
VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V LOKALITĚ ZLÍN – KVÍTKOVÁ

ZPRÁVA ZA ROK 2024



ENVITECH BOHEMIA, S.R.O.

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
1.1	Imisní limity	4
1.2	Data a jejich zpracování.....	4
1.3	Rok 2024 v ČR z hlediska meteorologie a kvality ovzduší.....	5
2	METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ.....	7
2.1	Větrná růžice	7
2.2	Rychlost proudění větru	7
2.3	Teplota vzduchu	9
2.4	Relativní vlhkost vzduchu	10
2.5	Srážky	12
3	VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ.....	14
3.1	Suspendované částice PM ₁₀ , PM _{2,5} a PM ₁	14
3.1.1	Průměrné roční koncentrace PM	16
3.1.2	Průměrné měsíční koncentrace	18
3.1.3	Průměrné denní koncentrace	20
3.1.4	Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice	25
3.1.5	Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu	30
3.2	Oxidy dusíku NO ₂ , NO a NO _x	36
3.2.1	Průměrné roční koncentrace.....	37
3.2.2	Průměrné měsíční koncentrace	39
3.2.3	Průměrné denní koncentrace.....	41
3.2.4	Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice	44
3.2.5	Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu	48
3.3	Přízemní ozón O ₃	51
3.3.1	Vývoj 26. nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů O ₃ za den v roce	51
3.3.2	Vývoj měsíčních koncentrací	54
3.3.3	Vývoj denních koncentrací O ₃	54
3.3.4	Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice	58
3.3.5	Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu	63
4	ZÁVĚRY.....	65
5	SEZNAM LITERATURY	66

1 ÚVOD

V květnu roku 2017 byla zprovozněna stanice Zlín – Kvítková v centru Zlína. Tato zpráva uvádí výsledky za rok 2024 a srovnává je se stanicí státní sítě imisního monitoringu Zlín, patřící ČHMÚ. Stanice leží v areálu ZŠ Kvítková. Vlastníkem je statutární město Zlín. Jedná se o městskou pozadovou stanici, která je umístěna v obytné zóně. Reprezentativnost stanice je v rámci okrskového měřítka 0,5 – 4 km.

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 Zlín – Kvítková byla 99.7 %. Výtěžnost suspendovaných částic dosáhla v průměru 100 %. Výtěžnost oxidů dusíku dosáhla v průměru 100 %. Výtěžnost přízemního ozónu O_3 dosáhla 96.2 %. Výtěžnost meteorologických veličin byla v průměru 100 %.



Obr. 1: Měřicí stanice kvality ovzduší v lokalitě Zlín – Kvítková

1.1 IMISNÍ LIMITY

Pro škodliviny, měřené v lokalitě Zlín – Kvítková, 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 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	
Přízemní ozón O ₃	maximální denní osmihodinový klouzavý průměr	120 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	25

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 Zlín – Kvítková 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. Vlárky	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

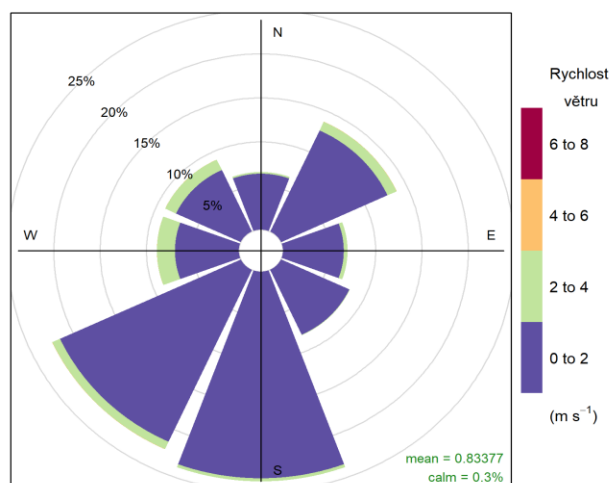
ve všech krajích a téměř na celém území vyústily až ve vyhlášení smogové situace z důvodu překročení prahové hodnoty na více než polovině reprezentativních stanic v jednotlivých krajích. [5,6]

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 Zlín – Kvítková konstruovaná z hodinových rychlostí a směrů větru. Růžice naznačuje převažující proudění z jihu (cca 24 %), z jihozápadu (cca 23 %) a ze severovýchodu (cca 14 %). Vyšší rychlosti větru byly zaznamenány především ze severovýchodu. Bezvětrí panovalo ve zhruba 0.3 % času měření. V lokalitě byly měřeny většinou nízké rychlosti větru (do $2.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 95. percentil), průměrná rychlost větru za celé měřené období byla zhruba $0.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



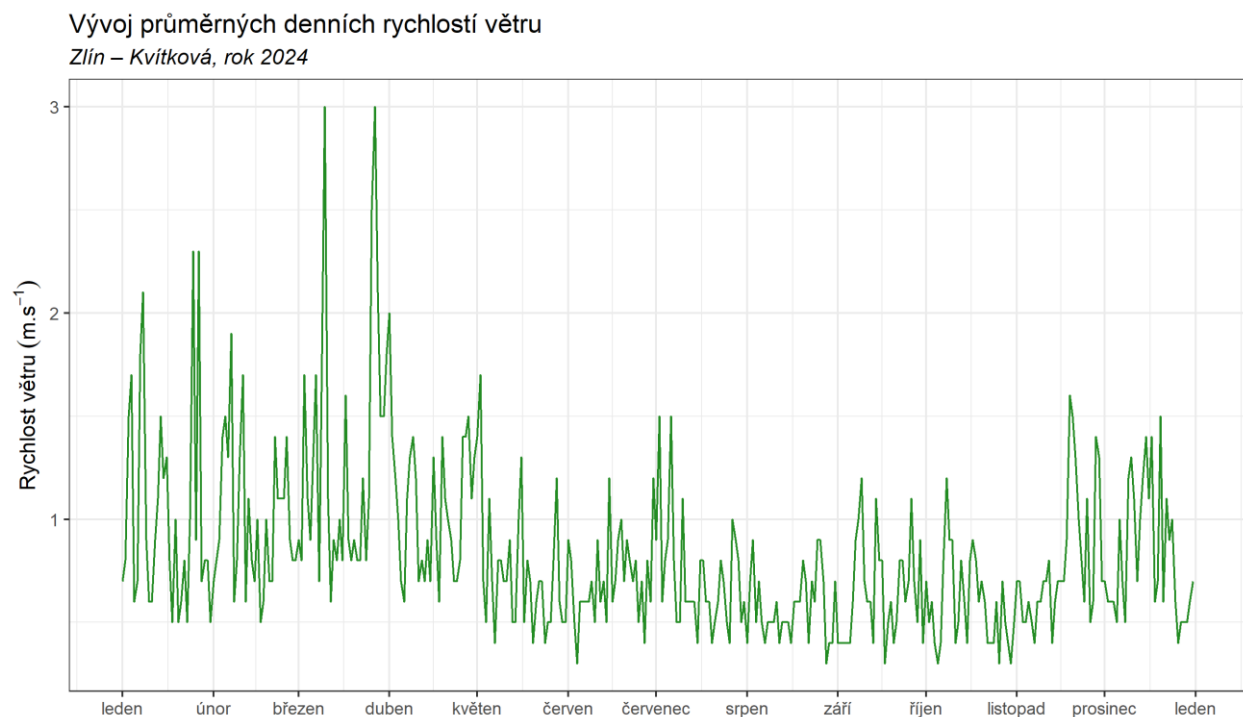
Obr. 2: Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, Zlín – Kvítková, rok 2024

2.2 RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU

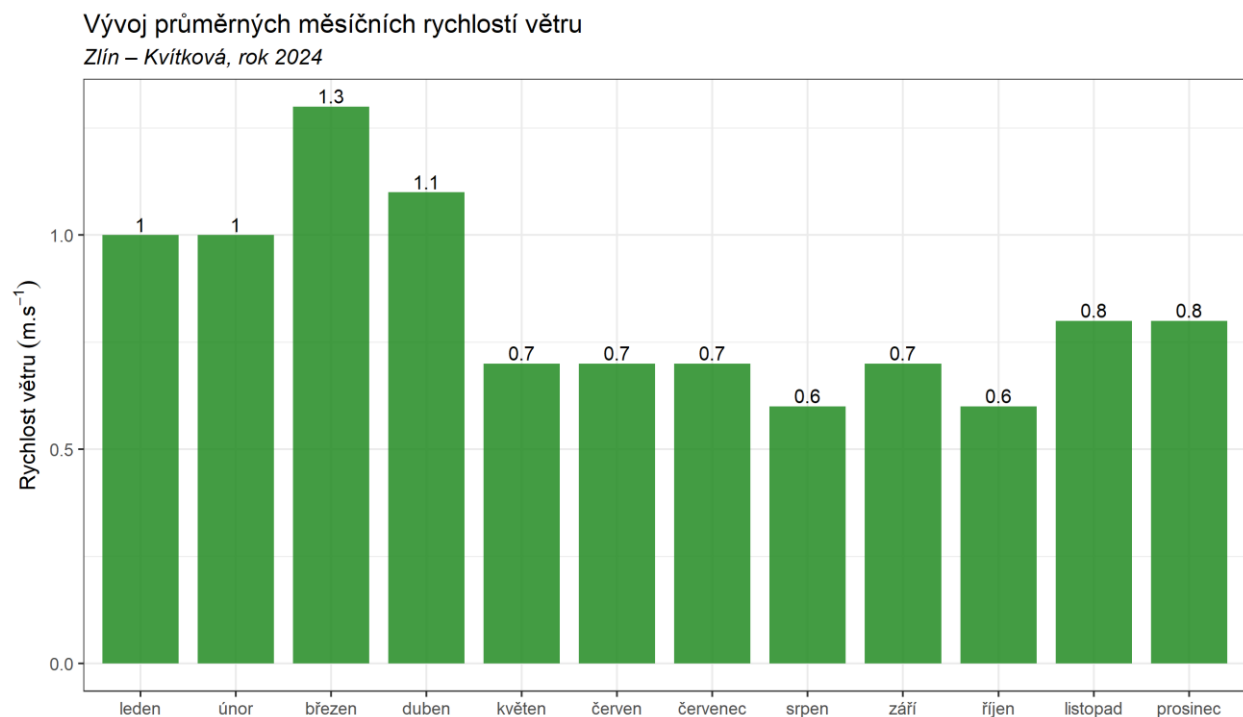
Meteorologické podmínky v chladné části roku vlivem častějších, a především silnějších teplotních inverzí napomáhají horším rozptylovým podmínkám – během teplotní inverze se v atmosféře vytváří vrstva připomínající pokličku, pod kterou je stabilní atmosféra tzn., že je téměř bezvětrí nebo pouze nízké 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 koncentraci škodlivin ovzduší. Pokud jsou rychlosti velmi nízké nebo panuje bezvětrí, jsou zpravidla koncentrace škodlivin (zejména suspendovaných částic) vysoké. Naopak při vyšších rychlostech větru dochází k dobrému rozptylu, na druhou stranu může rovněž docházet i k resuspenzi 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 Zlín – Kvítková. Z grafu je patrné, že lokalitě byly měřeny většinou nízké rychlosti větru (do $2.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 95. percentil), průměrná

rychlost větru za celé měřené období byla zhruba $0.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Následující Obr. 4 zobrazuje průměrné měsíční hodnoty.



Obr. 3: Průměrné denní rychlosti větru, Zlín – Kvítková, rok 2024

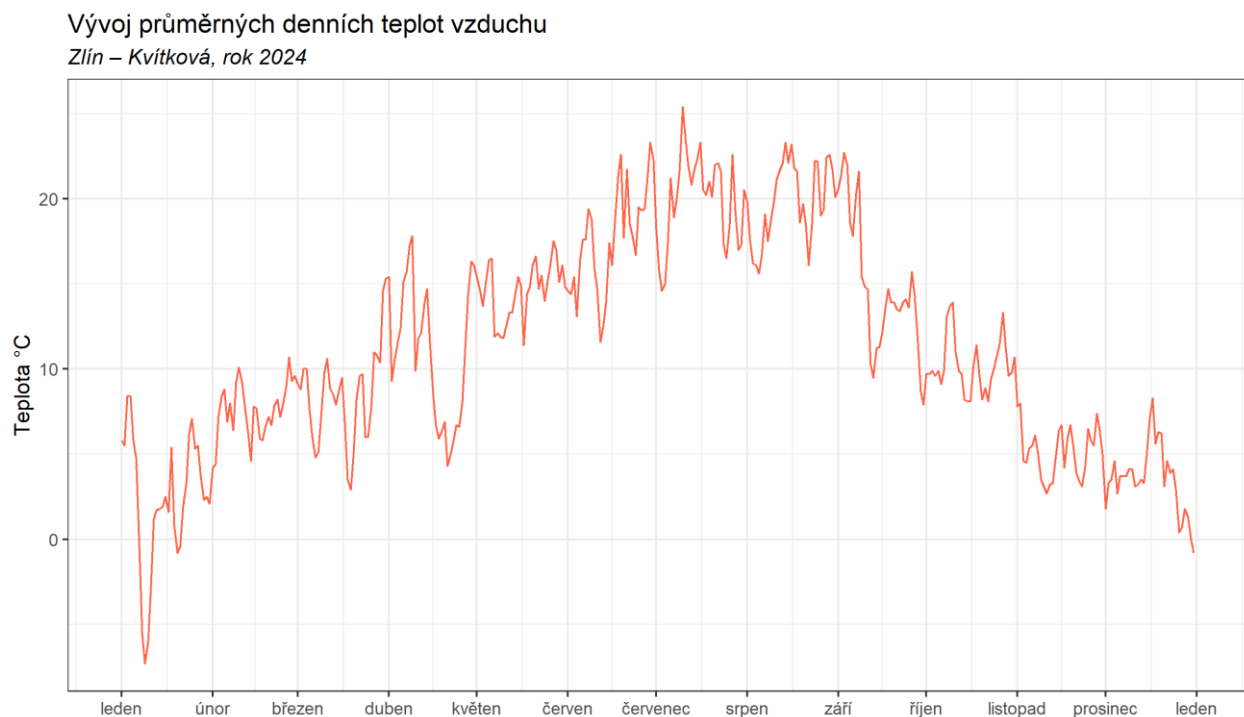


Obr. 4: Průměrné měsíční rychlosti větru, Zlín – Kvítková, rok 2024

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.

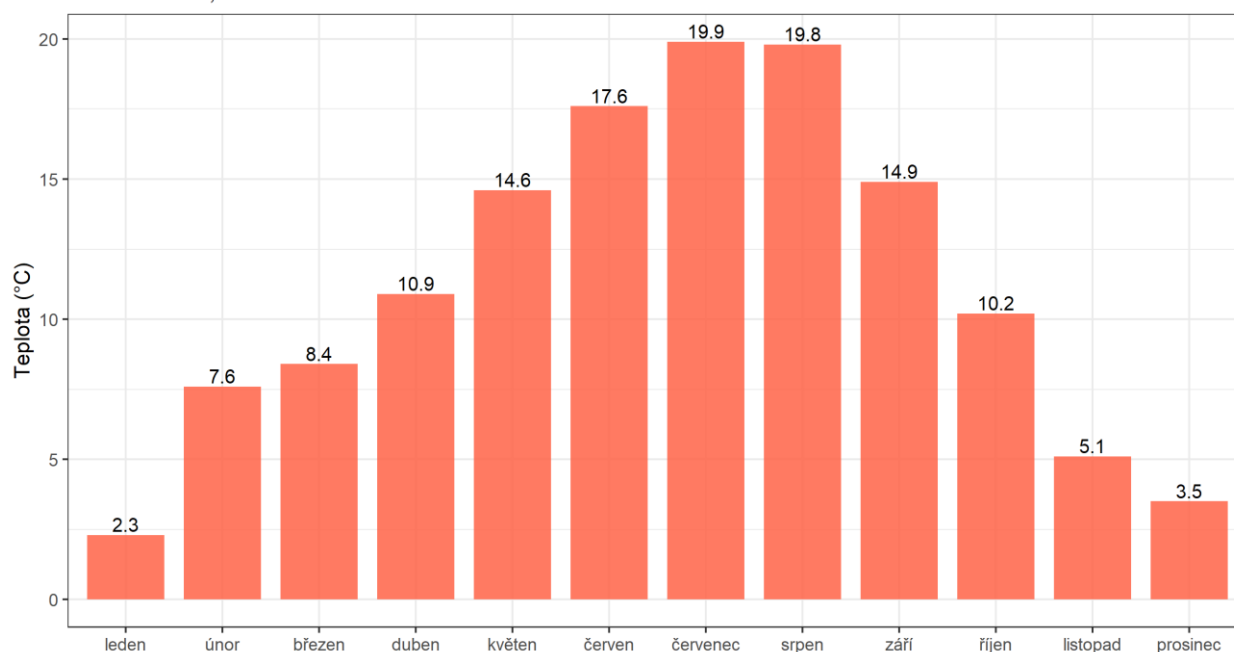
Následující Obr. 5 zobrazuje průměrné denní teploty vzduchu v lokalitě Zlín – Kvítková, graf na Obr. 6 pak zobrazuje průměrné měsíční teploty. Z grafů vyplývá, že nejvyšší teploty byly v této lokalitě měřeny v červenci a srpnu (19.9 °C resp. 19.8 °C). Nejnižší teploty pak byly měřeny v lednu a prosinci (2.3 °C resp. 3.5 °C). Nejvyšší hodinová teplota byla v lokalitě Zlín – Kvítková zaznamenána dne 14. 8. 2024 v 15 hodin (33.9 °C). Nejnižší teplota pak byla zaznamenána dne 10. 1. 2024 v 6 hodin (-10.9 °C).



Obr. 5: Průměrné denní teploty vzduchu, Zlín – Kvítková, rok 2024

Vývoj průměrných měsíčních teplot vzduchu

Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 6: Průměrné měsíční teploty vzduchu, Zlín – Kvítková, rok 2024

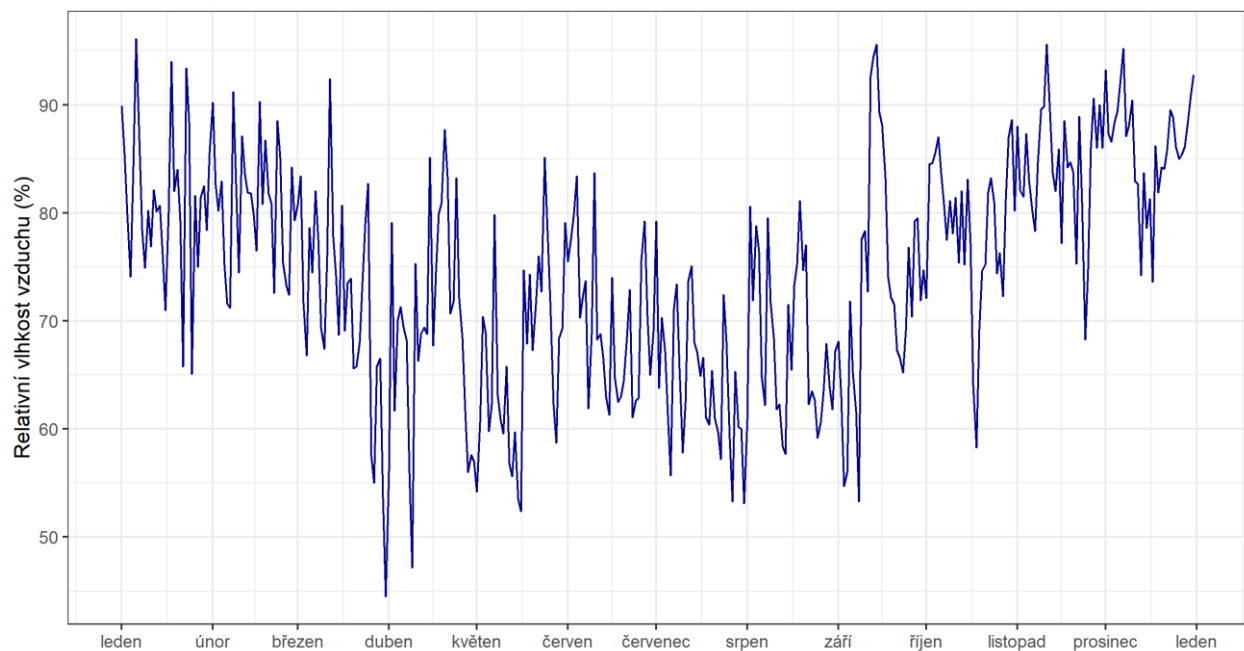
2.4 RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU

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 Zlín – Kvítková, graf na Obr. 8 pak zobrazuje průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu. Z grafů vyplývá, že nejvyšší relativní vlhkosti byly v této lokalitě měřeny v prosinci a listopadu (86.1 % resp. 84.2 %). Nejnižší relativní vlhkosti pak byly měřeny v červenci a květnu (64.5 % resp. 66.5 %).

Vývoj relativních denních vlhkostí vzduchu

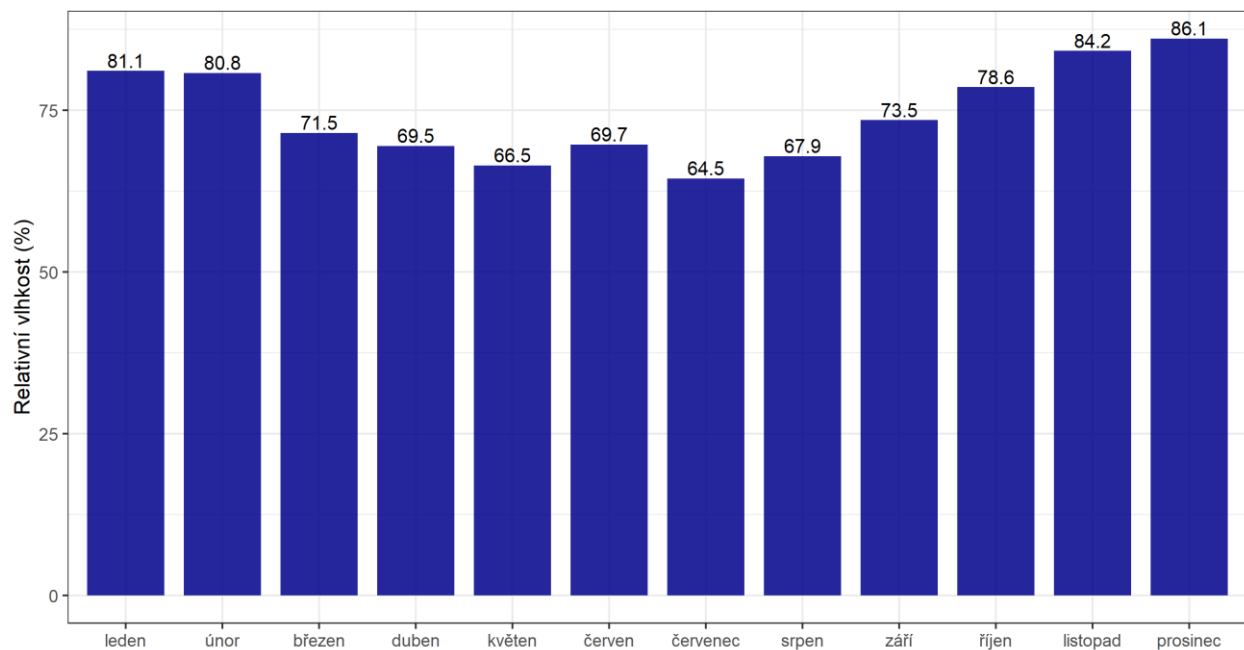
Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 7: Průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu, Zlín – Kvítková, rok 2024

Vývoj průměrných měsíčních relativních vlhkostí vzduchu

Zlín – Kvítková, rok 2024

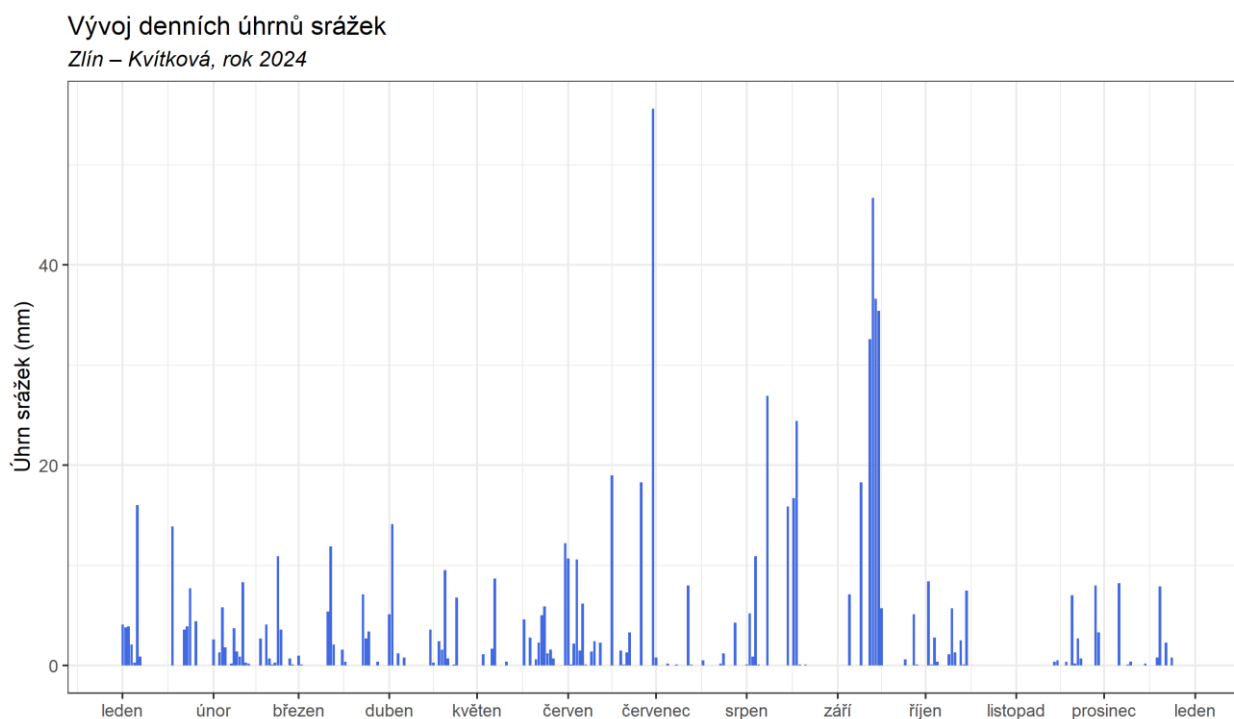


Obr. 8: Průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu, Zlín – Kvítková, rok 2024

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.

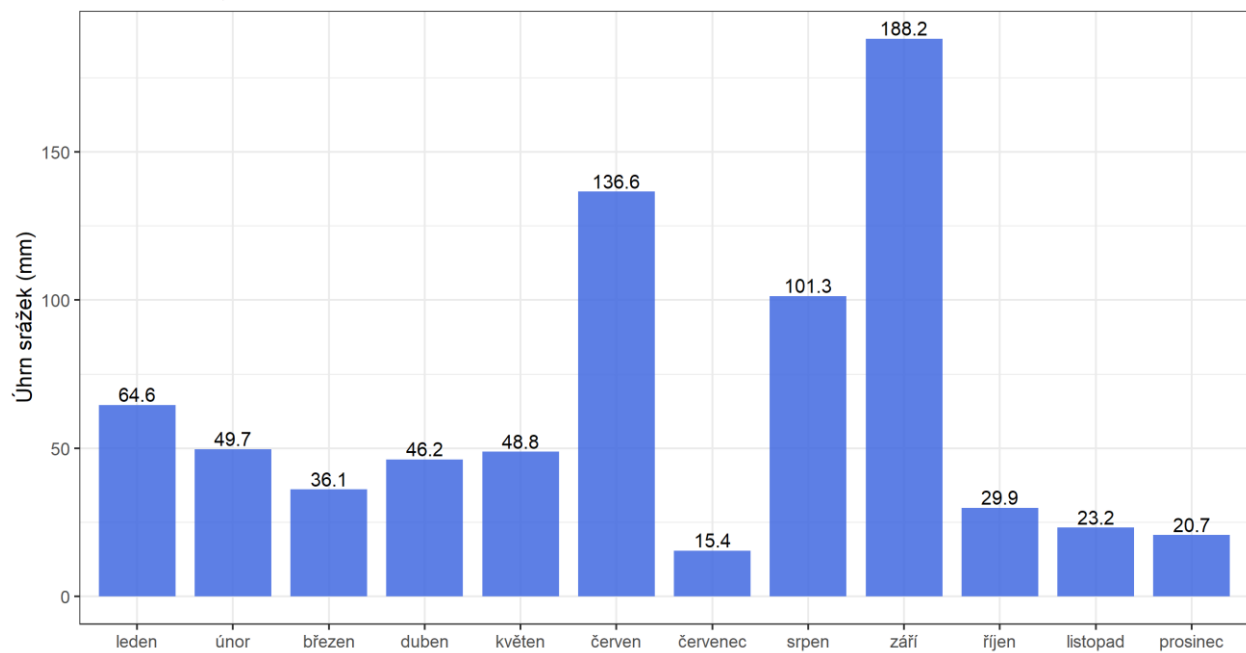
Následující Obr. 9 zobrazuje denní úhrn srážek v lokalitě Zlín – Kvítková. Následující graf na Obr. 10 zobrazuje měsíční úhrny srážek. Z grafů vyplývá, že nejvyšší úhrn srážek byly v této lokalitě měřeny v září a červnu (188.2 mm resp. 136.6 mm). Nejnižší úhrn srážek pak byly měřeny v červenci a prosinci (15.4 mm resp. 20.7 mm). Méně než 30 mm srážek v měsíčním úhrnu se vyskytlo v říjnu, listopadu, prosinci a červenci.



