
VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V LOKALITĚ ROŽNOV POD RADHOŠTĚM

ZPRÁVA ZA ROK 2024



ENVITECH BOHEMIA, S.R.O.

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
1.1	Imisní limity	5
1.2	Data a jejich zpracování.....	5
1.3	Rok 2024 v ČR z hlediska meteorologie a kvality ovzduší.....	6
2	METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ.....	8
2.1	Větrná růžice	8
2.2	Rychlost proudění větru	8
2.3	Teplota vzduchu	10
2.4	Relativní vlhkost vzduchu	11
2.5	Srážky	13
2.6	Atmosférický tlak.....	14
3	VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ.....	16
3.1	Suspendované částice PM ₁₀ , PM _{2,5} , PM ₄ a PM ₁	16
3.1.1	Průměrné roční koncentrace PM	18
3.1.2	Průměrné měsíční koncentrace	20
3.1.3	Průměrné denní koncentrace.....	22
3.1.4	Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice	27
3.1.5	Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu	32
3.2	Oxidy dusíku NO ₂ , NO a NO _x	38
3.2.1	Průměrné roční koncentrace.....	39
3.2.2	Průměrné měsíční koncentrace	41
3.2.3	Průměrné denní koncentrace.....	43
3.2.4	Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice	46
3.2.5	Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu	50
3.3	Benzo[a]pyren	53
3.3.1	Roční a měsíční průměry.....	55
4	DOPRAVNÍ INTENZITY A ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ	59
5	ZÁVĚRY.....	69
6	SEZNAM LITERATURY	70

1 ÚVOD

Měření kvality ovzduší v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm probíhá od roku 2022 v rámci zakázky: „Zajištění imisního monitoringu na dopravní stanici ve městě Rožnov pod Radhoštěm, zpracování naměřených dat a poskytnutí výsledků měření“. Objednatel zakázky je město Rožnov pod Radhoštěm, zastoupeno Mgr. Lucií Ohryzkovou, manažerem Akčního plánu ochrany ovzduší. Měření provádí společnost ENVltech 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.

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).

Výtěžnost dat byla počítána z denních hodnot. Do výpočtu byly zahrnuty všechny měřené škodliviny a meteorologické veličiny. Celková výtěžnost dat v roce 2024 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm byla 99 %. Výtěžnost suspendovaných částic dosáhla v průměru 100 %. Výtěžnost oxidů dusíku dosáhla v průměru 95.9 %. Výtěžnost meteorologických veličin byla v průměru 100 %.



Obr. 1: Měřicí stanice kvality ovzduší v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm

1.1 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 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	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 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	
Benzo[a]pyren	1 kalendářní rok	1 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$	

Kromě samotných imisních limitů uvádí Tab. 1 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 Rožnov pod Radhoštěm rovněž použita data státní sítě imisního monitoringu za účelem srovnání lokality s okolními stanicemi. Data byla poskytnuta Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). 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). Stanice a jejich charakteristiky, jejichž data byla pro studii využita, zobrazuje Tab. 2.

Tab. 2: Lokality státní sítě imisního monitoringu použité ve správě

Kód lokality	Název lokality	Typ stanice	Typ zóny	Charakteristika zóny
MPRR	Přerov	pozaďová	městská	obchodní, obytná
ZSNV	Štítná n. Vlčí	pozaďová	venkovská	přírodní
ZTNV	Těšnovice	pozaďová	venkovská	zemědělská
ZUHR	Uherské Hradiště	dopravní	městská	obytná, obchodní
ZVMZ	Valašské Meziříčí	pozaďová	městská	obytná
ZZLN	Zlín	pozaďová	předměstská	obytná, přírodní

K analýze a zobrazení závislosti znečištění ovzduší na meteorologických podmínkách sloužil OpenSource software R (R Core Team, Rakousko) [2]. Především bylo využito souboru balíčků „Tidyverse“, obsahující 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 2024 V ČR Z HLEDISKA METEOROLOGIE A KVALITY OVZDUŠÍ

Rok 2024 byl na území ČR teplotně mimořádně nadnormální a stal se vůbec nejteplejším rokem v řadě od roku 1961. Průměrná roční teplota vzduchu 10,3 °C byla o 2,0 °C vyšší než normál 1991–2020. U všech měsíců roku, kromě listopadu, byla zaznamenána kladná odchylka průměrné měsíční teploty vzduchu na území ČR od normálu 1991–2020. Mimořádně teplé byly měsíce únor (odchylka +6,1 °C) a březen (odchylka +3,8 °C). Tyto měsíce byly vůbec nejteplejším únorem a březnem zaznamenaným na území ČR v období od roku 1961, v únoru se jednalo o rekordně vysokou odchylku průměrné měsíční teploty od normálu 1991–2020. Následující měsíce duben až říjen byly hodnoceny jako teplotně nadnormální až silně nadnormální (odchylka +1,4 až +2,3 °C). Závěrečné měsíce roku listopad a prosinec pak hodnotíme jako teplotně normální. [5]

Srážkově byl rok 2024 na území ČR nadnormální. Předběžný průměrný roční úhrn srážek na našem území 776 mm představuje 113 % normálu 1991–2020. Jedná se tak o 9. nejvyšší roční úhrn zaznamenaný v období od roku 1961. v průběhu roku se střídaly na srážky bohatší a chudší měsíce. Srážkově mimořádně nadnormální bylo září, kdy byl na našem území zaznamenan rekordně vysoký srážkový úhrn (179 mm, 298 % normálu) spojený s extrémní srážkovou situací z 11.–16. září vedoucí k ničivé povodni. [5]

Z hlediska rozptylových podmínek (RP) byl rok 2024 v ČR standardní a jedná se o 13. nejlepší rok od roku 1991. Nejlepší rozptylové podmínky byly zaznamenány v roce 2023, naopak nejhorší v roce 1997. Velmi dobré rozptylové podmínky, vyjádřené pomocí ventilačního indexu pro celou ČR, byly zaznamenány ve 135 dnech (37 %), dobré rozptylové podmínky ve 154 dnech (42 %), mírně nepříznivé rozptylové podmínky ve 40 dnech (11 %) a nepříznivé rozptylové podmínky ve 37 dnech (10 %). [5]

V roce 2024 splnily všechny hodnocené znečišťující látky, s výjimkou přízemního O₃, imisní limity podle současné platné legislativy. Imisní limit přízemního O₃ byl překročen na 10 % stanic, tj. na 7 z 68 stanic. K překročení současných imisních limitů suspendovaných částic PM₁₀ a PM_{2,5} nedošlo podruhé v řadě, k překročení současných imisních limitů pro NO₂, SO₂ a CO nedochází již řadu let. K relativně dobré kvalitě ovzduší v ČR v roce 2024, s výjimkou přízemního O₃, přispěly zejména nižší koncentrace látek znečišťujících ovzduší během některých měsíců zimního období. Zejména v únoru převažovaly z pohledu kvality ovzduší příznivé meteorologické podmínky, jako byly zlepšené rozptylové podmínky, mimořádně nadnormální teploty a nadnormální srážky. Na dlouhodobém zlepšování kvality ovzduší se podílejí průběžně realizovaná opatření. Jedná se například o výměnu kotlů v domácnostech, opatření na významných zdrojích emisí nebo o obnovu vozového parku. [5]

V roce 2024 bylo vyhlášeno 18 smogových situací a jedna regulace kvůli vysokým koncentracím PM₁₀ v celkové délce 821 h (34,2 dní) a tři smogové situace kvůli vysokým koncentracím přízemního O₃ v celkové délce 15 h (0,6 dní). Smogová situace na přelomu března a dubna byla vyhlášena z důvodu výrazného navýšení koncentrací PM₁₀ při přechodu saharského písečného prachu přes ČR. [5]

Epizoda přechodu saharského písečného prachu přes území České republiky na přelomu března a dubna 2024 přinesla nejvýraznější zhoršení kvality ovzduší v důsledku tohoto jevu v novodobé historii měření kvality ovzduší na našem území. Hodnoty koncentrací částic PM byly plošně velmi výrazně zvýšené prakticky

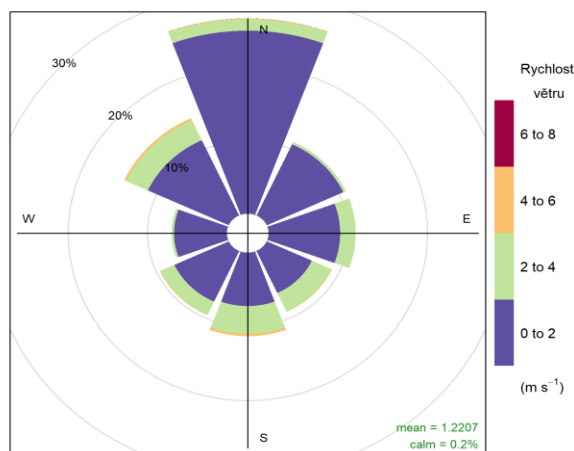
ve všech krajích a téměř na celém území vyústily až ve vyhlášení smogové situace z důvodu překročení prahové hodnoty na více než polovině reprezentativních stanic v jednotlivých krajích. [5,6]

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 [5].

2 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ

2.1 VĚTRNÁ RŮŽICE

Na následujícím *Obr. 2* je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Rožnov pod Radhoštěm konstruovaná z hodinových rychlostí a směrů větru. Růžice naznačuje převažující proudění ze severu (cca 26 %), ze severozápadu (cca 15 %) a z jihu (cca 11 %). Vyšší rychlosti větru byly zaznamenány především z jihu. Bezvětrí panovalo ve zhruba 0.2 % času měření. V lokalitě byly měřeny většinou nízké rychlosti větru (do $2.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 95. percentil), průměrná rychlost větru za celé měřené období byla zhruba $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



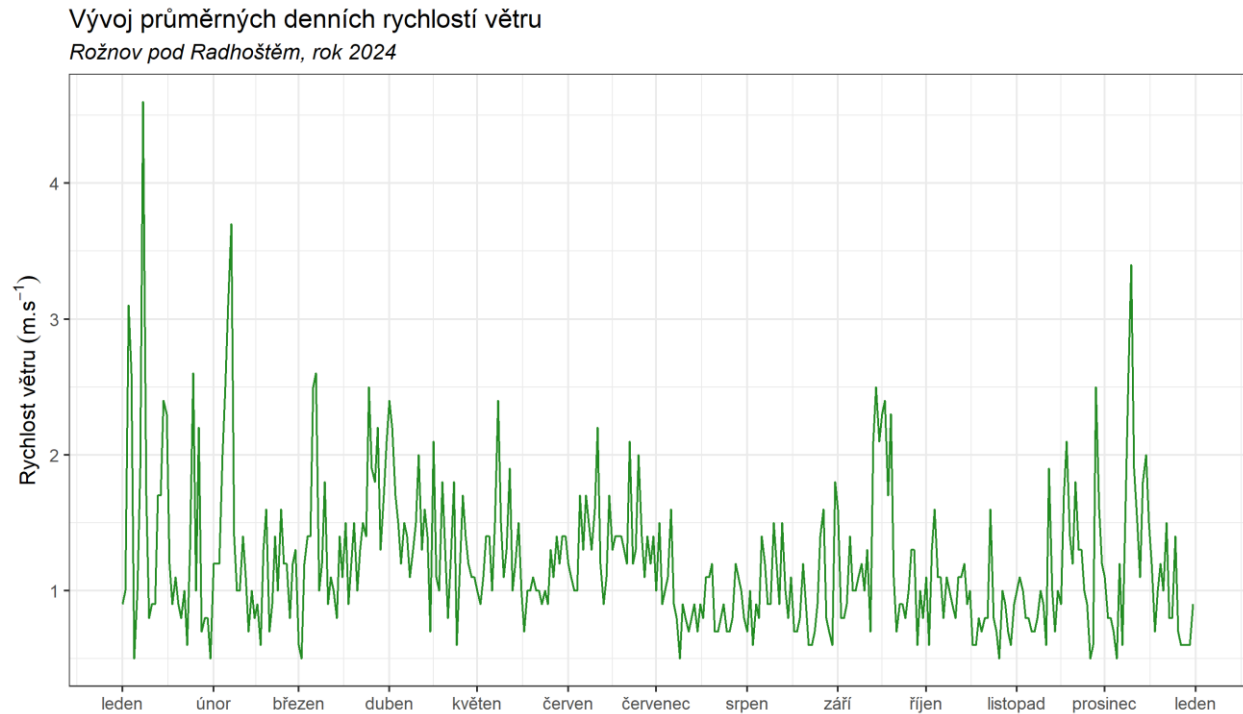
Obr. 2: Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

2.2 RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU

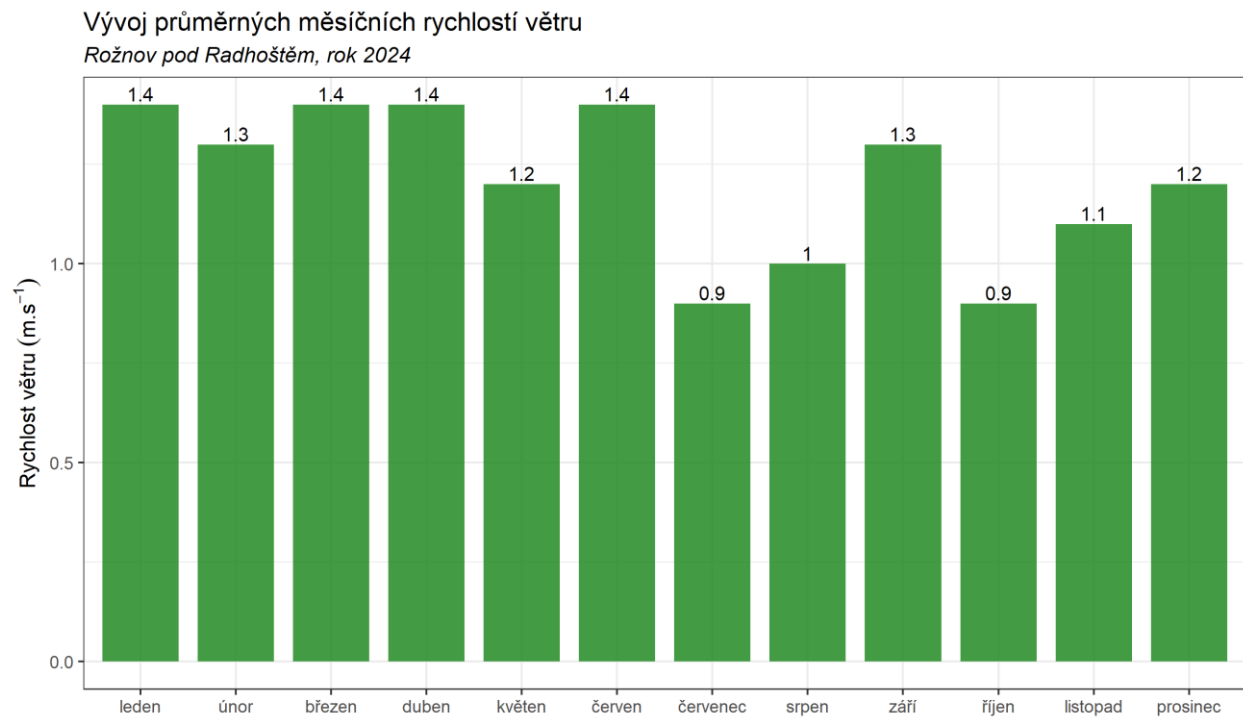
Meteorologické podmínky v chladné části roku vlivem častějších, a především silnějších teplotních inverzí napomáhají horším rozptylovým podmínkám – během teplotní inverze se v atmosféře vytváří vrstva připomínající pokličku, pod kterou je stabilní atmosféra tzn., že je téměř bezvětrí nebo pouze nízké 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 koncentrace 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 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 lokalitě byly měřeny většinou nízké rychlosti větru (do $2.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,

95. percentil), průměrná rychlost větru za celé měřené období byla zhruba $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Následující Obr. 4 zobrazuje průměrné měsíční hodnoty.



Obr. 3: Průměrné denní rychlosti větru, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

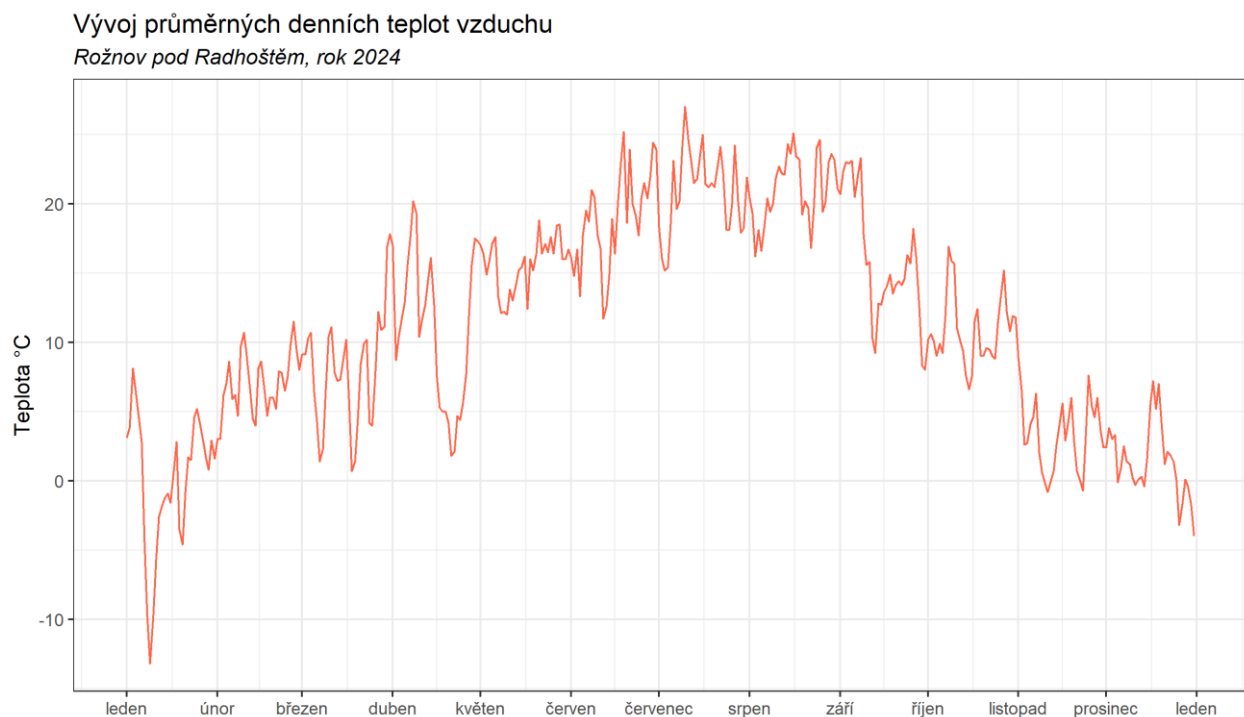


Obr. 4: Průměrné měsíční rychlosti větru, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

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 bezvětrí, vedou tyto situace k nárůstu koncentrací všech škodlivin v ovzduší. Pokud situace trvá déle i k vyhlášení smogových situací.

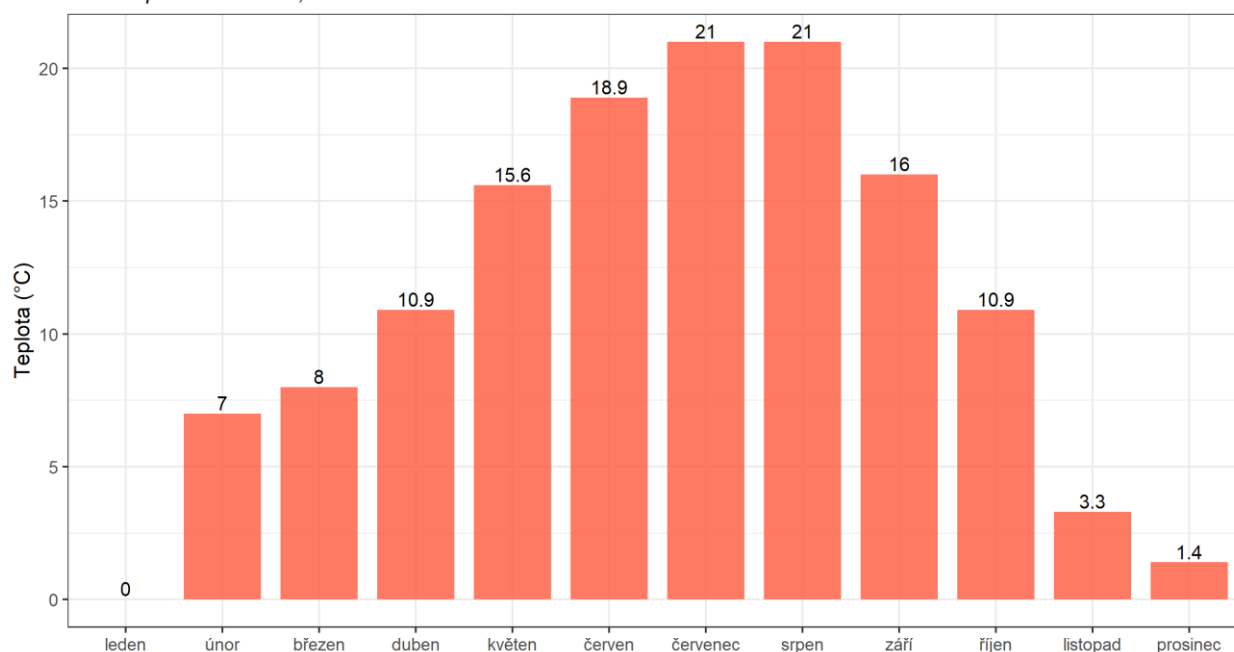
Následující Obr. 5 zobrazuje průměrné denní teploty vzduchu v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, graf na Obr. 6 pak zobrazuje průměrné měsíční teploty. Z grafů vyplývá, že nejvyšší teploty byly v této lokalitě měřeny v červenci a srpnu (21 °C resp. 21 °C). Nejnižší teploty pak byly měřeny v lednu a prosinci (0 °C resp. 1.4 °C). Nejvyšší hodinová teplota byla v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm zaznamenána dne 14. 8. 2024 v 13 hodin (33.6 °C). Nejnižší teplota pak byla zaznamenána dne 9. 1. 2024 v 23 hodin (-17.3 °C).



Obr. 5: Průměrné denní teploty vzduchu, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Vývoj průměrných měsíčních teplot vzduchu

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 6: Průměrné měsíční teploty vzduchu, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

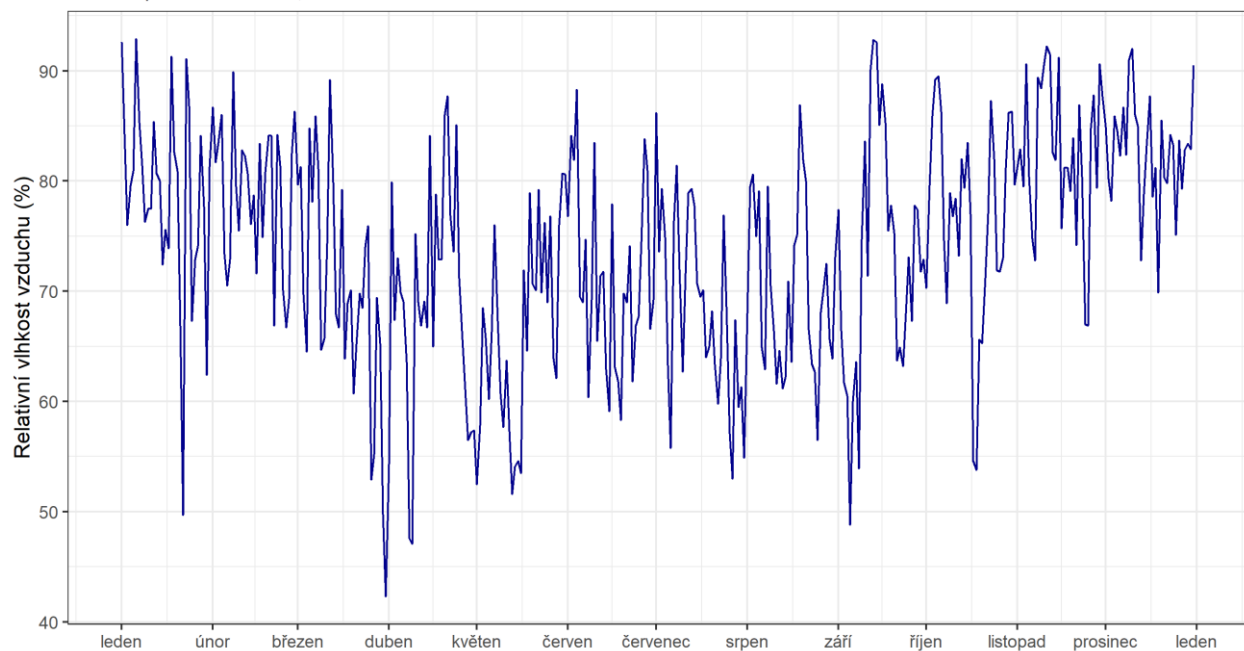
2.4 RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU

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 zastoupená hrubší frakce částic.

Následující Obr. 7 zobrazuje průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, graf na Obr. 8 pak zobrazuje průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu. Z grafů vyplývá, že nejvyšší relativní vlhkosti byly v této lokalitě měřeny v listopadu a prosinci (82.6 % resp. 82.6 %). Nejnižší relativní vlhkosti pak byly měřeny v květnu a červenci (66.4 % resp. 68.6 %).

Vývoj relativních denních vlhkostí vzduchu

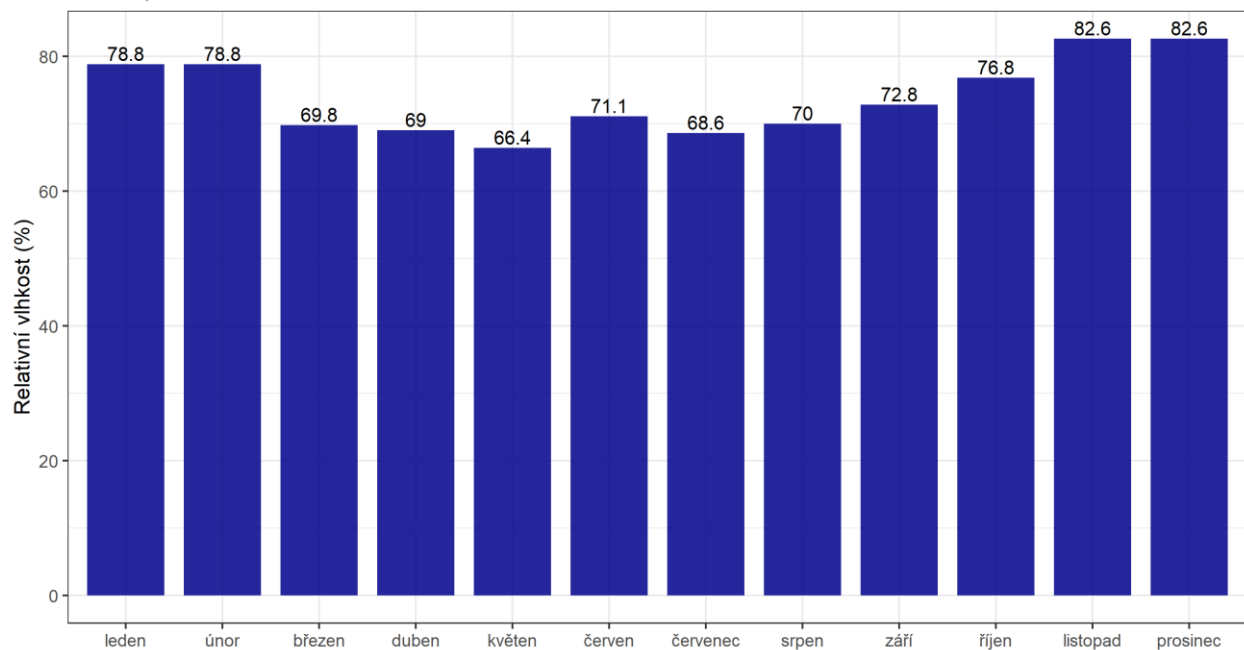
Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 7: Průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Vývoj průměrných měsíčních relativních vlhkostí vzduchu

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

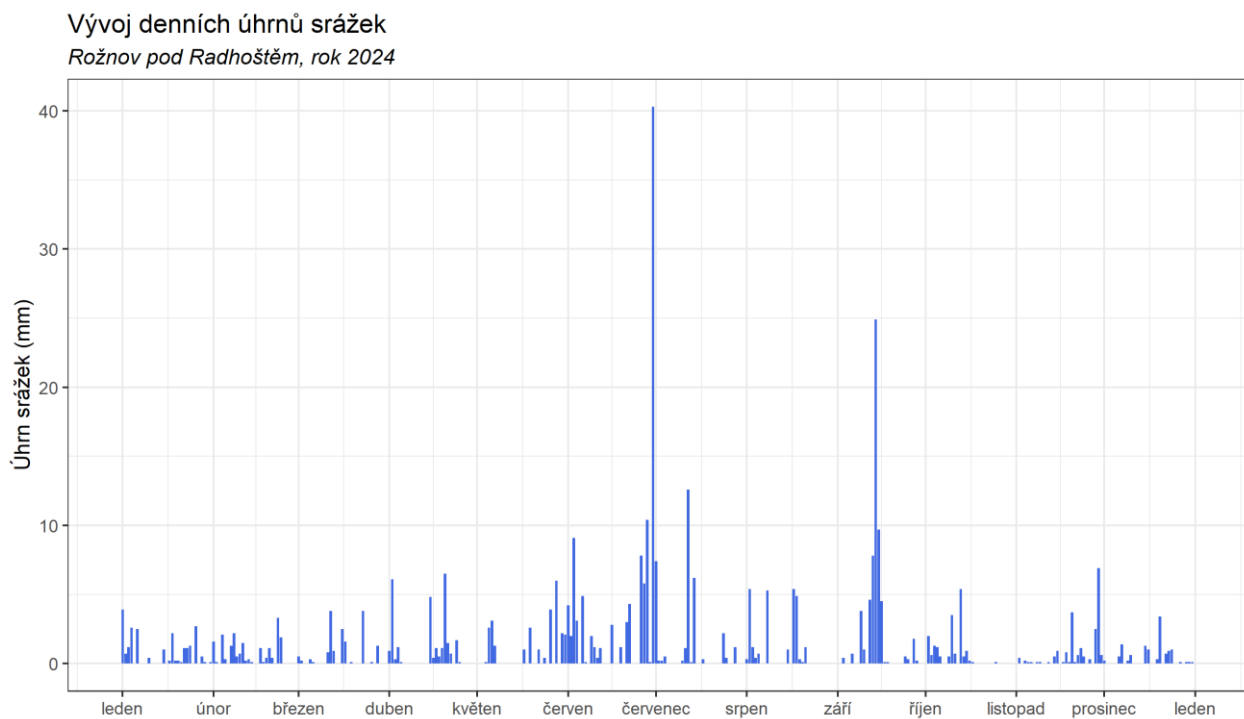


Obr. 8: Průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

2.5 SRÁŽKY

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.

