

VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V LOKALITĚ ZLÍN – KVÍTKOVÁ ROK 2021



ENVITECH BOHEMIA, s.r.o.

ÚDAJE O ZAKÁZCE

Zhotovitel:

ENVitech Bohemia s.r.o.

Ovocná 34/1021 ,
161 00 Praha 6
Česká republika

IČO: 47119209

DIČ: CZ47119209

Datum předání zprávy: 19. února 2022

Počet výtisků: 1

Výtisk číslo: 1

OBSAH

1	ÚVOD	4
1.1	IMISNÍ LIMITY	5
1.2	DATA A JEJICH ZPRACOVÁNÍ	5
1.3	ROK 2021 V ČR Z HLEDISKA METEOROLOGIE A KVALITY OVZDUŠÍ	6
2	METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ	7
2.1	VĚTRNÉ RŮŽICE	7
2.2	RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU	7
2.3	TEPLOTA VZDUCHU	9
2.4	RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU	10
2.5	ÚHRN SRÁŽEK	12
3	VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ	14
3.1	SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM₁₀ , PM_{2,5} A PM₁	14
3.1.1	PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE	16
3.1.2	PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE	17
3.1.3	PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE PM	19
3.1.4	ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	23
3.1.5	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU	27
3.2	OXIDY DUSÍKU NO₂ , NO A NO_x	33
3.2.1	PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE	34
3.2.2	PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE	35
3.2.3	PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE NO, NO ₂ A NO _x	37
3.2.4	ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	39
3.2.5	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU	43
3.3	PŘÍZEMNÍ OZÓN	45
3.3.1	VÝVOJ 26. NEJVYŠŠÍCH 8HODINOVÝCH KLOUZAVÝCH PRŮMĚRŮ ZA DEN V ROCE	45
3.3.2	PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE	47
3.3.3	VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH DENNÍCH KONCENTRACÍ O ₃	48
3.3.4	ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	50
3.3.5	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU	54
4	ZÁVĚRY	56
5	CITOVANÁ LITERATURA	57

1 ÚVOD

V květnu roku 2017 byla zprovozněna stanice Zlín – Kvítková v centru Zlína. Tato zpráva uvádí výsledky za rok 2021 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.



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 µg·m ⁻³	35
Suspendované částice PM ₁₀	1 kalendářní rok	40 µg·m ⁻³	
Suspendované částice PM _{2,5}	1 kalendářní rok	20 µg·m ⁻³	
Oxid dusičitý NO ₂	1 hodina	200 µg·m ⁻³	18
Oxid dusičitý NO ₂	1 kalendářní rok	40 µg·m ⁻³	
Přízemní ozón O ₃	maximální denní osmihodinový klouzavý průměr	120 µg·m ⁻³	25

Kromě samotných imisních limitů tabulky uvádí také přípustnou četnost překročení za kalendářní rok (pLV, je-li stanovena). To znamená, že například v případě denního limitu pro PM₁₀ může být za kalendářní rok hodnota 50 µg·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 µg·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. Veškerá uvedená data byla poskytnuta na základě žádosti MÚ Zlín a nemohou být použita jinak než pro tuto studii. Veškerá data ČHMÚ pocházejí z databáze ISKO (Informační systém kvality ovzduší).

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

1.3 ROK 2021 V ČR Z HLEDISKA METEOROLOGIE A KVALITY OVZDUŠÍ

Rok 2021 byl s průměrnou teplotou 8,0 °C a s odchylkou +0,1 °C od normálu 1981–2010 (+0,5 °C od normálu 1961–1990 a –0,4 °C od připravovaného normálu za období 1991–2021) **normální**, roky 2019, 2018, 2015 a 2014 byly mimořádně nadnormální, rok 2021 silně nadnormální a roky 2016 a 2017 nadnormální. Od posledního teplotně normálního roku 2013 s průměrnou teplotou 7,9 °C jsme tedy zaznamenali sedm let charakterizovaných různými stupni odchylky nad průměrem. Teplotní odchylka od normálu 1981–2010 v jednotlivých měsících kolísala od +3,0 °C v červnu, teplotně silně nadnormální měsíc, až po –2,5 °C v dubnu, který tak byl měsícem teplotně silně podnormálním. V průběhu roku byla většina měsíců (leden, únor, březen, červenec, říjen, listopad a prosinec) teplotně normální. Září byl teplotně nadnormální, srpen podnormální, duben a květen silně podnormální.

Roční srážkový úhrn 678 mm zařazuje rok mezi roky srážkově normální (normál za období 1981–2010 je v Česku 686 mm). Nejvíce srážek, v průměru 107 mm, což bylo 122 % normálu, napadlo v Česku v červenci a nejméně, v průměru jen 19 mm, to je 44 % normálu, v říjnu. Červenec je i tak klasifikován jako měsíc srážkově normální, stejně jako dalších šest měsíců (leden, únor, duben, červen, listopad a prosinec). Nadnormální úhrn srážek byl zaznamenán jen v květnu a srpnu, srážkově podnormální byl březen a říjen, září bylo srážkově silně podnormální.

Denní imisní limit PM_{10} byl v roce 2021 překročen na čtyřech stanicích ze 117, přičemž na počtu překročení hodnoty imisního limitu se nejvíce podílel měsíc únor. Maximální povolený počet překročení (25× v průměru za tři roky) hodnoty imisního limitu pro maximální denní 8hodinovou koncentraci O_3 ($120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) byl překročen na šesti stanicích z 68.

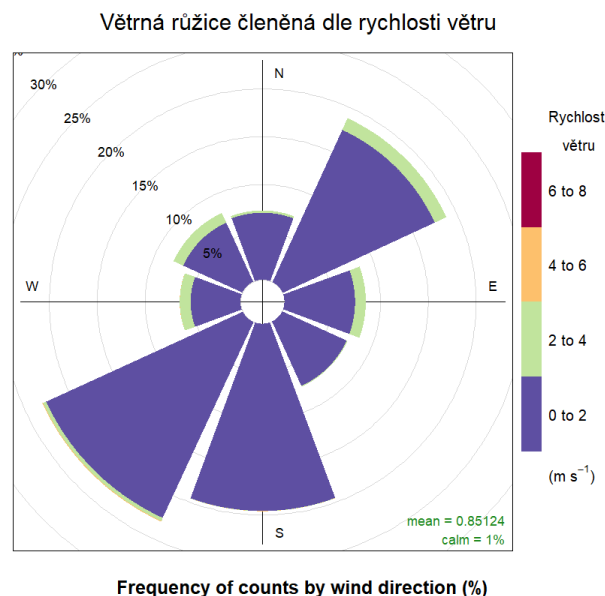
S koncem roku je možné vyhodnotit i překročení ročních imisních limitů, a to pro průměrnou roční koncentraci suspendovaných částic PM_{10} a $PM_{2,5}$ a NO_2 . Na základě neverifikovaných dat ze stanic automatizovaného imisního monitoringu ČHMÚ a dalších dodavatelů imisních dat lze konstatovat, že imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{10} nebyl překročen na žádné ze 128 stanicí AIM, přičemž nejvyšší roční průměrná koncentrace $34,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla naměřena na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ. Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci $PM_{2,5}$ byl překročen na deseti stanicích z 87 stanicí AIM. Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO_2 nebyl překročen na žádné stanici z 98, přičemž nejvyšší koncentrace $35,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ byla dosažena na dopravní stanici Brno-Úvoz (hot spot).

V roce 2021 byla 27. až 29. prosince vyhlášena jediná smogová situace, a to v aglomeraci O/K/F-M bez Třinecka z důvodu vysokých koncentrací PM_{10} [5].

2 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ

2.1 VĚTRNÉ RŮŽICE

Na následujícím Obr. 1 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Zlín – Kvítková konstruovaná z hodinových rychlostí a směrů větru. Růžice naznačuje převažující jihozápadní (cca 23 % roku) a jižní (cca 20 % roku) a severovýchodní proudění (cca 18 %). Vyšší rychlosti větru byly zaznamenány především ze severovýchodu a dále z východu či západu. Bezvětrí panovalo ve zhruba 1 % času měření. V lokalitě byly měřeny většinou nízké rychlosti větru (do $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), průměrná rychlost větru za celé měřené období byla zhruba $0,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



Obr. 1 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, Zlín – Kvítková, rok 2021

