klouzavých průměrů CO je pro lokalitu Otrokovice – město uveden v grafu na Obr. 55.

Maximální hodnota 8h klouzavého průměru koncentrací CO v roce 2023 činila $909,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, imisní limit tedy překročen nebyl. Z uvedeného grafu je patrné, že koncentrace proti roku 2022 poklesla, k překročení imisního limitu nedošlo ani v jednom z roků. Nejvyšší hodnota byla naměřena v roce 2015, nejnižší pak právě v roce 2023.

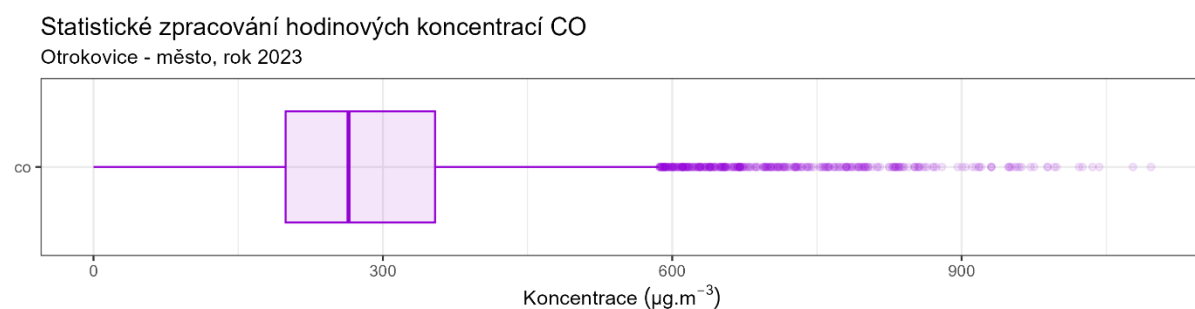


Obr. 55 – Vývoj nejvyššího 8hodinového klouzavého průměru CO, lokalita Otrokovice – město

Následující Tab. 4 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro oxid uhelnatý. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2023 pak zobrazuje Obr. 56. Maximální naměřená hodinová koncentrace CO měla hodnotu 2263,6 µg.m⁻³.

Tab. 4 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací CO v lokalitě Otrokovice – město, rok 2023

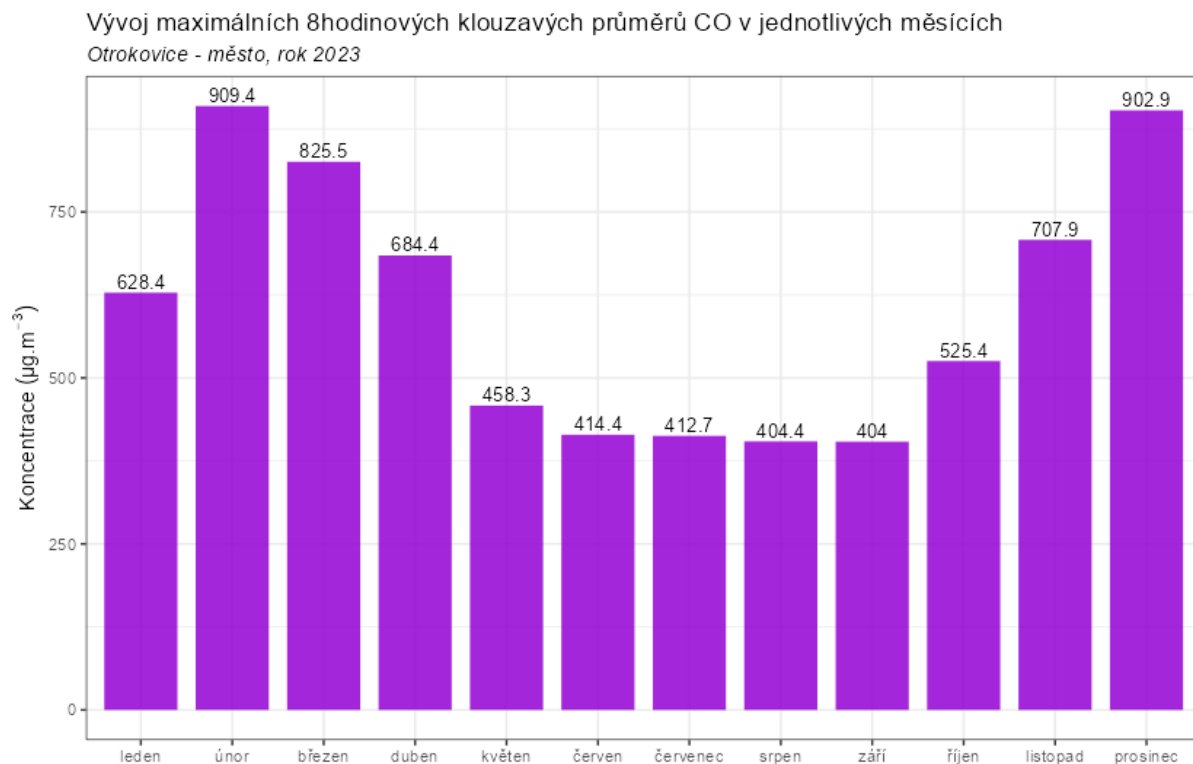
| STATISTIKA | CO |
|------------|--------|
| PRŮMĚR | 292,9 |
| MAXIMUM | 1096,3 |
| MEDIÁN | 264,5 |
| MINIMUM | 0 |



Obr. 56 – Statistické zpracování hodinových koncentrací CO v lokalitě Otrokovice – město, rok 2023

3.3.2 Průměrné měsíční koncentrace

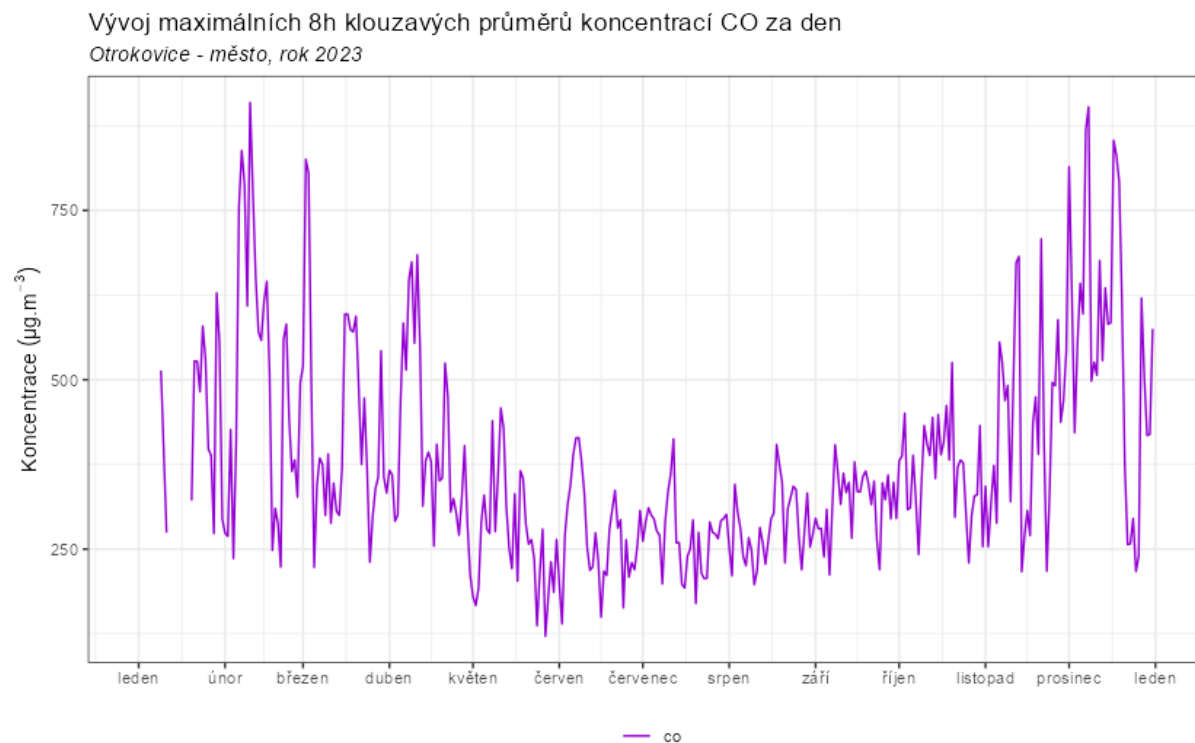
Na Obr. 59 jsou zobrazeny Maximální 8h klouzavé průměry CO za den v jednotlivých měsících. Z obrázku je patrné, že v nejvyšší jsou hodnoty v chladné části roku, kdy je v provozu nejvíce spalovacích zdrojů produkujících CO (doprava + lokální topeniště). Nejvyšší průměrná měsíční koncentrace CO byla naměřena v únoru, nejnižší pak v září.