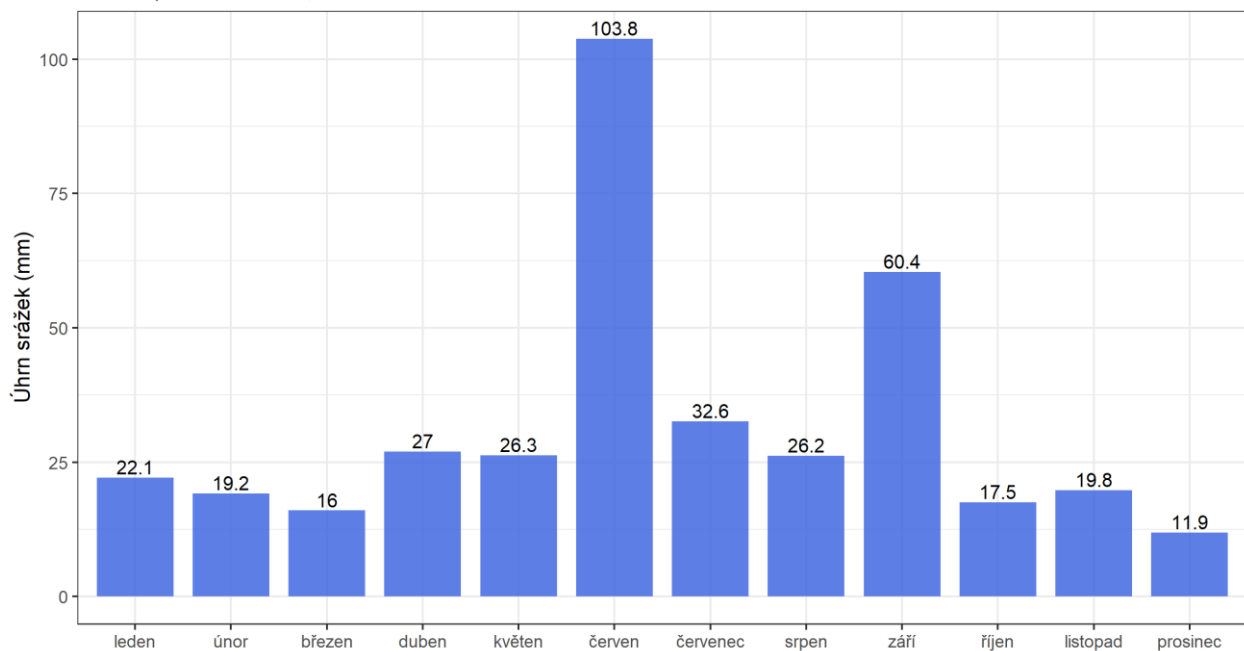
Následující Obr. 9 zobrazuje denní úhrn srážek v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. Následující graf na Obr. 10 zobrazuje měsíční úhrny srážek. Z grafů vyplývá, že nejvyšší úhrn srážek byly v této lokalitě měřeny v červnu a září (103.8 mm resp. 60.4 mm). Nejnižší úhrn srážek pak byly měřeny v prosinci a březnu (11.9 mm resp. 16 mm). Méně než 30 mm srážek v měsíčním úhrnu se vyskytlo v dubnu, květnu, srpnu, lednu, listopadu, únoru, říjnu, březnu a prosinci.



Obr. 9: Denní úhrn srážek, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Vývoj měsíčních úhrnů srážek

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



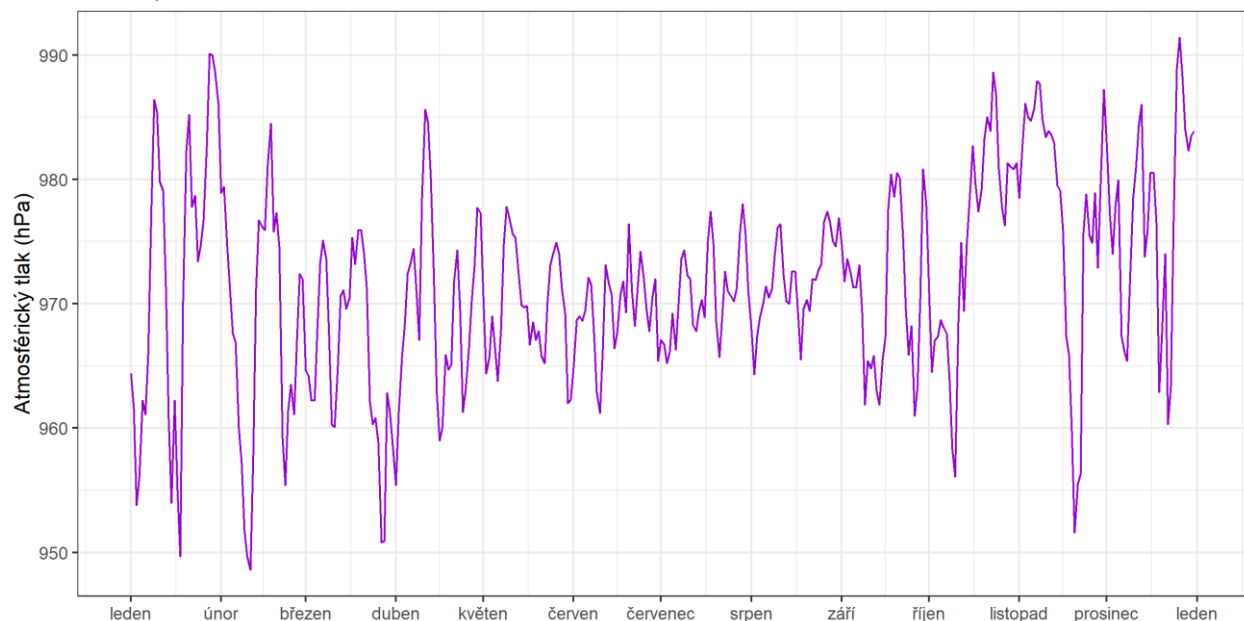
Obr. 10: Měsíční úhrn srážek, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

2.6 ATMOSFÉRICKÝ TLAK

Následující *Obr. 11* a *Obr. 12* zobrazují průměrné denní a měsíční hodnoty atmosférického tlaku v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. Z grafů vyplývá, že nejvyšší hodnoty tlaku se v této lokalitě vyskytovaly v listopadu a prosinci (977.1 resp. 977 hPa). Nejnižší hodnoty tlaku pak byly zaznamenány v březnu a únoru (966.1 resp. 967.9 hPa).

Vývoj průměrných denních hodnot atmosférického tlaku

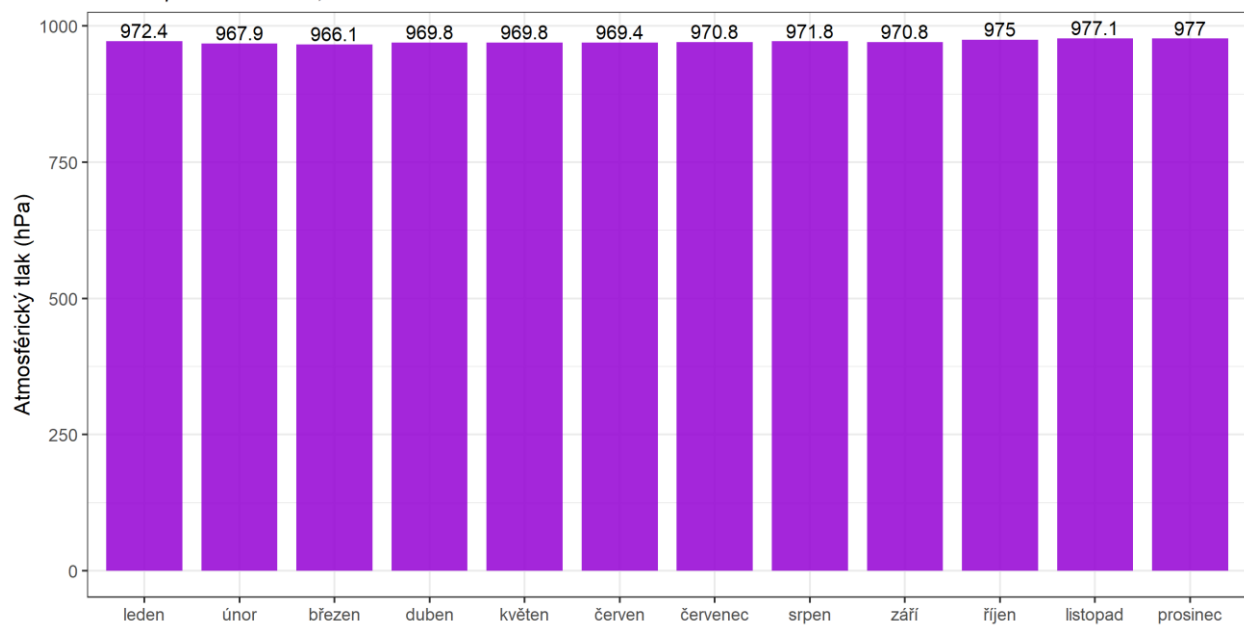
Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 11: Průměrné denní hodnoty atmosférického tlaku, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Vývoj průměrných měsíčních tlaků vzduchu

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



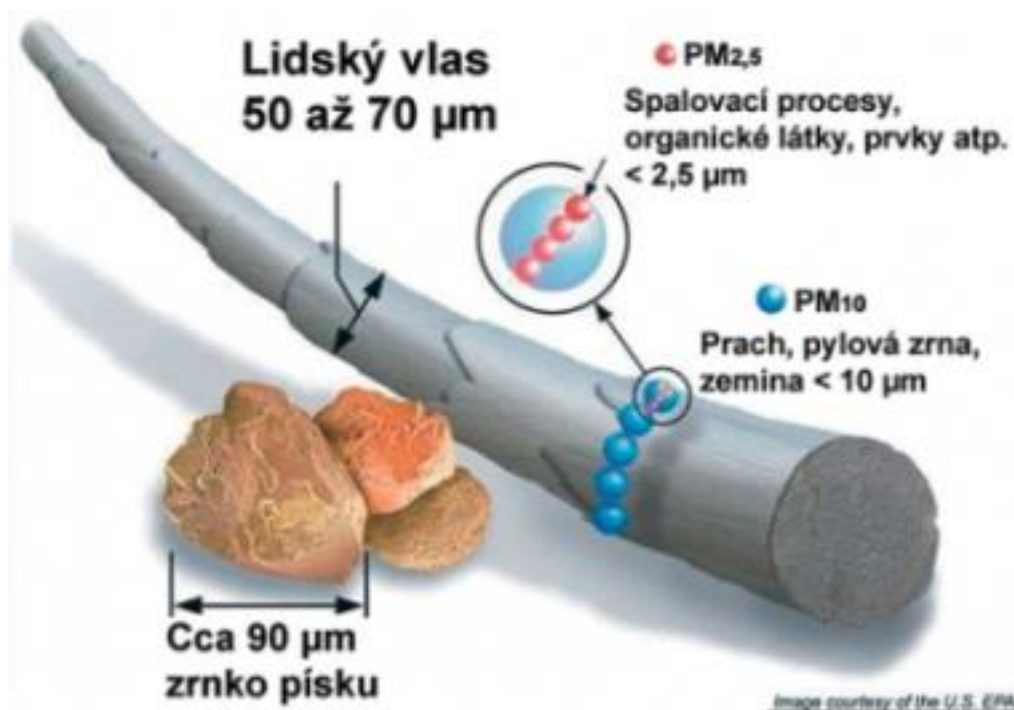
Obr. 12: Průměrné měsíční hodnoty atmosférického tlaku, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

3 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ

3.1 SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM₁₀, PM_{2,5}, PM₄ A PM₁

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.

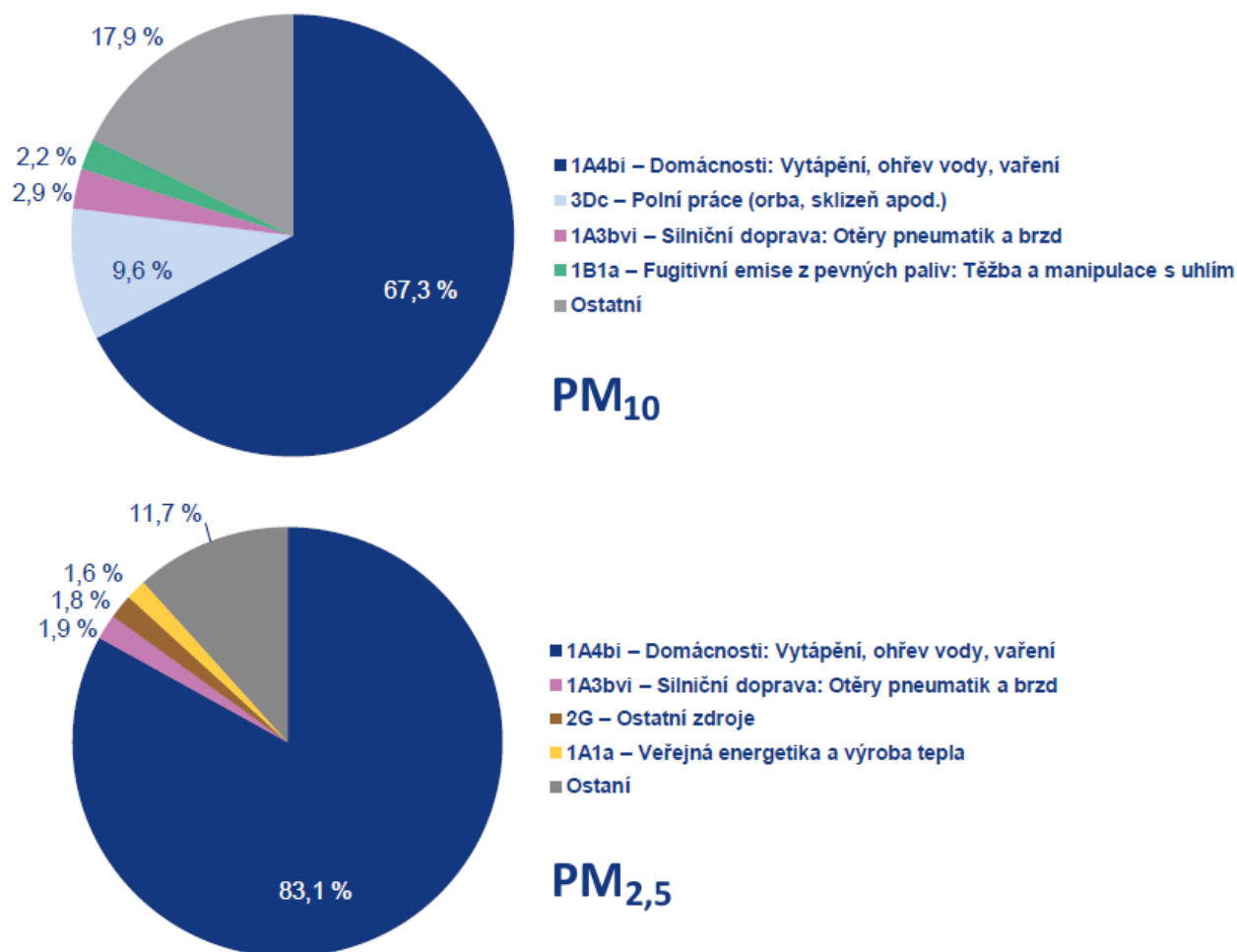
Z hlediska platné legislativy [1] jsou v ovzduší sledovány dvě velikostní frakce suspendovaných částic. Jedná se o hrubší frakci PM₁₀ (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 10 µm) a jemnější frakci PM_{2,5} (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 2,5 µm). Názorně jsou tyto částice velikostně srovnány s lidským vlasem na Obr. 13.



Obr. 13: Srovnání velikostí částic PM₁₀ a PM_{2,5} s lidským vlasem a zrnkem písku. Zdroj: US EPA

Emisní inventury částic PM₁₀ 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 2023 patřil sektor *1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření*, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami PM_{10} 67,3 % a $PM_{2,5}$ 83,1 %. 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 9,6 % 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 2022 podílely 7,0 % a na emisích $PM_{2,5}$ 6,1 % [8].



Obr. 14: Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM_{10} (nahore) a $PM_{2,5}$ (dole) v ČR, rok 2022 [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

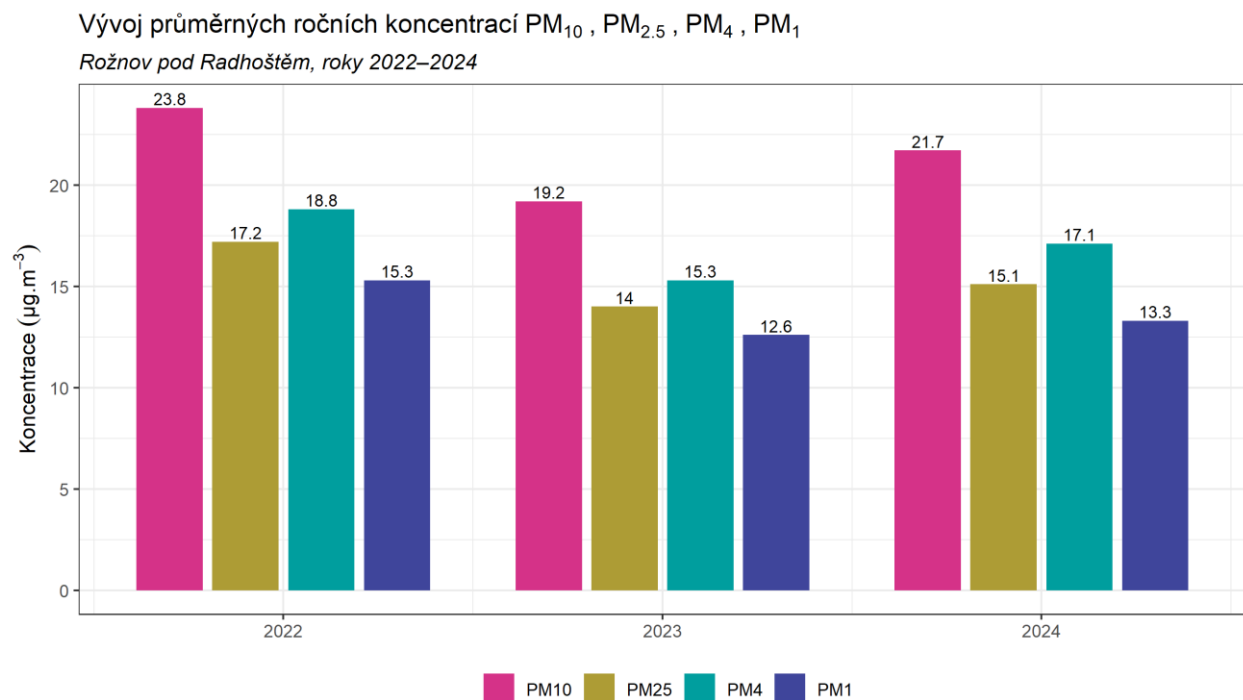
řadou faktorů, jako je například aktuální zdravotní stav jedince, alergická dispozice nebo kouření. Citlivou skupinou jsou děti, starší lidé a lidé trpící onemocněním dýchací a oběhové soustavy. Nejzávažnější zdravotní dopady, tj. kardiovaskulární a respirační účinky a navýšení úmrtnosti, mají jemné a ultra jemné částice s velikostí aerodynamického průměru pod $1\text{ }\mu\text{m}$ [9,10].

3.1.1 PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE PM

Průměrná roční koncentrace PM_{10} činila v roce 2024 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm $21.7\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Imisní limit tedy překročen nebyl. Průměrná roční koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ činila v roce 2024 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm $15.1\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Imisní limit tedy překročen nebyl.

Průměrná roční koncentrace PM_1 činila v roce 2024 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm $13.3\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Průměrná roční koncentrace PM_4 činila v roce 2024 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm $17.1\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

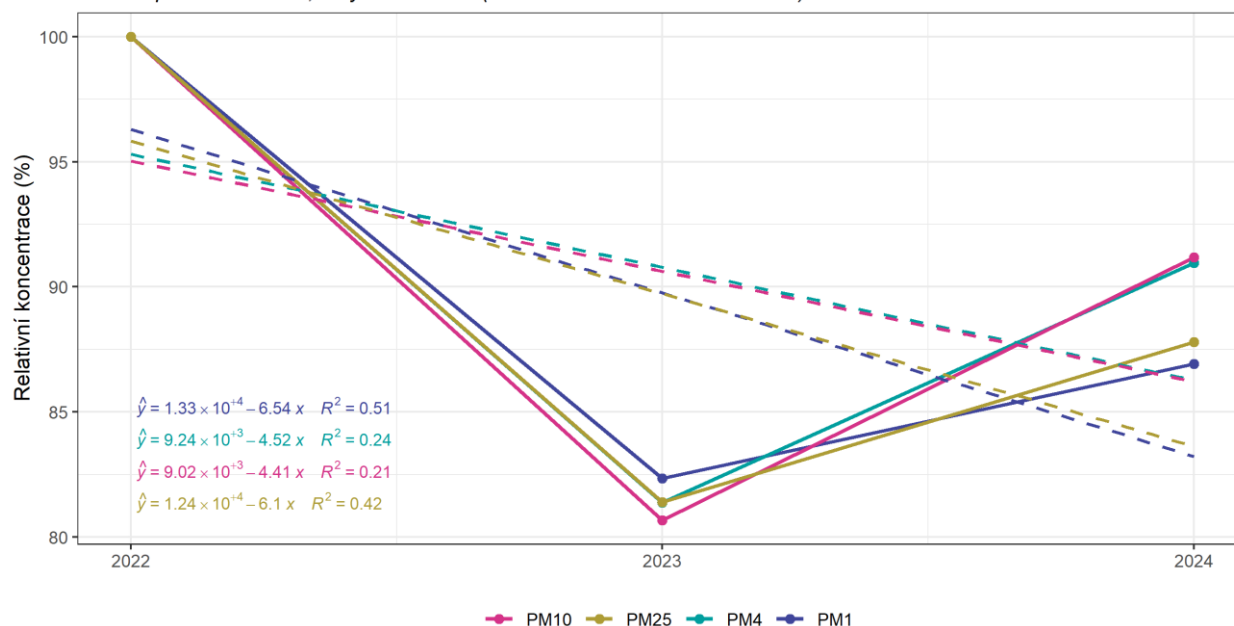
Následující Obr. 15 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, PM_4 a PM_1 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. V roce 2024 byl oproti roku 2023 zaznamenán nárůst koncentrací PM_{10} o $2.5\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (13 %), zatímco oproti roku 2022 došlo k poklesu o $2.1\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (8.8 %). Další změny byly zaznamenány u $\text{PM}_{2,5}$, kde došlo oproti roku 2023 k nárůstu o $1.1\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (7.9 %) a oproti roku 2022 k poklesu o $2.1\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (12.2 %). U PM_4 byl v roce 2024 oproti roku 2023 naměřen nárůst o $1.8\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (11.8 %) a pokles oproti roku 2022 o $1.7\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (9 %). Koncentrace PM_1 v roce 2024 vykázaly nárůst o $0.7\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (5.6 %) proti roku 2023 a pokles o $2\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (13.1 %) oproti roku 2022. Relativní vývoj koncentrací jednotlivých frakcí PM vzhledem k počátečnímu roku měření zobrazuje následující graf na Obr. 16. Rok 2022 zde pro každou škodlivinu představuje 100 % a křivka zobrazuje relativně vývoj koncentrací vůči tomuto roku. Čárkovaně je pak zobrazena křivka lineární regrese pro jednotlivé frakce.



Obr. 15: Vývoj průměrných ročních koncentrací PM, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Vývoj relativních ročních koncentrací PM₁₀, PM_{2,5}, PM₄, PM₁

Rožnov pod Radhoštěm, roky 2022–2024 (normalizováno na 2022 = 100 %)



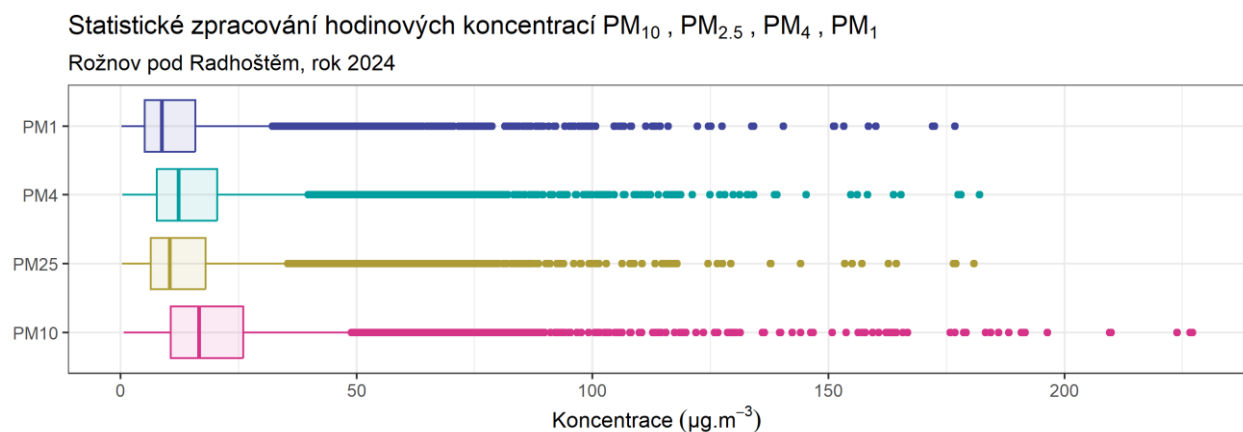
Obr. 16: Vývoj relativních ročních koncentrací PM proti počátečnímu roku měření (2022), Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Nejvíce klesají koncentrace PM_{2,5}, které byly zaznamenány v průměru o 1.1 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ročně a relativně klesající o 6.1 % ročně ($R^2 = 0.42$). Následně byl nalezen pokles koncentrací PM₁, s úbytkem v průměru o 1 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ročně a relativně o 6.5 % ročně ($R^2 = 0.51$). Koncentrace PM₁₀ byly také zaznamenány v poklesu, a to v průměru o 1 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ročně a relativně o 4.4 % ročně ($R^2 = 0.21$). Koncentrace PM₄ klesají v průměru o 0.8 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ročně a relativně o 4.5 % ročně ($R^2 = 0.24$).

Následující Tab. 3 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé frakce PM. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2024 pak zobrazuje Obr. 17.

Tab. 3: Statistické charakteristiky hodinových koncentrací PM v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

STATISTIKA	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₄	PM ₁
PRŮMĚR	21.7	15.1	17.1	13.3
MAXIMUM	227.1	180.8	182.0	176.8
MEDIÁN	16.7	10.5	12.3	8.8
MINIMUM	0.7	0.3	0.4	0.2



Obr. 17: Statistické zpracování hodinových koncentrací PM v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

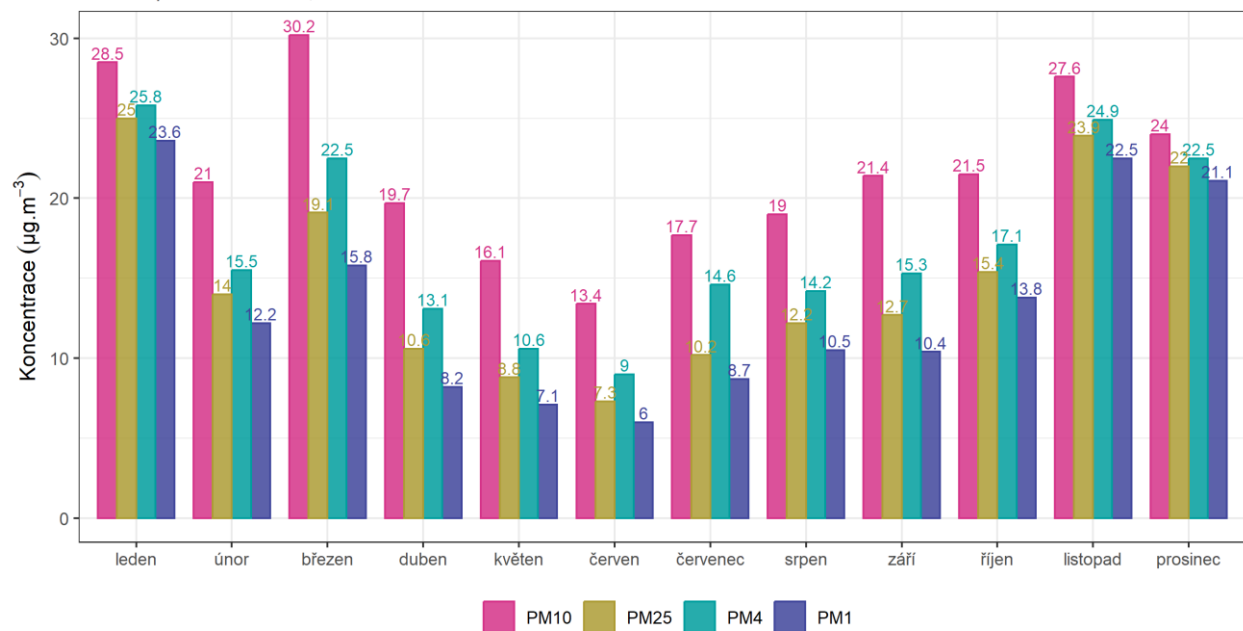
3.1.2 PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE

Na Obr. 18 jsou průměrné měsíční koncentrace PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_4 a PM_1 . Koncentrace bývají zpravidla vyšší v topné sezóně díky lokálním topeništím (majoritní zdroj PM). Z grafů vyplývá, že nejvyšší koncentrace PM byly v této lokalitě měřeny v březnu a lednu (30.2 , resp. $28.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$). Nejnižší koncentrace pak byly měřeny v červnu a květnu (13.4 , resp. $16.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$).

Průměrné měsíční zastoupení jemnějších frakcí v PM_{10} zobrazuje Obr. 19. V chladné části roku bývá zpravidla jemnější a nebezpečnější frakce zastoupena podstatně více než v létě. Nejvyšší zastoupení jemnějších frakcí v PM_{10} bylo naměřeno v prosinci (88.2% $PM_{2.5}$ v PM_{10} , resp. 83.4% PM_1 v PM_{10}). Nejnižší zastoupení pak bylo naměřeno v červnu (54.5% $PM_{2.5}$ v PM_{10} , resp. 44.2% PM_1 v PM_{10}).