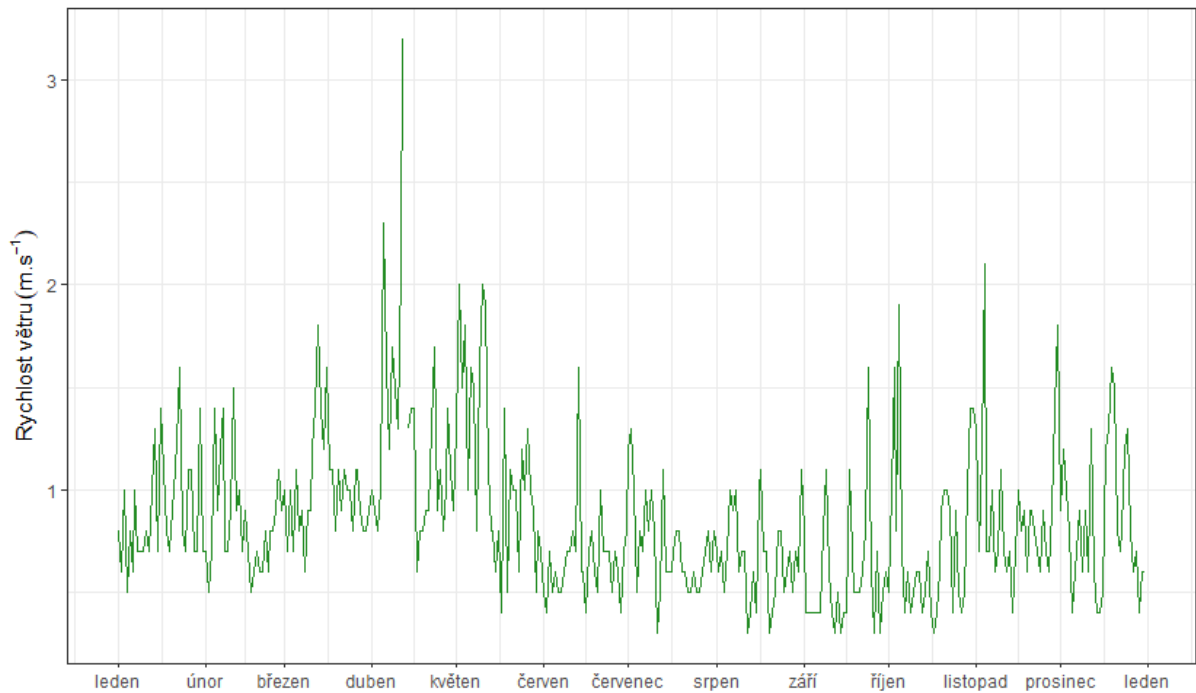
2.2 RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU

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

Na následujícím Obr. 2 jsou uvedeny průměrné denní rychlosti proudění větru v lokalitě Zlín – Kvítková. Z grafu je patrné, že byly měřeny převážně nízké rychlosti větru zhruba do $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, rychlosti okolo $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ se vyskytovaly výjimečně. Následující Obr. 3 zobrazuje průměrné měsíční hodnoty.

Vývoj průměrných denních rychlostí větru

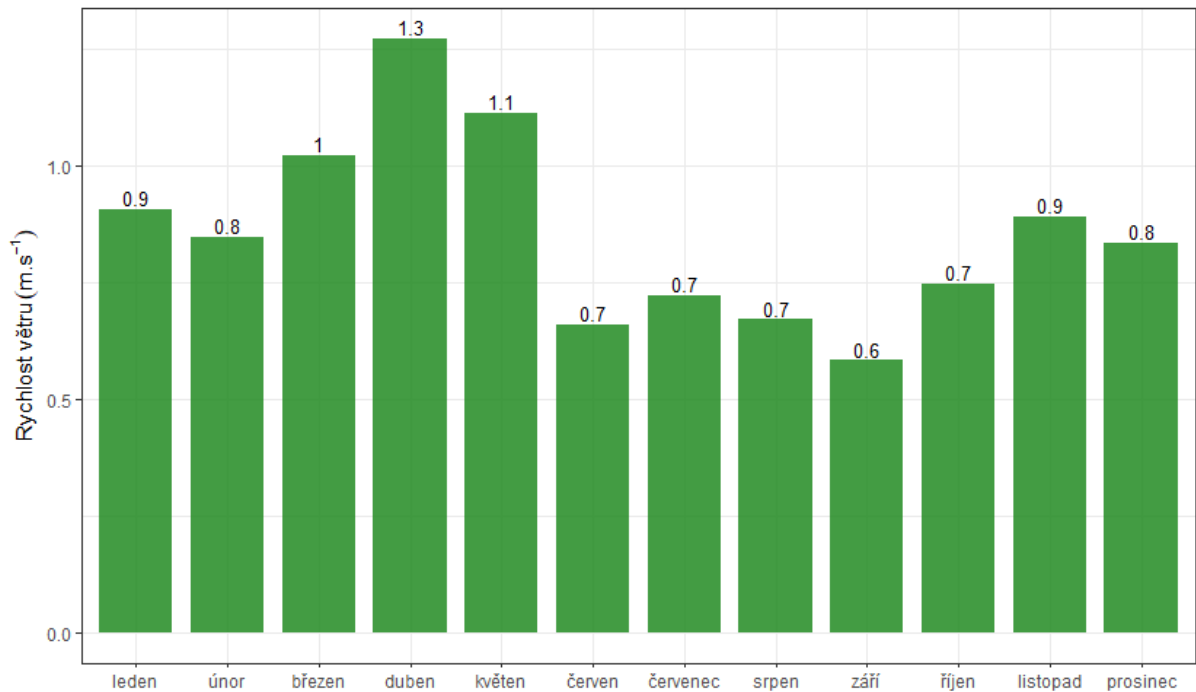
Zlín - Kvítková, rok 2021



Obr. 2 – Průměrné denní rychlosti větru, Zlín – Kvítková, rok 2021

Vývoj průměrných měsíčních rychlostí větru

Zlín - Kvítková, rok 2021

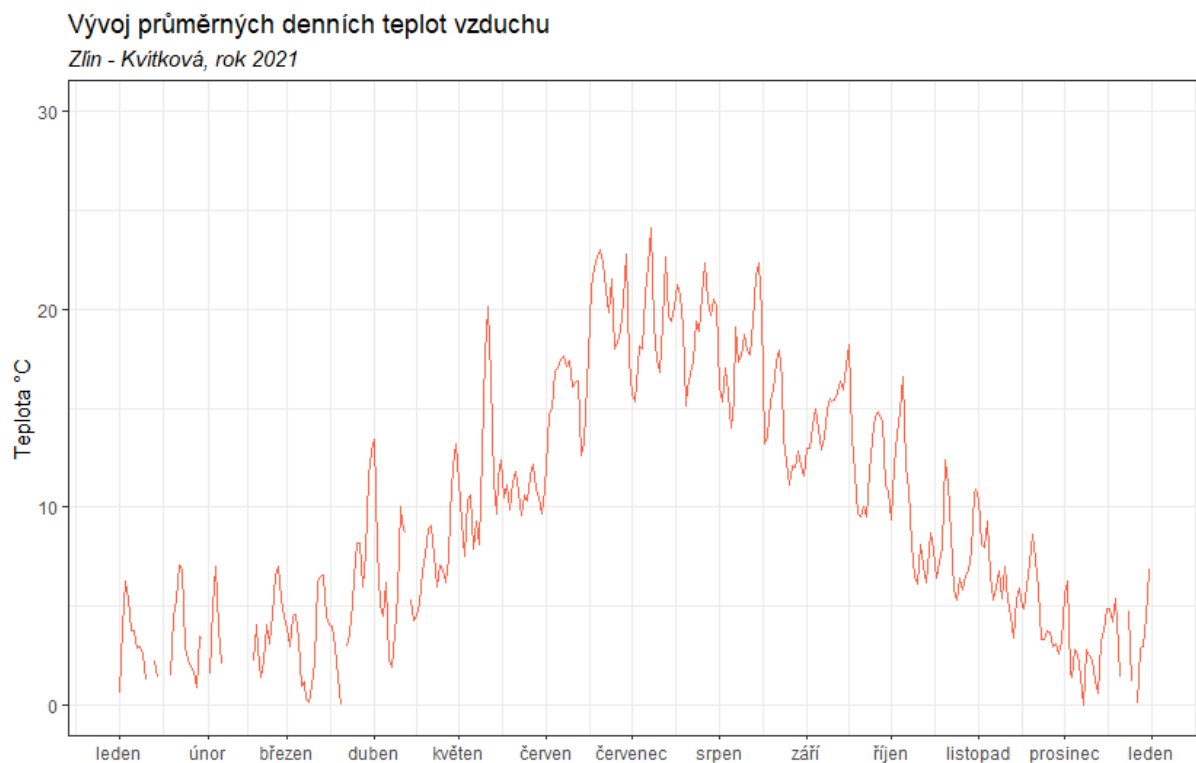


Obr. 3 – Průměrné měsíční rychlosti větru, Zlín – Kvítková, rok 2021

2.3 TEPLOTA VZDUCHU

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

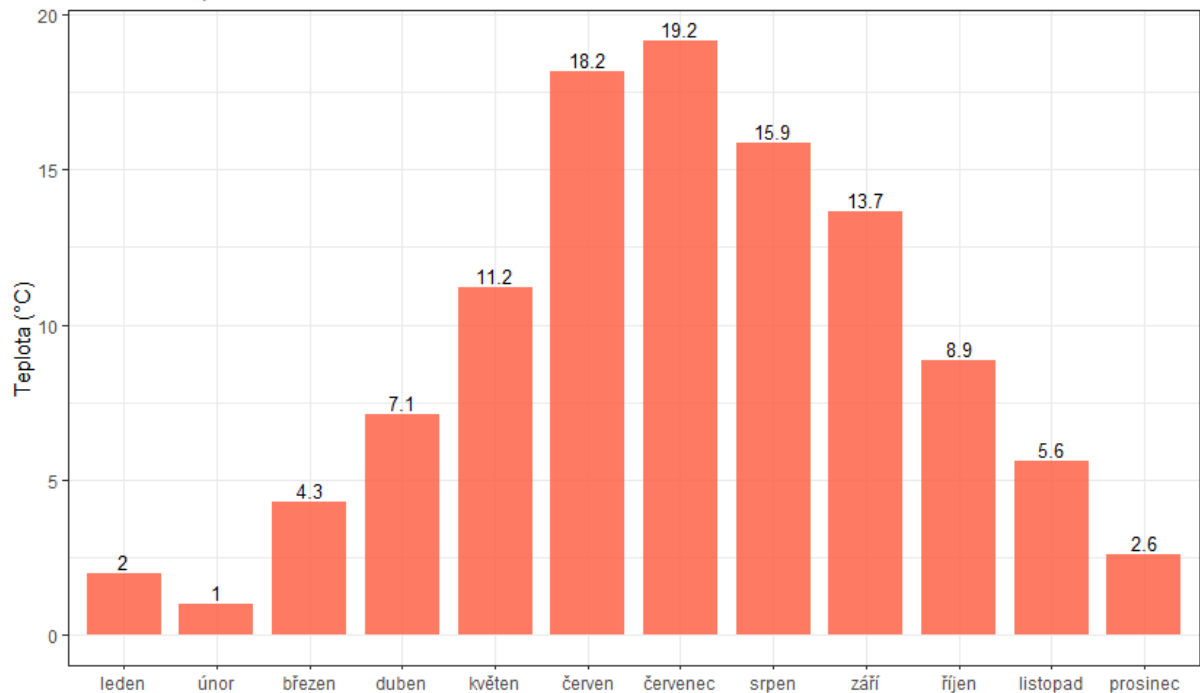
Následující Obr. 4 zobrazuje průměrné denní teploty vzduchu v lokalitě Zlín – Kvítková. Z grafu vyplývá, že maximální hodnoty byly v této lokalitě měřeny v červenci a červnu, poté docházelo k postupnému poklesu teplot. Minimální teploty pak byly měřeny v únoru (Obr. 5).