Obr. 57 – Maximální 8h klouzavé průměry CO za den v jednotlivých měsících, Otrokovice – město, rok 2023

3.3.3 Vývoj průměrných denních koncentrací CO

Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů CO za den v lokalitě Otrokovice – město zobrazuje následující Obr. 58.

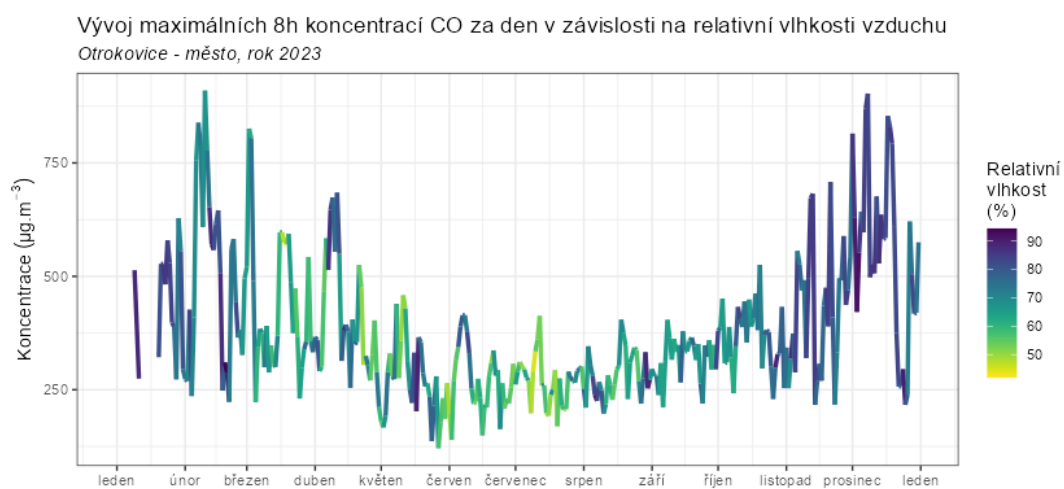
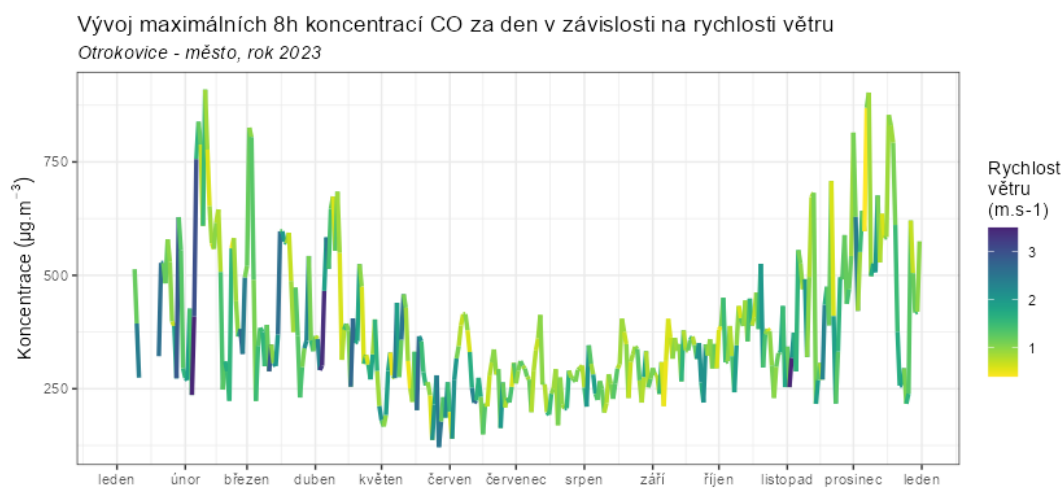
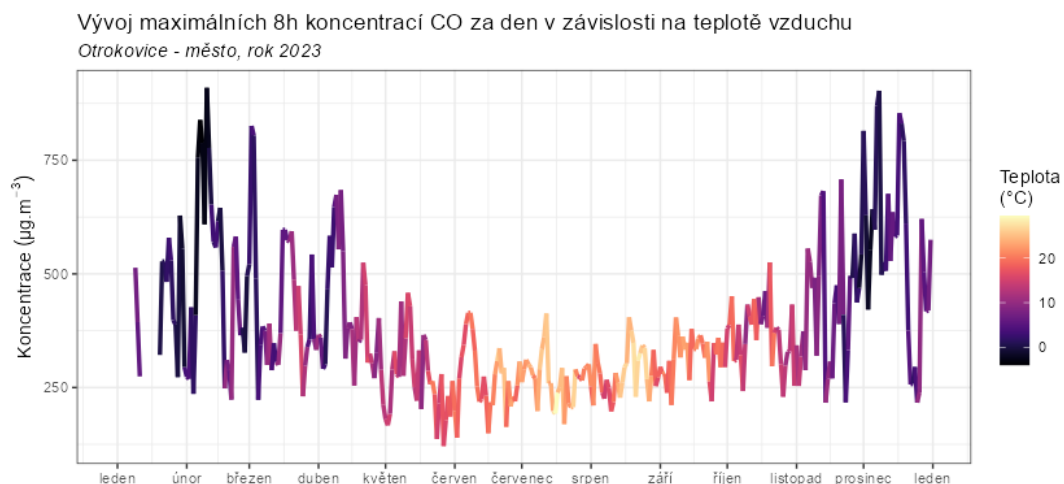


Obr. 58 – Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů CO za den, Otrokovice – město, rok 2023

Z grafů je patrné, že v případě vývoje koncentrací CO dochází ke kulminaci zejména v chladné části roku. To souvisí s nízkými teplotami a vyšší potřebou topit a dále se zhoršenými rozptylovými podmínkami.

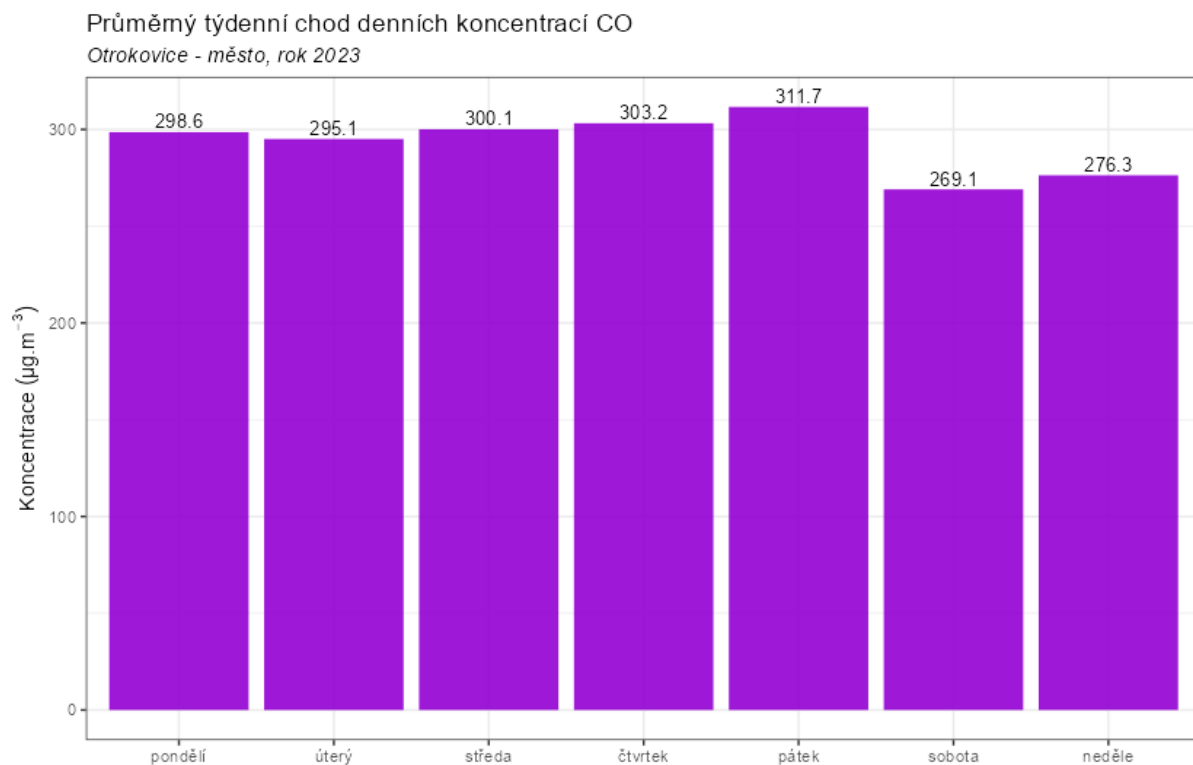
Na Obr. 59 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací CO v dané lokalitě. Zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru, a ve spodním grafu relativní vlhkost.