Vývoj průměrných měsíčních koncentrací PM₁₀, PM_{2.5}, PM₄, PM₁

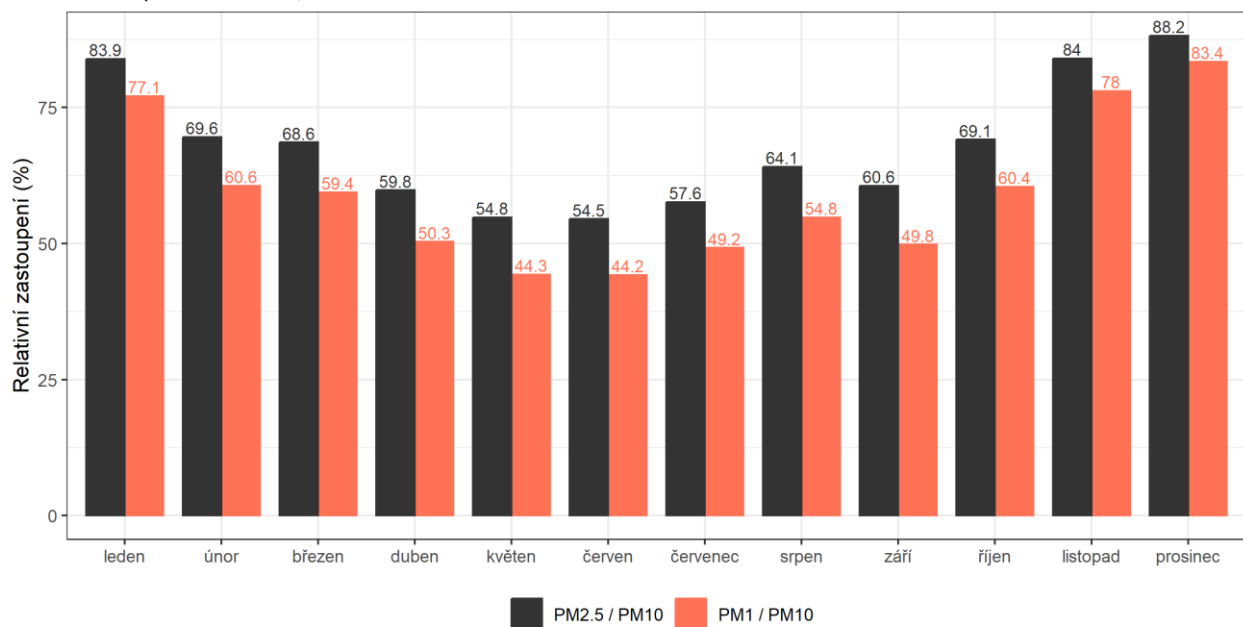
Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 18: Průměrné měsíční koncentrace PM v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Vývoj průměrných měsíčních poměrů koncentrací PM_{2.5}/PM₁₀, PM₁/PM₁₀

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 19: Průměrné měsíční zastoupení PM_{2.5} v PM₁₀ a PM₁ v PM₁₀, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

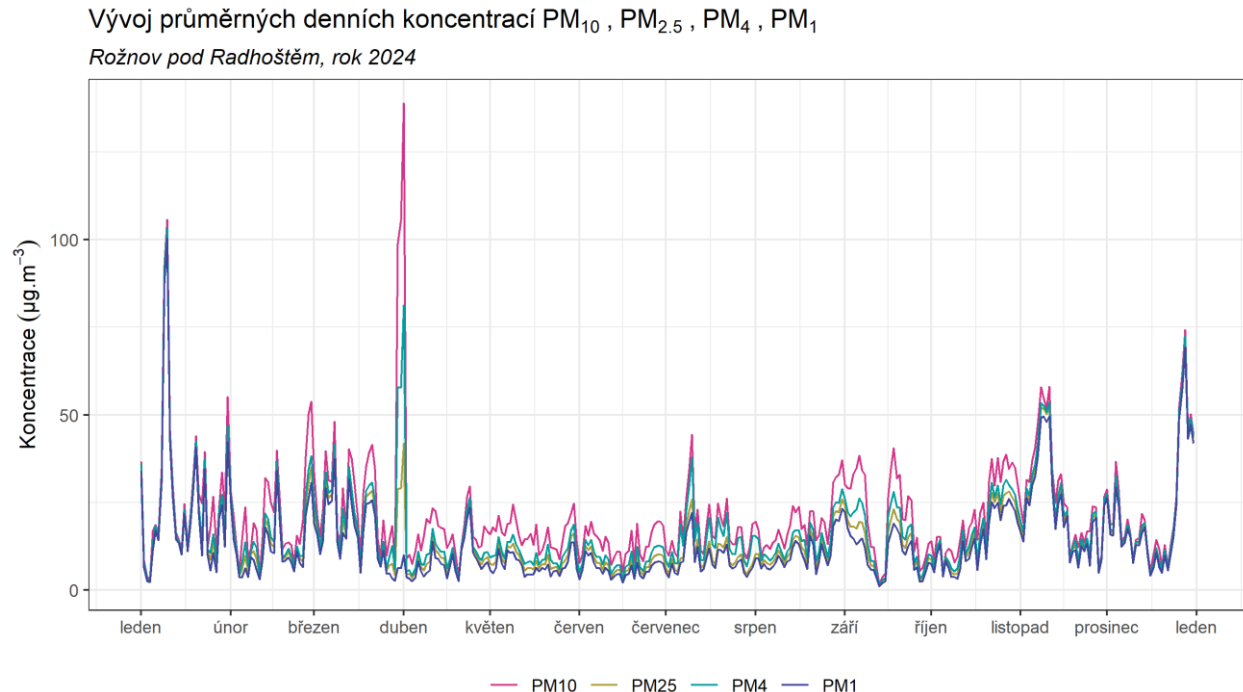
3.1.3 PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE

Vývoj průměrných denních koncentrací PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_4 a PM_1 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm zobrazuje následující Obr. 20. Z grafu je patrné, že koncentrace jemnějších frakcí do značné míry kopírují hrubší frakci PM_{10} a z velmi velké části tak PM_{10} tvoří.

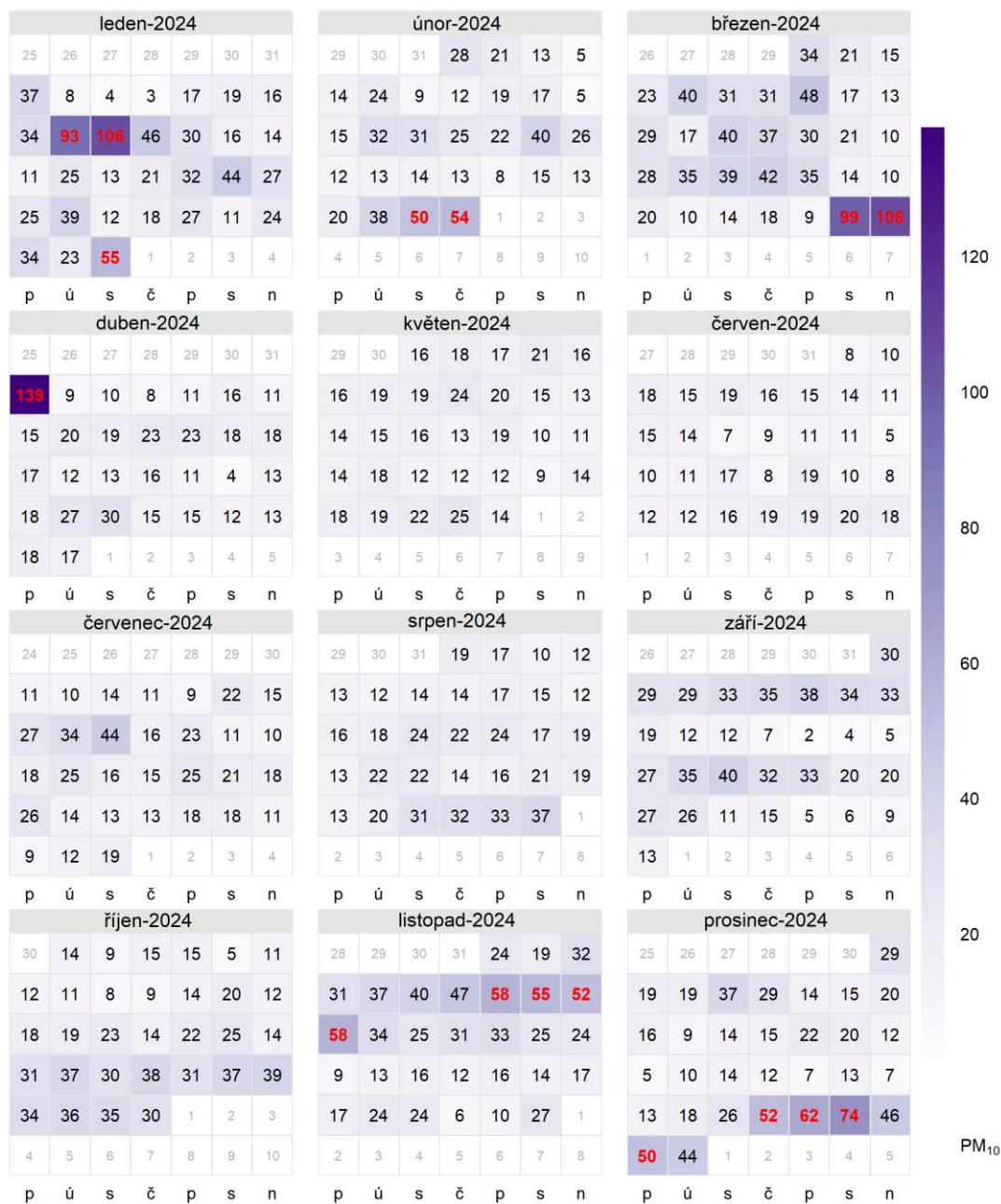
Průměrné denní koncentrace vyšší, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} ($50 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) se vyskytují převážně v chladné části. V měsících červen–září, kdy nejsou v provozu lokální topeniště a jsou příznivější rozptylové podmínky, bývají koncentrace všech frakcí PM nízké a k překračování hodnoty limitu nedochází.

Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu v jednotlivých měsících zobrazuje následující Obr. 22. V roce 2024 došlo alespoň k jednomu překročení v těchto měsících: leden, únor, březen, duben, listopad, prosinec. Nejvíce překročení bylo zaznamenáno v měsíci listopadu a prosinci (4 překročení). V tento měsíc byly rovněž měřeny velmi nízké teploty a muselo se tedy intenzivněji topit (Obr. 6). Celkově došlo v kalendářním roce 2024 k 16 překročením. **Imisní limit pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} tedy překročen nebyl.** Zákon umožňuje za kalendářní rok 35 překročení této hodnoty.

Nejvyšší průměrná denní koncentrace PM_{10} byla naměřena dne 1. 4. 2024 a měla hodnotu $138.9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Na přelomu března a dubna byly měřeny vysoké koncentrace i na dalších stanicích při proudění z jihu až jihovýchodu. Byl to důsledek dálkového transportu – saharského písku. [6] V kalendářovém zobrazení na Obr. 21) je možné dobře vidět, ve které měsíce a dny byly naměřeny nadlimitní koncentrace PM_{10} .



Obr. 20: Vývoj průměrných denních koncentrací PM, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

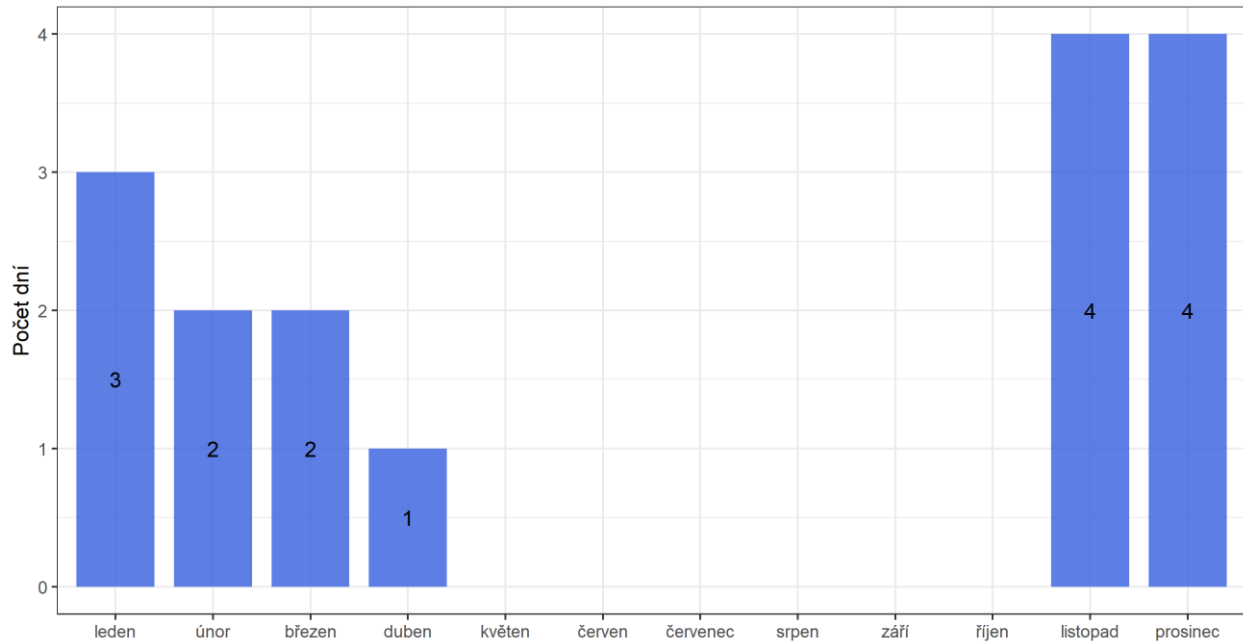


Obr. 21: Kalendářové zobrazení s hodnotami průměrných denních koncentrací PM_{10} , Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

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. 23. V případě obou charakteristik došlo k nárůstu proti předchozímu roku. Počet dní s průměrnou denní koncentrací PM_{10} vyšší než $50 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ vzrostl v roce 2024 proti roku 2023 o 10 dní, 36. nejvyšší koncentrace PM_{10} vzrostla o $6.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (20.6 %).

Počet dní s překročením denního imisního limitu PM₁₀ v jednotlivých měsících

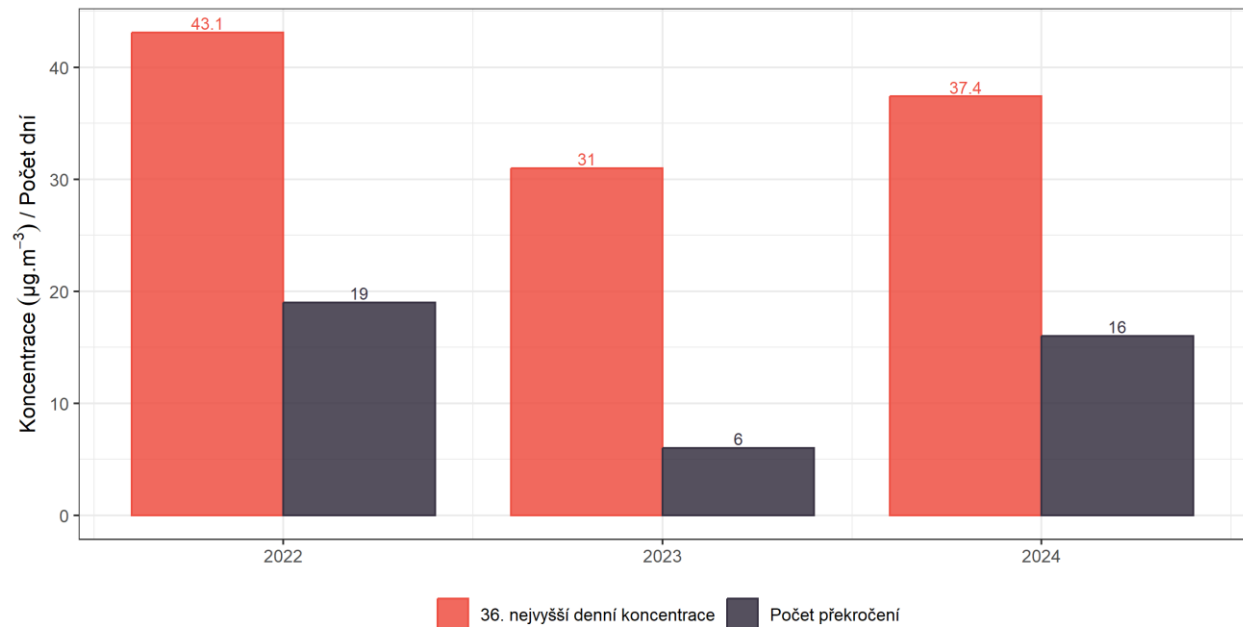
Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 22: Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ v jednotlivých měsících, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Vývoj 36. nejvyšší denní koncentrace PM₁₀ a překročení hodnoty imisního limitu

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

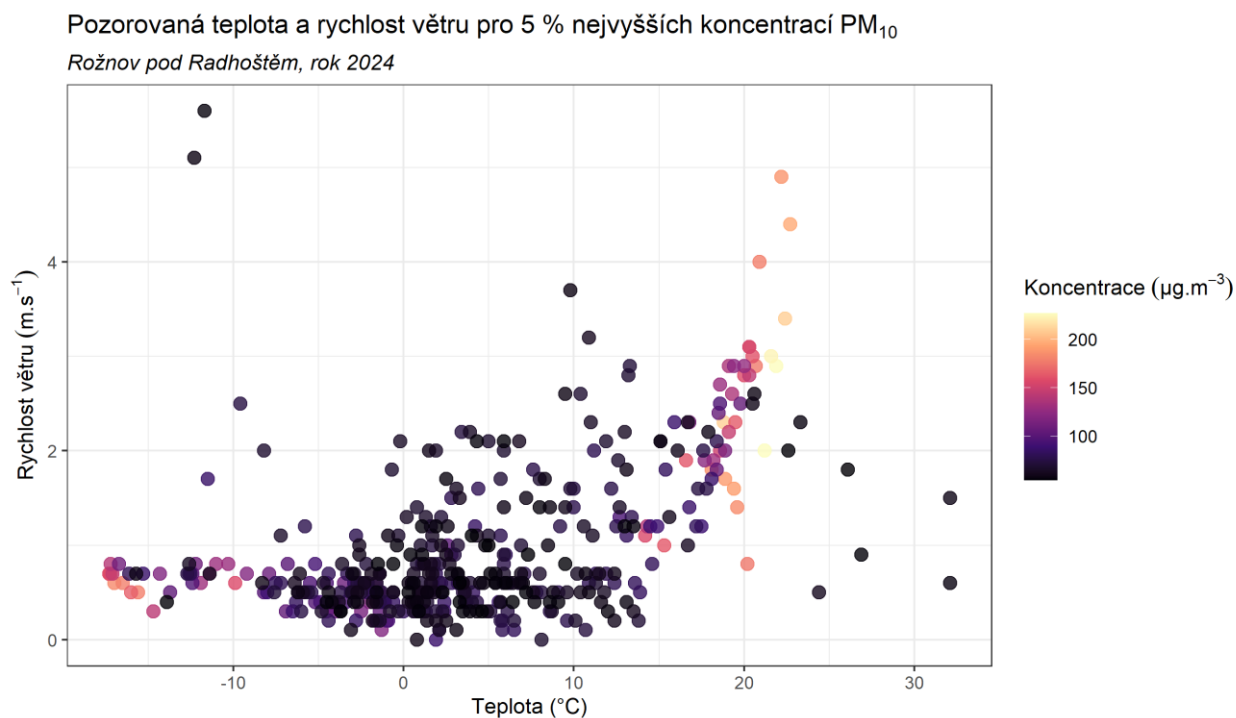


Obr. 23: Vývoj 36. nejvyšší denní koncentrace PM₁₀ a počtu dní s překročením hodnoty imisního limitu pro denní koncentraci PM₁₀, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Vzhledem k tomu, že jsou trend a z velké části i hodnoty PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_4 a PM_1 téměř totožné (Obr. 20), bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro PM_{10} , avšak totéž platí i pro jemnější frakce.

Obr. 24 zobrazuje, při jakých teplotách a rychlostech větru se vyskytuje 5 % nejvyšších hodinových koncentrací PM_{10} naměřených v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm v roce 2024. Z analýzy těchto 5 % nejvyšších koncentrací PM_{10} lze vyčíst, že nejčastěji se tyto koncentrace vyskytují při teplotě kolem $-1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rychlosti větru přibližně $0.6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Nejvyšší hodnoty však byly měřeny při teplotách okolo $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vyšších rychlostech větru jako důsledek dálkového transportu saharského písku přes území ČR.

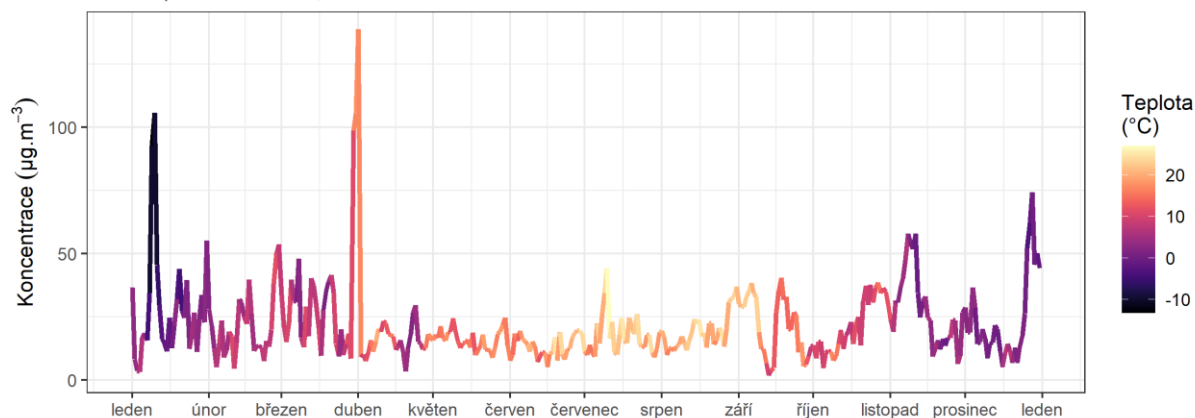
Na Obr. 25 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací PM_{10} , zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost. Grafy pak potvrzují, co bylo patrné na předchozím grafu. Vyšší koncentrace PM_{10} jsou měřeny při nízkých teplotách a nízkých rychlostech větru a spíše při vyšší relativní vlhkosti vzduchu. To jsou podmínky charakteristické pro teplotní inverzi. Nízké teploty se dále promítnou do potřeby více topit, takže se zvyšují emise z lokálních topenišť – v chladné části roku nejvýznamnější zdroj prašnosti. Nízké rychlosti větru pak zabraňují dostatečnému rozptýlu škodlivin a koncentrace se tak neustále zvyšují.



Obr. 24: Pozorovaná teplota a rychlost větru pro 5 % nejvyšších koncentrací PM_{10} , Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

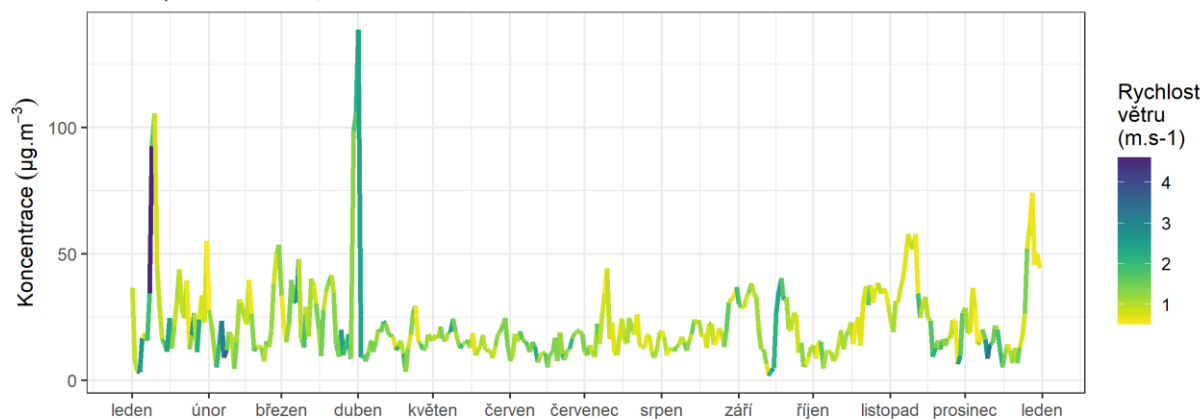
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na teplotě vzduchu

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



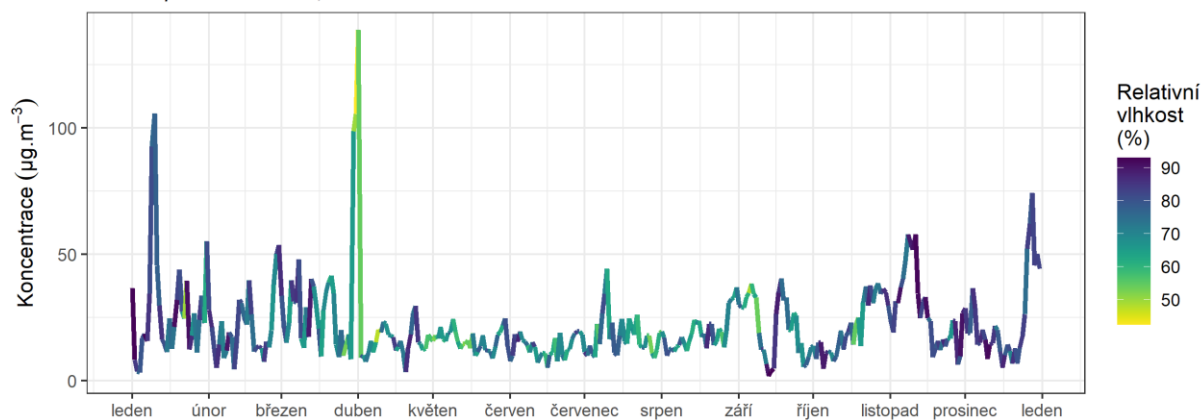
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na rychlosti větru

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



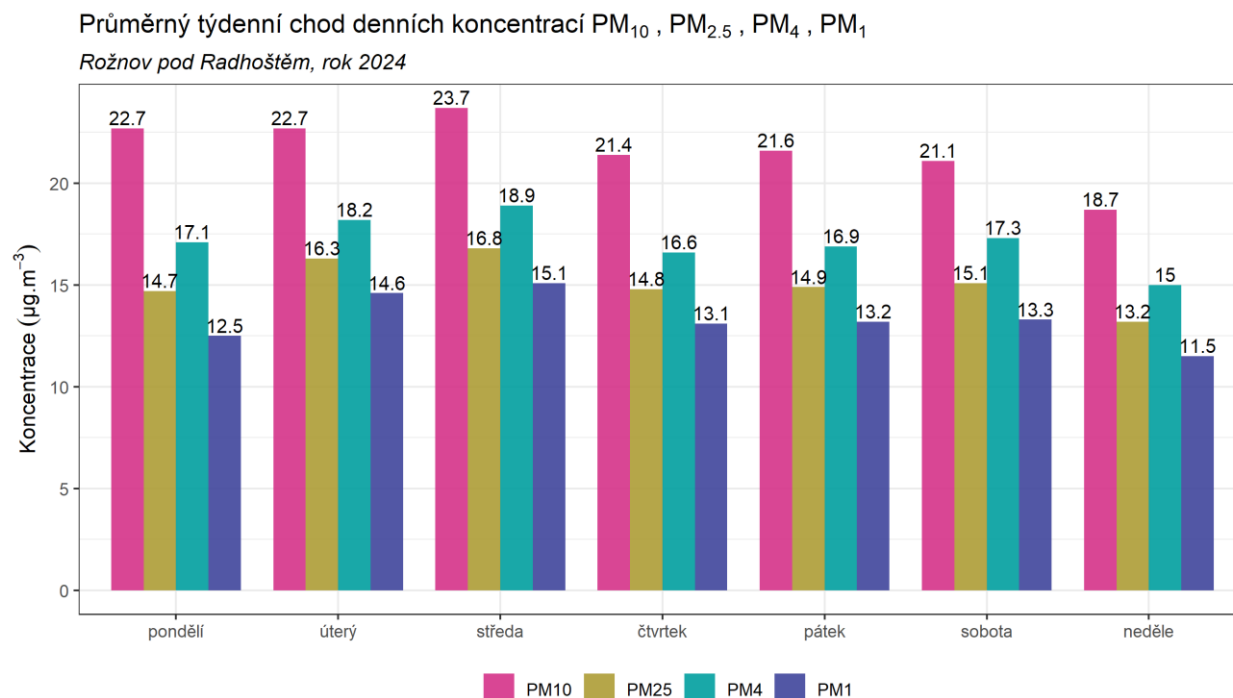
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 25: Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace PM₁₀, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Graf na Obr. 26 posuzuje denní koncentrace PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_4 a PM_1 z hlediska dne v týdnu. V průměru nejvyšší průměrná koncentrace PM_{10} byla v roce 2024 naměřena v středu s hodnotou $23.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Naopak nejnižší průměrná koncentrace PM_{10} byla naměřena v neděli s hodnotou $18.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.



Obr. 26: Průměrný týdenní chod denních koncentrací PM, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

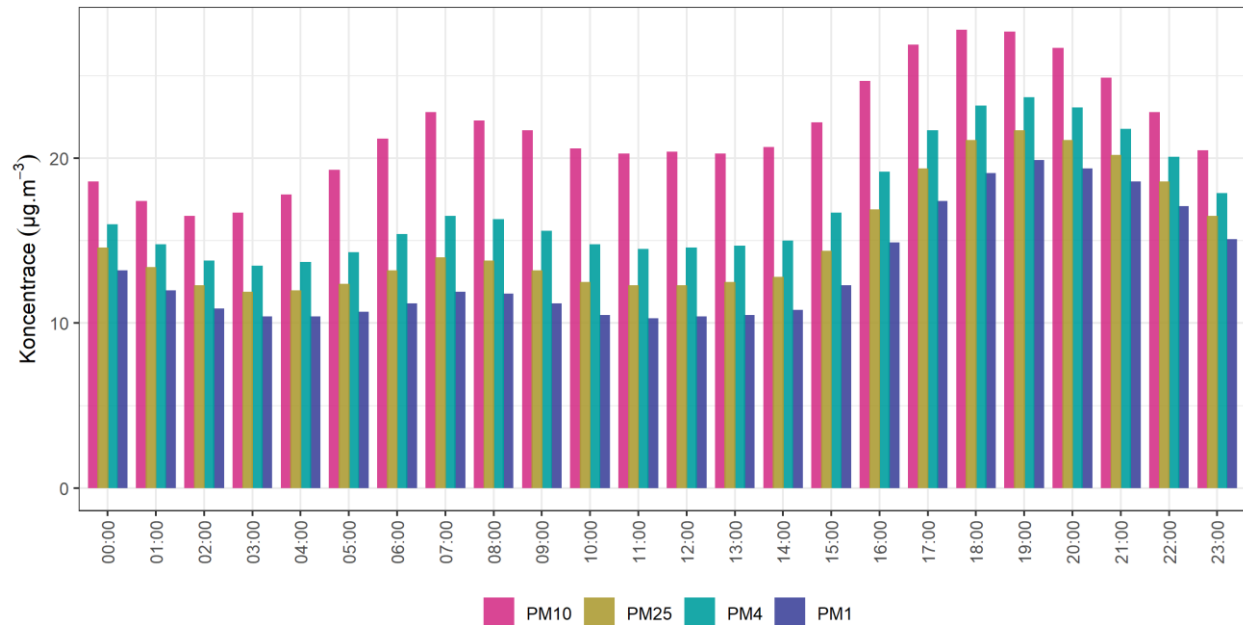
3.1.4 ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_4 a PM_1 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. Denní chod koncentrací PM_{10} zobrazuje Obr. 27.

Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací PM_{10} jsou dosahovány ve večerních a nočních hodinách. Je to velmi 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. V datech je dále viditelná menší ranní špička související zřejmě s provozem při odchodu do práce či školy. V průměru nejvyšší koncentrace PM_{10} byly měřeny v 18:00 s hodnotou $27.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Nejnižší koncentrace PM_{10} pak byly naměřeny v 02:00 s hodnotou $16.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Průměrný denní chod hodinových koncentrací PM₁₀, PM_{2.5}, PM₄, PM₁

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



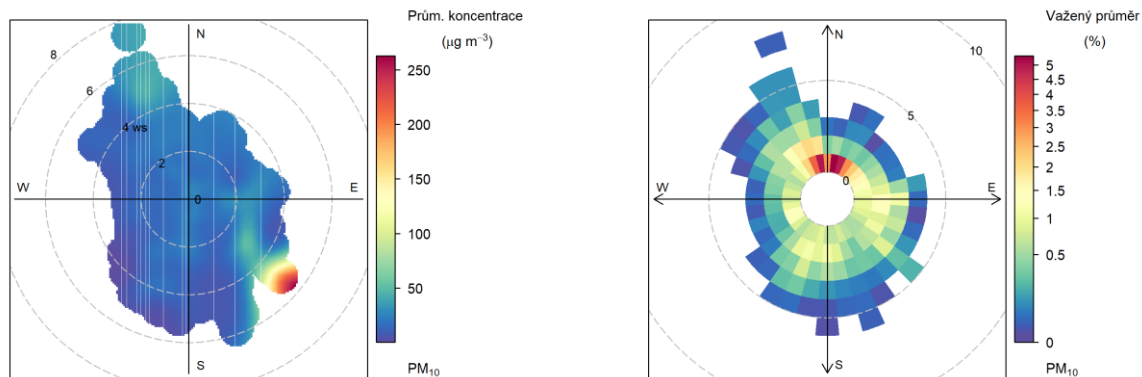
Obr. 27: Průměrný týdenní chod denních koncentrací PM, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Koncentrační růžice jsou efektivním nástrojem pro analýzu znečištění ovzduší na základě meteorologických charakteristik. Pro jejich konstrukci se využívají hodinová data meteorologických parametrů (například směru a rychlosti větru) a koncentrací znečišťujících látek. Princip vychází z větrné růžice, kde směr větru odpovídá polárním souřadnicím, a vzdálenost od středu růžice reprezentuje rychlost větru – střed růžice symbolizuje bezvětří, zatímco směrem k okrajům rychlost větru roste.

V koncentrační růžici jsou pro jednotlivé kombinace rychlosti a směru větru zprůměrovány koncentrace konkrétní škodliviny, naměřené za odpovídajících podmínek. Základní koncentrační růžice tak poskytuje přehled o průměrných (a případně nejvyšších) koncentracích dosažených při různých směrech a rychlostech větru.