Obr. 4 – Průměrné denní teploty vzduchu, Zlín – Kvítková, rok 2021

Vývoj průměrných měsíčních teplot vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2021



Obr. 5 – Průměrné měsíční teploty, Zlín – Kvítková, rok 2021

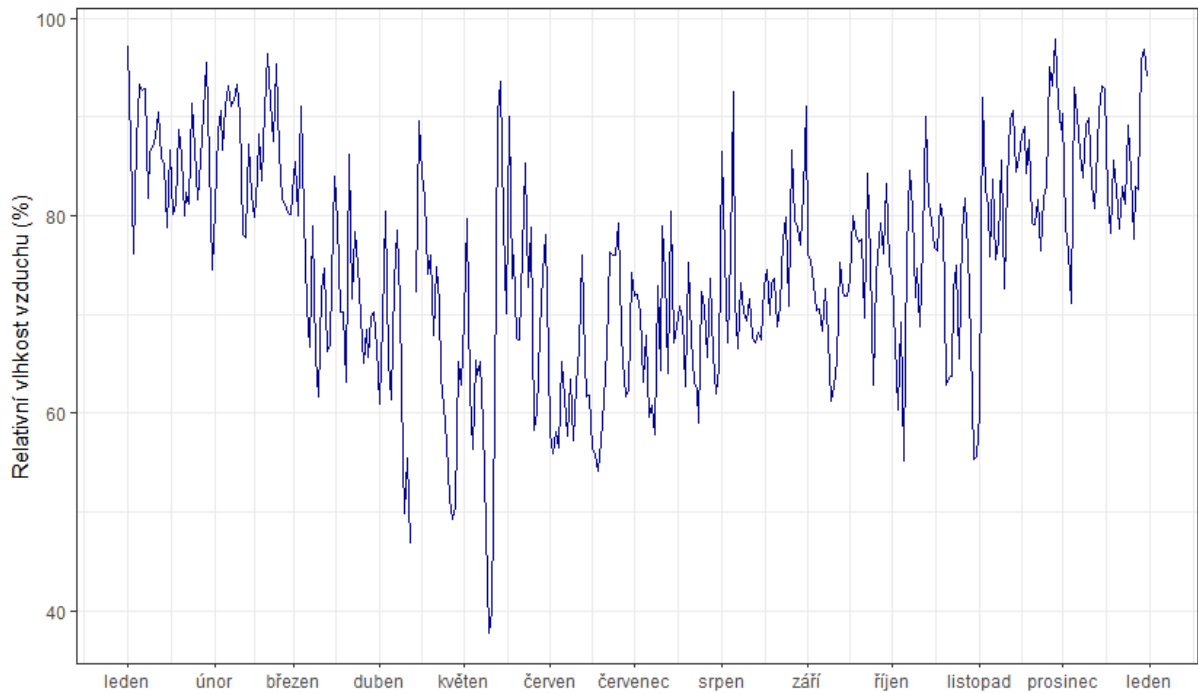
2.4 RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU

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

Následující Obr. 6 zobrazuje průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu v lokalitě Zlín – Kvítková. Z grafu vyplývá, že maximální hodnoty byly v této lokalitě měřeny v chladné části roku, naopak nejnižší hodnoty byly měřeny v létě. Průměrné měsíční hodnoty jsou uvedeny v grafu na Obr. 7

Vývoj relativních denních vlhkostí vzduchu

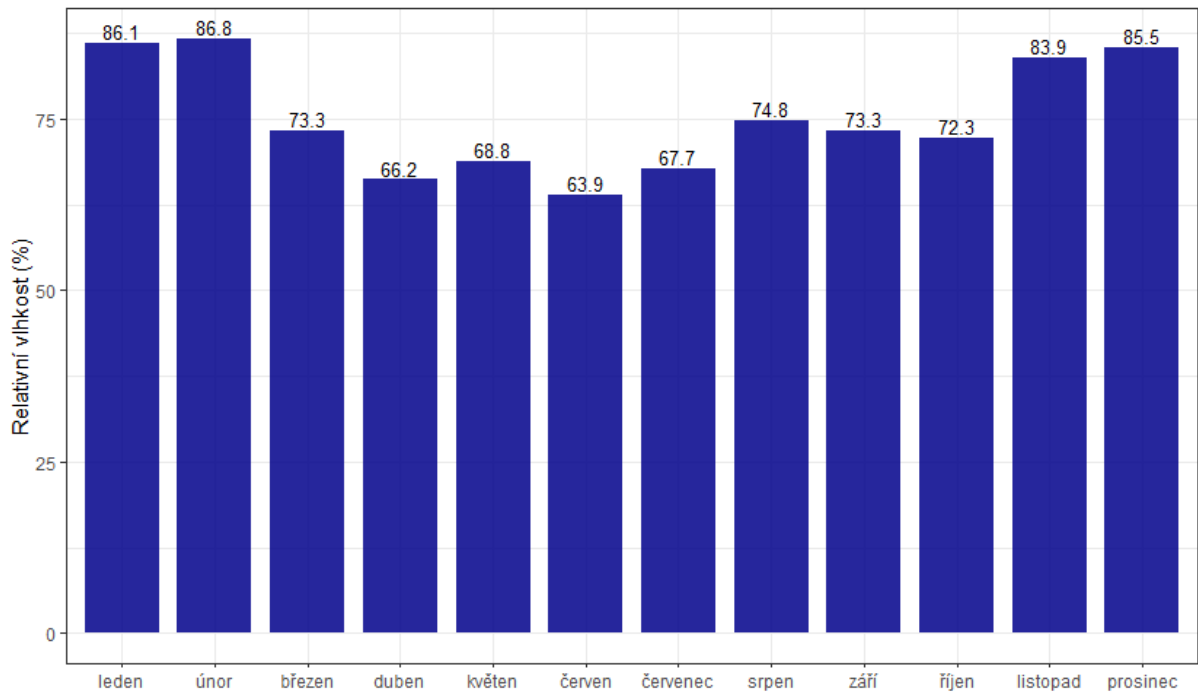
Zlín - Kvítková, rok 2021



Obr. 6 - Průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu, Zlín – Kvítková, rok 2021

Vývoj průměrných měsíčních relativních vlhkostí vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2021

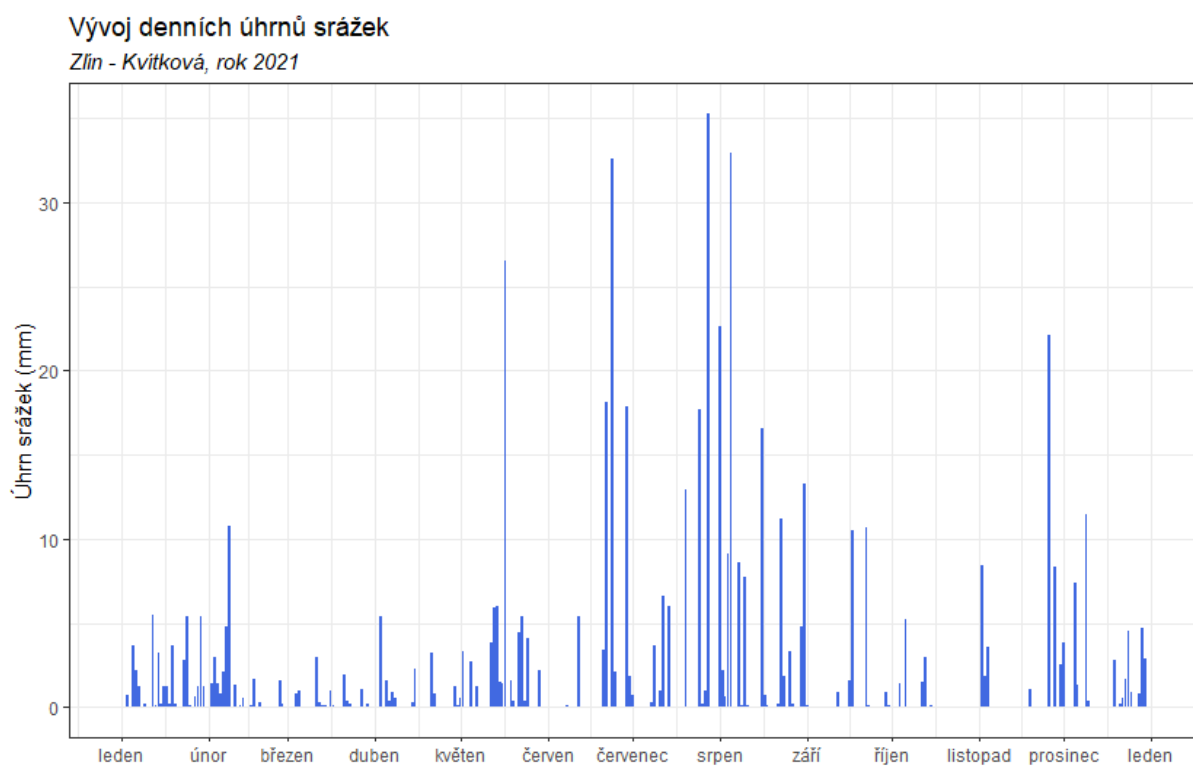


Obr. 7 – Průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu, Zlín – Kvítková, rok 2021