Obr. 9: Denní úhrn srážek, Zlín – Kvítková, rok 2024

Vývoj měsíčních úhrnů srážek

Zlín – Kvítková, rok 2024



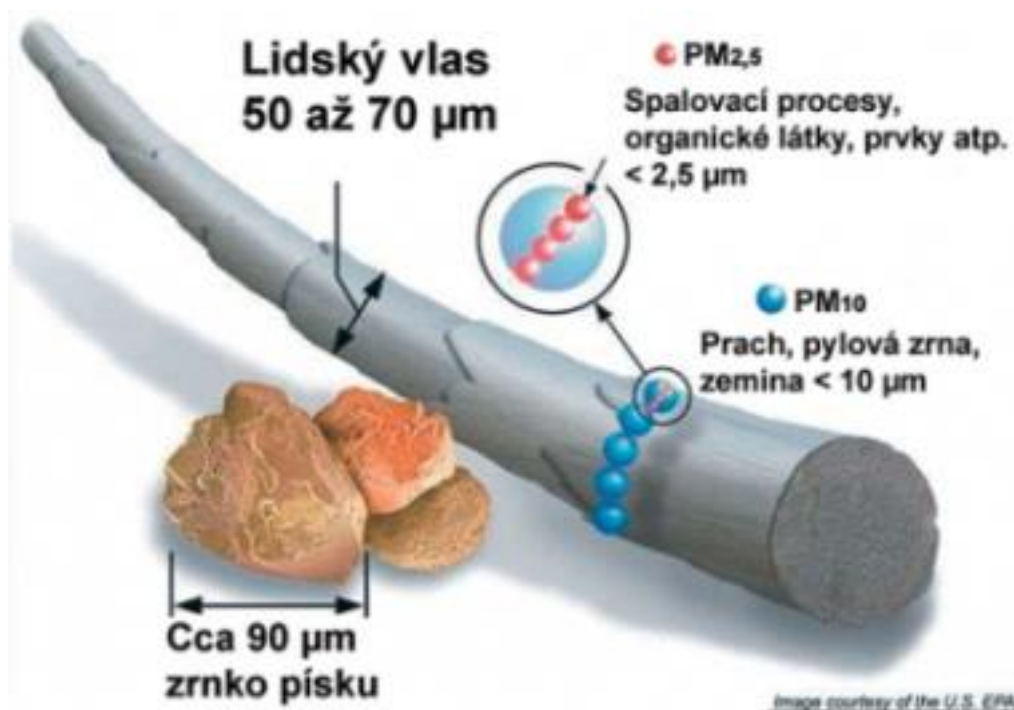
Obr. 10: Měsíční úhrn srážek, Zlín – Kvítková, rok 2024

3 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ

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

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

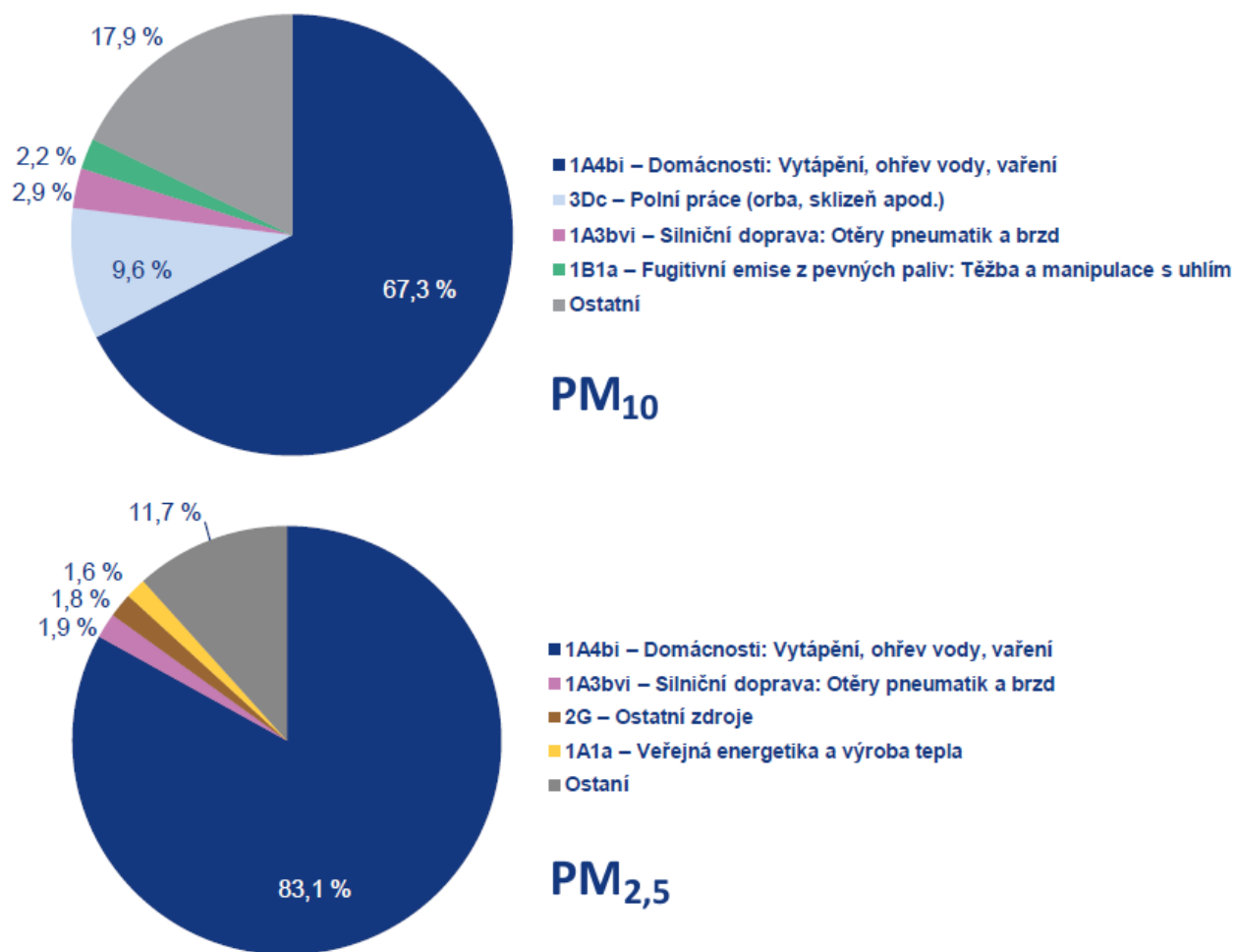
Z hlediska platné legislativy [1] jsou v ovzduší sledovány dvě velikostní frakce suspendovaných částic. Jedná se o hrubší frakci PM_{10} (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 10 μm) a jemnější frakci $PM_{2,5}$ (suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým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



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

Emisní inventury částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ prováděné podle současných metodik zahrnují pouze emise produkované primárními zdroji. Ve srovnání s emisemi jiných znečišťujících látek jsou emise PM_x vnášeny do ovzduší z velkého počtu významnějších skupin zdrojů. Kromě zdrojů, ze kterých jsou tyto látky vypouštěny řízeně komínem nebo výduchy (průmyslové zdroje, lokální topeniště, doprava), pochází významné množství emisí PM ze zdrojů fugitivních (kamenolomy, skládky prašných materiálů, operace s prašnými materiály apod.). Zahrnuty jsou rovněž emise z otěrů pneumatik, brzdového obložení a abraze vozovek vypočítávané z dopravních výkonů. Kvalitu ovzduší ovlivňuje rovněž resuspenze částic (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. 12: 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

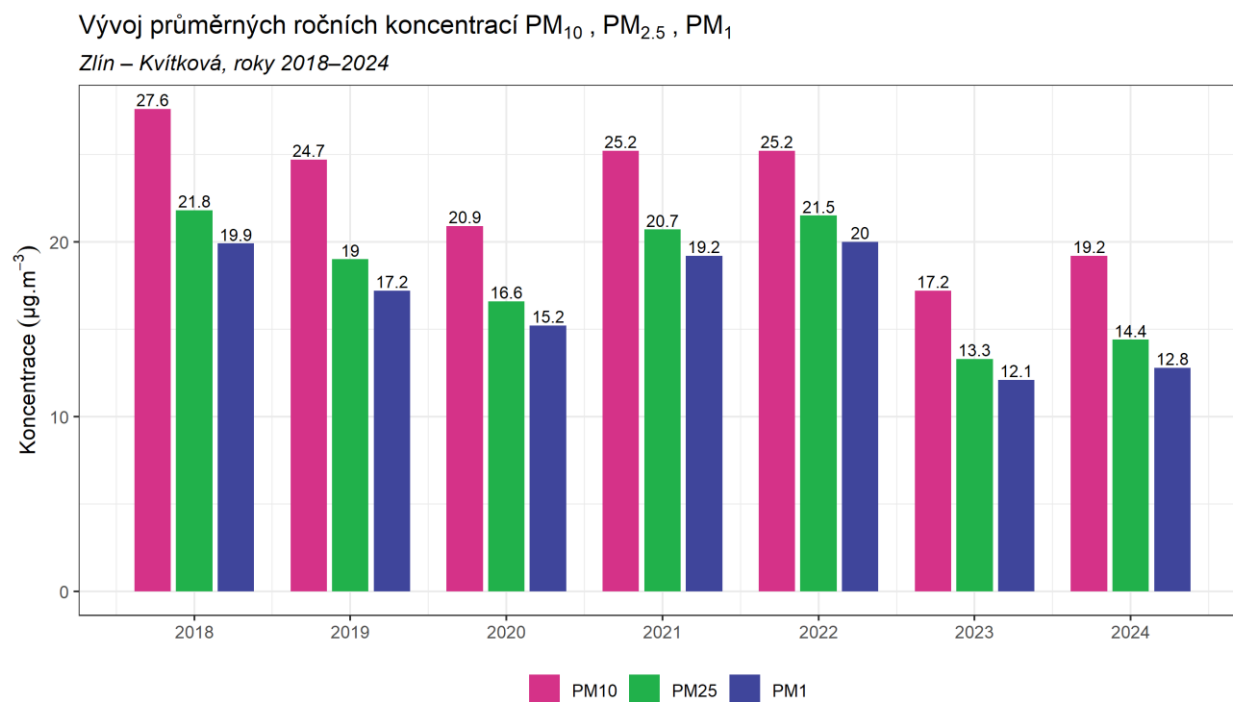
řadou faktorů, jako je například aktuální zdravotní stav jedince, alergická dispozice nebo kouření. Citlivou skupinou jsou děti, starší lidé a lidé trpící onemocněním dýchací a oběhové soustavy. Nejzávažnější zdravotní dopady, tj. kardiovaskulární a respirační účinky a navýšení úmrtnosti, mají jemné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

3.1.1 PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE PM

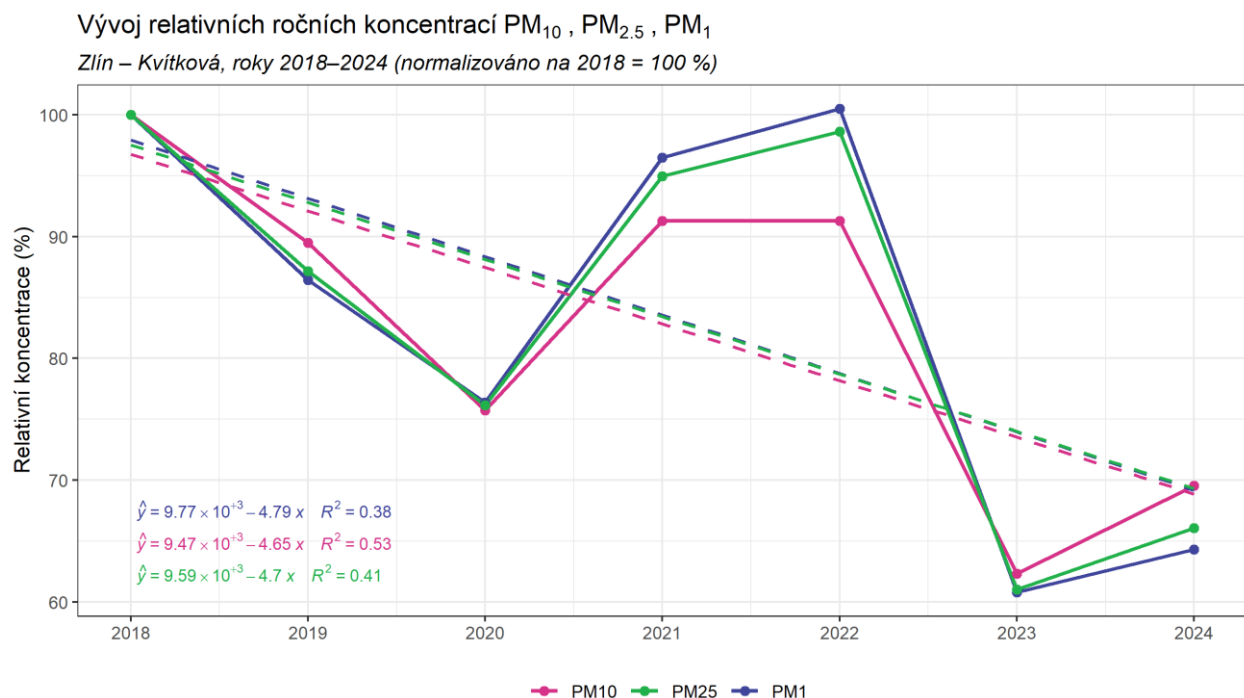
Průměrná roční koncentrace PM_{10} činila v roce 2024 v lokalitě Zlín – Kvítková $19.2\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Imisní limit tedy překročen nebyl. Průměrná roční koncentrace $\text{PM}_{2.5}$ činila v roce 2024 v lokalitě Zlín – Kvítková $14.4\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Imisní limit tedy překročen nebyl.

Průměrná roční koncentrace PM_1 činila v roce 2024 v lokalitě Zlín – Kvítková $12.8\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Následující Obr. 13 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$ a PM_1 v lokalitě Zlín – Kvítková. V roce 2024 byl zaznamenán vzestup koncentrací PM_{10} o $2\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, což představuje 11.6%, ve srovnání s předchozím rokem 2023. Oproti roku 2018 byl však zjištěn pokles těchto koncentrací o $8.4\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, což činí 30.4%. Rovněž koncentrace $\text{PM}_{2.5}$ vzrostly v roce 2024 o $1.1\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (8.3%) ve srovnání s rokem 2023, zatímco od roku 2018 došlo k snížení o $7.4\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (33.9%). Koncentrace PM_1 vykázaly v roce 2024 nárůst o $0.7\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (5.8%) ve srovnání s rokem 2023, kde oproti roku 2018 poklesla o $7.1\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (35.7%). Relativní vývoj koncentrací jednotlivých frakcí PM vzhledem k počátečnímu roku měření zobrazuje následující graf na Obr. 14. Rok 2018 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. 13: Vývoj průměrných ročních koncentrací PM, Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 14: Vývoj relativních ročních koncentrací PM proti počátečnímu roku měření (2018), Zlín – Kvítková, rok 2024

Nejvíce klesají koncentrace PM₁₀, v průměru o $1.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ročně a relativně o 4.6 % ročně ($R^2 = 0.53$). Poté následuje pokles koncentrací PM_{2.5}, který byl naměřen v průměru o $1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ročně a relativně o 4.7 % ročně ($R^2 = 0.41$). Nakonec, koncentrace PM₁ klesá v průměru o $1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ročně a relativně o 4.8 % ročně ($R^2 = 0.38$). U žádných dalších škodlivin trend nebyl nalezen, neboť R^2 se blíží nule a rozdíly v poklesech/nárůstech koncentrací byly nevýznamné.

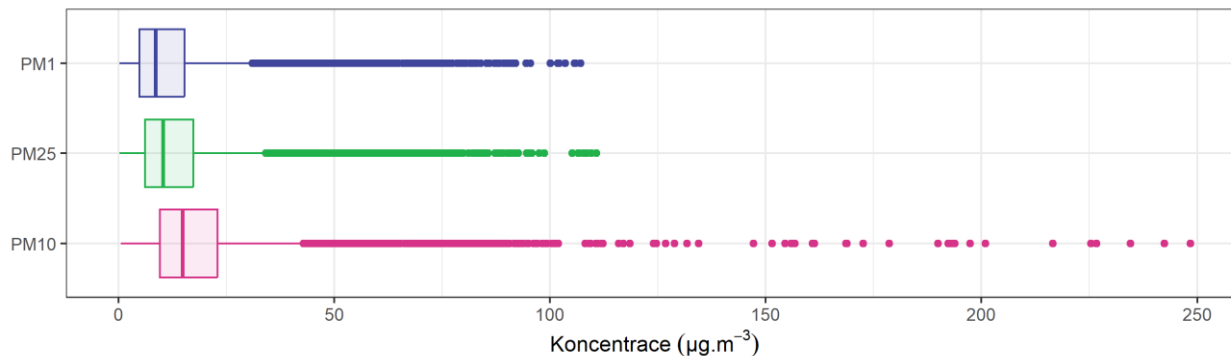
Následující Tab. 3 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé frakce PM. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2024 pak zobrazuje Obr. 15.

Tab. 3: Statistické charakteristiky hodinových koncentrací PM v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2024

STATISTIKA	PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁
PRŮMĚR	19.2	14.4	12.8
MAXIMUM	248.4	110.7	107.1
MEDIÁN	14.9	10.3	8.6
MINIMUM	0.5	0.2	0.2

Statistické zpracování hodinových koncentrací PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_1

Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 15: Statistické zpracování hodinových koncentrací PM v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2024

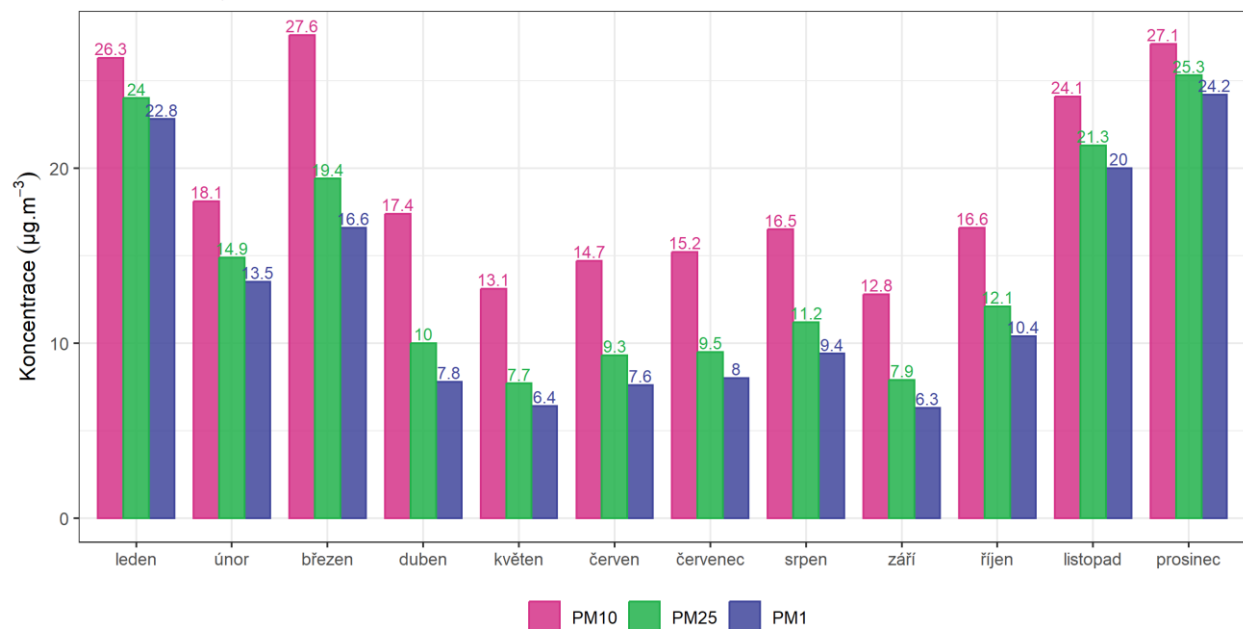
3.1.2 PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE

Na Obr. 16 jsou průměrné měsíční koncentrace PM_{10} , $PM_{2.5}$ 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 prosinci (27.6 , resp. $27.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$). Nejnižší koncentrace pak byly měřeny v září a květnu (12.8 , resp. $13.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$).

Průměrné měsíční zastoupení jemnějších frakcí v PM_{10} zobrazuje Obr. 17. 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 ($90.4 \% PM_{2.5}$ v PM_{10} , resp. $85.4 \% PM_1$ v PM_{10}). Nejnižší zastoupení pak bylo naměřeno v květnu ($58.4 \% PM_{2.5}$ v PM_{10} , resp. $47.9 \% PM_1$ v PM_{10}).

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

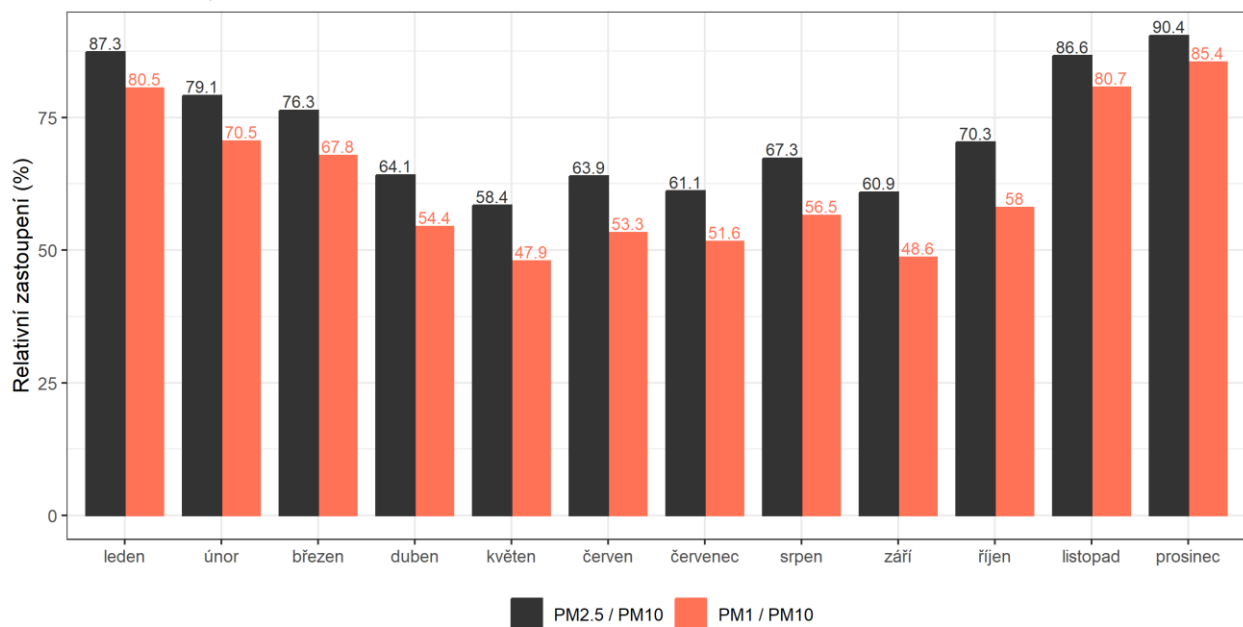
Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 16: Průměrné měsíční koncentrace PM v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2024

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

Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 17: Průměrné měsíční zastoupení PM_{2.5} v PM₁₀ a PM₁ v PM₁₀, Zlín – Kvítková, rok 2024

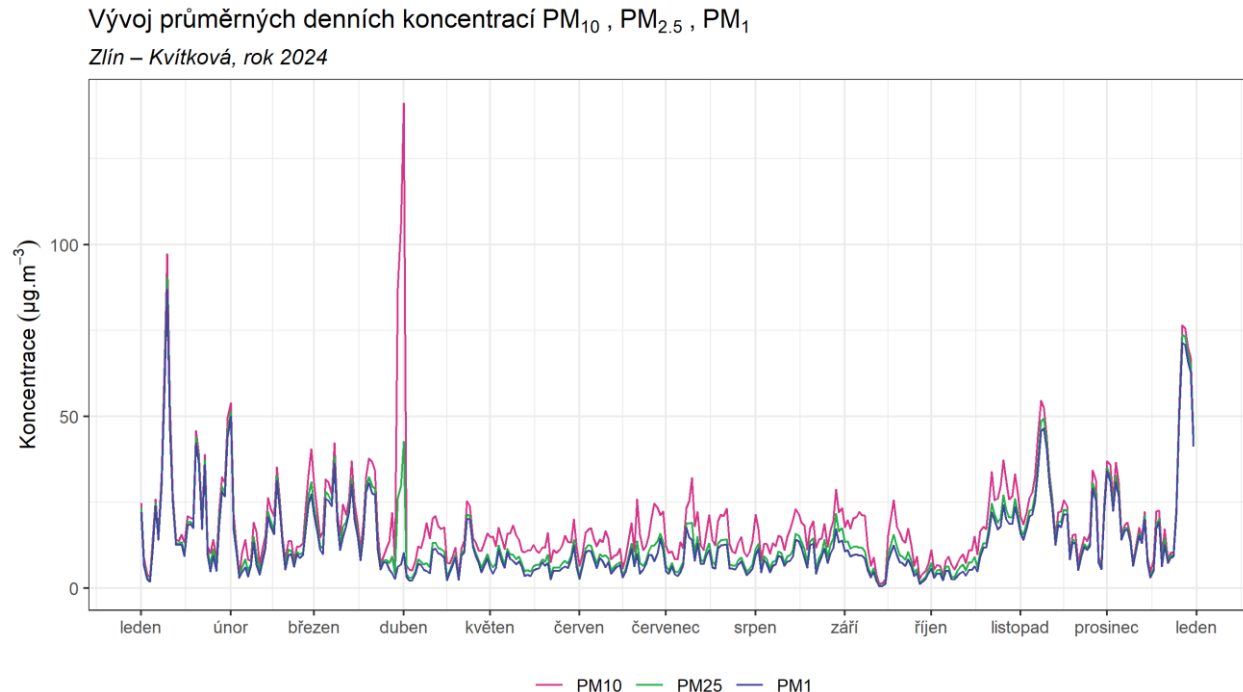
3.1.3 PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE

Vývoj průměrných denních koncentrací PM_{10} , $PM_{2.5}$ a PM_1 v lokalitě Zlín – Kvítková zobrazuje následující Obr. 18. 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.

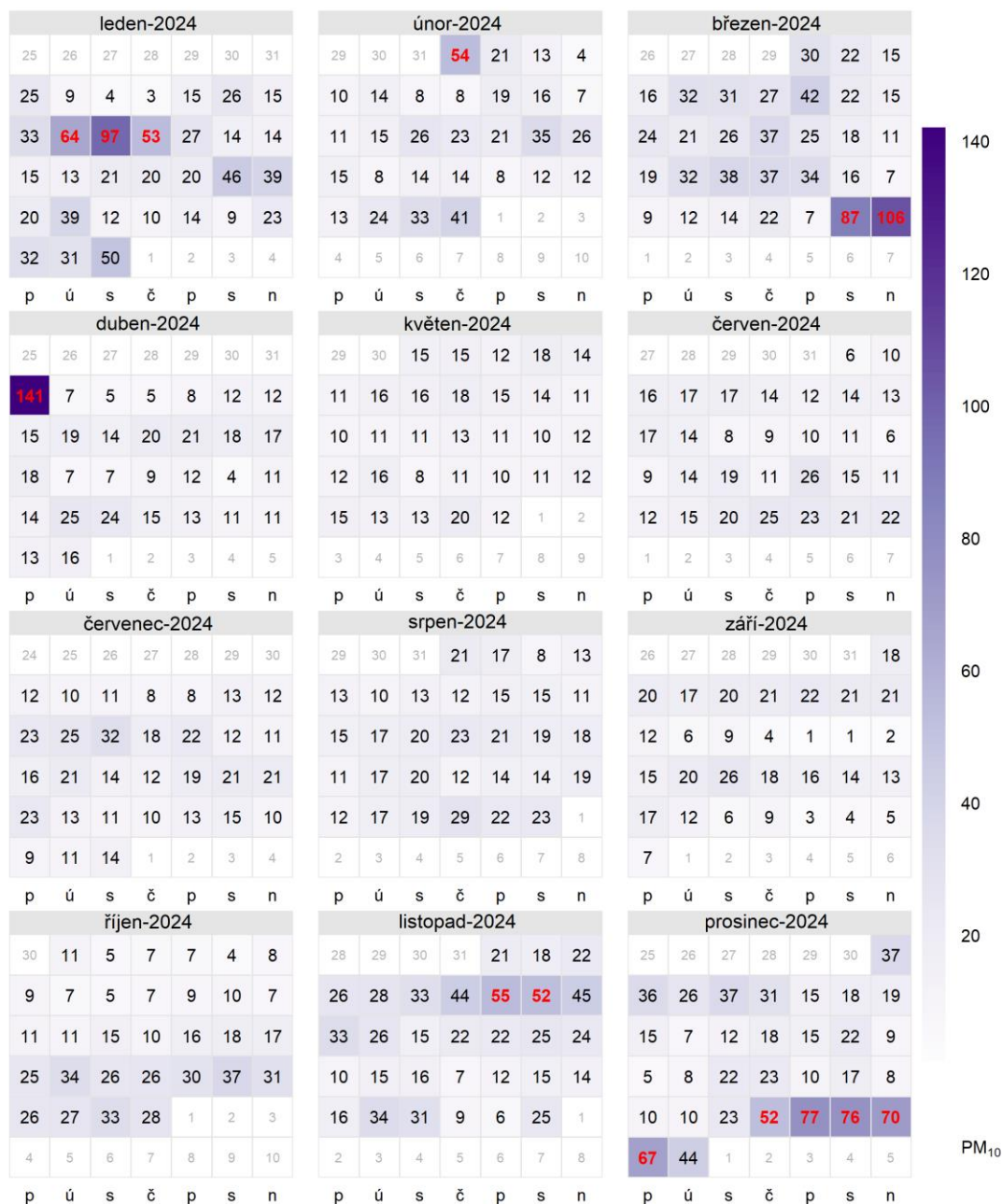
Průměrné denní koncentrace vyšší, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} ($50 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) se vyskytují převážně v chladné části. V měsících červen–září, kdy nejsou v provozu lokální topeniště a jsou příznivější rozptylové podmínky, bývají koncentrace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

Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu v jednotlivých měsících zobrazuje následující Obr. 20. V roce 2024 došlo alespoň k jednomu překročení v těchto měsících: leden, únor, březen, duben, listopad, prosinec. Nejvíce překročení bylo zaznamenáno v měsíci prosinci (5 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 14 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 $141.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. 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. 19) je možné dobře vidět, ve které měsíce a dny byly naměřeny nadlimitní koncentrace PM_{10} .



