VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V LOKALITĚ ROŽNOV POD RADHOŠTĚM ROK 2023

ENVITECH BOHEMIA, s.r.o.

ÚDAJE O ZAKÁZCE

Zhotovitel:
ENVItech 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 UMÍSTĚNÍ MĚŘICÍ STANICE 5
1.2 PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ 6
1.3 IMISNÍ LIMITY 7
1.4 DATA A JEJICH ZPRACOVÁNÍ 7
1.5 ROK 2023 V ČR Z HLEDISKA METEOROLOGIE A KVALITY OVZDUŠÍ 8

2 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ 9

2.1 VĚTRNÉ RŮŽICE 9
2.2 RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU 9
2.3 TEPLOTA VZDUCHU 11
2.4 RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU 12
2.5 ÚHRN SRÁŽEK 14
2.6 ATMOSFÉRICKÝ TLAK 15

3 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ 17

3.1 SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM10 A PM2,5 17
3.1.1 PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE 19
3.1.2 PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE 20
3.1.3 PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE PM 22
3.1.4 ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE 26
3.1.5 SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU 31
3.2 OXIDY DUSÍKU NO_2, NO A NO_X 37
3.2.1 PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE 38
3.2.2 PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE 39
3.2.3 PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE NO, NO_2 A NO_X 41
3.2.4 ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE 43
3.2.5 SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU 47
3.3 BENZO[*A*]PYREN 49

4 DOPRAVNÍ INTENZITY A ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ 52

5 ZÁVĚRY 60

6 CITOVANÁ LITERATURA 61

1 ÚVOD

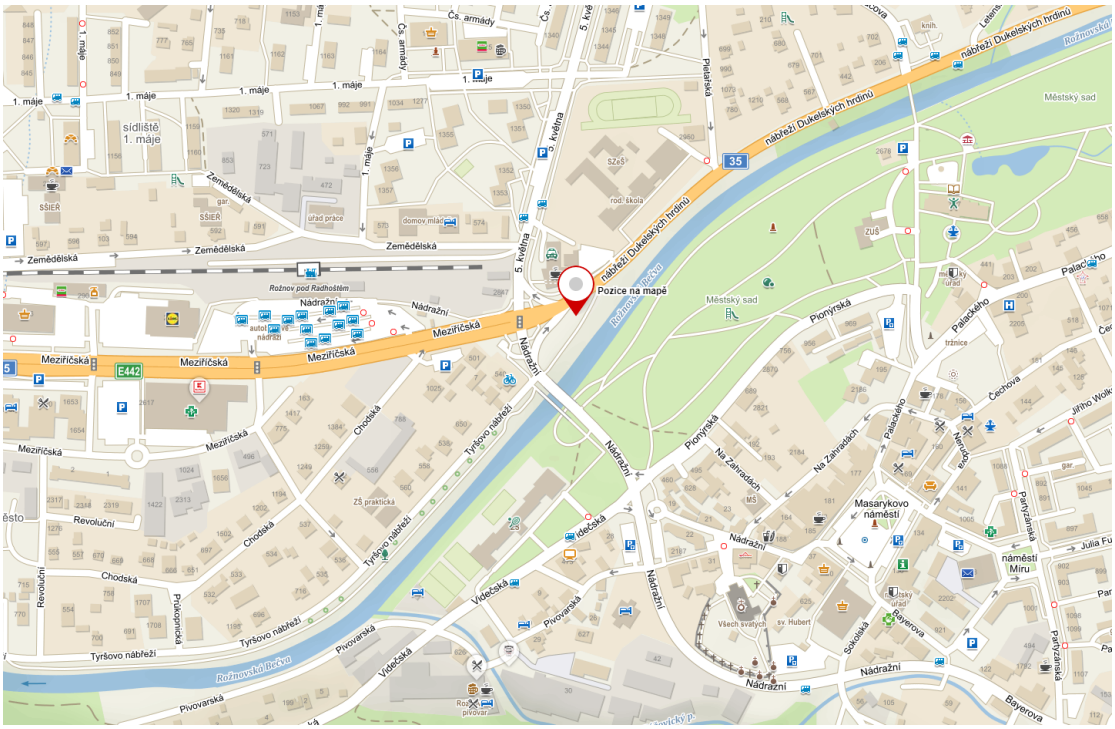
Měření kvality ovzduší v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm probíhá v termínu od 1. 1. 2023 do 31. 12. 2023 v rámci zakázky: „Zajištění imisního monitoringu na dopravní stanici ve městě Rožnov pod Radhoštěm, zpracováni naměřených dat a poskytnutí výsledků měření“. Objednatelem zakázky je město Rožnov pod Radhoštěm, zastoupeno Mgr. Lucií Ohryzkovou, manažerem Akčního plánu ochrany ovzduší. Měření provádí společnost ENVItech Bohemia s.r.o., která je autorizována Ministerstvem Životního prostředí k měření imisí znečišťujících látek.

Předmětem měření je provedení autorizovaného měření vybraných meteorologických parametrů, jako je teplota, relativní vlhkost vzduchu, rychlost a směr větru, a dále pak měření imisních koncentrací znečišťujících látek v ovzduší – suspendované částice frakce PM_{10}, $PM_{2,5}$ a oxidy dusíku (NO, NO_2, NO_X). V rámci měření probíhal rovněž odběr suspendovaných částic na filtr (jednou za 6 dní) s následnou laboratorní analýzou pro zjištění koncentrace benzo[*a*]pyrenu. V neposlední řadě pak bylo měření škodlivin doplněno o měření dopravní zátěže.

Naměřené výsledky jsou kontrolovány na správnosti měření a informování o aktuálním stavu ovzduší. Vyhodnocení dosavadních výsledků se provádí na základě aktuálních meteorologických dat a validovaná data jsou jednou měsíčně zasílány do databáze ISKO.

1.1 UMÍSTĚNÍ MĚŘICÍ STANICE

Stanice Rožnov pod Radhoštěm je charakterizována jako dopravní městská stanice. Její reprezentativnost leží v oblastním měřítku (0,5 – 4 km). Leží v těsné blízkosti ulice nábřeží Dukelských hrdinů (Obr. 1). GPS souřadnice lokality: 49°27'36.4"N 18°08'17.7"E (49.460119, 18.138250).



Obr. 1 – Stanice imisního monitoringu Rožnov pod Radhoštěm a její lokalizace

1.2 PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ

V lokalitě Rožnov pod Radhoštěm probíhá kontinuální monitoring pomocí měřícího vozu ENVItech Bohemia, vybaveného automatickými analyzátory pro kontinuální monitoring následujících škodlivin:

- Prašný aerosol do velikosti částic 10 µm, 4 µm, 2,5 µm a 1 µm aerodynamického průměru – frakce PM_{10} a $PM_{2,5}$:
    - analyzátor FIDAS 200S firmy Palas GmbH
- Oxidy dusíku (NO, NO_2 a NOx):
    - analyzátor ENVEA AC32e
- Meteorologické parametry:
    - teplota a relativní vlhkost vzduchu: kombinované čidlo Comet T3113
    - rychlost a směr větru: ultrasonický anemometr Gill WindSonic option I.

Uvedené kontinuální automatické analyzátory využívají měřící metody shodné s analyzátory používané ve státní sítí automatizovaného imisního monitoringu provozovanou ČHMÚ:

- Prachový analyzátor FIDAS 200S pro měření aerosolových částic PM_{10}, PM_4, $PM_{2,5}$ a PM_1 využívá pro měření metodu OPEL (rozptyl koherentního světelného paprsku na prachových částicích). Analyzátor FIDAS splňuje normu ČSN EN 16450: Automatizované měřící systémy pro stanovení aerosolových částic. Jedná se o ekvivalentní metodu k referenční gravimetrické metodě.
- Plynový analyzátor NO, NO_2, NOx ENVEA AC32e využívá pro měření metodu chemiluminiscenční. Jedná se o referenční metodu pro měření NO_2. Analyzátor AC32e je typově schválen dle normy ČSN EN 14211 – Kvalita ovzduší – Normovaná metoda stanovení oxidu dusičitého a oxidu dusnatého chemoluminiscencí.

Veškeré veličiny jsou měřeny a uváděny v časovém pásmu UTC.

1.3 IMISNÍ LIMITY

Pro škodliviny, měřené v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, 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 $\mu g \cdot m^{-3}$	35
Suspendované částice PM_{10}	1 kalendářní rok	40 $\mu g \cdot m^{-3}$	
Suspendované částice $PM_{2,5}$	1 kalendářní rok	20 $\mu g \cdot m^{-3}$	
Oxid dusičitý NO_2	1 hodina	200 $\mu g \cdot m^{-3}$	18
Oxid dusičitý NO_2	1 kalendářní rok	40 $\mu g \cdot m^{-3}$	
Benzo[*a*]pyren	1 kalendářní rok	1 $ng \cdot m^{-3}$	

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 PM_{10} může být za kalendářní rok hodnota 50 $\mu g \cdot m^{-3}$ maximálně 35krát překročena, aniž by došlo k překročení imisního limitu. Proto se často hodnotí 36. nejvyšší denní koncentrace, která pokud je vyšší než 50 $\mu g \cdot m^{-3}$, došlo k překročení imisního limitu.

1.4 DATA A JEJICH ZPRACOVÁNÍ

Ve studii byla mimo samotnou lokalitu Rožnov pod Radhoštěm 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].

1.5 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 a 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 PM_{10} a $PM_{2,5}$. Navíc v roce 2023, podobně jako v minulých letech, nebyly překročeny ani imisní limity pro NO_2, SO_2 a CO.

K relativně dobré kvalitě ovzduší v ČR, vyjma přízemního ozonu (O_3), 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 2013–2022 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 PM_{10} v roce 2023 nedošlo na žádné stanici s automatizovaným měřicím programem. Jedná se tak o první rok za celou historii měření PM_{10} od 90. let minulého století, kdy 24hodinový imisní limit nebyl překročen. Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{10} 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 PM_{10} 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.

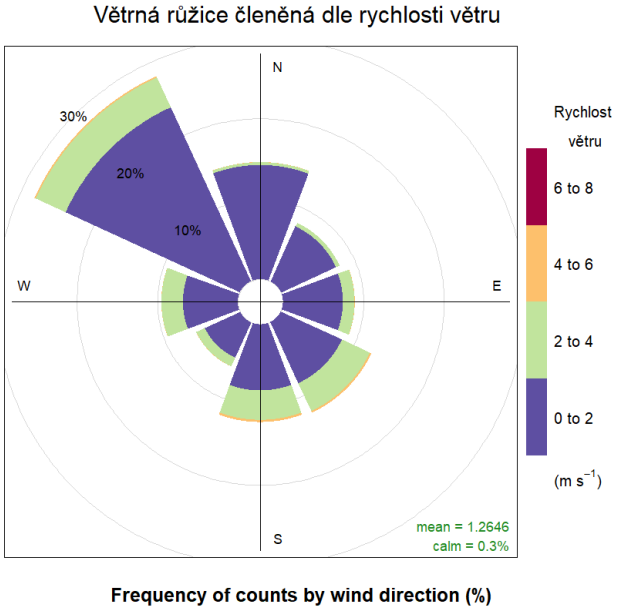
V roce 2023 byly vyhlášeny tři smogové situace z důvodu vysokých koncentrací suspendovaných částic PM_{10} v celkové délce trvání 105 h (4,4 dní) a jedna smogová situace z důvodu vysokých koncentrací přízemního ozonu v délce trvání 16 h (0,7 dní).

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 Rožnov pod Radhoštěm konstruovaná z hodinových rychlostí a směrů větru. Růžice naznačuje převažující severozápadní (cca 28 % roku) a severní, jižní a jihovýchodní (cca 14 % roku) proudění. Vyšší rychlosti větru byly zaznamenány především z jihovýchodu a jihu. Bezvětří panovalo ve zhruba 0,3 % času měření Průměrná rychlost větru za celé měřené období byla necelý 1.3 $m \cdot s^{-1}$.

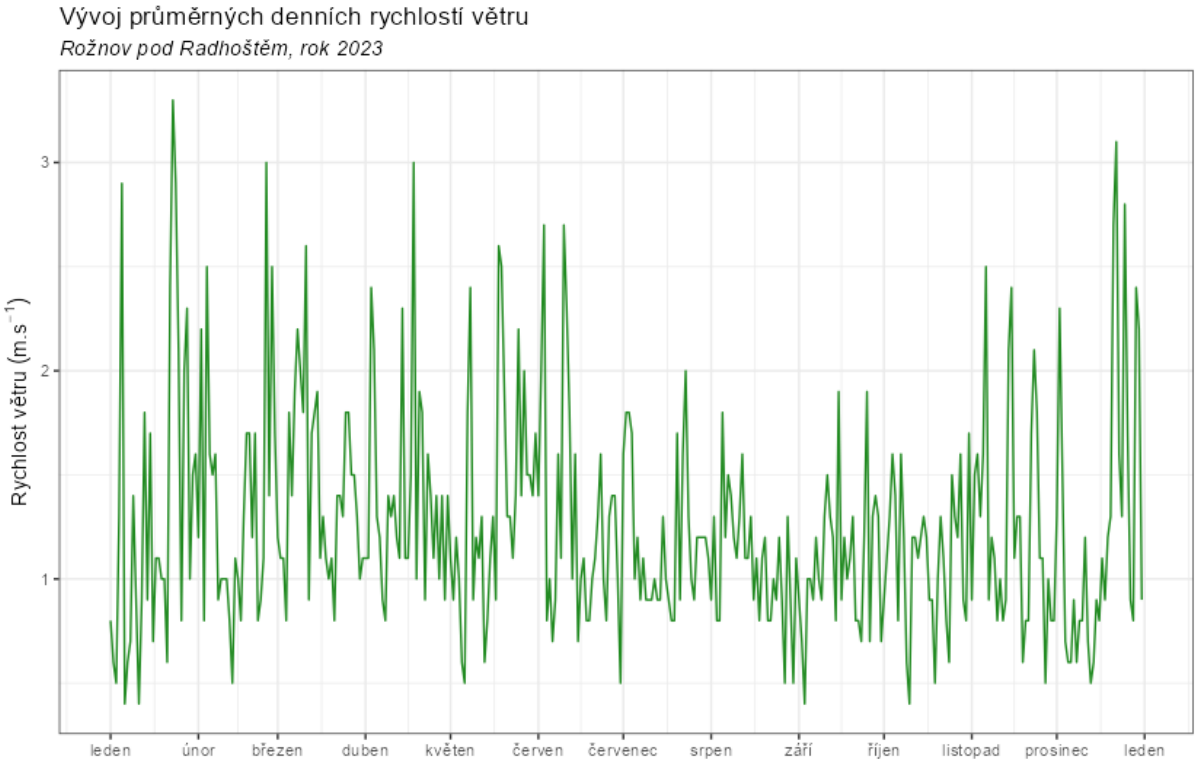


Obr. 2 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

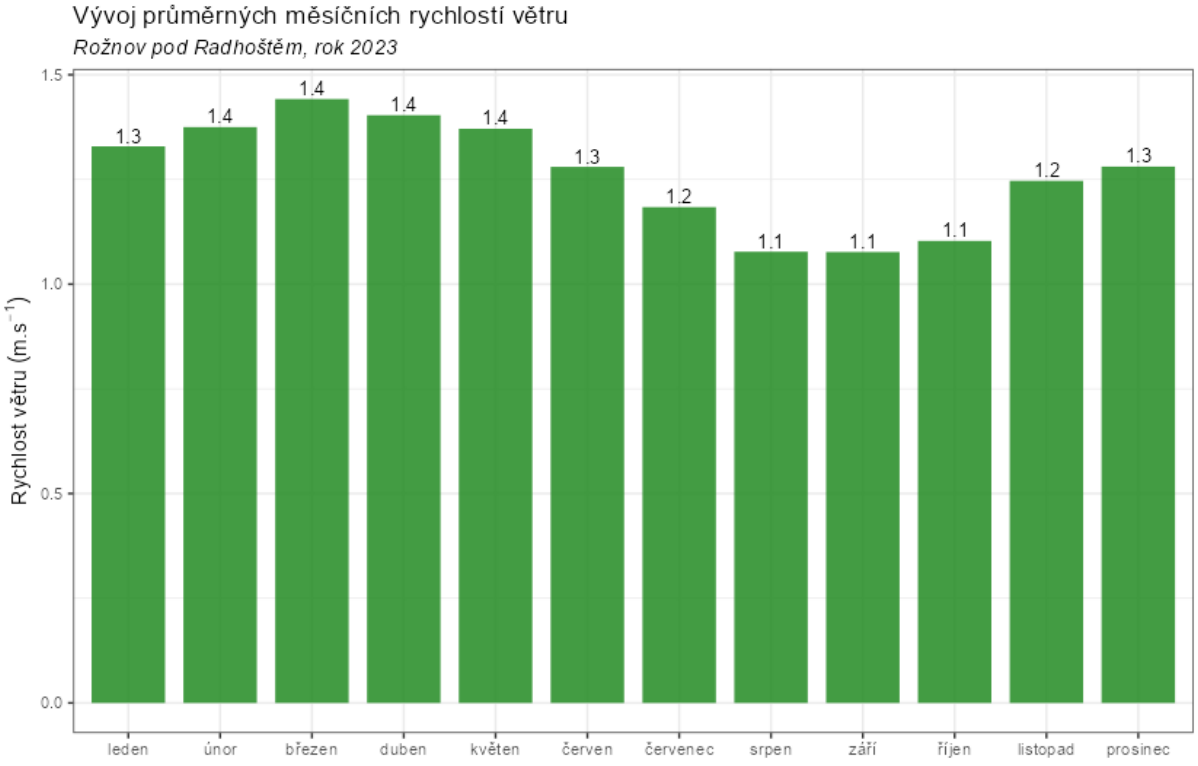
2.2 RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU

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 bezvětří 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 koncentrace škodlivin ovzduší. Pokud jsou rychlosti velmi nízké nebo panuje bezvětří, 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 Rožnov pod Radhoštěm. Z grafu je patrné, že byly měřeny převážně nízké rychlosti větru zhruba do 2,5 $m \cdot s^{-1}$, rychlosti nad 3 $m \cdot s^{-1}$ se vyskytovaly výjimečně. Následující Obr. 4 zobrazuje průměrné měsíční hodnoty.



Obr. 3 – Průměrné denní rychlosti větru, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

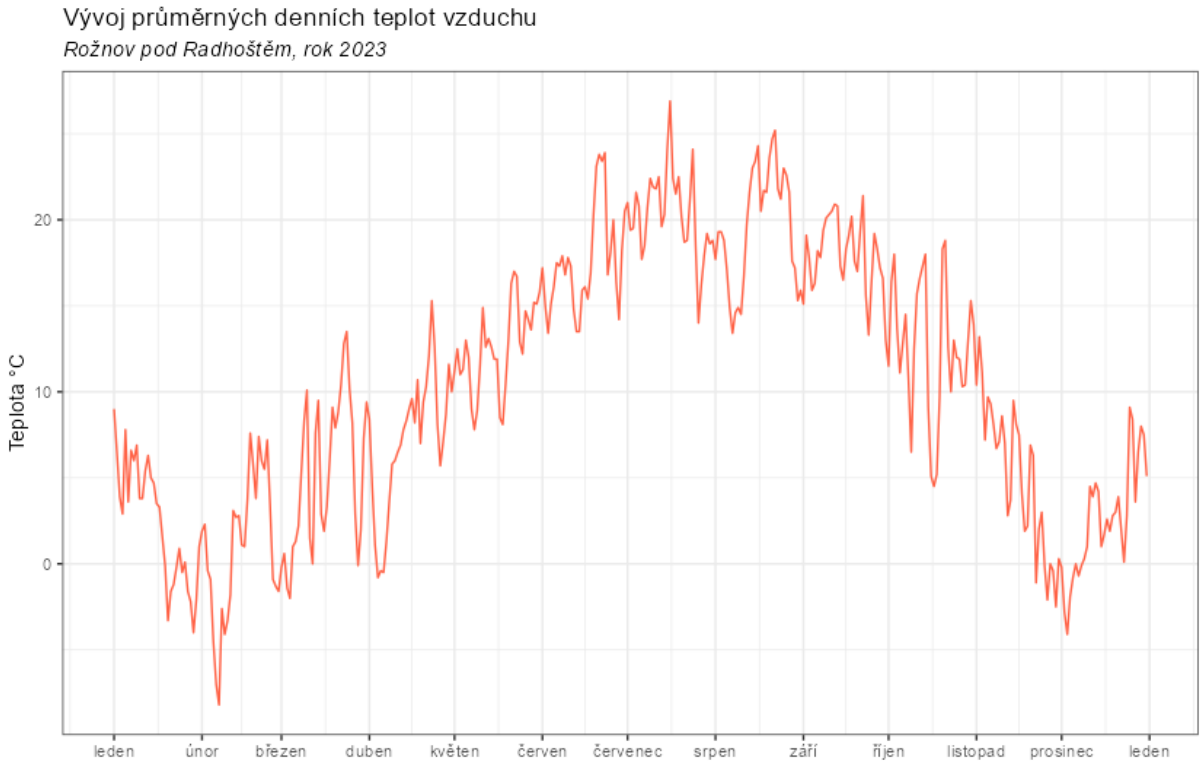


Obr. 4 – Průměrné měsíční rychlosti větru, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

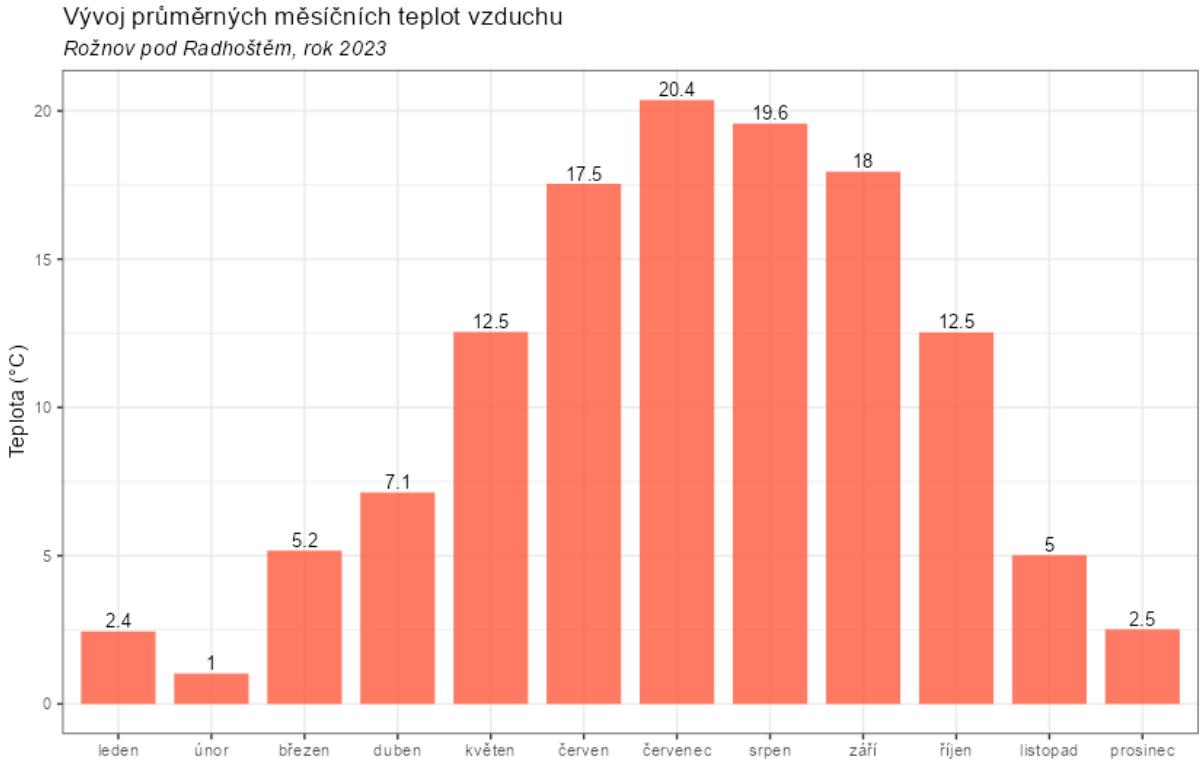
2.3 TEPLOTA VZDUCHU

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 Rožnov pod Radhoštěm. Z grafu vyplývá, že maximální hodnoty byly v této lokalitě měřeny v červenci, poté docházelo k postupnému poklesu teplot. Minimální teploty pak byly měřeny v únoru (Obr. 6).



Obr. 5 – Průměrné denní teploty vzduchu, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

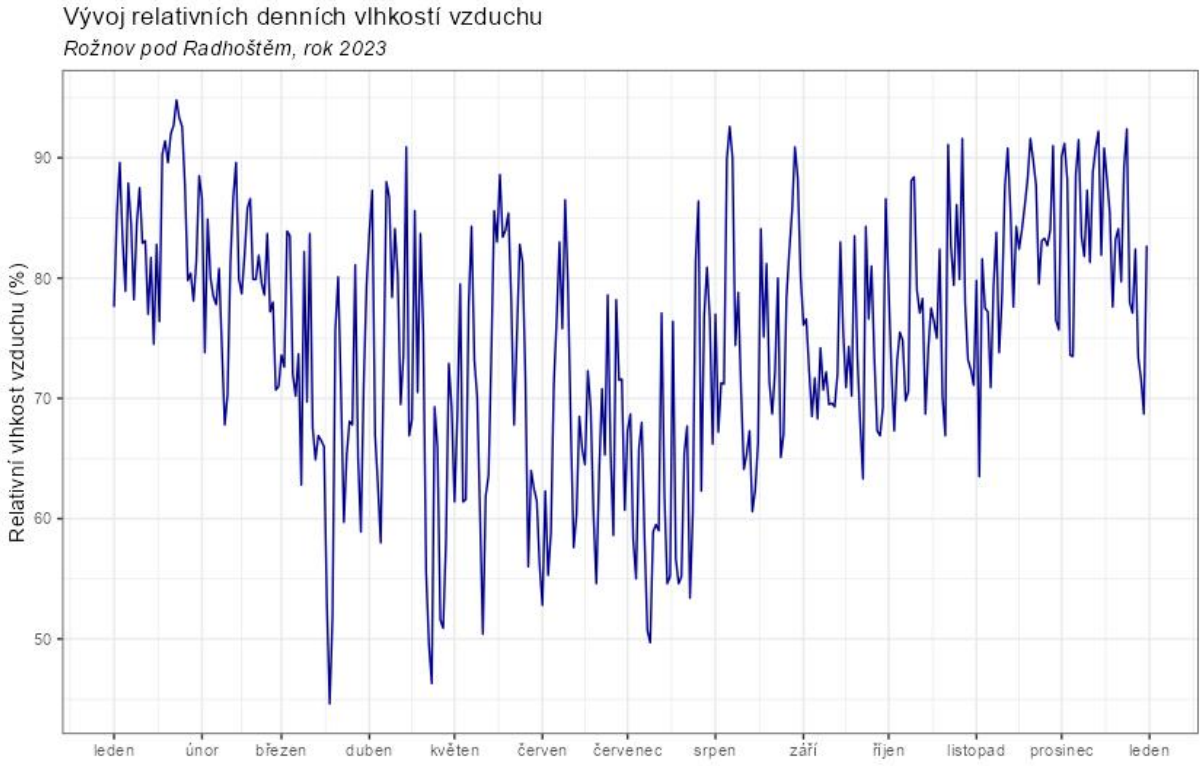


Obr. 6 – Průměrné měsíční teploty, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

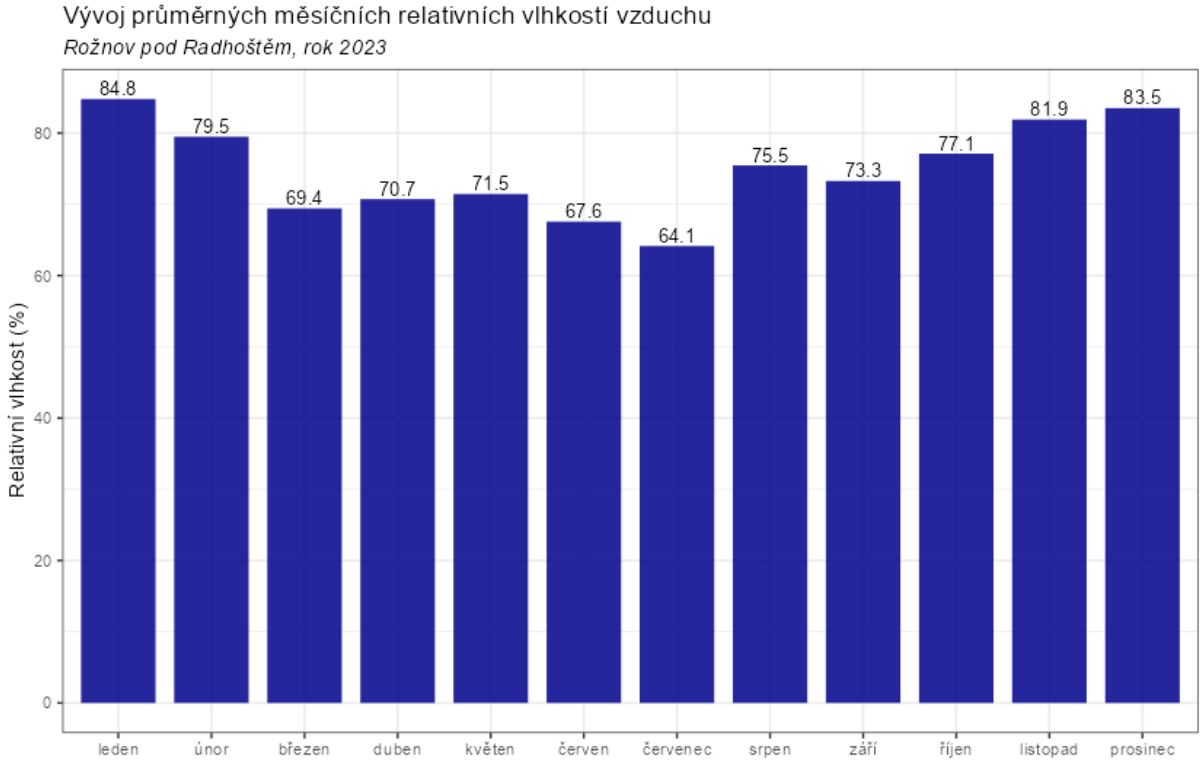
2.4 RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU

Důležitým faktorem, ovlivňujícím koncentrace 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 zastoupená hrubší frakce částic.