2.5 ÚHRN SRÁŽEK

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

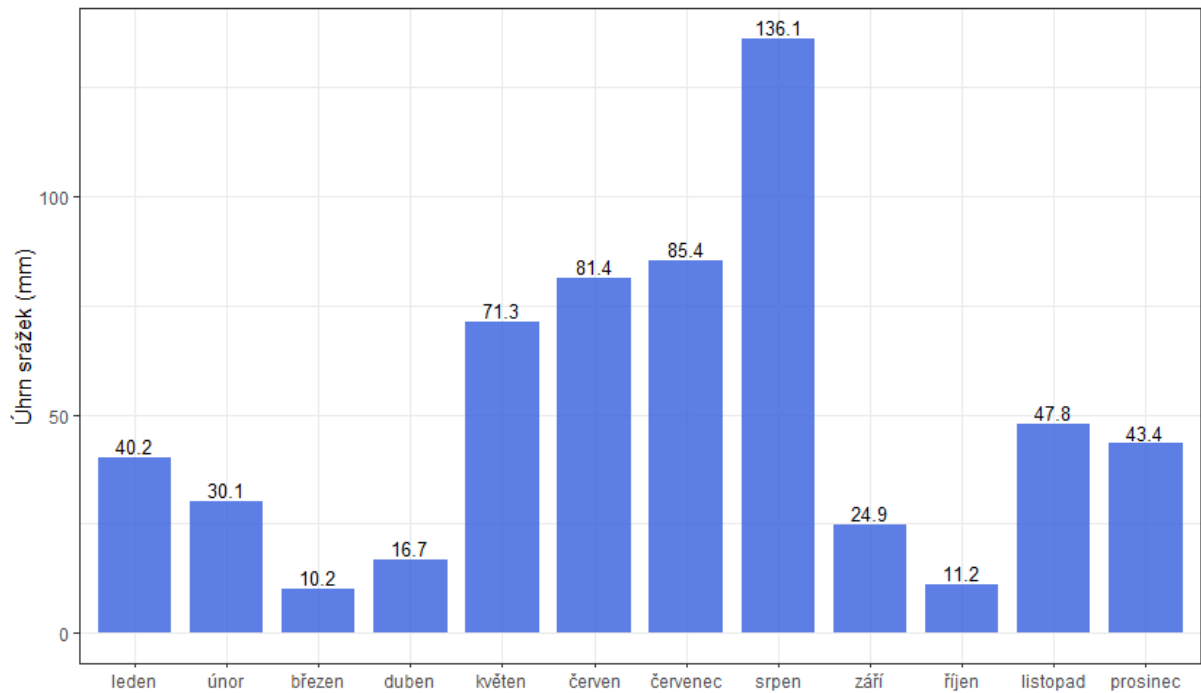
Následující Obr. 8 zobrazuje denní úhrn srážek v lokalitě Zlín – Kvítková. Následující graf na Obr. 9 zobrazuje měsíční úhrny srážek. Méně než 20 mm srážek v měsíčním úhrnu se vyskytlo pouze v březnu, dubnu a říjnu. Nejvyšší úhrn pak byl zaznamenán v srpnu.



Obr. 8 – Denní úhrn srážek, Zlín – Kvítková, rok 2021

Vývoj měsíčních úhrnů srážek

Zlín - Kvítková, rok 2021



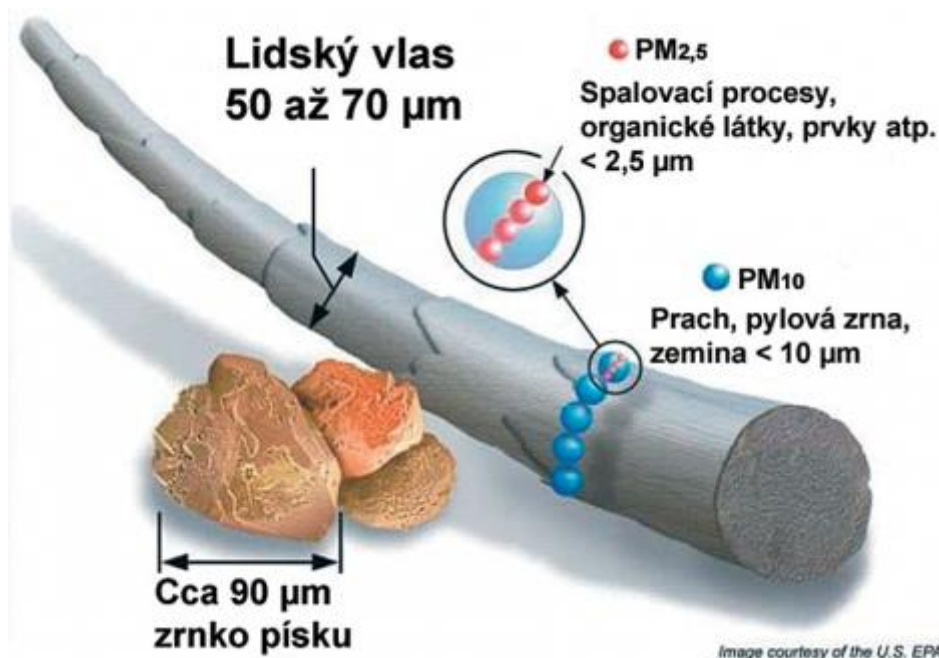
Obr. 9 – Měsíční úhrn srážek, Zlín – Kvítková, rok 2021

3 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ

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

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

Z hlediska platné legislativy [1] jsou v ovzduší sledovány dvě velikostní frakce suspendovaných částic. Jedná se o hrubší frakci 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. 10.

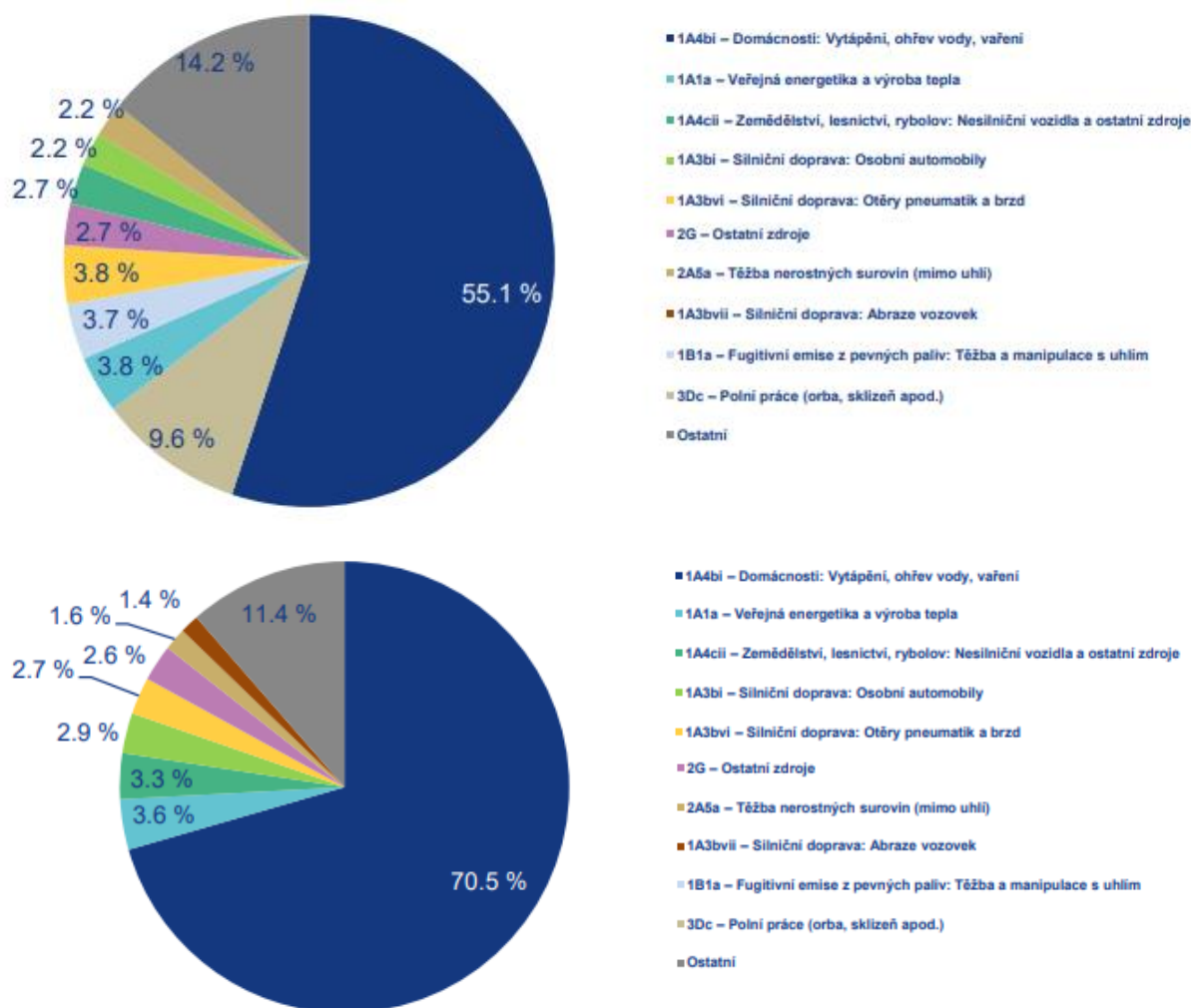


Obr. 10 – Srovnání velikostí částic PM₁₀ a PM_{2,5} s lidským vlasem a zrnkem písku. Zdroj: US EPA

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 2019 patřil sektor 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami PM₁₀ 55,1 % a PM_{2,5} 70,5 %. Mezi další významné zdroje emisí PM₁₀ 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 [6]. Mobilní zdroje se na emisích PM_{10} v roce 2019 podílely 12,2 % a na emisích $PM_{2,5}$ také 12,2 % [7].