Obr. 18: Vývoj průměrných denních koncentrací PM, Zlín – Kvítková, rok 2024

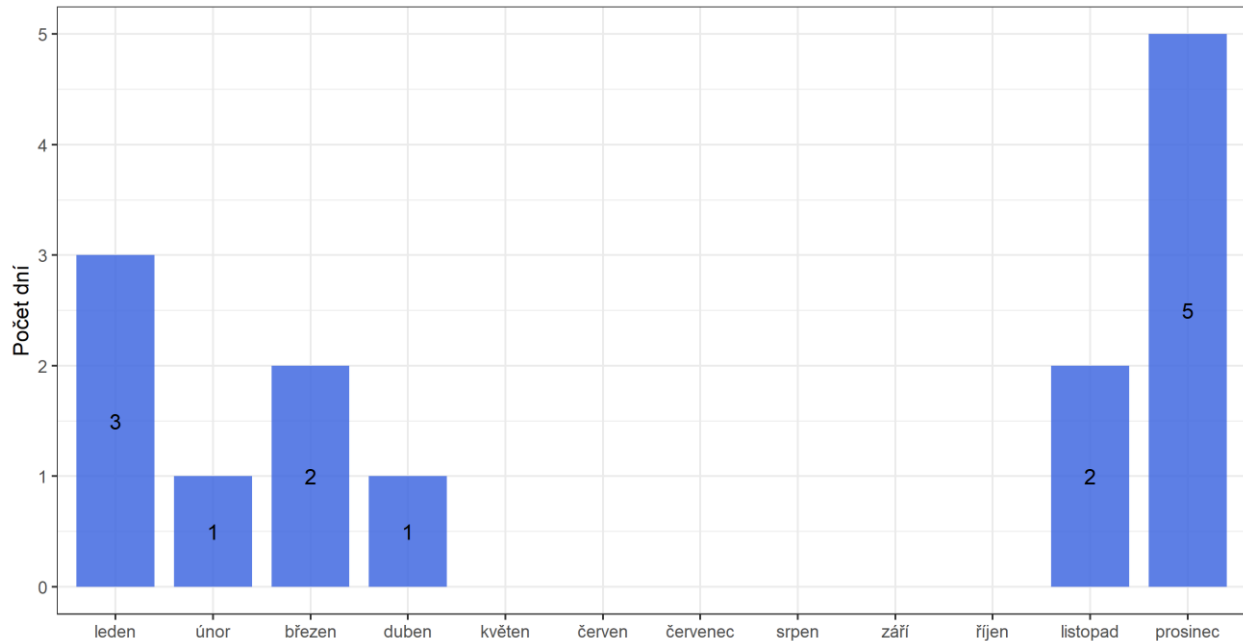


Obr. 19: Kalendářové zobrazení s hodnotami průměrných denních koncentrací PM_{10} , Zlín – Kvítková, rok 2024

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. 21. 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 6 dní, 36. nejvyšší koncentrace PM_{10} vzrostla o $4.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (15.6 %).

Počet dní s překročením denního imisního limitu PM₁₀ v jednotlivých měsících

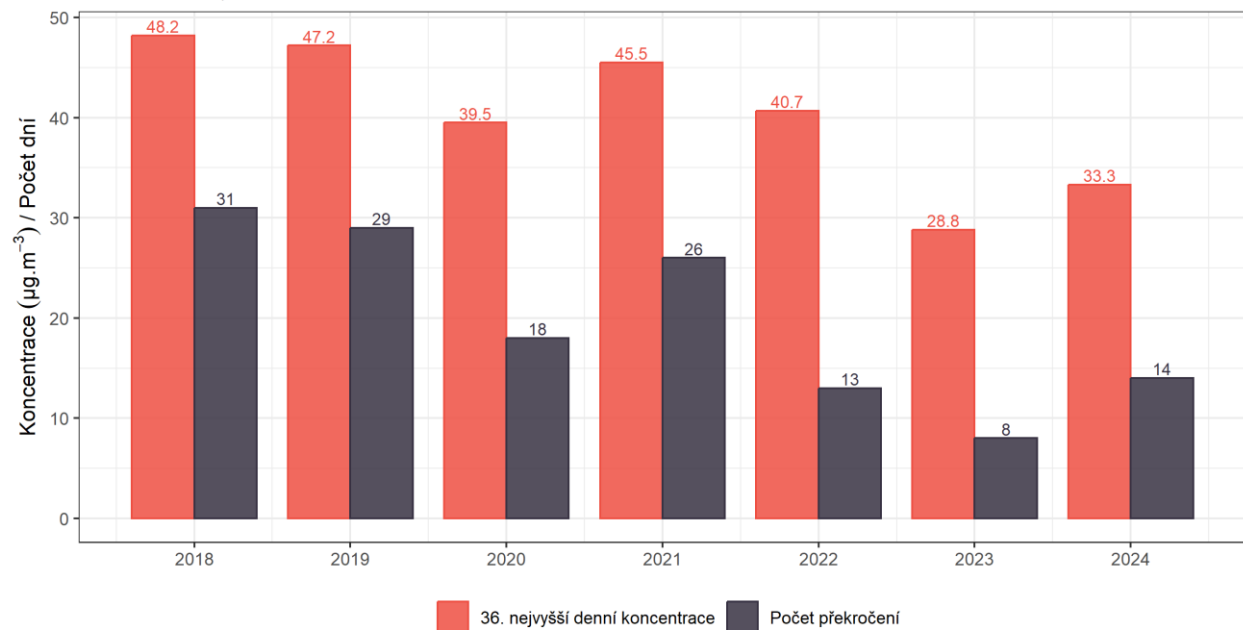
Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 20: Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ v jednotlivých měsících, Zlín – Kvítková, rok 2024

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

Zlín – Kvítková, rok 2024

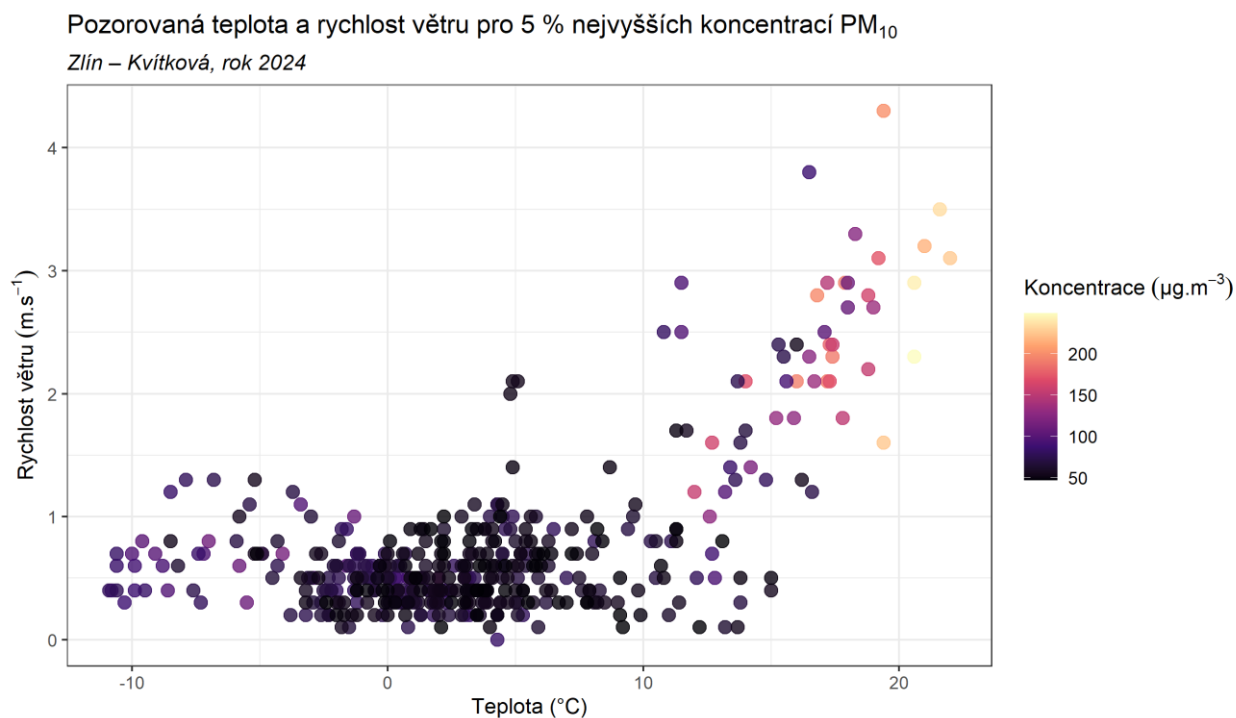


Obr. 21: Vývoj 36. nejvyšší denní koncentrace PM₁₀ a počtu dní s překročením hodnoty imisního limitu pro denní koncentraci PM₁₀, Zlín – Kvítková, rok 2024

Vzhledem k tomu, že jsou trend a z velké části i hodnoty PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 téměř totožné (Obr. 18), bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro PM_{10} , avšak totéž platí i pro jemnější frakce.

Obr. 22 zobrazuje, při jakých teplotách a rychlostech větru se vyskytuje 5 % nejvyšších hodinových koncentrací PM_{10} naměřených v lokalitě Zlín – Kvítková v roce 2024. Z analýzy těchto 5 % nejvyšších koncentrací PM_{10} lze vyčíst, že nejčastěji se tyto koncentrace vyskytují při teplotě kolem $-1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a rychlosti větru přibližně $0.4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. 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.

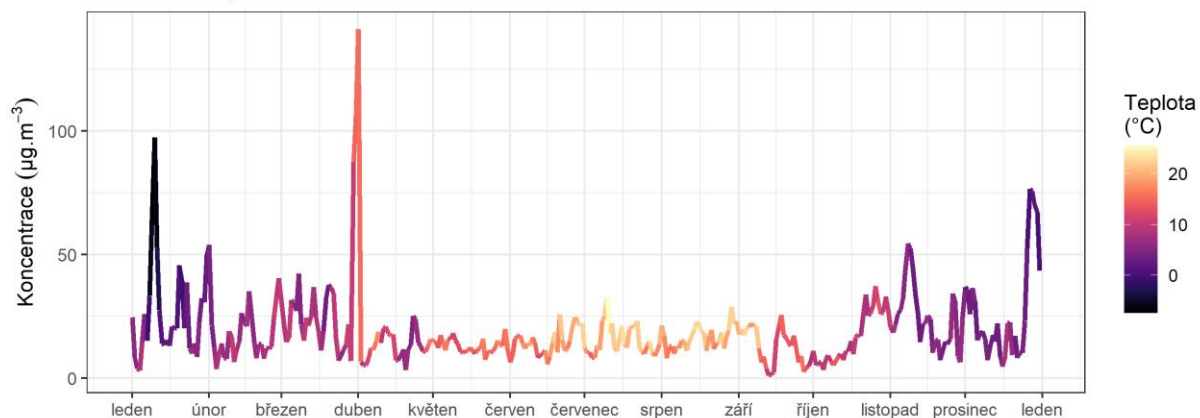
Na Obr. 23 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací PM_{10} , zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost. Grafy pak potvrzují, co bylo patrné na předchozím 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. 22: Pozorovaná teplota a rychlost větru pro 5 % nejvyšších koncentrací PM_{10} , Zlín – Kvítková, rok 2024

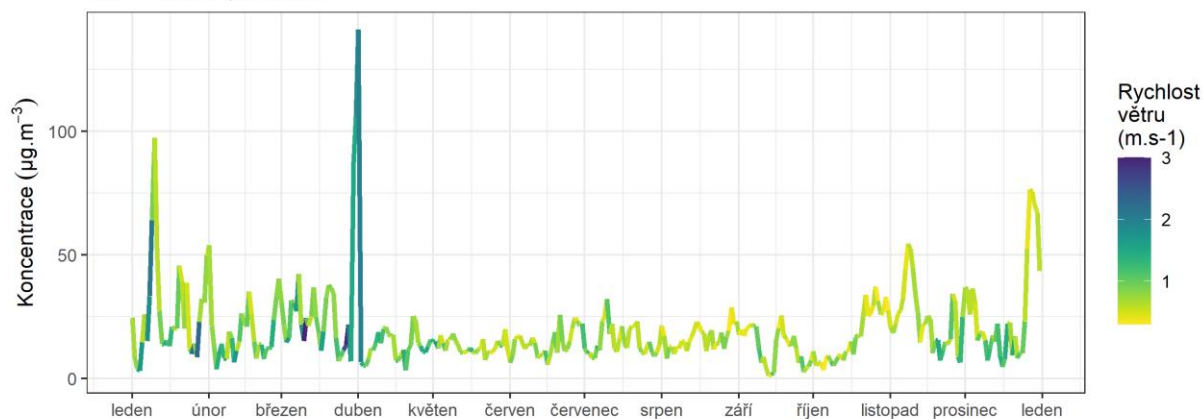
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na teplotě vzduchu

Zlín – Kvítková, rok 2024



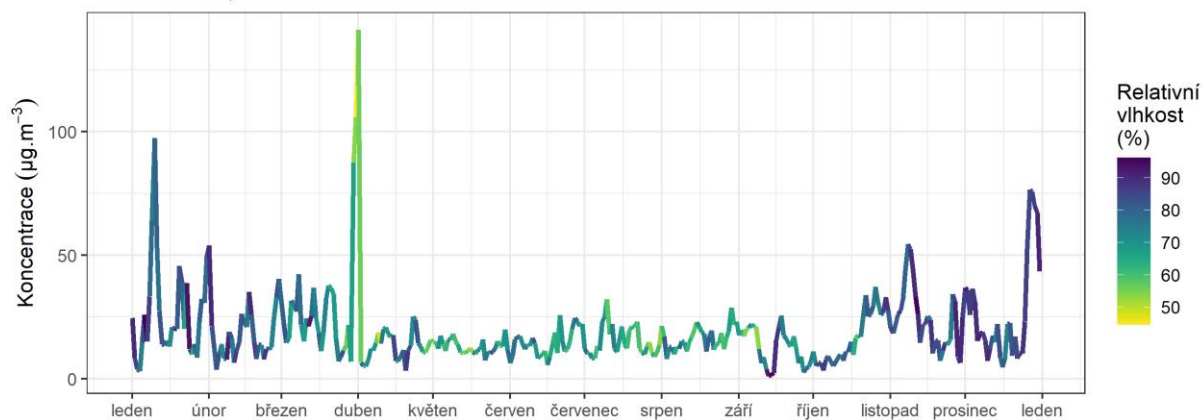
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na rychlosti větru

Zlín – Kvítková, rok 2024



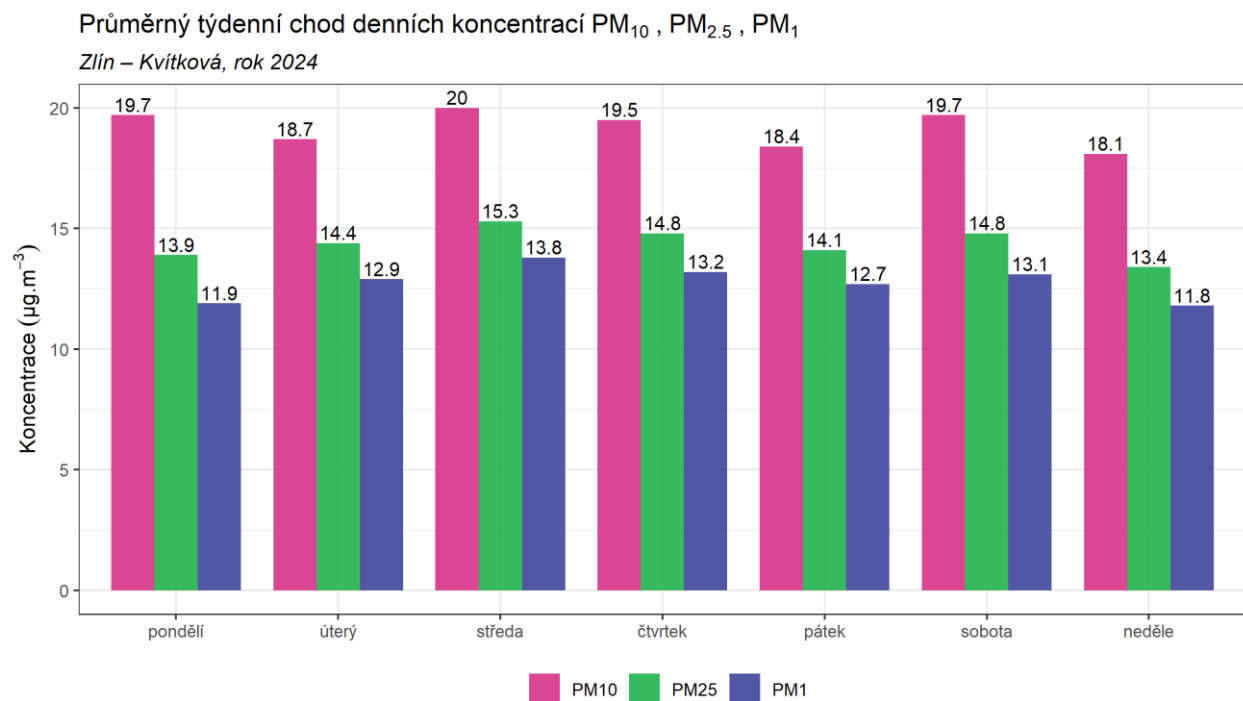
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 23: Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace PM₁₀, Zlín – Kvítková, rok 2024

Graf na Obr. 24 posuzuje denní koncentrace PM_{10} , $PM_{2.5}$ a PM_1 z hlediska dne v týdnu. V průměru nejvyšší průměrná koncentrace PM_{10} byla v roce 2024 naměřena v středu s hodnotou $20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Naopak nejnižší průměrná koncentrace PM_{10} byla naměřena v neděli s hodnotou $18.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.



Obr. 24: Průměrný týdenní chod denních koncentrací PM, Zlín – Kvítková, rok 2024

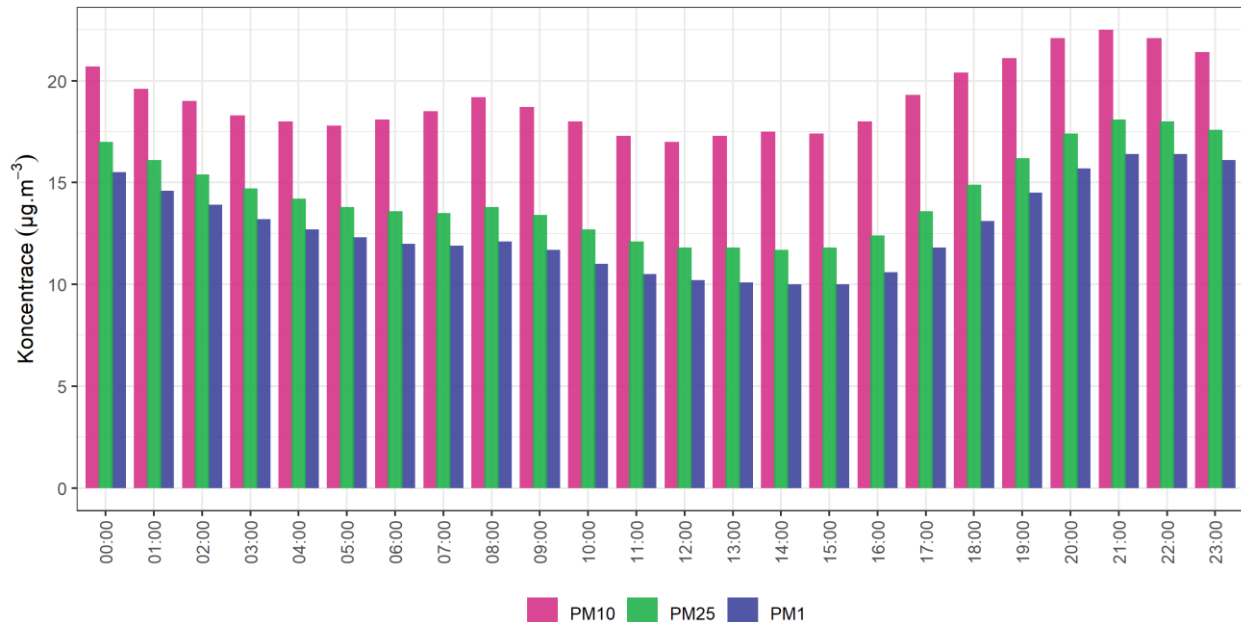
3.1.4 ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací PM_{10} , $PM_{2.5}$ a PM_1 v lokalitě Zlín – Kvítková. Denní chod koncentrací PM_{10} zobrazuje Obr. 25.

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 21:00 s hodnotou $22.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Nejnižší koncentrace PM_{10} pak byly naměřeny v 12:00 s hodnotou $17 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

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

Zlín – Kvítková, rok 2024



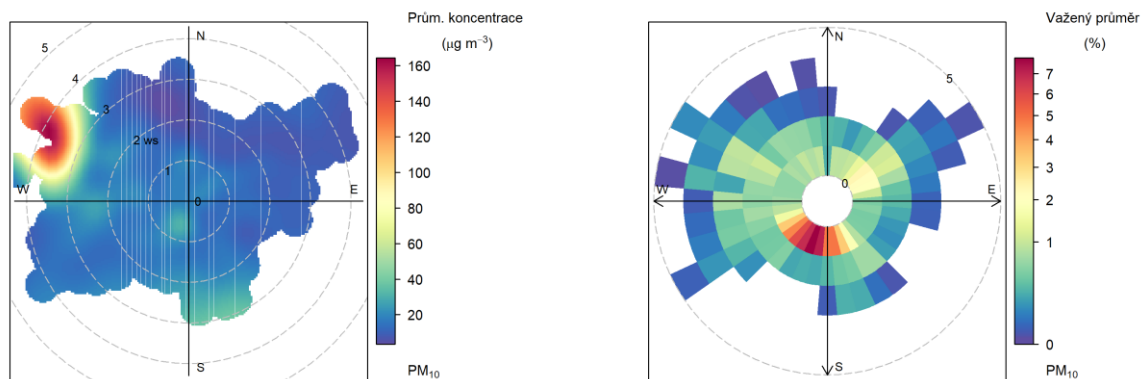
Obr. 25: Průměrný týdenní chod denních koncentrací PM, Zlín – Kvítková, rok 2024

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 bezvětrí, 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.

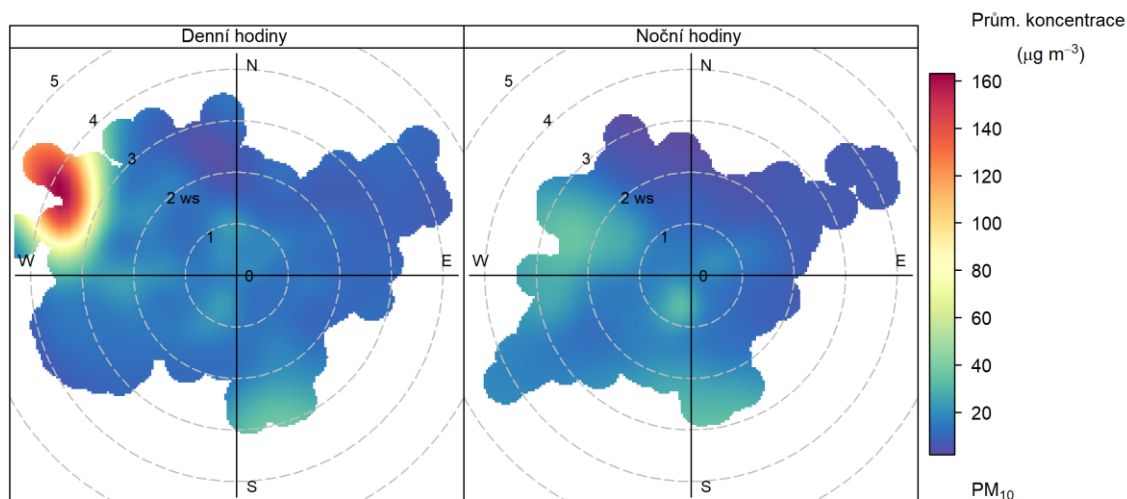
Následující Obr. 26 zobrazuje tyto dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Zlín – Kvítková.



Obr. 26: Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro PM_{10} , Zlín – Kvítková, rok 2024

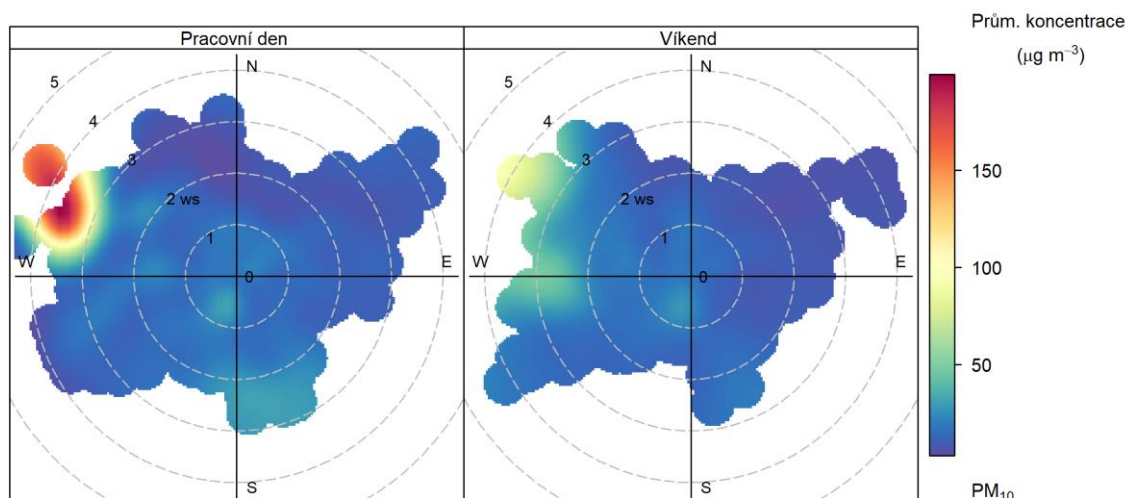
Nejvyšší koncentrace ($164 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) byla naměřena při proudění ze severozápadu a rychlosti větru $3.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Nejvyšší vážená koncentrace PM_{10} byla naměřena při proudění vzduchu od jihu a rychlosti větru $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Na následujícím Obr. 27 je koncentrační růžice rozdělená na den a noc. V denních hodinách byla zaznamenána vyšší koncentrace PM_{10} ($163 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) a byla naměřena při proudění vzduchu ze severozápadu a rychlosti větru $3.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V nočních hodinách bylo dosaženo nižší maxima, konkrétně ($36 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$), kdy vzduch proudil ze západu a rychlost větru činila $2.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



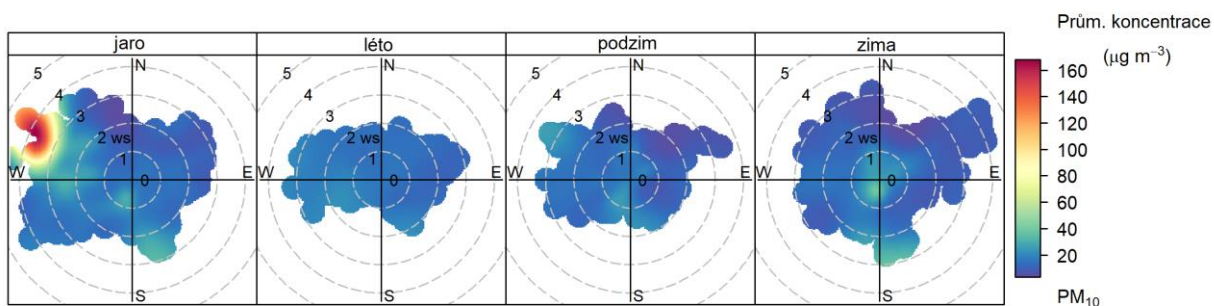
Obr. 27: Koncentrační růžice PM_{10} v denních a nočních hodinách, Zlín – Kvítková, rok 2024

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendové dny (Obr. 28). Vyšší koncentrace PM_{10} byla zaznamenána během pracovních dnů. Nejvyšší koncentrace PM_{10} , a to $199 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, naměřena při větru o rychlosti $3.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ze západu. O víkendu byla maximální koncentrace PM_{10} dosažena na úrovni $97 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, kdy proudil vzduch rychlostí $4.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ze severozápadu.