Z uvedených grafů vyplývá, že meteorologické podmínky mají na koncentrace CO významný vliv, zejména pak teplota a rychlost větru. S klesající teplotou a rychlostí větru rostou koncentrace CO.



Obr. 59 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace CO, Otrokovice – město, rok 2023

Z týdenního chodu průměrných denních koncentrací CO jsou patrné vyšší koncentrace v pracovní dny. Nejvyšší hodnoty byly v průměru naměřeny v pátek, nejnižší v sobotu.



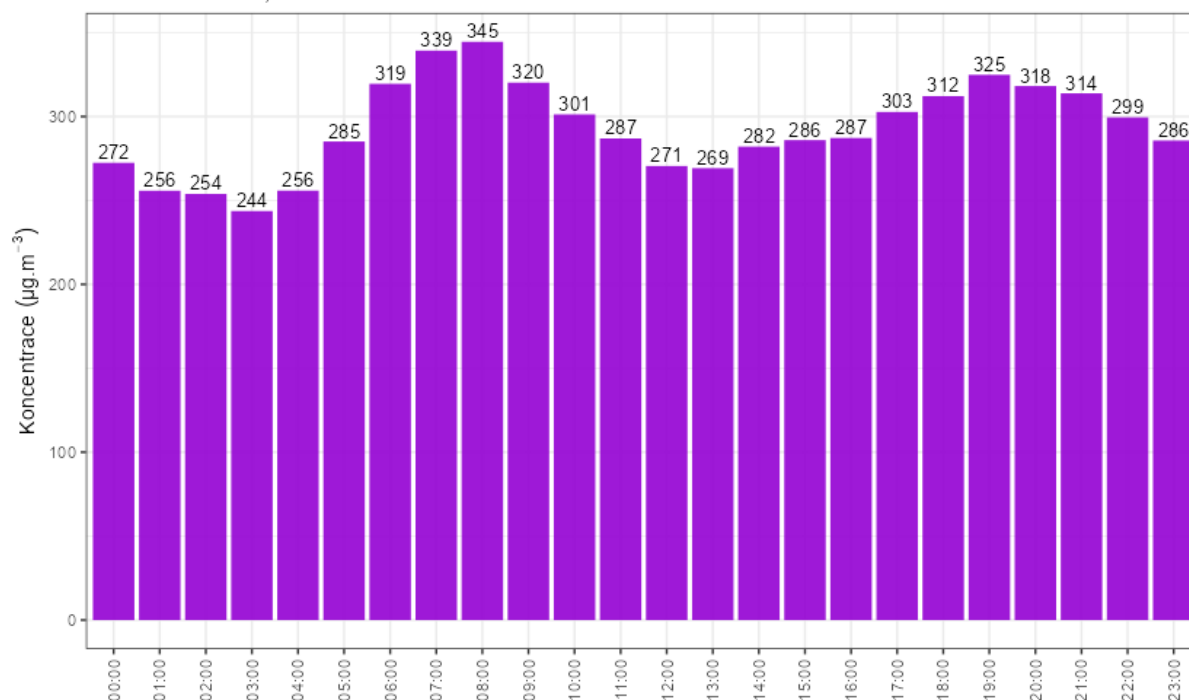
Obr. 60 - Průměrný týdenní chod denních koncentrací CO, Otrokovice – město, rok 2023

3.3.4 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod CO v lokalitě Otrokovice – město. Denní chod CO zobrazuje následující Obr. 61. Z grafu je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací CO jsou dosahovány v době ranní dopravní špičky a dále ve večerních hodinách.

Průměrný denní chod hodinových koncentrací CO

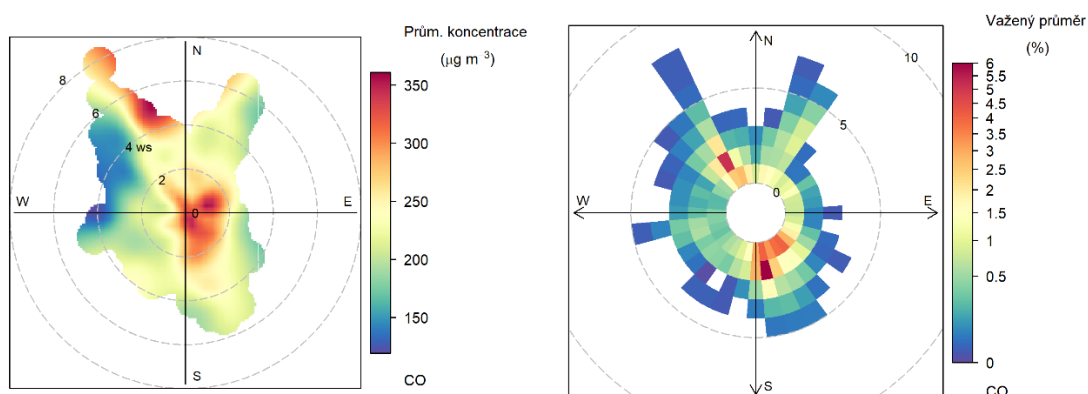
Otrokovice - město, rok 2023



Obr. 61 – Denní chod hodinových koncentrací CO, Otrokovice – město, rok 2023

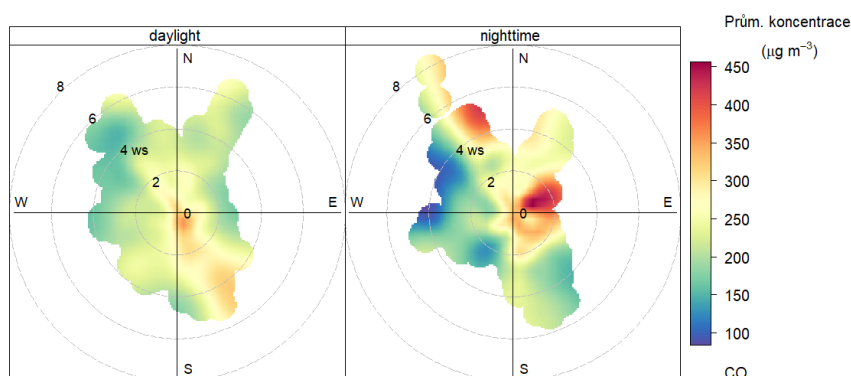
Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 3.1.4.

Následující Obr. 62 zobrazuje dva typy koncentrační a váženou koncentrační růžici CO pro lokalitu Otrokovice – město. Z Obr. 62 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při bezvětří nebo východním až jihovýchodním, nebo severozápadním proudění. Jihovýchodní a severozápadní směry proudění se pak nejvíce podílely na měřených koncentracích CO v roce 2023.



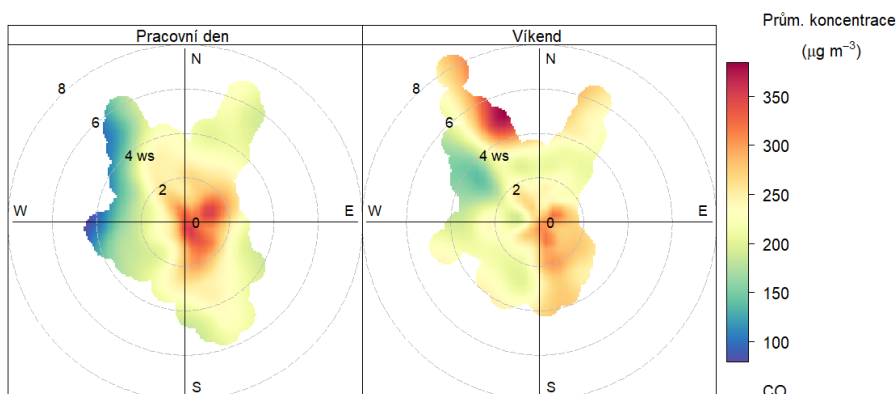
Obr. 62 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro CO, Otrokovice – město, rok 2023

Pokud se koncentrační růžice rozdělí na den a noc (Obr. 63), je velmi dobře patrné, že vysoké koncentrace CO se vyskytují převážně v nočních hodinách při bezvětří, resp. při východním proudění.