Obr. 11 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM_{10} (nahore) a $PM_{2,5}$ (dole) v ČR, rok 2019 [7]

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

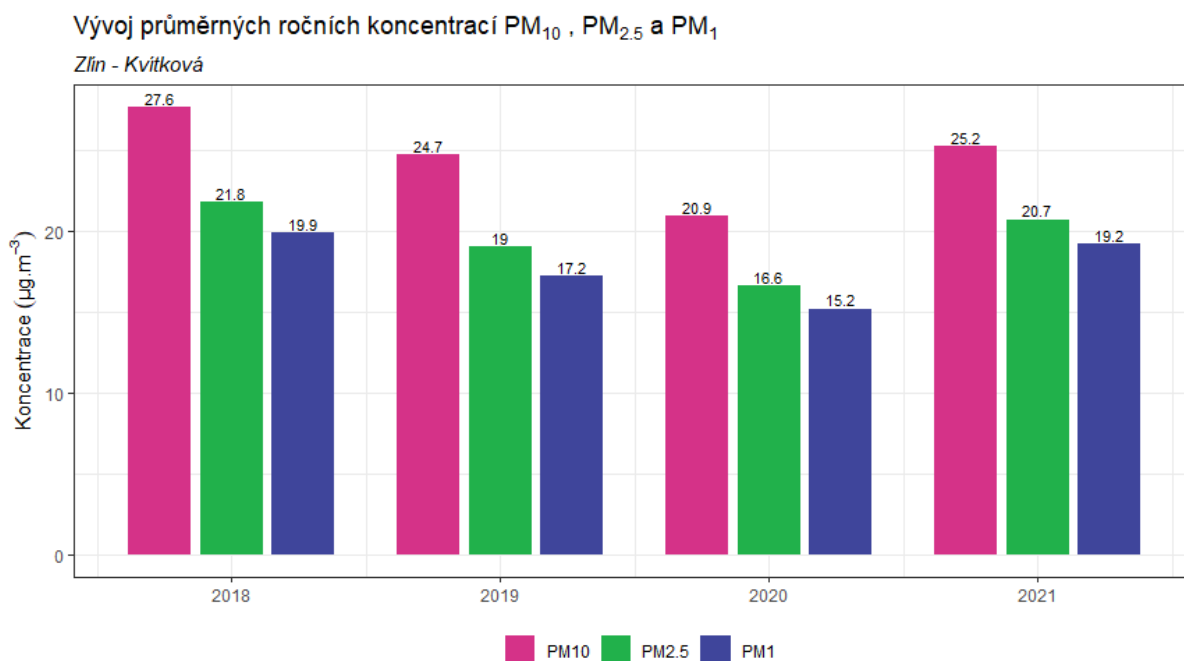
alergická dispozice nebo kouření. Citlivou skupinou jsou děti, starší lidé a lidé trpící onemocněním dýchací a oběhové soustavy. Nejzávažnější zdravotní dopady, tj. kardiovaskulární a respirační účinky a navýšení úmrtnosti, mají jemné a ultra jemné částice s velikostí aerodynamického průměru pod 1 μm [8], [9].

3.1.1 Průměrné roční koncentrace

Průměrná roční koncentrace PM_{10} činila v roce 2021 v lokalitě Zlín – Kvítková 25,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Imisní limit tedy překročen nebyl. Průměrná roční koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ činila v roce 2021 v lokalitě Zlín – Kvítková 20,7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V této lokalitě došlo k překročení imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci $\text{PM}_{2,5}$ (20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Průměrná roční koncentrace PM_1 činila v roce 2021 v lokalitě Zlín – Kvítková 19,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Následující Obr. 12 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě Zlín – Kvítková. Z grafu je patrné, že proti roku 2019 došlo ve všech sledovaných frakcích prašnosti k poklesu průměrných ročních koncentrací.

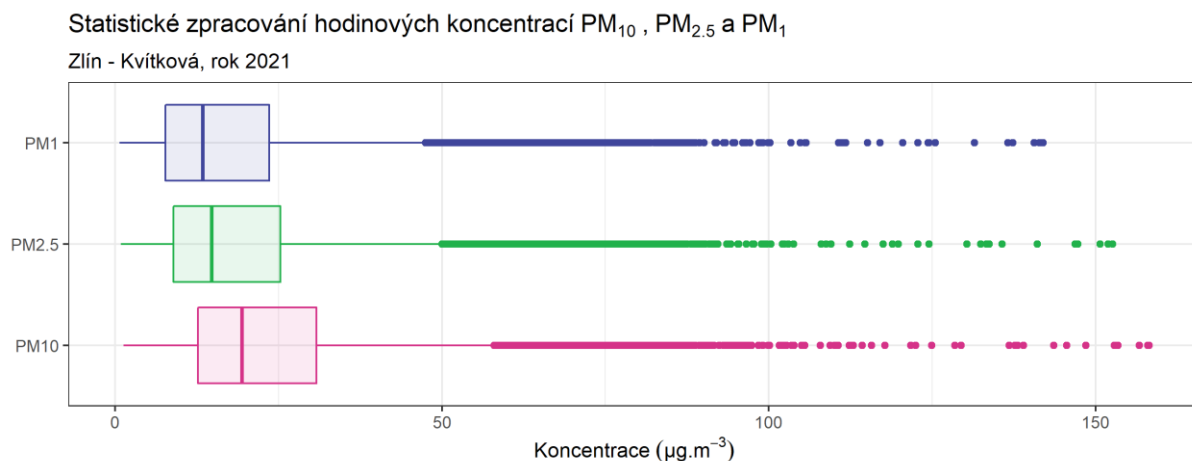


Obr. 12 -Vývoj průměrných ročních koncentrací PM, lokalita Zlín – Kvítková

Následující Tab. 2 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé frakce PM. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2021 pak zobrazuje Obr. 13.

Tab. 2 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2021

STATISTIKA	PM10	PM25	PM01
PRŮMĚR	25,2	20,7	19,3
MAXIMUM	158,2	152,6	142
MEDIÁN	19,4	14,8	13,4
MINIMUM	1,3	0,9	0,7



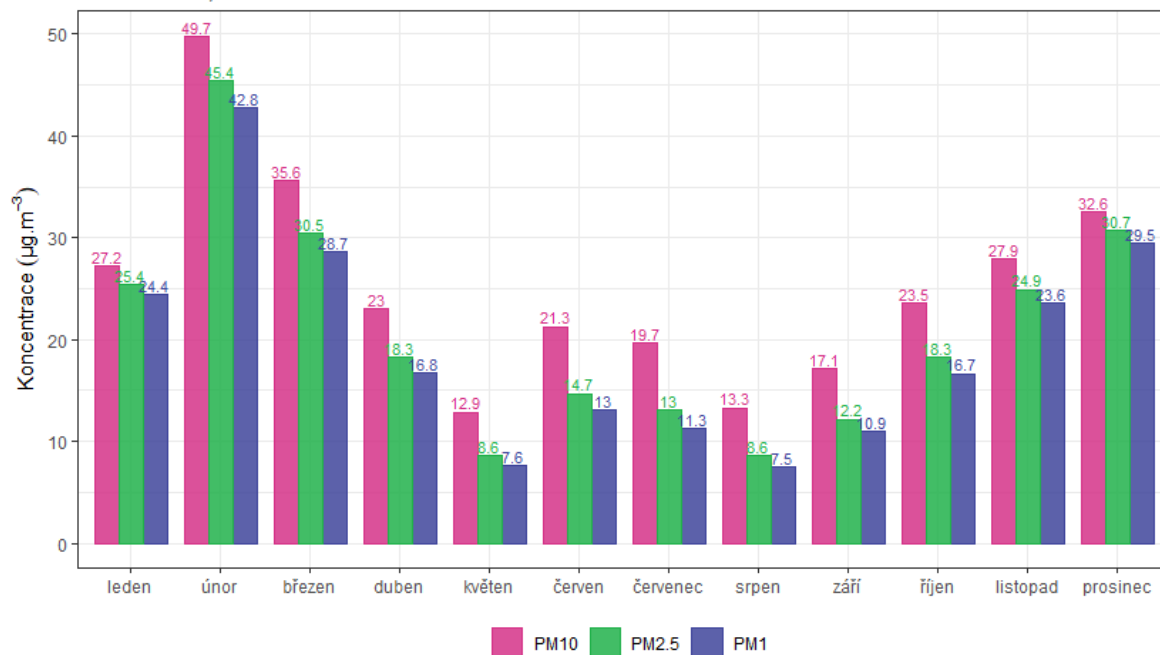
Obr. 13 – Statistické zpracování hodinových koncentrací PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2021

3.1.2 Průměrné měsíční koncentrace

Na Obr. 14 jsou průměrné měsíční koncentrace PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 . Z obrázku je patrné, že v letních měsících jsou koncentrace nejnižší, naopak v chladné části roku jsou měřeny vyšší koncentrace. Výrazně vyšší průměrná měsíční koncentrace PM_{10} byla naměřena v únoru (nejnižší měřené teploty) a rovněž v březnu. Rovněž je patrné, že v letních měsících vzrostl podíl hrubší frakce PM_{10} , což může být důsledek, sucha a víření prašnosti včetně větrné eroze.