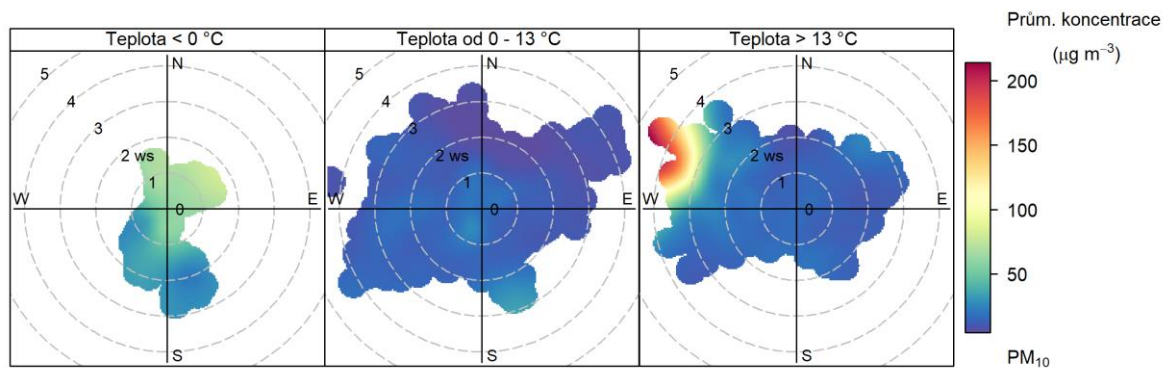
Obr. 28: Koncentrační růžice PM_{10} v pracovní dny a o víkendu, Zlín – Kvítková, rok 2024

Následující Obr. 29 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Nejvyšší koncentrace PM_{10} za rok byla zaznamenána na jaře, kdy byla naměřena maximální koncentrace PM_{10} ve výši $168 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ při proudění vzduchu ze severozápadu s rychlostí větru $3.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V letních měsících byla nejvyšší zjištěná koncentrace PM_{10} dosažena na úrovni $22 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ při proudění ze jihovýchodu a rychlosti větru $2.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na podzim byla maximální koncentrace PM_{10} $27 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, změřena při směru větru ze severozápadu a rychlosti $3.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Během zimních měsíců byla nejvyšší naměřená koncentrace PM_{10} $39 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ a byla zaznamenána při velmi nízké rychlosti větru, $0.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, proudícím z jihozápadu.



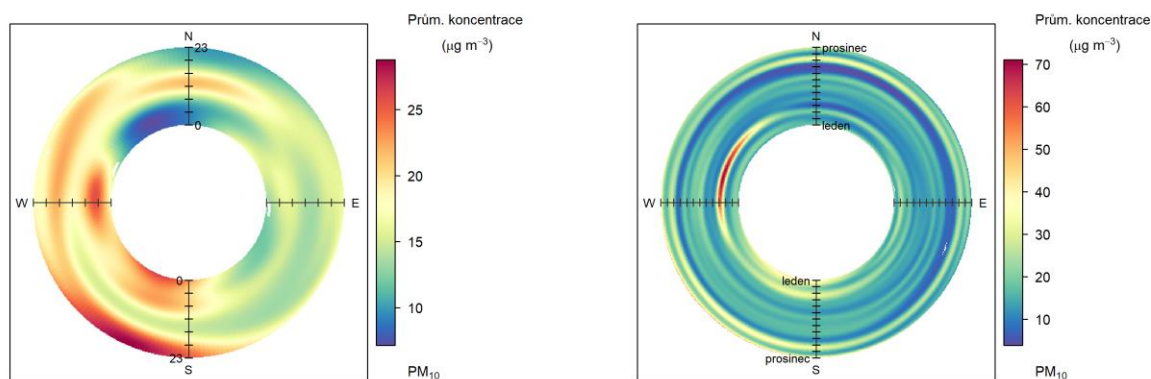
Obr. 29: Koncentrační růžice PM_{10} v jednotlivých ročních obdobích, Zlín – Kvítková, rok 2024

Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu (Obr. 30). Nejvyšší koncentrace jemných částic PM_{10} ($214 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) byla naměřena při teplotách vyšších než 13°C , kdy bylo maximum koncentrace PM_{10} dosaženo při rychlosti větru $4.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a proudění ze severozápadu. V teplotním intervalu nižším než 0°C byla zaznamenána maximální koncentrace PM_{10} ve výši $82 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, a to při proudění ze severovýchodu a rychlosti větru $1.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V intervalu teplot od 0 do 13°C byla nejvyšší naměřená koncentrace PM_{10} $36 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, dosažená při rychlosti větru $3.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a směru větru z jihu.



Obr. 30: Koncentrační růžice PM_{10} ve vybraných teplotních intervalech, Zlín – Kvítková, 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 Zlín – Kvítková jsou takto zobrazeny na Obr. 31.



Obr. 31: Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací PM_{10} dle směru větru, Zlín – Kvítková, rok 2024

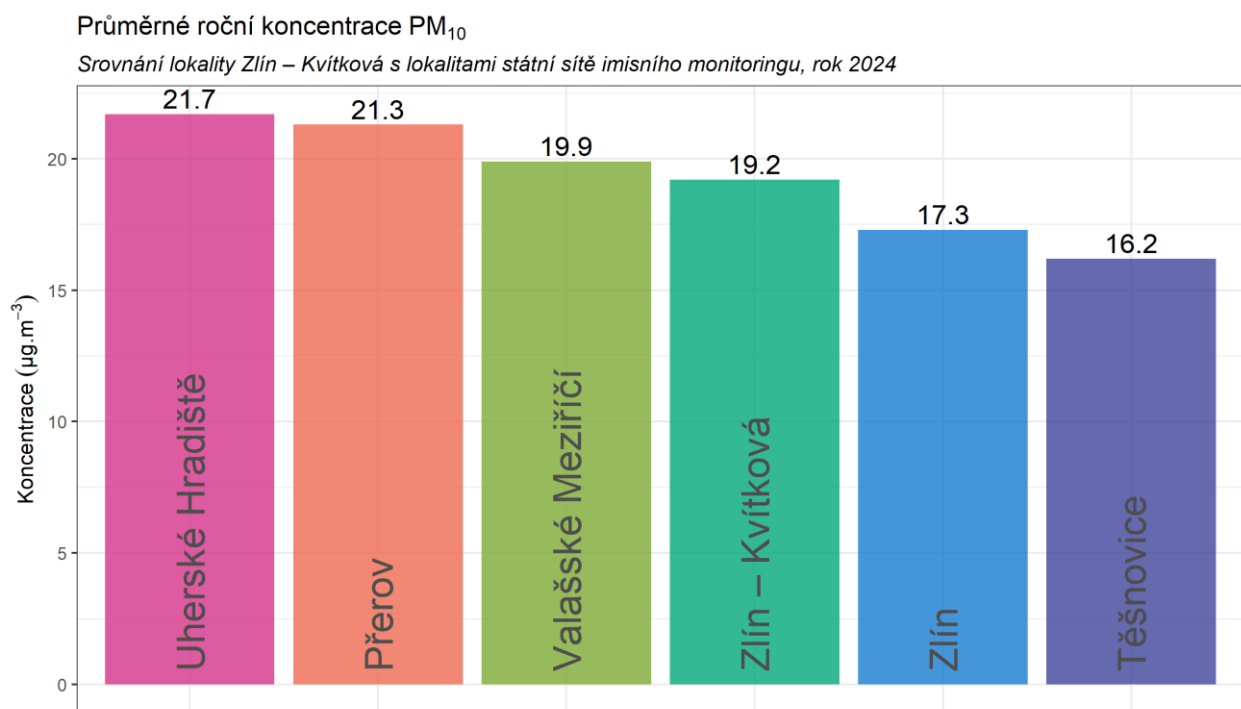
Nejvyšší koncentrace PM_{10} ($29 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) v rámci denního chodu byla naměřena v 23:00 hodin při proudění z jihozápadních směrů. Nejvyšší koncentrace PM_{10} ($71 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) byla naměřena v březnu při proudění větru ze západních směrů.

3.1.5 SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU

V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Zlín – Kvítková, 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. 32 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace částic PM_{10} na lokalitách v blízkém okolí lokality Zlín – Kvítková a srovnány s koncentracemi zde měřenými v roce 2024. Na základě analýzy průměrných ročních koncentrací PM_{10} v několika lokalitách bylo zjištěno, že žádná z uvedených lokalit nepřekročila imisní limit stanovený na hodnotě $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Rozsah naměřených hodnot se pohyboval od $16.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ v lokalitě Těšnovice do $21.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ v lokalitě Uherské Hradiště.

Pokud se zaměříme na lokalitu Zlín – Kvítková, byla zde naměřena koncentrace $19.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Tato hodnota patří k nižším v rámci sledovaného datového. Celkově hodnoty ukázaly, že sledované lokality se pohybují v relativně úzkém rozmezí.



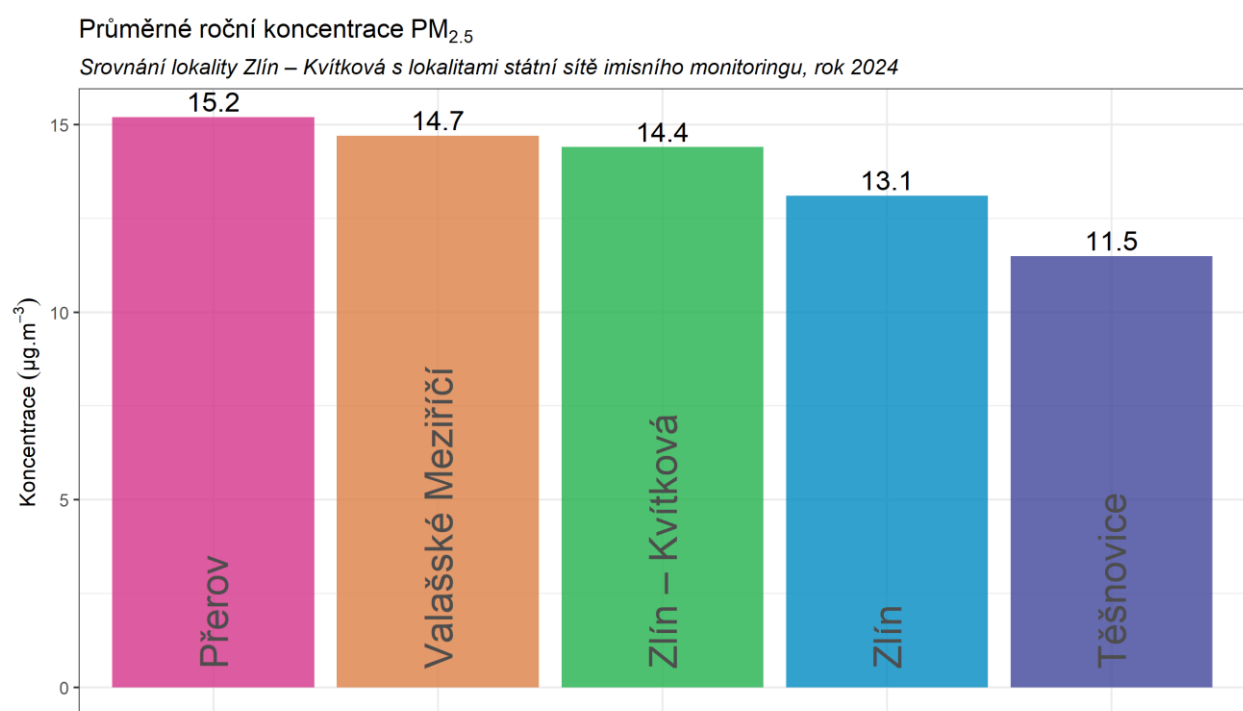
Obr. 32: Srovnání průměrné roční koncentrace PM_{10} lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Na následujícím grafu na Obr. 33 jsou obdobně zobrazeny hodnoty průměrných ročních koncentrací $PM_{2.5}$ na vybraných lokalitách s cílem zjistit, zda byly překročeny imisní limity stanovené na $20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Výsledky ukázaly, že žádná z uvedených lokalit imisní limit nepřekročila. Nejvyšší koncentrace $PM_{2.5}$ byla zaznamenána v lokalitě Přerov, kde koncentrace dosáhla $15.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Nejnižší hodnota byla změřena v lokalitě Těšnovice, kde koncentrace činila $11.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Lokalita Zlín – Kvítková se s hodnotou $14.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ leží koncentračně uprostřed sledovaných lokalit.

Graf na následujícím Obr. 34 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.

Rozsah naměřených hodnot se pohybuje mezi 7 a 17 dny s překročením. Nejvyšší hodnota 17 dní byla zaznamenána v Přerově, naopak nejnižší hodnota, 7 dní, byla naměřena ve Zlíně. Žádná z lokací nepřekročila imisní limit 35 dní.

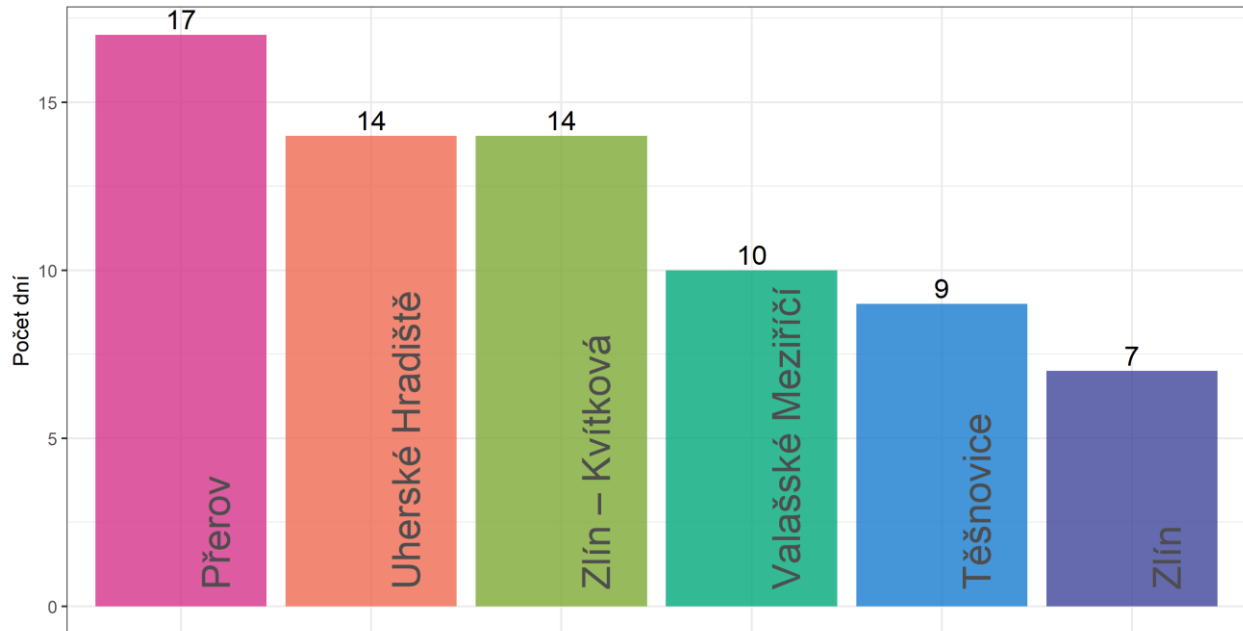
Lokalita Zlín – Kvítková spolu s lokalitou Uherské Hradiště vykázala počet 14 překročených dní, což je druhá až třetí nejvyšší hodnota.



Obr. 33: Srovnání průměrné roční koncentrace $PM_{2,5}$ lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

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

Srovnání lokality Zlín – Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

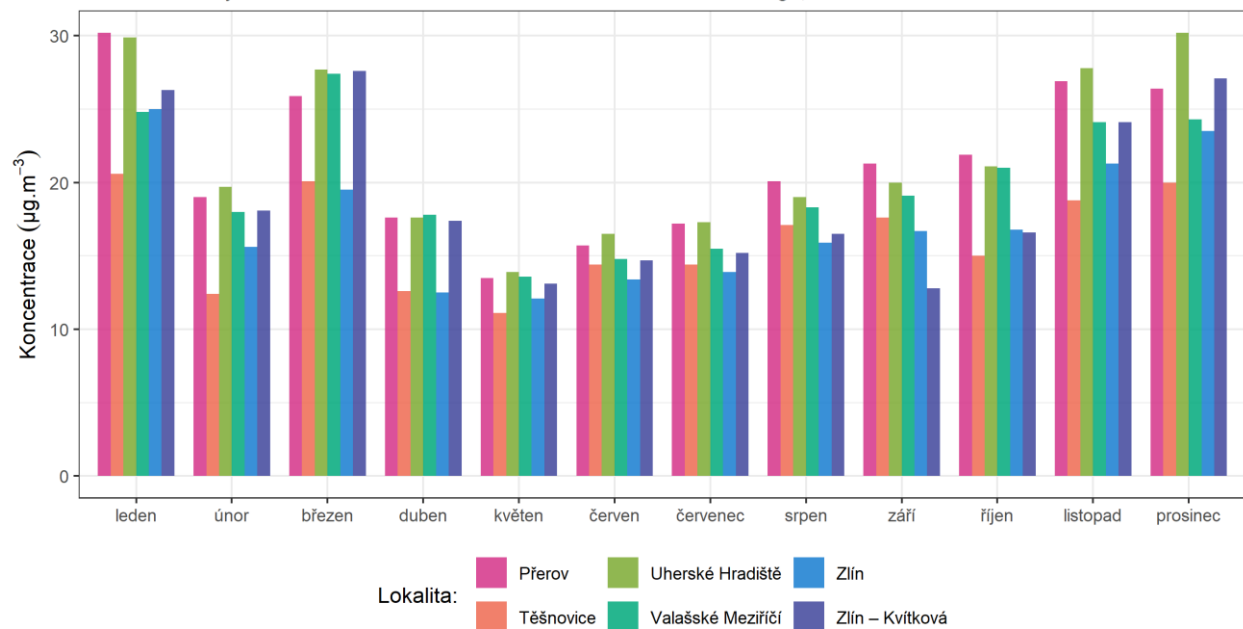


Obr. 34: Srovnání průměrné roční koncentrace PM_{10} lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Následující grafy na Obr. 35 a Obr. 36 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 Zlín – Kvítková 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

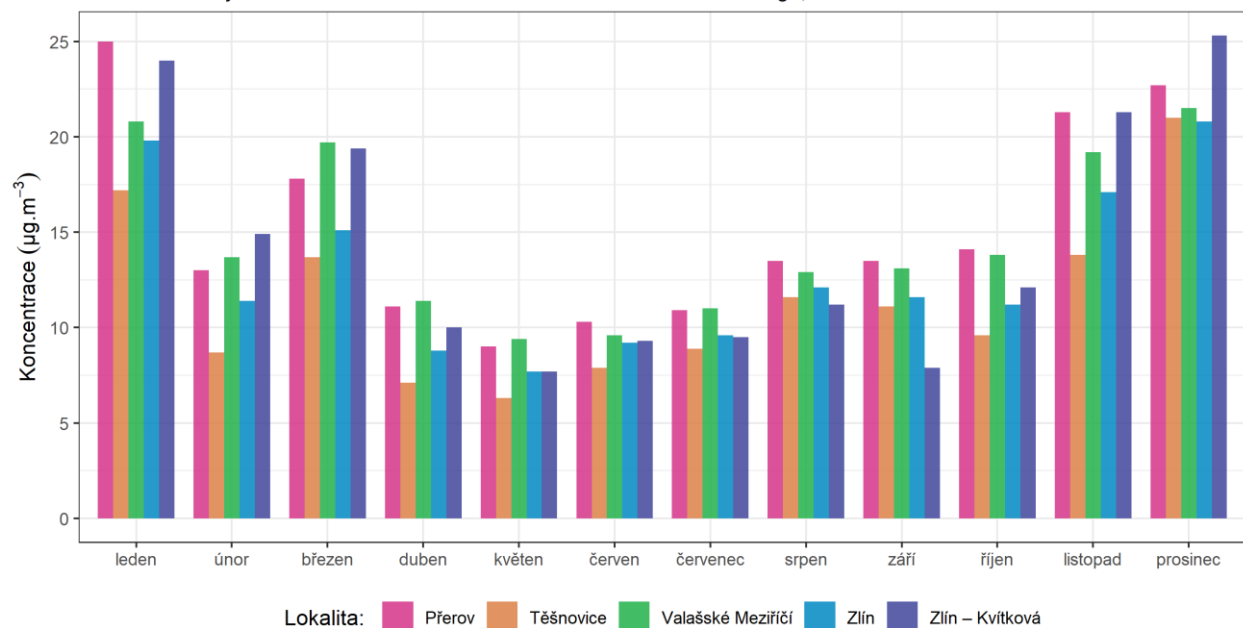
Srovnání lokality Zlín – Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 35: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM₁₀ lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

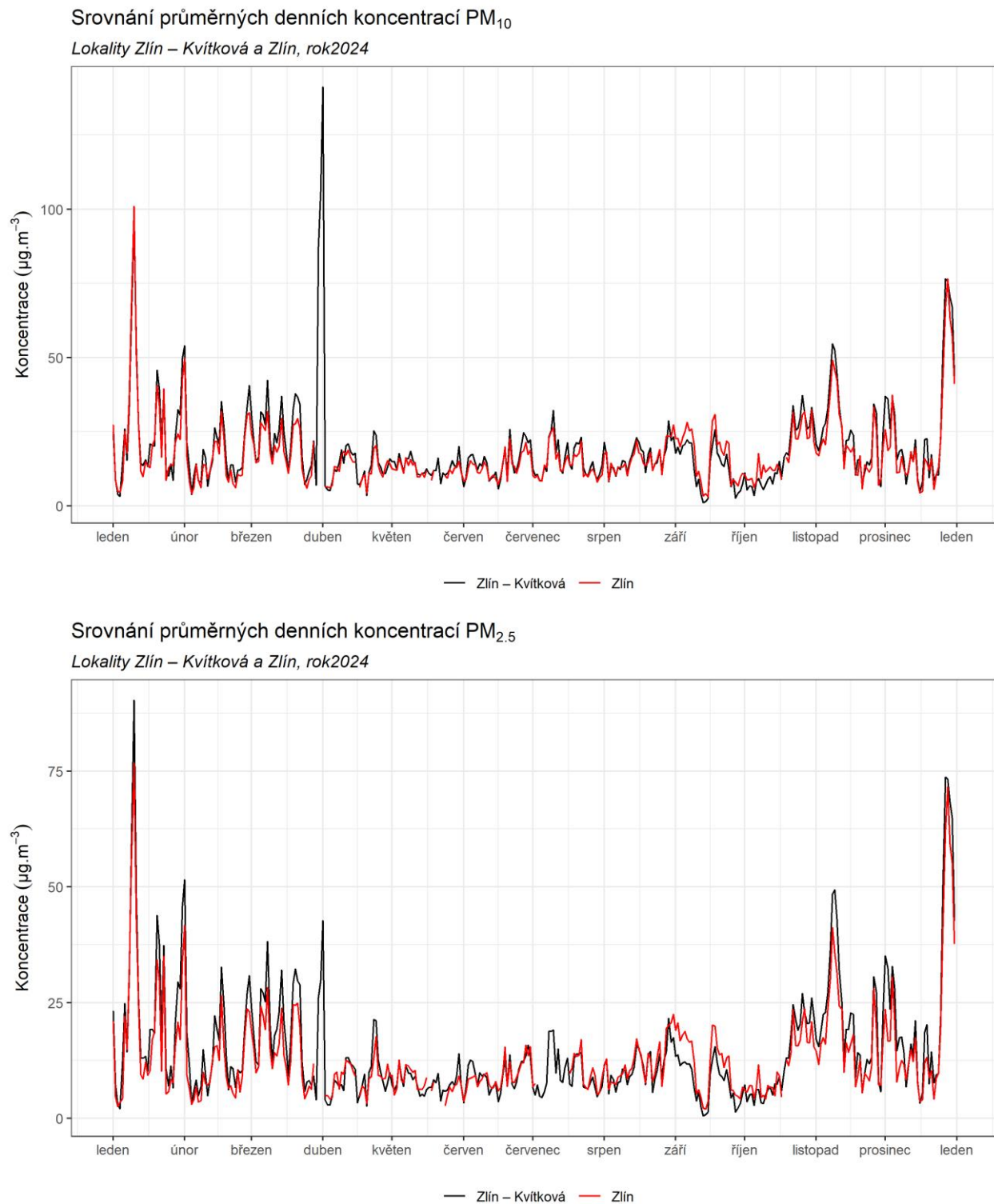
Průměrné měsíční koncentrace PM_{2.5}

Srovnání lokality Zlín – Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 36: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM_{2.5} lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

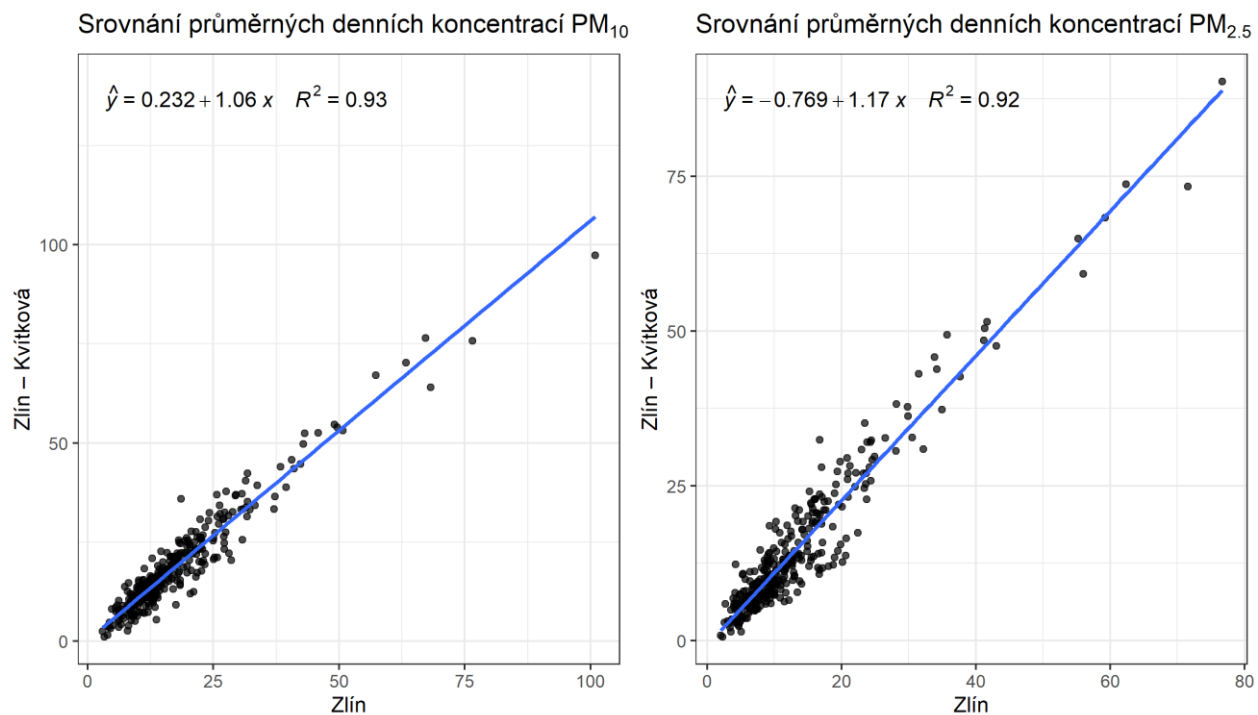
Následující graf na Obr. 37 srovnání průměrných denních koncentrací PM_{10} (nahore) a $PM_{2,5}$ (dole) s lokalitou státní sítě imisního monitoringu Zlín.



Obr. 37: Srovnání průměrných denních koncentrací PM_{10} (nahore) a $PM_{2,5}$ (dole), lokality Zlín – Kvítková a Zlín, rok 2024

Z grafu je dobře patrné, že vývoj průměrných denních koncentrací je v obou lokalitách velmi podobný. Rozdíl lze pozorovat zejména ve špičkách, kdy se koncentrace v lokalitě Zlín – Kvítková pohybují mírně nad hodnotami koncentrací měřenými v lokalitě Zlín.

Mezi stanicemi existuje velmi dobrá korelace jak pro PM_{10} , tak pro $PM_{2.5}$, jak ukazují grafy na Obr. 38. Vyšší koncentrace v lokalitě Zlín – Kvítková jsou zřejmě způsobeny rozdílnou orografií terénu.