Následující Obr. 7 zobrazuje průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. 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.



Obr. 7 - Průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

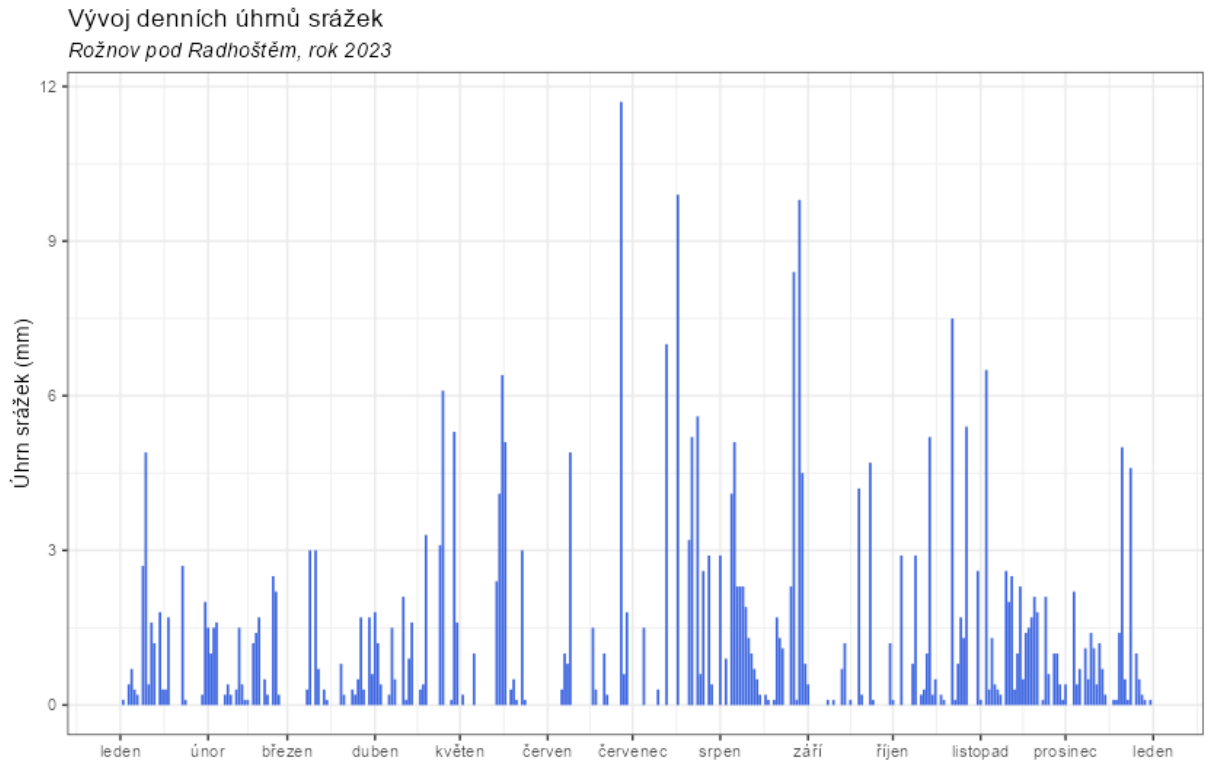


Obr. 8 – Průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

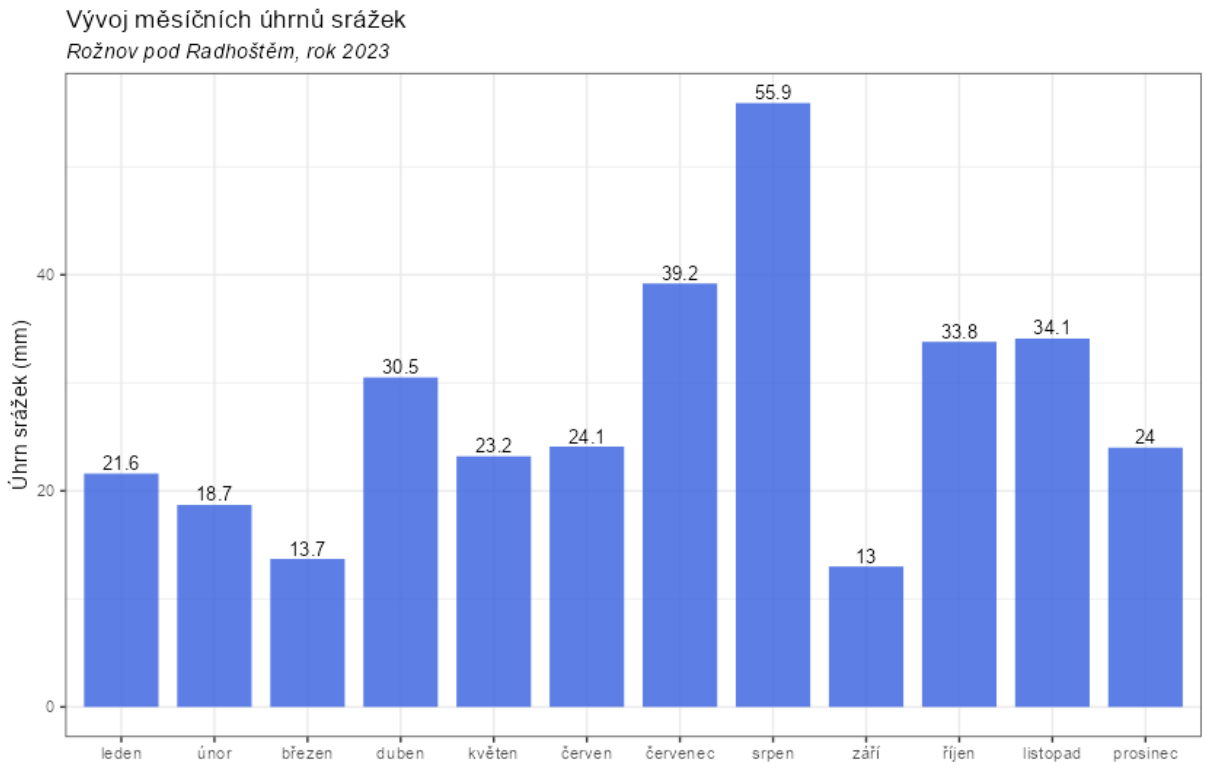
2.5 ÚHRN SRÁŽEK

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 vysýchání půdy a větrné erozi.

Následující Obr. 9 zobrazuje denní úhrn srážek v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. Následující graf na Obr. 10 zobrazuje měsíční úhrny srážek. Méně než 20 mm srážek v měsíčním úhrnu se vyskytlo v únoru, březnu a září. Maximální úhrn srážek byl naměřen v srpnu.



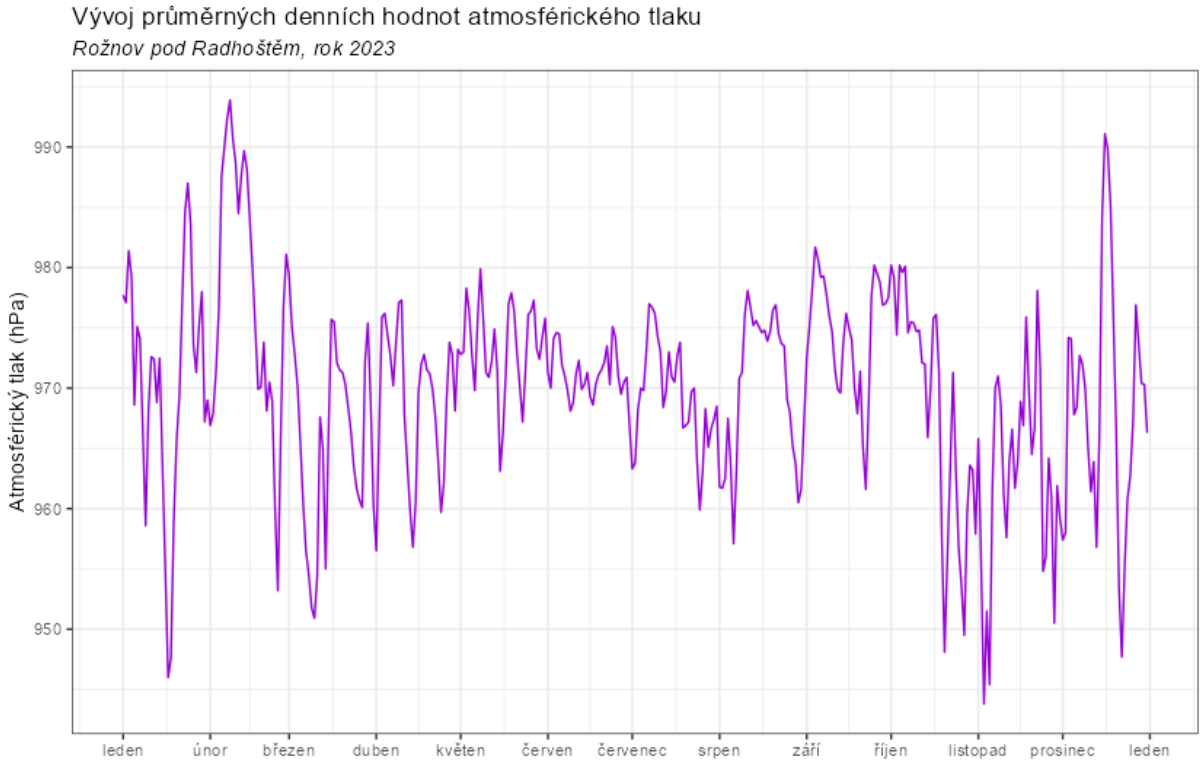
Obr. 9 – Denní úhrn srážek, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023



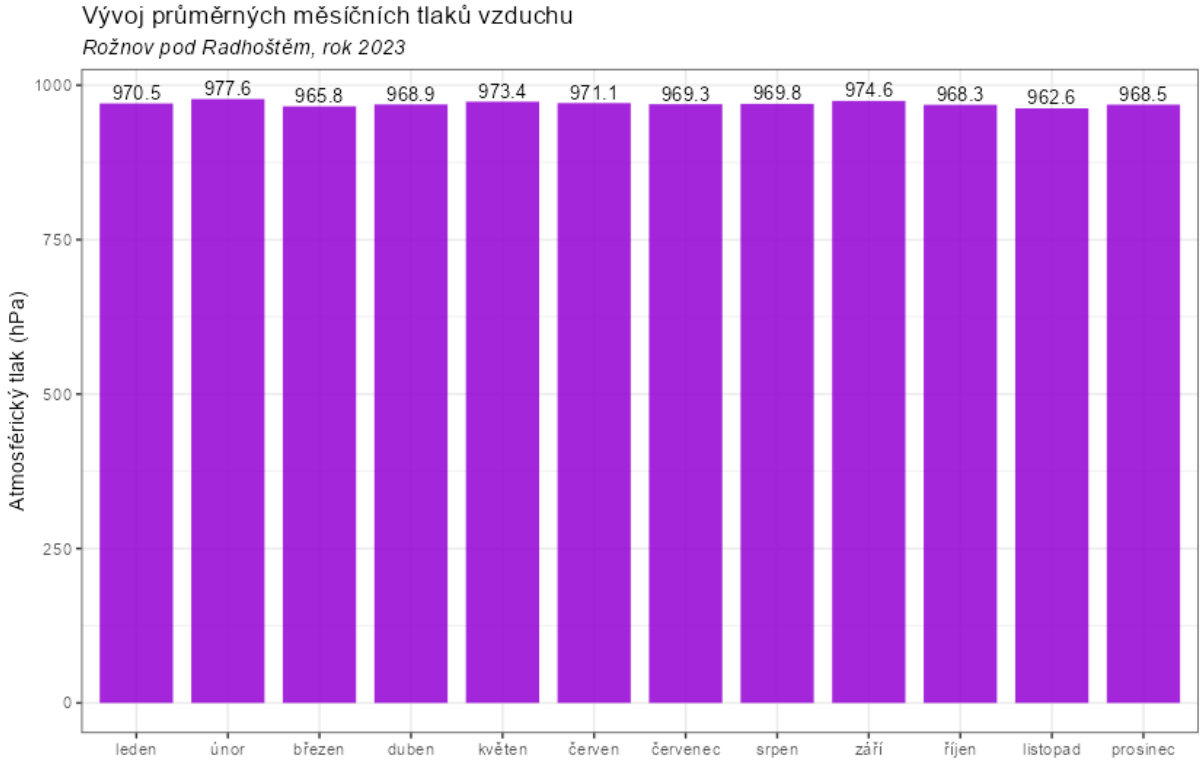
Obr. 10 – Měsíční úhrn srážek, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

2.6 ATMOSFÉRICKÝ TLAK

Následující Obr. 11 a Obr. 12 zobrazují průměrné denní a měsíční hodnoty atmosférického tlaku v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. Vyšší hodnoty jsou měřeny spíše v chladné části roku, v letních měsících je tlak mírně nižší.



Obr. 11 - Průměrné denní hodnoty atmosférického tlaku, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023



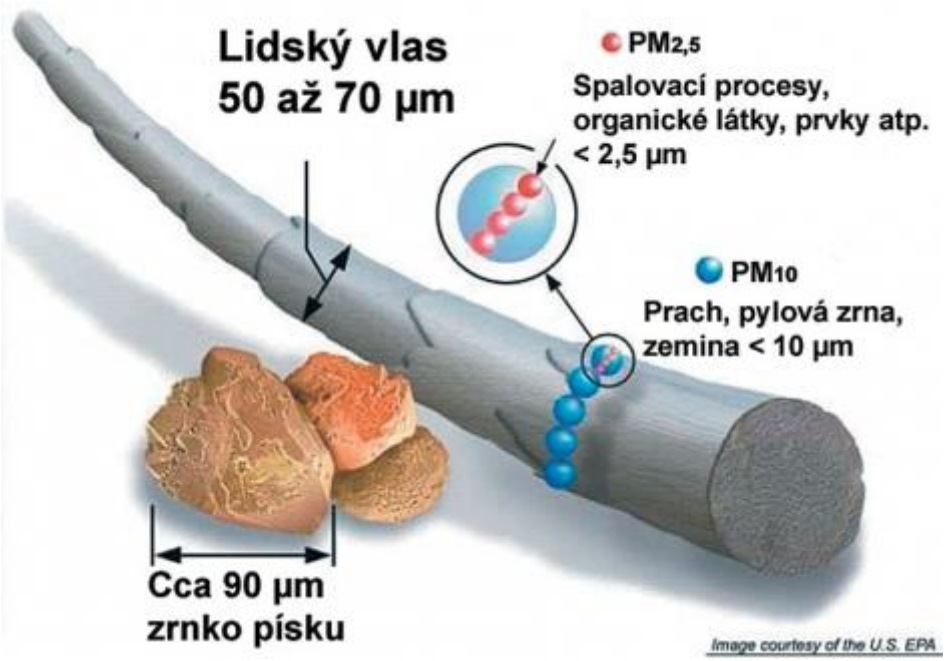
Obr. 12 – Průměrné měsíční hodnoty atmosférického tlaku, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

3 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ

3.1 SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM10 A PM2,5

Suspendované částice jsou emitovány jak přírodními (např. sopky či prašné 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. 13.

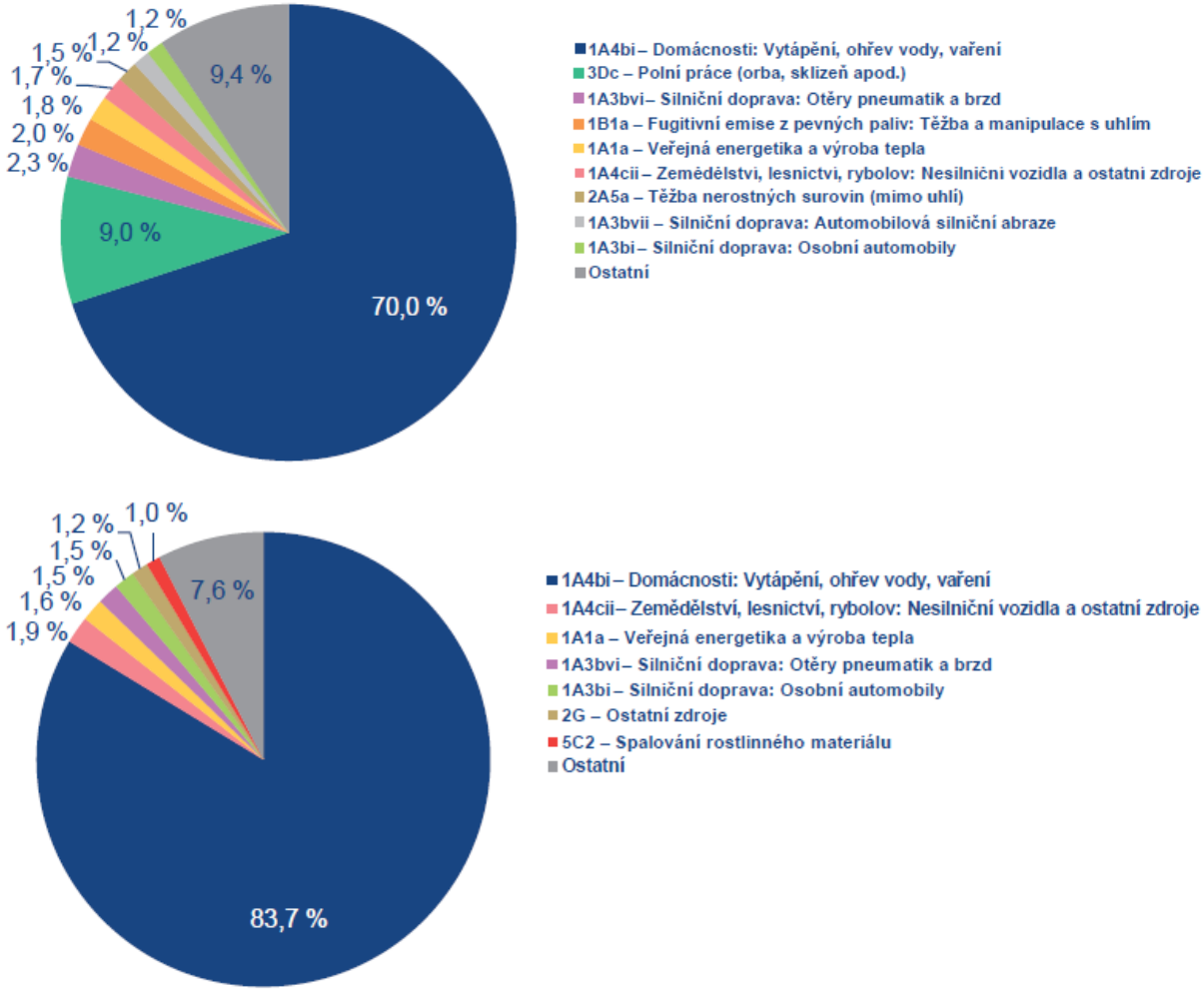


Obr. 13 – Srovnání velikostí částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ s lidským vlasem a zrnkem písku. Zdroj: US EPA

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 (znovuzvíření), 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. 14 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM_{10} (nahoře) a $PM_{2,5}$ (dole) v ČR, rok 2021 [8]

Suspendované částice mají významné zdravotní důsledky, které se projevují již při velmi nízkých koncentrací 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

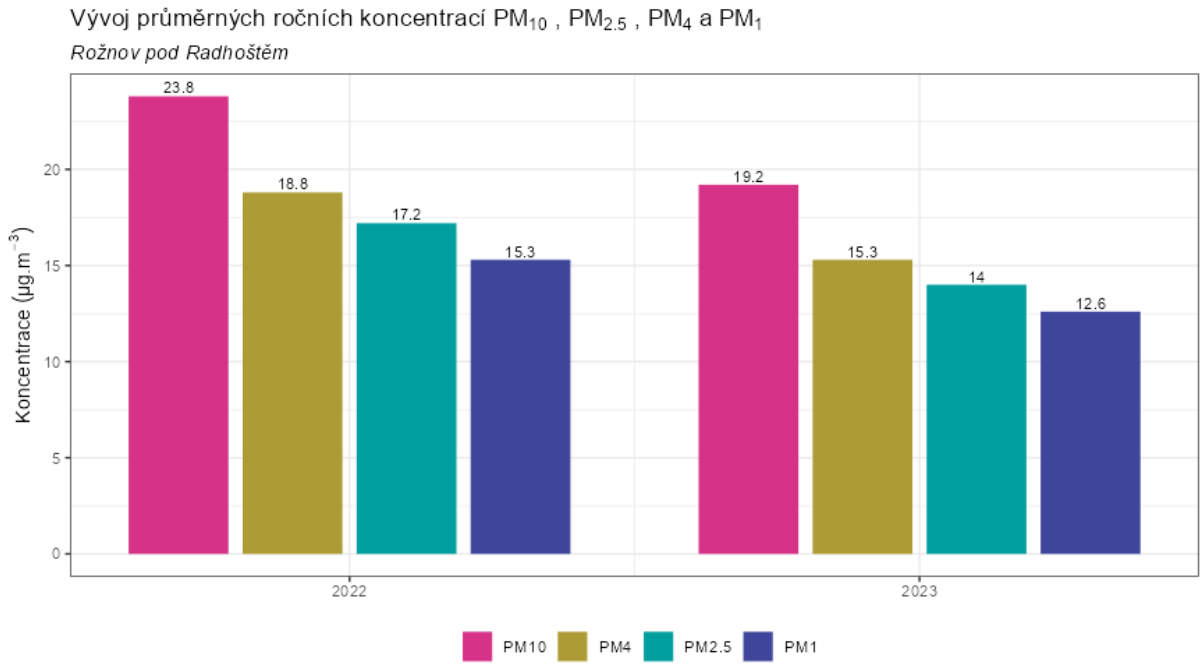
dýchací a oběhové soustavy. Nejzávažnější zdravotní dopady, tj. kardiovaskulární a respirační účinky a navýšení úmrtnosti, mají jemné a ultra jemné částice s velikostí aerodynamického průměru pod 1 µm [9], [10].

3.1.1 Průměrné roční koncentrace

Průměrná roční koncentrace PM_{10} činila v roce 2023 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm 19,2 µg·m^{-3}. Imisní limit tedy překročen nebyl. Průměrná roční koncentrace $PM_{2,5}$ činila v roce 2023 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm 14,0 µg·m^{-3}. Imisní limit tedy překročen nebyl.

Průměrná roční koncentrace PM_4 činila v roce 2023 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm 15,3 µg·m^{-3}. Průměrná roční koncentrace PM_1 činila v roce 2023 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm 12,6 µg·m^{-3}.

Následující Obr. 15 zobrazuje průměrné roční koncentrace jednotlivých frakcí PM v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. Z grafu je patrné, že proti předchozímu roku došlo k mírnému poklesu koncentrací ve všech frakcích PM.

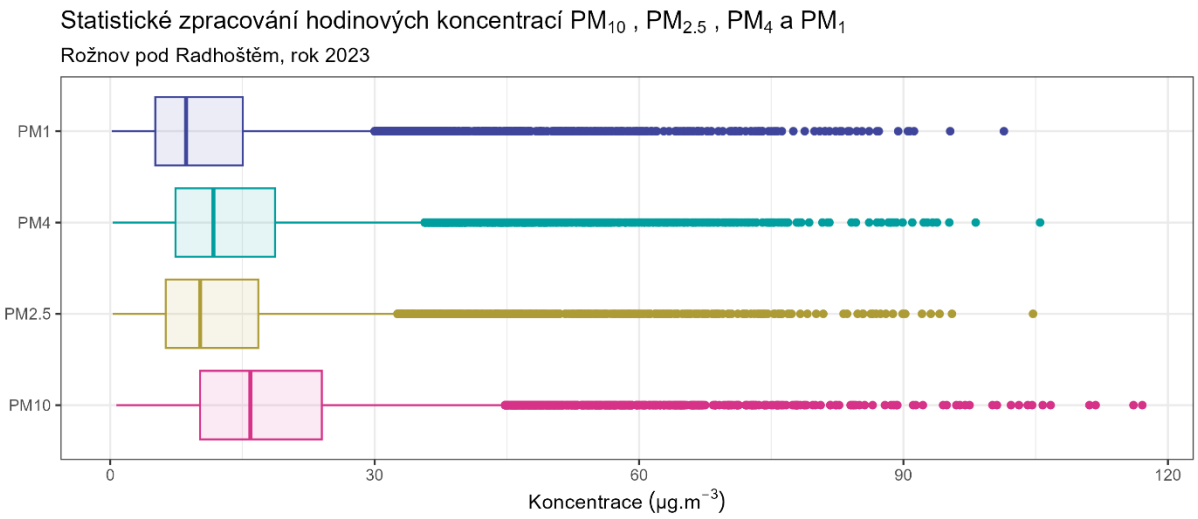


Obr. 15 -Vývoj průměrných ročních koncentrací PM, lokalita Rožnov pod Radhoštěm

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. 16.