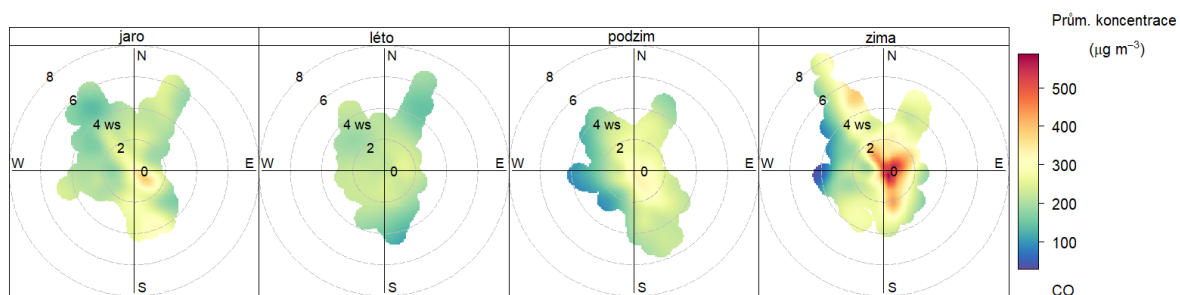
Obr. 63 - Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Otrokovice – město, rok 2023

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkend. Jak ukazuje následující Obr. 64, mírně vyšší koncentrace jsou měřeny v pracovní dny při bezvětří a východním proudění, o víkendech byly zaznamenány vyšší koncentrace při severozápadním proudění a vyšších rychlostech větru.



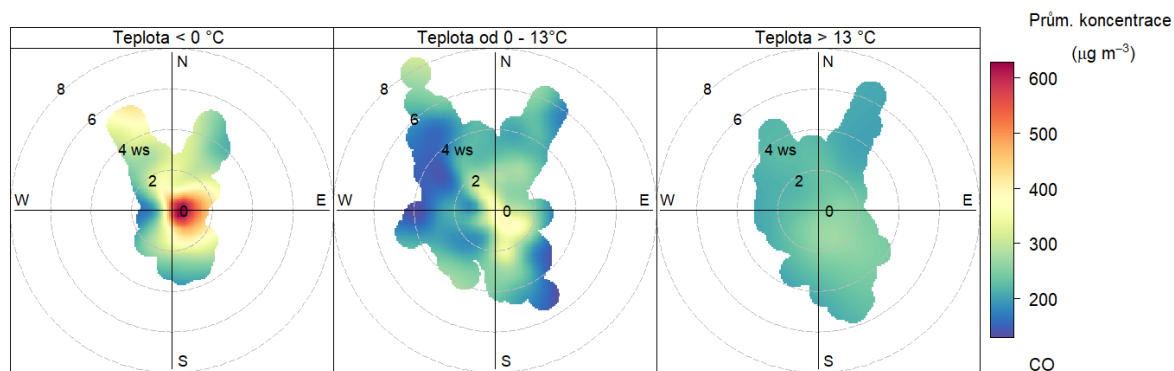
Obr. 64 – Koncentrační růžice v pracovní dny a o víkendu, Otrokovice – město, rok 2023

Následující Obr. 65 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Vysoké koncentrace lze sledovat převážně v zimě, v ostatních měsících jsou koncentrace výrazně nižší.



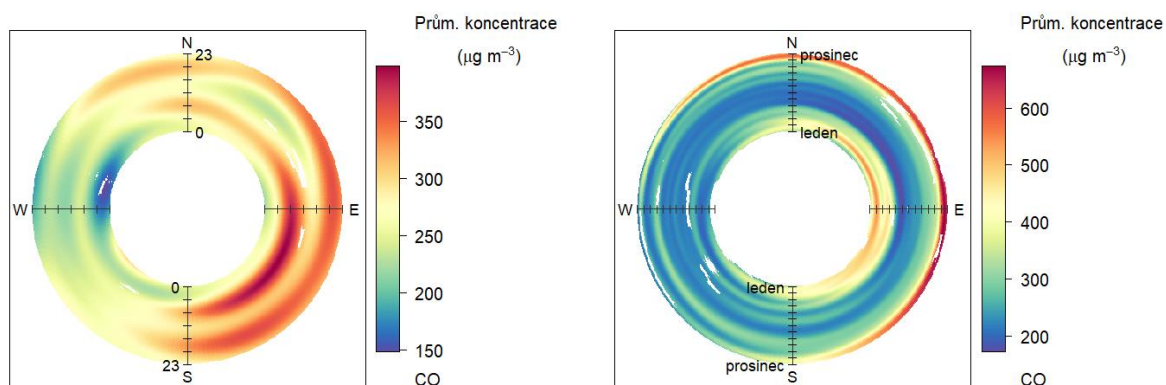
Obr. 65 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Otrokovice – město, rok 2023

Zajímavé je také rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 66 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou takřka výhradně měřeny při teplotách vzduchu nižších než 0 °C. Při vyšších teplotách jsou mírně zvýšené koncentrace měřeny pouze při bezvětří. Při teplotách nad 13 °C jsou koncentrace CO nízké.



Obr. 66 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Otrokovice – město, rok 2023

Cenné informace poskytuje rovněž průměrný denní a roční chod, členěný dle směru větru. V případě denního chodu je uprostřed první hodina po půlnoci a na okraji pak 23. hodina. V případě ročního chodu je pak uprostřed 1. 1. a na okraji 31. 12. Směry větru jsou totožné jako v případě růžic.



Obr. 67 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Otrokovice – město, rok 2023

Z Obr. 67 pak vyplývá, že v případě lokality Otrokovice – město v roce 2023 byly nejvyšší koncentrace CO měřeny při východním proudění zejména během ranní dopravní špičky, a dále ve večerních a nočních hodinách. Z ročního chodu pak vyplývá, že koncentrace kulminovaly zejména koncem roku při východním proudění.

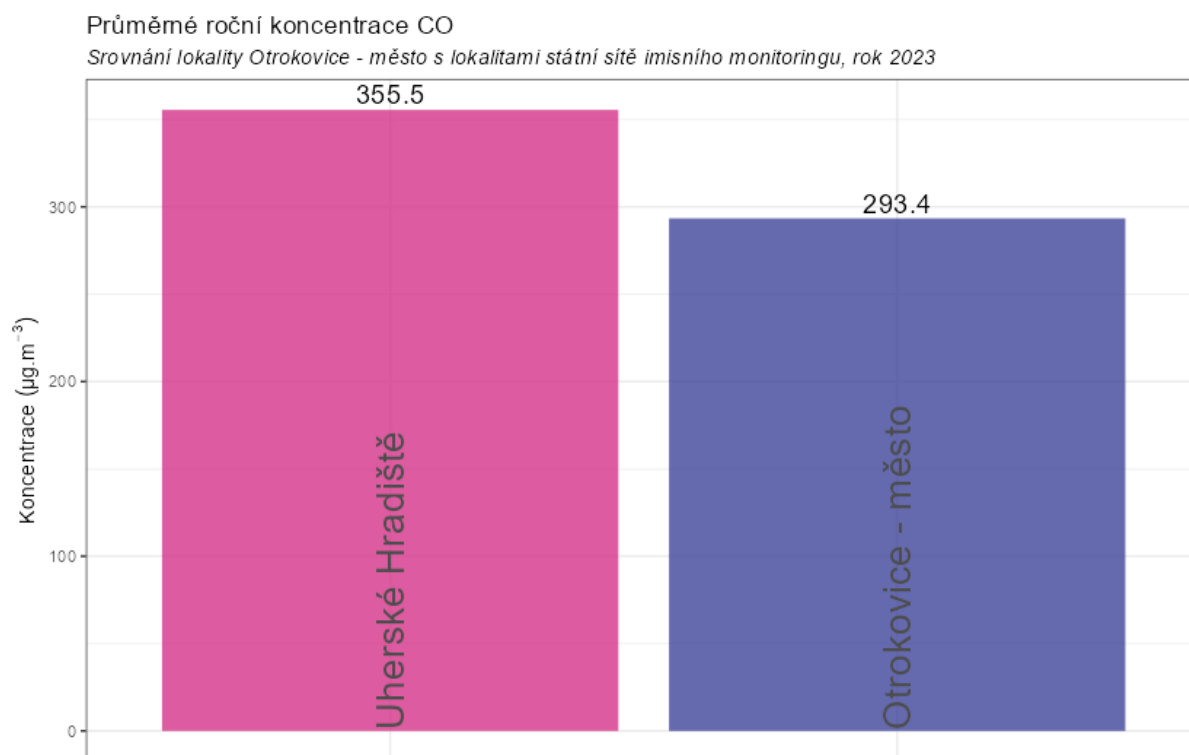
3.3.5 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Otrokovice – město, srovnány s hodnotami naměřenými ve státní síti imisního monitoringu Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).