Vážená koncentrační růžice přidává další vrstvu informace tím, že do výpočtu zahrnuje i četnost výskytu jednotlivých kombinací směru a rychlosti větru. Výsledkem je vážený průměr koncentrací, který odráží, jakým podílem přispívají různé směry větru k celkovým naměřeným koncentracím dané škodliviny.

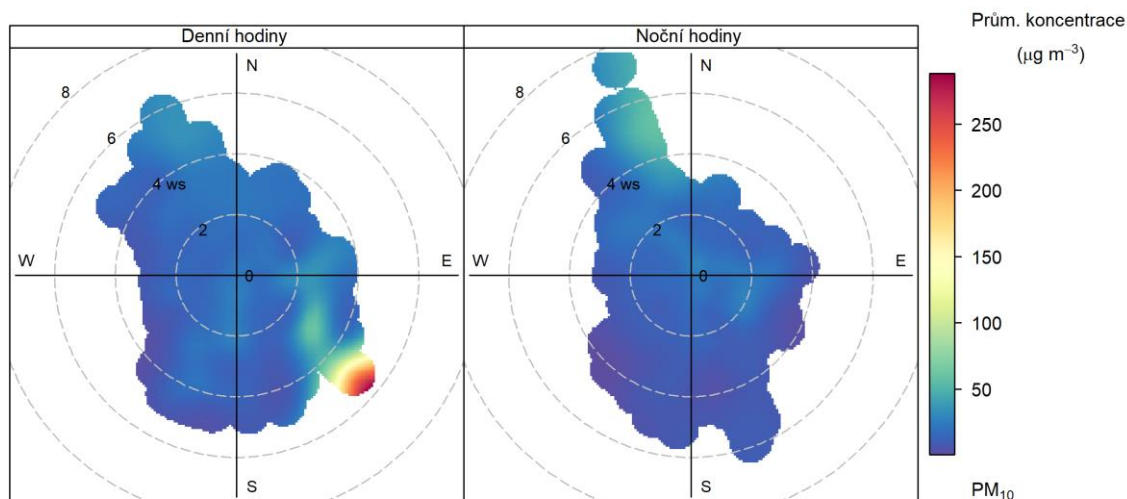
Následující Obr. 28 zobrazuje tyto dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Rožnov pod Radhoštěm.



Obr. 28: Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro PM_{10} , Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

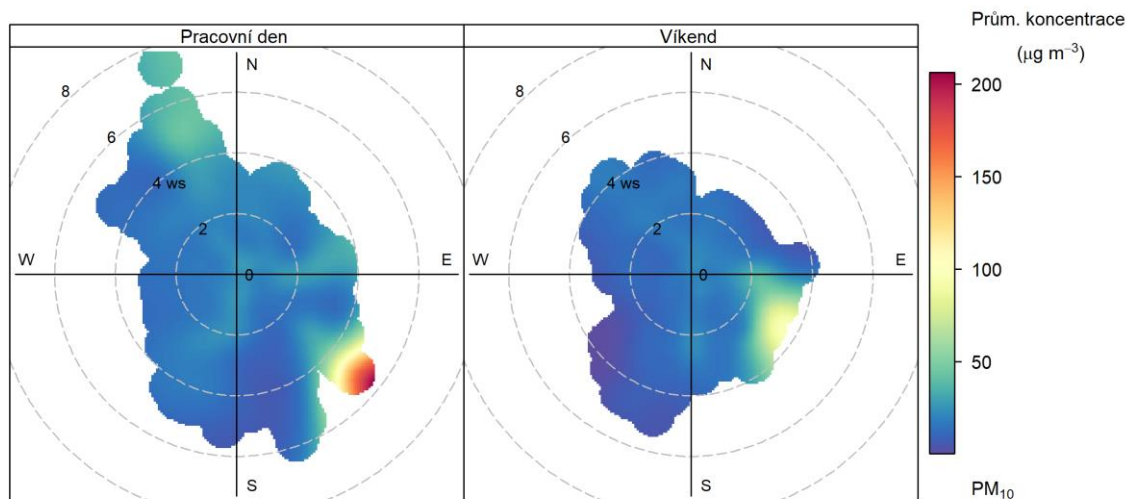
Nejvyšší koncentrace ($263 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) byla naměřena při proudění z jihovýchodu a rychlosti větru $5.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Nejvyšší vážená koncentrace PM_{10} byla naměřena při proudění ze severu a rychlosti větru $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Na následujícím Obr. 29 je koncentrační růžice rozdělená na den a noc. Vyšší koncentrace PM_{10} byla zaznamenána během denních hodin. Nejvyšší koncentrace $288 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla naměřena při proudění z jihovýchodu a rychlosti větru $5.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. V nočních hodinách byla nejvyšší zaznamenaná koncentrace PM_{10} $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, přičemž větrné proudění bylo ze severu s rychlostí větru $5.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



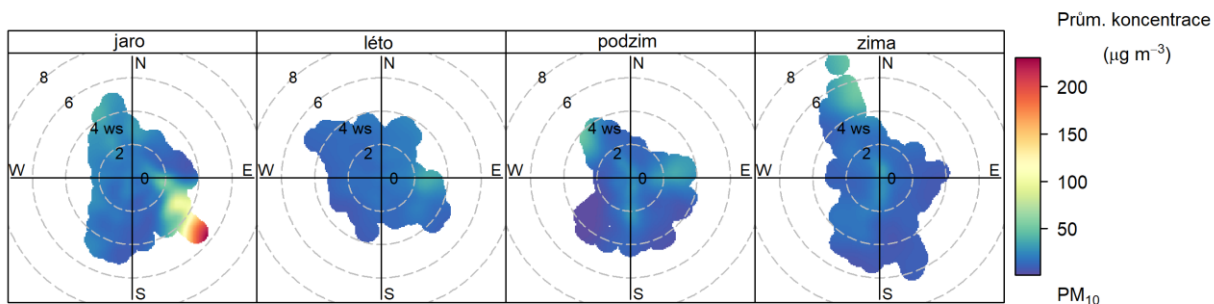
Obr. 29: Koncentrační růžice PM_{10} v denních a nočních hodinách, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendové dny (Obr. 30). Vyšší koncentrace PM_{10} byla zaznamenána v pracovní dny, kdy byla koncentrace PM_{10} ($206 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) naměřena při proudění z jihovýchodu a rychlosti větru $5.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. O víkendu byla nejvyšší naměřená koncentrace PM_{10} ($98 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) při stejném směru proudění, konkrétně z jihovýchodu, avšak při nižší rychlosti větru $3.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



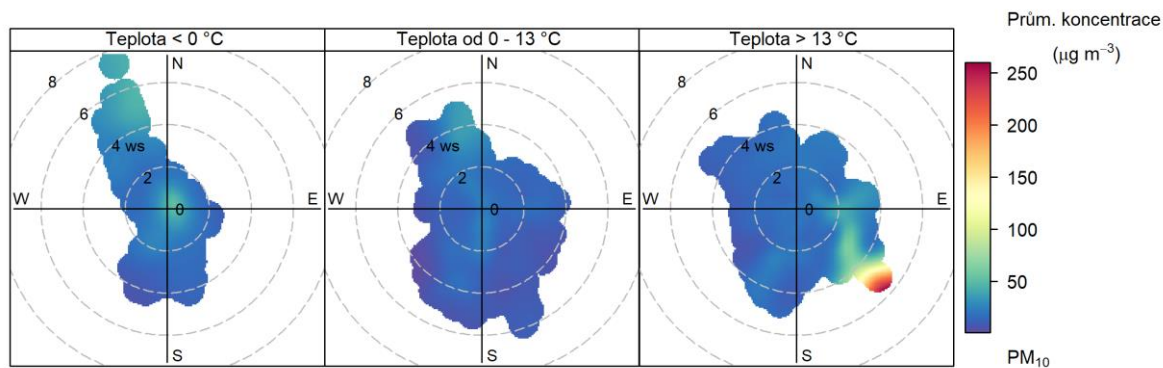
Obr. 30: Koncentrační růžice PM_{10} v pracovní dny a o víkendu, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Následující Obr. 31 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Nejvyšší koncentrace PM_{10} byla zaznamenána na jaře, kdy byla naměřena nejvyšší koncentrace $230 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ při proudění vzduchu z jihovýchodu a rychlosti $5.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V letních měsících byla nejvyšší koncentrace PM_{10} naměřena ve výši $38 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, když proudil vzduch z východu a rychlost větru dosahovala $2.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na podzim byla zjištěna maximální koncentrace PM_{10} $51 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ s větrem proudícím ze severozápadu o rychlosti $3.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V zimních měsících dosáhla nejvyšší koncentrace PM_{10} hodnoty $53 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ při severním proudění vzduchu a rychlosti větru $5.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



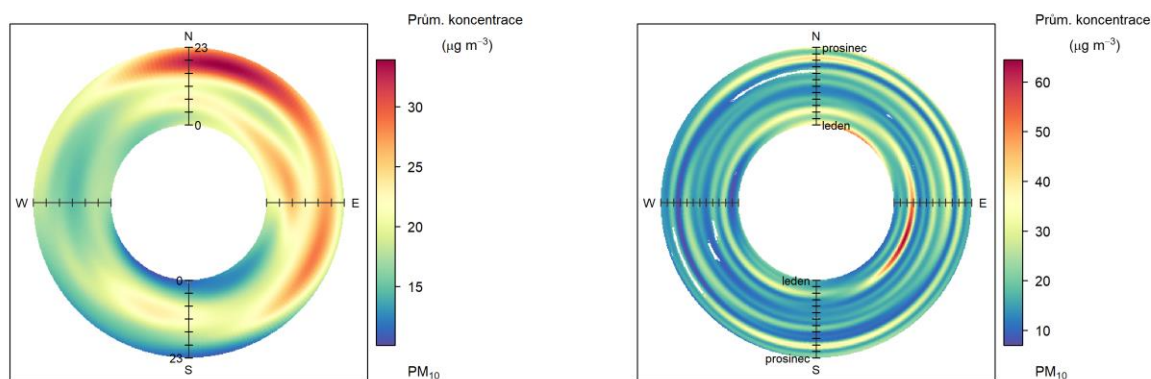
Obr. 31: Koncentrační růžice PM_{10} v jednotlivých ročních obdobích, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu (Obr. 32). Nejvyšší koncentrace PM_{10} ($260 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) byla zaznamenána při teplotě vyšší než 13°C , kdy byla nejvyšší koncentrace PM_{10} naměřena při rychlosti větru $5.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a proudění z jihovýchodu. V teplotním intervalu nižších než 0°C byla nejvyšší naměřená koncentrace PM_{10} $53 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, přičemž náležela situaci, kdy proudění vzduchu bylo ze severovýchodu a rychlost větru dosahovala $0.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V intervalu teplot od 0 do 13°C byla maximální koncentrace PM_{10} ve výši $38 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ naměřena při směru větru ze severu s rychlostí $4.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 32: Koncentrační růžice PM_{10} ve vybraných teplotních intervalech, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

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. Koncentrace PM_{10} v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm jsou takto zobrazeny na Obr. 33.



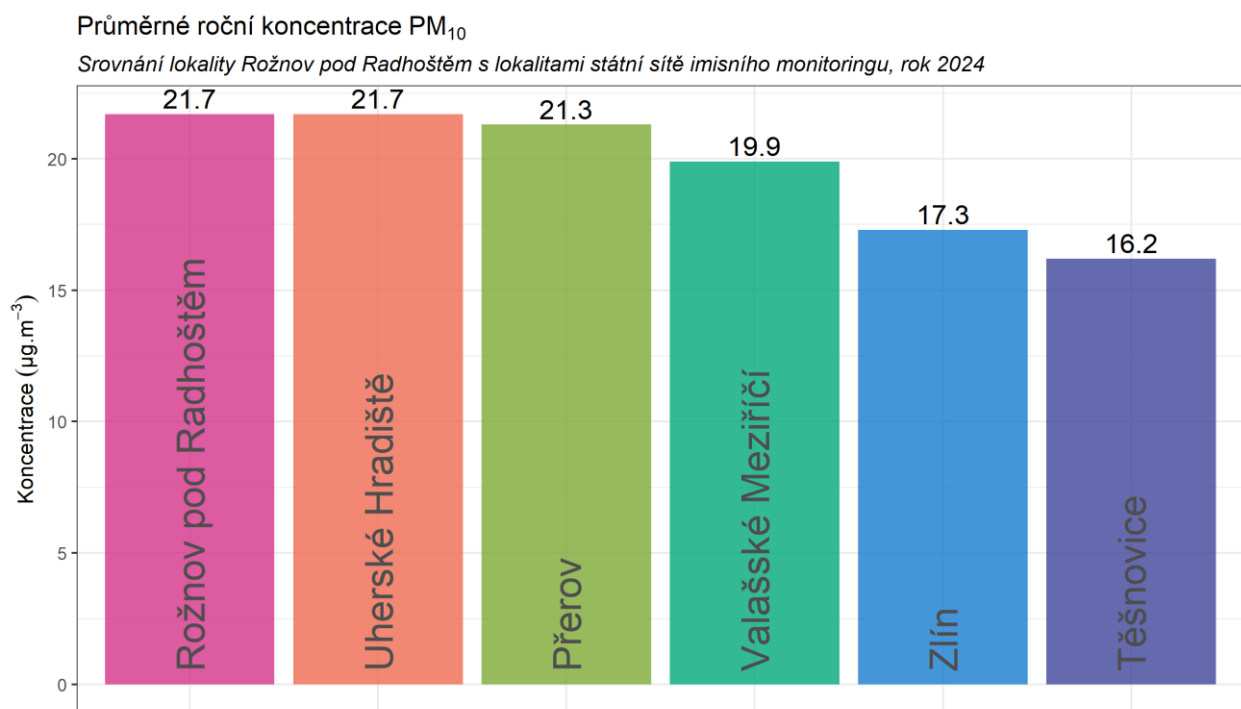
Obr. 33: Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací PM_{10} dle směru větru, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Nejvyšší koncentrace PM_{10} ($34 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) v rámci denního chodu byla naměřena kolem 19. hodiny při proudění větru ze severních směrů. Nejvyšší koncentrace PM_{10} ($64 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) v rámci ročního chodu byla naměřena v březnu při proudění vzduchu z jihovýchodních směrů.

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). Charakteristika lokalit je uvedena v kapitole *Data a jejich zpracování* v Tab. 2.

Na následujícím Obr. 34 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace částic PM_{10} na lokalitách v blízkém okolí lokality Rožnov pod Radhoštěm a srovnány s koncentracemi zde měřenými v roce 2024. Zjištěné hodnoty koncentrací se pohybovaly v rozmezí od $16.2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ do $21.7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Nejnižší koncentrace $16.2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla zaznamenána v lokalitě Těšnovice, zatímco nejvyšší hodnoty, shodně $21.7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, byly naměřeny v lokalitách Rožnov pod Radhoštěm a Uherské Hradiště. Všechny zaznamenané hodnoty koncentrací PM_{10} v analyzovaných lokalitách jsou nižší než imisní limit $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, což znamená, že v žádné z lokalit nebyl tento limit překročen.



Obr. 34: Srovnání průměrné roční koncentrace PM_{10} lokality Rožnov pod Radhoštěm s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

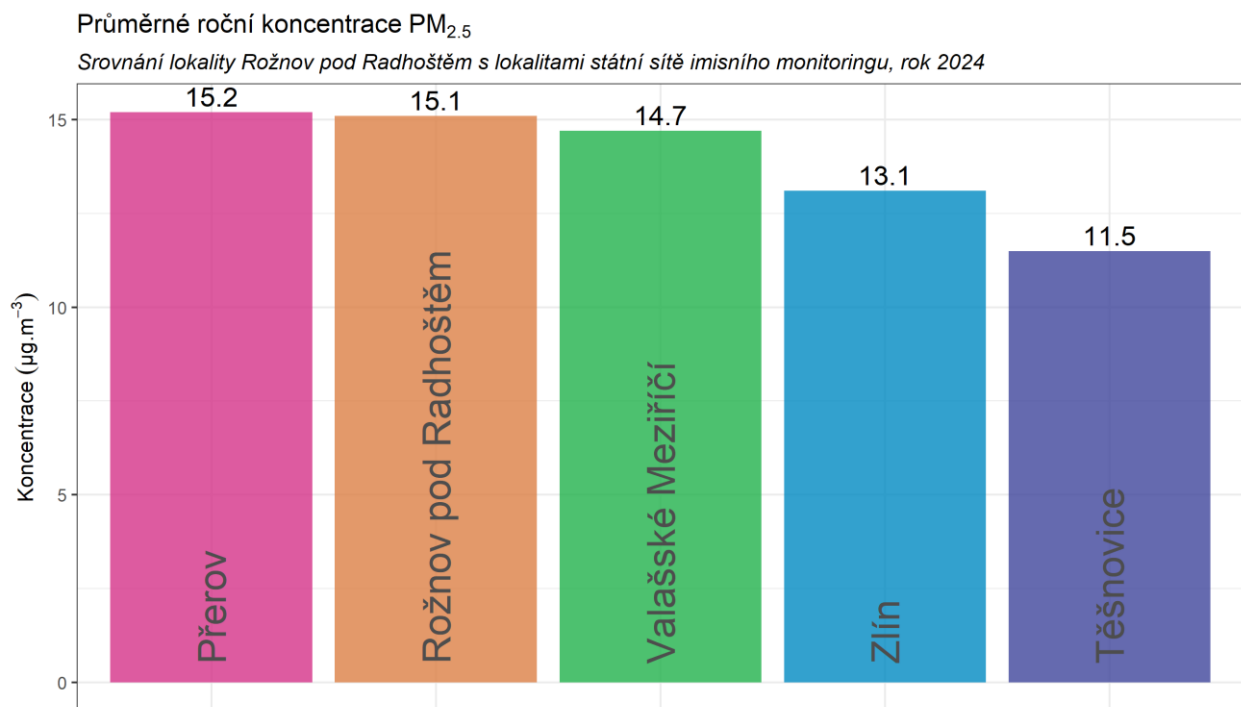
Na následujícím grafu na Obr. 35 jsou obdobně zobrazeny hodnoty průměrných ročních koncentrací $PM_{2.5}$ na vybraných lokalitách. Nebylo zjištěno žádné překročení imisního limitu stanoveného na $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Koncentrace $PM_{2.5}$ se pohybovaly v rozmezí od $11.5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Těšnovice) do $15.2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Přerov). Lokalita Rožnov pod Radhoštěm, s naměřenou koncentrací $15.1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, se nalézá na horním konci spektra, avšak stále výrazně pod imisním limitem.

Graf na následujícím Obr. 36 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

za kalendářní rok 35x překročena. V grafu je zobrazen počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} . V případě překročení limitu je číslo v popisku zobrazeno červeně.

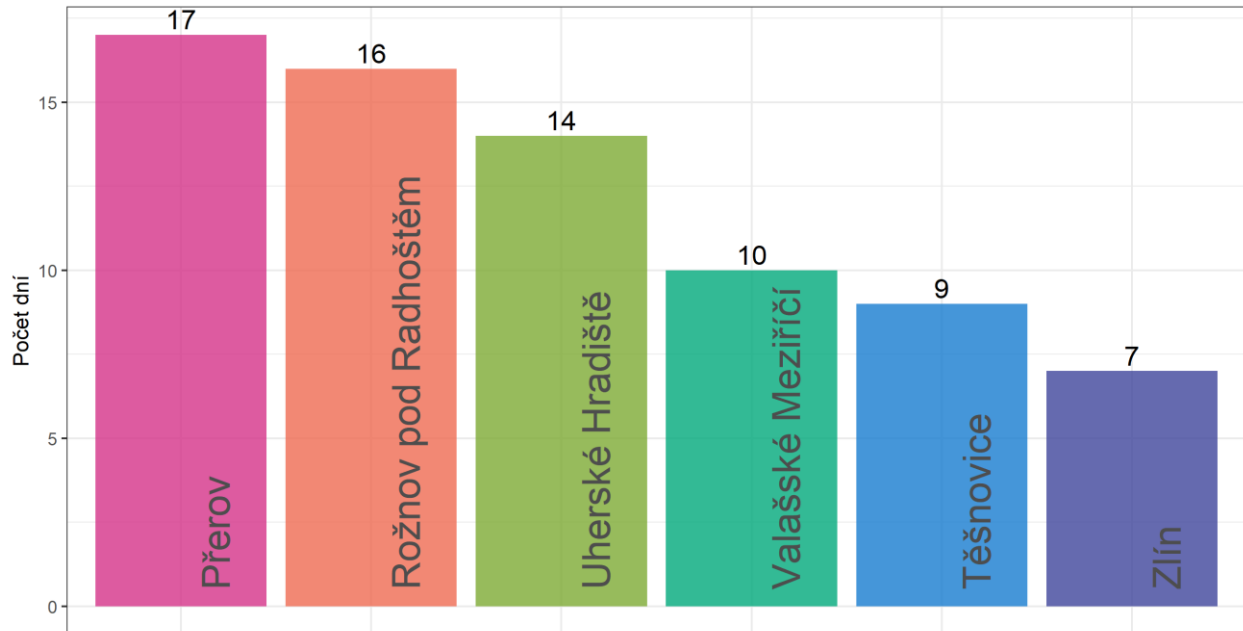
Lokalita s nejvyšším počtem dní překročení byla Přerov (17 dní), následována Rožnovem pod Radhoštěm a Uherským Hradištěm (16, resp. 14 dní). Na opačném konci spektra se nacházelo Valašské Meziříčí s 10 dny, Těšnovice s 9 dny a Zlín s 7 dny.



Obr. 35: Srovnání průměrné roční koncentrace $PM_{2.5}$ lokality Rožnov pod Radhoštěm s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

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

Srovnání lokality Rožnov pod Radhoštěm s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

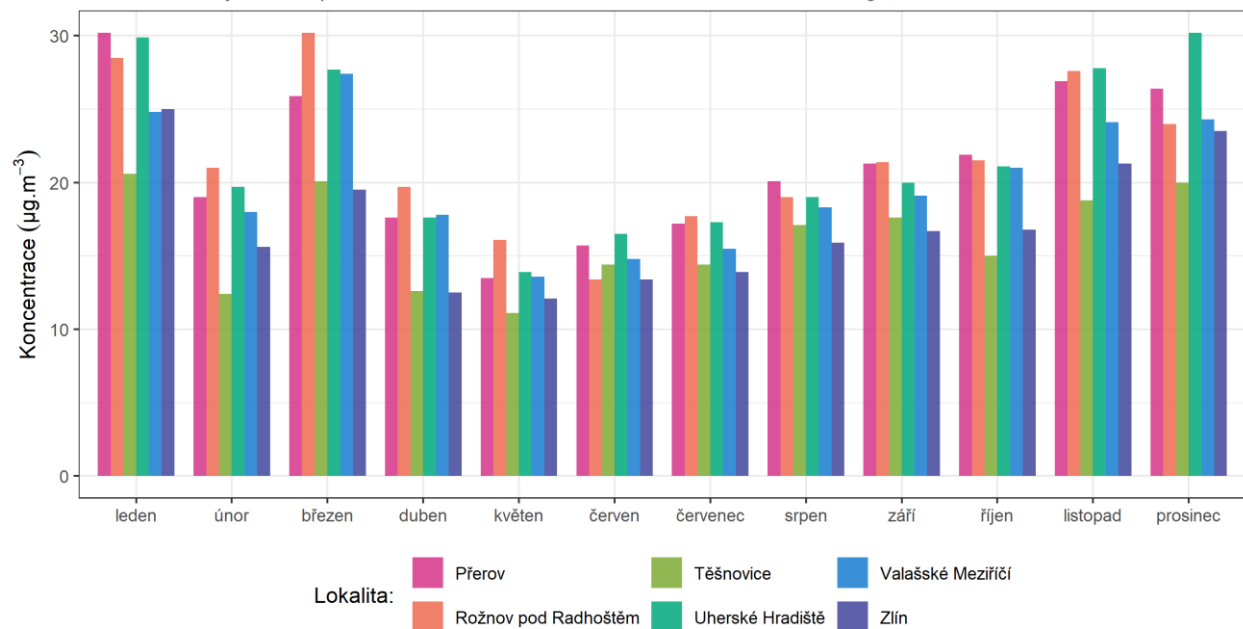


Obr. 36: Srovnání průměrné roční koncentrace PM_{10} lokality Rožnov pod Radhoštěm s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Následující grafy na Obr. 37 a Obr. 38 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 měsíce s nejvyššími koncentracemi totožné. Je tedy zřejmé, že vliv na zvýšené koncentrace neměly lokální zdroje, ale ovlivnění bylo především regionální, resp. nadregionální.

Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀

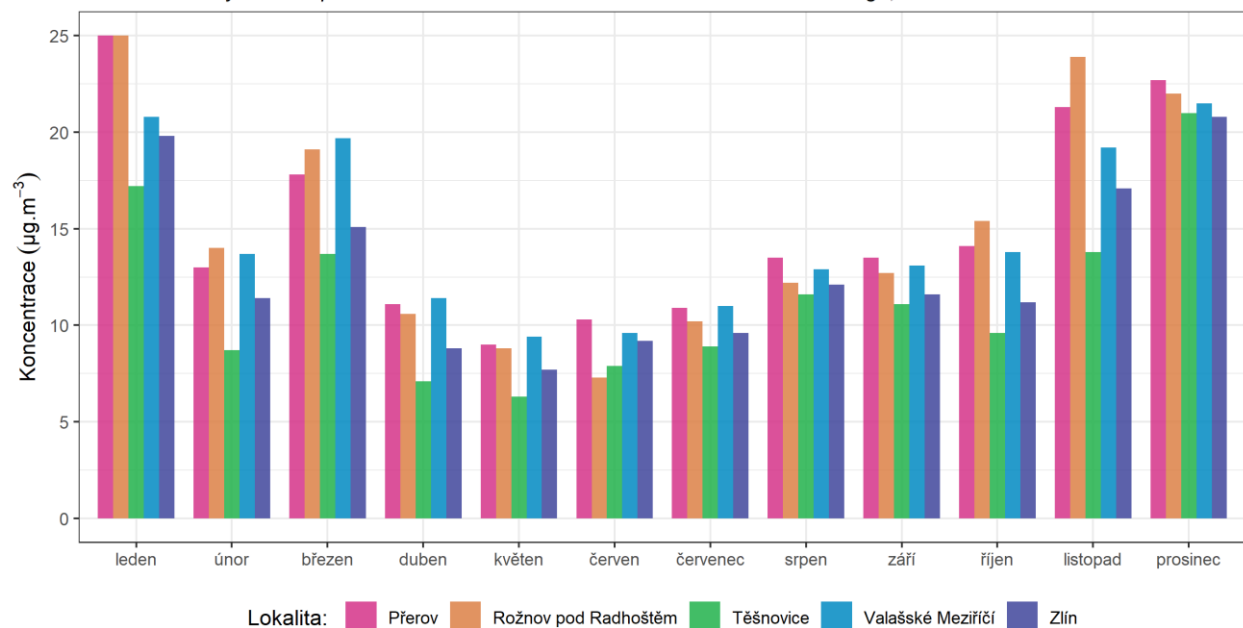
Srovnání lokality Rožnov pod Radhoštěm s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 37: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM₁₀ lokality Rožnov pod Radhoštěm s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

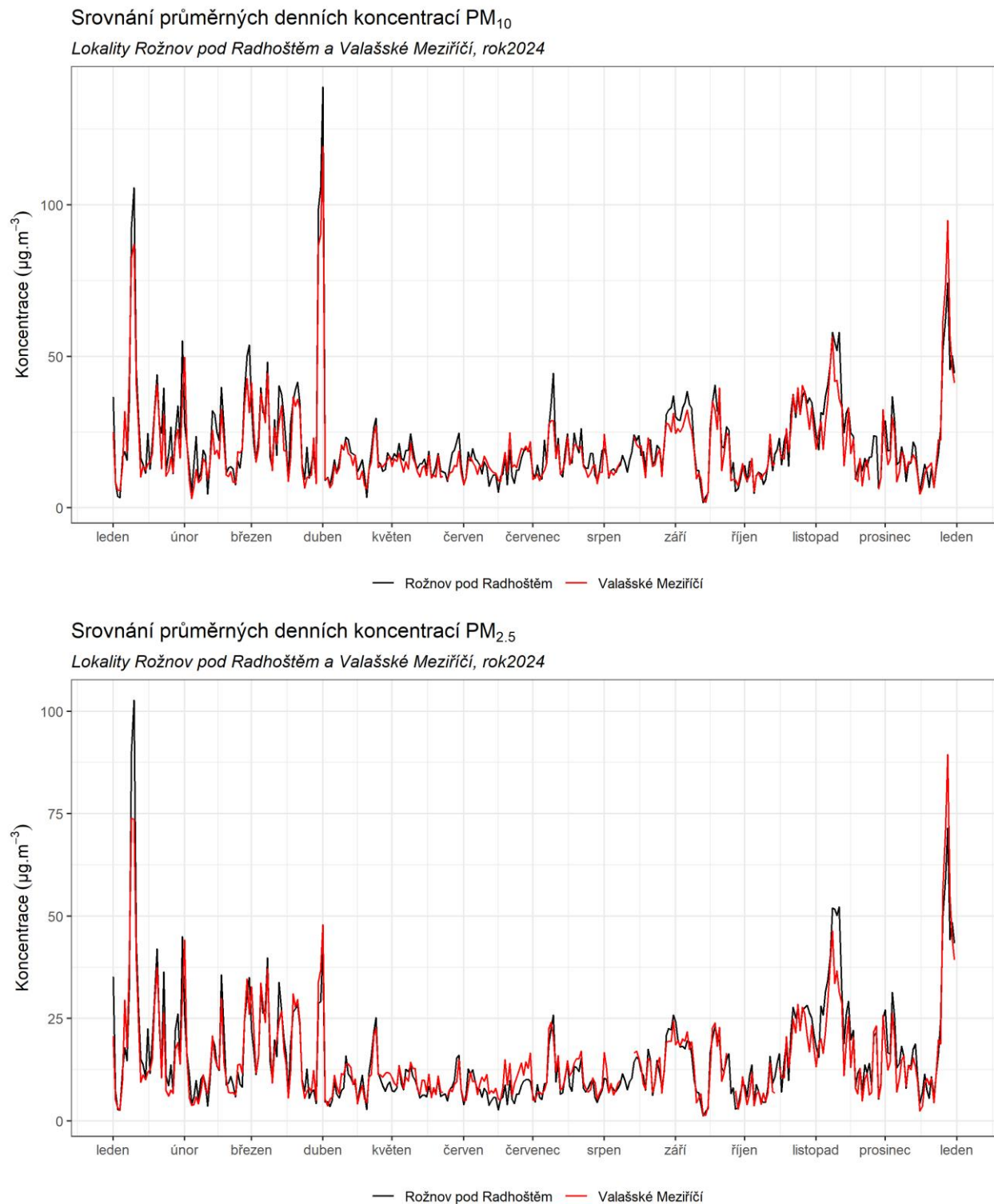
Průměrné měsíční koncentrace PM_{2.5}

Srovnání lokality Rožnov pod Radhoštěm s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 38: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM_{2.5} lokality Rožnov pod Radhoštěm s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

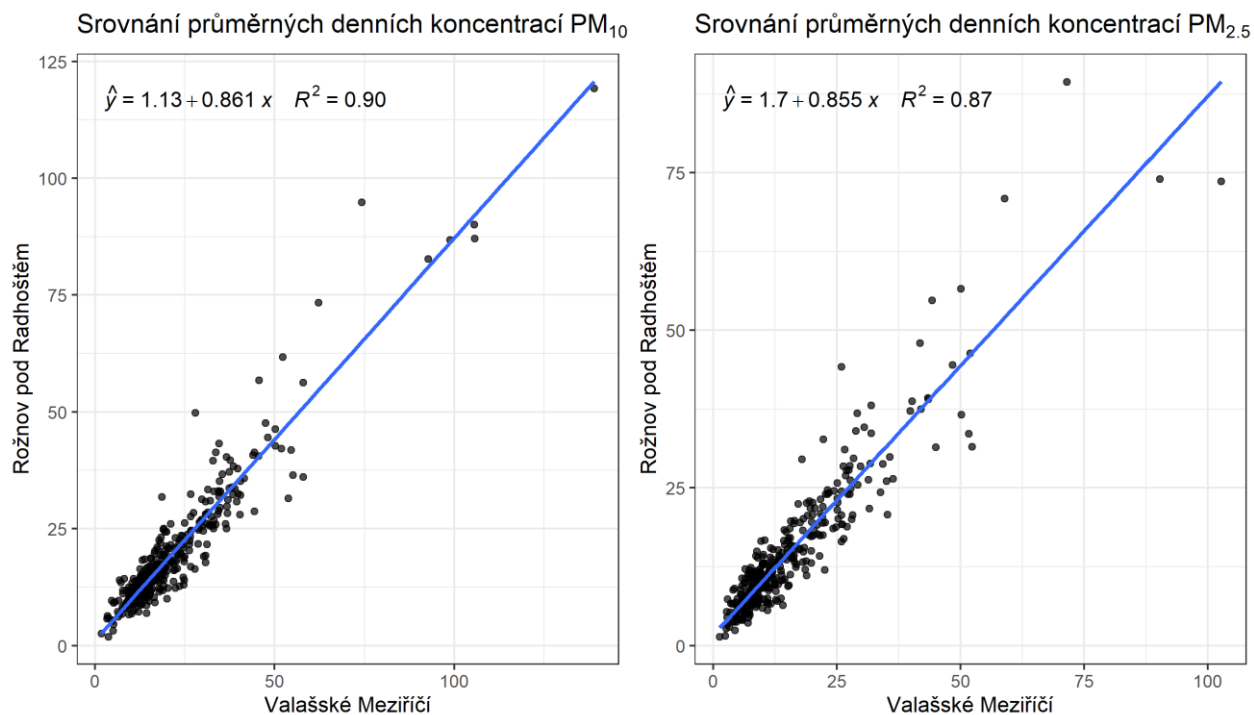
Následující graf na Obr. 39 srovnání průměrných denních koncentrací PM_{10} (nahore) a $PM_{2,5}$ (dole) s lokalitou státní sítě imisního monitoringu Valašské Meziříčí.