*Tab. 2 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací **PM** v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023*

STATISTIKA	PM10	PM25	PM4	PM1
PRŮMĚR	19,2	14	15,3	12,6
MAXIMUM	117,1	104,7	105,5	101,4
MEDIÁN	15,9	10,2	11,7	8,6
MINIMUM	0,7	0,3	0,3	0,2

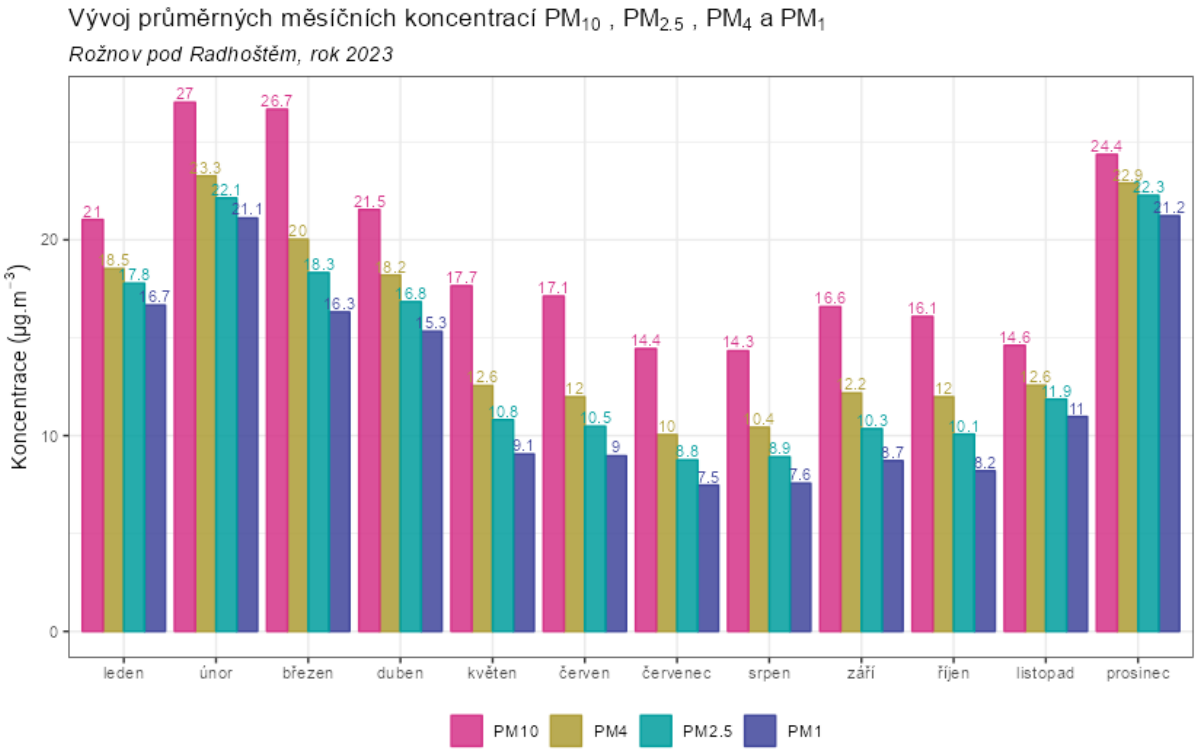


*Obr. 16 – Statistické zpracování hodinových koncentrací **jednotlivých frakcí PM** v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023*

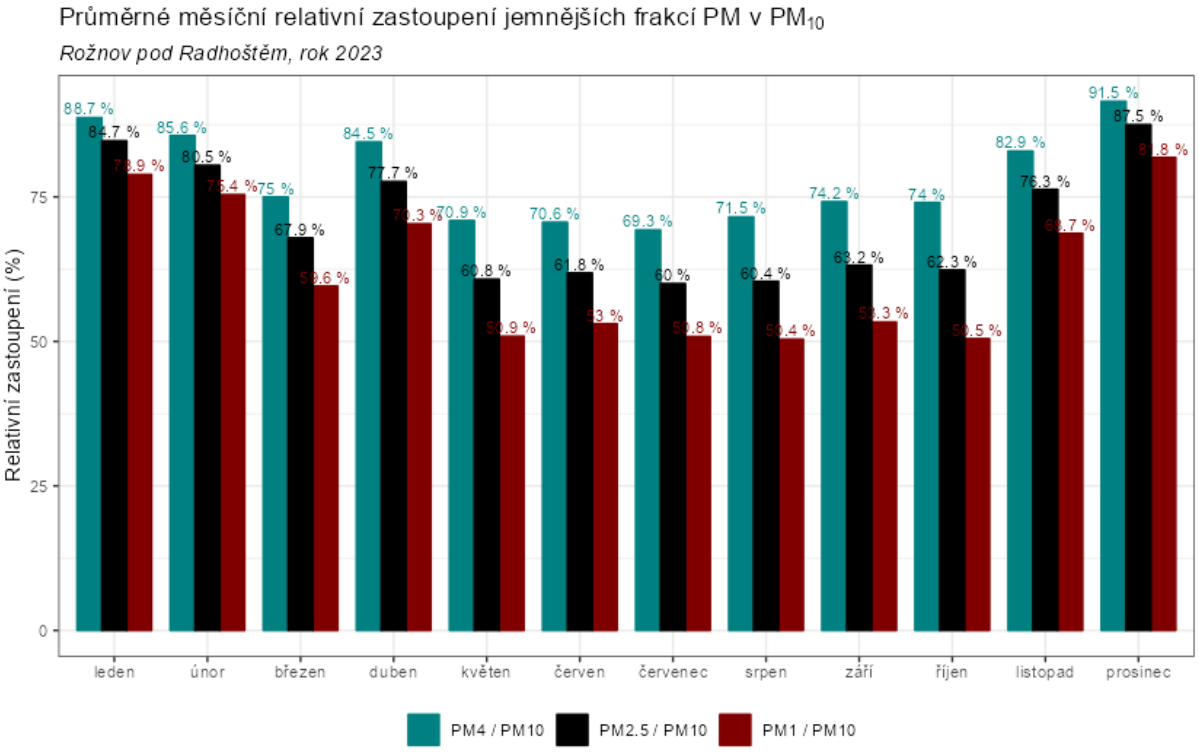
3.1.2 Průměrné měsíční koncentrace

Na Obr. 17 jsou průměrné měsíční koncentrace jednotlivých frakcí PM. 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 byla naměřena v únoru a březnu. Naopak nejnižší koncentrace byly měřeny v letních měsících.

Průměrné měsíční zastoupení jemnějších frakcí PM v PM_{10} zobrazuje Obr. 18. Z něj je patrné, že v chladné části roku je jemnější a nebezpečnější frakce zastoupena podstatně více (až 90 % v nejchladnějším měsíci prosinci), než v létě, kdy se jemnější frakce podílí zhruba 70 % v případě legislativou sledované $PM_{2,5}$.



*Obr. 17 - Průměrné měsíční koncentrace **jednotlivých frakcí PM**, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023*



Obr. 18 – Průměrné měsíční zastoupení jemnějších frakcí PM v PM_{10}, lokalita Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

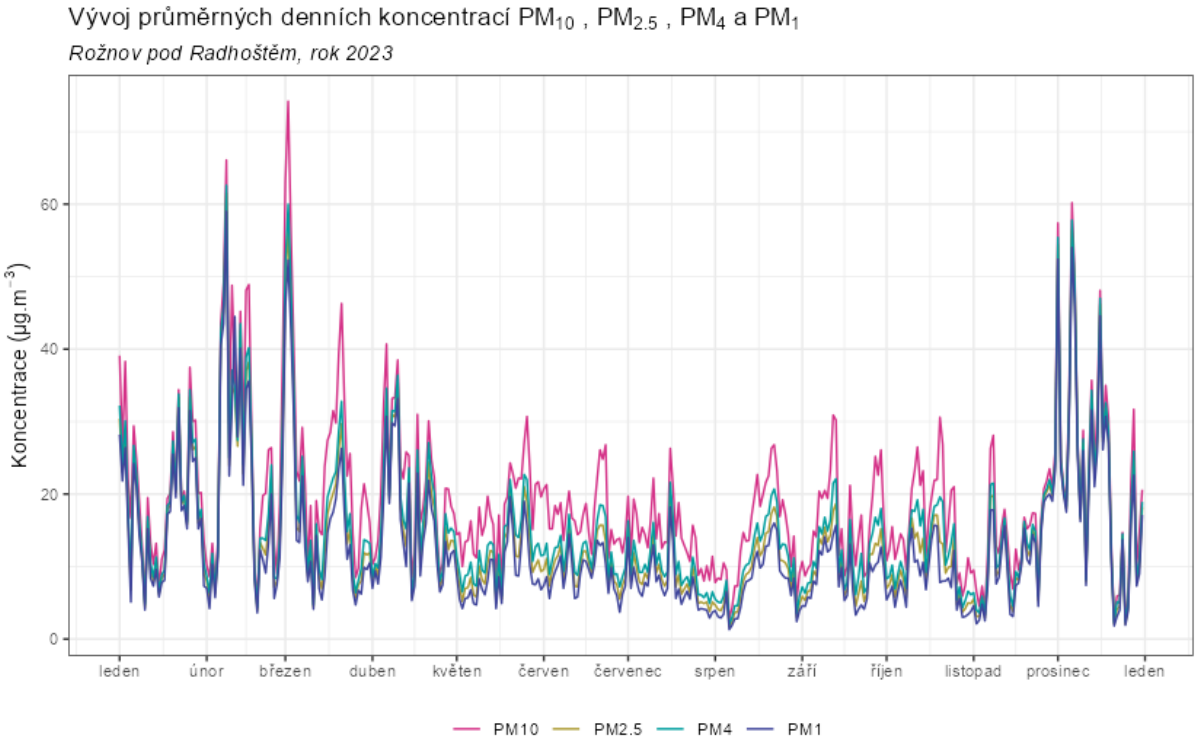
3.1.3 Průměrné denní koncentrace PM

Vývoj průměrných denních koncentrací jednotlivých frakcí PM v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm zobrazuje následující Obr. 19. Z grafu je patrné, že koncentrace jemnějších frakcí PM_4, $PM_{2,5}$ a PM_1 do značné míry kopírují hrubší frakci PM_{10} a z velmi velké části tak PM_{10} tvoří.

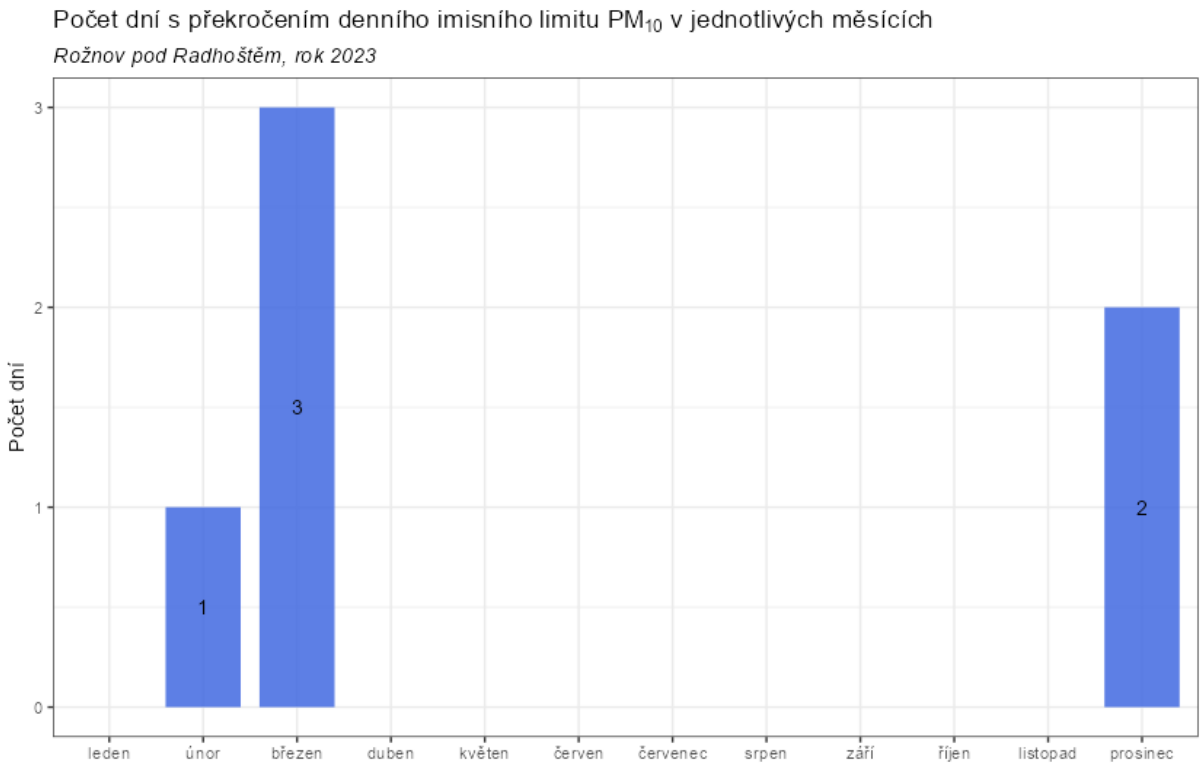
Průměrné denní koncentrace vyšší, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} (50 $\mu g \cdot m^{-3}$) se vyskytují především v chladné části. V měsících květen–říjen, kdy nejsou v provozu lokální topeniště a jsou příznivější rozptylové podmínky, jsou koncentrace obou frakcí PM nižší a k překračování hodnoty limitu nedochází. Vysoké koncentrace byly měřeny zejména v únoru a březnu.

Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu v jednotlivých měsících zobrazuje následující Obr. 20. Nejvíce překročení bylo naměřeno v březnu (3). Za rok 2023 došlo souhrnně k 6 překročením hodnoty imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10}, imisní limit tedy překročen nebyl (zákon umožňuje za kalendářní rok 35 překročení této hodnoty).

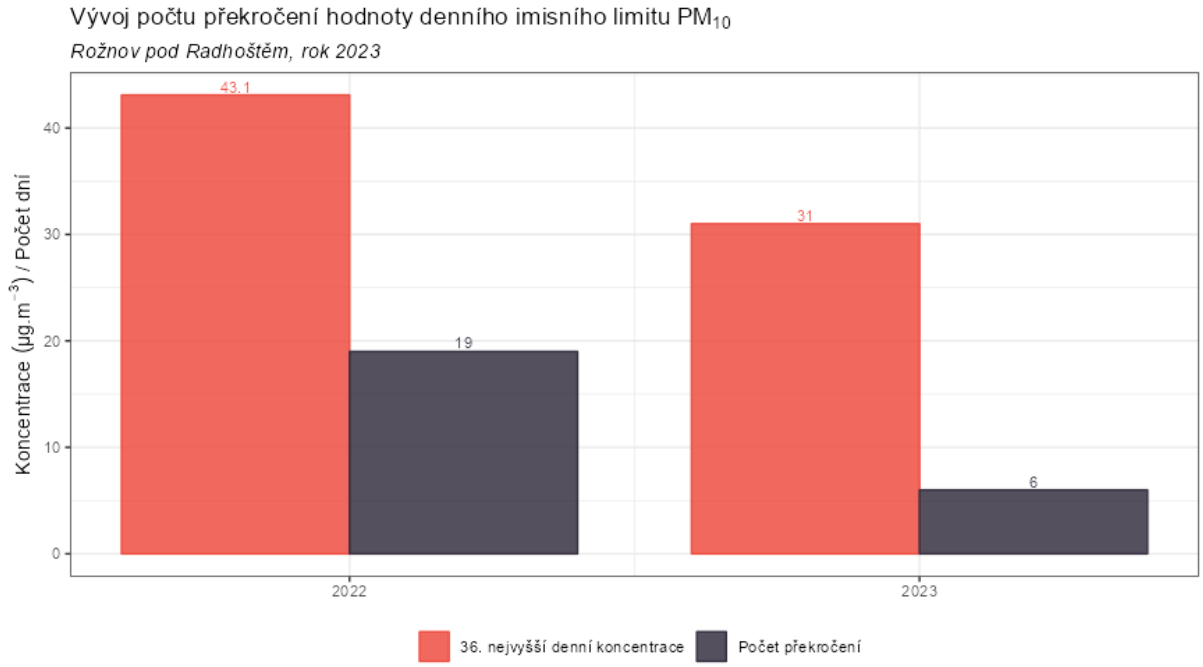
Vývoj počtu překročení hodnoty denního imisního limitu pro PM_{10} a 36. nejvyšší denní koncentrace PM_{10} zobrazuje Obr. 21. Z grafu je patrné, že v obou sledovaných statistikách došlo k poklesu hodnot proti předchozímu roku.



*Obr. 19 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací **jednotlivých frakcí PM**, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023*



Obr. 20 – Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} v jednotlivých měsících, Rožnov pod Radhoštěm

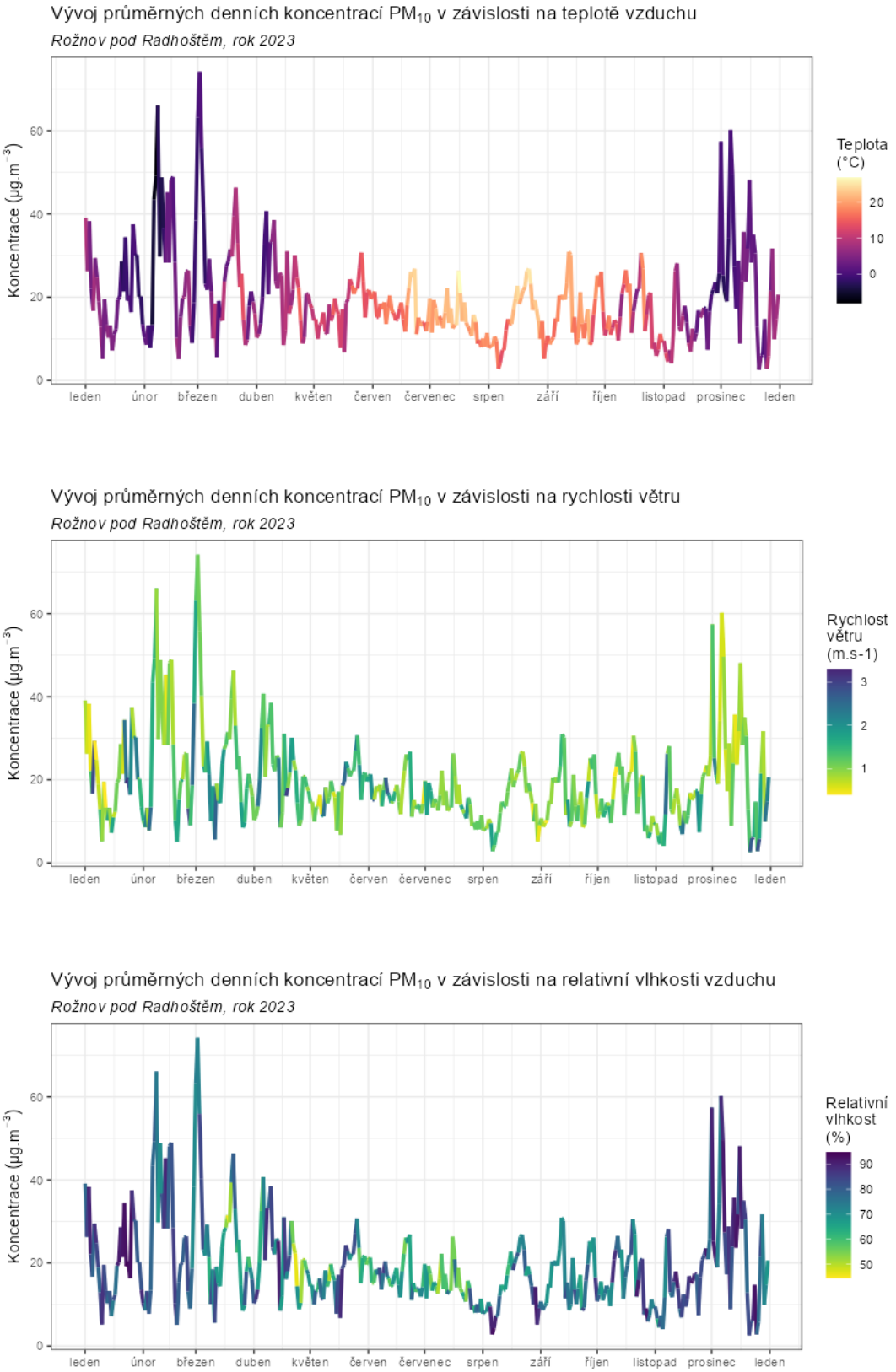


Obr. 21 – Vývoj 36. nejvyšší denní koncentrace PM_{10} a počtu dní s překročením hodnoty imisního limitu pro denní koncentraci PM_{10}, lokalita Rožnov pod Radhoštěm

Vzhledem k tomu, že jsou trend a z velké části i hodnoty PM_{10} a jemnějších frakcí téměř totožné (Obr. 19), bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro PM_{10}, avšak totéž platí i pro jemnější frakce.

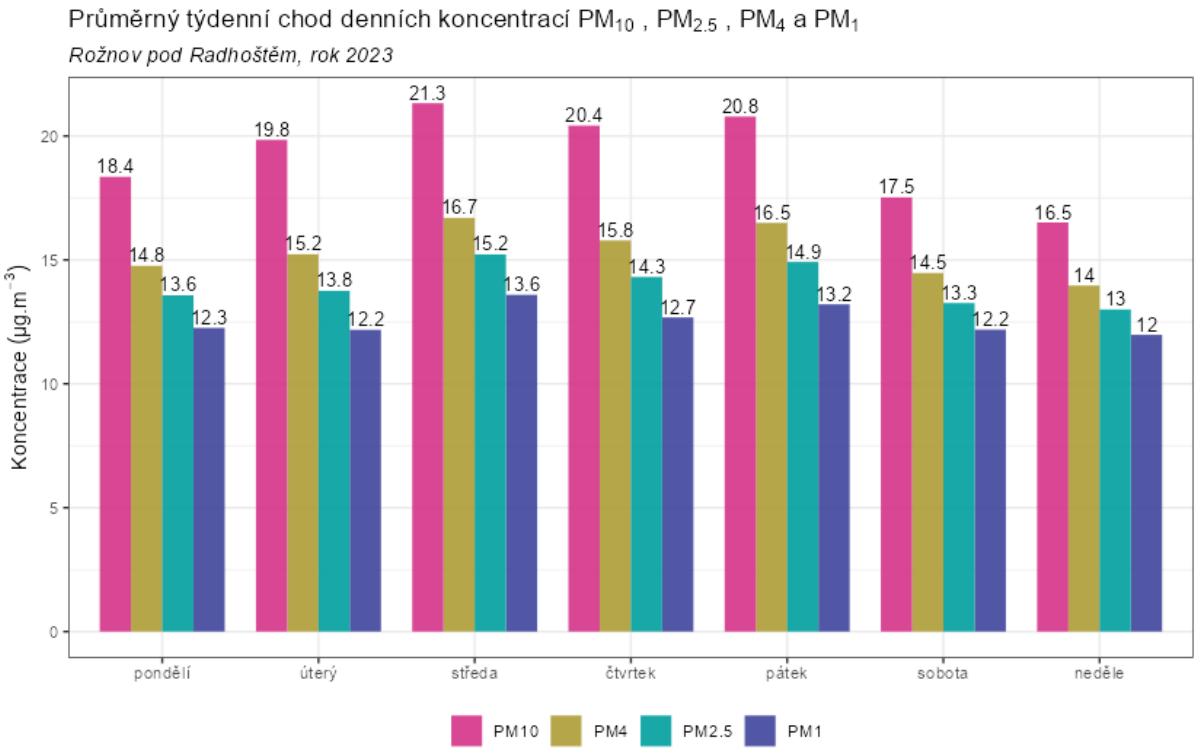
Na Obr. 22 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací PM_{10}, zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním relativní vlhkost.

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.



Obr. 22 – Vliv teploty (nahoře), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace PM_{10}, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

Z hlediska týdenního chodu průměrných denních koncentrací PM (Obr. 23) je nejhorším dnem středa a pátek. Naopak nejnižší koncentrace byly měřeny v neděli.

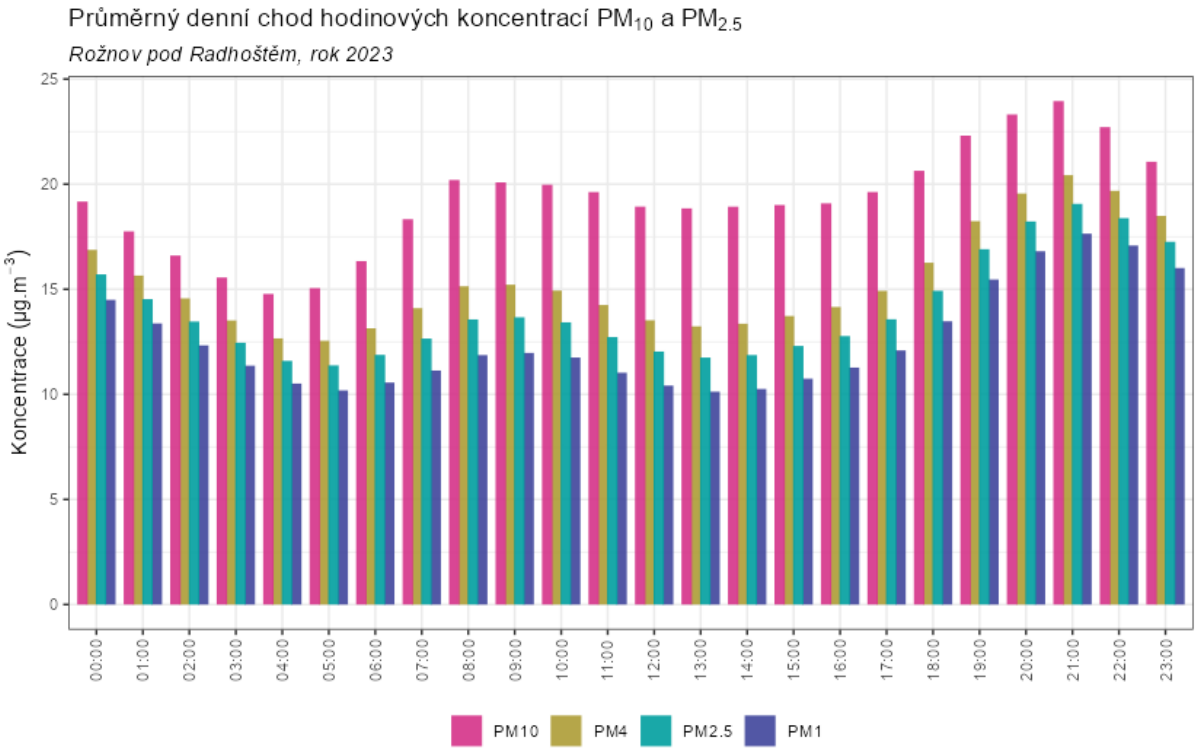


Obr. 23 – Průměrný týdenní chod denních koncentrací PM, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

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 jemnějších frakcí) v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. Denní chod koncentrací PM zobrazuje Obr. 24.

Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací PM_{10} jsou dosahovány ve večerních a nočních hodinách, a během ranní dopravní špičky. V případě jemnějších frakcí není ranní špička tak výrazná, což naznačuje větší podíl zvířené hrubší frakce. Dále je patrný pokles koncentrací v odpoledních hodinách a opětovný nárůst ve večerních. Večerní vysoké hodnoty jsou pravděpodobně důsledek návratu lidí z práce a zatopení v lokálních topeništích, které plošně navýší hodnoty koncentrací prašnosti v celém území. Zde je patrné, že dojde ke zvýšení všech frakcí, relativně více těch jemnějších. Svůj vliv mají také rozptylové podmínky, které bývají v noci horší. Nárůst začíná kolem 17. hodiny a zůstává zvýšený zhruba do 21. hodiny. Poté dochází k postupnému poklesu koncentrací. Minimální hodnoty jsou pak měřeny v brzkých ranních hodinách a během odpoledne.

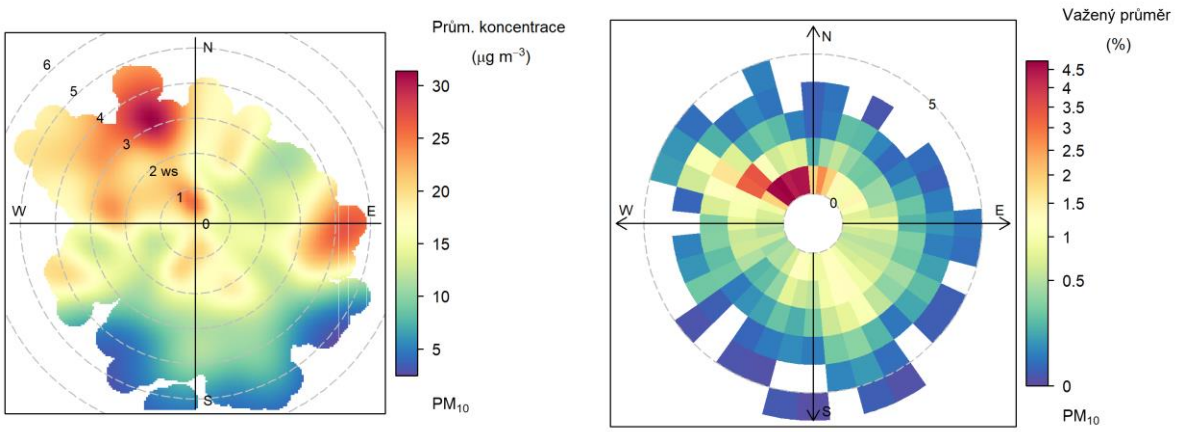


*Obr. 24 – Denní chod hodinových koncentrací **jednotlivých frakcí PM**, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023*

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.

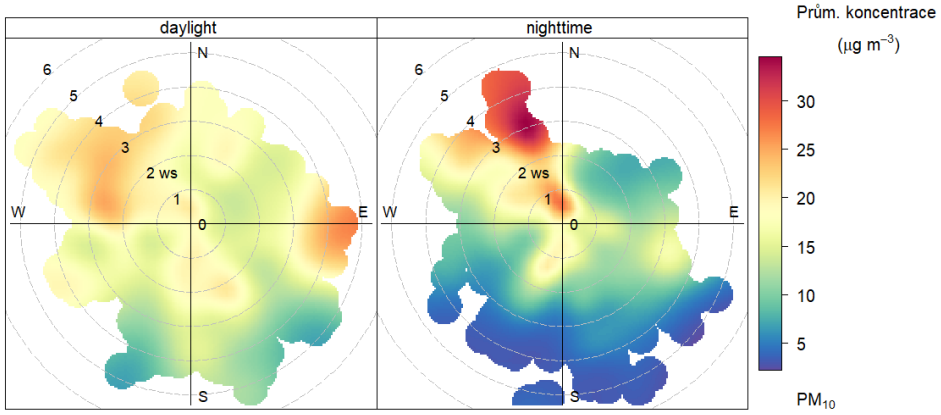
Následující Obr. 25 zobrazuje tyto dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Rožnov pod Radhoštěm.



Obr. 25 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro PM_{10}, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

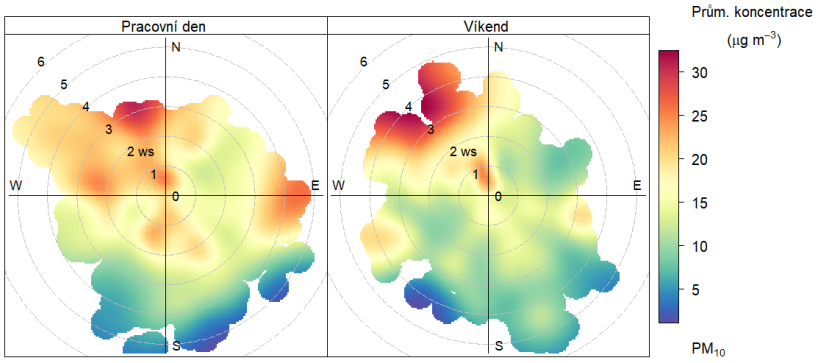
Z Obr. 25 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při severozápadním proudění a vyšších rychlostech větru. Zvýšené koncentrace jsou pak měřeny rovněž při bezvětří a při východním proudění a vyšších rychlostech větru. Co se týče relativního příspěvku k měřeným koncentracím, převládají severozápadní až severní směry větru (z těchto směrů fouká nejčastěji) a spíše nízké rychlosti větru.

Na následujícím Obr. 26 je koncentrační růžice rozdělená na den a noc. Vyšší koncentrace převládají zejména v nočních hodinách při proudění ze severozápadu a při bezvětří, v denních hodinách jsou zvýšené koncentrace měřeny především při severozápadním a východním proudění a vyšších rychlostech větru.



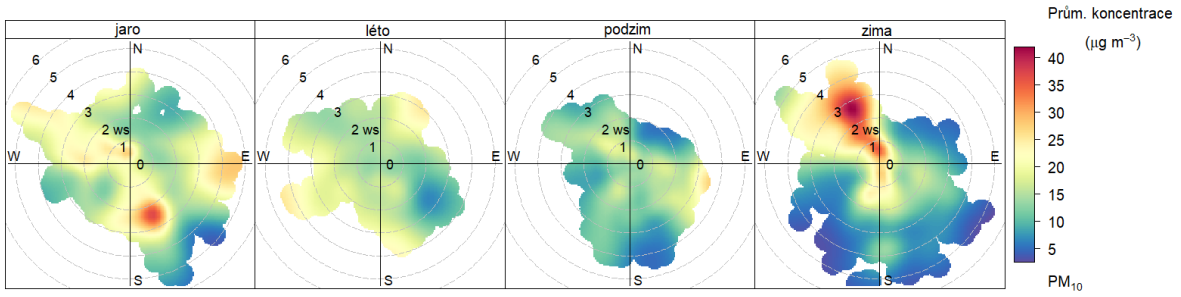
Obr. 26 – Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendu. Jak ukazuje následující Obr. 27, vyšší koncentrace jsou měřeny o víkendu, avšak pouze při severozápadním proudění. V pracovní dny jsou maximální koncentrace nižší, opět zejména při proudění ze severozápadu, popř. z východu.



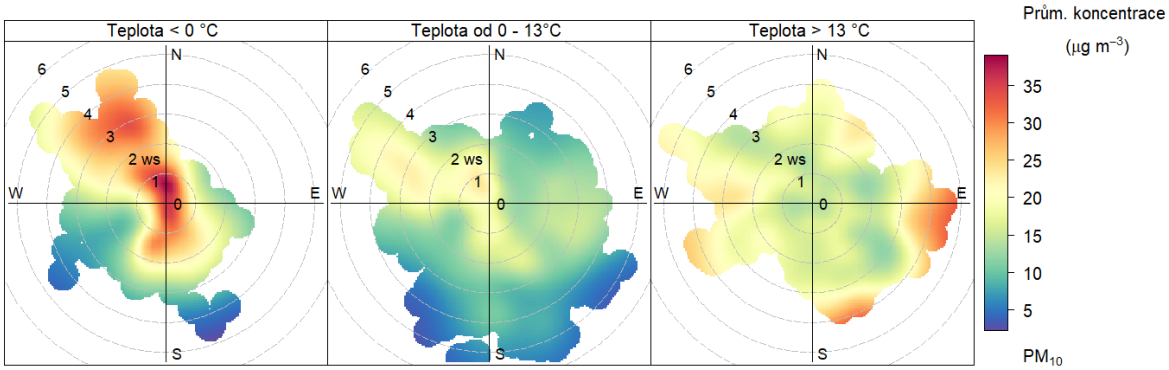
Obr. 27 – Koncentrační růžice v pracovní dny a o víkendu, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

Následující Obr. 28 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Vysoké koncentrace byly měřeny především v zimních měsících při bezvětří nebo při proudění ze severozápadu. V jarních měsících byly vyšší koncentrace měřeny i při proudění z jihu.



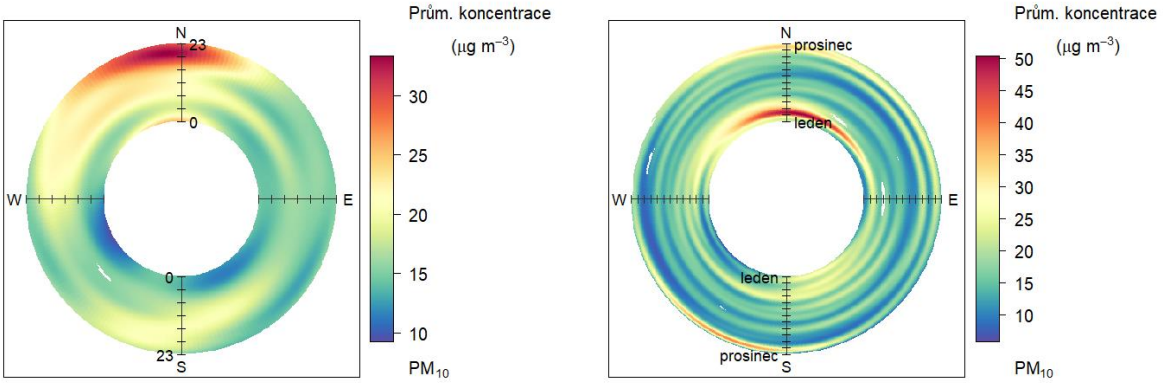
Obr. 28 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních obdobích, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 29 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou měřeny při teplotách vzduchu nižších než 0 °C a nízkých rychlostech větru, popř. při proudění ze severozápadu. Při vyšších teplotách jsou koncentrace vyšší při vysokých rychlostech větru a proudění z východu či jihu. Může jít i o důsledek větrné eroze.



Obr. 29 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Rožnov pod Radhoštěm, 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. 30 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

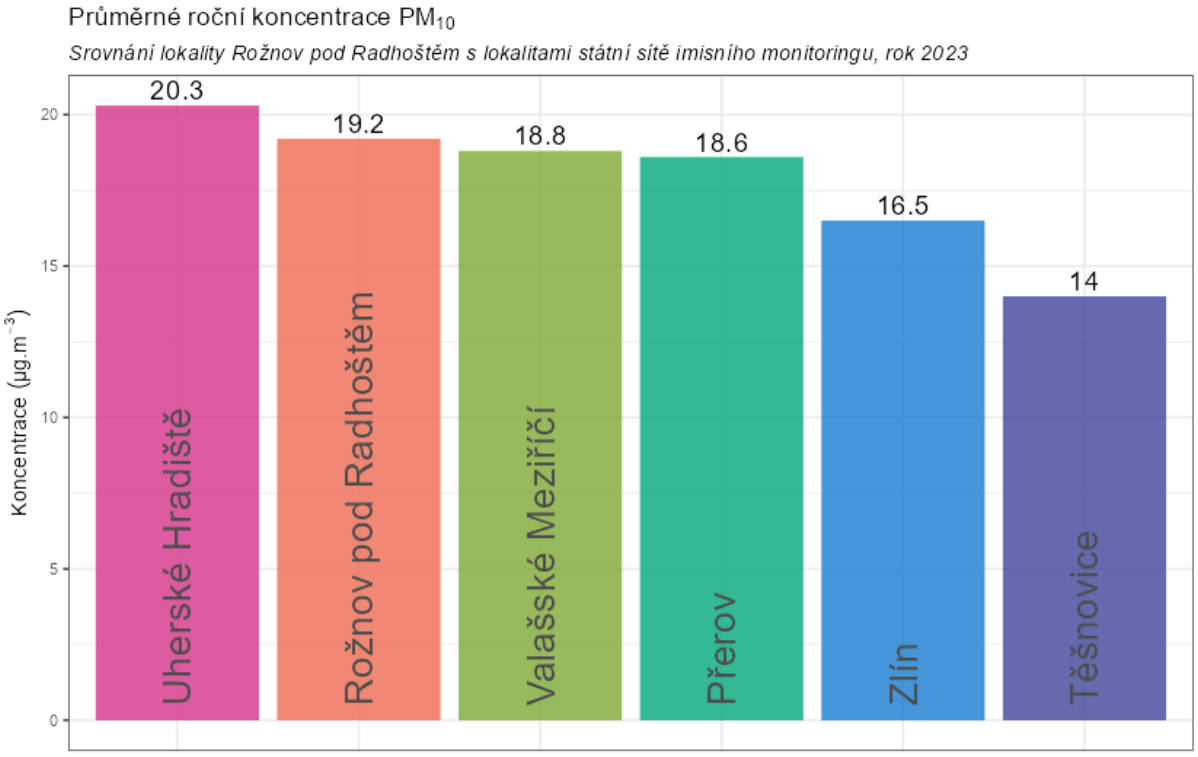
Z Obr. 30 pak vyplývá, že v případě lokality Rožnov pod Radhoštěm v roce 2023 byly nejvyšší koncentrace PM_{10} měřeny zejména ve večerních a nočních hodinách při proudění ze severu až severozápadu. V případě ročního chodu jsou významné zejména chladné měsíce, v roce 2023 pak zejména začátek roku a severní proudění.

3.1.5 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

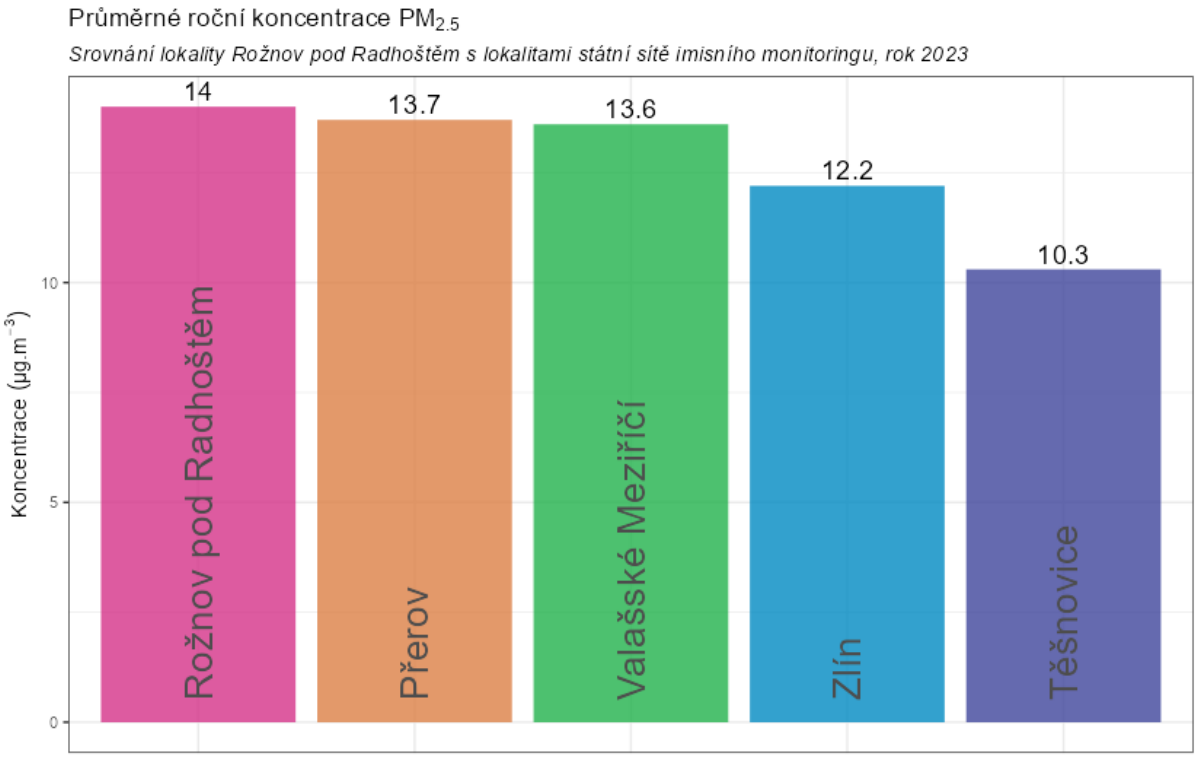
V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, srovnány s hodnotami naměřenými ve státní síti imisního monitoringu Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ).

Na následujícím Obr. 31 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace částic PM_{10} na blízkých lokalitách v roce 2023 a srovnány s lokalitou Rožnov pod Radhoštěm. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm jsou měřeny druhé nejvyšší koncentrace PM_{10} ze sledovaných lokalit, avšak rozdíly mezi lokalitami nejsou velké, s výjimkou stanice Těšnovice. Navíc pouze lokalita Uherské Hradiště je charakterizovaná jako dopravní, ostatní lokality jsou pozaďové. Žádná z uvedených lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{10}.

Na následujícím grafu na Obr. 32 jsou obdobně zobrazeny hodnoty průměrných ročních koncentrací $PM_{2,5}$ na vybraných lokalitách. Z grafu je patrné, že lokalita Rožnov pod Radhoštěm dosahuje nejvyšších hodnot v regionu. Avšak rozdíly mezi jednotlivými lokalitami jsou opět minimální. Žádná z lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci $PM_{2,5}$.



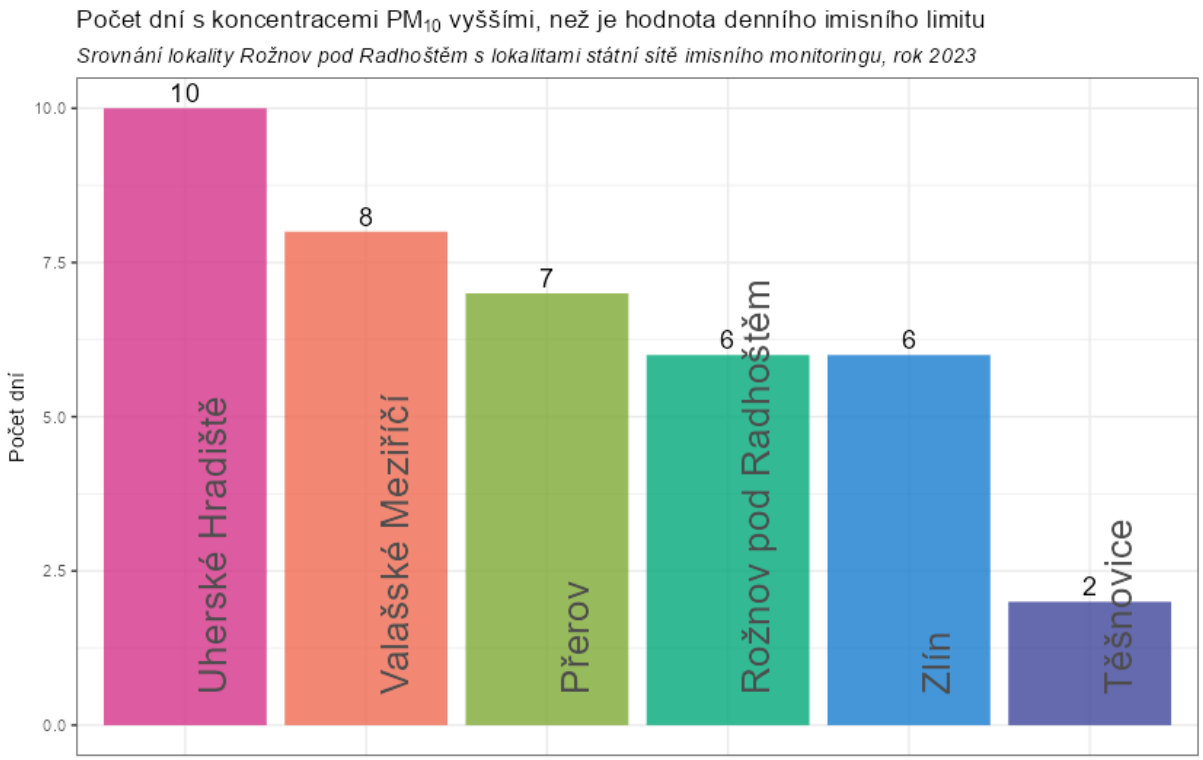
Obr. 31 – Srovnání průměrné roční koncentrace PM_{10} lokality Rožnov pod Radhoštěm s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



Obr. 32 – Srovnání průměrné roční koncentrace $PM_{2,5}$ lokality Rožnov pod Radhoštěm s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023

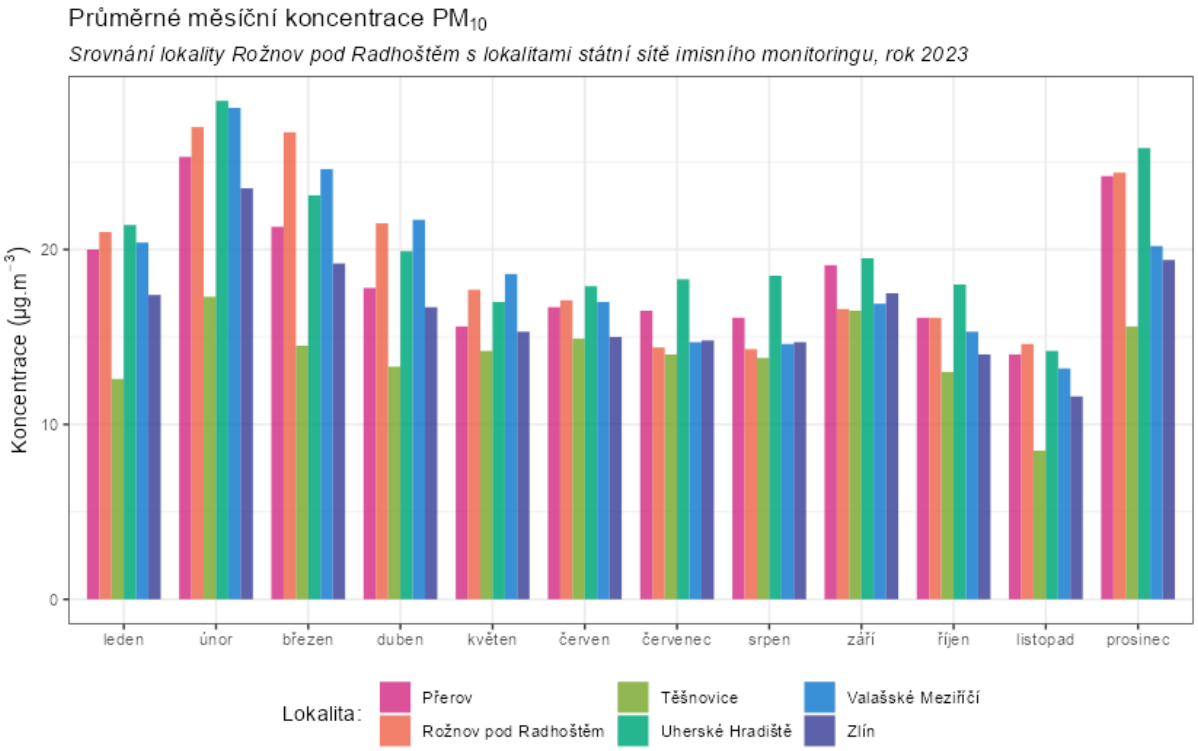
Graf na následujícím Obr. 33 zobrazuje poslední legislativou sledovanou charakteristiku pro suspendované částice PM_{10}. Jedná se o imisní limit pro průměrnou denní koncentraci PM_{10}, jehož hodnota může být z kalendářní rok 35x překročena. V grafu je zobrazen právě počet dní s překročenou hodnotou 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. Dopravní lokalita Rožnov pod Radhoštěm plnila imisní limit v roce 2023, došlo k 6 překročením, což je stejná hodnota, jakou naměřila pozaďová lokalita Zlín. K nejvíce překročením došlo v lokalitě Uherské Hradiště.

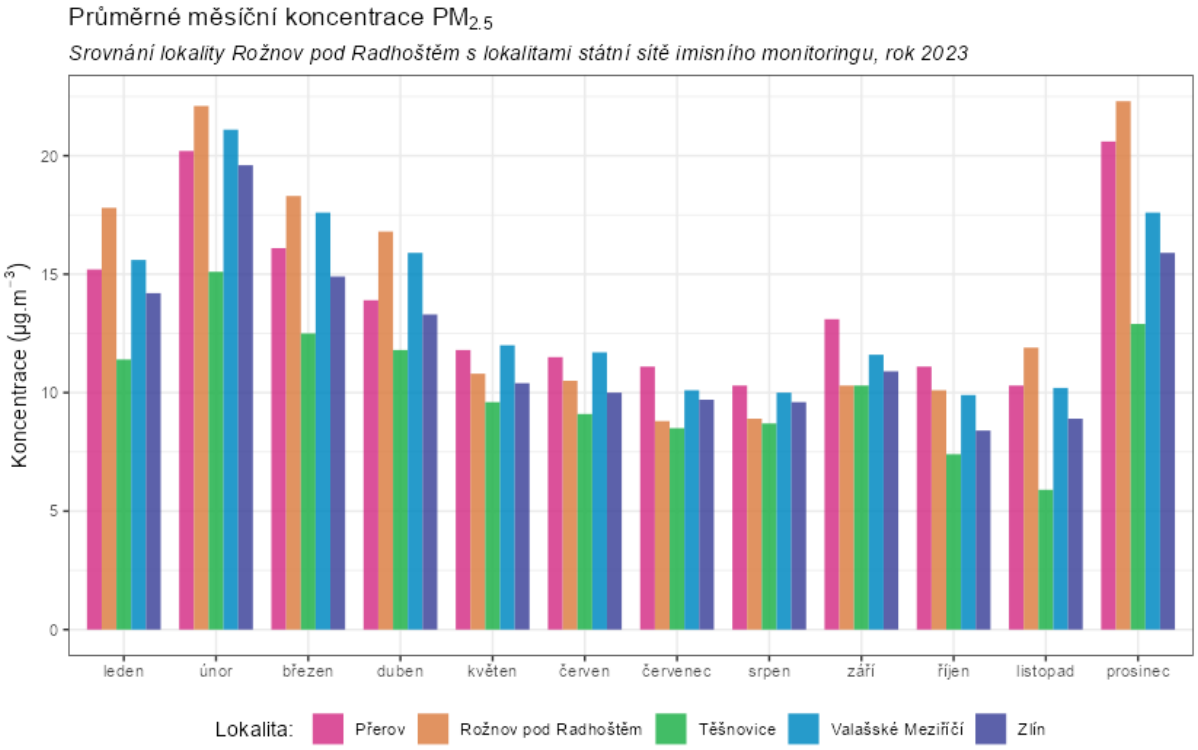


Obr. 33 – Počet dní s průměrnými denními koncentracemi PM_{10} vyššími, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10}, vybrané lokality SSIM, rok 2023

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 Rožnov pod Radhoštěm byly i v ostatních lokalitách naměřeny nejvyšší koncentrace v únoru, březnu a prosinci. Je tedy zřejmé, že vliv na zvýšené koncentrace neměly lokální zdroje, ale ovlivnění bylo regionální, resp. nadregionální. Rovněž je u všech lokalit nepatrný nárůst koncentrací v měsících srpnu, nejde tedy pouze o lokální ovlivnění.