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

Zlín - Kvítková, rok 2021

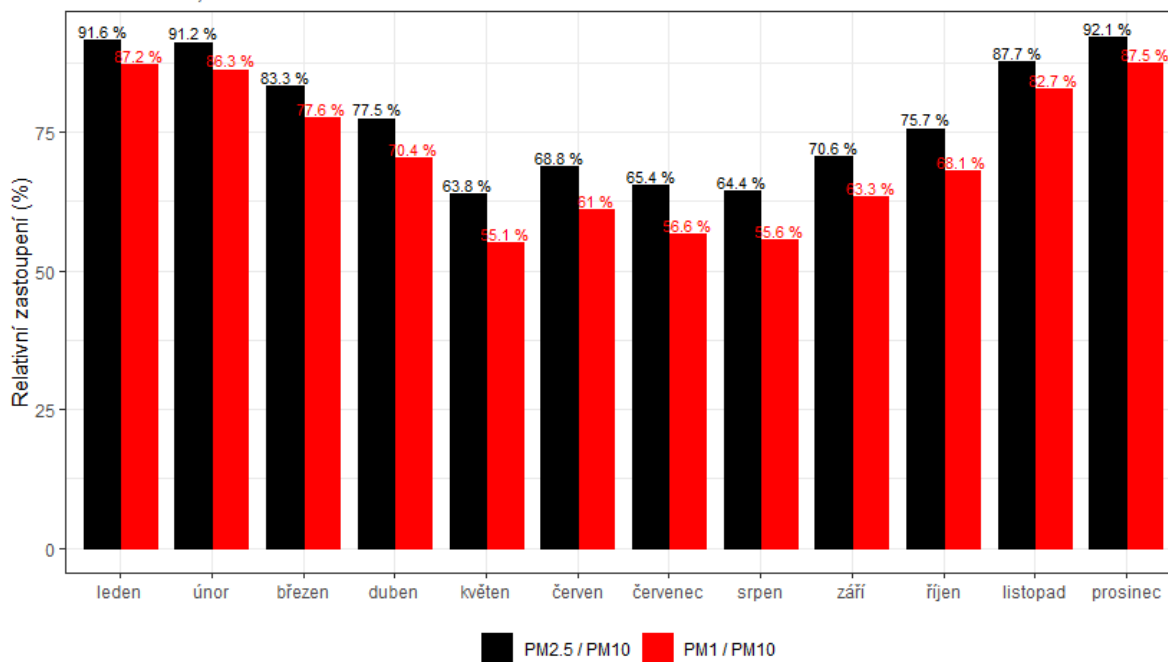


Obr. 14 - Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀, PM_{2.5} a PM₁, Zlín – Kvítková, rok 2021

Průměrné měsíční zastoupení jemnějších frakcí v PM₁₀ zobrazuje Obr. 15. Z něj je patrné, že v chladné části roku je jemnější a nebezpečnější frakce zastoupena podstatně více (až 90 %), než v létě.

Průměrné měsíční relativní zastoupení PM_{2.5} v PM₁₀ a PM₁ v PM₁₀

Zlín - Kvítková, rok 2021



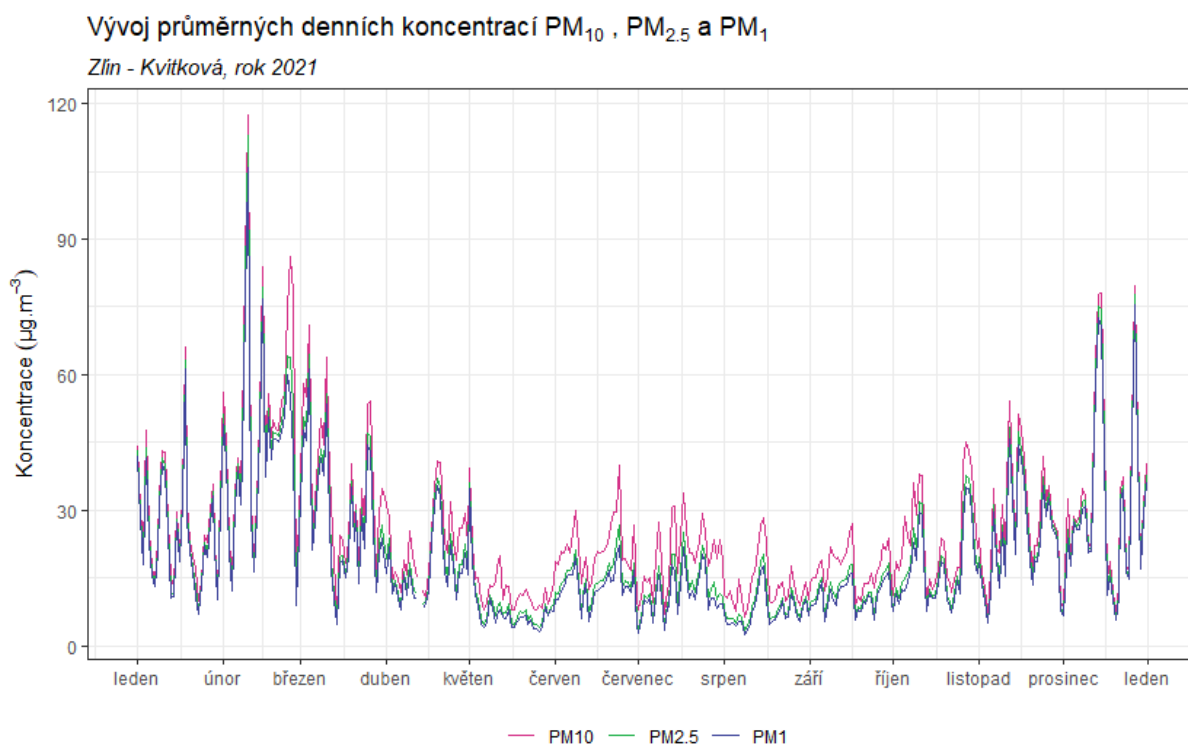
Obr. 15 – Průměrné měsíční zastoupení PM_{2.5} v PM₁₀ a PM₁ v PM₁₀, lokalita Zlín – Kvítková, rok 2021

3.1.3 Průměrné denní koncentrace PM

Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁ v lokalitě Zlín – Kvítková zobrazuje následující Obr. 16. Z grafu je patrné, že koncentrace jemnějších frakcí PM_{2,5} a PM₁ do značné míry kopírují hrubší frakci PM₁₀ a z velmi velké části tak PM₁₀ tvoří.

Průměrné denní koncentrace vyšší, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ (50 µg·m⁻³) se vyskytují pouze v chladné části. V měsících květen–září, kdy nejsou v provozu lokální topeniště a jsou příznivější rozptylové podmínky, jsou koncentrace všech frakcí PM nízké a k překračování hodnoty limitu nedochází. Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu v jednotlivých měsících zobrazuje následující Obr. 17. Nejvíce překročení bylo naměřeno v únoru (12), kdy byly rovněž měřeny velmi nízké teploty a muselo se tedy intenzivněji topit (Obr. 4). Za rok 2021 došlo souhrnně k 26 překročením hodnoty imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀, imisní limit tedy překročen nebyl (zákon umožňuje za kalendářní rok 35 překročení této hodnoty).