Obr. 39: Srovnání průměrných denních koncentrací PM_{10} (nahore) a $PM_{2,5}$ (dole), lokality Rožnov pod Radhoštěm a Valašské Meziříčí, rok 2024

Z grafu je dobře patrné, že vývoj průměrných denních koncentrací je v obou lokalitách velmi podobný. Rozdíl lze pozorovat ve špičkách, kdy se koncentrace v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm pohybují mírně nad hodnotami koncentrací měřenými v lokalitě Valašské Meziříčí.

Mezi stanicemi existuje velmi dobrá korelace jak pro PM_{10} , tak pro $PM_{2.5}$, jak ukazují grafy na Obr. 40. Vyšší koncentrace v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm jsou zřejmě způsobeny rozdílnou orografií terénu.



Obr. 40: Korelace průměrných denních koncentrací PM_{10} (vlevo) a $PM_{2.5}$ (vpravo), lokality Rožnov pod Radhoštěm a Valašské Meziříčí, rok 2024

3.2 OXIDY DUSÍKU NO₂, NO A NO_x

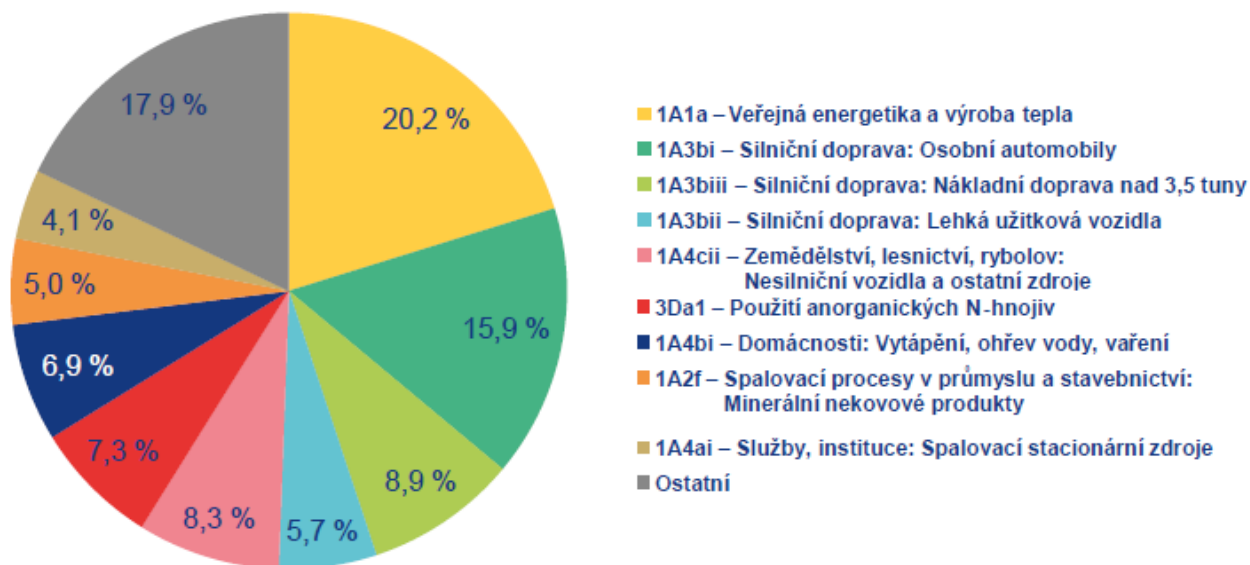
Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO_x) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO₂) [11].

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 18x překročena (viz 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 v 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 [12]. 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. 41: Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO_x v ČR, rok 2022 [8]

Největší množství emisí NO_x pochází z mobilních zdrojů. Mobilní zdroje se v roce 2023 podílely na celkových emisích NO_x 38,8 %. Sektor 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily se podílel 15,9 %, sektor 1A4cii –

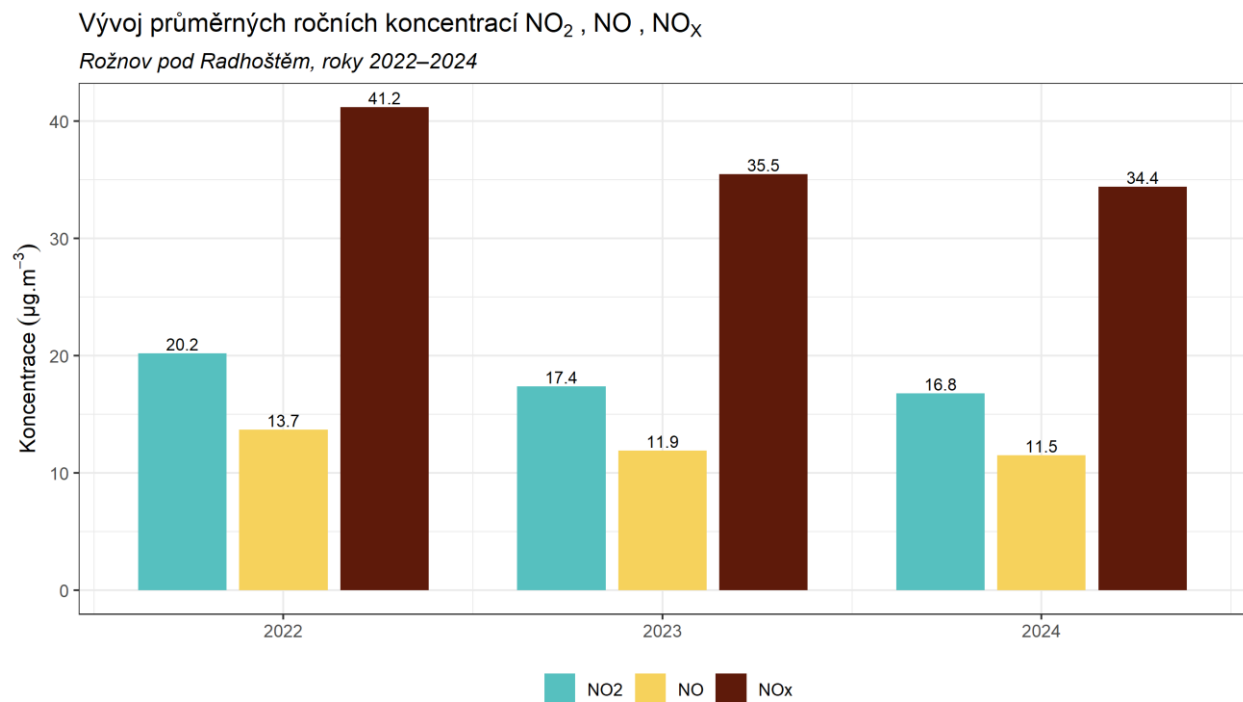
Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje se podílel 8,3 %, 1A3biii – Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 t a 1A3bii – Silniční doprava: Lehká užitková vozidla se na celorepublikových emisích NO_x v roce 2023 podílely 8,9 % a 5,7 %. Ze sektoru 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla bylo do ovzduší vneseno 20,2 % emisí NO_x, ze sektoru 3Da1 – Použití anorganických N-hnojiv 7,3 %, a ze sektoru 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření 6,9 % [8].

3.2.1 PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE

Průměrná roční koncentrace NO₂ činila v roce 2024 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm 16,8 µg·m⁻³. Imisní limit tedy překročen nebyl.

Průměrná roční koncentrace NO činila v roce 2024 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm 11,5 µg·m⁻³. Průměrná roční koncentrace NO_x činila v roce 2024 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm 34,4 µg·m⁻³.

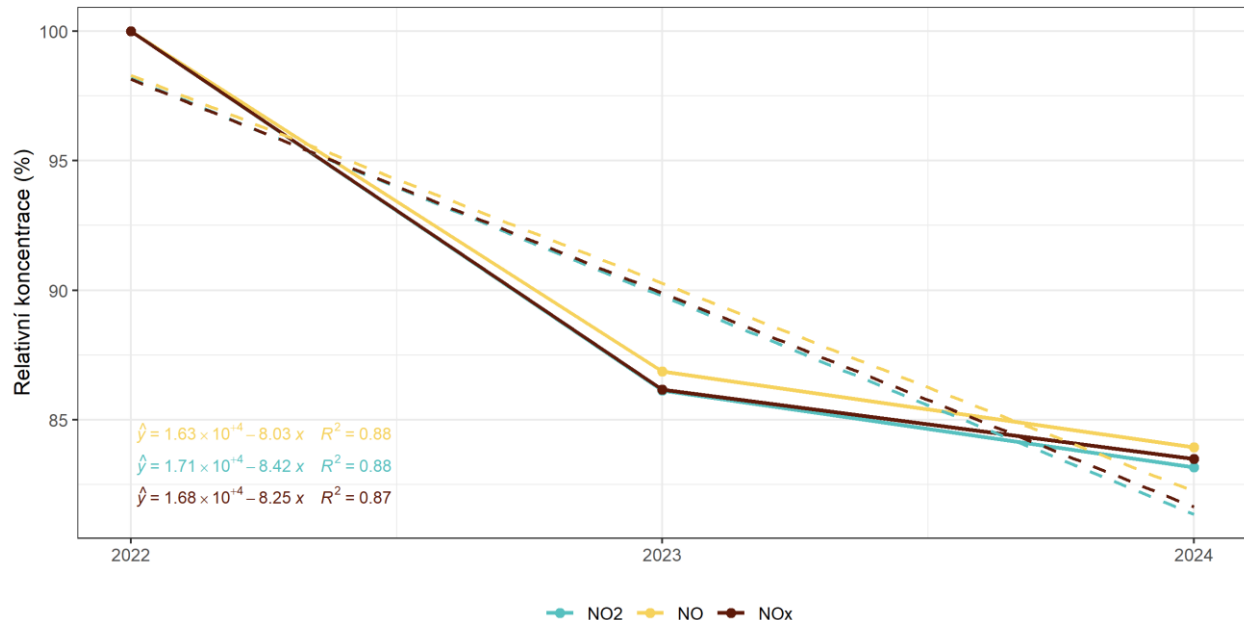
Následující Obr. 42 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací NO₂, NO a NO_x v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. V roce 2024 byl naměřen pokles koncentrací oxidu dusnatého (NO) oproti předchozímu roku 2023, a to o 0,4 µg·m⁻³, což představuje 3,4 %. Byl zaznamenán pokles koncentrací oxidu dusičitého (NO₂) o 0,6 µg·m⁻³, tedy také o 3,4 %. Nezanedbatelný pokles byl zaznamenán i u oxidů dusíku (NO_x), kde koncentrace klesly o 1,1 µg·m⁻³, což činí 3,1 %. Relativní vývoj koncentrací jednotlivých oxidů dusíku vzhledem k počátečnímu roku měření zobrazuje následující graf na Obr. 43. Rok 2022 zde pro každou škodlivinu představuje 100 % a křivka zobrazuje relativně vývoj koncentrací vůči tomuto roku. Čárkovaně je pak zobrazena křivka lineární regrese pro jednotlivé oxidy dusíku.



Obr. 42: Vývoj průměrných ročních koncentrací oxidů dusíku, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Vývoj průměrných ročních koncentrací NO₂, NO, NO_x

Rožnov pod Radhoštěm, roky 2022–2024 (normalizováno na 2022 = 100 %)



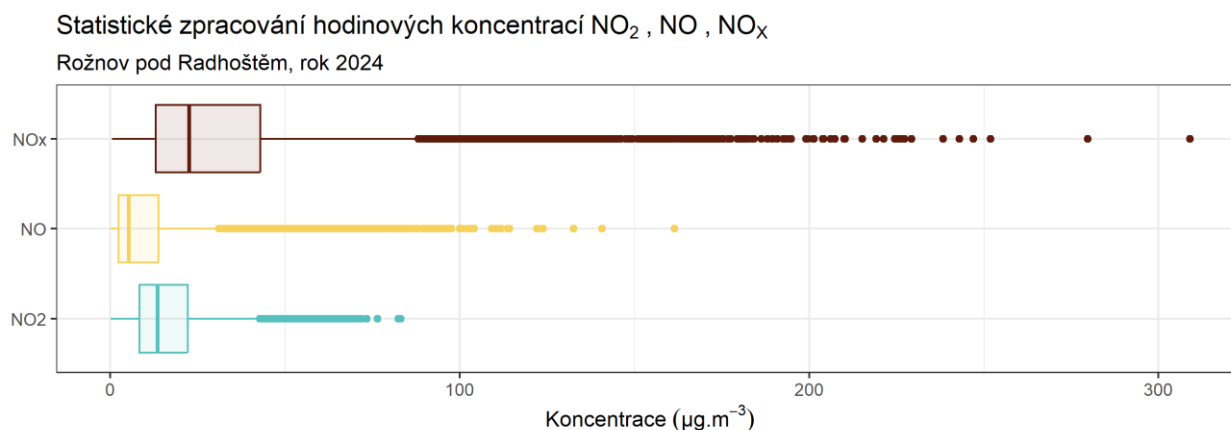
Obr. 43: Vývoj relativních ročních koncentrací oxidů dusíku proti počátečnímu roku měření (2022), Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Nejvíce klesají koncentrace NO_x v průměru o 3.4 μg · m⁻³ ročně a relativně klesají o 8.3 % ročně (R² = 0.87). Následně koncentrace NO₂ klesá v průměru o 1.7 μg · m⁻³ ročně a relativně klesá o 8.4 % ročně (R² = 0.88). Koncentrace NO klesá v průměru o 1.1 μg · m⁻³ ročně a relativně klesá o 8 % ročně (R² = 0.88).

Následující Tab. 4 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé oxidy dusíku. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2024 pak zobrazuje Obr. 44. Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že maximální hodnota hodinové koncentrace NO₂ se v roce 2024 pohybovala na úrovni 42 % hodnoty imisního limitu pro hodinové koncentrace NO₂ (200 μg · m⁻³). Tato hodnota může být navíc 18x za kalendářní rok překročena. **19. nejvyšší hodinová koncentrace NO₂ měla hodnotu 64.5 μg · m⁻³. Imisní limit pro hodinové koncentrace NO₂ je tedy v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm s velmi velkou rezervou plněn.**

Tab. 4: Statistické charakteristiky hodinových koncentrací oxidů dusíku v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

STATISTIKA	NO ₂	NO	NO _x
PRŮMĚR	16.8	11.4	34.3
MAXIMUM	83.2	161.5	308.9
MEDIÁN	13.6	5.4	22.6
MINIMUM	0.2	0.0	0.6



Obr. 44: Statistické zpracování hodinových koncentrací oxidů dusíku v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

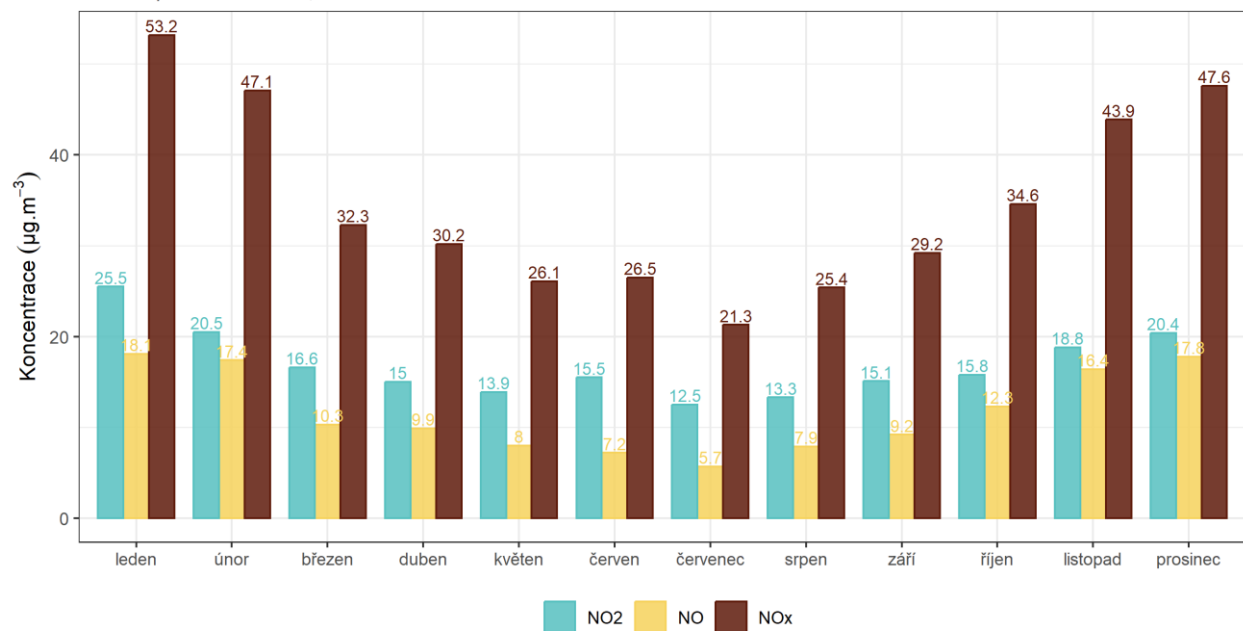
3.2.2 PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE

Na Obr. 45 jsou průměrné měsíční koncentrace NO₂, NO a NO_x. V letních měsících jsou koncentrace zpravidla nižší, naopak v chladné části roku jsou měřeny vyšší koncentrace. Z analyzovaných grafů vyplývá, že nejvyšší koncentrace oxidu dusitého (NO) byla v této lokalitě měřena v lednu a prosinci, a to $18.1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, resp. $17.8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Naopak nejnižší koncentrace NO byla zaznamenána v červenci a červnu, kdy hodnoty dosáhly $5.7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $7.2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Dalšími daty bylo zjištěno, že maximální koncentrace oxidu dusičitého (NO₂) byla naměřena v lednu a únoru, přičemž dosáhla hodnot $25.5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $20.5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Minimální hodnoty pro NO₂ byly zaznamenány v červenci a srpnu, a to $12.5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $13.3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Nejvyšší koncentrace oxidů dusíku (NO_x) byly zjištěny v lednu a prosinci, kde byly naměřeny hodnoty $53.2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $47.6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Nejmenší koncentrace NO_x byly zaznamenány v červenci a srpnu, s hodnotami $21.3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $25.4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Poměr měsíčních koncentrací NO / NO₂ zobrazuje Obr. 46. Poměr je poměrně stabilní a nízký, charakteristický pro městské pozadové lokality. Nejvyšší zastoupení NO v NO₂ bylo naměřeno v únoru (0.7 %). Nejnižší zastoupení pak bylo naměřeno v březnu (0.5 %).

Vývoj průměrných ročních koncentrací NO₂ , NO , NO_x

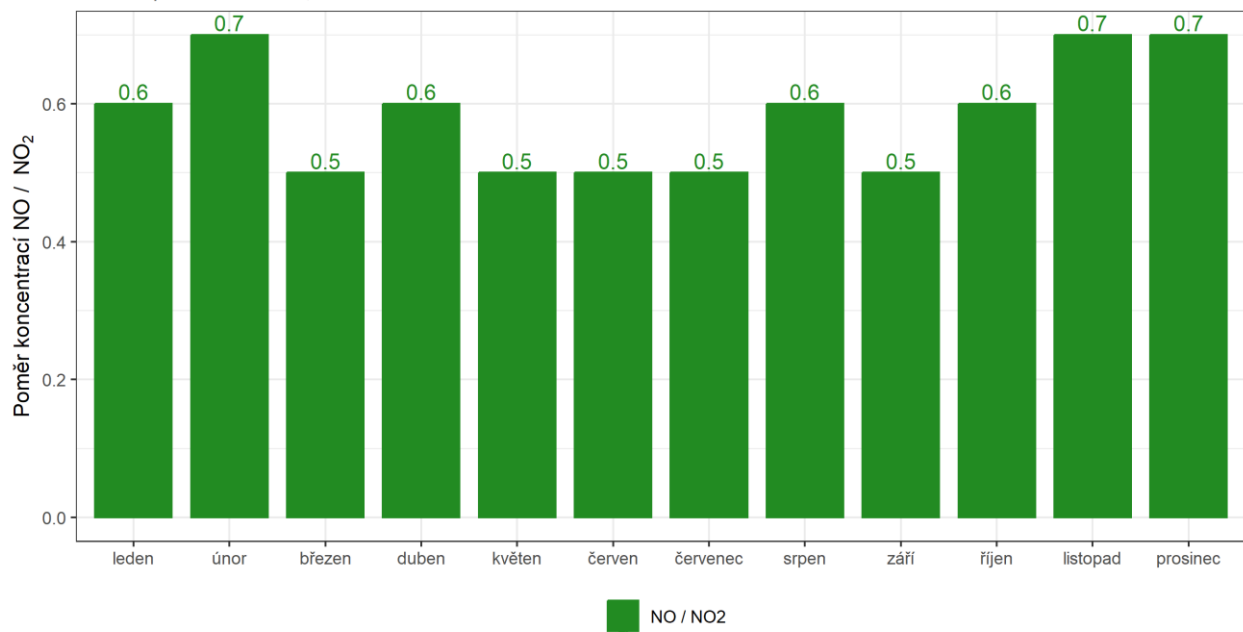
Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 45: Průměrné měsíční koncentrace oxidů dusíku v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Průměrný měsíční poměr koncentrací NO / NO₂

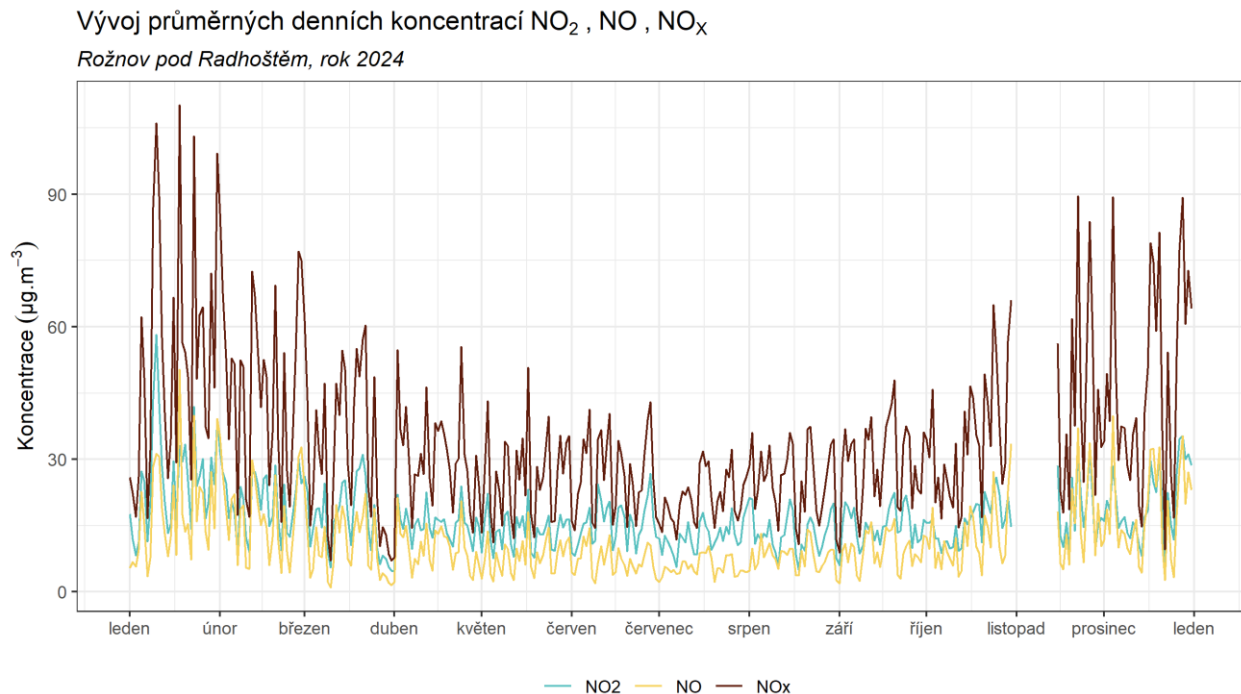
Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 46: Poměr měsíčních koncentrací NO / NO₂, lokalita Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

3.2.3 PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE

Vývoj průměrných denních koncentrací NO_2 , NO a NO_x v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm zobrazuje následující Obr. 47.



Obr. 47: Vývoj průměrných hodinových koncentrací oxidů dusíku, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

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.

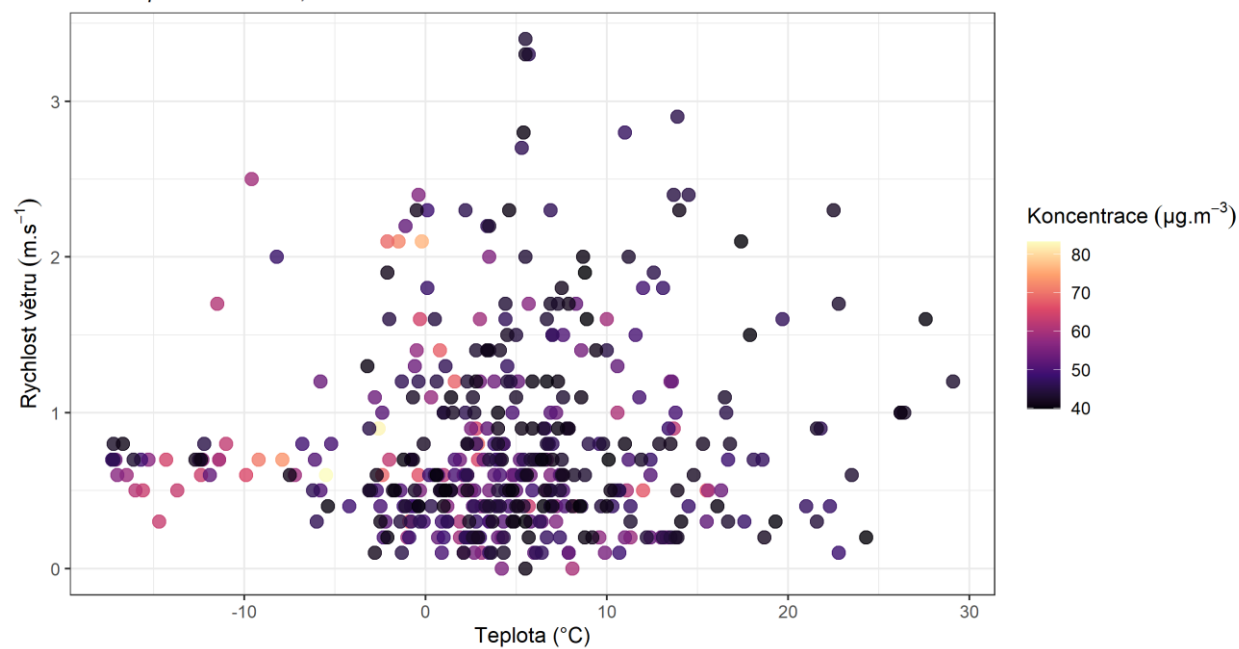
Obr. 48 zobrazuje, při jakých teplotách a rychlostech větru se vyskytuje 5 % nejvyšších hodinových koncentrací NO_2 naměřených v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm v roce 2024. Z analýzy těchto 5 % nejvyšších koncentrací NO_2 lze vyčíst, že nejčastěji se tyto koncentrace vyskytují při teplotě kolem 3.5°C a rychlosti větru přibližně $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Na Obr. 49 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 relativní vlhkost vzduchu.

Z grafů je patrné, že na koncentrace NO_2 má vliv jak teplota, tak rychlost větru. Grafy pak potvrzují, co bylo patrné na předchozím grafu. Vyšší koncentrace jsou měřeny při velmi nízkých rychlostech větru, resp. při nízkých teplotách.