Obr. 38: Korelace průměrných denních koncentrací PM_{10} (vlevo) a $PM_{2.5}$ (vpravo), lokality Zlín – Kvítková a Zlín, rok2024

3.2 OXIDY DUSÍKU NO₂, NO A NO_x

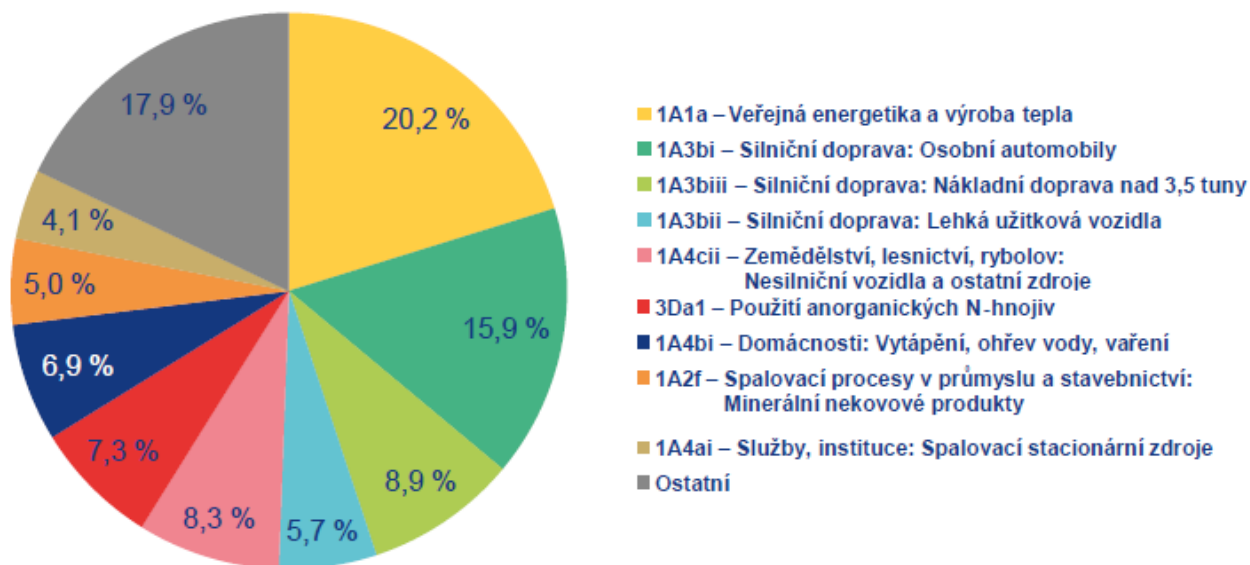
Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO_x) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO₂) [11].

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. 39: 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 –

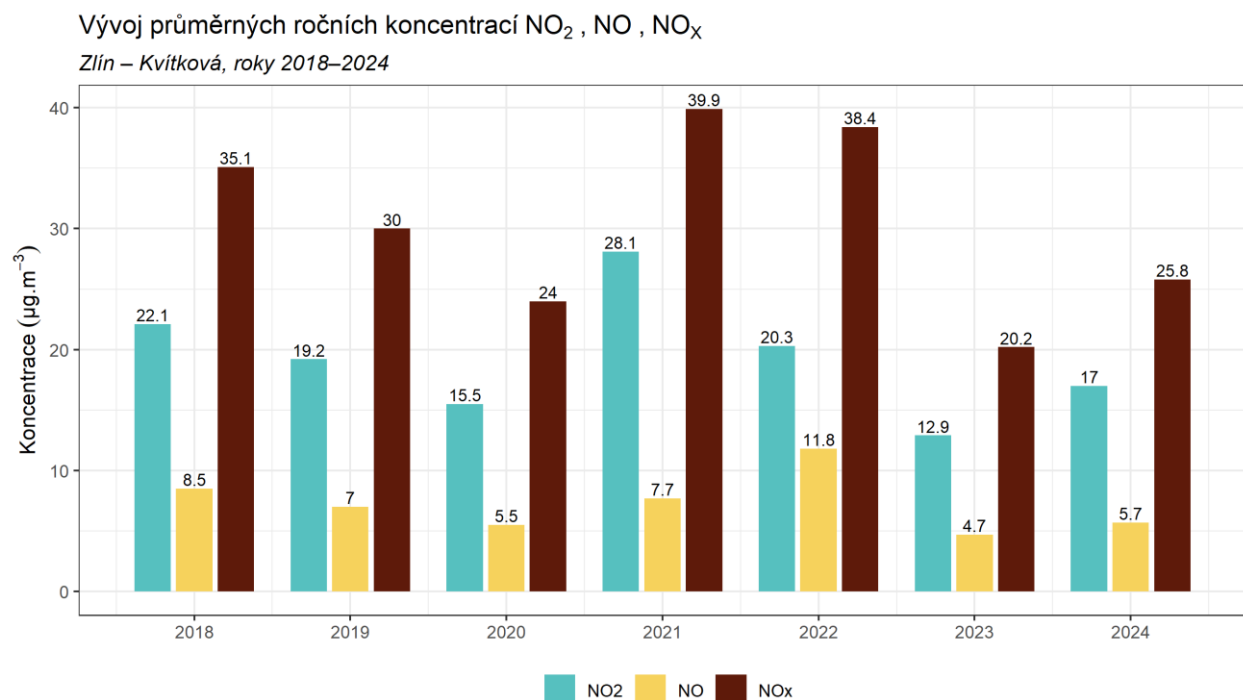
Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje se podílel 8,3 %, 1A3biii – Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 t a 1A3bii – Silniční doprava: Lehká užitková vozidla se na celorepublikových emisích NO_x v roce 2023 podílely 8,9 % a 5,7 %. Ze sektoru 1A1a – Veřejná energetika 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 Zlín – Kvítková 17 µg·m⁻³. Imisní limit tedy překročen nebyl.

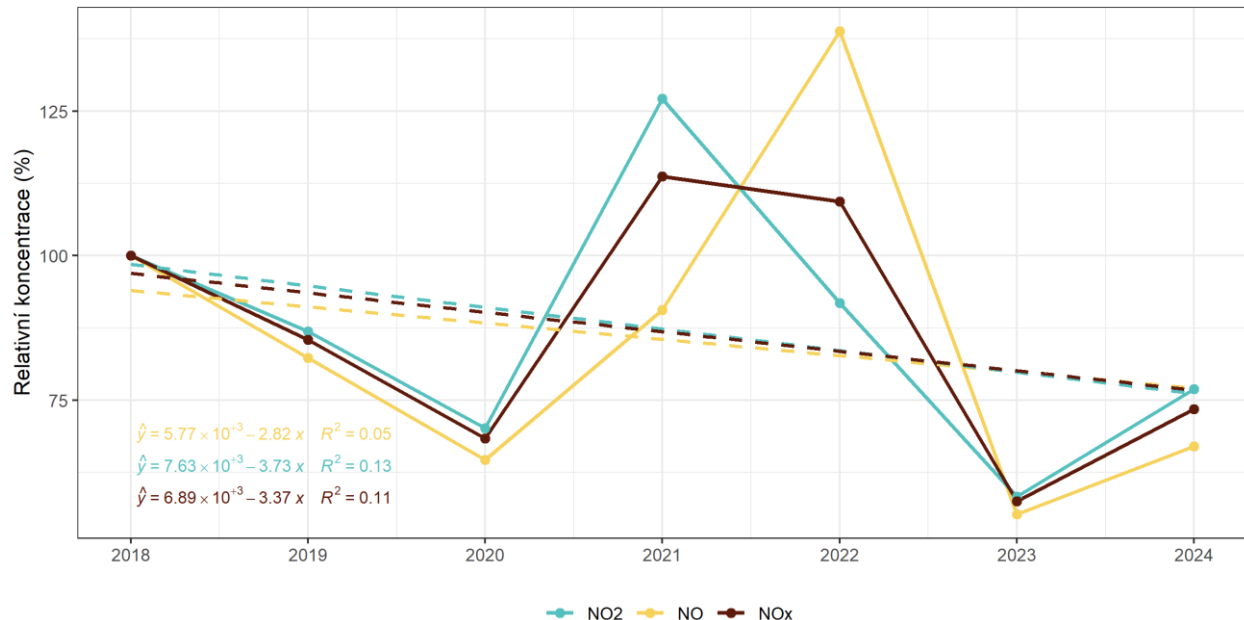
Průměrná roční koncentrace NO činila v roce 2024 v lokalitě Zlín – Kvítková 5.7 µg·m⁻³. Průměrná roční koncentrace NO_x činila v roce 2024 v lokalitě Zlín – Kvítková 25.8 µg·m⁻³.

Následující Obr. 40 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací NO₂, NO a NO_x v lokalitě Zlín – Kvítková. V roce 2024 byl zaznamenán nárůst koncentrace oxidu dusnatého (NO) o 1 µg·m⁻³, což představuje 21.3 %. Současně bylo zjištěno zvýšení koncentrace oxidu dusičitého (NO₂) o 4.1 µg·m⁻³, což činí 31.8 %. Rovněž došlo k nárůstu koncentrace oxidů dusíku (NO_x) o 5.6 µg·m⁻³, což odpovídá 27.7 %. Relativní vývoj koncentrací jednotlivých oxidů dusíku vzhledem k počátečnímu roku měření zobrazuje následující graf na Obr. 41. Rok 2018 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. 40: Vývoj průměrných ročních koncentrací oxidů dusíku, Zlín – Kvítková, rok 2024

Vývoj průměrných ročních koncentrací NO₂, NO, NO_x
Zlín – Kvítková, roky 2018–2024 (normalizováno na 2018 = 100 %)



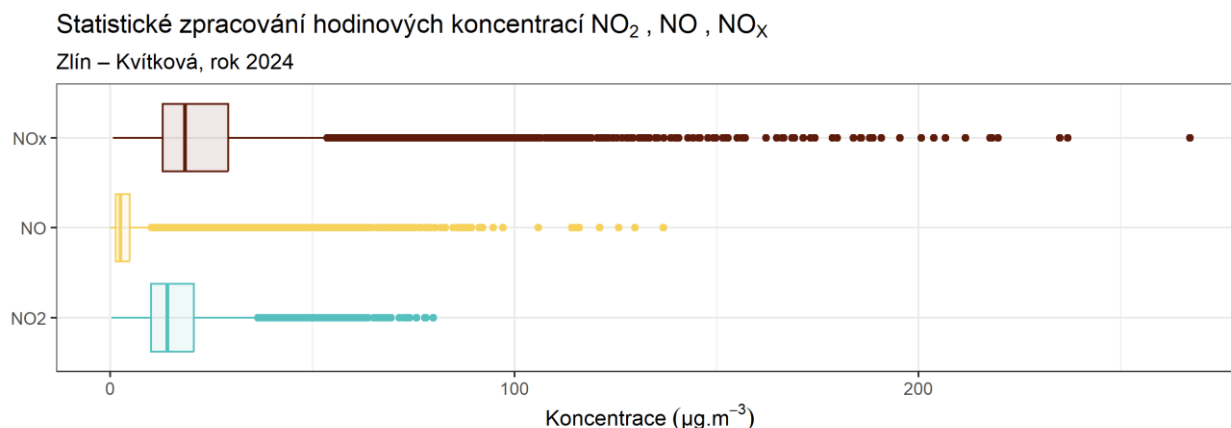
Obr. 41: Vývoj relativních ročních koncentrací oxidů dusíku proti počátečnímu roku měření (2018), Zlín – Kvítková, rok 2024

Nejvíce klesají koncentrace NO_x, které byly naměřeny ve snížení o 1.2 µg·m⁻³ ročně a pokles relativní hodnoty koncentrace byl zjištěn ve výši 3.4 % ročně ($R^2 = 0.11$). Následuje NO₂, u kterého byl zaznamenán pokles o 0.8 µg·m⁻³ ročně a relativní snížení koncentrace bylo 3.7 % ročně ($R^2 = 0.13$). Koncentrace NO klesá v průměru o 0.2 µg·m⁻³ ročně a relativní pokles byl naměřen na úrovni 2.8 % ročně ($R^2 = 0.05$). V uvedených hodnotách koncentrací, respektive v poklesech těchto hodnot, nebyl nalezen žádný další významný trend.

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. 42. Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že maximální hodnota hodinové koncentrace NO₂ se v roce 2024 pohybovala na úrovni 40 % 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 66.6 µg·m⁻³. Imisní limit pro hodinové koncentrace NO₂ je tedy v lokalitě Zlín – Kvítková s velmi velkou rezervou plněn.**

Tab. 4: Statistické charakteristiky hodinových koncentrací oxidů dusíku v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2024

STATISTIKA	NO ₂	NO	NO _x
PRŮMĚR	17.0	5.7	25.8
MAXIMUM	80.0	136.8	267.1
MEDIÁN	14.2	2.5	18.6
MINIMUM	0.4	0.0	0.8



Obr. 42: Statistické zpracování hodinových koncentrací oxidů dusíku v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2024

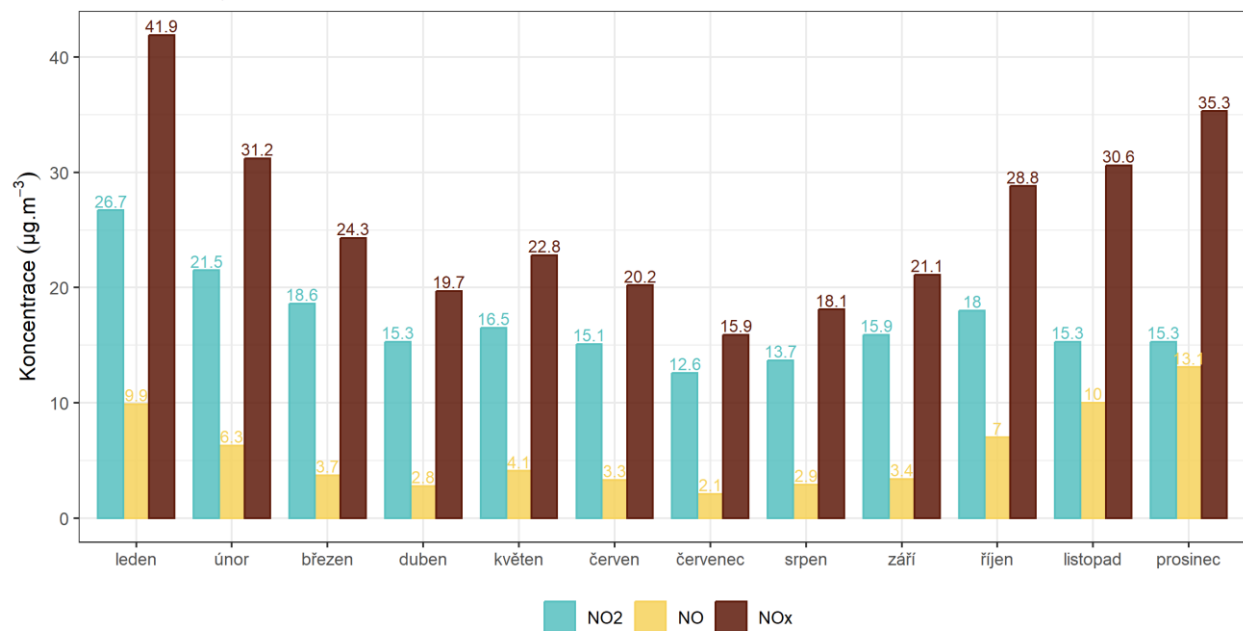
3.2.2 PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE

Na Obr. 43 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. V lokalitě byly identifikovány variability v koncentracích škodlivin NO, NO₂ a NO_x v různých měsících. Nejvyšší koncentrace NO byla zaznamenána v prosinci a listopadu, a to 13.1 a 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, zatímco nejnižší hodnoty byly naměřeny v červenci a dubnu, konkrétně 2.1 a 2.8 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. U škodliviny NO₂ byly nejvyšší koncentrace zjištěny v lednu a únoru, hodnoty činily 26.7 a 21.5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, naproti tomu nejnižší koncentrace byly zaznamenány v červenci a srpnu, s hodnotami 12.6 a 13.7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Pro NO_x bylo zjištěno, že nejvyšší koncentrace byly měřeny v lednu a prosinci, a sice 41.9 a 35.3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, zatímco nejnižší koncentrace byly naměřeny v červenci a srpnu, činily 15.9 a 18.1 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Tyto hodnoty reprezentují významný vliv sezónních změn na koncentrace těchto škodlivin v atmosféře.

Poměr měsíčních koncentrací NO / NO₂ zobrazuje Obr. 44. Poměr je poměrně stabilní a nízký, charakteristický pro městské pozadové lokality. Nejvyšší zastoupení NO v NO₂ bylo naměřeno v prosinci (0.7 %). Nejnížší zastoupení pak bylo naměřeno v únoru (0.2 %).

Vývoj průměrných ročních koncentrací NO₂ , NO , NO_x

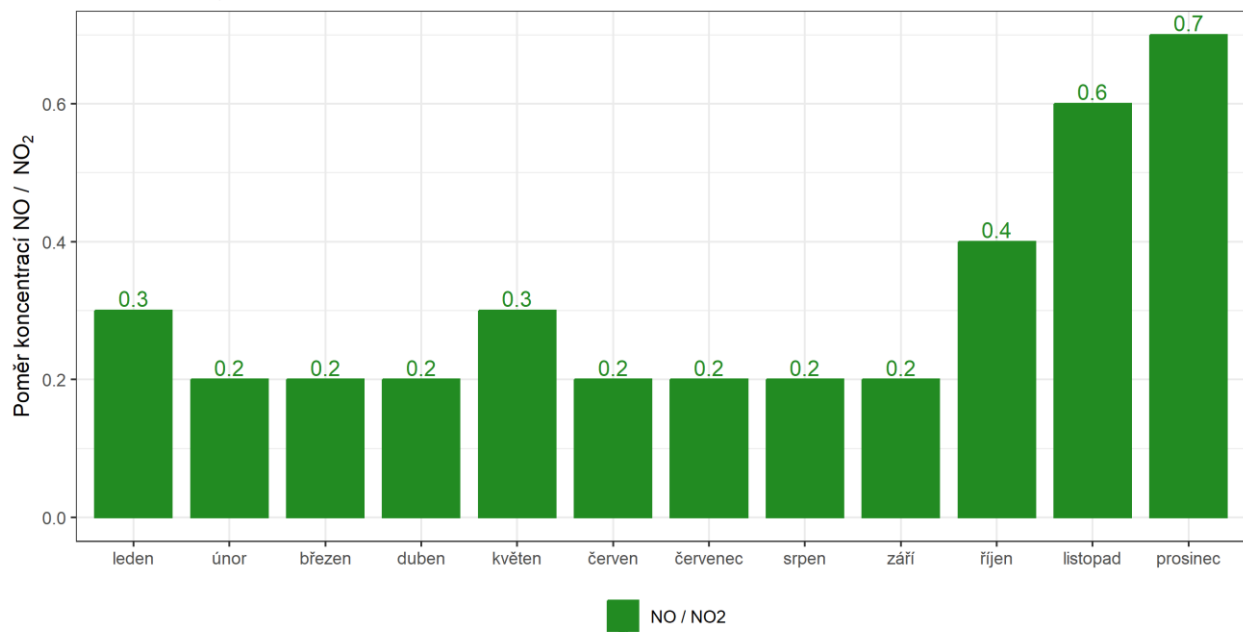
Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 43: Průměrné měsíční koncentrace oxidů dusíku v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2024

Průměrný měsíční poměr koncentrací NO / NO₂

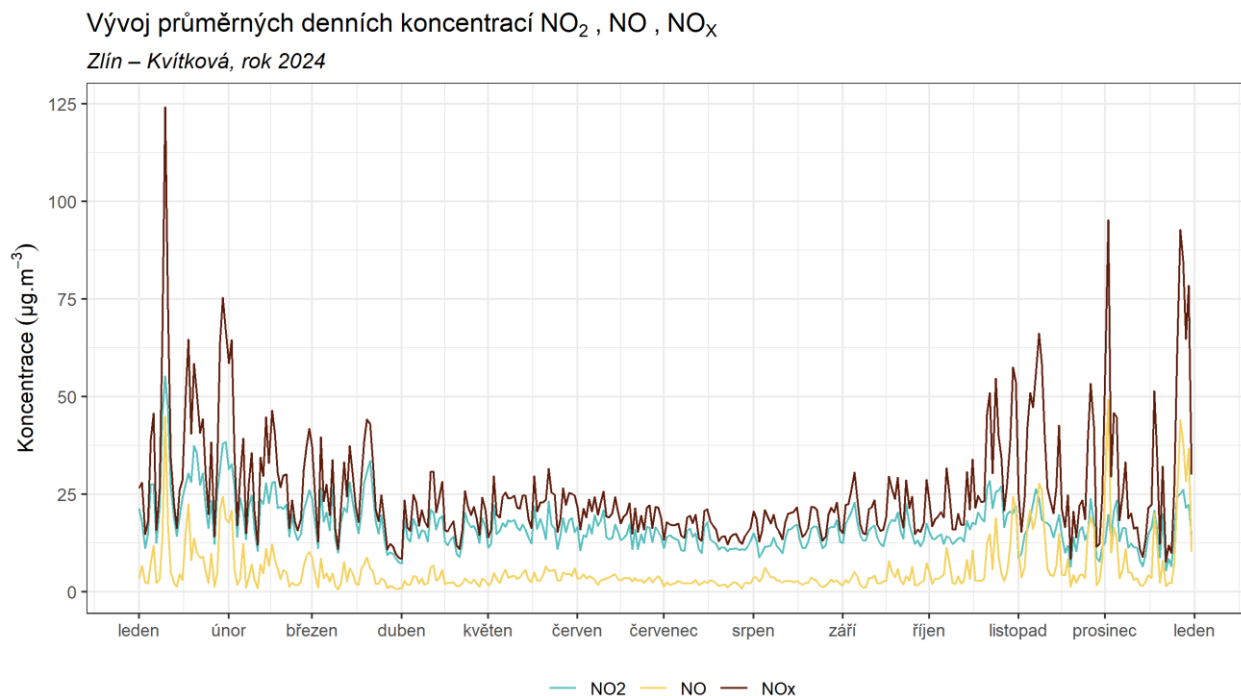
Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 44: Poměr měsíčních koncentrací NO / NO₂, lokalita Zlín – Kvítková, rok 2024

3.2.3 PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE

Vývoj průměrných denních koncentrací NO_2 , NO a NO_x v lokalitě Zlín – Kvítková zobrazuje následující Obr. 45.



Obr. 45: Vývoj průměrných hodinových koncentrací oxidů dusíku, Zlín – Kvítková, rok 2024

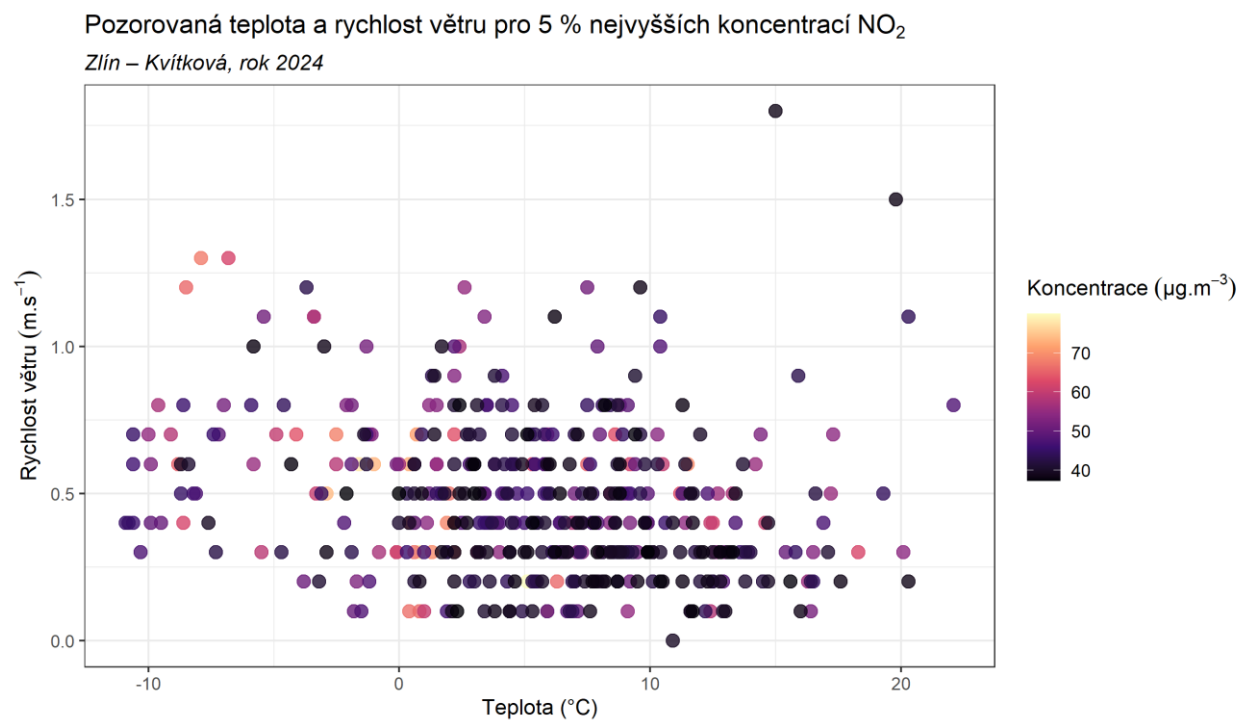
Z grafu je patrné, že nejnižší hodnoty jsou měřeny v letních měsících a směrem k zimním měsícům hodnoty postupně narůstají.

Vzhledem k tomu, že imisní limit je stanoven pouze pro koncentrace NO_2 , bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro tuto látku.

Obr. 46 zobrazuje, při jakých teplotách a rychlostech větru se vyskytuje 5 % nejvyšších hodinových koncentrací NO_2 naměřených v lokalitě Zlín – Kvítková v roce 2024. Z analýzy těchto 5 % nejvyšších koncentrací NO_2 lze vyčíst, že nejčastěji se tyto koncentrace vyskytují při teplotě kolem 2.2°C a rychlosti větru přibližně $0.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Na Obr. 47 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.

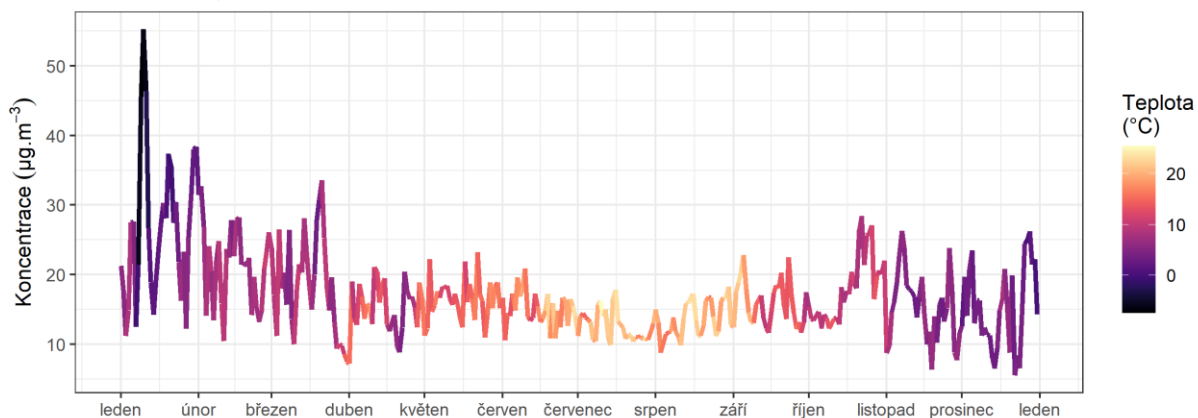
Z grafů je patrné, že na koncentrace NO_2 má vliv jak teplota, tak rychlost větru. Grafy pak potvrzují, co bylo patrné na předchozím grafu. Vyšší koncentrace jsou měřeny při velmi nízkých rychlostech větru, resp. při nízkých teplotách.