Na následujícím Obr. 68 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace oxidu uhelnatého CO na okolních lokalitách v roce 2023 a srovnány s lokalitou Otrokovice – město. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Otrokovice – město jsou měřeny mírně nižší koncentrace CO z obou srovnávaných dopravních lokalit.

Následující graf na Obr. 69 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace CO naměřené ve vybraných dopravních lokalitách. Z grafu je patrné, že vysoké koncentrace jsou vždy měřeny v chladné části roku. Lokalita Uherské Hradiště měří ve většině měsíců mírně vyšší koncentrace, než lokalita Otrokovice – město.

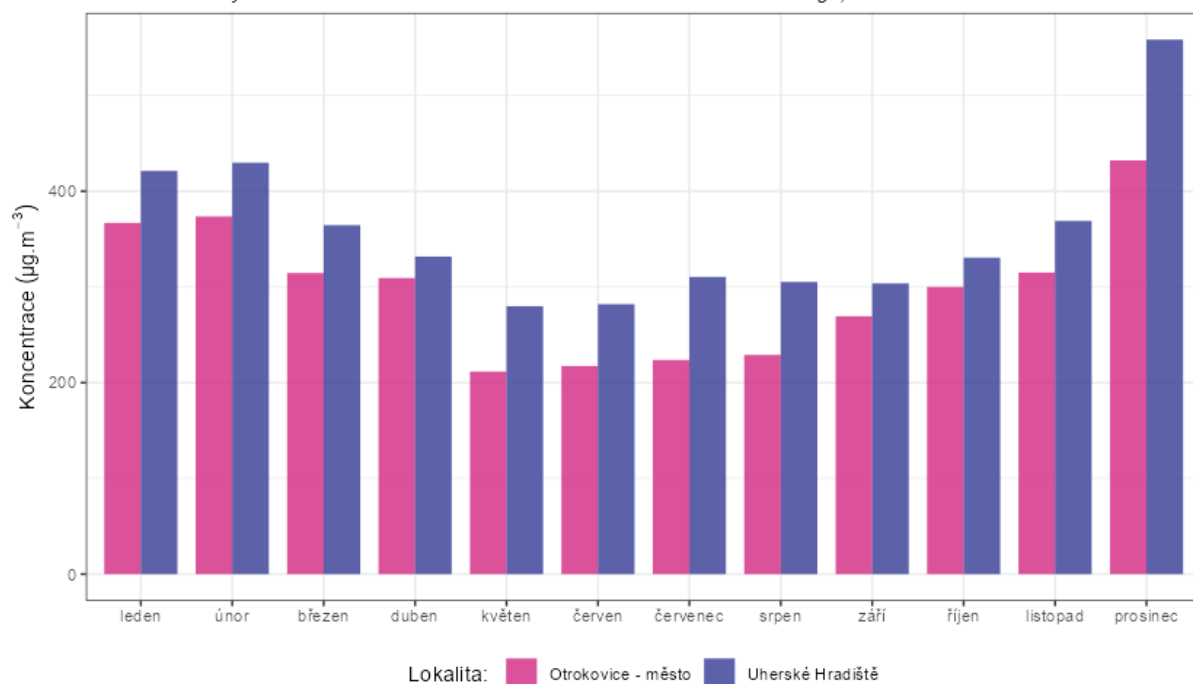
Graf na Obr. 70 uvádí srovnání průměrných denních koncentrací CO s nejbližší dopravní lokalitou státní sítě imisního monitoringu Uherské Hradiště. Z grafu je patrné, že v obou lokalitách jsou měřeny srovnatelné koncentrace s podobným vývojem.



Obr. 68 – Srovnání průměrné roční koncentrace CO lokality Otrokovice s lokalitou Uherské Hradiště, rok 2023

Průměrné měsíční koncentrace CO

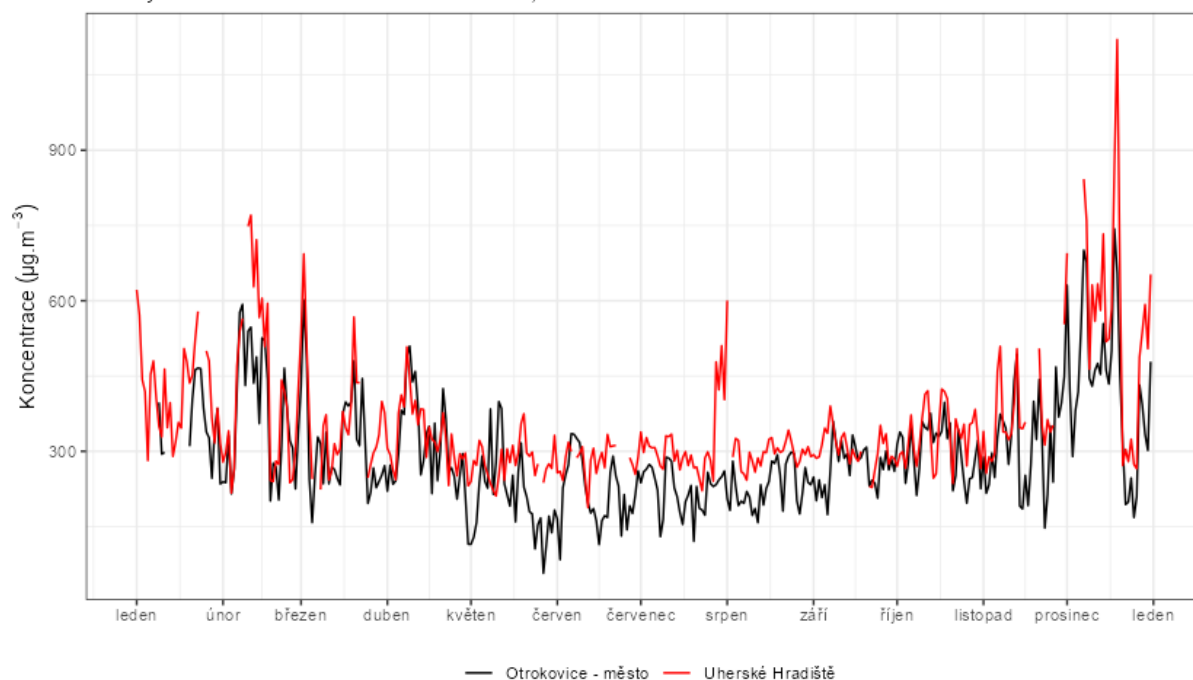
Srovnání lokality Otrokovice - město s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



Obr. 69 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací CO lokality Otrokovice – město s lokalitou Uherské Hradiště, rok 2023

Srovnání průměrných denních koncentrací CO

Lokality Otrokovice - město a Uherské Hradiště, rok 2023

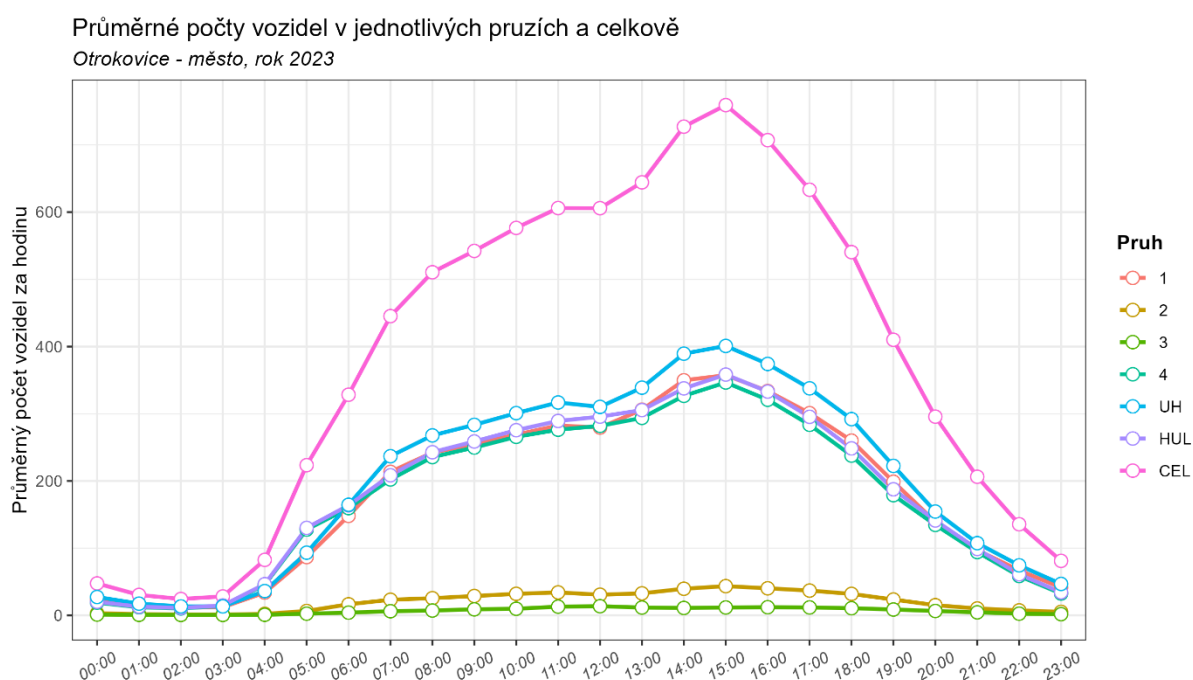


Obr. 70 – Srovnání průměrných denních koncentrací CO, lokality Otrokovice – město a Uherské Hradiště, rok 2023