Pozorovaná teplota a rychlost větru pro 5 % nejvyšších koncentrací NO₂

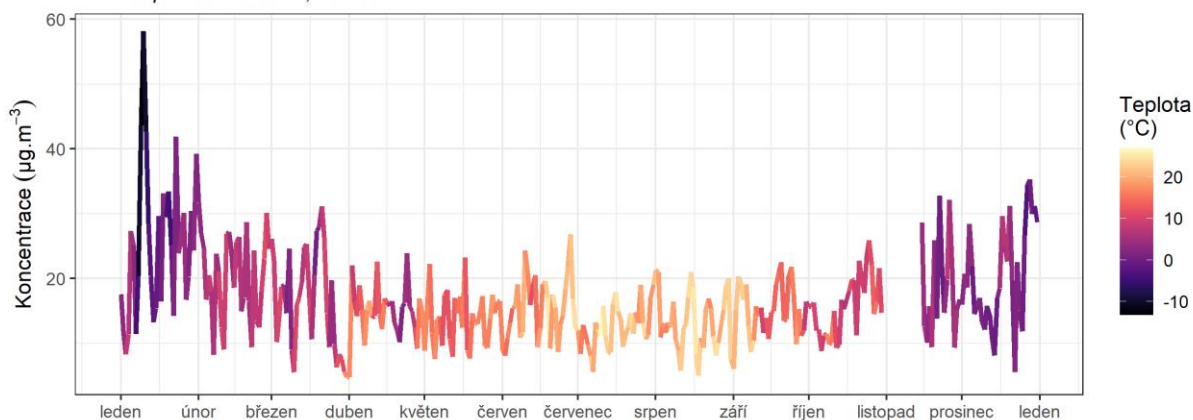
Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 48: Pozorovaná teplota a rychlost větru pro 5 % nejvyšších koncentrací NO₂, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

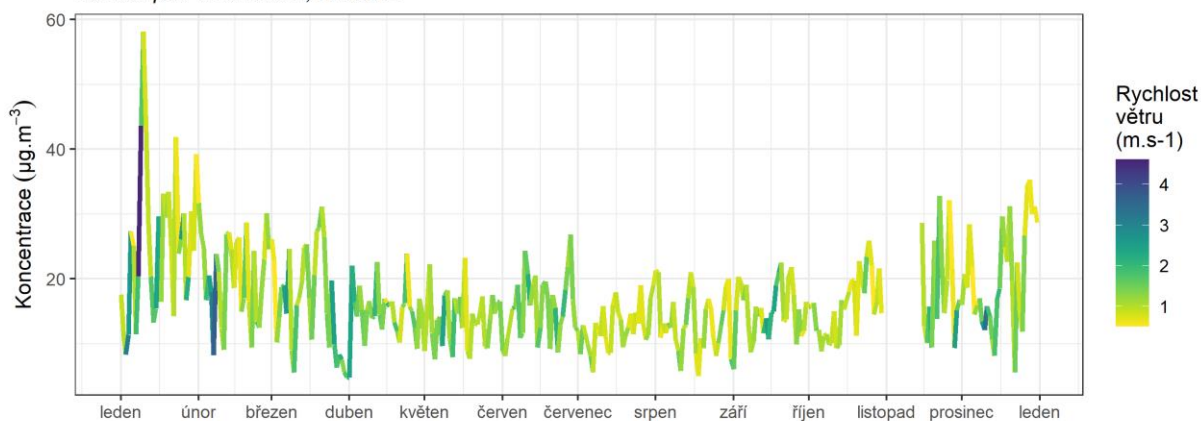
Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na teplotě vzduchu

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



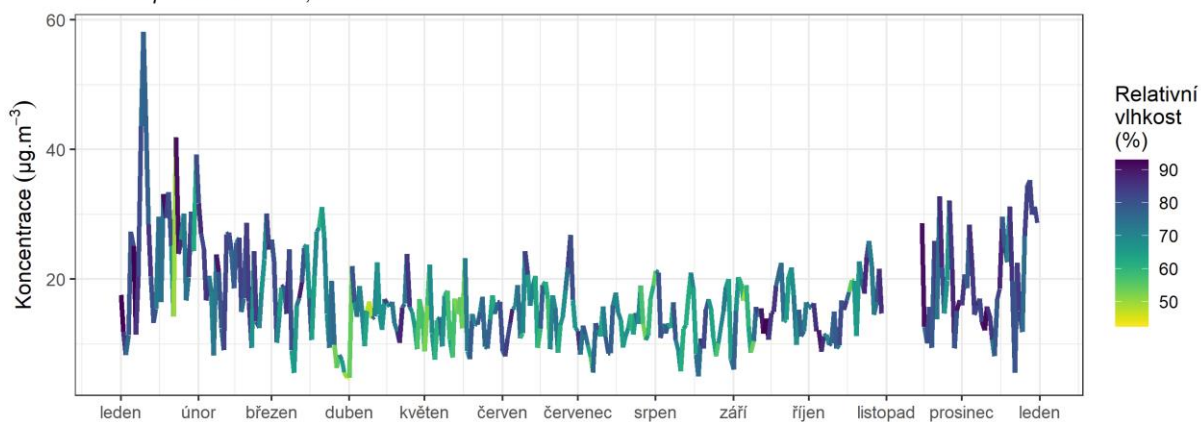
Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na rychlosti větru

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



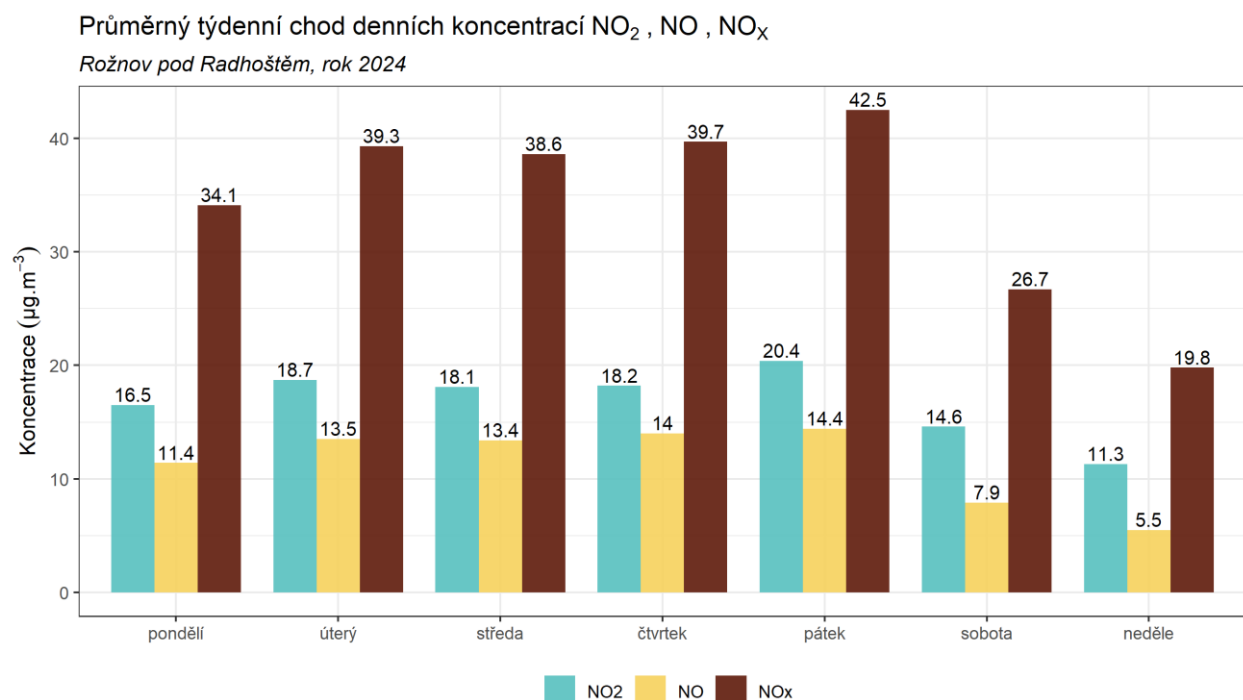
Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 49: Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace NO₂, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Graf na Obr. 50 posuzuje denní koncentrace NO_2 , NO a NO_x z hlediska dne v týdnu. V průměru nejvyšší průměrná koncentrace NO_2 byla v roce 2024 naměřena v pátek s hodnotou $20.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Naopak nejnižší průměrná koncentrace NO_2 byla naměřena v neděli s hodnotou $11.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.



Obr. 50: Průměrný týdenní chod denních koncentrací oxidů dusíku, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

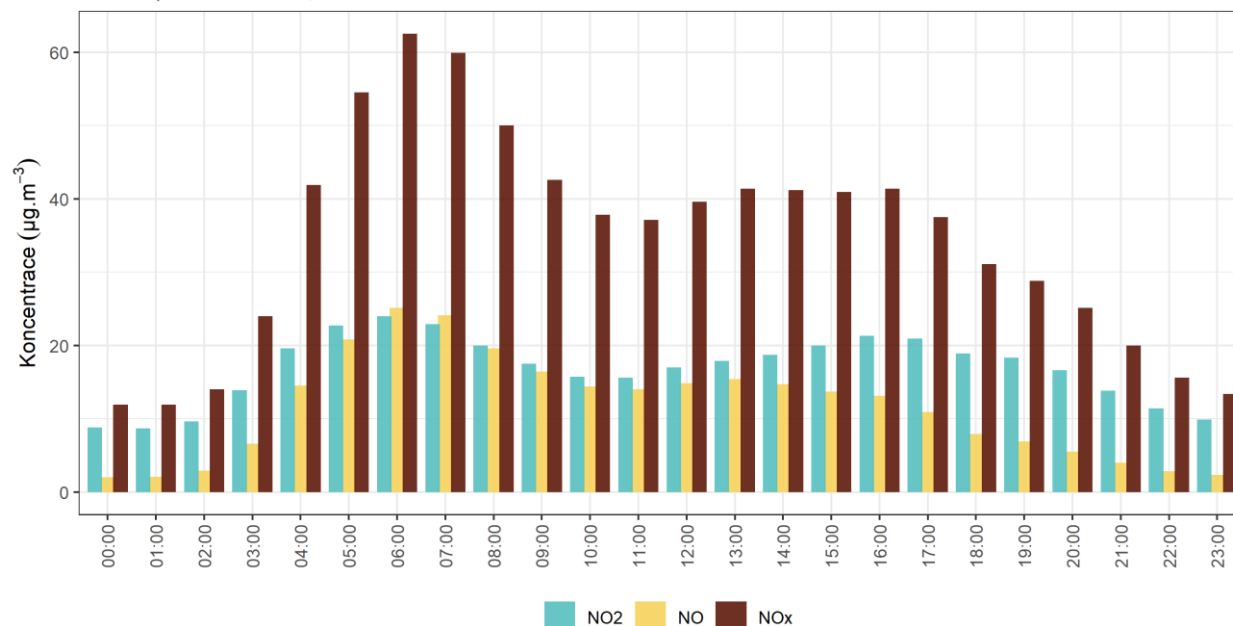
3.2.4 ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací NO_2 , NO a NO_x v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. Denní chod koncentrací PM_{10} zobrazuje Obr. 51.

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. Přesto jsou koncentrace NO_2 nízké, typické pro pozadové lokality. Přes den dochází k mírnému poklesu koncentrací, což může být částečně způsobeno spotřebováním NO_2 na tvorbu přízemního ozónu. Tato reakce probíhá pouze díky slunečnímu záření, proto lze největší úbytek koncentrací NO_2 očekávat okolo poledne. V průměru nejvyšší koncentrace NO_2 byly měřeny v 06:00 s hodnotou $24 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Nejnižší koncentrace NO_2 pak byly naměřeny v 01:00 s hodnotou $8.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Průměrný denní chod hodinových koncentrací NO₂ , NO , NO_x

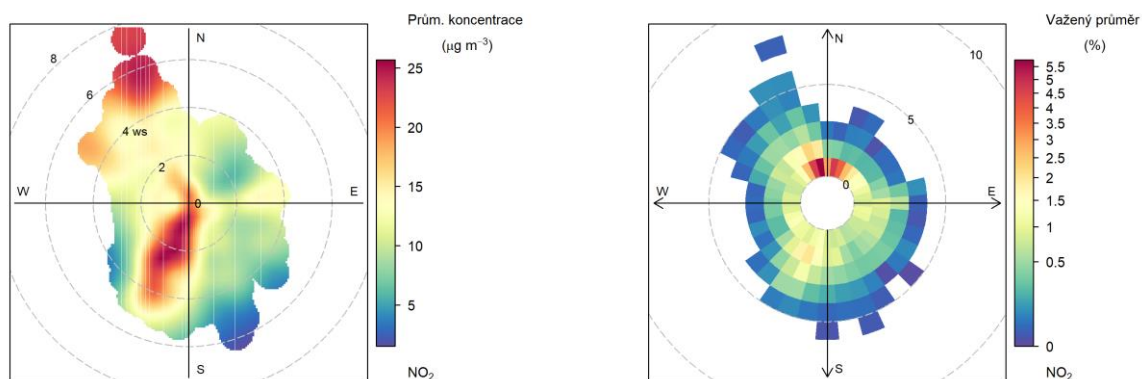
Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 51: Průměrný týdenní chod denních koncentrací oxidů dusíku, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

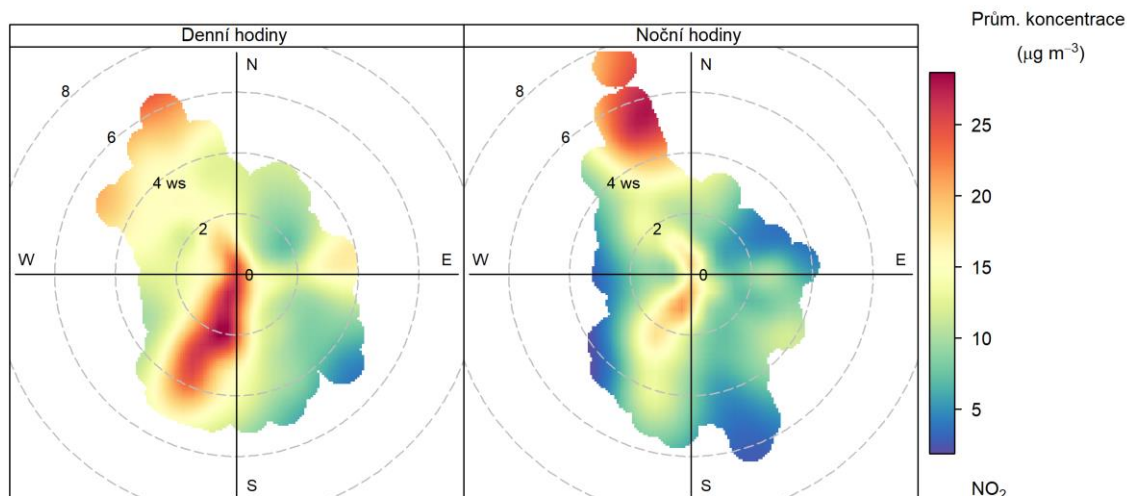
Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole koncentračních růžic pro PM.

Následující Obr. 52 zobrazuje dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Rožnov pod Radhoštěm – koncentrační a váženou koncentrační růžici.



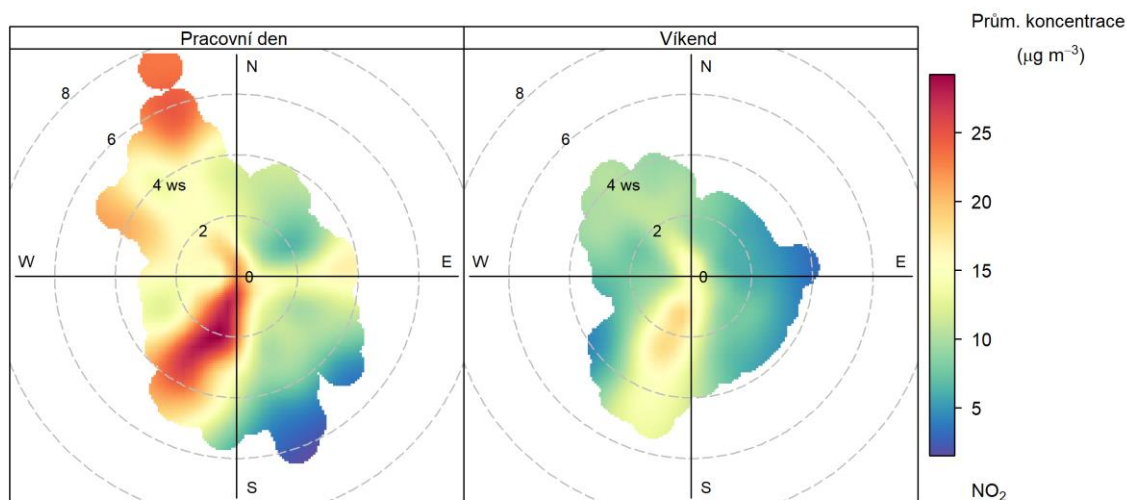
Obr. 52: Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro NO₂, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Nejvyšší koncentrace ($26 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) byla naměřena při proudění z jihu a rychlosti větru $0.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Nejvyšší vážená koncentrace NO₂ byla naměřena při proudění ze severu a rychlosti větru $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na následujícím Obr. 53 je koncentrační růžice rozdělená na den a noc. Vyšší koncentrace NO₂ byla zaznamenána během denních hodin ($29 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) při proudění z jihu a rychlosti větru $2.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V nočních hodinách byla maximální koncentrace NO₂ ($28 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) zaznamenána při proudění ze severu a rychlosti větru $5.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 53: Koncentrační růžice NO_2 v denních a nočních hodinách, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

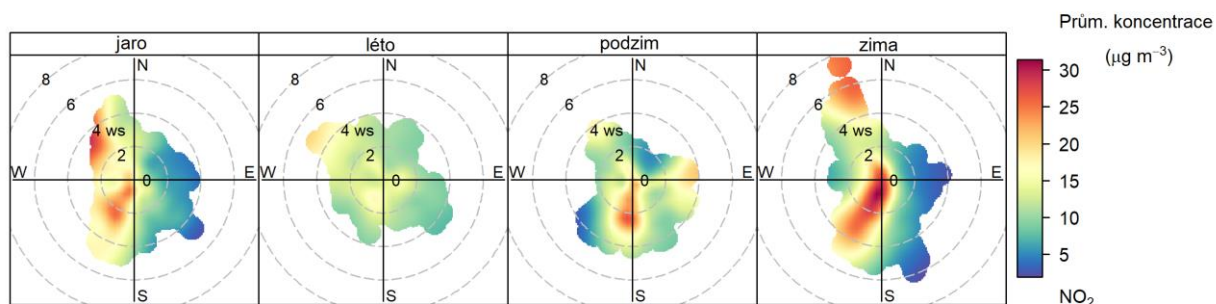
Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendové dny (Obr. 54). Vyšší koncentrace NO_2 byla zaznamenána v pracovní dny. Maximální koncentrace NO_2 ($29 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) byla naměřena při proudění z jihu a rychlosti větru $2.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. O víkendu byla maximální koncentrace NO_2 ($19 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při proudění z jihu a rychlosti větru $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 54: Koncentrační růžice NO_2 v pracovní dny a o víkendu, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

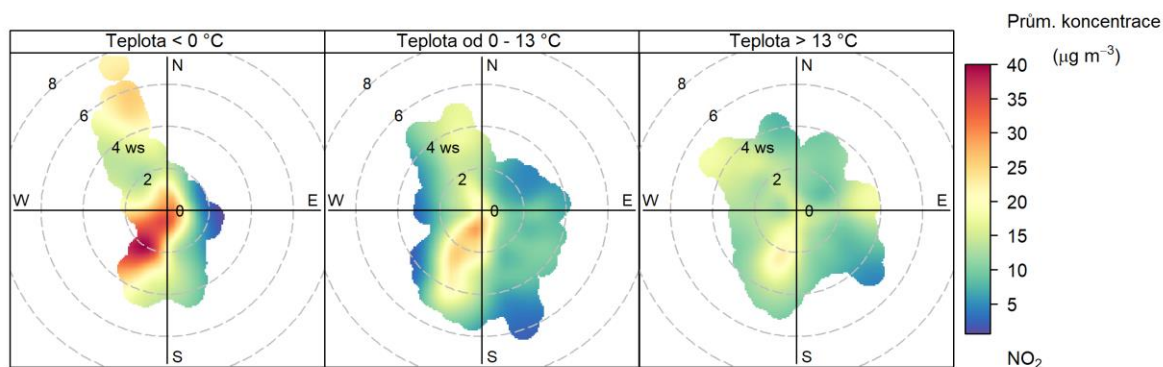
Následující Obr. 55 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Nejvyšší koncentrace oxidu dusičitého NO_2 byla zaznamenána během zimních měsíců. Na jaře byla naměřena maximální koncentrace NO_2 ($29 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) při proudění ze severozápadu a rychlosti větru $3.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V letních měsících byla zaznamenána maximální koncentrace $20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, opět při proudění ze severozápadu, avšak rychlost větru dosahovala $5.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na podzim byla naměřena koncentrace NO_2 ($27 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) při proudění z jihu a

rychlosti větru $2.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V zimě byla nejvyšší koncentrace ($31 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) zaznamenána při proudění z jihu s rychlostí větru $0.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



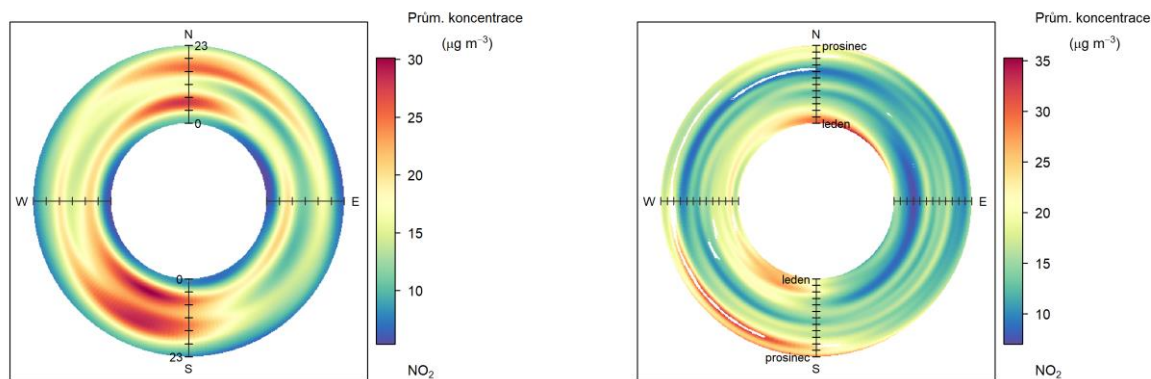
Obr. 55: Koncentrační růžice NO_2 v jednotlivých ročních obdobích, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu (Obr. 56). Nejvyšší koncentrace oxidu dusičitého (NO_2) o hodnotě $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ byla naměřena při teplotách nižších než 0°C . V tomto teplotním intervalu byla maximální hodnota koncentrace dosažena při proudění z jihozápadu a rychlosti větru $2.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V intervalu teplot od 0 do 13°C byla zaznamenána maximální koncentrace oxidu dusičitého ve výši $29 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ za podmínek, kdy směr větru byl od jihu a jeho rychlost dosahovala $0.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Při teplotách vyšších než 13°C bylo naměřeno maximum koncentrace NO_2 ve výši $23 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, které bylo zaznamenáno při rychlosti větru $2.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a směru proudění z jihu.



Obr. 56: Koncentrační růžice NO_2 ve vybraných teplotních intervalech, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

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. Koncentrace NO_2 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm jsou takto zobrazeny na Obr. 57.



Obr. 57: Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací NO_2 dle směru větru, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Nejvyšší koncentrace NO_2 ($30 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) v rámci denního chodu byla naměřena kolem 6. hodiny při proudění větru z jihozápadních směrů. Nejvyšší koncentrace PM_{10} ($45 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) v rámci ročního chodu byla zaznamenána v březnu při proudění větru z jihozápadních směrů.

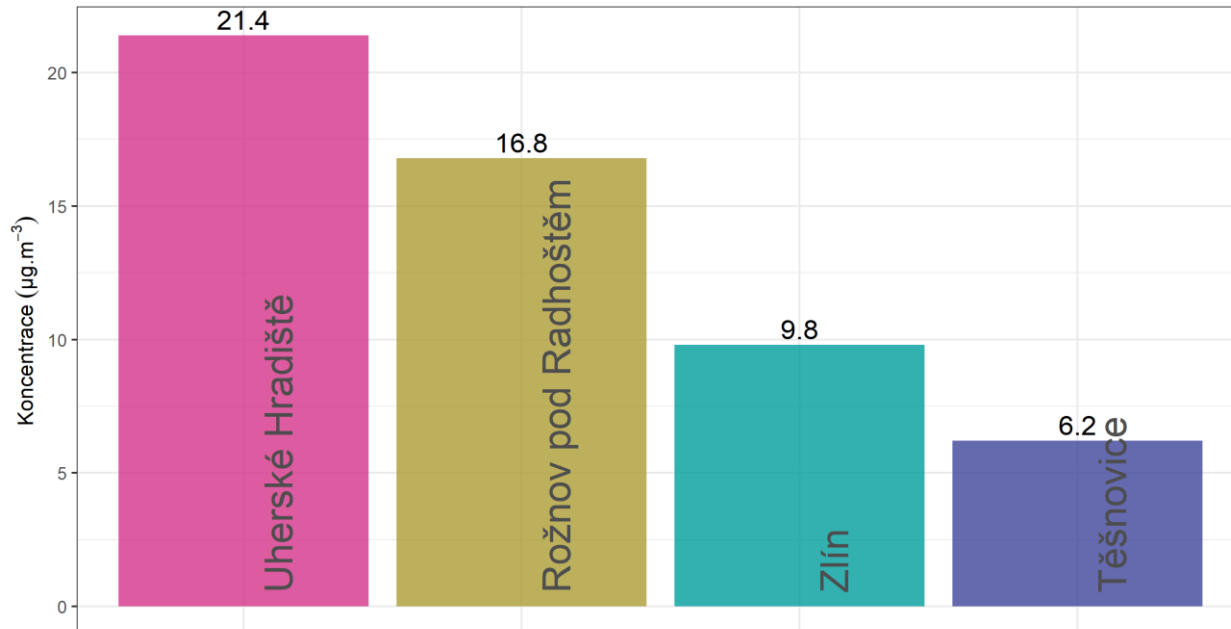
3.2.5 SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU

V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, srovnány s hodnotami naměřenými ve státní síti imisního monitoringu Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Charakteristika lokalit je uvedena v kapitole *Data a jejich zpracování* v Tab. 2.

Na následujícím Obr. 58 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace NO_2 na lokalitách v blízkém okolí lokality Rožnov pod Radhoštěm a srovnány s koncentracemi zde měřenými v roce 2024. Nejvyšší koncentrace, $21.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, byla zaznamenána v Uherském Hradišti, zatímco nejnižší hodnota, $6.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, byla naměřena v Těšnovicích. Rozsah naměřených koncentrací se nachází mezi $6.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ a $21.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Žádná z lokalit nepřekročila imisní limit.

Průměrné roční koncentrace NO₂

Srovnání lokality Rožnov pod Radhoštěm s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



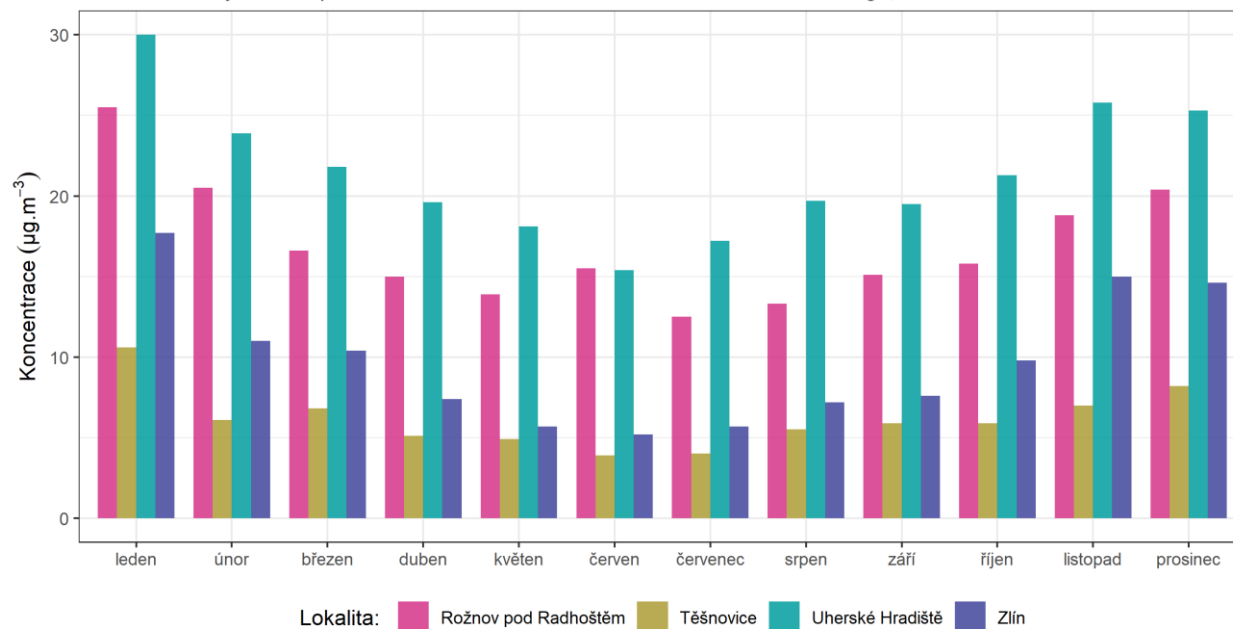
Obr. 58: Srovnání průměrné roční koncentrace NO₂ lokality Rožnov pod Radhoštěm s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Následující graf na Obr. 59 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace NO₂ naměřené ve vybraných lokalitách. Z grafu je patrné, že vývoj koncentrací v jednotlivých měsících byl na všech lokalitách podobný. Hodnoty na jednotlivých lokalitách se liší v závislosti na míře ovlivnění dopravou.

Graf na Obr. 60 srovnání průměrných denních koncentrací NO₂ v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu Uherské Hradiště. Z grafu je patrné, že koncentrace v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm jsou velmi podobné těm v lokalitě Uherské Hradiště, koncentrace jsou však po celý rok mírně nižší.

Průměrné měsíční koncentrace NO₂

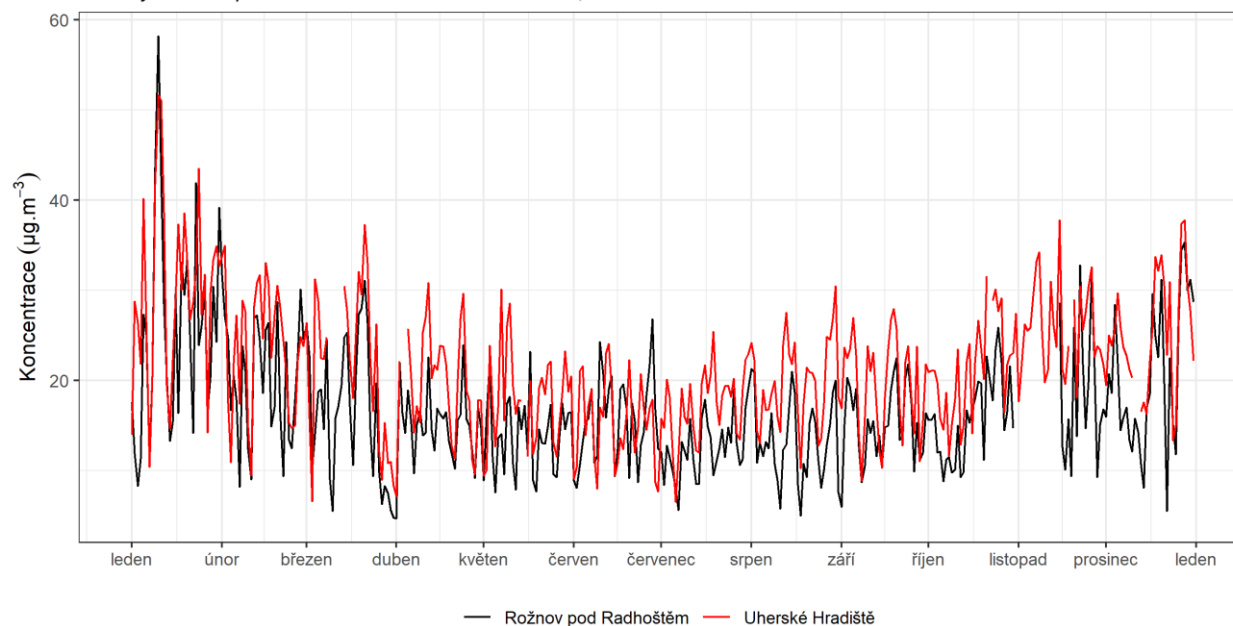
Srovnání lokality Rožnov pod Radhoštěm s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 59: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací NO₂ lokality Rožnov pod Radhoštěm s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Srovnání průměrných denních koncentrací NO₂

Lokality Rožnov pod Radhoštěm a Uherské Hradiště, rok 2024



Obr. 60: Srovnání průměrných denních koncentrací NO₂, lokality Rožnov pod Radhoštěm a Uherské Hradiště, rok 2024

3.3 BENZO[A]PYREN

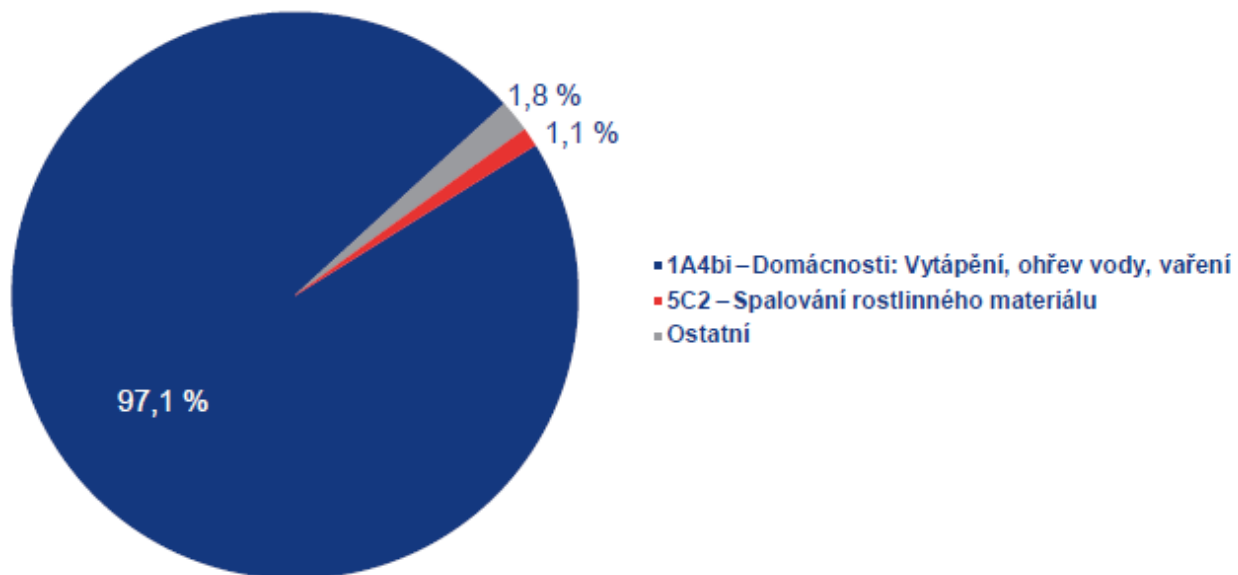
Benzo[a]pyren je legislativním zástupcem polyaromatických uhlovodíků. Přírodní hladina pozadí benzo[a]pyrenu může být s výjimkou výskytu lesních požárů téměř nulová. Jeho antropogenním zdrojem, stejně jako ostatních polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH), je jednak nedokonalé spalování fosilních 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*), a to z důvodu podílu 97,3 % celkové produkce benzo[a]pyrenu v roce 2023. Dalším významnějším zdrojem je *spalování rostlinného materiálu* (NFR 5C2), které se podílí v roce 2023 na celkových emisích 1,7 %.