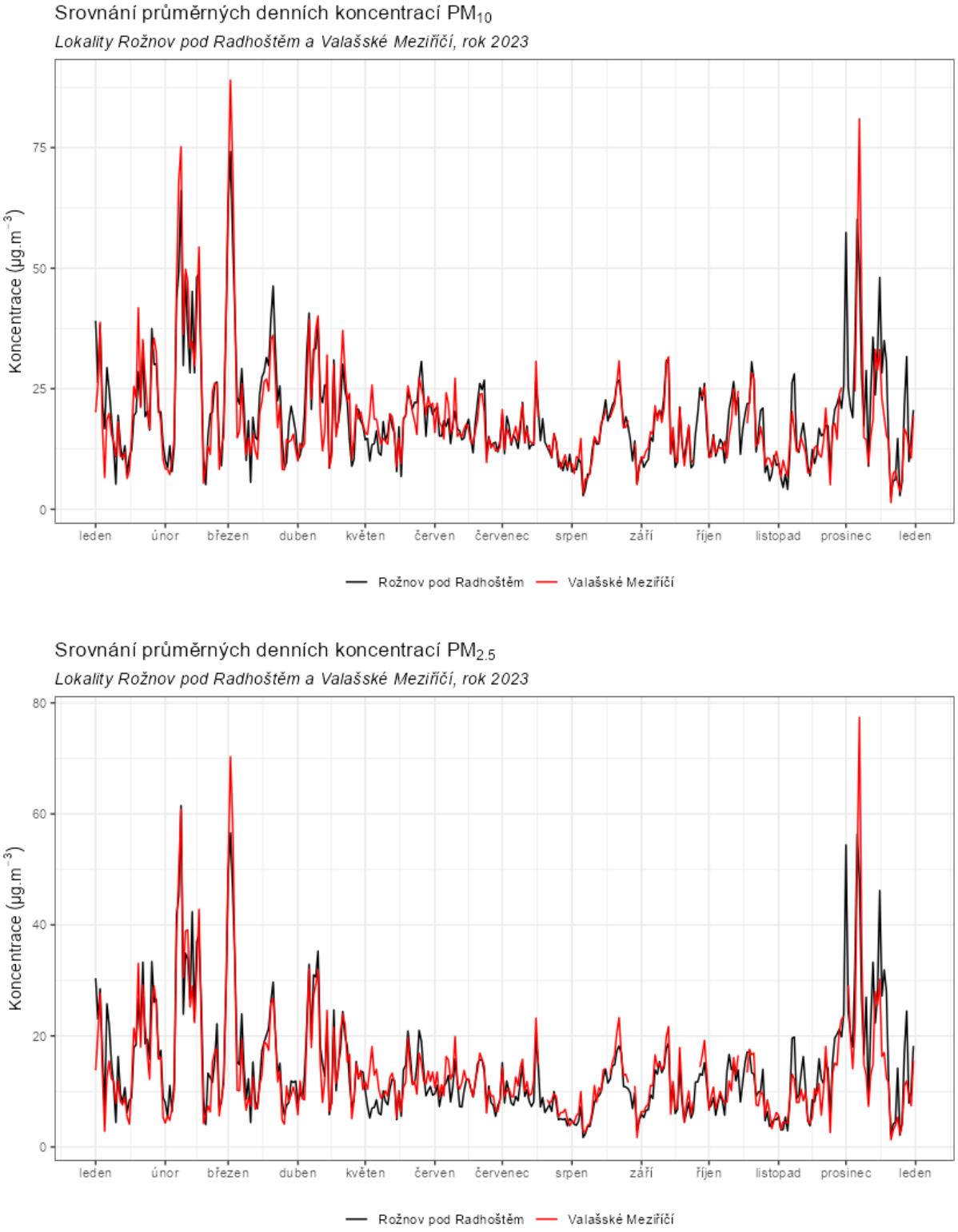


Obr. 34 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM_{10} lokality Rožnov pod Radhoštěm s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



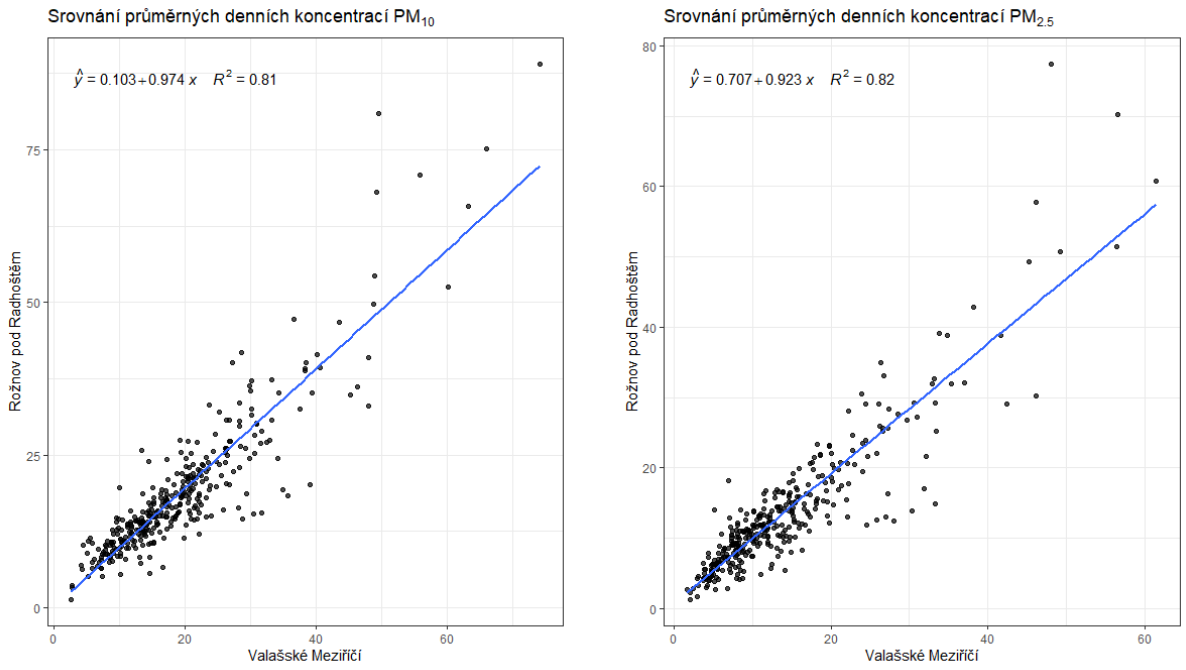
Obr. 35 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací $PM_{2,5}$ lokality Rožnov pod Radhoštěm s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023

Následující graf na Obr. 36 srovnání průměrných denních koncentrací PM_{10} (nahoře) a $PM_{2,5}$ (dole) s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu Valašské Meziříčí.



Obr. 36 – Srovnání průměrných denních koncentrací PM_{10}, lokality Rožnov pod Radhoštěm a Valašské Meziříčí, rok 2023

Z grafu je dobře patrné, že vývoj průměrných denních koncentrací je v obou lokalitách velmi podobný. A to přesto, že se v případě lokality Rožnov pod Radhoštěm jedná o dopravní lokalitu a v případě Valašského Meziříčí o městskou pozaďovou lokalitu. Obě lokality mají společné, že leží v blízkosti řeky Bečvy. Mezi stanicemi existuje dobrá korelace jak pro PM_{10}, tak pro $PM_{2,5}$, jak ukazují grafy na Obr. 37. Občasné rozdíly v koncentracích jsou zřejmě způsobeny rozdílnou orografií terénu, zastavěností a provětráváním, a částečně skladbou lokálních zdrojů (zejména ovlivnění dopravou).



Obr. 37 – Srovnání průměrných denních koncentrací v lokalitě Valašské Meziříčí a Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

3.2 Oxidy dusíku NO_2, NO a NO_X

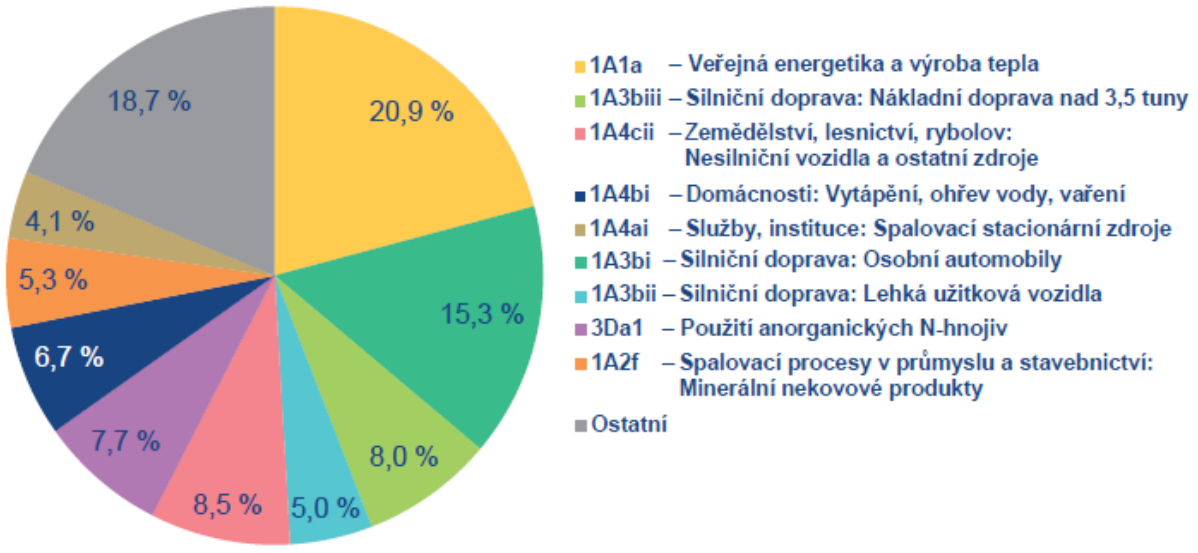
Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NOx) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO_2) [11].

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 NO_2. 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. NO_2 vzniká relativně rychle reakcí NO s přízemním ozonem nebo s radikály typu HO_2, popř. RO_2 [12]. Řadou chemických reakcí se část NO_x přemění na HNO_3/NO_3^-, které jsou z atmosféry odstraňovány suchou a mokrou atmosférickou depozicí. Pozornost je věnována NO_2 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 NO_2. 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. 38 – 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 %.

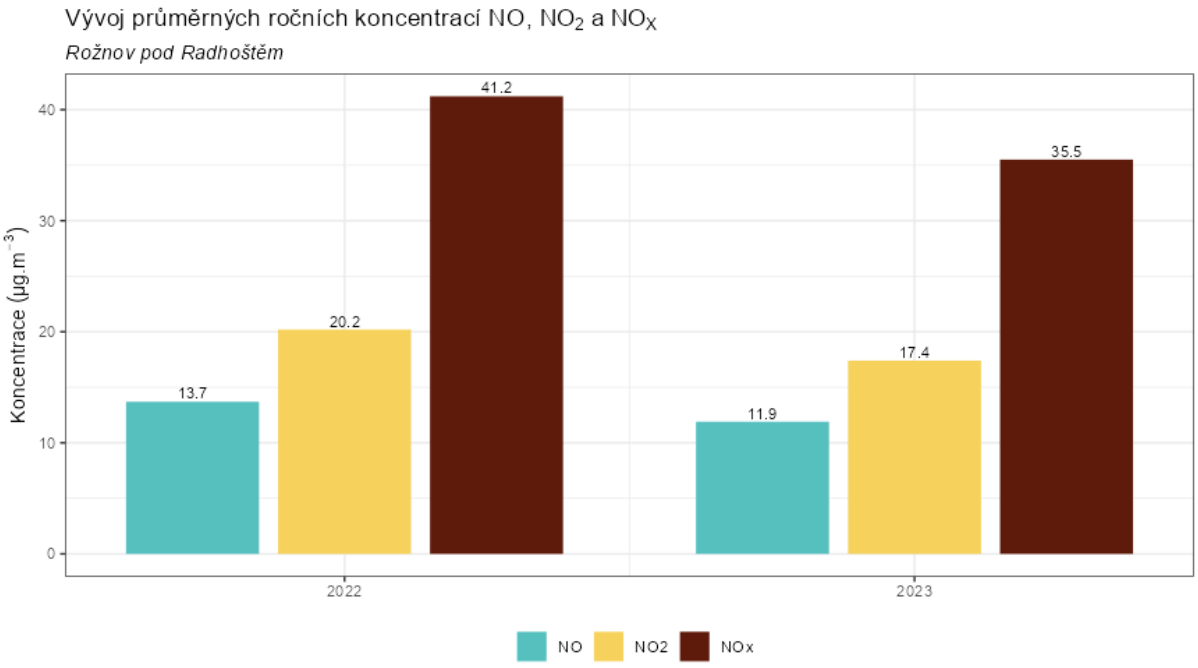
Ze sektoru *1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla* bylo do ovzduší vneseno 20,9 % emisí NO_X, ze sektoru *3Da1 – Použití anorganických N-hnojiv* 7,7 %, a ze sektoru *1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření* 6,7 % [8].

3.2.1 Průměrné roční koncentrace

Průměrná roční koncentrace NO_2 činila v roce 2023 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm 17,4 µg·m^{-3}. Imisní limit tedy překročen nebyl.

Průměrná roční koncentrace NO činila v roce 2023 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm 11,9 µg·m^{-3}. Průměrná roční koncentrace NO_X činila v roce 2023 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm 35,5 µg·m^{-3}.

Následující Obr. 39 zobrazuje průměrné roční koncentrace NO, NO_2 a NO_X v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. Z grafu je patrné, že hodnota koncentrace NO je zhruba na 2/3 hodnoty koncentrací NO_2. Proti předchozímu roku došlo k poklesu koncentrací všech oxidů dusíku.



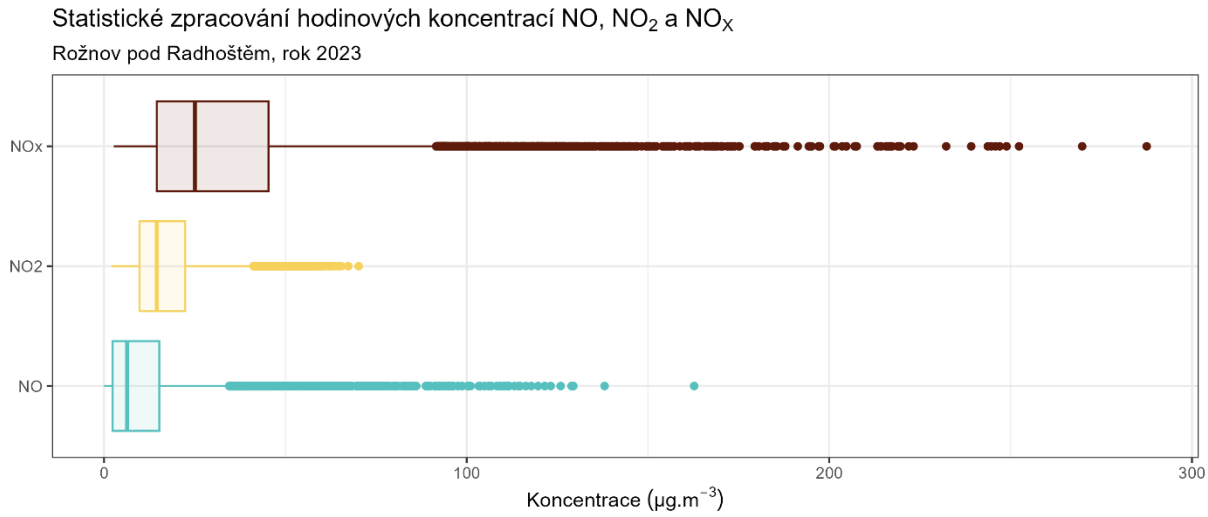
Obr. 39 -Vývoj průměrných ročních koncentrací NO, NO_2 a NO_X, lokalita Rožnov pod Radhoštěm

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. 40. Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že maximální hodnota hodinové koncentrace NO_2 se pohybovala pod úrovní 1/2 hodnoty imisního limitu pro hodinové koncentrace NO_2 (200 µg·m^{-3}). Tato hodnota může být navíc 18x za kalendářní rok překročena. **Imisní limit**

pro hodinové koncentrace NO_2 je tedy v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm s velmi velkou rezervou plněn.

Tab. 3 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací NO, NO_2 a NO_X v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

STATISTIKA	NO	NO2	NOX
PRŮMĚR	11,9	17,4	35,5
MAXIMUM	162,7	70,2	287,5
MEDIÁN	6,4	14,5	25,1
MINIMUM	0	2,1	2,7

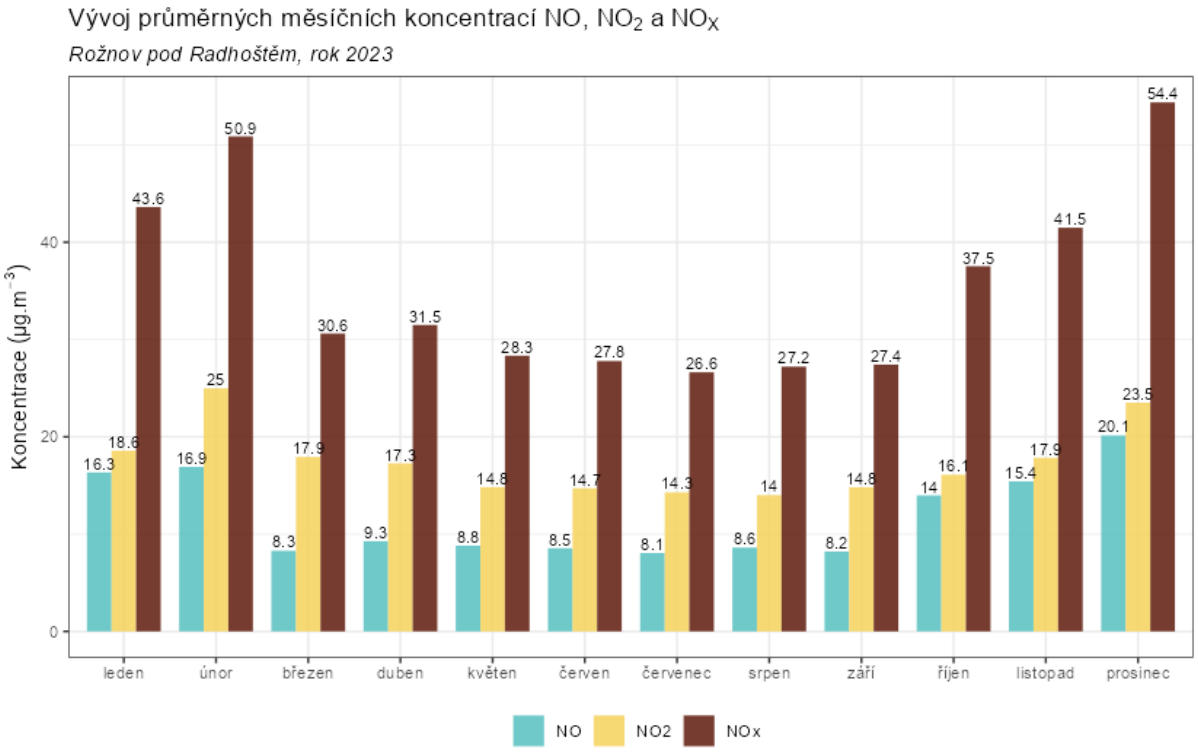


Obr. 40 – Statistické zpracování hodinových koncentrací NO, NO_2 a NO_X v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

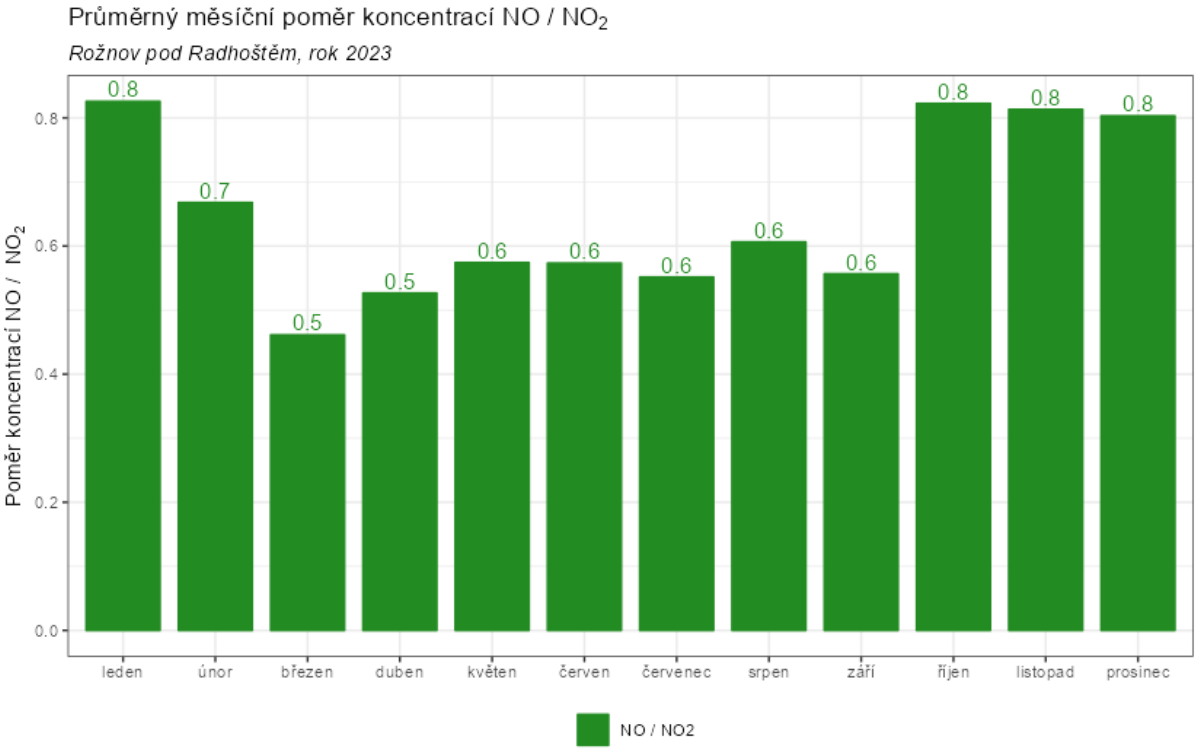
3.2.2 Průměrné měsíční koncentrace

Na Obr. 41 jsou průměrné měsíční koncentrace NO, NO_2 a NO_X. Z obrázku je patrné, že v letních měsících jsou koncentrace nižší, naopak v chladné části roku jsou měřeny vyšší koncentrace. Nejvyšší průměrná měsíční koncentrace NO_2 byla naměřena v únoru a prosinci.

Poměr měsíčních koncentrací NO / NO_2 zobrazuje Obr. 42. Poměr je v teplé části roku nižší. V zimních měsících byly rozdíly mezi koncentracemi NO a NO_2 podstatně menší než v letních měsících, poměry kolem 0,8 a výše jsou charakteristické pro dopravní lokality. Vyšší poměr NO / NO_2 indikuje významnější ovlivnění dopravou.



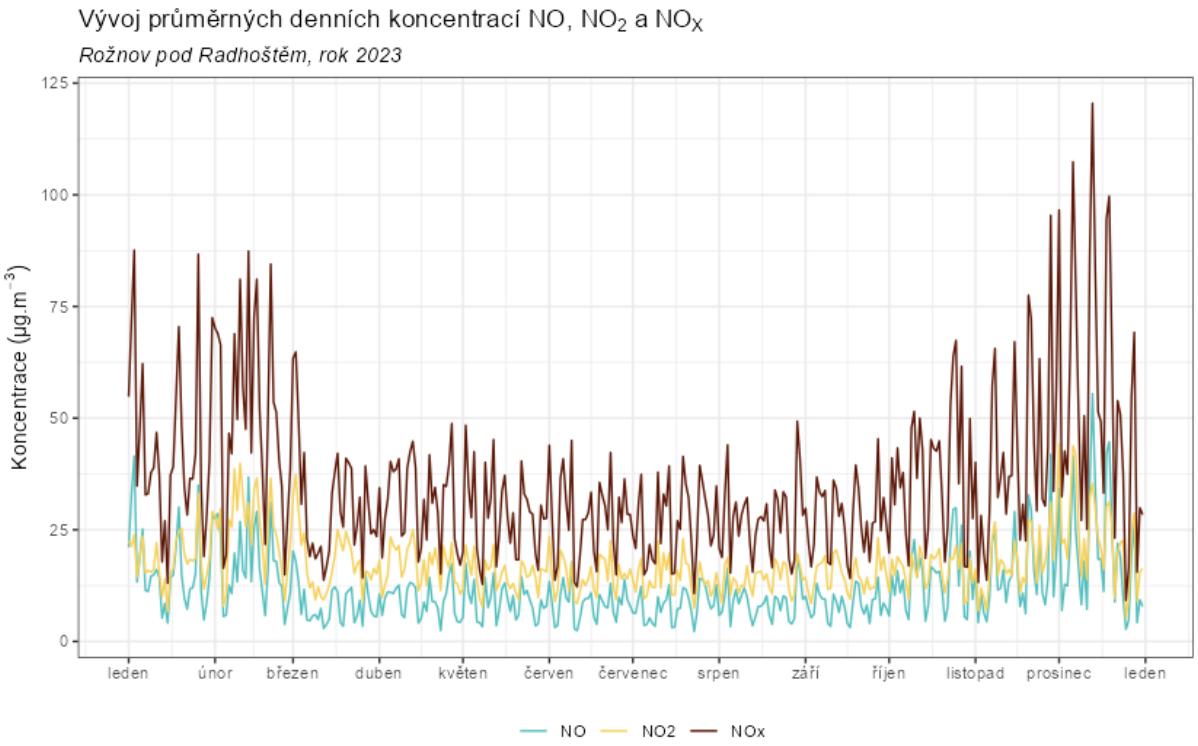
Obr. 41 - Průměrné měsíční koncentrace NO, NO_2 a NO_X, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023



Obr. 42 – Poměr měsíčních koncentrací NO / NO_2, lokalita Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

3.2.3 Průměrné denní koncentrace NO, NO_2 a NO_X

Vývoj průměrných denních koncentrací NO, NO_2 a NO_X v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm zobrazuje následující Obr. 43.