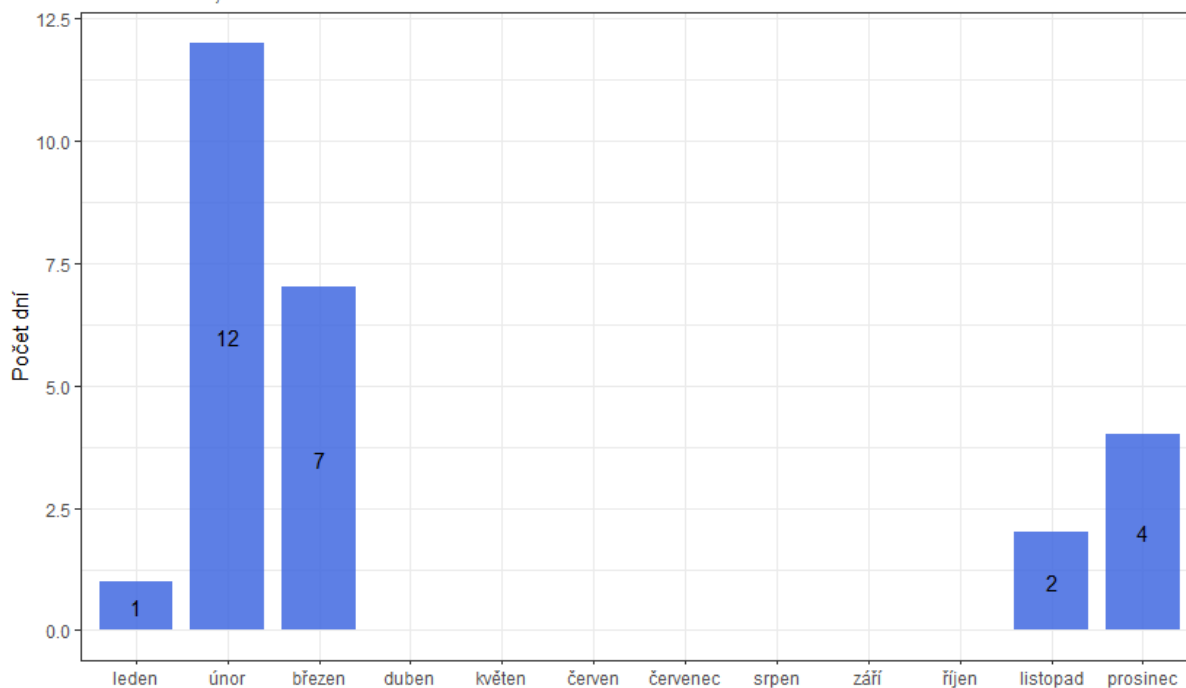
Vývoj charakteristik, vztahujících se k dennímu imisnímu limitu pro PM₁₀ (36. nejvyšší koncentrace PM₁₀ za kalendářní rok a počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu) zobrazuje Obr. 18. Z grafu je patrné, že v roce 2021 došlo k nárůstu hodnot charakteristik proti roku 2020, ale k poklesu proti rokům 2018 i 2019.



Obr. 16 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁, Zlín – Kvítková, rok 2021

Počet dní s překročením denního imisního limitu PM₁₀ v jednotlivých měsících

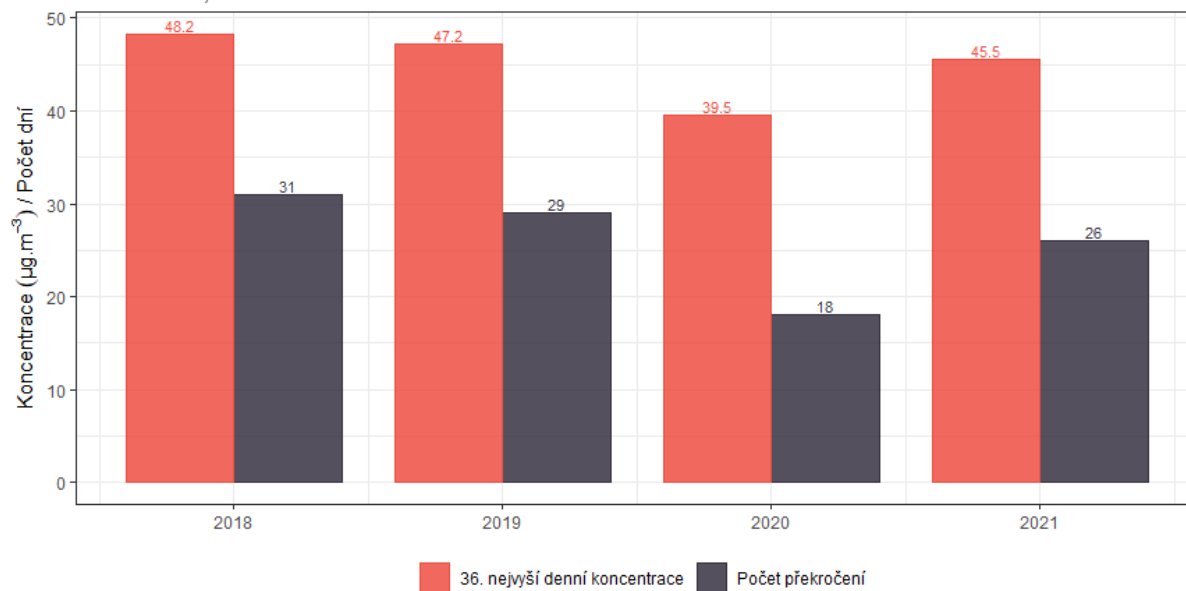
Zlín - Kvítková, rok 2021



Obr. 17 – Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ v jednotlivých měsících, Zlín – Kvítková

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

Zlín - Kvítková, rok 2021



Obr. 18 – Vývoj 36. nejvyšší denní koncentrace PM₁₀ a počtu dní s překročením hodnoty imisního limitu pro denní koncentraci PM₁₀, lokalita Zlín – Kvítková

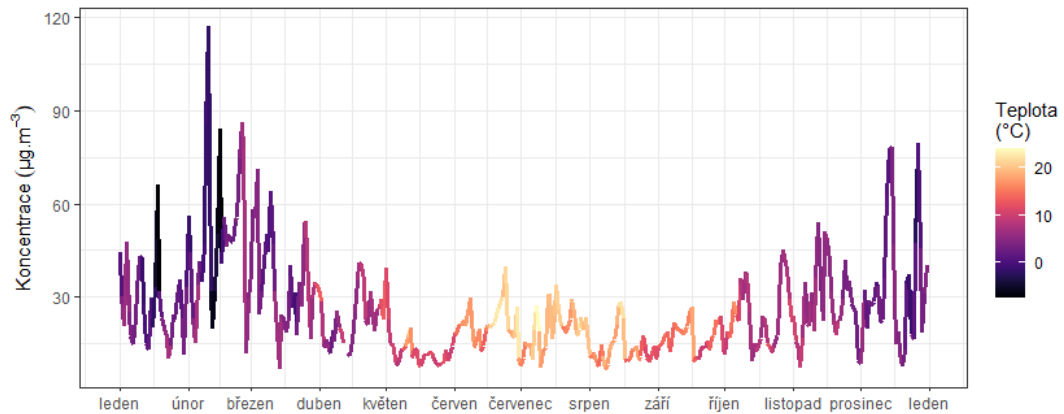
Vzhledem k tomu, že jsou trend a z velké části i hodnoty PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 téměř totožné (Obr. 16), bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro PM_{10} , avšak totéž platí i pro jemnější frakce.

Na Obr. 19 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací PM_{10} , zbarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost.

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

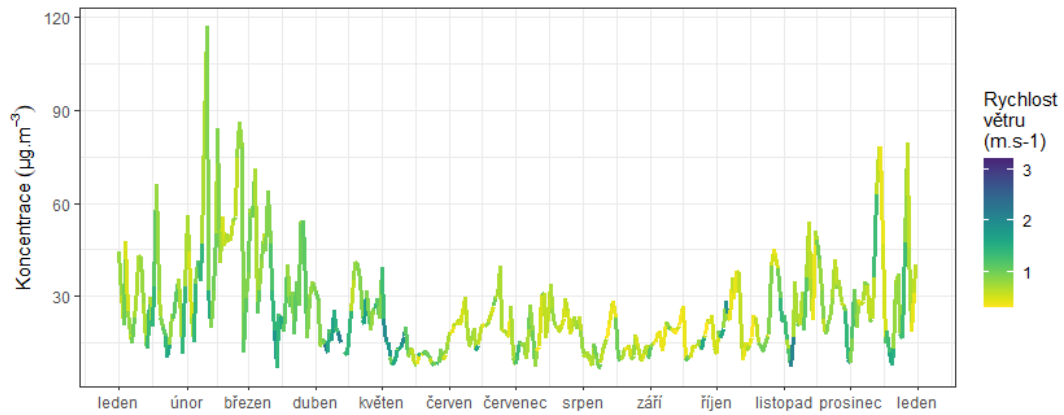
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na teplotě vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2021



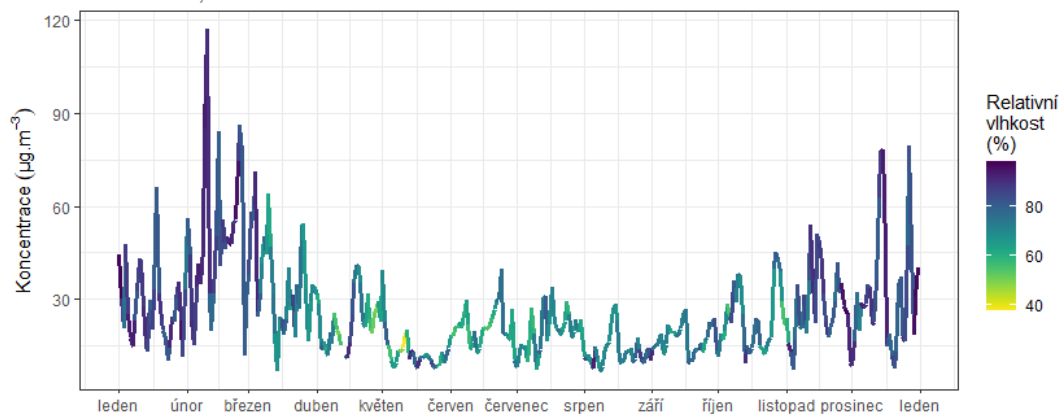
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na rychlosti větru