4 DOPRAVNÍ INTENZITY A ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Kromě škodlivin a meteorologických prvků byla v lokalitě Otrokovice – město sledována intenzita dopravy včetně dalších charakteristik, jako je obsazenost pruhu či průměrná rychlost. Tyto výsledky byly dány do souvislosti s měřením kvality ovzduší.

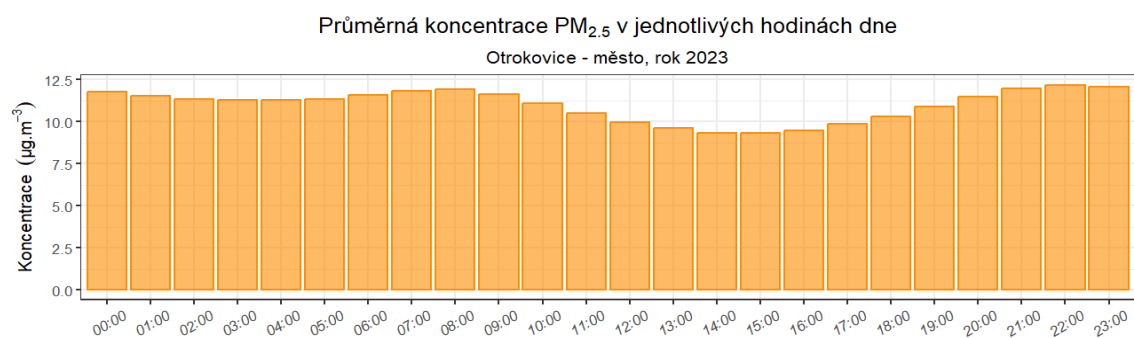
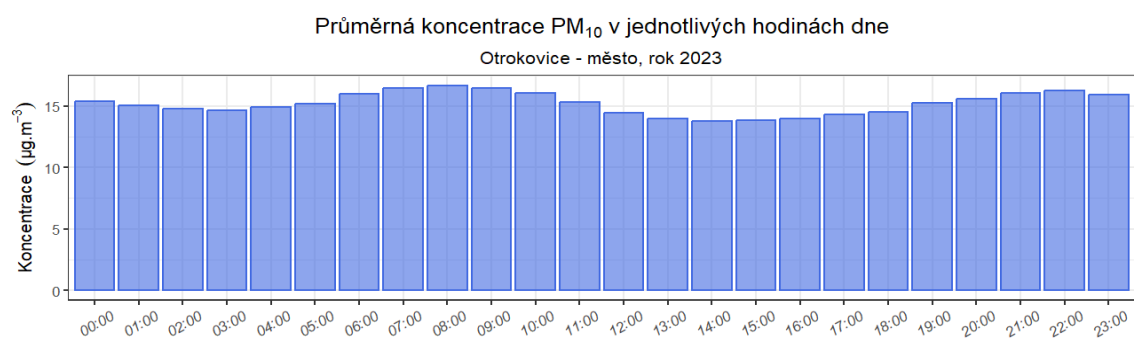
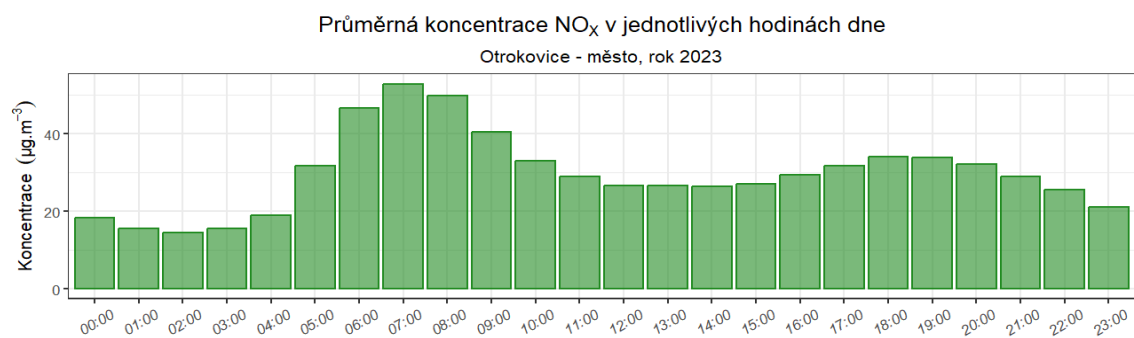
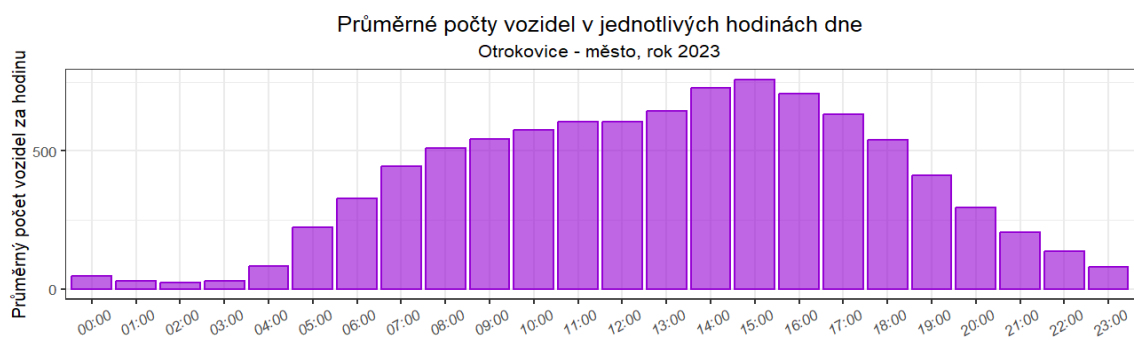
Intenzita dopravy je měřena celkem pro 4 pruhy – 2 pruhy směrem na Uherské Hradiště, 2 pruhy směrem na Hulín. Počty vozidel v jednotlivých pruzích, součty v jednotlivých směrech (UH, HUL) a celkový součet všech vozidel (CEL) uvádí v průměru pro jednotlivé hodiny dne následující Obr. 71.



Obr. 71 – Průměrné počty vozidel v jednotlivých pruzích, směrech a celkově, Otrokovice – město, rok 2023, čas uváděn v UTC

Z grafu je patrný výrazný nárůst počtu vozidel od zhruba 4. hodiny ranní (UTC). Ranní špička pak kulminuje počtem vozidel kolem 11. hodiny ranní, poté je až zhruba do 13. hodiny počet vozidel přibližně stejný. Do 15. hodiny UTC dochází k postupnému nárůstu počtu vozidel až k dennímu maximum (v průměru kolem 750 vozidel), poté dochází k postupnému útlumu dopravy v této lokalitě.

Průměrné počty vozidel v lokalitě Otrokovice – město (v součtu za všechny pruhy) byly srovnány s průměrnými koncentracemi oxidů dusíku, PM_{10} a $PM_{2,5}$ v této lokalitě. Srovnání uvádí grafy na Obr. 72.