Obr. 46: Pozorovaná teplota a rychlost větru pro 5 % nejvyšších koncentrací NO₂, Zlín – Kvítková, rok 2024

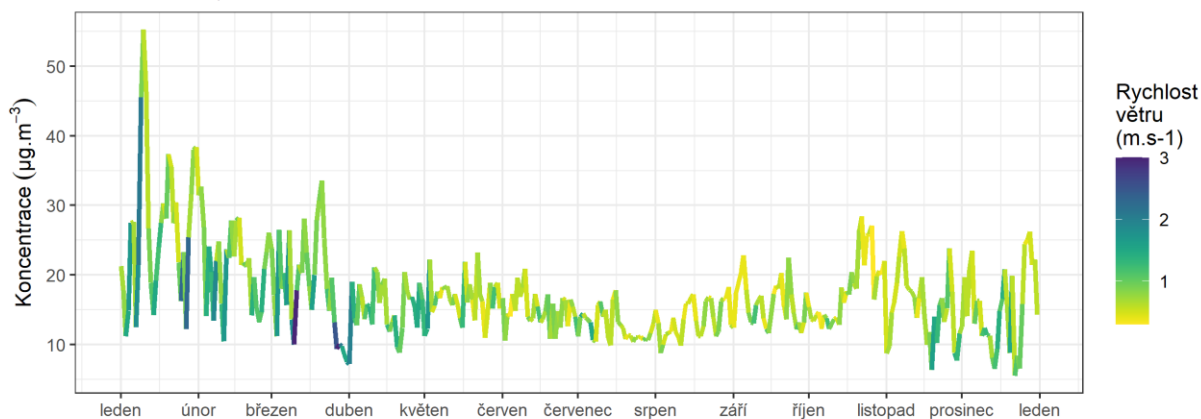
Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na teplotě vzduchu

Zlín – Kvítková, rok 2024



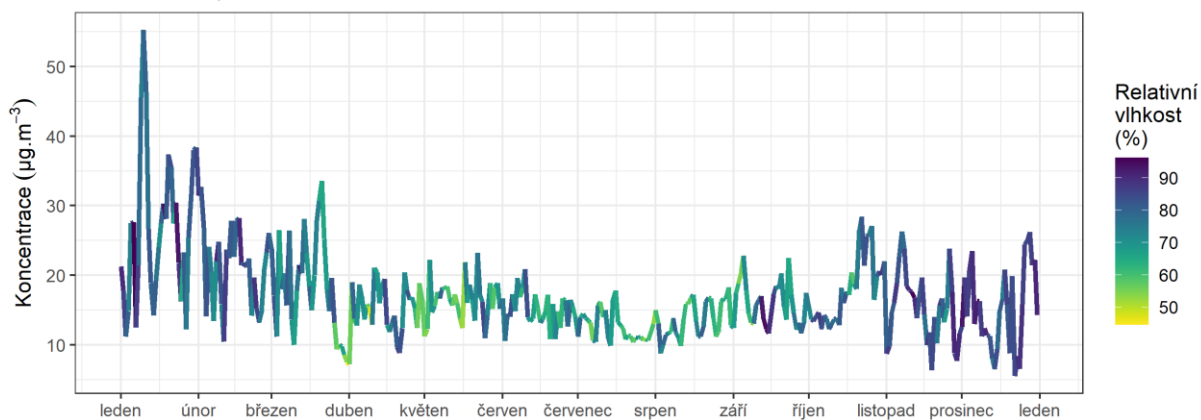
Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na rychlosti větru

Zlín – Kvítková, rok 2024



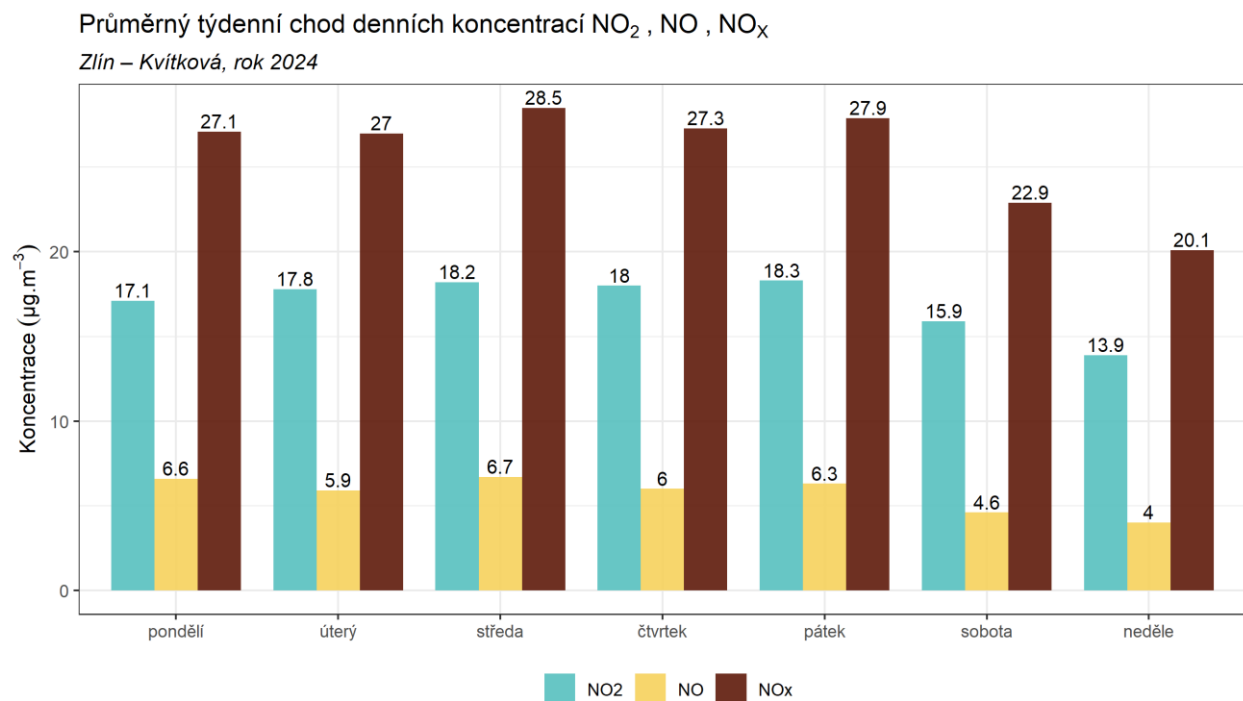
Vývoj průměrných denních koncentrací NO₂ v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 47: Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace NO₂, Zlín – Kvítková, rok 2024

Graf na Obr. 48 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 $18.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Naopak nejnižší průměrná koncentrace NO_2 byla naměřena v neděli s hodnotou $13.9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.



Obr. 48: Průměrný týdenní chod denních koncentrací oxidů dusíku, Zlín – Kvítková, rok 2024

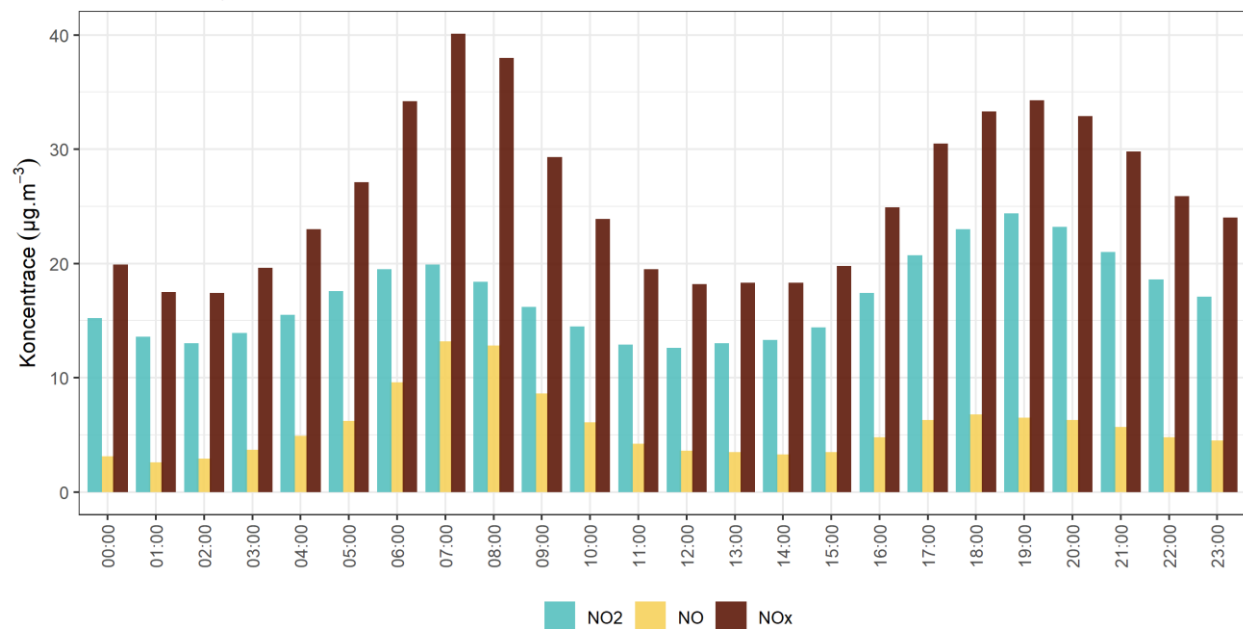
3.2.4 ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací NO_2 , NO a NO_x v lokalitě Zlín – Kvítková. Denní chod koncentrací PM_{10} zobrazuje Obr. 49.

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 19:00 s hodnotou $24.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Nejnižší koncentrace NO_2 pak byly naměřeny v 12:00 s hodnotou $12.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Průměrný denní chod hodinových koncentrací NO₂ , NO , NO_x

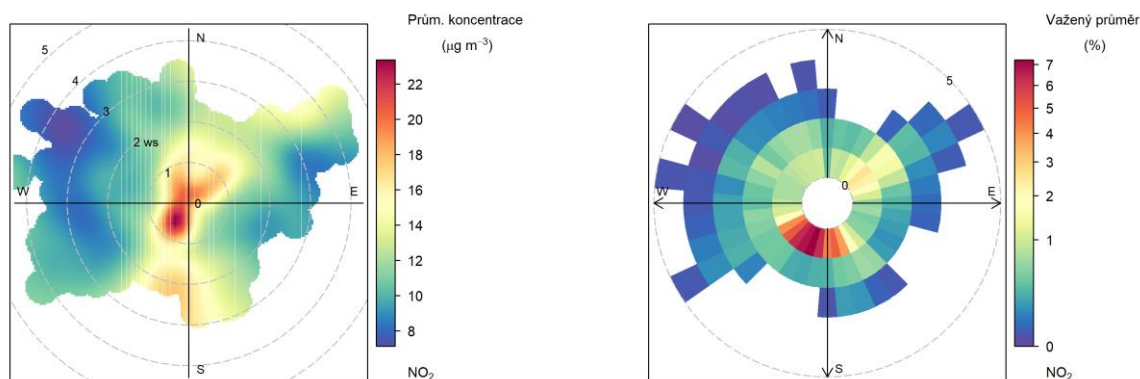
Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 49: Průměrný týdenní chod denních koncentrací oxidů dusíku, Zlín – Kvítková, rok 2024

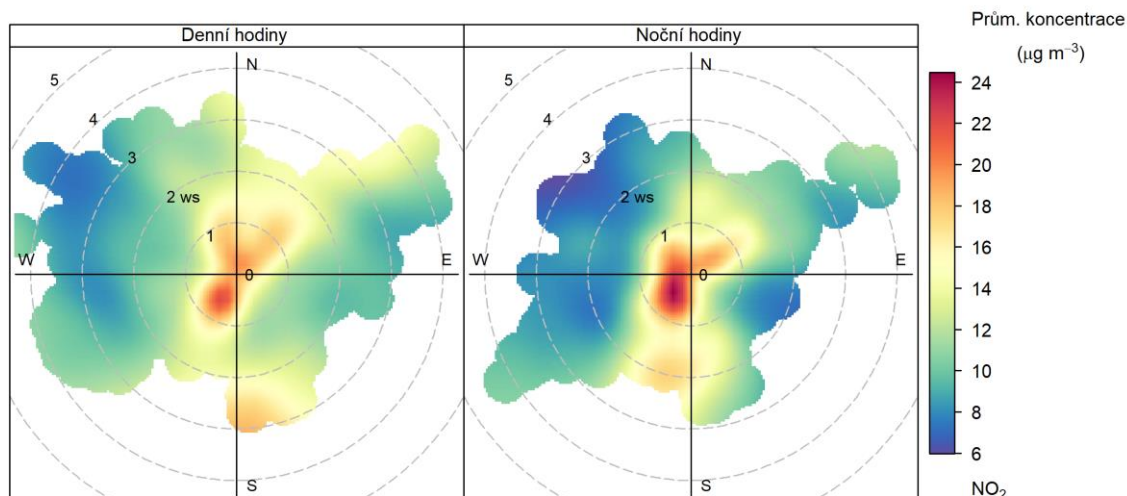
Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole koncentračních růžic pro PM.

Následující Obr. 50 zobrazuje dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Zlín – Kvítková – koncentrační a váženou koncentrační růžici.



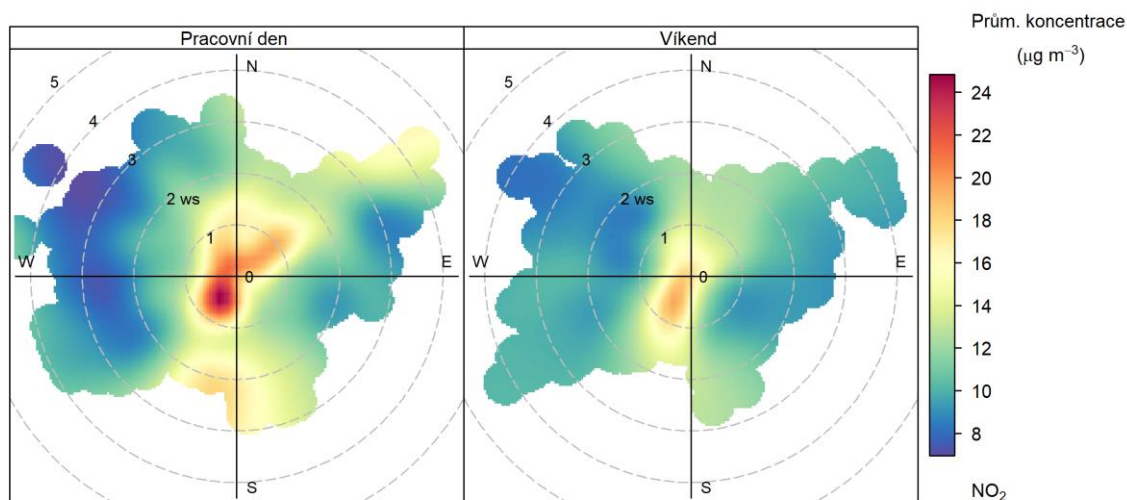
Obr. 50: Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro NO₂, Zlín – Kvítková, rok 2024

Nejvyšší koncentrace ($23 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) byla naměřena při proudění z jihozápadu a rychlosti větru $0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Nejvyšší vážená koncentrace NO₂ byla naměřena při proudění vzduchu od jihu a rychlosti větru $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Na následujícím Obr. 51 je koncentrační růžice rozdělená na den a noc. Vyšší koncentrace NO₂ byla zaznamenána během nočních hodin ($24 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) při proudění z jihozápadu a rychlosti větru $0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Během denních hodin byla maximální koncentrace NO₂ ($22 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) zaznamenána při proudění z jihozápadu a rychlosti větru $0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



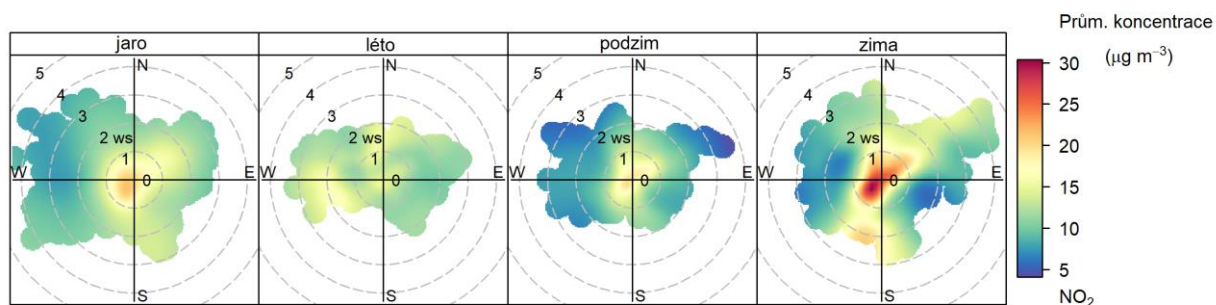
Obr. 51: Koncentrační růžice NO_2 v denních a nočních hodinách, Zlín – Kvítková, rok 2024

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendové dny (Obr. 52). Vyšší koncentrace NO_2 byla zaznamenána v pracovní dny. Pracovní den byla maximální koncentrace NO_2 ($25 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při proudění z jihozápadu a rychlosti větru $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. O víkendu byla maximální koncentrace NO_2 ($20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při proudění z jihozápadu a rychlosti větru $0.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



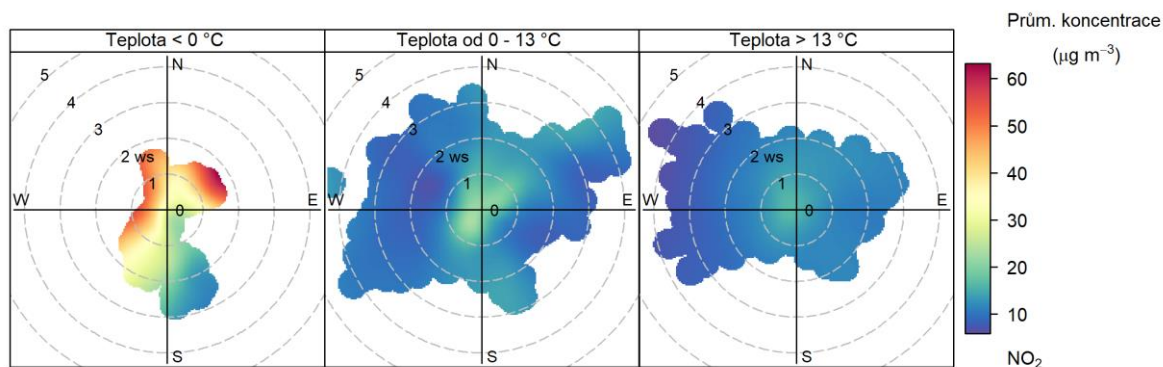
Obr. 52: Koncentrační růžice NO_2 v pracovní dny a o víkendu, Zlín – Kvítková, rok 2024

Následující Obr. 53 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Nejvyšší koncentrace NO_2 byla zaznamenána v zimních měsících ($30 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) při proudění z jihozápadu a bezvětří, resp. rychlosti větru $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na jaře byla nejvyšší koncentrace NO_2 $22 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ naměřena při proudění z jihozápadu a rychlosti větru $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V letních měsících byla nejvyšší koncentrace NO_2 $17 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ naměřena při proudění ze západu a rychlosti větru $1.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na podzim byla nejvyšší koncentrace NO_2 $20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ naměřena při proudění z jihozápadu a bezvětří, resp. rychlosti větru $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



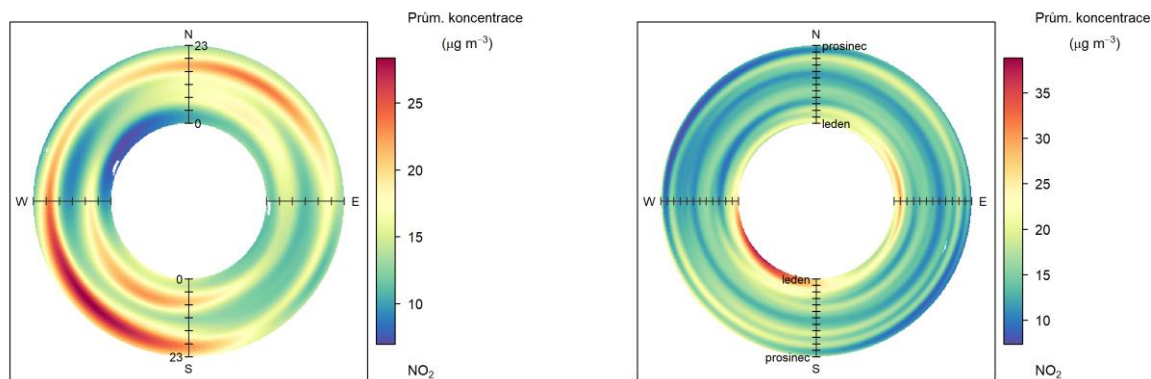
Obr. 53: Koncentrační růžice NO_2 v jednotlivých ročních obdobích, Zlín – Kvítková, rok 2024

Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu (Obr. 54). Nejvyšší koncentrace NO_2 byla zaznamenána v teplotním intervalu pod bodem mrazu. V tomto intervalu dosáhla maximální hodnota koncentrace $63 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ při rychlosti větru $1.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a proudění ze severovýchodu. V teplotním rozmezí od 0°C do 13°C byla nejvyšší koncentrace NO_2 , která dosáhla hodnoty $24 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, zaznamenána při bezvětrí, resp. rychlosti větru $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a směru z jihozápadu. V teplotním rozmezí nad 13°C byla naměřena maximální koncentrace NO_2 ve výši $17 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ při bezvětrí, resp. rychlosti větru $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a směru západním.



Obr. 54: Koncentrační růžice NO_2 ve vybraných teplotních intervalech, Zlín – Kvítková, 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 Zlín – Kvítková jsou takto zobrazeny na Obr. 55.



Obr. 55: Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací NO_2 dle směru větru, Zlín – Kvítková, rok 2024

Nejvyšší koncentrace NO_2 ($28 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) v rámci denního chodu byla naměřena kolem 19. hodiny při proudění větru z jihozápadních směrů. Nejvyšší koncentrace NO_2 ($39 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) v rámci ročního chodu byla naměřena v lednu při proudění větru z jihozápadních směrů.

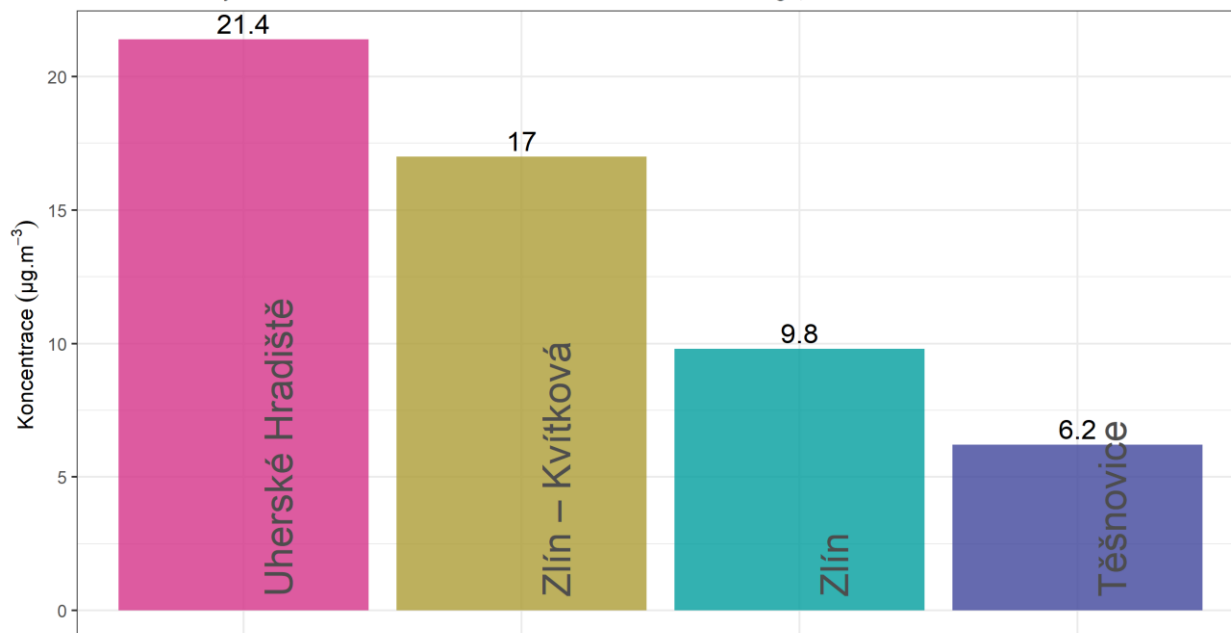
3.2.5 SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU

V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Zlín – Kvítková, 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. 56 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace NO_2 na lokalitách v blízkém okolí lokality Zlín – Kvítková a srovnány s koncentracemi zde měřenými v roce 2024. Analýzou dat bylo zjištěno, že průměrné roční koncentrace NO_2 v jednotlivých lokalitách nevykazují překročení imisního limitu $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Nejvyšší koncentrace NO_2 byla naměřena v lokalitě Uherské Hradiště, kde dosáhla hodnoty $21.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Nejnížší koncentrace byla naměřena v lokalitě Zlín, kde byla zaznamenána hodnota $9.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Průměrné roční koncentrace NO₂

Srovnání lokality Zlín – Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



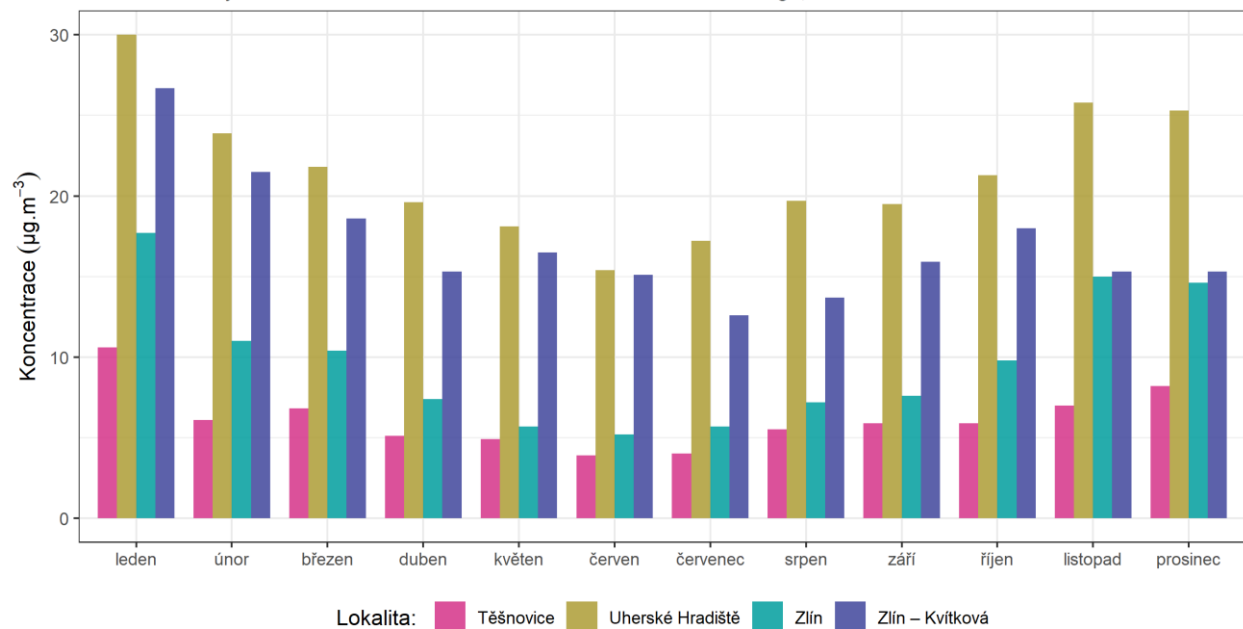
Obr. 56: Srovnání průměrné roční koncentrace NO₂ lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Následující graf na Obr. 57 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. 58 srovnání průměrných denních koncentrací NO₂ v lokalitě Zlín – Kvítková s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu Zlín. Z grafu je patrné, že koncentrace v lokalitě Zlín – Kvítková jsou po celý rok vyšší koncentrace NO₂ než v lokalitě Zlín. To může být způsobeno orografií terénu a horším provětráváním v lokalitě Zlín – Kvítková a také vyšším dopravním zatížením.

Průměrné měsíční koncentrace NO₂

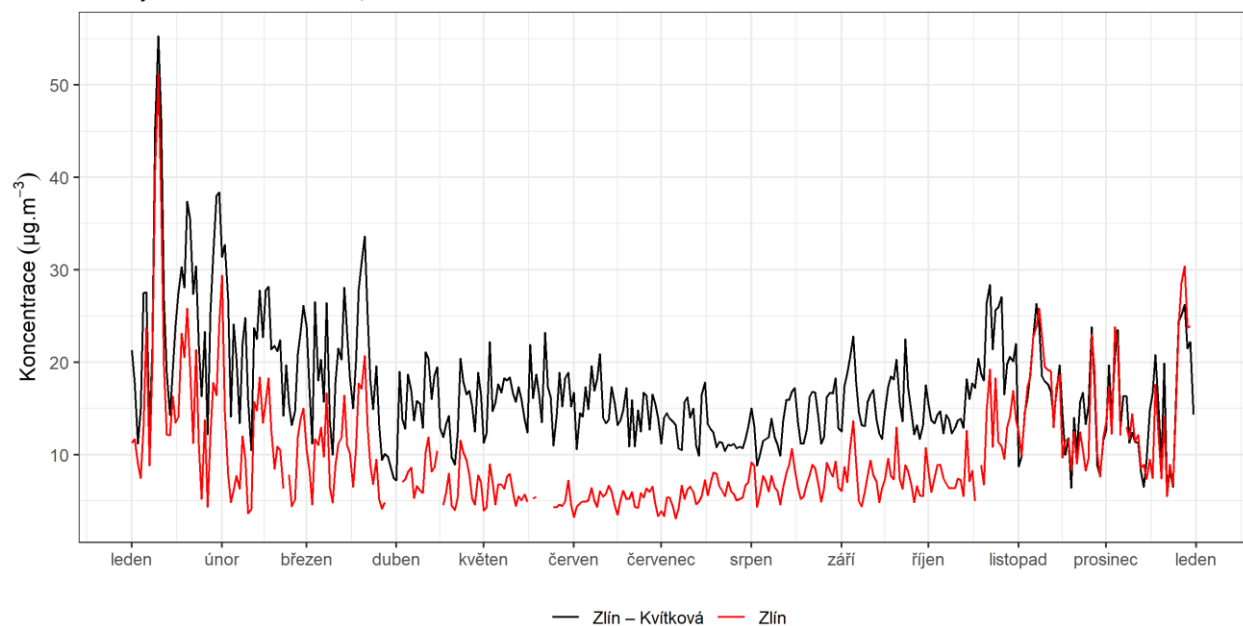
Srovnání lokality Zlín – Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 57: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací NO₂ lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Srovnání průměrných denních koncentrací NO₂

Lokality Zlín – Kvítková a Zlín, rok 2024



Obr. 58: Srovnání průměrných denních koncentrací NO₂, lokality Zlín – Kvítková a Zlín, rok 2024

3.3 PŘÍZEMNÍ OZÓN O₃

Přízemní ozón O₃ nemá vlastní významný zdroj. Jedná se o tzv. sekundární látku vznikající v celé řadě velmi komplikovaných nelineárních fotochemických reakcí [14]. Prekurzory O₃ jsou oxidy dusíku (NO_x) a nemetanické těkavé organické látky (NMVOC), v globálním měřítku hrají roli i metan (CH₄) a oxid uhelnatý (CO). Důležitou reakcí je fotolýza NO₂ zářením o vlnové délce 280–430 nm, při které vzniká NO a atomární kyslík. Reakcí atomárního a molekulárního kyslíku pak za přítomnosti katalyzátoru dochází ke vzniku molekuly O₃.

Současně probíhá titrace O₃ oxidem dusnatým za vzniku NO₂ a O₂. Pokud je při této reakci O₃ nahrazen radikály, jeho koncentrace v atmosféře rostou. Důležitou úlohu při těchto reakcích hraje zejména radikál ·OH.

NO_x vznikají při veškerých spalovacích procesech. NMVOC jsou emitovány z celé řady zdrojů antropogenních (doprava, manipulace s ropou a jejími deriváty, rafinerie, použití barev a rozpouštědel atd.), ale i přirozených (např. biogenní emise z vegetace).