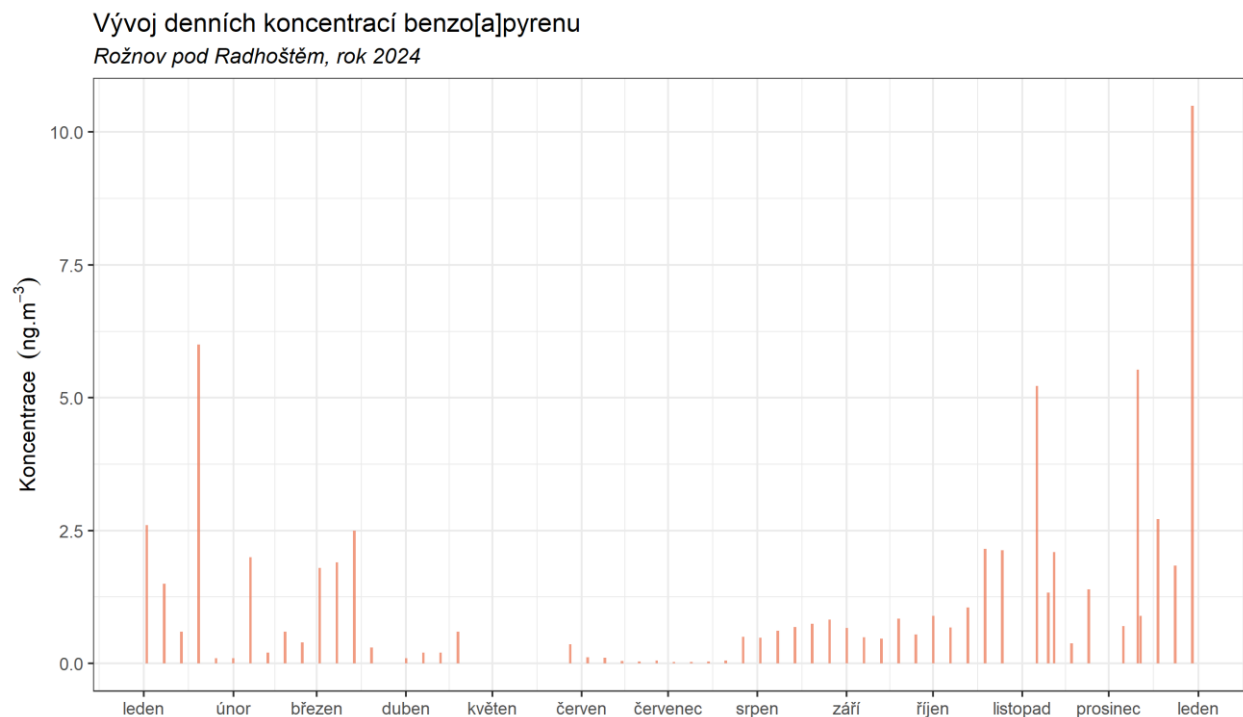
Vliv dopravy se uplatňuje především podél dálnic, komunikací s intenzivní dopravou a na území větších městských celků. Emise benzo[a]pyrenu z průmyslových zdrojů, především z koksoven, sice nepředstavují významný podíl na celkových emisích, ale v lokálním měřítku mohou i s ohledem na celoroční provoz zásadně ovlivňovat kvalitu ovzduší, viz. Obr. 61 [8].



Obr. 61: Podíl sektorů NFR na celkových emisích benzo[a]pyrenu v ČR, rok 2022 [8]

Tab. 5: Koncentrace benzo[a]pyrenu (24 hodinový odběr), lokalita Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Datum Q1	BaP Q1	Datum Q2	BaP Q2	Datum Q3	BaP Q3	Datum Q4	BaP Q4
2024-01-02	2.6	2024-04-01	0.100	2024-07-27	0.501	2024-10-01	0.894
2024-01-08	1.5	2024-04-07	0.200	2024-08-02	0.480	2024-10-07	0.677
2024-01-14	0.6	2024-04-13	0.200	2024-08-08	0.616	2024-10-13	1.054
2024-01-20	6.0	2024-04-19	0.600	2024-08-14	0.682	2024-10-19	2.160
2024-01-26	0.1	2024-05-28	0.358	2024-08-20	0.749	2024-10-25	2.132
2024-02-01	0.1	2024-06-03	0.118	2024-08-26	0.827	2024-11-10	1.336
2024-02-07	2.0	2024-06-09	0.107	2024-09-01	0.669	2024-11-06	5.219
2024-02-13	0.2	2024-06-15	0.048	2024-09-07	0.492	2024-11-12	2.096
2024-02-19	0.6	2024-06-21	0.033	2024-09-13	0.467	2024-11-18	0.378
2024-02-25	0.4	2024-06-27	0.052	2024-09-19	0.843	2024-11-24	1.394
2024-03-02	1.8			2024-09-25	0.542	2024-12-11	5.524
2024-03-08	1.9			2024-07-03	0.029	2024-12-06	0.702
2024-03-14	2.5			2024-07-09	0.031	2024-12-12	0.893
2024-03-20	0.3			2024-07-15	0.038	2024-12-18	2.719
2024-03-26				2024-07-21	0.055	2024-12-24	1.838
						2024-12-30	10.495

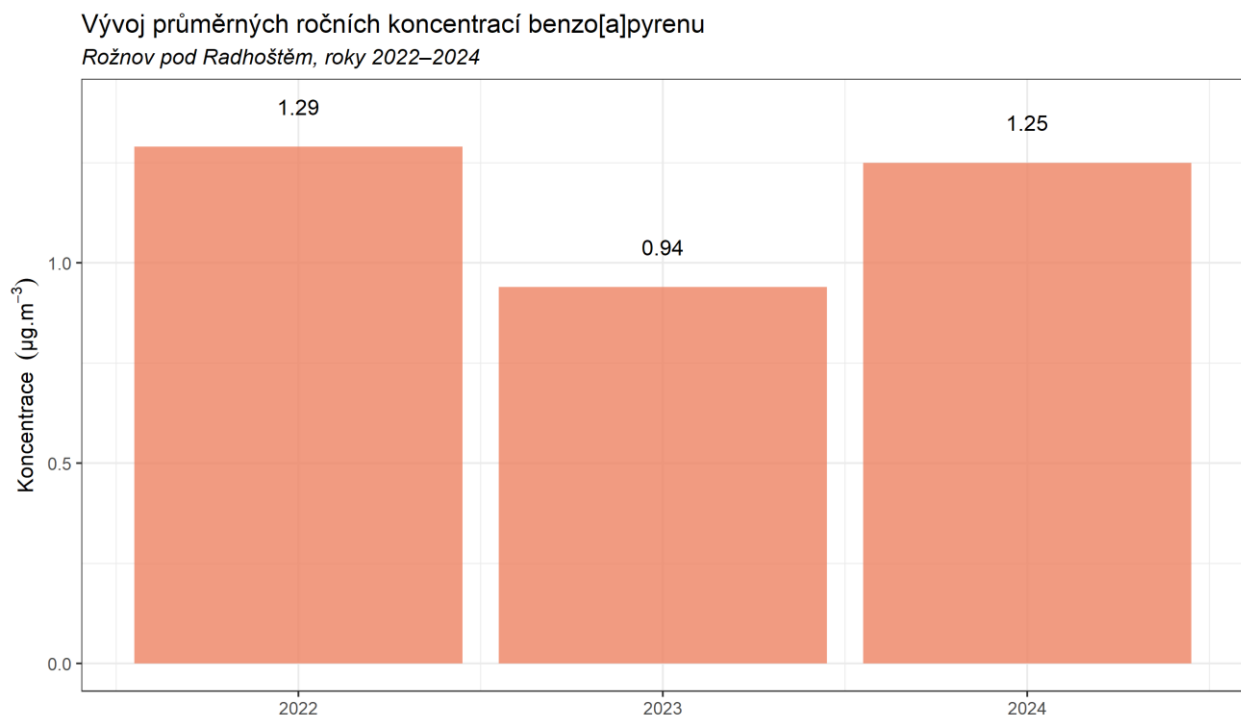


Obr. 62: Koncentrace benzo[a]pyrenu (24 hodinový odběr), lokalita Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

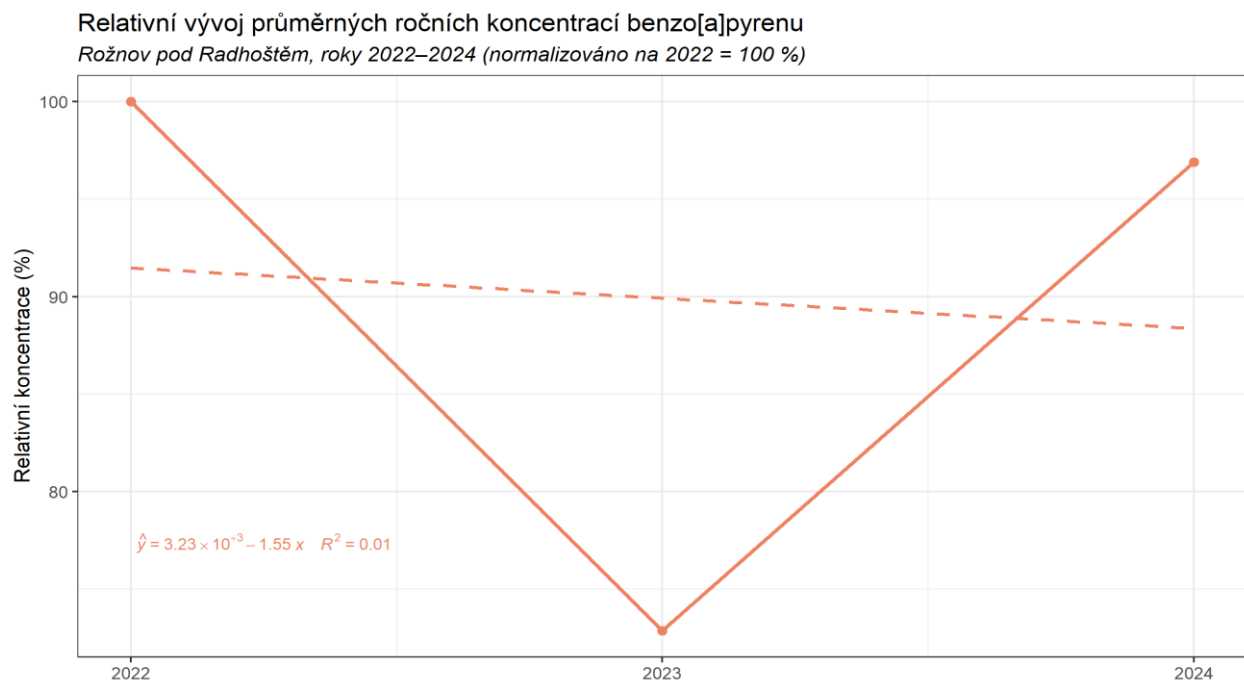
3.3.1 ROČNÍ A MĚSÍČNÍ PRŮMĚRY

Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci benzo[a]pyrenu je $1 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$. **Průměrná roční koncentrace v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm činila $1.25 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$, imisní limit pro benzo[a]pyren byl v této lokalitě překročen.**

Z grafu na Obr. 63 vyplývá, že nejvyšší koncentrace benzo[a]pyrenu byly v této lokalitě měřeny v roce 2022 ($1.29 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$). Nejnižší koncentrace pak byly měřeny v roce 2023 ($0.94 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$). Proti předchozímu roku 2023 došlo v roce 2024 k nárůstu koncentrací benzo[a]pyrenu o $0.31 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$ (33 %). Relativní vývoj průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu vzhledem k počátečnímu roku měření zobrazuje následující graf na Obr. 64. Rok 2022 zde pro každou škodlivinu představuje 100 % a křivka zobrazuje relativně vývoj koncentrací vůči tomuto roku. Čárkovaně je pak zobrazena křivka lineární regrese. Bohužel data není možné srovnat s koncentracemi měřenými ČHMÚ v rámci státní sítě imisního monitoringu – ty budou k dispozici až po termínu odevzdání zprávy.

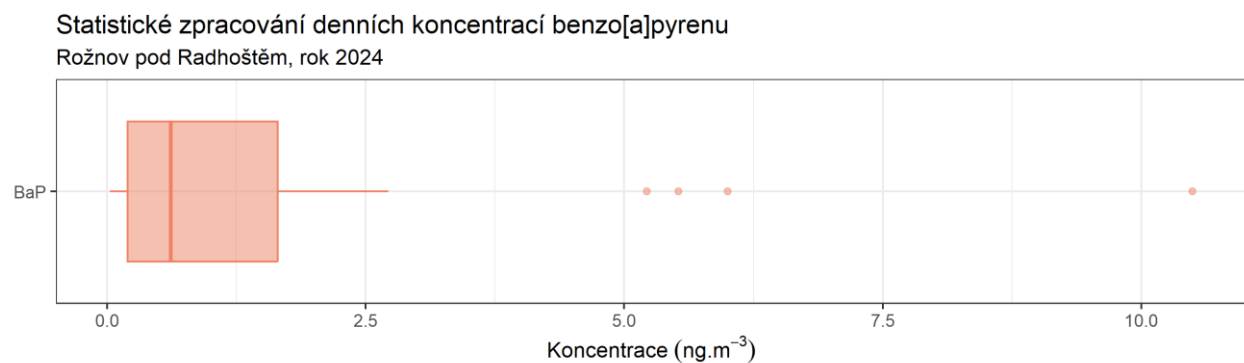


Obr. 63: Vývoj průměrných ročních koncentrací benzo[a]pyrenu, lokalita Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 64: Relativní vývoj průměrných ročních koncentrací benzo[a]pyrenu proti počátečnímu roku měření (2022), Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

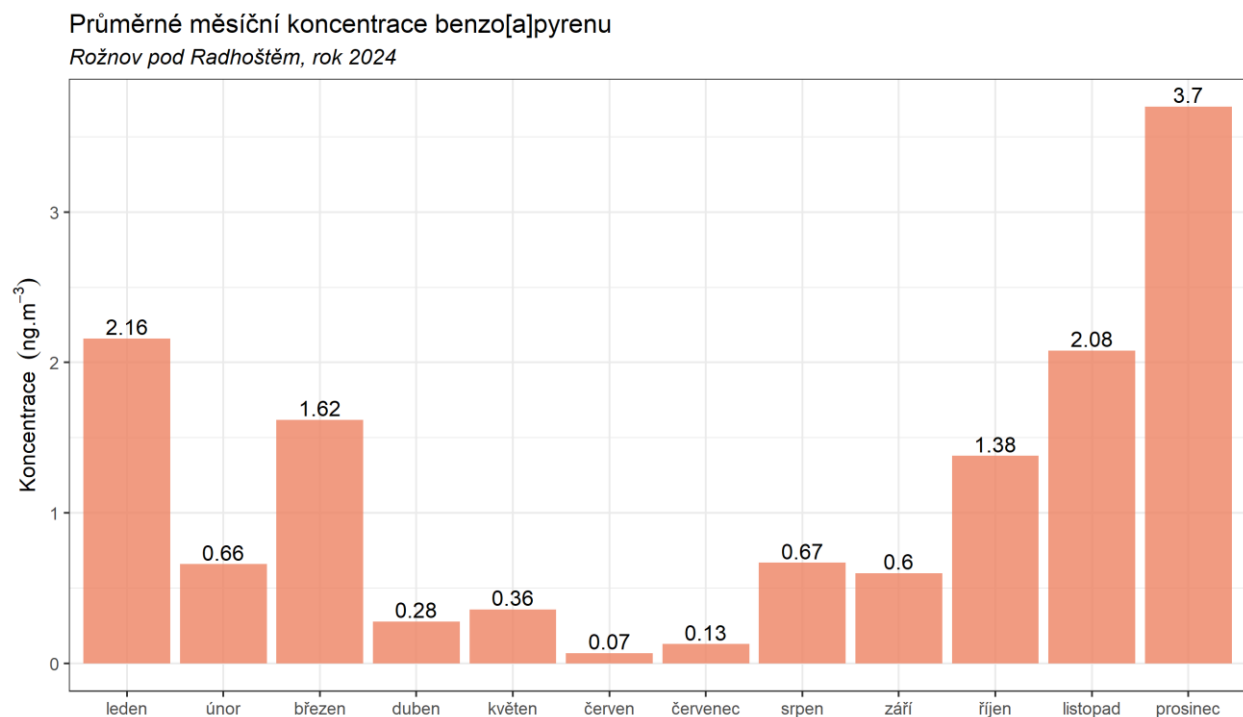
Koncentrace benzo[a]pyrenu klesá v průměru o $0.02 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$ ročně a relativně klesá o 1.55 % ročně ($R^2 = 0.01$). Následující Obr. 65 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených denních dat pro benzo[a]pyren za rok 2024 pomocí krabicových grafů. Maximální naměřená hodinová koncentrace benzo[a]pyrenu měla hodnotu $10.49 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$, a byla naměřena dne 30. 12. 2024.



Obr. 65: Statistické zpracování denních koncentrací benzo[a]pyrenu v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Na Obr. 66 jsou zobrazeny průměrné měsíční koncentrace benzo[a]pyrenu v jednotlivých měsících. Vyšší koncentrace jsou zpravidla měřeny v chladné části roku, tedy v měsících, kdy je v provozu nejvíce spalovacích zdrojů produkujících benzo[a]pyren (lokální topeniště). Z grafu vyplývá, že nejvyšší průměrné měsíční koncentrace benzo[a]pyrenu byly v této lokalitě měřeny v prosinci a lednu (3.7 , resp. $2.16 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$).

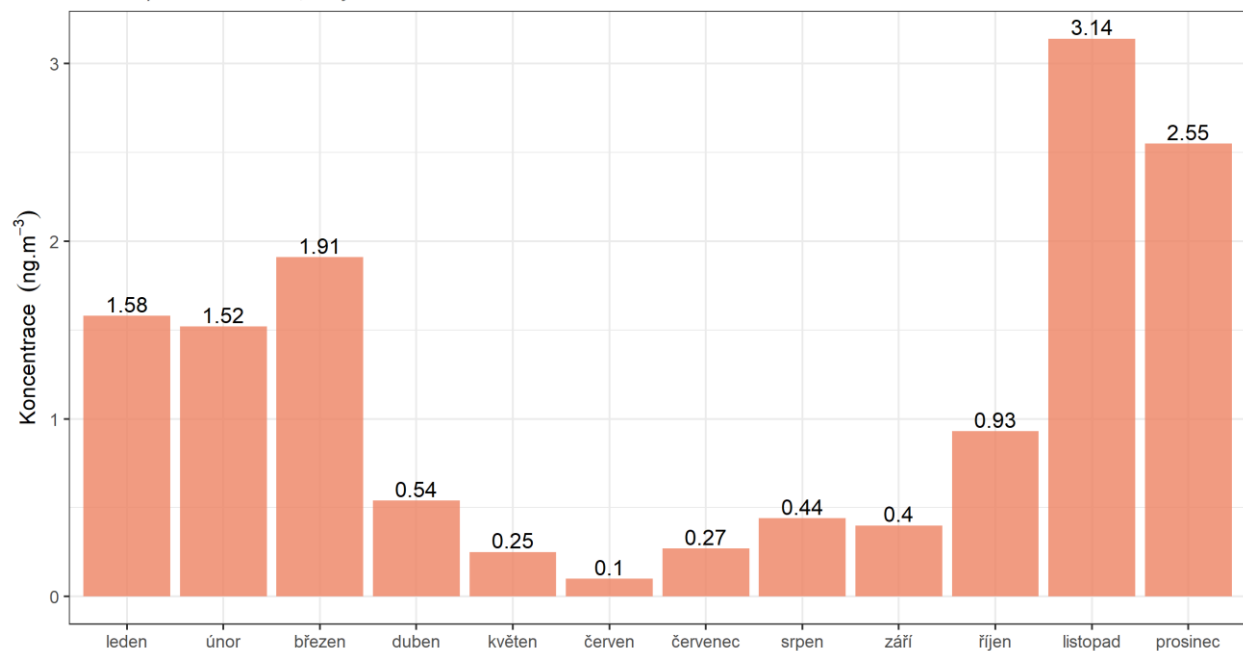
Nejnižší měsíční průměry pak byly zaznamenány v červnu a červenci (0.07 , resp. $0.13 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$). Následující graf na Obr. 67 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace v 5-ti letém období 2020–2024 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm. Z grafu vyplývá, že v 5-ti letém průměru jsou nejvyšší průměrné měsíční koncentrace benzo[a]pyrenu v této lokalitě měřeny v listopadu a prosinci (3.14 , resp. $2.55 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$). Nejnižší měsíční průměry pak byly zaznamenány v červnu a květnu (0.1 , resp. $0.25 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$).



Obr. 66: Průměrné měsíční koncentrace CO v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Průměrné měsíční koncentrace benzo[a]pyrenu

Rožnov pod Radhoštěm, roky 2020–2024

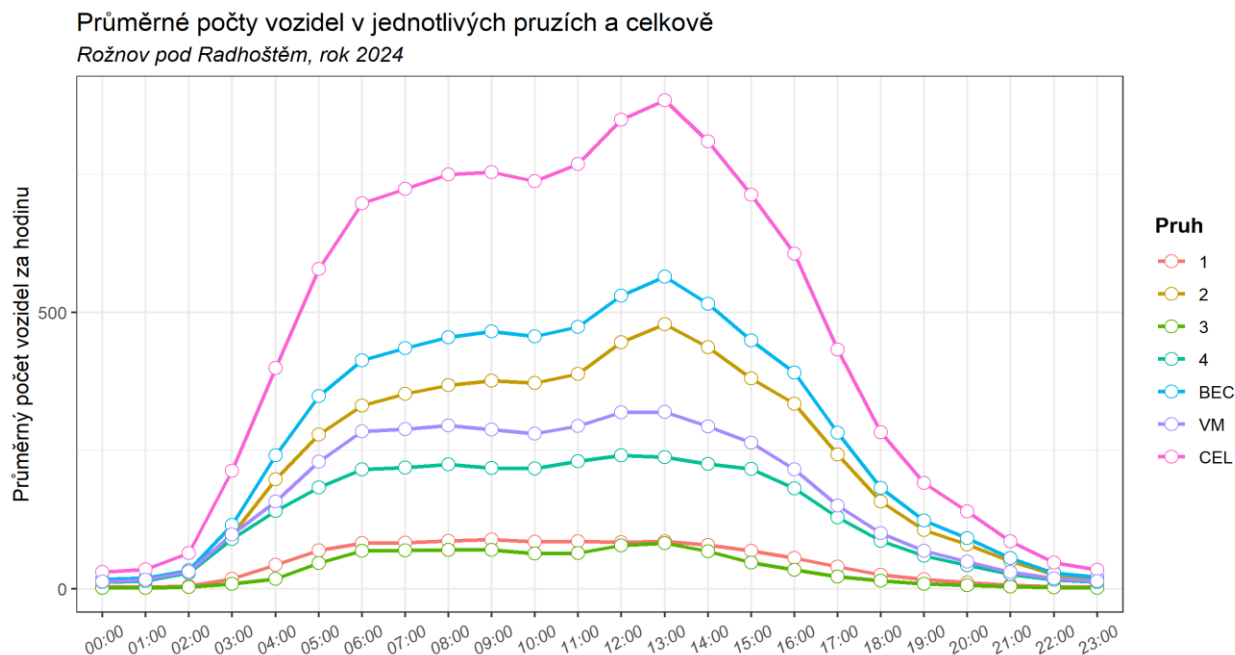


Obr. 67: Průměrné měsíční koncentrace CO v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm, roky 2020–2024

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.

Intenzita dopravy je měřena celkem pro 4 pruhy – 2 pruhy směrem na Bečvu, 2 pruhy směrem na Valašské Meziříčí. 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. 68.



Obr. 68: Průměrné počty vozidel v jednotlivých pruzích, směrech a celkově, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024, čas uváděn v UTC

Z grafu je patrný výrazný nárůst počtu vozidel od zhruba 3. hodiny ranní (UTC). Ranní špička pak kulminuje počtem vozidel kolem 9. hodiny ranní, poté počet vozidel stagnuje nebo mírně roste až do 13:00 UTC, kdy je v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm naměřeno denní maximum počtu vozidel (za všechny pruhy v průměru 884.6 vozidel). Poté dochází k postupnému útlumu dopravy.

Obdobně jsou pak na Obr. 69 a Obr. 70 srovnány po hodinách průměrné obsazenosti pruhů a průměrné rychlosti vozidel v jednotlivých pruzích.

Z hlediska průměrné obsazenosti pruhů bylo v roce 2024 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm dosaženo nejvyšších hodnot v 12:00 hodin UTC. V průměru nejvyšší obsazenost za celý den vykazoval pruh 2.

V případě průměrných rychlostí vozidel v jednotlivých pruzích bylo v roce 2024 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm dosaženo nejvyšších hodnot v 13:00 hodin UTC. V průměru nejvyšších rychlostí za celý den vykazoval pruh 4.

Obdobně jsou pak na Obr. 69 a Obr. 70 srovnány po hodinách průměrné obsazenosti pruhů a průměrné rychlosti vozidel v jednotlivých pruzích.

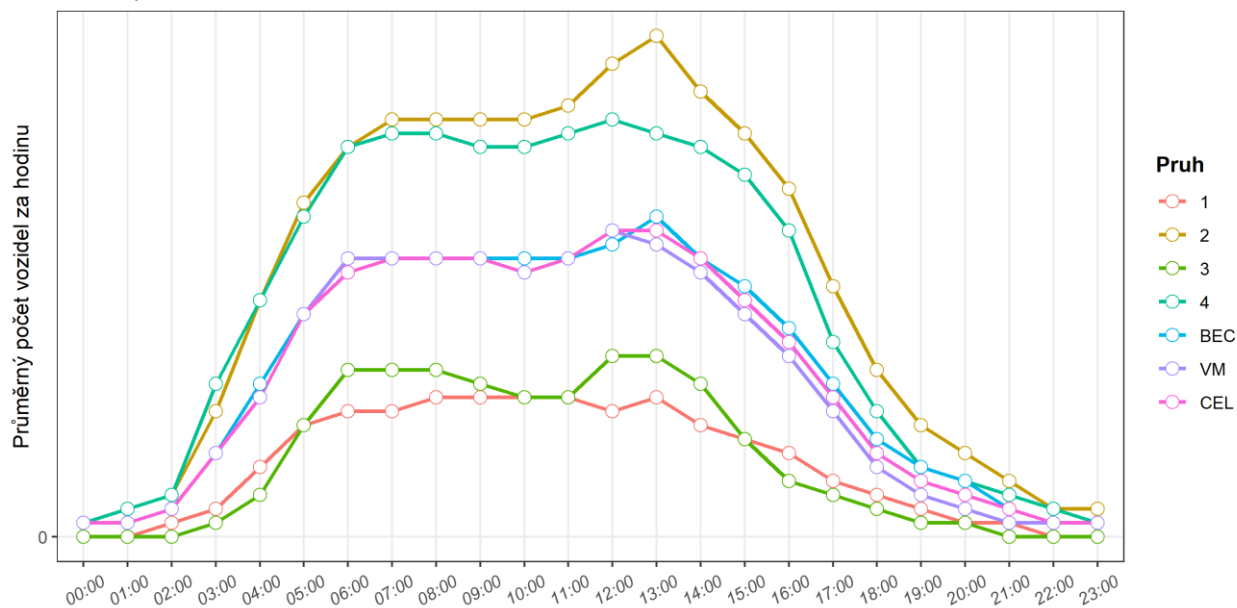
Z hlediska průměrné obsazenosti pruhů bylo v roce 2024 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm dosaženo nejvyšších hodnot v 13:00 hodin UTC. V průměru nejvyšší obsazenost za celý den vykazoval pruh 2.

V případě průměrných rychlostí vozidel v jednotlivých pruzích bylo v roce 2024 v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm dosaženo nejvyšších hodnot v 13:00 hodin UTC. V průměru nejvyšších rychlostí za celý den vykazoval pruh 4.

Průměrné počty vozidel v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm (v součtu za všechny pruhy) byly srovnány s průměrnými koncentracemi oxidů dusíků, PM_{10} a $PM_{2,5}$ v této lokalitě. Srovnání uvádí grafy na Obr. 71.