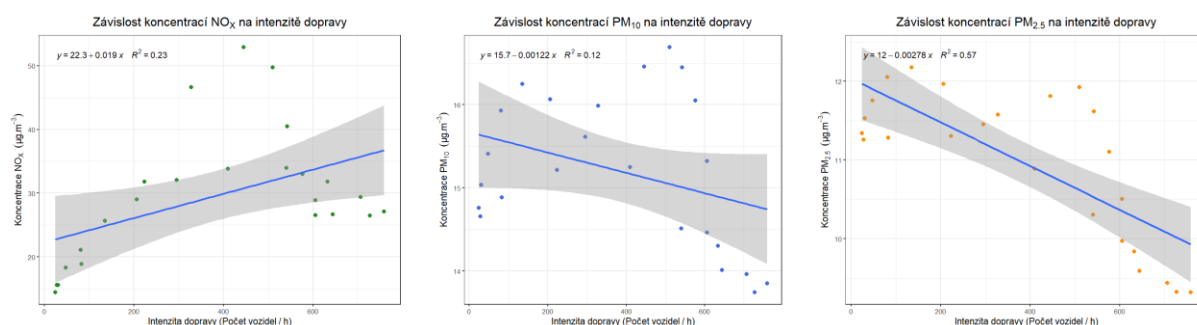


Obr. 72 – Průměrné počty vozidel a průměrné koncentrace NO_x , PM_{10} a $\text{PM}_{2.5}$ v jednotlivých hodinách dne, Otrokovice – město, rok 2023

Z grafů na Obr. 72 vyplývá, že koncentrace moc s počtem vozidel nekorelují. V případě oxidů dusíku je patrný nárůst koncentrací v době ranní špičky, poté však koncentrace poklesnou, což se v případě intenzity dopravy neděje. Pokles koncentrací NO_x může být způsoben spotřebou částí koncentrací na tvorbu troposférického ozónu. Další nárůst koncentrací NO_x kulminuje až kolem 18. hodiny UTC, kdy již intenzita dopravy klesá. Nárůst koncentrací NO_x tak může být způsoben i vlivem vytápění a lokálních topenišť.

V případě koncentrací PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ jsou patrné zvýšené koncentrace především v dopoledních a ve večerních a nočních hodinách (postupný nárůst koncentrací od 18. hodiny UTC až k 23. hodině), což opět naznačuje vliv lokálních topenišť a vytápění na koncentrace PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ v této lokalitě. U PM_{10} je zřetelnější nárůst koncentrací i kolem 8. hodiny ranní než v případě $\text{PM}_{2,5}$, to může být v důsledku silnější dopravy v této lokalitě v dopoledních hodinách, přesto je patrné, že koncentrace vzrůstají později, než narostou počty vozidel. Takže kromě dopravy se na tomto dopoledním maximum mohou podílet i další zdroje.

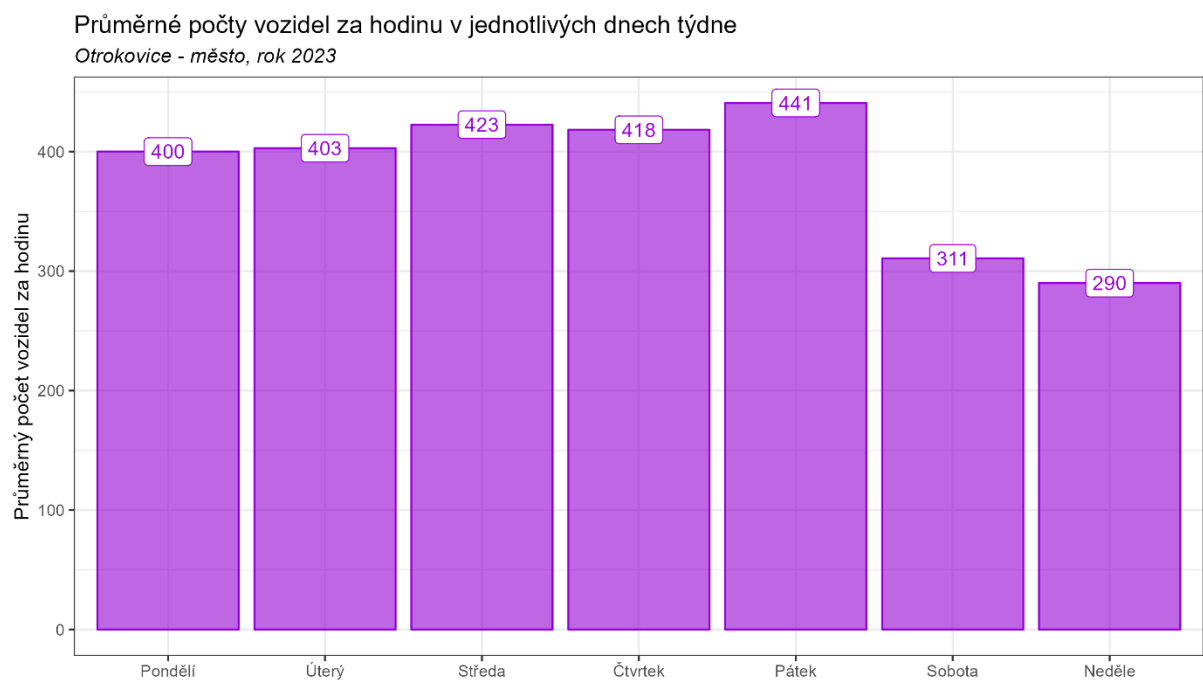
Špatnou korelaci mezi intenzitou dopravy a koncentracemi škodlivin potvrzují i následující 3 grafy na Obr. 73 s regresními křivkami, kde není patrná žádná silnější závislost mezi jednotlivými veličinami. Nejlepší, avšak zápornou, korelaci vykazují koncentrace $\text{PM}_{2,5}$, kdy s rostoucím počtem vozidel klesají koncentrace $\text{PM}_{2,5}$.



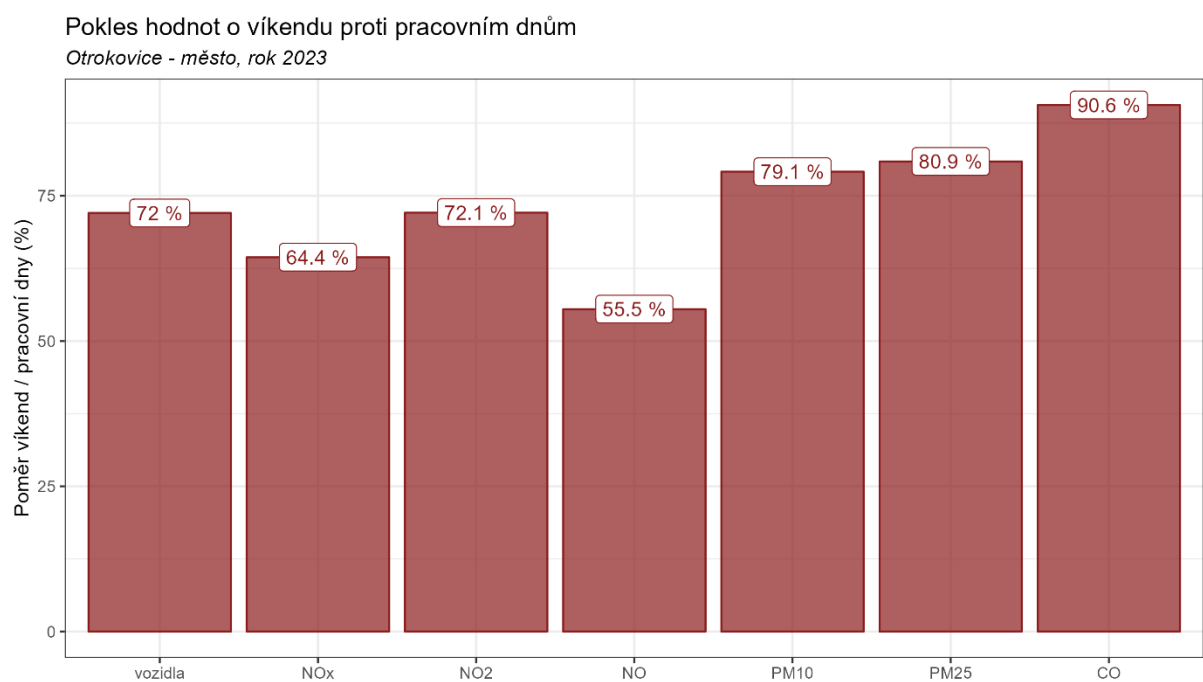
Obr. 73 – Závislost koncentrací škodlivin na intenzitě dopravy včetně regresních křivek, Otrokovice – město, rok 2023

Rozdíl v intenzitách v dopravě v jednotlivých dnech týdne pak zobrazuje následující Obr. 74. Graf na Obr. 74 zobrazuje průměrné počty vozidel za hodinu v jednotlivých dnech týdne. Z grafu je patrné, že o víkendu intenzita dopravy výrazně poklesne. Z hlediska počtu vozidel je nejzatíženějším dnem pátek, kdy v průměru projede v této lokalitě hodinově zhruba 441 vozidel, naopak v neděli je to pouze zhruba 290 vozidel za hodinu (cca 66 %).