Při vzniku O₃ z prekurzorů nezáleží pouze na absolutním množství prekurzorů, ale i na jejich vzájemném poměru [15]. V oblastech, kde je režim limitovaný NO_x, charakterizovaný relativně nízkými koncentracemi NO_x a vysokými koncentracemi VOC, narůstají koncentrace O₃ s rostoucími koncentracemi NO_x, zatímco se vzrůstajícími koncentracemi VOC se mění jen málo.

Naopak v oblastech s režimem limitovaným VOC dochází k poklesu koncentrací O₃ s rostoucími koncentracemi NO_x a nárůstu koncentrací O₃ s rostoucími koncentracemi VOC. Oblasti s vysokým poměrem NO_x/VOC jsou typicky znečištěné oblasti okolo center velkých měst. Závislost vzniku O₃ na počátečních koncentracích VOC a NO_x se často vyjadřují na diagramech ozonových isopleť. Jedná se o zobrazení maximální dosažené koncentrace ozonu jako funkce počáteční koncentrace NO_x a VOC. Významnou roli při vzniku O₃ hrají nejen koncentrace prekurzorů, ale i meteorologické podmínky [16].

Imisní koncentrace O₃ rostou s rostoucím ultrafialovým zářením a teplotou, naopak klesají s rostoucí relativní vlhkostí vzduchu. Vysoké koncentrace bývají spojeny s déletrvající anticyklonální situací. Kromě výše popsaného fotochemického mechanismu se koncentrace O₃ mohou zvyšovat i epizodicky v důsledku průniku stratosférického O₃ do troposféry a též při bouřkách. V poslední době se též zvyšuje význam dálkového přenosu O₃ v rámci proudění na severní polokouli do Evropy a Severní Ameriky ze zdrojových oblastí jihovýchodní Asie. O₃ je z atmosféry odstraňován reakcí s NO a suchou depozicí.

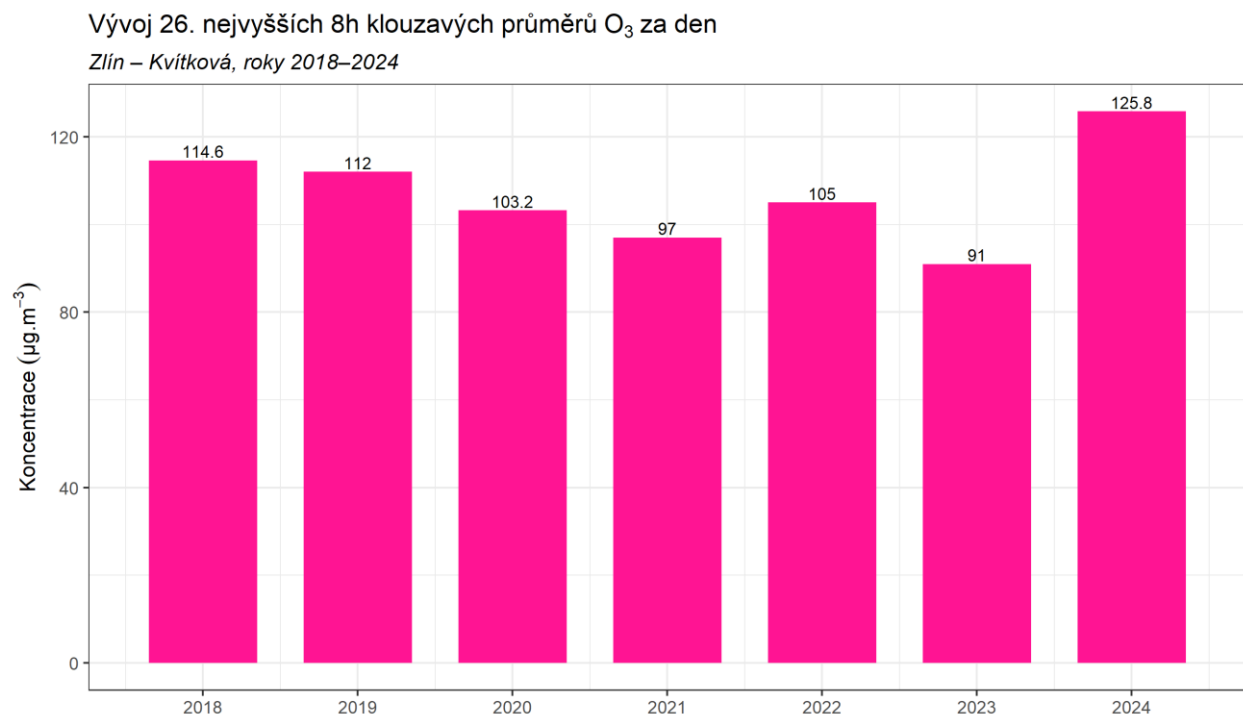
3.3.1 VÝVOJ 26. NEJVYŠŠÍCH 8HODINOVÝCH KLOUZAVÝCH PRŮMĚRŮ O₃ ZA DEN V ROCE

Z hlediska ochrany kvality ovzduší stanovuje příloha 1, bod 4 zákona o ochraně ovzduší [1] imisní limit pro troposférický ozón. Pro ochranu zdraví lidí platí imisní limit pro maximální denní 8hodinový klouzavý průměr O₃. Hodnota imisního limitu je 120 µg · m⁻³, tato hodnota může být 25x za kalendářní rok překročena. Plnění imisního limitu se vyhodnocuje na základě průměru za 3 kalendářní roky.

Následující Obr. 59 hodnoty uvádí 26. nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů koncentrací O₃ za den v lokalitě Zlín – Kvítková pro každý rok. Proti předchozímu roku 2023 došlo v roce 2024 k nárůstu koncentrací

O₃ o 34.8 µg · m⁻³ (38.2 %). **Průměrná hodnota za tři roky (2022–2024) pak činí 107.3 µg · m⁻³, imisní limit tedy překročen nebyl.**

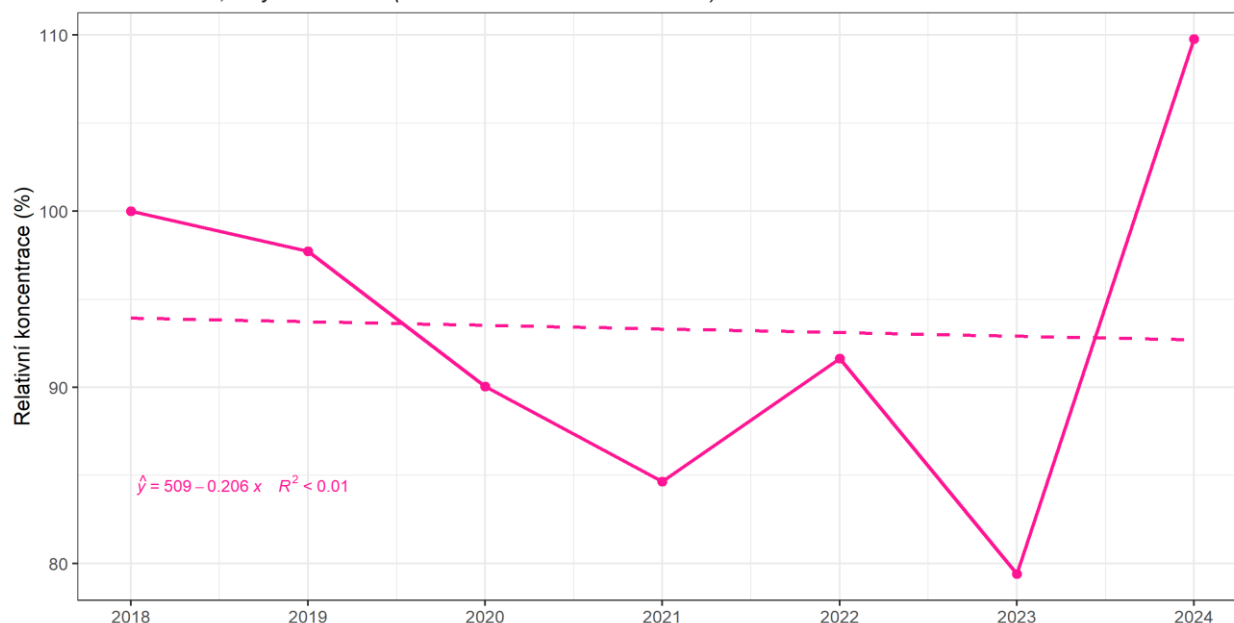
Relativní vývoj 26. nejvyššího maximálního 8h klouzavého průměru O₃ za den vzhledem k počátečnímu roku měření zobrazuje následující graf na Obr. 60. Rok 2018 zde pro každou škodlivinu představuje 100 % a křivka zobrazuje relativně vývoj koncentrací vůči tomuto roku. Čárkovaně je pak zobrazena křivka lineární regrese.



Obr. 59: Vývoj 26. nejvyššího 8hodinového klouzavého průměru O₃ za den, Zlín – Kvítková, rok 2024

Relativní vývoj 26. nejvyšších 8h klouzavých průměrů O₃ za den

Zlín – Kvítková, roky 2018–2024 (normalizováno na 2018 = 100 %)



Obr. 60: Relativní vývoj 26. nejvyššího 8hodinového klouzavého průměru O₃ za den proti počátečnímu roku měření (2018), Zlín – Kvítková, rok 2024

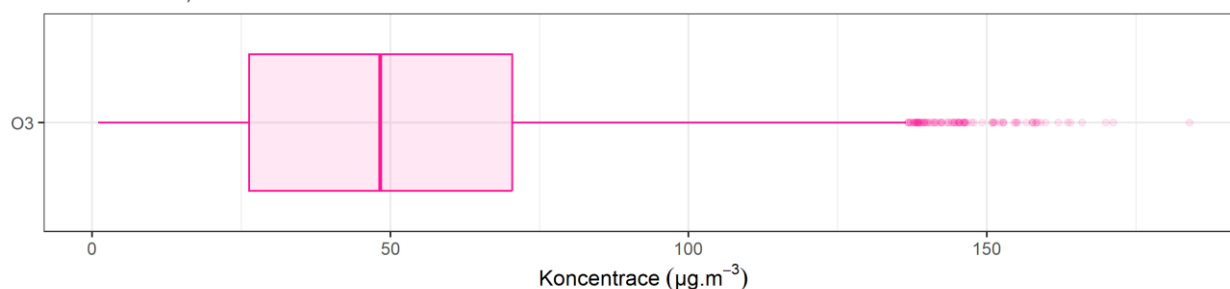
Koncentrace O₃ klesá v průměru o 0.2 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ročně a relativně klesá o 0.2 % ročně ($R^2 = 0$). Následující Tab. 5 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro přízemní ozón. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2024 pak zobrazuje Obr. 61. Maximální naměřená hodinová koncentrace O₃ měla hodnotu 183.9 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Tab. 5: Statistické charakteristiky hodinových koncentrací přízemního ozónu v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2024

STATISTIKA	O ₃
PRŮMĚR	51.2
MAXIMUM	183.9
MEDIÁN	48.3
MINIMUM	1.0

Statistické zpracování hodinových koncentrací O₃

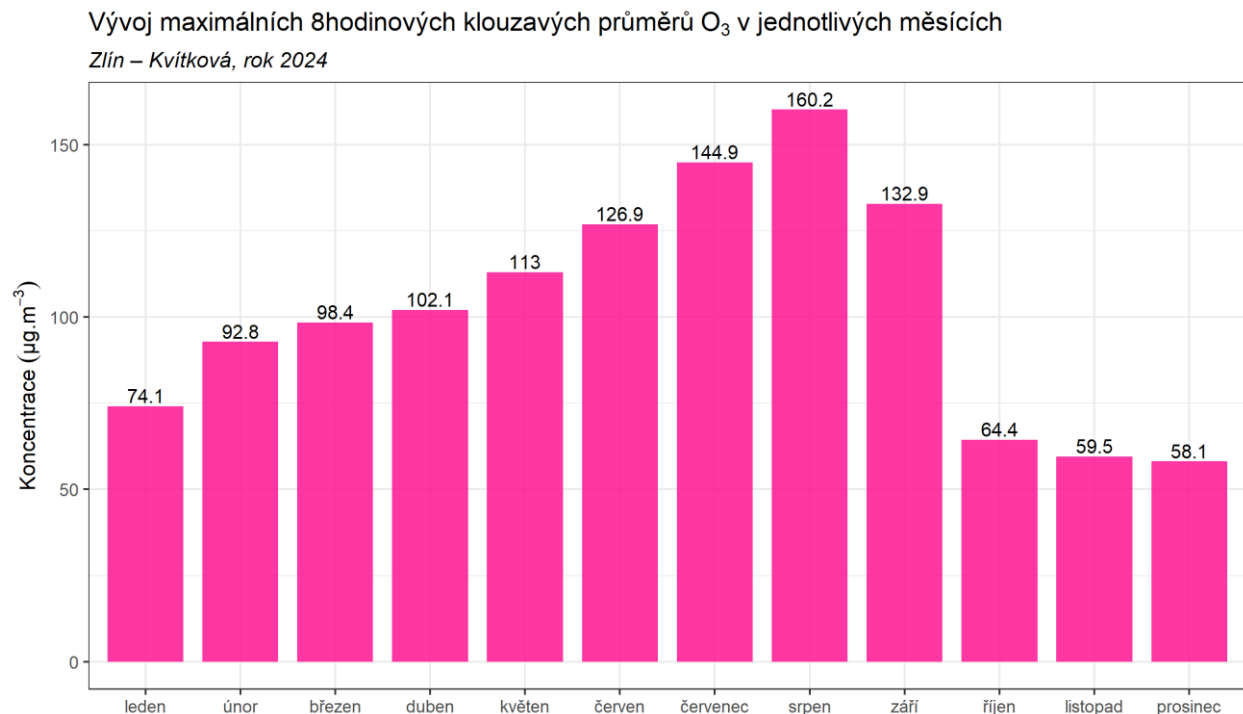
Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 61: Statistické zpracování hodinových koncentrací přízemního ozónu v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2024

3.3.2 VÝVOJ MĚSÍČNÍCH KONCENTRACÍ

Na Obr. 62 jsou zobrazeny maximální 8h klouzavé průměry O_3 za den v jednotlivých měsících. Vyšší koncentrace jsou zpravidla měřeny v letních měsících, kdy je dostatek slunečního svitu pro fotochemické reakce vedoucí ke vzniku přízemního ozónu. Naopak v chladné části roku jsou měřeny koncentrace nižší. Z grafů vyplývá, že nejvyšší 8h klouzavé průměry O_3 za den byly v této lokalitě měřeny v srpnu a červenci (160.2, resp. 144.9 $\mu g \cdot m^{-3}$). Nejnižší 8h klouzavé průměry pak byly měřeny v prosinci a listopadu (58.1, resp. 59.5 $\mu g \cdot m^{-3}$).



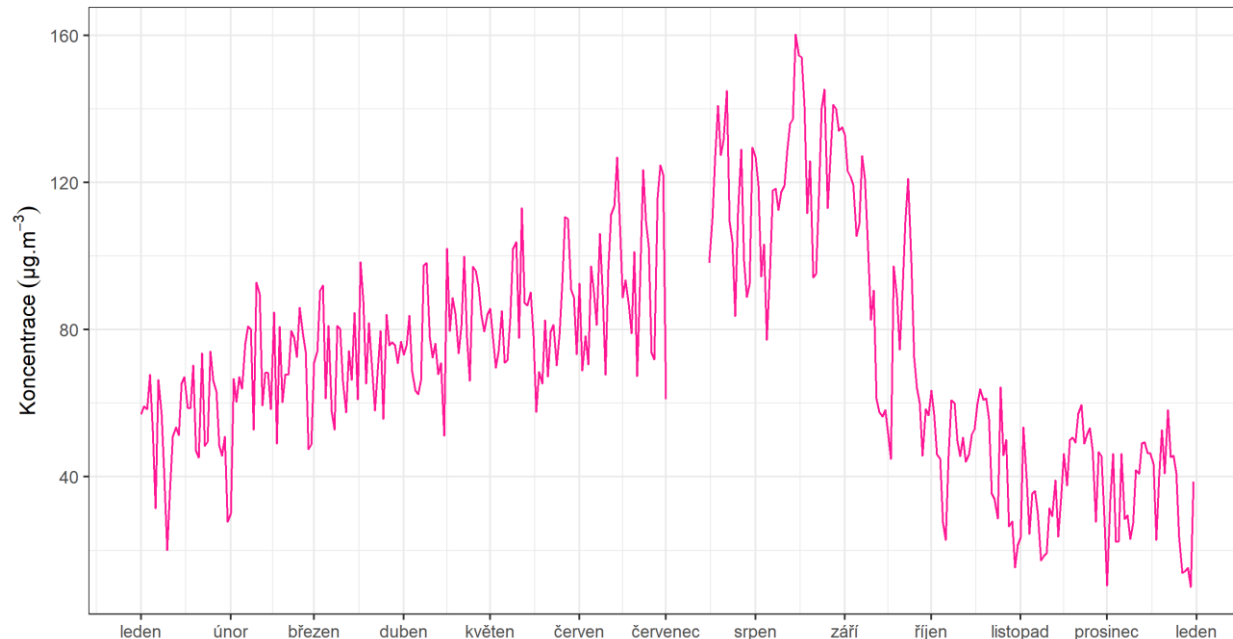
Obr. 62: Průměrné měsíční koncentrace přízemního ozónu v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2024

3.3.3 VÝVOJ DENNÍCH KONCENTRACÍ O_3

Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů O_3 v lokalitě Zlín – Kvítková zobrazuje následující Obr. 63.

Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů koncentrací O₃ za den

Zlín – Kvítková, rok 2024



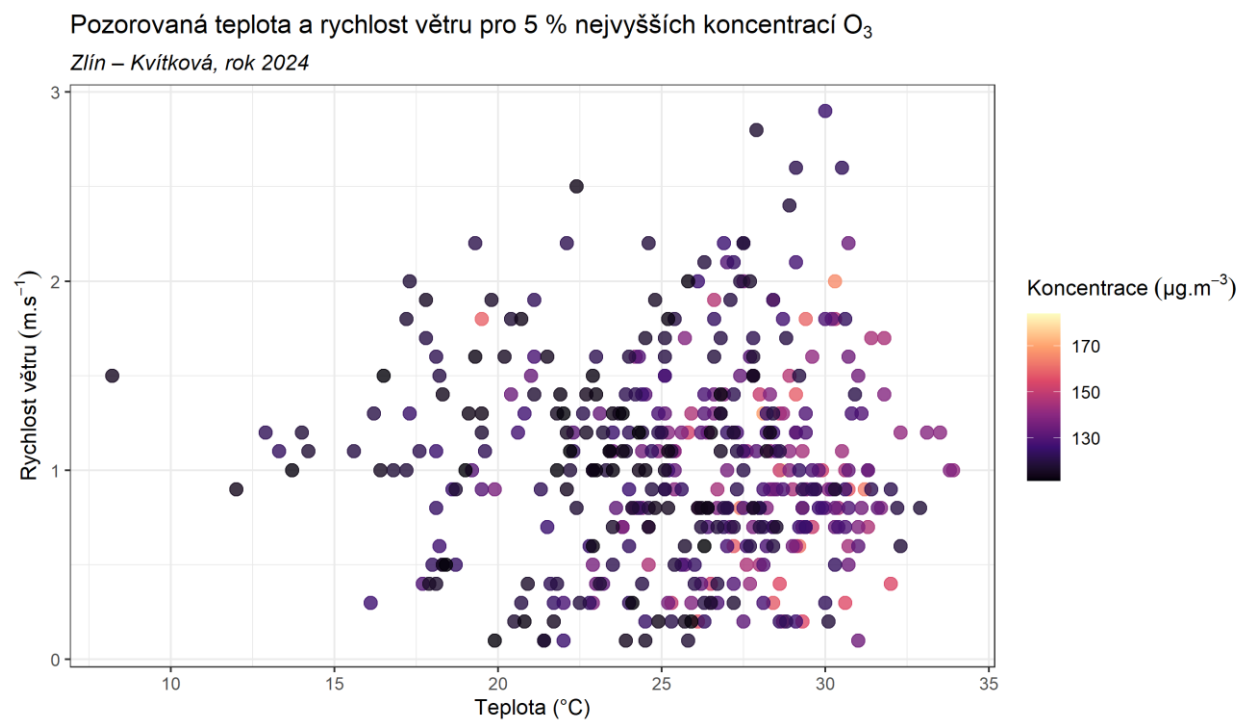
Obr. 63: Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů koncentrací O₃, Zlín – Kvítková, rok 2024

Z grafu je patrné, že v případě vývoje koncentrací O₃ dochází ke kulminaci mezi květnem a srpnem. To souvisí s mechanismem tvorby přízemního ozónu.

Obr. 64 zobrazuje, při jakých teplotách a rychlostech větru se vyskytuje 5 % nejvyšších koncentrací O₃ naměřených v lokalitě Zlín – Kvítková v roce 2024. Z analýzy těchto 5 % nejvyšších koncentrací O₃ lze vyčíst, že nejčastěji se tyto koncentrace vyskytují při teplotě kolem 27.8 °C a rychlosti větru přibližně 0.8 m · s⁻¹.

Na Obr. 65 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací O₃ v dané lokalitě. Zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním větru relativní vlhkost vzduchu.

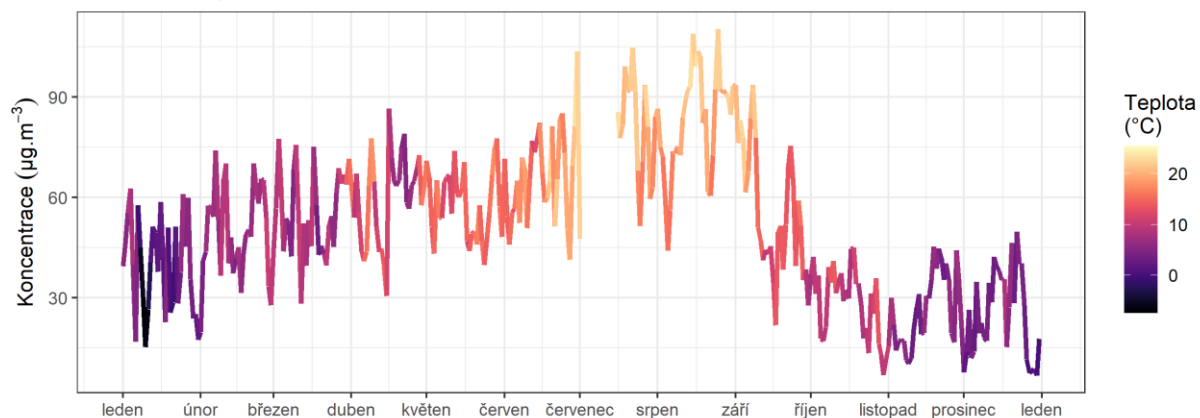
Grafy potvrzují, že meteorologické podmínky mají na koncentrace O₃ významný vliv, zejména pak teplota a sluneční záření. S rostoucím slunečním zářením a teplotou rostou rovněž koncentrace O₃. Rychlost větru tolik koncentrace neovlivňuje, přesto vyšší rychlosti větru zřejmě mírně přispívají k vyšším koncentracím O₃. Z hlediska relativní vlhkosti vzduchu je patrné, že vyšší koncentrace O₃ jsou měřeny při nižších hodnotách vlhkosti.



Obr. 64: Pozorovaná teplota a rychlost větru pro 5 % nejvyšších koncentrací O_3 , Zlín – Kvítková, rok 2024

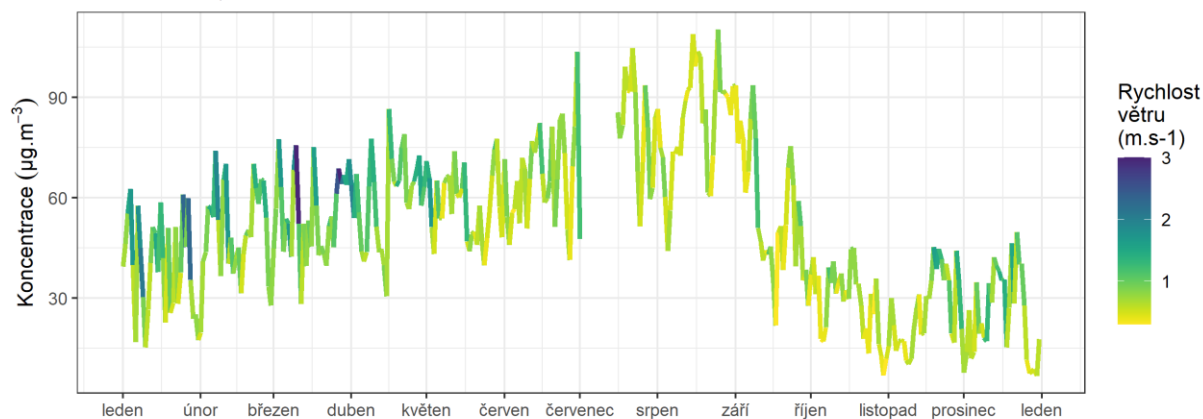
Vývoj průměrných denních koncentrací O_3 v závislosti na teplotě vzduchu

Zlín – Kvítková, rok 2024



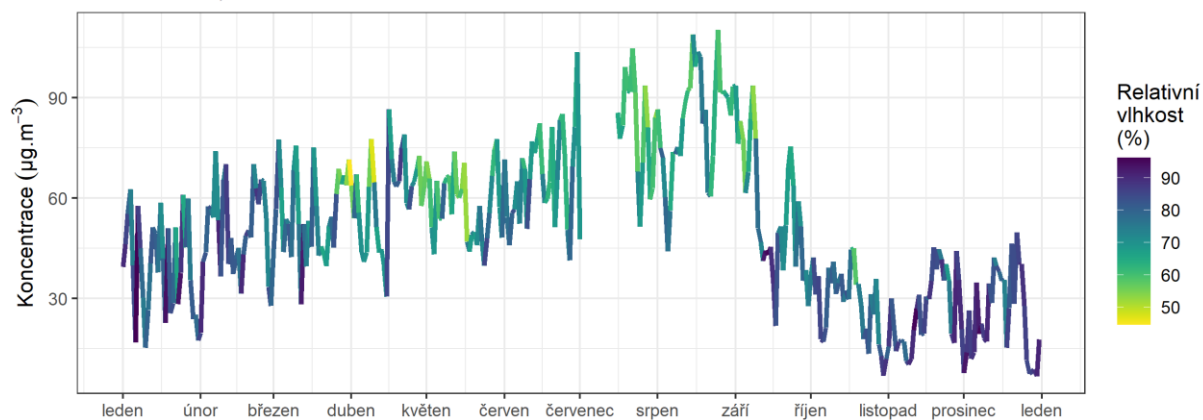
Vývoj průměrných denních koncentrací O_3 v závislosti na rychlosti větru

Zlín – Kvítková, rok 2024



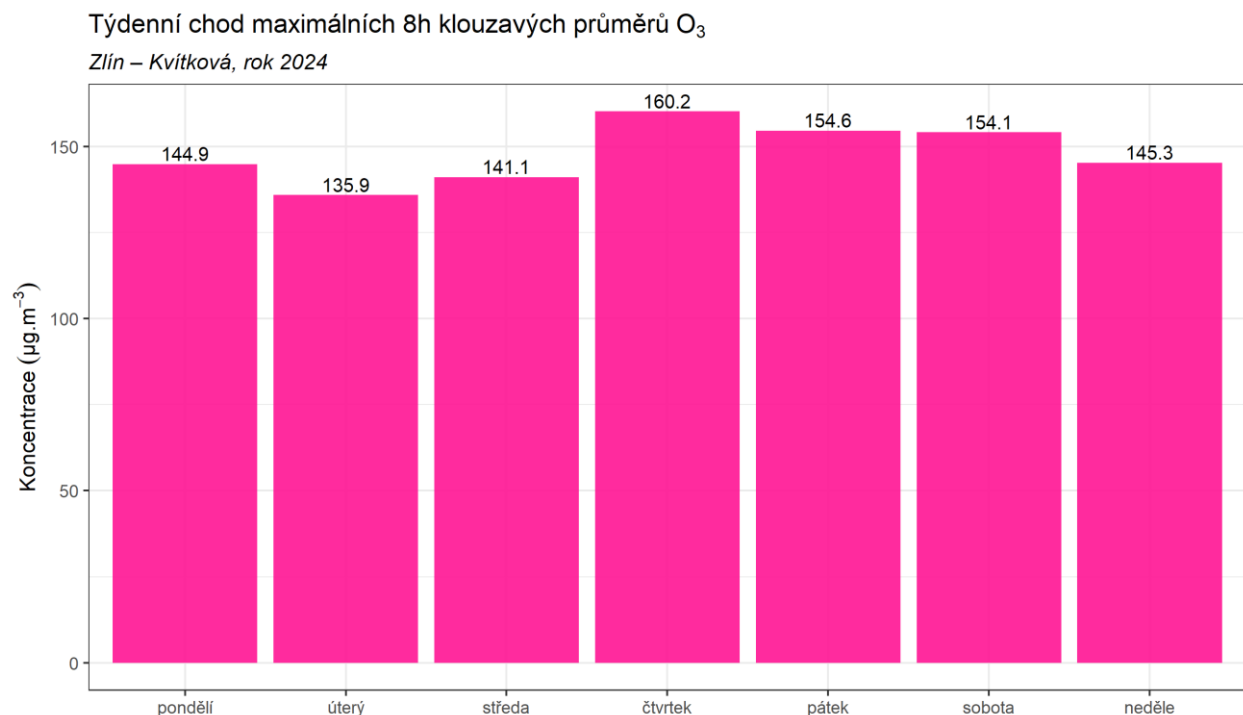
Vývoj průměrných denních koncentrací O_3 v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 65: Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace O_3 , Zlín – Kvítková, rok 2024

Graf na Obr. 66 posuzuje maximální 8h klouzavý průměr O_3 za den z hlediska dne v týdnu. Nejvyšší 8h klouzavé průměry koncentrací O_3 byly v roce 2024 naměřeny v čtvrtek s hodnotou $160.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Naopak nejnižší 8h klouzavé průměry koncentrací O_3 byly naměřeny v úterý s hodnotou $135.9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.