Průměrná obsazenost pruhů v jednotlivých pruzích a celkově

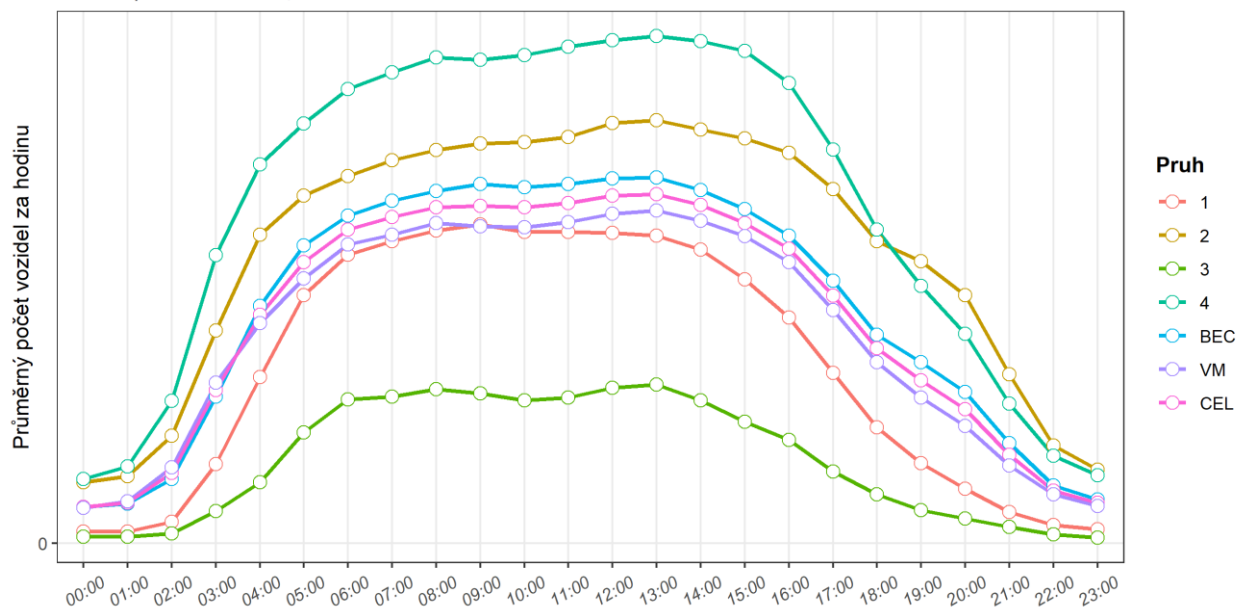
Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 69: Průměrná obsazenost v jednotlivých pruzích, směrech a celkově, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024, čas uváděn v UTC

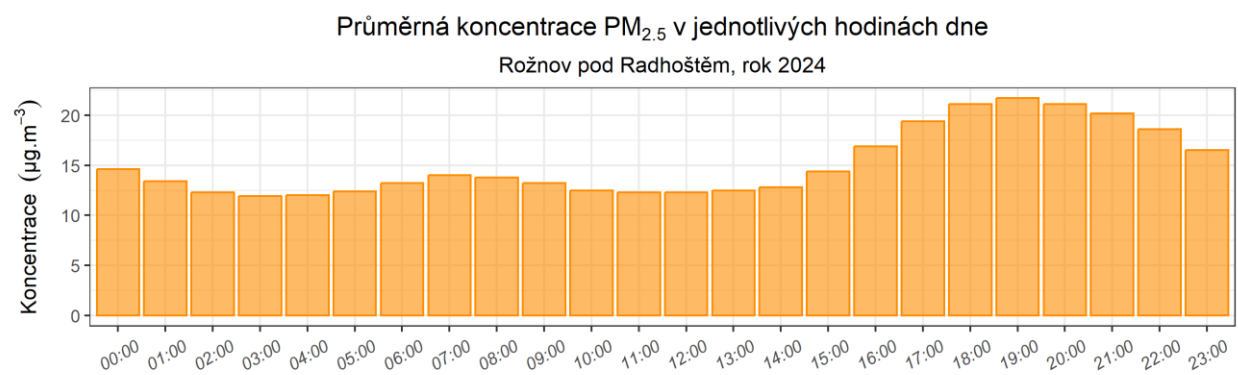
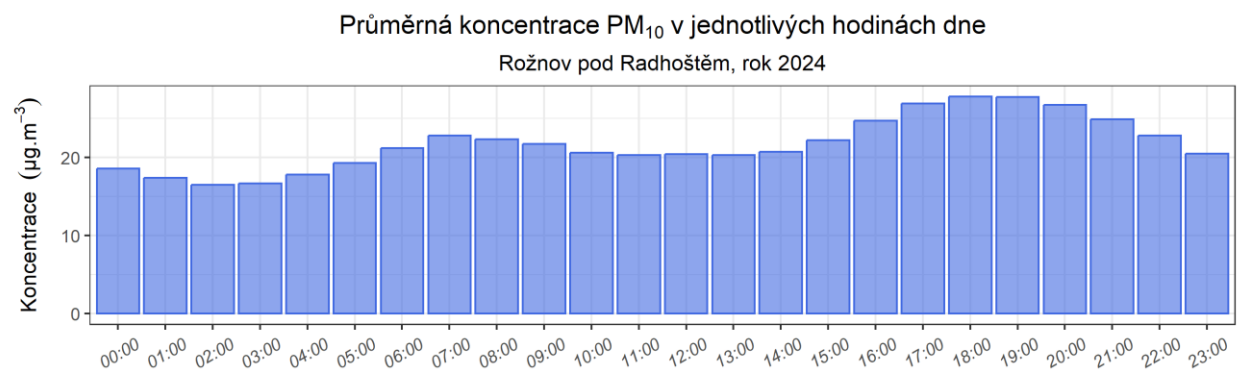
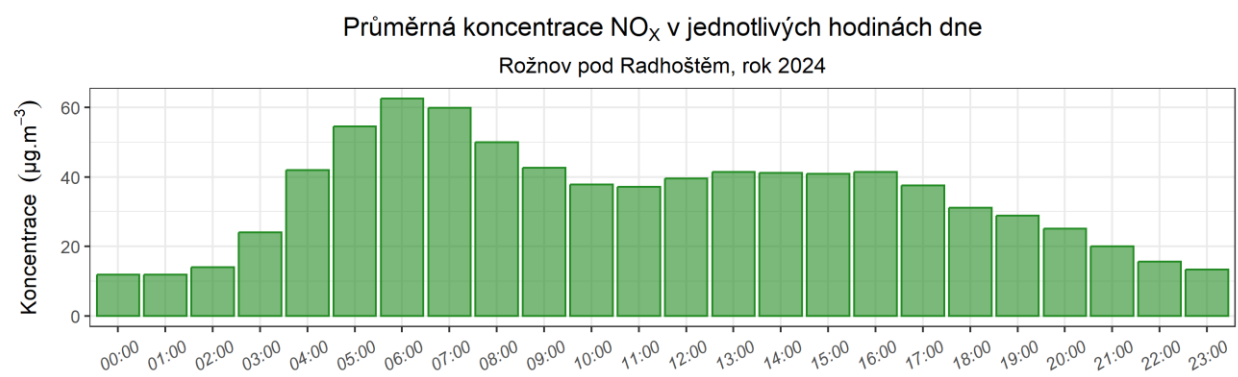
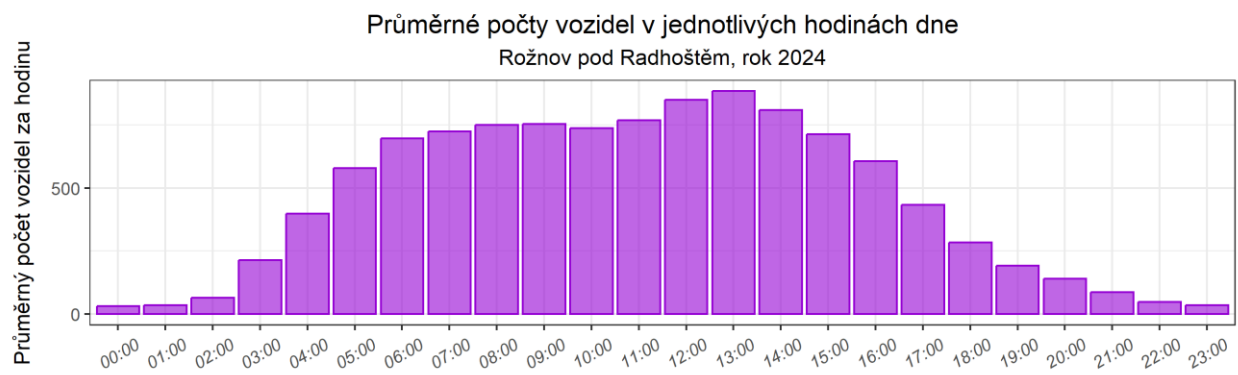
Průměrné rychlosti vozidel v jednotlivých pruzích a celkově

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 70: Průměrná rychlost v jednotlivých pruzích, směrech a celkově, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024, 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. 71. Z grafu je patrný výrazný nárůst počtu vozidel od zhruba 3. hodiny ranní (UTC). Ranní špička pak kulminuje počtem vozidel kolem 9. hodiny ranní, poté počet vozidel stagnuje nebo mírně roste až do 13:00 UTC, kdy je v lokalitě Rožnov pod Radhoštěm naměřeno denní maximum počtu vozidel (za všechny pruhy v průměru 884.6 vozidel). Poté dochází k postupnému útlumu dopravy.



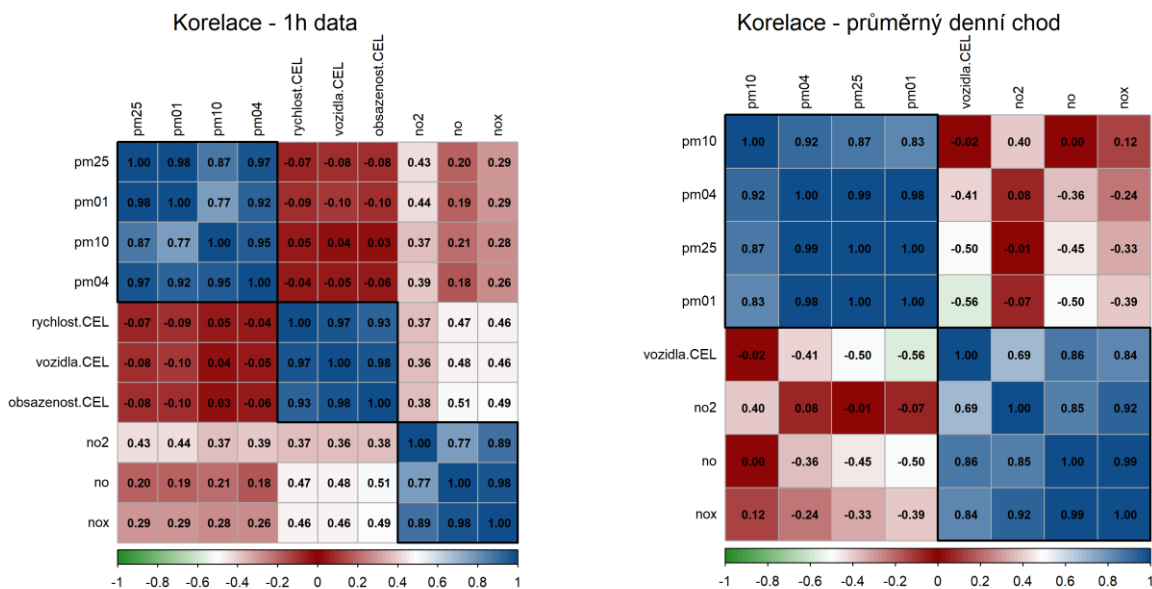
Obr. 71: Průměrné počty vozidel a průměrné koncentrace NO_x , PM_{10} a $\text{PM}_{2.5}$ v jednotlivých hodinách dne, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Z grafů na Obr. 71 vyplývá, že koncentrace škodlivin s počtem vozidel příliš 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 $\text{PM}_{2,5}$, což může být v důsledku významnějších mechanických emisí z 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. 72. 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 sestavené 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 primárně 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.



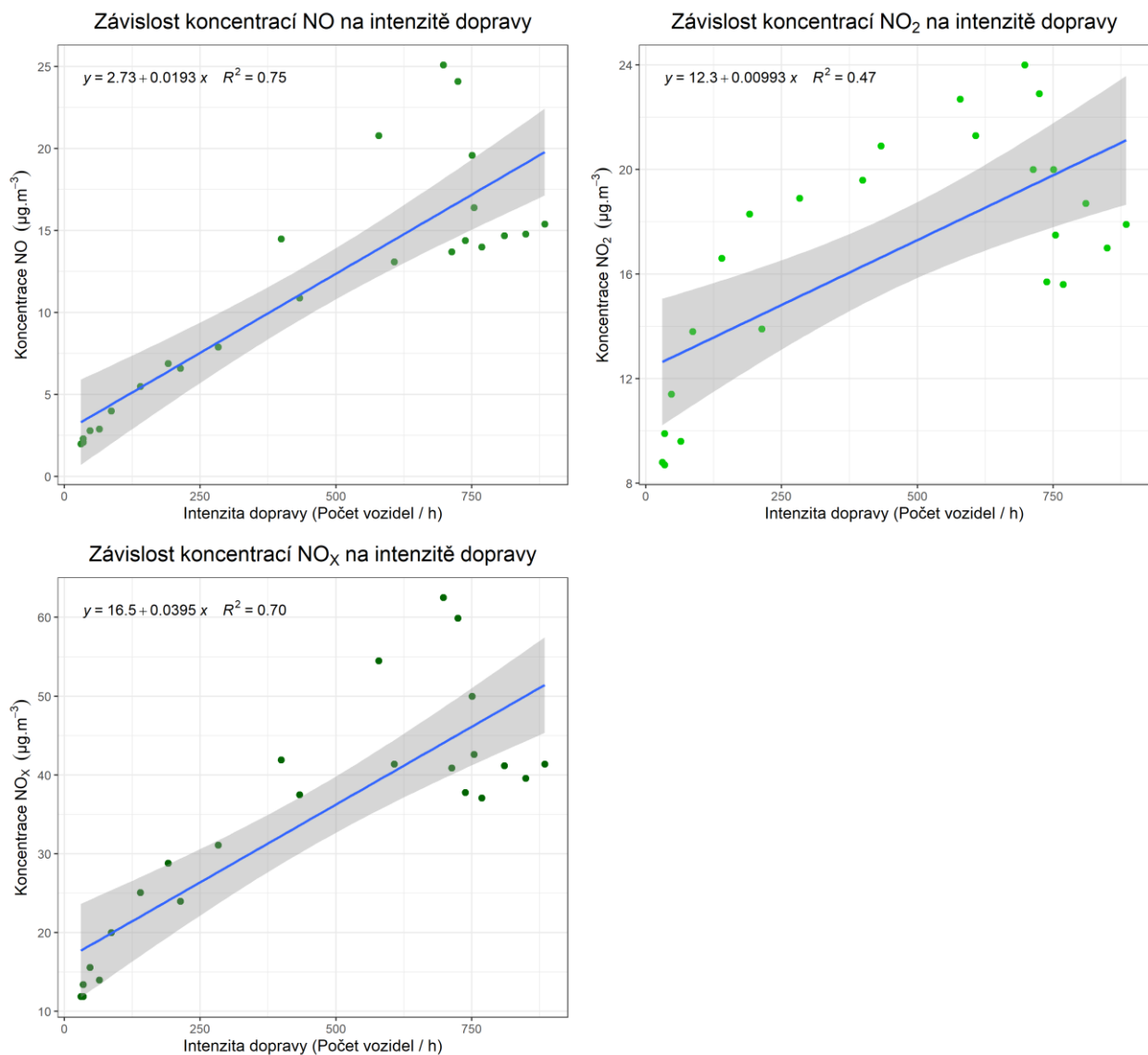
Obr. 72: Korelogramy měřených dat. Hodinová data (vlevo) a průměrný denní chod (vpravo), Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Pravý korelogram pak zobrazuje korelaci mezi denními chody jednotlivých veličin, tedy zprůměrovanými hodnotami pro jednotlivé hodiny za celou dobu měření (viz. např. *Obr. 27* nebo *Obr. 51*). 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 NO₂ je vazba slabší, avšak stále poměrně silná, naznačující silné ovlivnění těchto škodlivin dopravou.

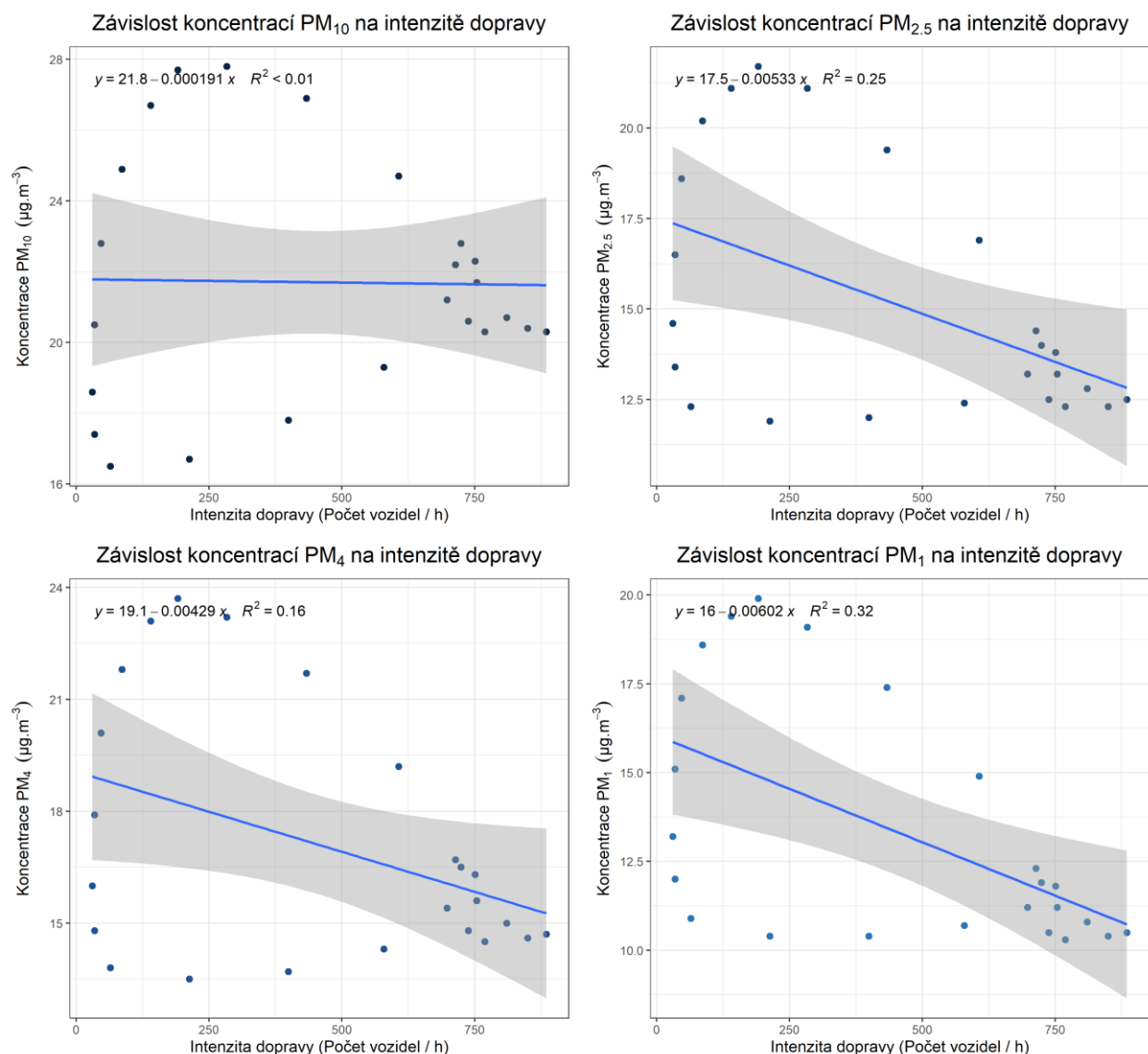
V případě PM opět zůstává velmi silná pozitivní vazba mezi jednotlivými frakcemi. Vůči koncentracím oxidů dusíků žádná vazba neexistuje, pouze slabá vazba je mezi NO₂ a PM₁₀. U srovnání s dopravními charakteristikami je patrná spíše negativní korelace, tedy že s rostoucí intenzitou dopravy koncentrace PM spíše klesají. Čím jemnější frakce, tím silnější negativní korelace. 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 *Obr. 14*. A protože v nočních hodinách klesá intenzita dopravy na minimum, vytváří se tak negativní korelace mezi těmito veličinami.

Vztah mezi intenzitou dopravy a jednotlivými škodlivinami může zobrazit také regresní křivka, jak ukazuje následující *Obr. 73* pro plynné škodliviny a *Obr. 74* pro částice. Koeficient determinace (R^2) vyjadřuje procento rozptylu závislé proměnné vysvětlené nezávislou proměnnou, což může pomoci při interpretaci síly vztahu.

Hranice pro interpretaci síly korelace (R^2 nebo korelačního koeficientu r) nejsou pevně dané a mohou se lišit podle oboru a kontextu analýzy. Pro tuto studii byly zvoleny následující meze: R^2 vyšší než 0.6 značí silnou korelaci, R^2 vyšší než 0.4 střední korelaci a R^2 vyšší než 0.2 slabou korelaci. Hodnoty nižší než 0.2 říkají, že žádná korelace neexistuje [14].



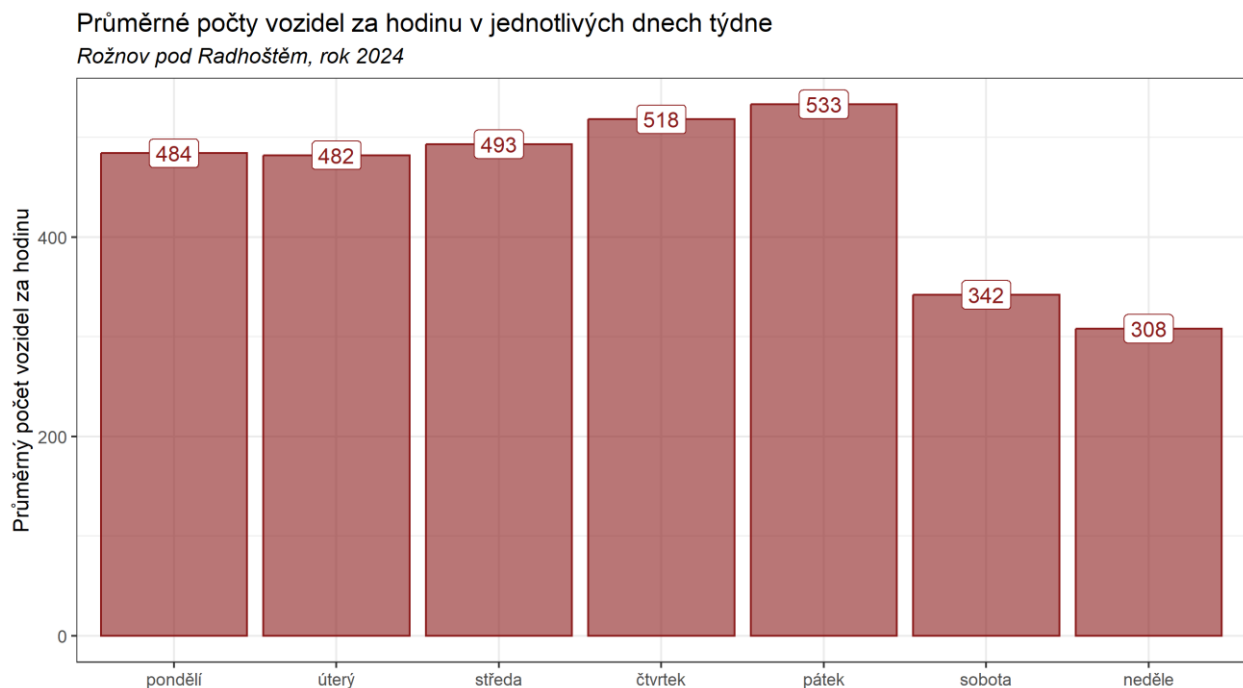
Obr. 73: Závislost koncentrací oxidů dusíku a CO na intenzitě dopravy včetně regresních křivek, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 74: Závislost koncentrací PM na intenzitě dopravy včetně regresních křivek, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

Byla provedena analýza korelace mezi intenzitou dopravy a koncentracemi různých škodlivin ve vzduchu. U škodliviny PM₁₀ nebyla žádná korelace s intenzitou dopravy zjištěna. U PM₄ byla také zjištěna negativní vazba s intenzitou dopravy s hodnotou $R^2 = 0.16$, tedy žádná korelace. Na druhé straně, u PM_{2.5} a PM₁ byly identifikovány slabé negativní korelace s hodnotami $R^2 = 0.25$ a $R^2 = 0.32$. Naopak, v případě oxidů dusíku (NO, NO₂, NO_x) byly zaznamenány silnější korelace: pro NO silná pozitivní korelace s $R^2 = 0.75$, pro NO₂ střední pozitivní korelace s $R^2 = 0.47$ a pro NO_x opět silná pozitivní korelace s hodnotou $R^2 = 0.70$. Z těchto údajů vyplývá, že zatímco PM frakce mají tendenci vykazovat slabou nebo žádnou korelaci s intenzitou dopravy, oxidy dusíku jsou s intenzitou silněji korelovány, což naznačuje přímější vliv dopravy na jejich koncentrace.

Rozdíl v intenzitách v dopravě v jednotlivých dnech týdne pak zobrazuje následující Obr. 75, ve kterém jsou vyčísleny průměrné počty za hodinu v jednotlivých dnech týdne. Nejvyšší průměrná hodinová intenzita dopravy je měřena v pátek (533 vozidel/h), zatímco nejnižší v neděli (308 vozidel/h). Nejnižší den dosahuje 57.8% hodnoty nejvyššího dne.



Obr. 75: Průměrné počty vozidel za hodinu v jednotlivých dnech týdne, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

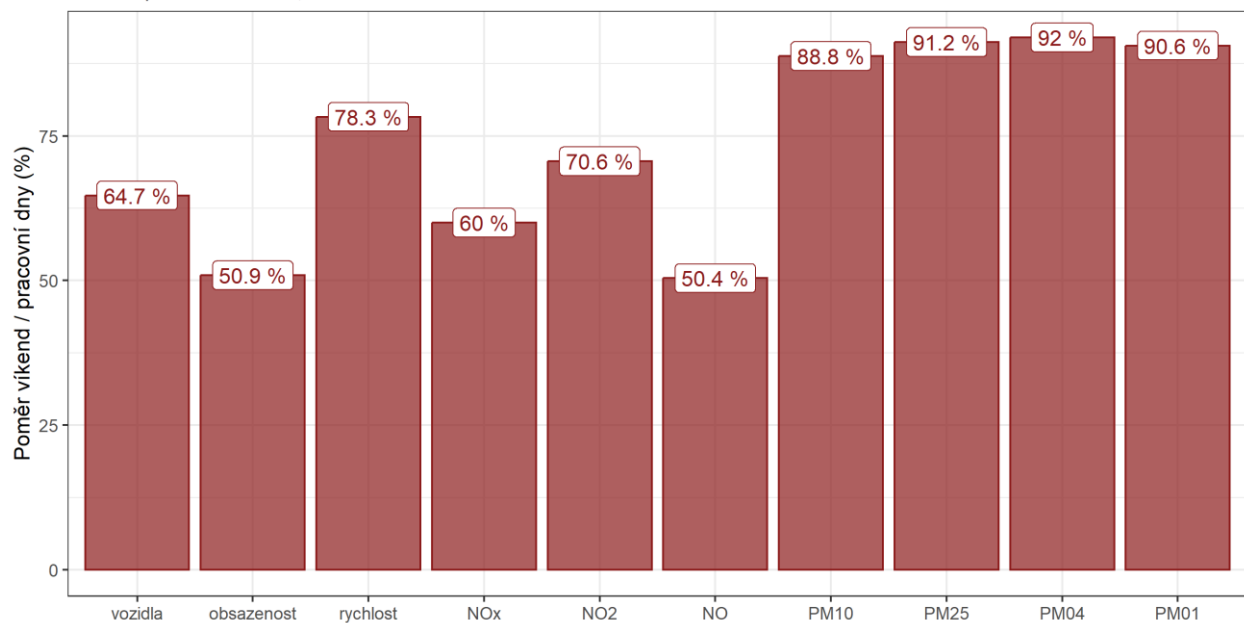
Relativní vztah počtu vozidel o víkendu proti pracovním dnům zobrazuje graf na Obr. 76, kde jsou rovněž relativní hodnoty jednotlivých škodlivin o víkendu ve srovnání s pracovními dny.

Z analýzy dat bylo odvozeno, že během víkendů došlo k významnějšímu poklesu některých veličin ve srovnání s počtem vozidel. Specificky byl pozorován výrazný pokles v koncentracích některých škodlivin a různých parametrů vozidel a dopravního provozu.

V kontextu škodlivin a jejich potenciálních zdrojů bylo rovněž zhodnoceno, zda doprava může být hlavním zdrojem znečištění: Oxid dusnatý (NO) a oxidy dusíku (NO_x) vykazovaly pokles koncentrace během víkendů v podobné míře jako počet vozidel (NO_x o 40 % a NO o 49.6 %), což naznačuje, že doprava představuje významný zdroj těchto znečišťujících látek. Naopak koncentrace oxidu dusičitého (NO₂) poklesla o 29.4 %, což naznačuje, že doprava nemusí být hlavním zdrojem NO₂. Přítomnost jiných zdrojů, jako je vytápění, by měla být vzata v úvahu. Relativní pokles suspendovaných částic (PM₁₀) byl pouze o 11.2 %, což opět signalizuje, že dopravní aktivita není dominantním zdrojem tohoto typu znečištění. U jemnějších frakcí je pokles ještě nižší.

Relativní hodnoty měřených veličin o víkendu proti pracovním dnům

Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024



Obr. 76: Relativní srovnání hodnot intenzity dopravy a škodlivin měřených o víkendu proti hodnotám měřeným v pracovní dny, Rožnov pod Radhoštěm, rok 2024

5 ZÁVĚRY

Na základě provedené analýzy kvality ovzduší v Rožnově pod Radhoštěm v roce 2024 lze konstatovat, že celková kvalita ovzduší v této oblasti je relativně uspokojivá a v mnohých ohledech se drží pod stanovenými imisními limity. Problematický je benzo[a]pyren podobně jako v dalších lokalitách ČR, který je emitován zejména lokálními topeništi a jehož maxima jsou měřena v topné sezóně.

- **PM:**
 - Vztah k **ročnímu imisnímu limitu**:
 - PM_{10} : Průměrná roční koncentrace $21.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, imisní limit ($40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) byl dodržen
 - $\text{PM}_{2.5}$: Průměrná roční koncentrace $15.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, imisní limit ($20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) byl dodržen
 - **Denní imisní limit** nebyl překročen, došlo k 16 překročením, imisní limit povoluje 35 za kalendářní rok.
 - **Vývoj proti předchozímu roku** ukazuje mírné zvýšení proti předchozímu roku, nicméně dlouhodobý průměrný pokles ukazuje na zlepšování situace.
 - **Sezónní variabilita** ukazuje vyšší koncentrace v zimních měsících a nižších v letních měsících.
 - Srovnání s **okolními lokalitami** ukazuje, že Rožnov pod Radhoštěm má srovnatelné či lehce vyšší hodnoty koncentrací PM.
- **Oxidy dusíku:**
 - Pro NO_2 je situace obdobná:
 - Roční koncentrace NO_2 byla $16.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ přičemž imisní limit je $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Imisní limit byl dodržen.
 - 19. nejvyšší hodinová koncentrace byla $64.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, což je hluboko pod hodinovým limitem.
 - Koncentrace NO_2 i ostatních oxidů dusíku ukazují na pokles, což je pozitivním trendem.
 - **Měsíční rozdíly** v koncentracích jsou patrné, s vyššími hodnotami v zimních měsících.
 - V **srovnání s okolními lokalitami**, Rožnov působí jako místo s nižšími koncentracemi NO_2 .
- **Benzo[a]pyren (BaP):**
 - Průměrná roční koncentrace benzo[a]pyrenu v roce 2024 ($1.25 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$) **překročila imisní limit** ($1 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$).
 - **Roční a měsíční koncentrace** vykazují výrazné sezónní rozdíly s maximem v zimních měsících.

Závěrečné hodnocení dopravy svědčí o tom, že oxidy dusíku jsou silněji spojeny s dopravní aktivitou, zatímco PM frakce vykazují slabou nebo žádnou korelaci. Víkendové snížení škodlivin při zredukovaném provozu potvrzuje vliv dopravy na NO_x a NO, ale nikoli na PM. Tato pozorování by měla mít dopad na plánování dopravní politiky a další opatření pro zlepšení kvality ovzduší v této oblasti.

6 SEZNAM LITERATURY

1. MŽP *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů*; 2012;
2. Team, R.C. *R: A language and environment for statistical computing*; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria., 2018;
3. H. Wickham, et al. Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software* **2019**, 4, 1686.
4. Carslaw Openair - an R package for air quality data analysis. *Environmental* **2012**, 27-28, 52–61.
5. ČHMÚ Předběžná zpráva s hodnocením kvality ovzduší za rok 2024. *Tisková zpráva ČHMÚ 2025*, https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2025/TZ_Predbezna_zprava_2024_UKO_isko.pdf.
6. ČHMÚ Velikonoční písečný prach ze Sahary pohledem dálkového průzkumu i pozemního měření. *Tisková zpráva ČHMÚ 2024*, https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2024/Sahara2024TZ.pdf.
7. Vojtíšek, M. O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkováných v městských aglomeracích 2010.
8. ČHMÚ *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2023*; 2024; ISBN 978-80-7653-071-3.
9. EPA, U. *Particulate Matter (PM) Pollution*;
10. Keder, J. Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátoru Grimm 2007.
11. EPA, U. *Nitrogen Dioxide (NO2) Pollution*;
12. Derwent, R.G. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **2001**, 127, 2205–2205.
13. Commission, E. *Position paper on air quality: nitrogen dioxide*;
14. Karl L. Wuensch, J.D.E. Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences. *Journal of the American Statistical Association* **1996**, 91, 1750, doi:10.2307/2291607.