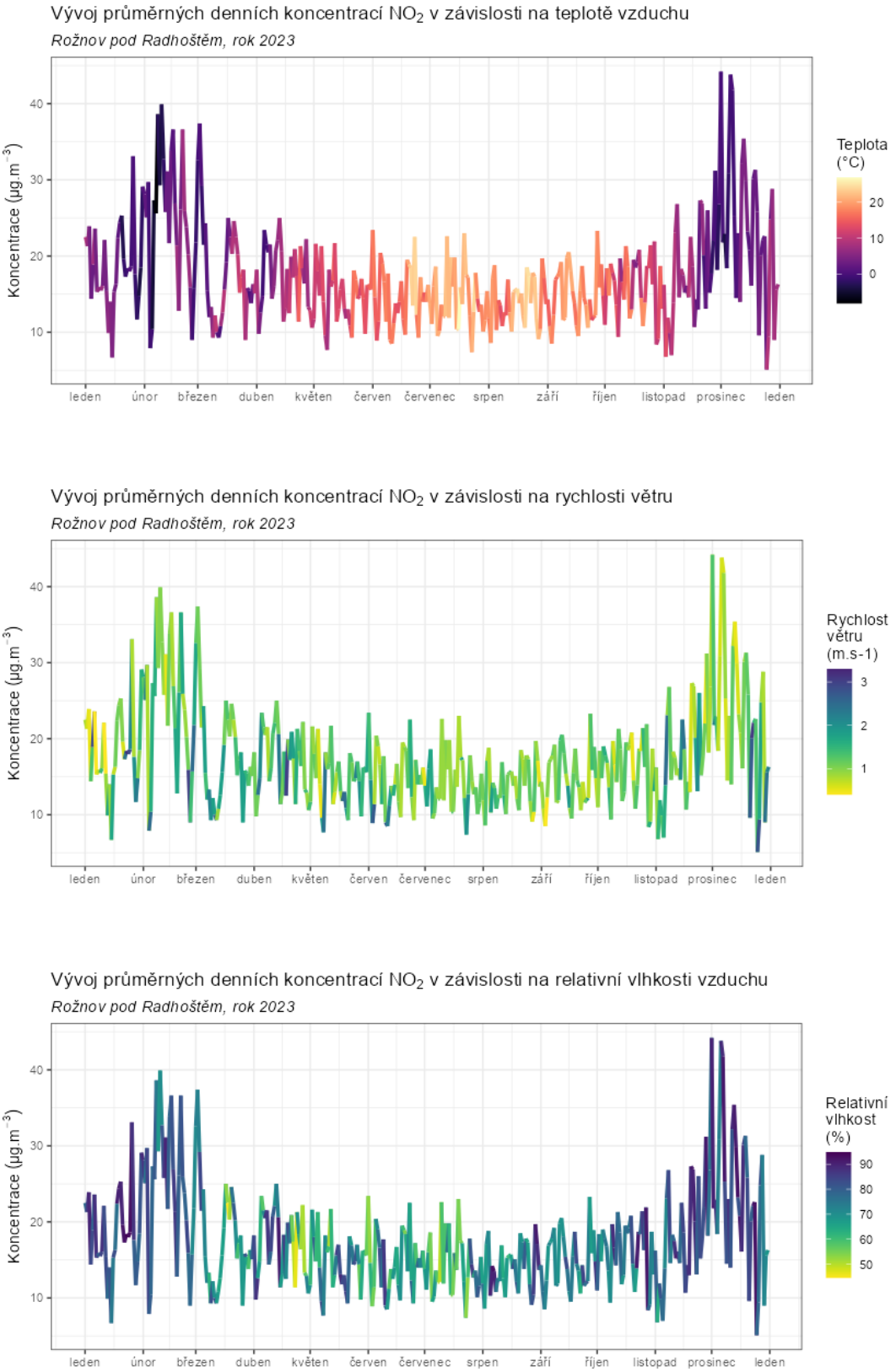


Obr. 43 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací NO, NO_2 a NO_X, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

Z grafu je patrné, že nejnižší hodnoty jsou měřeny v letních měsících a směrem k zimním měsícům hodnoty postupně narůstají.

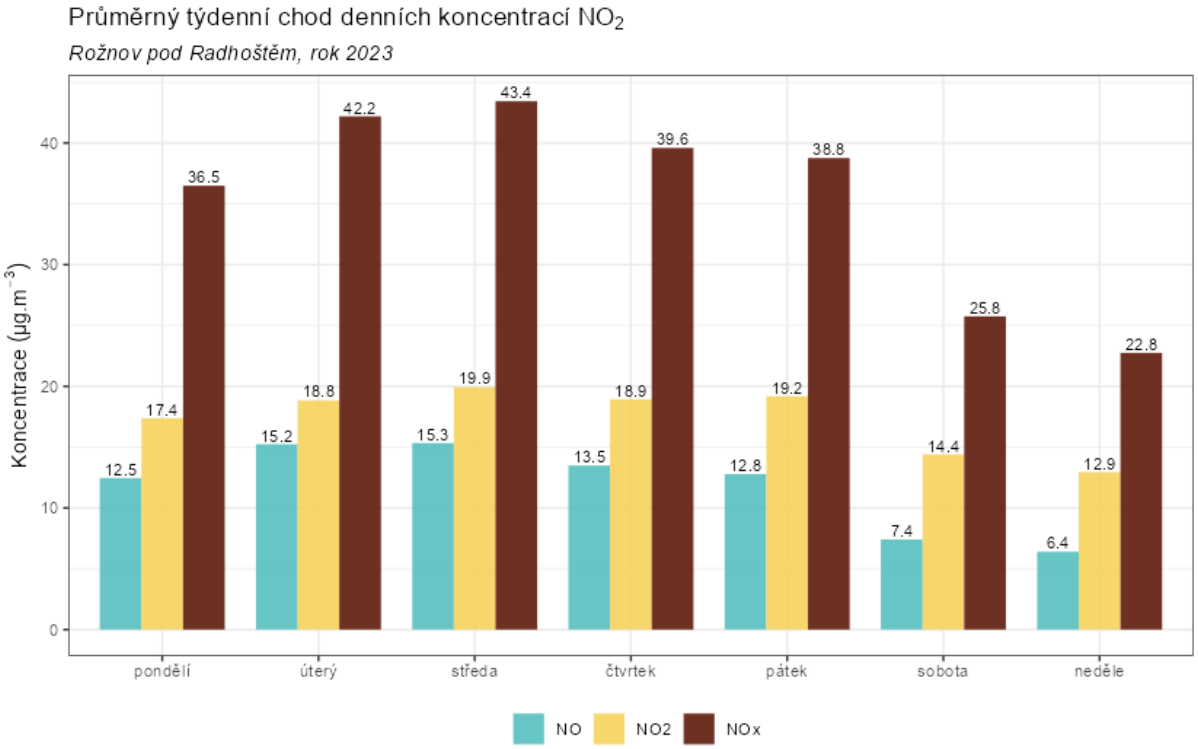
Vzhledem k tomu, že imisní limit je stanoven pouze pro koncentrace NO_2, bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro tuto látku. Na Obr. 44 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací NO_2 v dané lokalitě. Zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost.

Z grafů je patrné, že na koncentrace NO_2 má vliv jak teplota, tak rychlost větru. Nejvyšší koncentrace jsou pak měřeny při velmi nízkých rychlostech větru, resp. při nízkých teplotách.



Obr. 44 – Vliv teploty (nahoře), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace NO_2, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

Z hlediska týdenního chodu denních koncentrací NO, NO_2 a NO_X (Obr. 45) je velmi dobře patrný vliv vyššího dopravního zatížení v pracovní dny, který se projeví také ve vyšších koncentracích zejména NO, ale i NO_2 v pracovní dny. Nejnižší hodnoty NO_2 jsou měřeny v neděli.



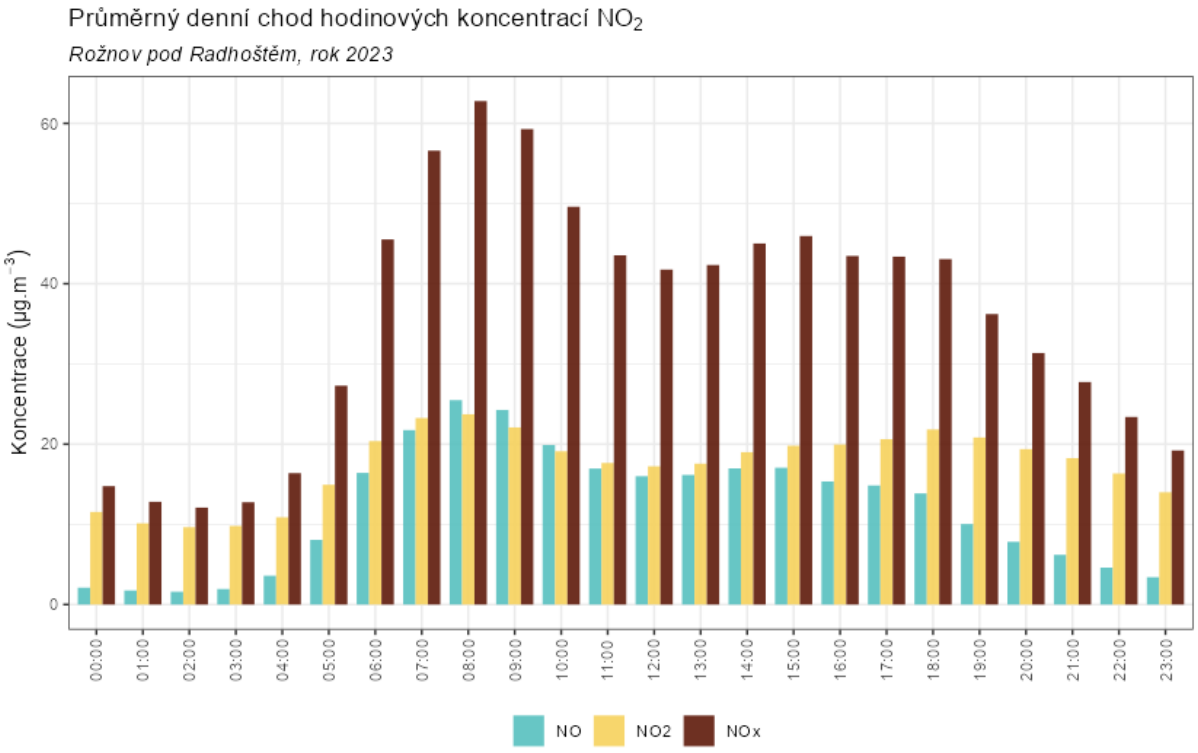
Obr. 45 – Průměrný týdenní chod denních koncentrací NO_2, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

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, NO_2 a NO_X v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. Denní chod zobrazuje následující Obr. 46.

Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací NO_2 dosahovány v době ranní a večerní 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 NO_2 na tvorbu přízemního ozónu. Tato reakce probíhá pouze díky slunečního záření, proto lze největší úbytek koncentrací NO_2 očekávat okolo poledne.

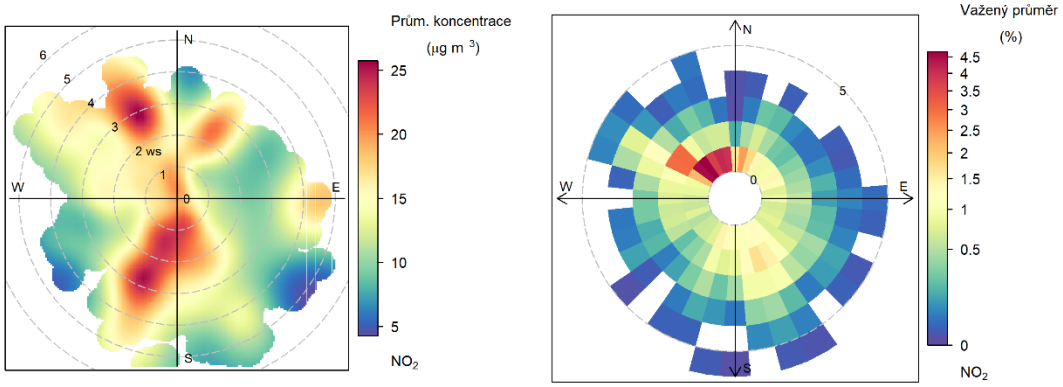
Z grafu je rovněž patrné, že v době ranní špičky se koncentrace NO pohybují na podobných či vyšších hodnotách, jako NO_2, což indikuje významnější vliv dopravy. Odpoledne a zejména večer jsou naopak koncentrace NO_2 vyšší než NO, pravděpodobně se tak projevil také vliv lokálních topenišť.



Obr. 46 – Denní chod hodinových koncentrací NO, NO_2 a NO_X, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 3.1.4.

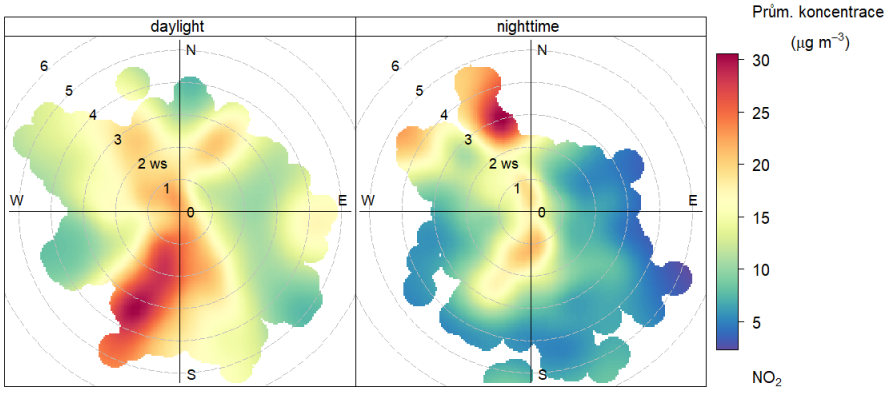
Následující Obr. 47 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro lokalitu Rožnov pod Radhoštěm.



Obr. 47 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro NO_2, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

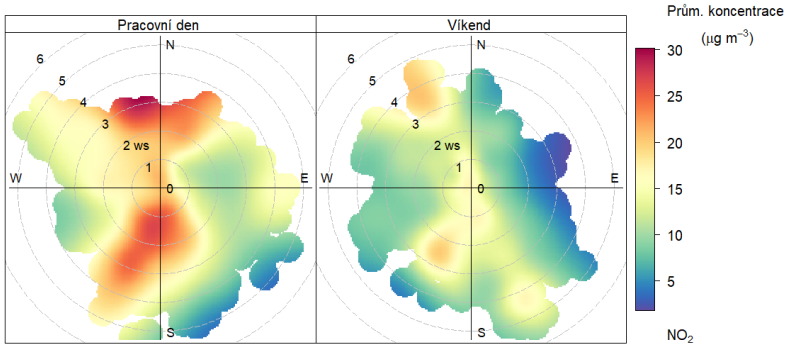
Z Obr. 47 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při jižním až jihozápadním proudění a rovněž při severozápadním proudění. Nízké rychlosti větru a severozápadní proudění (nejčastější směr proudění dle větrné růžice) pak nejvíce přispívaly k měřeným koncentracím NO_2. Následující Obr.

48 zobrazuje koncentrační růžici ve dne a v noci. Vyšší koncentrace jsou měřeny v denních hodinách při jižním až jihovýchodním proudění. V nočních hodinách jsou maximální koncentrace měřeny při severozápadním až severním proudění.



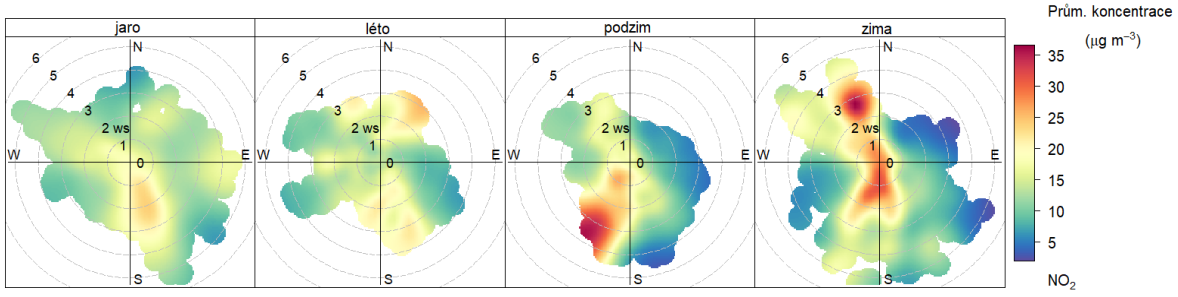
Obr. 48 - Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

Obdobně lze koncentrační růžici rozlišit na pracovní dny a víkend (Obr. 49). Z obrázku je patrné, že maximální koncentrace byly měřeny v pracovní dny při proudění z jihu až jihovýchodu a severu. O víkendu jsou koncentrace výrazně nižší.



Obr. 49 – Koncentrační růžice NO_2 v pracovní dny a o víkendu, lokalita Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

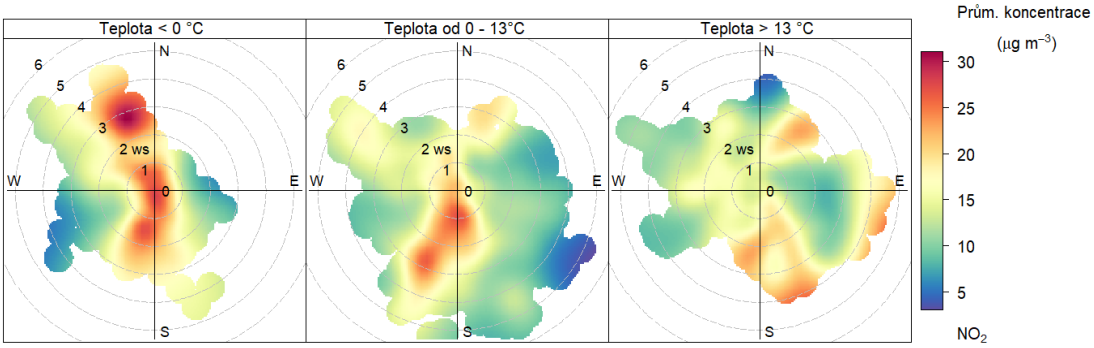
Následující Obr. 50 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích.



Obr. 50 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních obdobích, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

Mírně zvýšené koncentrace se vyskytují prakticky ve všech ročních obdobích, zejména při jižním proudění. Nejvyšší hodnoty jsou měřeny na podzim a v zimě, kdy se k provozu přidávají ještě lokální topeniště. Maxima jsou měřena při proudění z jihu, jihozápadu a severozápadu (zima).

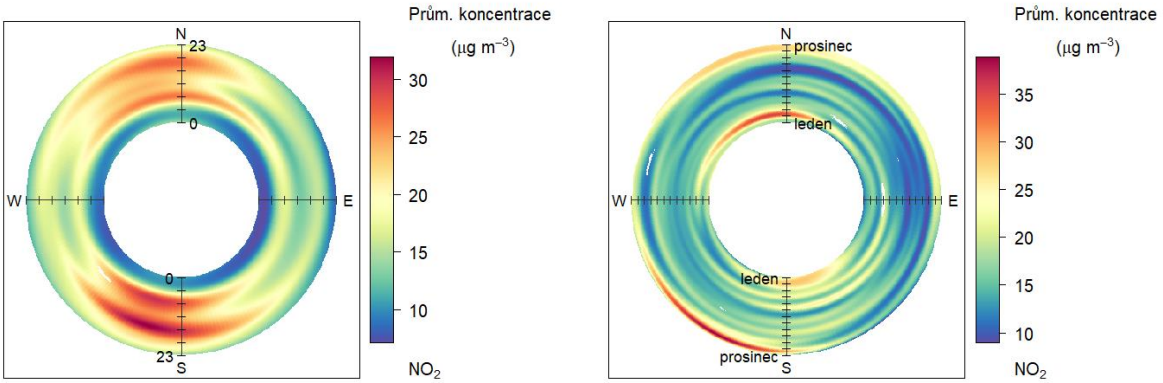
Zajímavé je také rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 51 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou měřeny při teplotách nižších než 0 °C jižním proudění a vyšších rychlostech větru. Pouze při teplotách nižších než 0 °C jsou patrná maxima ze severozápadních směrů. Při vyšších teplotách jsou koncentrace nižší, avšak zvýšené koncentrace lze pozorovat při jižním až jihovýchodním proudění.



Obr. 51 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Rožnov pod Radhoštěm, 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. 52 pak vyplývá, že v případě lokality Rožnov pod Radhoštěm v roce 2023 byly nejvyšší koncentrace NO_2 měřeny při proudění z jihu až jihovýchodu, a to zejména během ranní a odpolední dopravní špičky. Ve večerních hodinách mohou být koncentrace navýšeny o vliv topení. V případě ročního chodu jsou významné spíše chladnější měsíce. Z hlediska maxim převládají jižní směry zejména koncem roku a severní směry začátkem roku.



Obr. 52 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

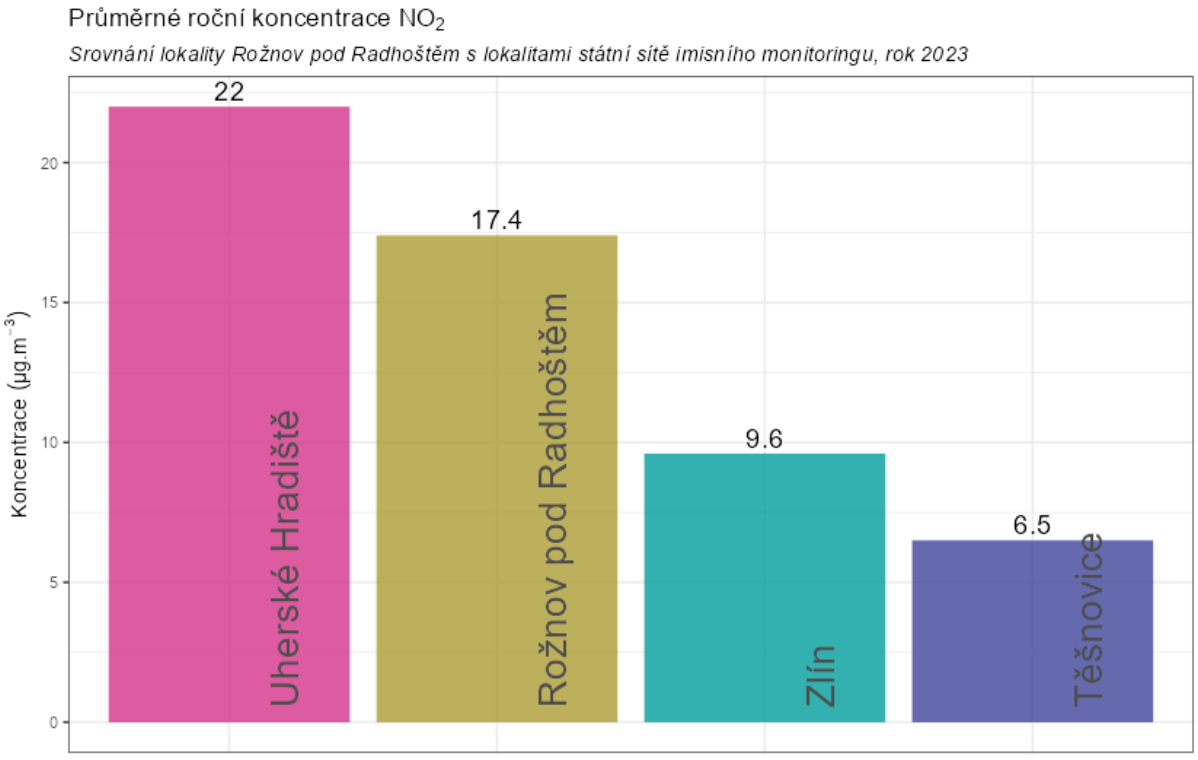
3.2.5 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

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

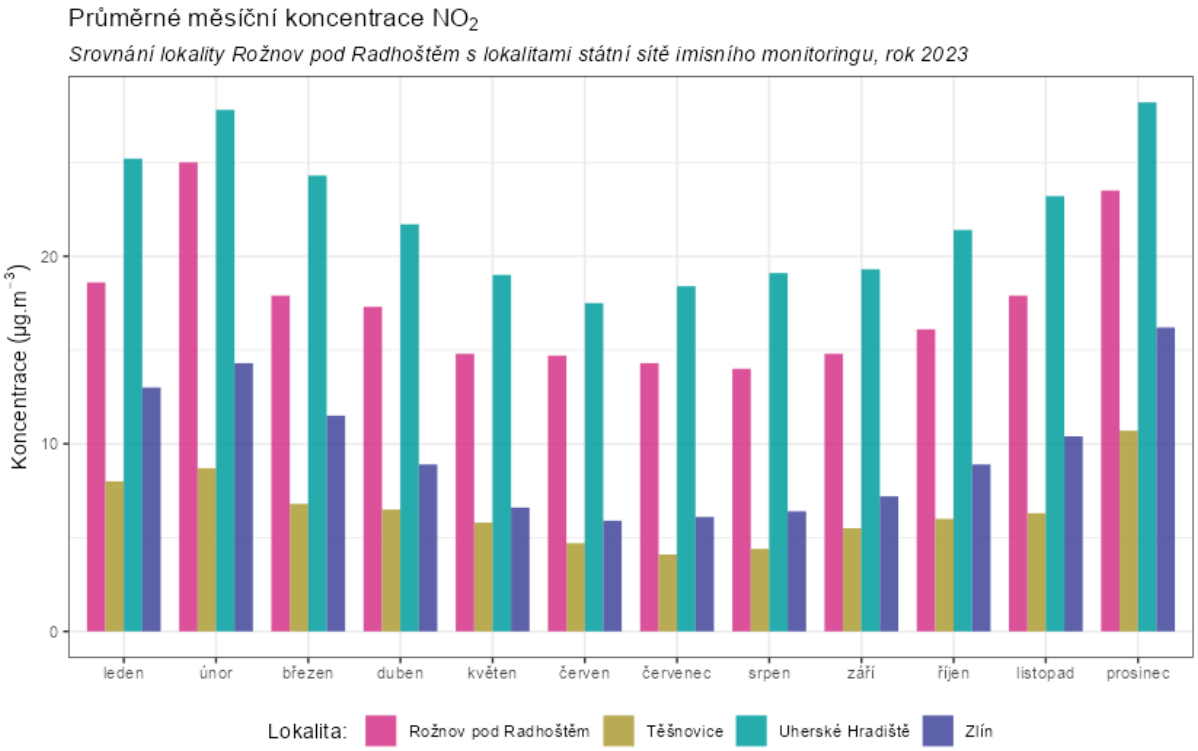
Na následujícím Obr. 53 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace legislativou sledovaného oxidu dusičitého NO_2 na blízkých lokalitách sítě imisního monitoringu v roce 2023. Ty jsou srovnány s lokalitou Rožnov pod Radhoštěm. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm jsou měřeny vyšší koncentrace typické pro dopravní lokality. Ještě vyšší koncentrace měřila dopravní lokalita Uherské Hradiště. Žádná z uvedených lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO_2.

Následující graf na Obr. 54 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace NO_2 naměřené ve vybraných lokalitách. Z grafu je patrné, že vývoj koncentrací je na všech lokalitách podobný, absolutní koncentrace jsou ovlivněny mírou zatížení dopravou – dopravní lokality Rožnov pod Radhoštěm a Uherské Hradiště měří vyšší koncentrace, než pozaďové lokality Zlín a Těšnovice.