Obr. 66: Týdenní chod maximálních 8h klouzavých průměrů O_3 za den, Zlín – Kvítková, rok 2024

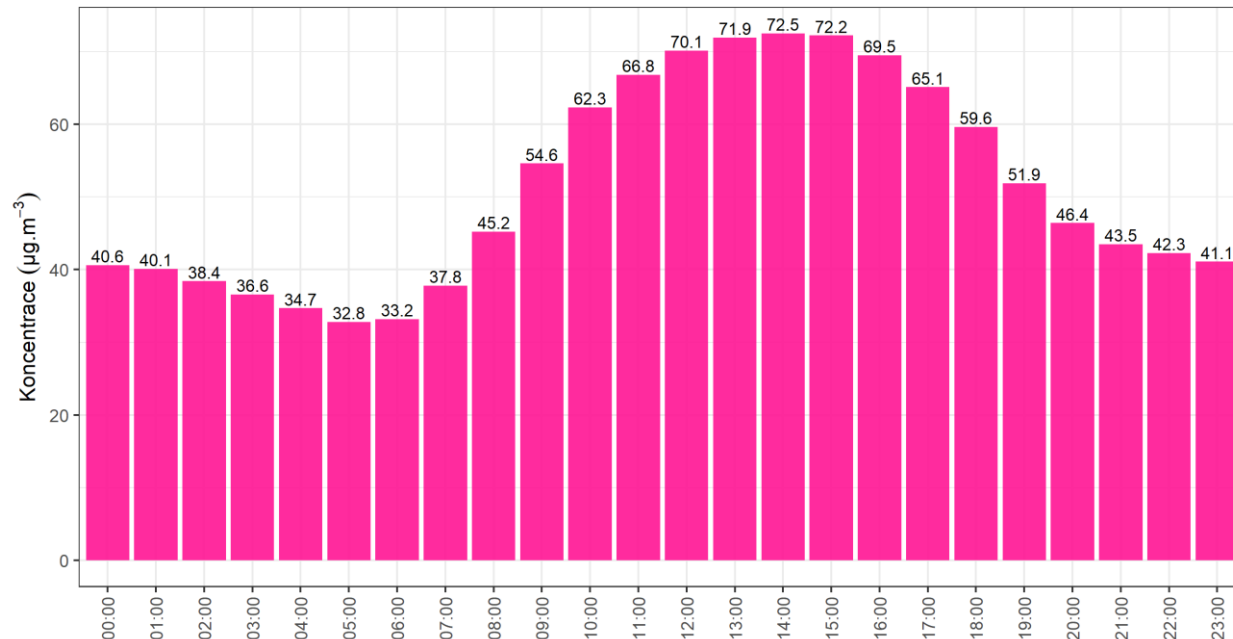
3.3.4 ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod O_3 v lokalitě Zlín – Kvítková. Tento denní chod koncentrací zobrazuje následující Obr. 67.

V průměru nejvyšší koncentrace O_3 byly měřeny v 14:00 s hodnotou $72.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Nejnižší koncentrace O_3 pak byly naměřeny v 05:00 s hodnotou $32.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Průměrný denní chod hodinových koncentrací O₃

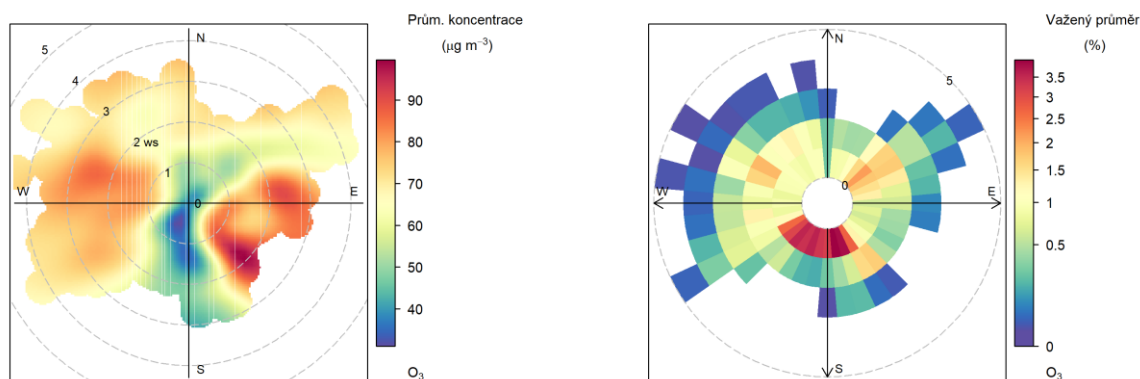
Zlín – Kvítková, rok 2024



Obr. 67: Průměrný týdenní chod denních koncentrací přízemního ozónu, Zlín – Kvítková, rok 2024

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

Následující Obr. 68 zobrazuje dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Zlín – Kvítková – koncentrační a váženou koncentrační růžici.

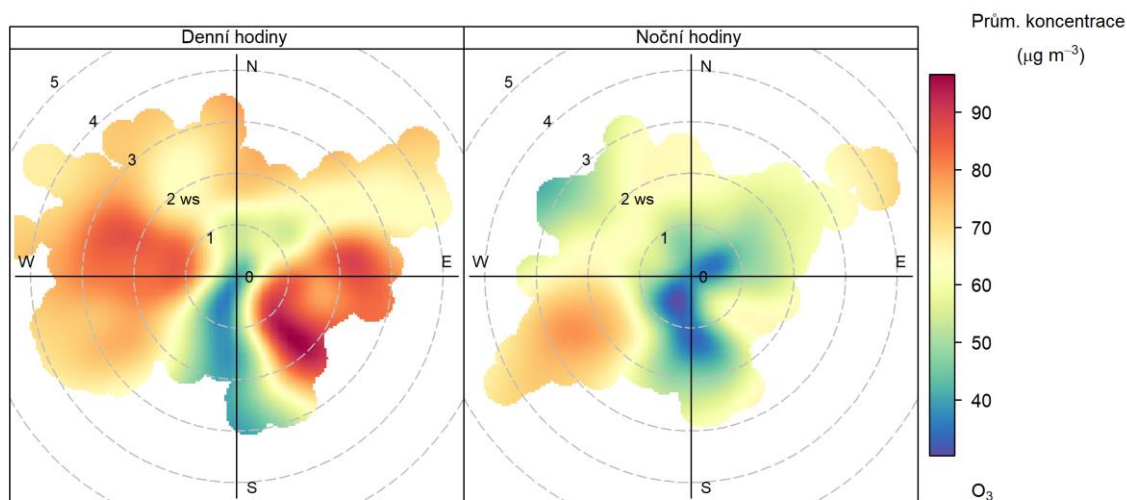


Obr. 68: Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro O₃, Zlín – Kvítková, rok 2024

Maximální koncentrace (100 µg·m⁻³) byla zaznamenána při větru o rychlosti 1.9 m·s⁻¹ a proudění z jihovýchodu. Nejvyšší vážená koncentrace O₃ byla zaznamenána při proudění vzduchu z jihu a rychlosti větru 1 m·s⁻¹.

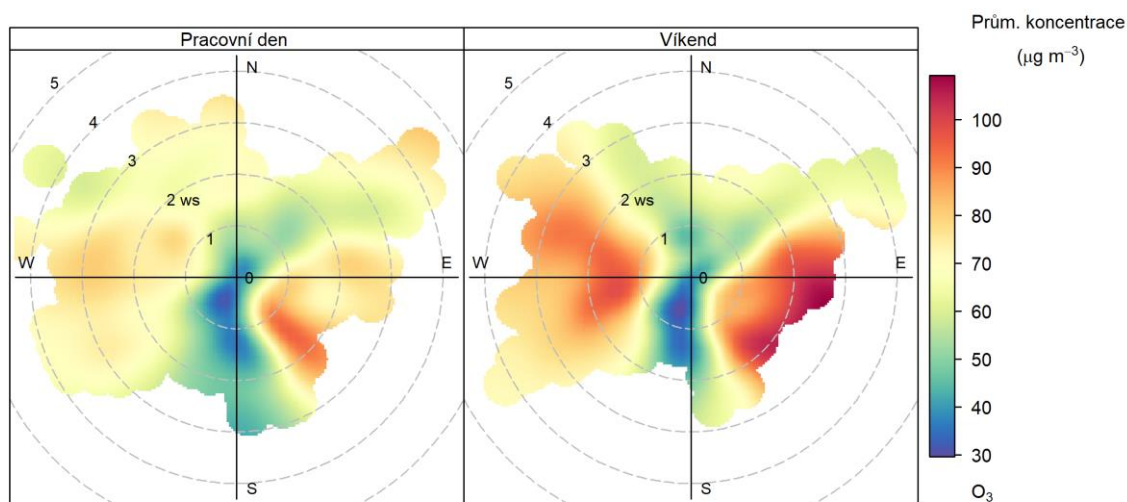
Na následujícím Obr. 69 je koncentrační růžice rozdělená na den a noc. Vyšší koncentrace O₃ byla zaznamenána během denních hodin. Nejvyšší koncentrace 97 µg·m⁻³ byla naměřena při proudění

z jihovýchodu a rychlosti větru $1.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Během nočních hodin byla naměřena maximální koncentrace O_3 ve výši $80 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, která byla zaznamenána při proudění z jihozápadu a rychlosti větru $2.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 69: Koncentrační růžice O_3 v denních a nočních hodinách, Zlín – Kvítková, rok 2024

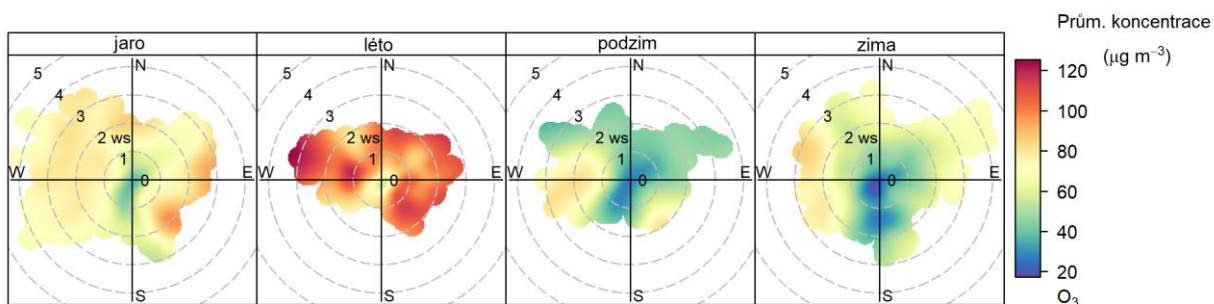
Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendové dny (Obr. 70). Nejvyšší koncentrace O_3 ($109 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) byla naměřena o víkendu při proudění z východu a rychlosti větru $2.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V pracovní dny byla nejvyšší koncentrace O_3 ($95 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při proudění z jihovýchodu a rychlosti větru $1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 70: Koncentrační růžice O_3 v pracovní dny a o víkendu, Zlín – Kvítková, rok 2024

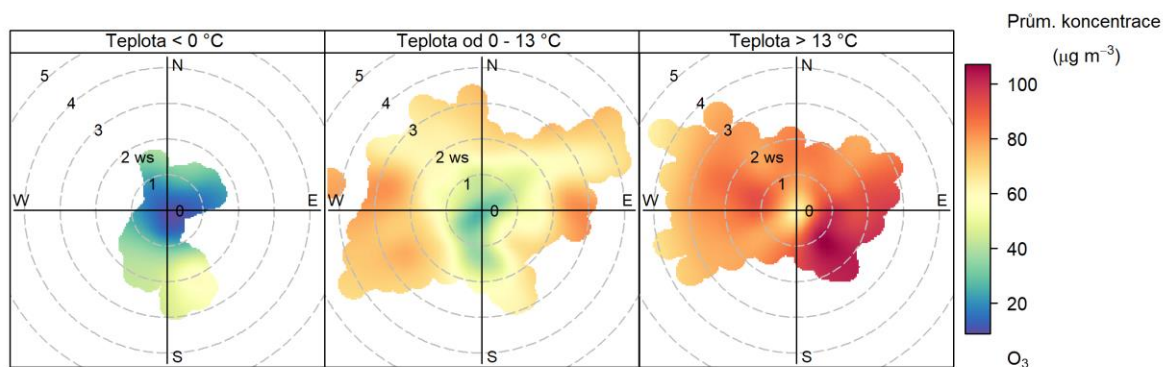
Následující Obr. 71 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Nejvyšší koncentrace ozonu (O_3) byla zaznamenána v letních měsících, kdy byla nejvyšší koncentrace O_3 ($125 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při proudění ze západu a rychlosti větru $3.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na jaře byla nejvyšší koncentrace O_3 ($98 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při proudění ze jihovýchodu a rychlosti větru $1.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na podzim byla nejvyšší koncentrace O_3

($83 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při proudění ze jihovýchodu a rychlosti větru $2.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V zimě byla nejvyšší koncentrace O_3 ($86 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) naměřena při proudění ze západu a rychlosti větru $3.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



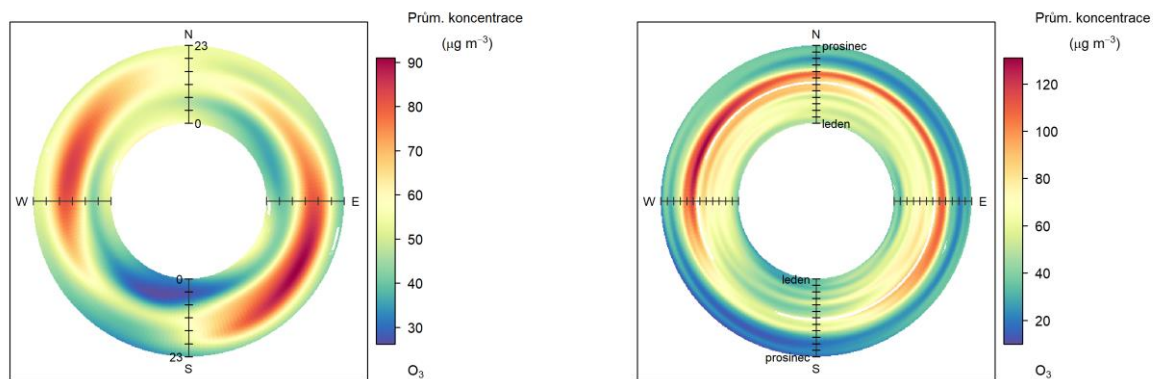
Obr. 71: Koncentrační růžice O_3 v jednotlivých ročních obdobích, Zlín – Kvítková, rok 2024

Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu (Obr. 72). V nejnižším teplotním intervalu, tedy při teplotách nižších než 0°C , byla nejvyšší koncentrace ozonu (O_3) naměřena ve výši $60 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Tato hodnota byla zaznamenána při proudění vzduchu z jihovýchodu s rychlostí $2.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V intervalu teplot od 0°C do 13°C byla nejvyšší koncentrace ozonu (O_3) naměřena ve výši $83 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. Tato maximální hodnota byla dosažena při východním proudění vzduchu a rychlosti větru $2.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Při teplotách vyšších než 13°C byla nejvyšší koncentrace ozonu (O_3) zaznamenána ve výši $107 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, přičemž proudění vzduchu bylo z jihovýchodu a rychlost větru činila $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.



Obr. 72: Koncentrační růžice O_3 ve vybraných teplotních intervalech, Zlín – Kvítková, 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 O_3 v lokalitě Zlín – Kvítková jsou takto zobrazeny na Obr. 73.



Obr. 73: Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací O_3 dle směru větru, Zlín – Kvítková, rok 2024

Denní chod koncentrací ozonu O_3 ukázal, že nejvyšší koncentrace ($91 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) byla naměřena kolem 15. hodiny při proudění větru z jihovýchodních směrů. Nejvyšší koncentrace O_3 ($131 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) v ročním chodu byla naměřena v srpnu při proudění větru ze severozápadních směrů.

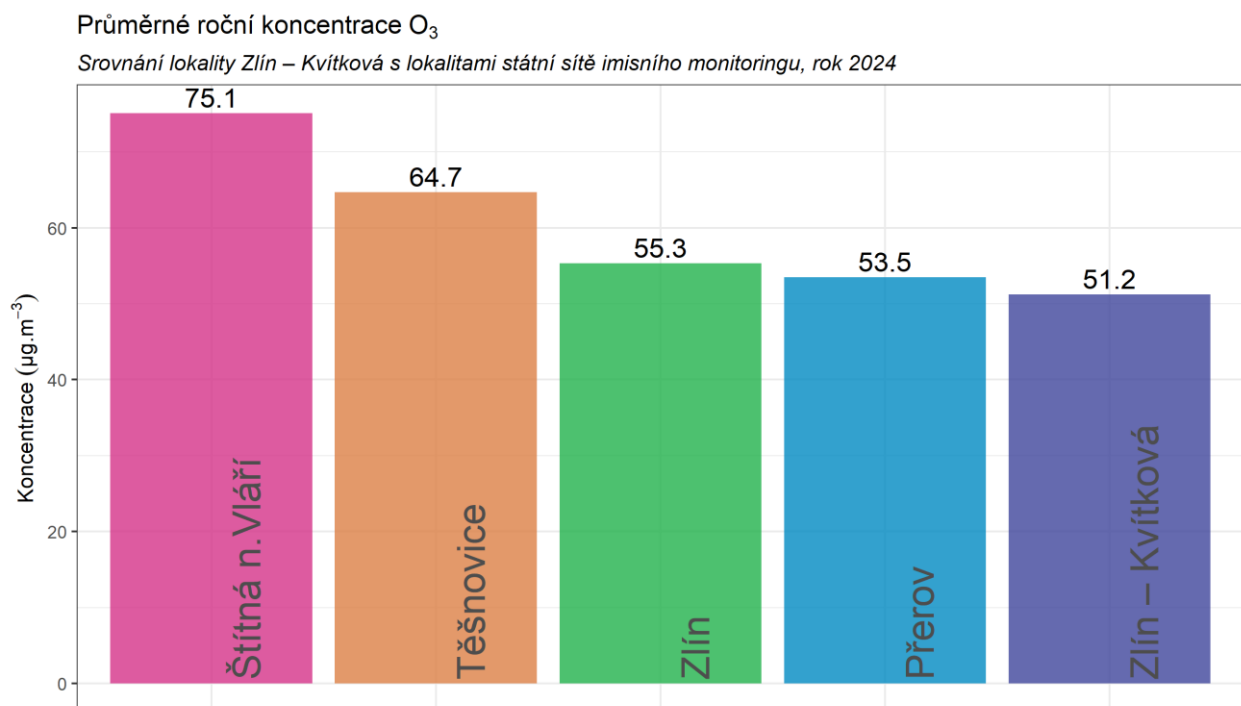
3.3.5 SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU

V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Zlín – Kvítková 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.

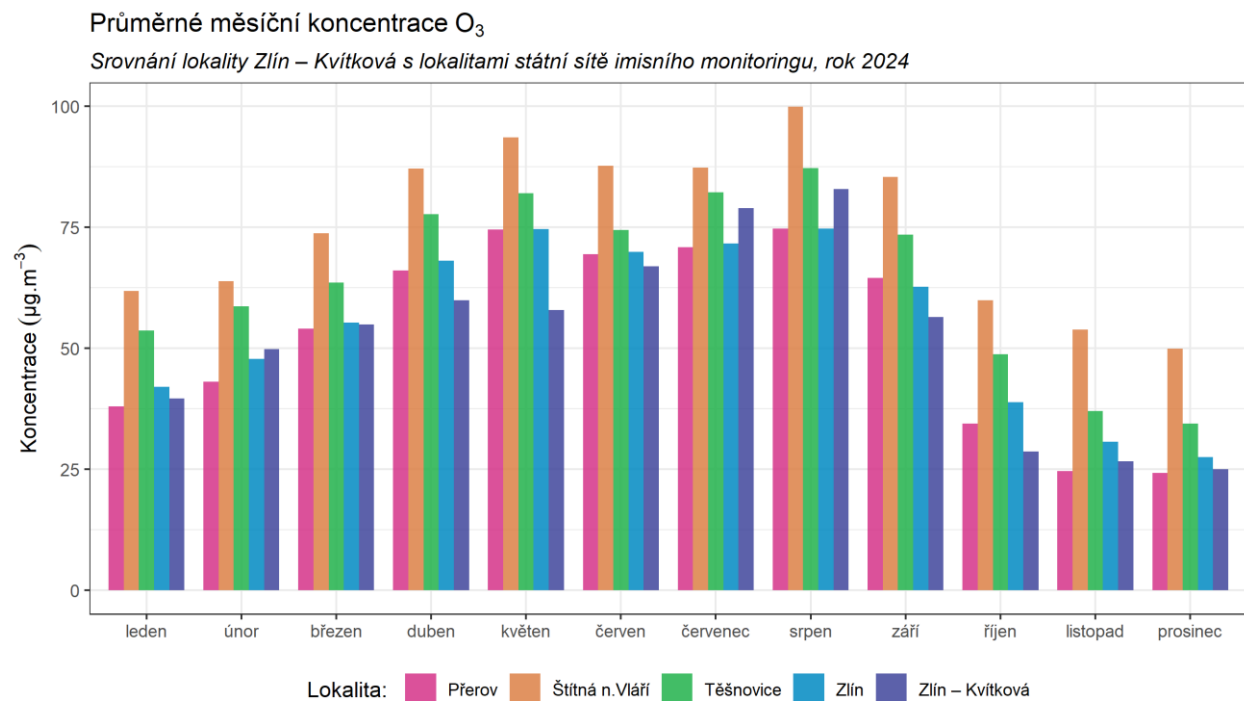
Nejvyšší naměřená koncentrace $75.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ byla zjištěna ve Štítné nad Vláří, zatímco nejnižší koncentrace $51.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ byla zaznamenána v lokalitě Zlín – Kvítková.

Následující graf na Obr. 75 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace O_3 naměřené ve vybraných lokalitách. Z grafu je patrné, že vysoké koncentrace jsou vždy měřeny v teplé části roku, což souvisí s tvorbou přízemního O_3 v atmosféře. Vývoj koncentrací je na všech lokalitách podobný.

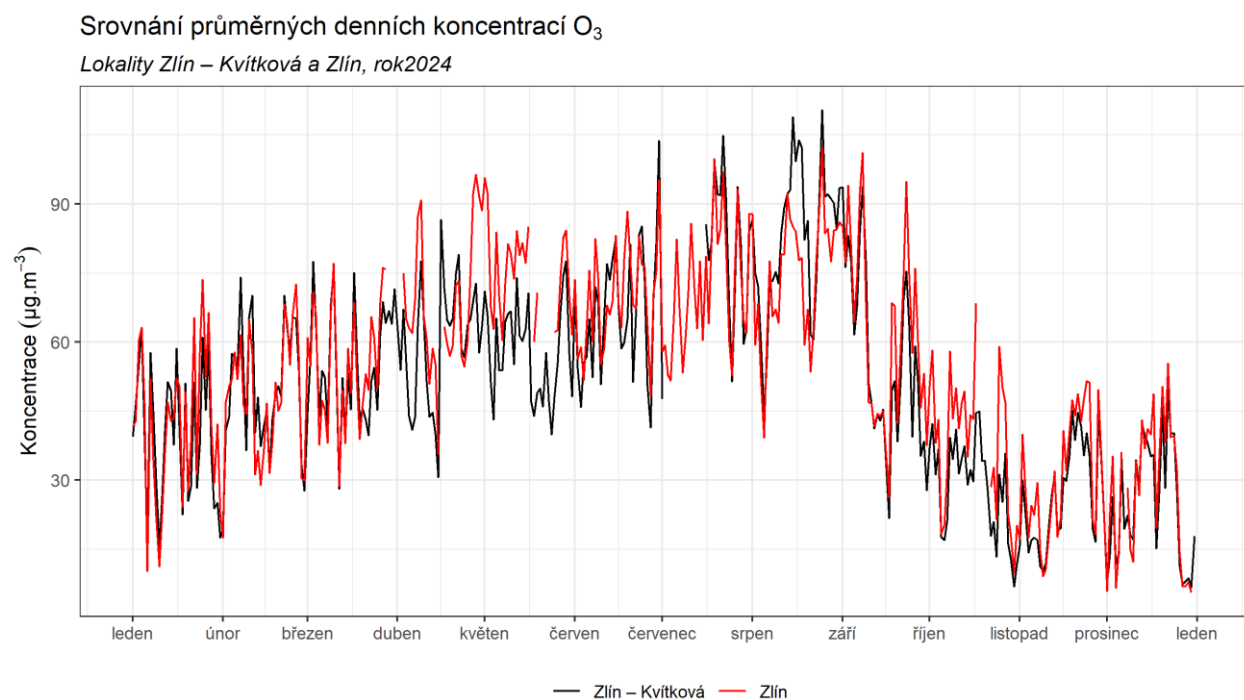
Graf na Obr. 76 srovnání průměrných denních koncentrací O_3 v lokalitě Zlín – Kvítková s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu Zlín. Z grafu je patrné, že koncentrace v lokalitě Zlín – Kvítková jsou velmi podobné těm v lokalitě Zlín, v lokalitě Zlín jsou koncentrace O_3 po celý rok mírně vyšší.



Obr. 74: Srovnání průměrné roční koncentrace O_3 lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 75: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací O_3 lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 76: Srovnání průměrných denních koncentrací O_3 , lokality Zlín – Kvítková a Zlín, rok 2024

4 ZÁVĚRY

V rámci hodnocení kvality ovzduší v lokalitě Zlín – Kvítková byl proveden komplexní monitoring koncentrací různých škodlivin ve vzduchu vybraného území. Na základě získaných dat lze konstatovat, že kvalita ovzduší v této lokalitě se drží většinou pod stanovenými imisními limity, což naznačuje relativně uspokojivou situaci v oblasti znečištění ovzduší. Následuje podrobnější zhodnocení jednotlivých sledovaných škodlivin.

- **PM:**

- Vztah k ročnímu imisnímu limitu: Průměrná roční koncentrace PM_{10} činila $19.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, imisní limit $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ nebyl překročen. Pro $PM_{2,5}$ byla průměrná roční koncentrace $14.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, imisní limit stanovený na $20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ také nebyl překročen.
- Vztah k dennímu imisnímu limitu: Celkově došlo k 14 překročením denní hodnoty pro PM_{10} , což je však stále pod zákonem povolených 35 překročení ročně.
- Vývoj proti předchozímu roku a začátku měření: Zaznamenán byl mírný nárůst koncentrace PM_{10} o $2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (11.6%) a $PM_{2,5}$ o $1.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (8.3%) oproti roku 2023. Oproti začátku měření v roce 2018 však došlo k poklesu – u PM_{10} o $8.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (30.4%) a v případě $PM_{2,5}$ o $7.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ (33.9%).
- Nejvyšší a nejnižší měsíční koncentrace: Nejvyšší míry znečištění PM byly zjištěny v březnu a prosinci, zatímco nejnižší v září a květnu.
- Srovnání s okolními lokalitami: Lokalita Zlín – Kvítková vykazuje průměrné koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$ v srovnání s jinými sledovanými místy.

- **Oxidy dusíku:**

- Vztah k imisnímu limitu pro průměrnou roční koncentraci NO_2 : Naměřená koncentrace $17 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ je pod imisním limitem $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.
- Vztah k imisnímu limitu pro 19. nejvyšší hodinovou koncentraci: Hodnota $66.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ je výrazně pod limitní hodnotou.
- Vývoj proti předchozímu roku a začátku měření: Byl zaznamenán nárůst ročních koncentrací NO , NO_2 , a NO_x v roce 2024 ve srovnání s rokem 2023, proti roku 2018 však došlo k poklesu.
- Nejvyšší a nejnižší měsíční koncentrace: Pozorovány výrazné sezónní rozdíly s maximy v zimě a minimy v létě.
- Srovnání s okolními lokalitami: Lokalita Zlín – Kvítková má vyšší průměrné roční koncentrace než lokalita Zlín a nižší, než dopravní lokalita Uherské Hradiště.

- **Ozon (O_3):**

- Vztah k imisnímu limitu: Tříletý průměr 26. Nejvyššího 8hodinového průměru za rok ($107.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) splňuje imisní limit $120 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$.
- Nejvyšší a nejnižší měsíční koncentrace: Nejvyšší hodnoty byly zaznamenány v létě, což koresponduje s tvorbou a sezónní variabilitou této látky.
- Srovnání s okolními lokalitami: Na základě průměrných ročních koncentrací ozonu patří Zlín – Kvítková mezi lokality s nižšími úrovněmi tohoto znečišťujícího plynu.

5 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 produkovaných 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. John H. Seinfeld, S.N.P. *Atmospheric Chemistry and Physics*; John Wiley & Sons: John Wiley & Sons, 2016; ISBN 9781118947401, 1118947401.
15. Závodský, J.F.D. *Chemické aspekty znečištěného ovzduší – troposférický ozon*; Kompendium ochrany kvality ovzduší, 2003;
16. Ian Colbeck, A.R.M. *Air Pollution by Photochemical Oxidants*; Elsevier Science Publishing Company: Elsevier Science Publishing Company, 1994; ISBN STANFORD:36105009789822.