Relativní vztah počtu vozidel o víkendu proti pracovním dnům zobrazuje graf na Obr. 75, kde jsou rovněž relativní hodnoty jednotlivých škodlivin o víkendu ve srovnání s pracovními dny. Ze srovnání vychází, že obdobně jako intenzita dopravy (pokles o 28 %) klesá o víkendu koncentrace oxidu dusičitého (NO_2). Ještě více poklesly koncentrace oxidu dusnatého NO (zhruba o 45 %) především produkovaného dopravou. Koncentrace NO_x poklesly o 35. Koncentrace suspendovaných částic PM_{10} byly v roce 2023 o víkendu nižší o cca 21 % než v pracovní dny, podobně koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ poklesly o cca 19 %. V případě koncentrací CO dochází k ještě menšímu poklesu, než v případě PM , zhruba o 10 %.



Obr. 74 – Průměrné počty vozidel za hodinu v jednotlivých dnech týdne, Otrokovice – město, rok 2023



Obr. 75 – Relativní srovnání hodnot intenzity dopravy a škodlivin měřených o víkendu proti hodnotám měřeným v pracovní dny, Otrokovice – město, rok 2023

5 ZÁVĚRY

- Vývoj průměrných denních koncentrací **PM₁₀** i **PM_{2,5}** odpovídá vývoji koncentrací na dalších stanicích státní sítě imisního monitoringu. Na úrovni hodinových koncentrací ovlivňují vývoj meteorologické podmínky (např. teplota) a s nimi související činnosti – zejména vytápění v lokálních topeništích. Maximální koncentrace **PM₁₀** i **PM_{2,5}** byly měřeny ve večerních a nočních hodinách po zatopení a dále v době ranní dopravní špičky. Důležitým faktorem je rovněž rychlost větru – pokud je bezvětrí, nedochází k rozptylu škodlivin, ale naopak k jejich kumulaci a koncentrace rostou.
- Průměrné roční koncentrace **PM₁₀** ($15,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) ani **PM_{2,5}** ($11 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nepřekračují imisní limit pro průměrné roční koncentrace těchto škodlivin.
- Za rok 2023 byla hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci **PM₁₀** ($50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) překročena pouze 3x, imisní limit pro průměrnou denní koncentraci **PM₁₀** je tak s velkou rezervou plněn.
- Koncentrace **oxidů dusíku** souvisí především se zatížením dopravou. Zvýšené koncentrace v rámci denního chodu tak byly pozorovány během ranní a večerní dopravní špičky. Koncentrace jsou v lokalitě zvýšené, charakteristické pro dopravní lokality. Okolo poledne dochází k poklesu koncentrací **NO₂** také díky reakci této látky při tvorbě přízemního ozónu. Ze srovnání koncentrací **NO₂** s dopravní stanicí státní sítě imisního monitoringu Uherské Hradiště vyplývá, že v lokalitě Otrokovice – město jsou měřeny obdobné koncentrace, v lokalitě Otrokovice – město byly vyšší v měsících srpen–říjen. Z hlediska týdenního chodu jsou vyšší koncentrace měřeny v pracovní dny s vyšším zatížením dopravou.
- Průměrná roční koncentrace **NO₂** ($16,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nepřekračuje imisní limit pro průměrnou roční koncentraci **NO₂**. Není překračován ani imisní limit pro hodinovou koncentraci **NO₂**.
- Vysoké koncentrace oxidu uhelnatého **CO** jsou měřeny převážně v chladné části roku při nízkých teplotách vzduchu. Naměřené hodnoty byly mírně vyšší než koncentrace, které měřila dopravní stanice státní sítě imisního monitoringu Uherské Hradiště.
- V rámci oxidu uhelnatého se s imisním limitem srovnávají maximální 8hodinové klouzavé průměry za kalendářní rok. Maximální hodnota 8h klouzavého průměru koncentrací **CO** v roce 2023 činila $909,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, imisní limit tedy překročen nebyl.
- Stanice měří také intenzitu dopravy. Z té vyplývá, že nejvyšší počet vozidel je měřen zejména v odpoledních hodinách. To příliš nekoreluje s měřenými koncentracemi, pouze s oxidy dusíku je vidět pozitivní korelace, v případě **PM** je korelace negativní (s rostoucím počtem vozidel klesají koncentrace **PM**). Z toho vyplývá, že na koncentracích škodlivin v této lokalitě mají kromě dopravy výrazný vliv i další zdroje – jedná se zejména o lokální topeniště a vytápění, koncentrace škodlivin pak také ovlivnil dálkový transport znečištění.

6 CITOVANÁ LITERATURA

- [1] Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů, 2012 - 2017, MŽP, 2012.
- [2] R Core Team, „R: A language and environment for statistical computing,“ R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria., 2018. [Online]. Available: <https://www.R-project.org/>.
- [3] H. Wickham a et al., „Welcome to the tidyverse,“ *Journal of Open Source Software*, sv. 4, č. 43, p. 1686, 2019.
- [4] D. Carslaw a K. Ropkins, „Openair - an R package for air quality data analysis,“ *Environmental*, Sv. %1 z %227-28, pp. 52 - 61, 2012.
- [5] R. Tolasz a H. Škáchová, „Rok 2023 v Česku,“ ČHMÚ, 01 2024. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2024/Zprava_Rok_2023.pdf.
- [6] V. Michal, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkovaných v městských aglomeracích.,“ v *Konference ČAS 2010. Sborník konference*, Praha, 2010.
- [7] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2021, ISBN: ISBN 978-80-7653-038-6,“ ČHMÚ Praha, 2023. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/21groc/gr21cz/Obsah_CZ.html.
- [8] U. EPA, „Particulate Matter (PM) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/pm-pollution>.
- [9] J. Keder, „Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátoru Grimm,“ v *Ovzduší 2007*, Brno, 2007.
- [10] USEPA, „Nitrogen Dioxide (NO2) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/no2-pollution>.
- [11] P. WARNECK, *Chemistry of the natural atmosphere*, San Diego: Academic Press: ISBN 0-12-735632-0, 2000.
- [12] European Commission, „Position paper on air quality: nitrogen dioxide,“ 1997.
- [13] Vyhláška č. 330/2012 Sb. o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích, Praha, 2012.
- [14] Š. L. Š. H. Tolasz R., „Počasí, podnebí a kvalita ovzduší v ČR v roce 2016 – vybrané události,“ 13 1 2016. [Online]. Available: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1484297500>.
- [15] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky 1996 - 2015,“ 1 12 2016. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.
- [16] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky,“ 1996 - 2015. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.
- [17] ČHMÚ, „Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší,“ 2010-2015. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance_CZ.html.

- [18] M. VOJTÍŠEK, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkovaných v městských aglomeracích,“ *Konference ČAS 2010. Sborník konference.*, č. ISBN: 978-80-86186-25-2, 2010.
- [19] WHO, „Air quality guidelines for Europe, Second Edition,“ *WHO Regional Publications, European Series*, sv. No. 91, 2000.
- [20] J. H. Seinfeld a S. N. Pandis, *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*, New York: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-471-72017-1, 2006.
- [21] J. Fiala a D. Závodský, „Chemické aspekty znečištěného ovzduší – troposférický ozon,“ v *Kompendium ochrany kvality ovzduší*, Praha, 2003.
- [22] I. Colbeck a A. R. Mackenzie, „Air Pollution by photochemical oxidants,“ *Air Quality Monographs*, č. Elsevier. ISBN 0-444-88542-0, 1994.
- [23] EEA, „Air quality in Europe — 2016 report,“ 2016. [Online]. Available: https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016/at_download/file.
- [24] ČHMÚ, kolektiv autorů, „Grafická ročenka 2017,“ Český hydrometeorologický ústav, 2018. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Obsah_CZ.html.
- [25] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018,“ 2019. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/IV.1.PM_CHMU2018.pdf. [Přístup získán 2019].
- [26] *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší*, 2012.
- [27] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2019,“ ISBN: ISBN 978-80-7653-009-6, ČHMÚ, 2020. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/19groc/gr19cz/Obsah_CZ.html.
- [28] R. Tolasz a H. Škáchová, „Rok 2021 v Česku,“ INFOMET, 12 01 2023. [Online]. Available: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1641983653>.
- [29] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2020,“ ISBN: ISBN 978-80-7653-023-2, ČHMÚ, 2021. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/Obsah_CZ.html.