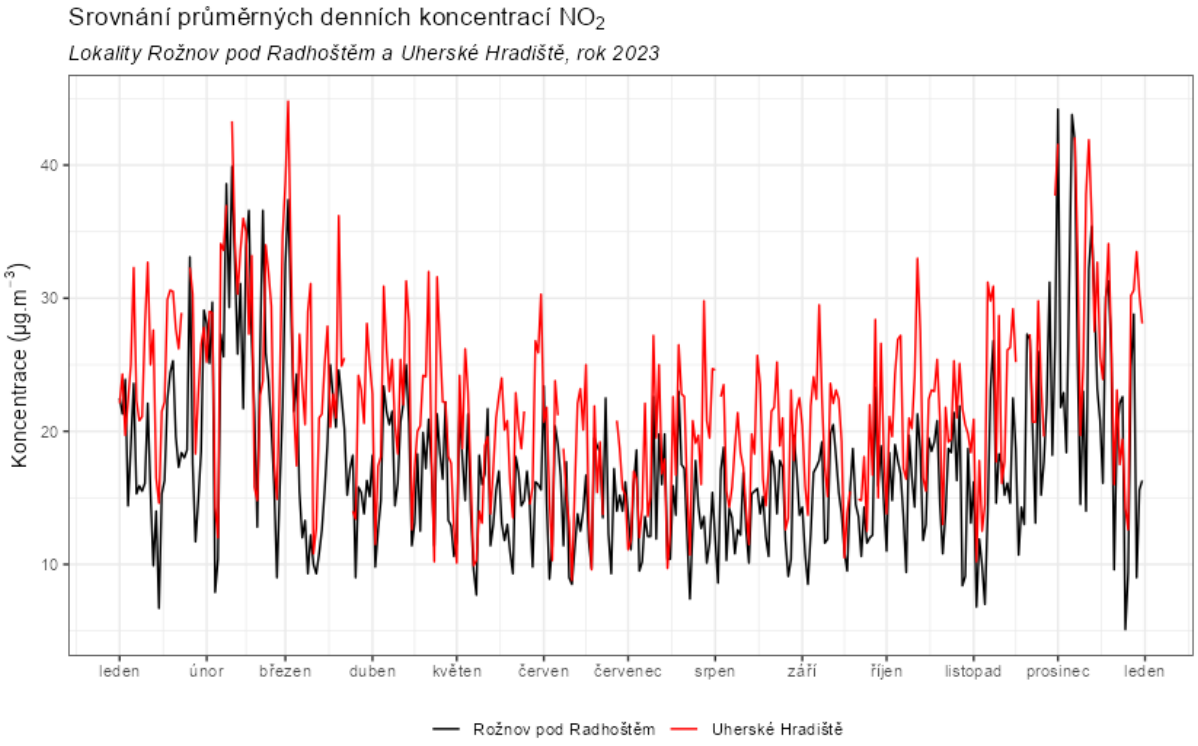
Následující graf na Obr. 55 srovnání průměrných denních koncentrací NO_2 s dopravní lokalitou Uherské Hradiště. Z grafu je patrné, že koncentrace v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm jsou velmi dobře srovnatelné s lokalitou Uherské Hradiště.



Obr. 53 – Srovnání průměrné roční koncentrace NO_2 lokality Rožnov pod Radhoštěm s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



Obr. 54 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací NO_2 lokality Rožnov pod Radhoštěm s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2023



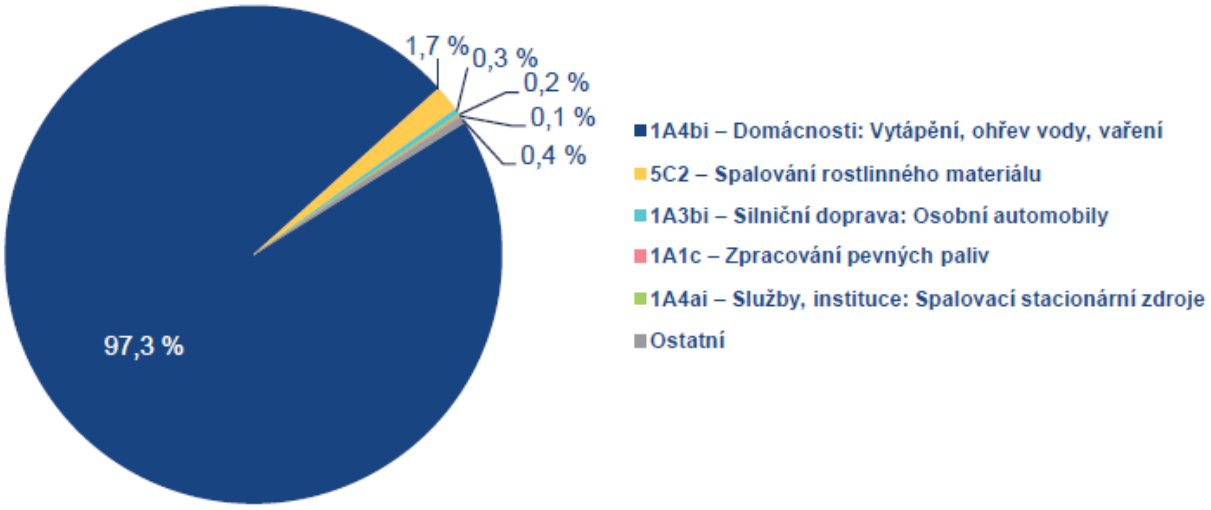
Obr. 55 – Srovnání průměrných denních koncentrací NO_2, lokality Rožnov pod Radhoštěm a Uherské Hradiště, rok 2023

3.3 BENZO[*A*]PYREN

Benzo[*a*]pyren je legislativním zástupcem polyaromatických uhlovodíků. Přírodní hladina pozadí benzo[*a*]pyrenu muže být s výjimkou výskytu lesních požárů téměř nulová. Jeho antropogenním zdrojem, stejně jako ostatních polycyklických aromatických uhlovodíku (PAH), je jednak nedokonalé spalovaní fosilních paliv, jak ve stacionárních (domácí topeniště) tak i v mobilních zdrojích (motory spalující naftu), ale také výroba koksu, železa a obalovny živičných směsí. Benzo[*a*]pyren, stejně jako další PAH s 5 a více aromatickými jádry, je navázán především na částice menší než 2,5 µm.

U benzo[*a*]pyrenu, stejně jako u některých dalších PAH, jsou prokázány karcinogenní účinky na lidský organismus.

Emise PAH, z nichž je v oblasti kvality ovzduší sledován zejména benzo[*a*]pyren, jsou produkovány téměř výhradně spalovacími procesy, při nichž nedochází k dostatečné oxidaci přítomných organických spalitelných látek. Benzo[*a*]pyren je produktem nedokonalého spalování při teplotách 300 až 600 °C. Mezi jeho nejvýznamnější zdroje se proto řadí spalování pevných paliv v kotlích nižších výkonů, především v domácích topeništích (sektor *1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření*, Obr. 56) a to z důvodu podílu 97,3 % celkové produkce benzo[a]pyrenu v roce 2021. Dalším významnějším zdrojem je *spalování rostlinného materiálu (NFR 5C2)*, které se podílí v roce 2021 na celkových emisích 1,7 %. Vliv dopravy se uplatňuje především podél dálnic, komunikací s intenzivní dopravou a na území větších městských celků. Emise benzo[*a*]pyrenu z průmyslových zdrojů, především z koksoven, sice nepředstavují významný podíl na celkových emisích, ale v lokálním měřítku mohou i s ohledem na celoroční provoz zásadně ovlivňovat kvalitu ovzduší [8].

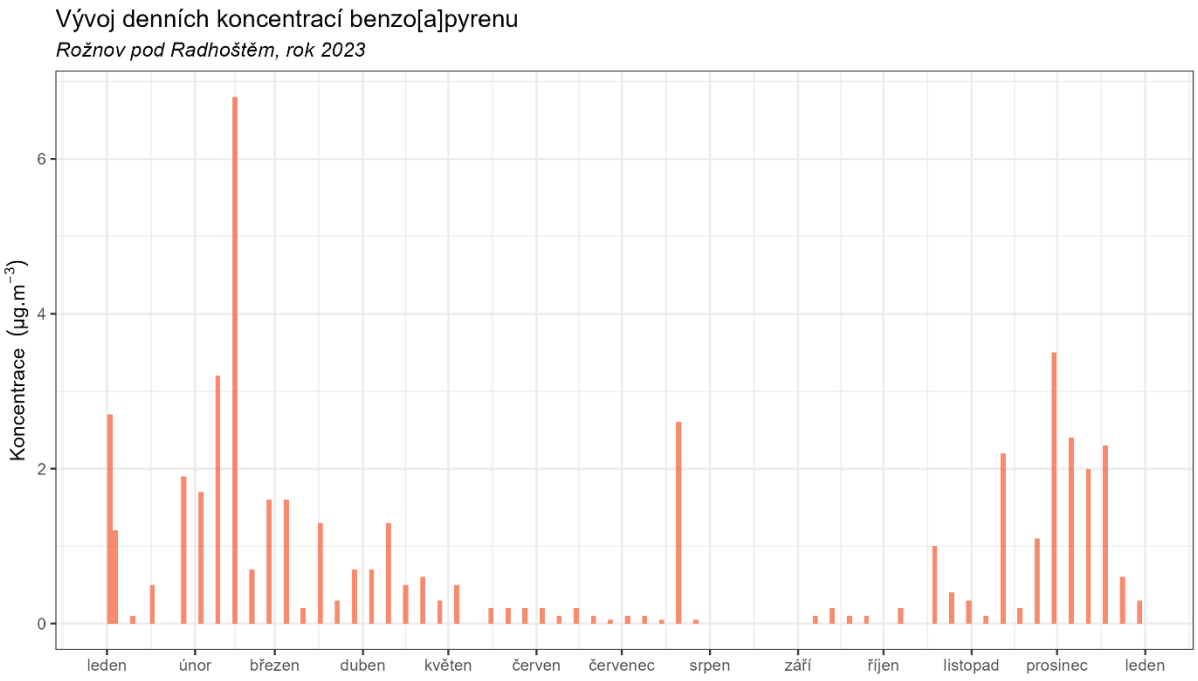


Obr. 56 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích benzo[a]pyrenu v ČR, rok 2021 [8]

V lokalitě Rožnov pod Radhoštěm probíhal odběr benzo[*a*]pyrenu každý 6. den. Výsledky uvádí následující Tab. 4 a graf na Obr. 57. Velmi vysoké koncentrace byly měřeny především na přelomu listopadu a prosince a také v únoru.

Tab. 4 - Koncentrace benzo[a]pyrenu (24. hodinový odběr), lokalita Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

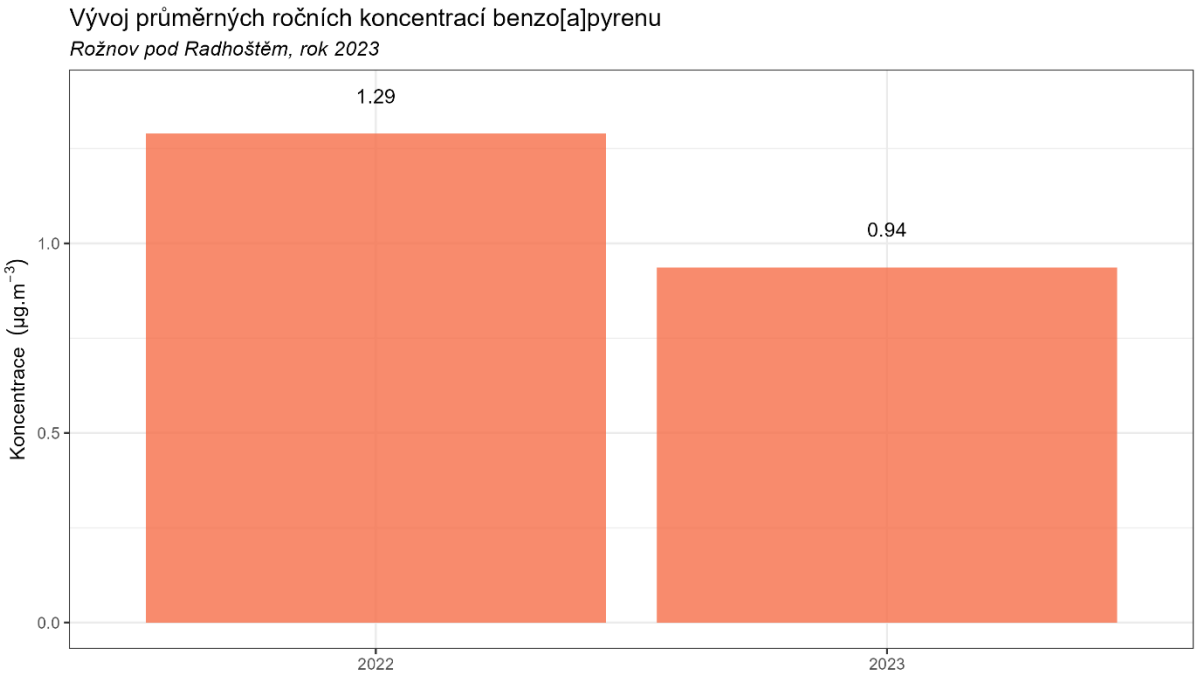
Datum	BaP (ng.m^{-3})	Datum	BaP (ng.m^{-3})	Datum	BaP (ng.m^{-3})	Datum	BaP (ng.m^{-3})
02.01.2023	**2,7**	29.03.2023	0,7	27.06.2023	0,05	19.10.2023	1
04.01.2023	**1,2**	04.04.2023	0,7	03.07.2023	0,1	25.10.2023	0,4
10.01.2023	0,1	10.04.2023	**1,3**	09.07.2023	0,1	31.10.2023	0,3
17.01.2023	0,5	16.04.2023	0,5	15.07.2023	0,05	06.11.2023	0,1
28.01.2023	**1,9**	22.04.2023	0,6	21.07.2023	0,2	12.11.2023	**2,2**
03.02.2023	**1,7**	28.04.2023	0,3	21.07.2023	2,4	18.11.2023	0,2
09.02.2023	**3,2**	04.05.2023	0,5	27.07.2023	0,05	24.11.2023	**1,1**
15.02.2023	**6,8**	16.05.2023	0,2	07.09.2023	0,1	30.11.2023	**3,5**
21.02.2023	0,7	22.05.2023	0,2	13.09.2023	0,2	06.12.2023	**2,4**
27.02.2023	1,6	28.05.2023	0,2	19.09.2023	0,1	12.12.2023	**2**
05.03.2023	1,6	03.06.2023	0,2	25.09.2023	0,1	18.12.2023	**2,3**
11.03.2023	0,2	09.06.2023	0,1	01.10.2023		24.12.2023	0,6
17.03.2023	**1,3**	15.06.2023	0,2	07.10.2023	0,2	30.12.2023	0,3
23.03.2023	0,3	21.06.2023	0,1	13.10.2023			



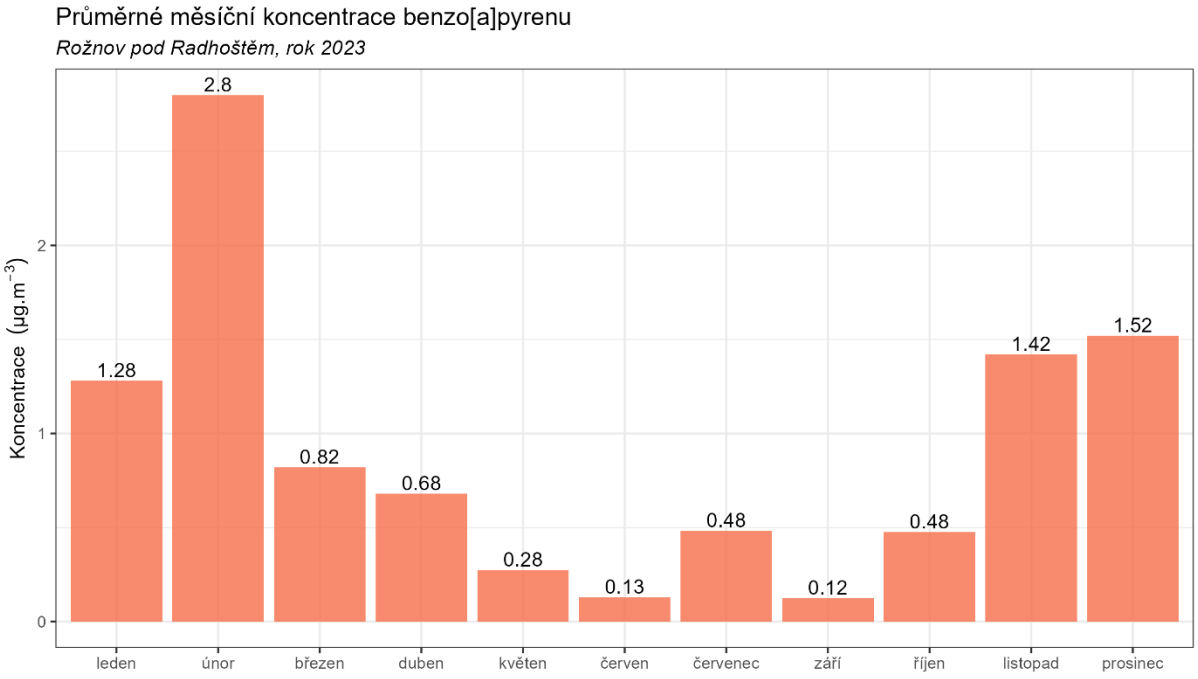
Obr. 57 – Koncentrace benzo[a]pyrenu (24. hodinový odběr), lokalita Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci benzo[*a*]pyrenu je 1 ng.m^{-3}. **Průměrná roční koncentrace v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm činila 0,94 ng.m^{-3}, imisní limit pro benzo[*a*]pyren tedy v této lokalitě překročen nebyl**. Vývoj průměrných ročních koncentrací benzo[*a*]pyrenu je zobrazen v grafu

na Obr. 58. Bohužel data není možné srovnat s koncentracemi měřenými ČHMÚ v rámci státní sítě imisního monitoringu – ty budou k dispozici až po termínu odevzdání zprávy. Graf na Obr. 59 zobrazuje zprůměrované měsíční průměry za rok 2023. V letních měsících jsou koncentrace téměř nulové. Avšak v chladné části roku, kdy jsou v provozu lokální topeniště, mohou být koncentrace poměrně vysoké.



Obr. 58 – Vývoj průměrných ročních koncentrací benzo[a]pyrenu, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

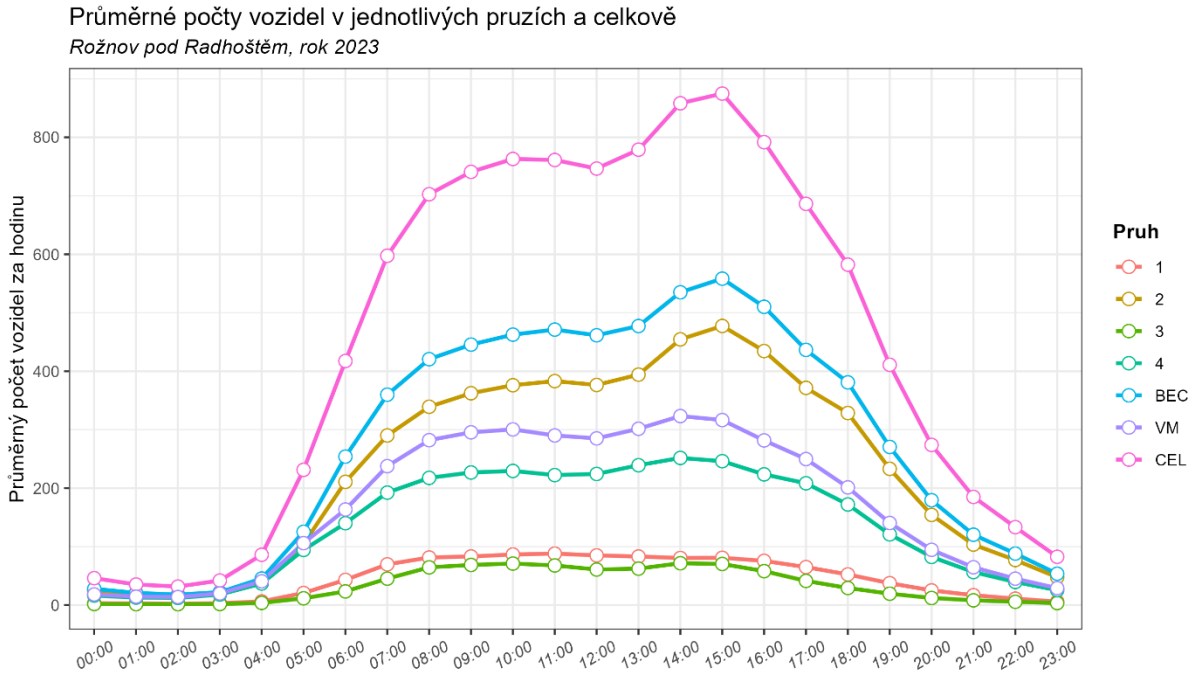


Obr. 59 – Průměrných měsíční koncentrací benzo[a]pyrenu, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

4 DOPRAVNÍ INTENZITY A ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

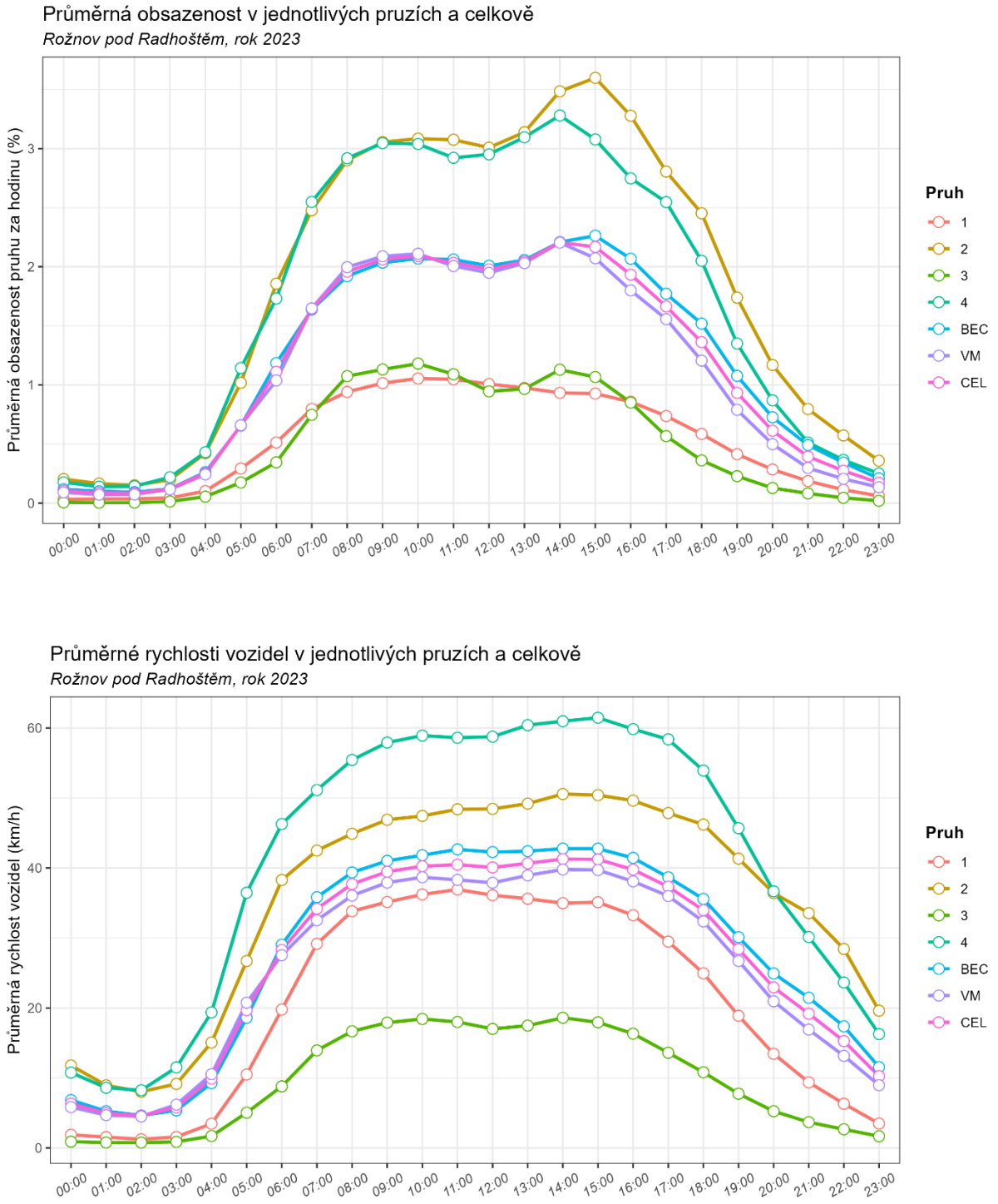
Kromě škodlivin a meteorologických prvků byla v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm sledována intenzita dopravy včetně dalších charakteristik, jako je obsazenost pruhu či průměrná rychlost. Tyto výsledky byly dány do souvislosti s měřením kvality ovzduší.

Dopravní charakteristiky jsou měřeny celkem pro 4 pruhy – 2 pruhy směrem na Bečvu (1 + 2, BEC), 2 pruhy směrem na Valašské Meziříčí (3 + 4, VM). Počty vozidel v jednotlivých pruzích, součty v jednotlivých směrech (BEC, VM) a celkový součet všech vozidel (CEL) uvádí v průměru pro jednotlivé hodiny dne následující Obr. 60.



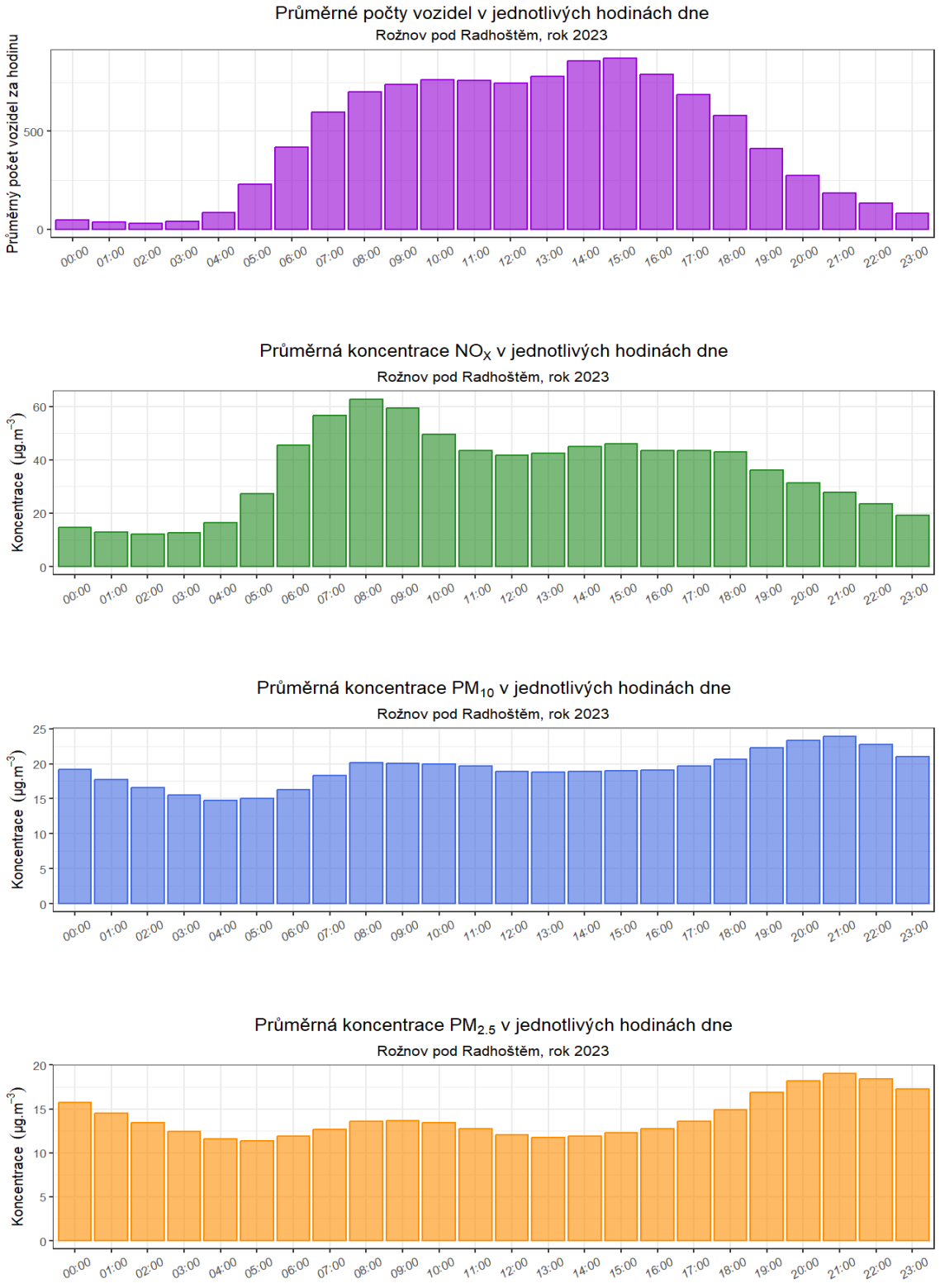
Obr. 60 – Průměrné počty vozidel v jednotlivých pruzích, směrech a celkově, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023, čas uváděn v UTC

Z grafu je patrný výrazný nárůst počtu vozidel od zhruba 4. hodiny ranní (UTC). Ranní špička pak kulminuje počtem vozidel kolem 10. 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 maximu (v průměru cca 900 vozidel), poté dochází k postupnému útlumu dopravy v této lokalitě. Z grafu je rovněž patrné, že v průměru je více vozidel ve směru na Bečvu (zejména pruh 2). V případě směru na Valašské Meziříčí je více vozidel v pruhu 4. To potvrzuje i následující Obr. 61 (nahoře), kde nejvyšší průměrná obsazenost jednotlivých pruhů je téměř shodná pro pruh 2 (směr Bečva) a 4 (směr Valašské Meziříčí). Oba pruhy se však liší průměrnou rychlostí (Obr. 61 dole), ve směru na Valašské Meziříčí (pruh 4) jezdí vozidla téměř po celý den rychleji (s výjimkou pozdních nočních hodin). Naopak v případě obou méně obsazených pruhů (1 směr Bečva, 3 směr Valašské Meziříčí) je po celý den výrazně rychlejší směr na Bečvu.



Obr. 61 – Průměrná obsazenost (nahoře) a rychlost (dole) v jednotlivých pruzích, směrech a celkově, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023, čas uváděn v UTC

Průměrné počty vozidel v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm (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. 62.



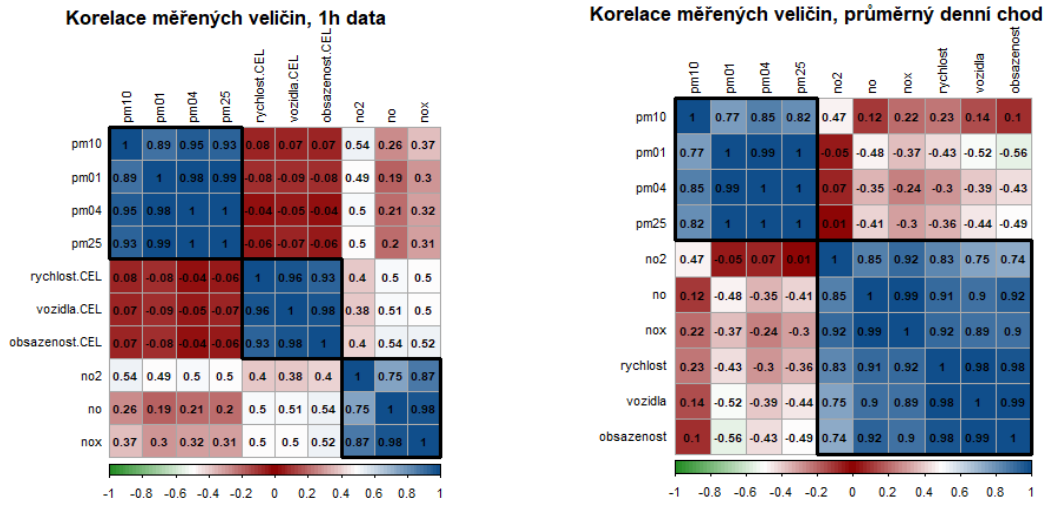
Obr. 62 – Průměrné počty vozidel a průměrné koncentrace NO_X, PM_{10} a $PM_{2,5}$ v jednotlivých hodinách dne, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

Z grafů na Obr. 62 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 $PM_{2,5}$ 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 $PM_{2,5}$ v této lokalitě. U PM_{10} je zřetelnější nárůst koncentrací i kolem 8. hodiny ranní než v případě $PM_{2,5}$, 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 maximu mohou podílet i další zdroje.

Horší korelaci potvrzuje i následující Obr. 63. Ten na dvou korelogramech zobrazuje, jak spolu jednotlivé měřené veličiny korelují. Modrá barva symbolizuje silnou pozitivní korelaci (když roste jedna veličina, roste i druhá), červená značí žádnou korelaci, zelená pak silnou negativní korelaci (jedna veličina stoupá a druhá klesá). Bílá přechodová barva symbolizuje slabé korelace.

Levý korelogram zobrazuje korelace sestrojené nad 1h daty z měření v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. Korelogram je rozdělen do 3 clusterů, mezi kterými korelace existuje. Velmi dobře mezi sebou korelují PM, oxidy dusíku a dopravní charakteristiky. Avšak mimo tyto clustery korelace chybí, slabá korelace je mezi NO, NO_X a dopravními charakteristikami. NO je škodlivinou, kterou primárné doprava produkuje a tvoří i NO_X, tato korelace je logická. Avšak mezi koncentracemi PM a dopravními charakteristikami žádná vazba na hodinové úrovni není. Primárně zde tedy působí jiné zdroje.



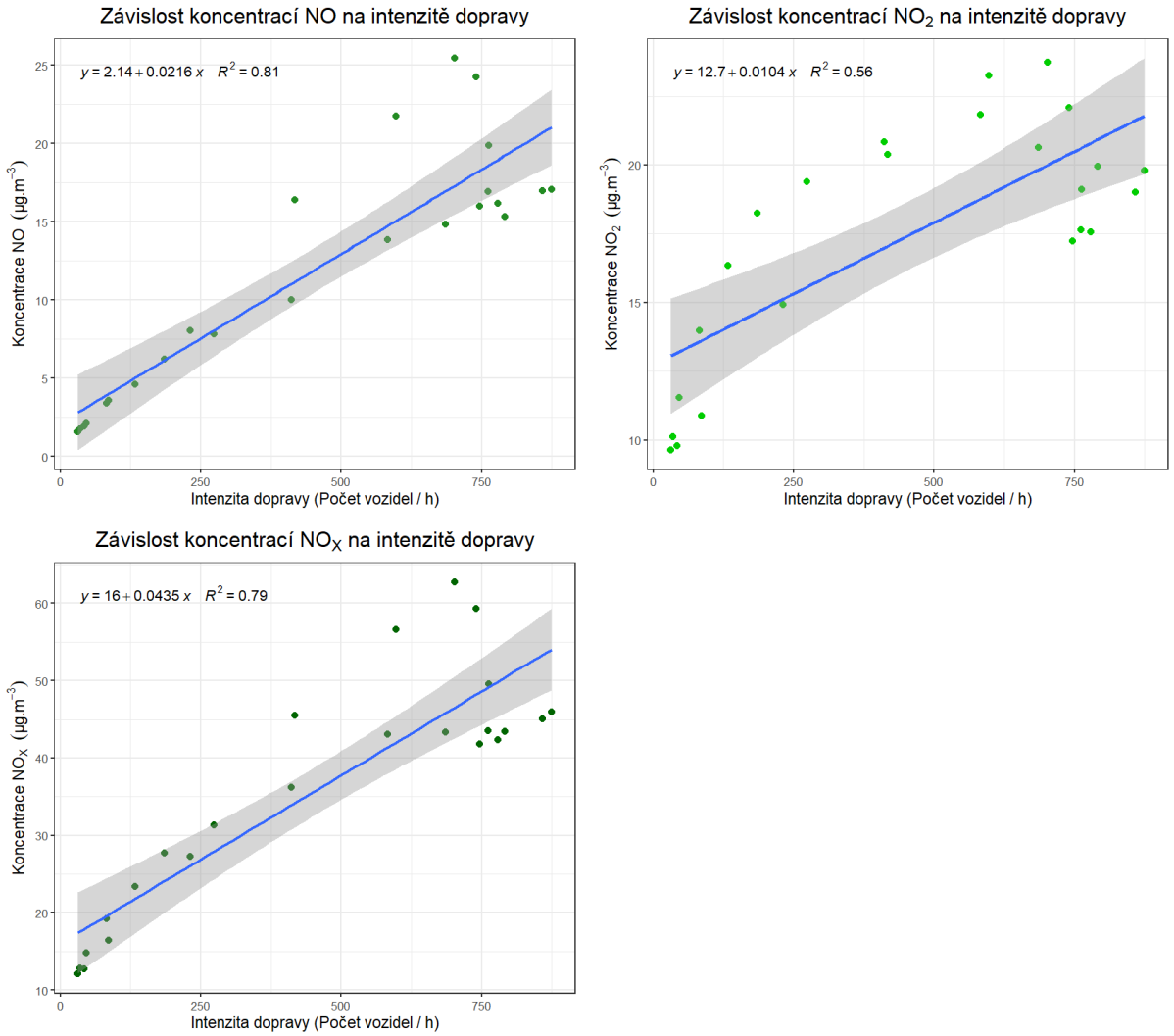
Obr. 63 – Korelogram měřených dat v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023. Hodinová data (vlevo) a průměrný denní chod (vpravo)

Pravý korelogram pak zobrazuje korelaci mezi denními chody jednotlivých veličin, tedy zprůměrovanými hodnotami pro jednotlivé hodiny za celou dobu měření (viz. Obr. 24, Obr. 46, nebo Obr. 62). Na úrovni průměrných denních chodů je již možné vidět pouze dva velké clustery – PM a oxidy dusíku spolu s dopravními charakteristikami. Zprůměrované hodnoty zejména NO a NO_X vykazují velmi

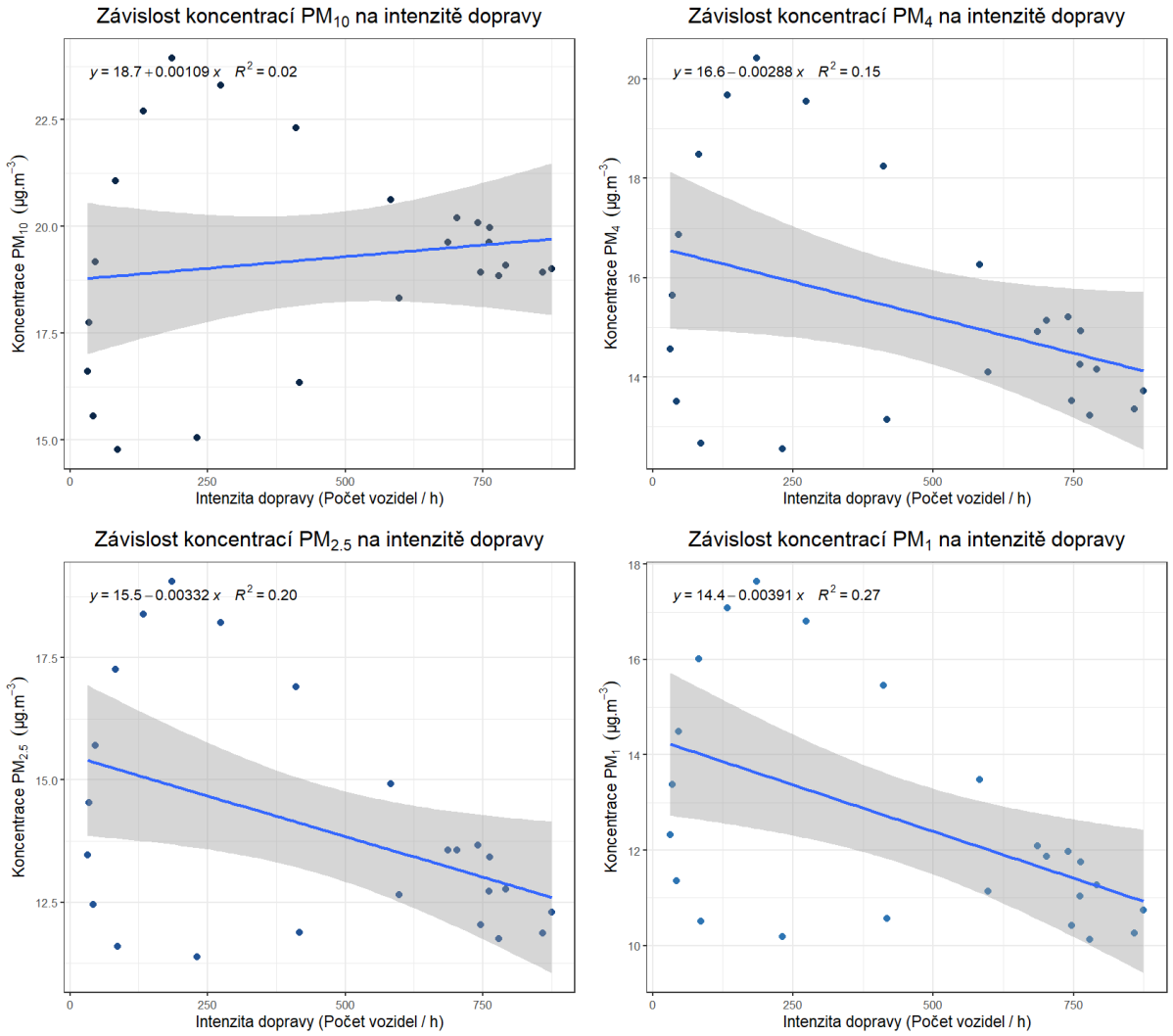
dobrou korelaci s dopravními charakteristikami. V případě NO_2 je vazba slabší, avšak stále poměrně silná, naznačující silné ovlivnění těchto škodlivin dopravou.

V případě PM opět zůstává velmi silná pozitivní vazba mezi jednotlivými frakcemi. Vůči koncentracím oxidů dusíků žádná vazba neexistuje. U srovnání s dopravními charakteristikami je patrná spíše negativní korelace, tedy že s rostoucí intenzitou dopravy koncentrace PM spíše klesají. Avšak tato korelace není kauzalitou! Je to zejména důsledek horších rozptylových podmínek v nočních hodinách a současně jsou převážně ve večerních a nočních hodinách v provozu lokální topeniště, coby nejvýznamnější zdroj PM (viz obr. 14 na str.18). A protože v nočních hodinách klesá intenzita dopravy na minimum, vytváří se tak negativní korelace mezi těmito veličinami.

Korelogram pro denní chody, převedený na grafy s regresními křivkami a rovnicemi zobrazují následující Obr. 64 pro oxidy dusíku a intenzitu dopravy, a Obr. 65 pro jednotlivé frakce PM a intenzitu dopravy.



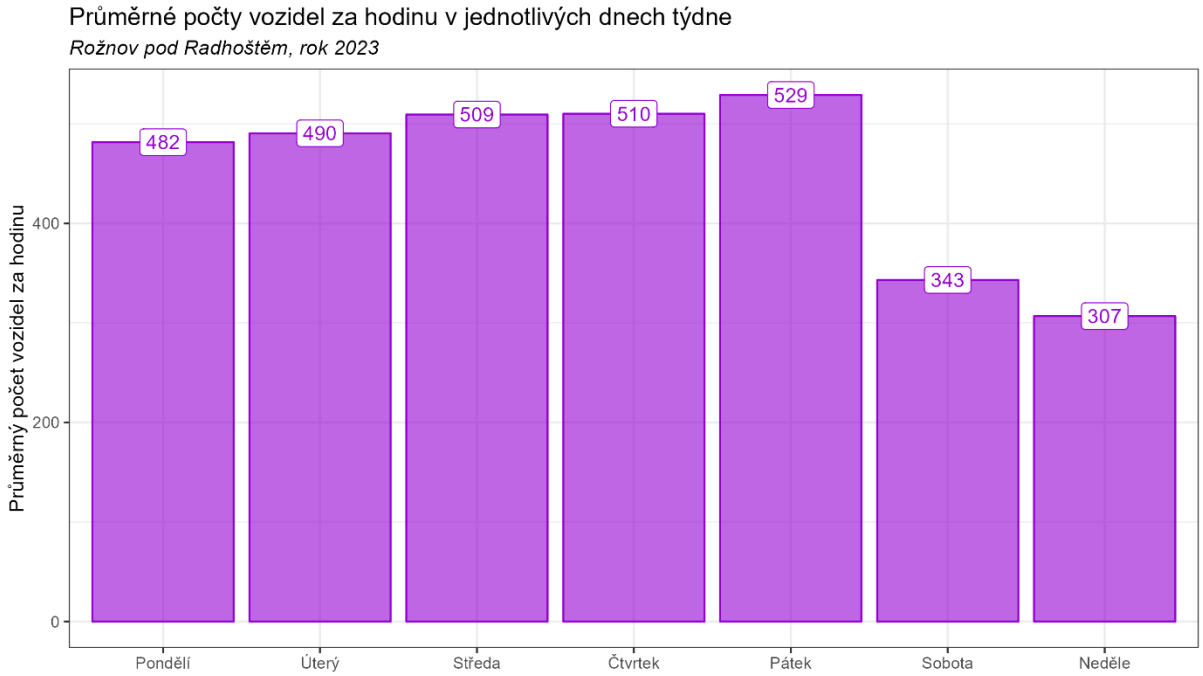
Obr. 64 – Závislost koncentrací oxidů dusíku na intenzitě dopravy včetně regresních křivek, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023



Obr. 65 – Závislost koncentrací jednotlivých frakcí PM na intenzitě dopravy včetně regresních křivek, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

Grafy na Obr. 64 a Obr. 65 dokumentují dobrou korelaci denních chodů NO a NO_X s intenzitou dopravy a mírně horší korelaci s NO_2, kde jako zdroj vstupuje i lokální vytápění. V případě PM je patrná nejslabší záporná korelace u PM_{10}, která jako jediná v průběhu dne významněji roste (Obr. 24). Naopak v případě jemnějších frakcí, které významněji rostou v nočních hodinách a jejich majoritním zdrojem je vytápění (u $PM_{2,5}$ až 83 % - viz. obr.14 na str.18.) vykazují nejsilnější negativní korelaci.

Rozdíl v intenzitách v dopravě v jednotlivých dnech týdne pak zobrazuje následující Obr. 66. Graf na Obr. 66 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 530 vozidel, naopak v neděli je to pouze zhruba 300 vozidel za hodinu (cca 60 %).

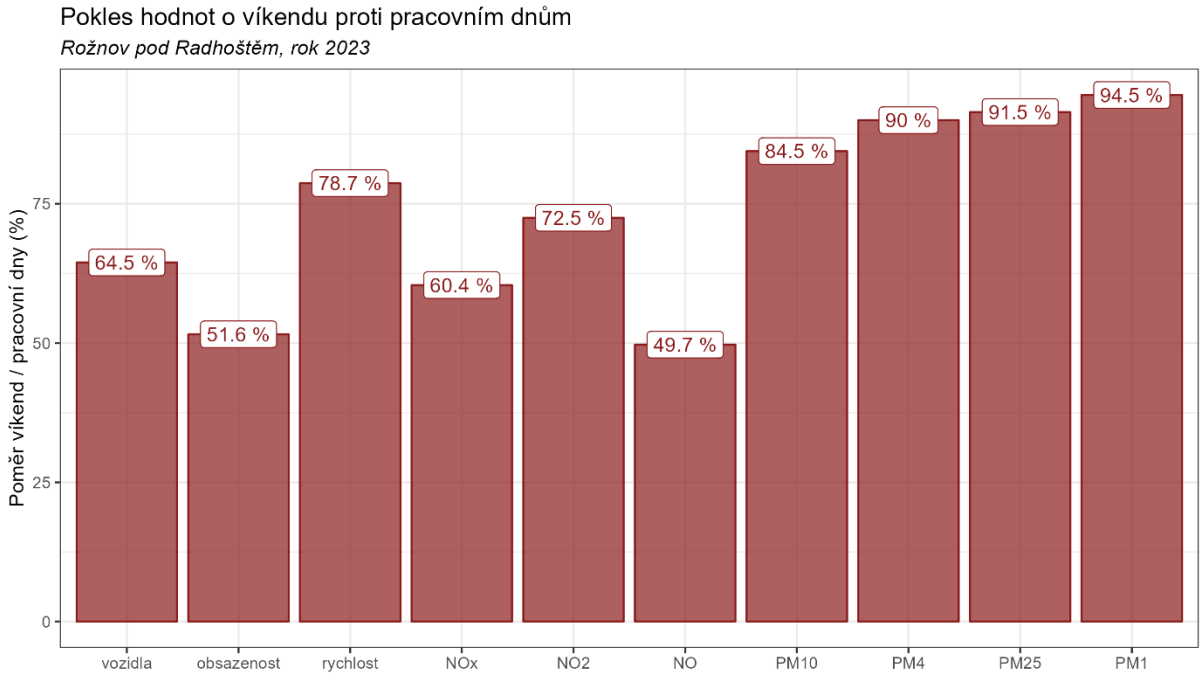


Obr. 66 – Průměrné počty vozidel za hodinu v jednotlivých dnech týdne, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

Relativní vztah počtu vozidel o víkendu proti pracovním dnům zobrazuje graf na Obr. 67, kde jsou rovněž relativní hodnoty jednotlivých škodlivin o víkendu ve srovnání s pracovními dny.

Z grafu je patrné, že více než počet vozidel poklesne obsazenost jízdních pruhů – kromě množství vozidel se rovněž rozmělní špičky, obsazenost je tak nižší. Rychlost poklesne jen cca o 20 %, není víkendovými dny tolik ovlivněná.

Ze srovnání se škodlivinami vychází, že obdobně jako intenzita dopravy (pokles o 35 %) klesá o víkendu koncentrace oxidů dusíku (NO_X). Ještě významněji klesají koncentrace oxidu dusnatého (NO), především produkovaného dopravou. Koncentrace NO_2 (zdrojem může být rovněž vytápění) o 27 %. Naproti tomu koncentrace suspendovaných částic PM_{10} byly v roce 2023 o víkendu nižší pouze o cca 15 % než v pracovní dny, koncentrace jemnějších frakcí PM_4, $PM_{2,5}$ a PM_{10} se o víkendu mění ještě méně (5–10 %), což potvrzuje, že zejména u jemnější frakce není doprava nejvýznamnějším zdrojem znečišťování v této lokalitě.



Obr. 67 – Relativní srovnání hodnot intenzity dopravy a škodlivin měřených o víkendu proti hodnotám měřeným v pracovní dny, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2023

5 ZÁVĚRY

- Vývoj průměrných denních koncentrací **PM_{10}** 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 PM byly měřeny ve večerních a nočních hodinách po zatopení a dále v době ranní dopravní špičky. Důležitým faktorem jsou rovněž meteorologické podmínky, zejména teplota a rychlost větru. Pokud je bezvětří, nedochází k rozptylu škodlivin, ale naopak k jejich kumulaci a koncentrace rostou.
- Průměrné roční koncentrace PM_{10} (19,2 $\mu g \cdot m^{-3}$) ani $PM_{2,5}$ (14 $\mu g \cdot m^{-3}$) nepřekračují imisní limit pro průměrné roční koncentrace těchto škodlivin.
- Za rok 2023 byla hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} (50 $\mu g \cdot m^{-3}$) překročena 6x, imisní limit pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} je tak 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 NO_2 také díky reakci této látky při tvorbě přízemního ozónu. Ze srovnání koncentrací NO_2 s další dopravní stanicí státní sítě imisního monitoringu Uherské Hradiště vyplývá, že koncentrace jsou v obou lokalitách velmi podobné. Z hlediska týdenního chodu jsou vyšší koncentrace měřeny v pracovní dny s vyšším zatížením dopravou.
- Průměrná roční koncentrace NO_2 (17,4 $\mu g \cdot m^{-3}$) nepřekračuje imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO_2. S velkou rezervou je plněn také imisní limit pro hodinovou koncentraci NO_2.

- Koncentrace benzo[*a*]pyrenu v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm nepřekročily imisní limit pro průměrnou roční koncentraci. Naměřená hodnota za rok 2023 činila 0,94 $ng \cdot m^{-3}$. Vysoké koncentrace byly měřeny zejména v chladné části roku, kdy byly v provozu lokální topeniště. Maxima byla dosažena na přelomu listopadu a prosince.

- Stanice měří také dopravní charakteristiky. Z analýzy 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, doprava má tedy vliv na měřené koncentrace. V případě PM je korelace negativní (vyšší koncentrace PM jsou v nočních hodinách, kdy je dopravní intenzita nižší). Z toho vyplývá, že na koncentracích PM 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.

- O překročení imisních limitů zpravidla rozhoduje topná sezóna. Pokud je dlouhá a vyskytují se v ní častěji dny se zhoršenými rozptylovými podmínkami, popř. s velmi nízkými teplotami, může dojít k překročení imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10}, popř. pro průměrnou roční koncentrace benzo[*a*]pyrenu.

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] ČHMÚ, „Teplota a srážky na území ČR za rok 2023," 3 1 2024. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2024/Teplota_a_srazky_na_uzemi_CR_za_rok_2023.pdf.

[6] ČHMÚ, „Předběžná zpráva s hodnocením kvality ovzduší za rok 2023," 18 1 2024. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2024/Predbezna_zprava_2023_UKO_isko.pdf.

[7] 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.

[8] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2022; ISBN 978-80-7653-060-7 (pdf)," 2023. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/22groc/gr22cz/Obsah_CZ.html.

[9] U. EPA, „Particulate Matter (PM) Pollution," [Online]. Available: https://www.epa.gov/pm-pollution.

[10] J. Keder, „Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátory Grimm," v *Ovzduší 2007*, Brno, 2007.

[11] USEPA, „Nitrogen Dioxide (NO2) Pollution," [Online]. Available: https://www.epa.gov/no2-pollution.

[12] P. WARNECK, Chemistry of the natural atmosphere, San Diego: Academic Press: ISBN 0-12-735632-0, 2000.

[13] European Commission, „Position paper on air quality: nitrogen dioxide," 1997.

[14] *Vyhláška č. 330/2012 Sb.o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích,* Praha, 2012.

[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] WHO, „Air quality guidelines for Europe, Second Edition," *WHO Regional Publications, European Series,* sv. No. 91, 2000.

[19] 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.

[20] J. Fiala a D. Závodský, „Chemické aspekty znečištěného ovzduší – troposférický ozon.," v *Kompendium ochrany kvality ovzduší*, Praha, 2003.

[21] I. Colbeck a A. R. Mackenzie, „Air Pollution by photochemical oxidants,“ *Air Quality Monographs,* č. Elsevier. ISBN 0-444-88542-0, 1994.

[22] EEA, „Air quality in Europe — 2016 report,“ 2016. [Online]. Available: https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016/at_download/file.

[23] 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.

[24] 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].

[25] *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší,* 2012.

[26] 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.

[27] R. Tolasz a H. Škáchová, „Rok 2021 v Česku,“ INFOMET, 12 01 2022. [Online]. Available: http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1641983653.

[28] V. Michal, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkovaných v městských aglomeracích.,“ v *Konference ČAS 2010. Sborník konference*, Praha, 2010.

[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.

[30] 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.

[31] R. Tolasz a H. Škáchová, „Rok 2022 v Česku,“ ČHMÚ, 01 2023. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2023/Zprava_Rok_2022.pdf.

[32] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2021, ISBN: ISBN 978-80-7653-038-6,“ ČHMÚ Praha, 2022. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/21groc/gr21cz/Obsah_CZ.html.