Zlín - Kvítková, rok 2021



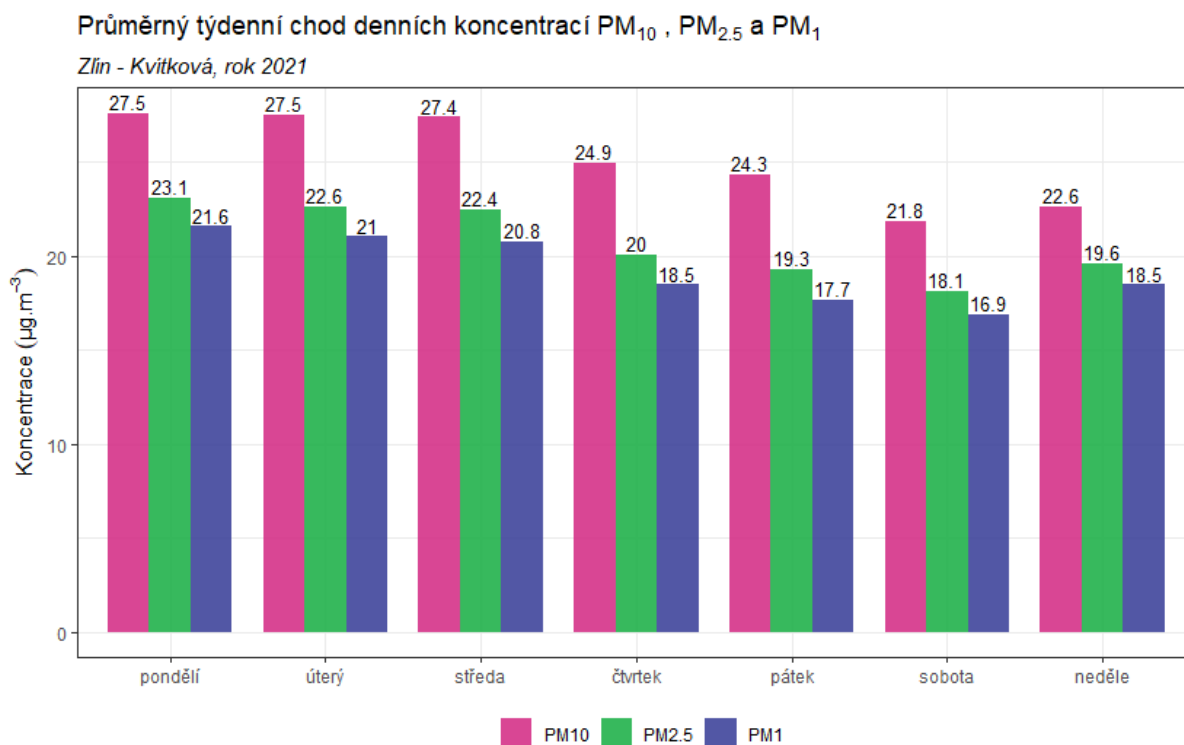
Vývoj průměrných denních koncentrací PM₁₀ v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2021



Obr. 19 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace PM₁₀, Zlín – Kvítková, rok 2021

Z hlediska týdenního chodu průměrných denních koncentrací PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁ (Obr. 20) byl v roce 2021 nejhorším dnem pondělí. Naopak nejnižší koncentrace jsou měřeny v sobotu.



Obr. 20 – Průměrný týdenní chod denních koncentrací PM₁₀, Zlín – Kvítková, rok 2021

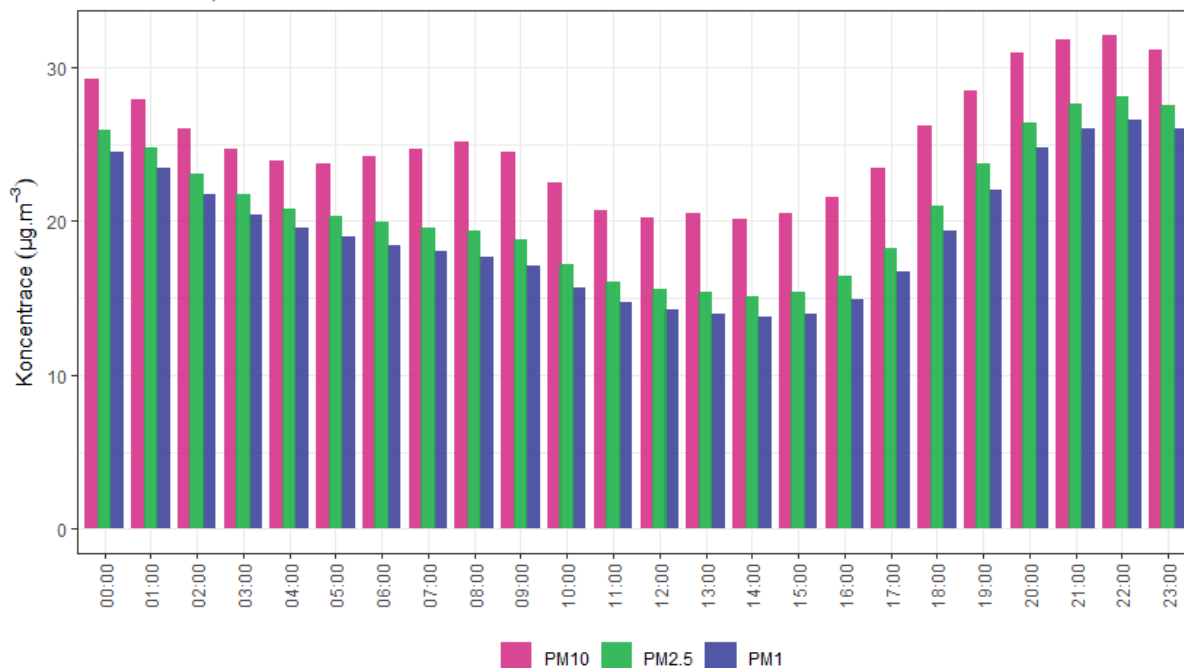
3.1.4 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační ruzice

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací PM₁₀ (a v podstatě také PM_{2,5} a PM₁) v lokalitě Zlín – Kvítková. Denní chod koncentrací PM₁₀ zobrazuje Obr. 21.

Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací PM₁₀ 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. Nárůst začíná kolem 17. hodiny a zůstává zvýšený zhruba do 21. hodiny. Poté dochází k postupnému poklesu koncentrací až do 6. hodiny ranní, kdy dochází k ranní špičce. V té dochází k nárůstu koncentrací zejména hrubší frakce PM₁₀, což může být důsledek lidské činnosti v blízkosti měřicí lokality.

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

Zlín - Kvítková, rok 2021

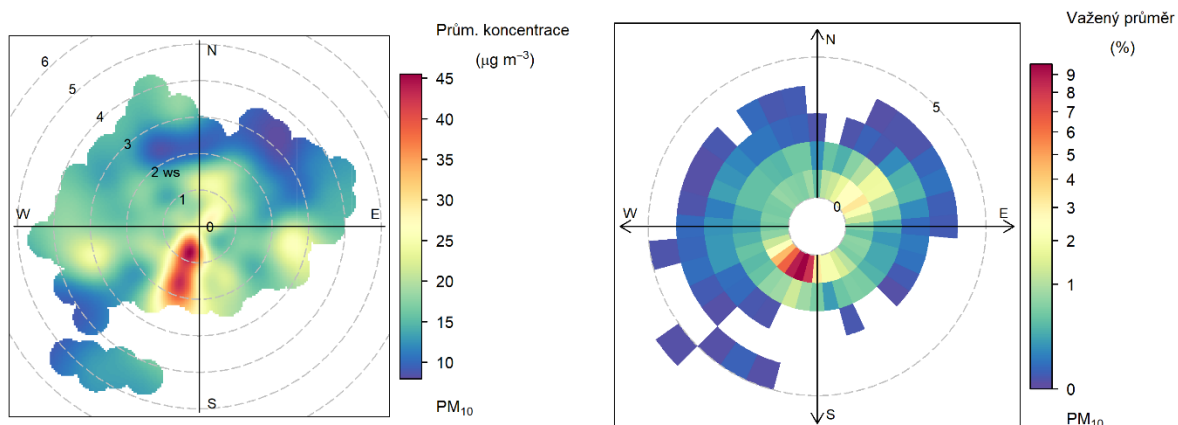


Obr. 21 – Denní chod hodinových koncentrací PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁, Zlín – Kvítková, rok 2021

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

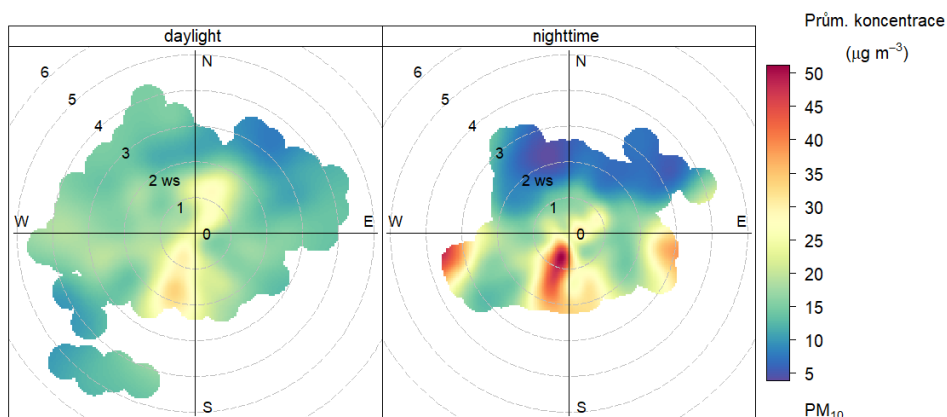
Základní koncentrační růžice tak ukazuje, při jakých rychlostech a směrech větru jsou v průměru dosahovány (nejvyšší) koncentrace. Vážená koncentrační růžice pak vypočte vážený průměr (tzn. že je vzata v úvahu také četnost výskytu), a dává tak informaci, jakým procentem se jednotlivé směry větru podílí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

Následující Obr. 22 zobrazuje tyto dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Zlín – Kvítková.



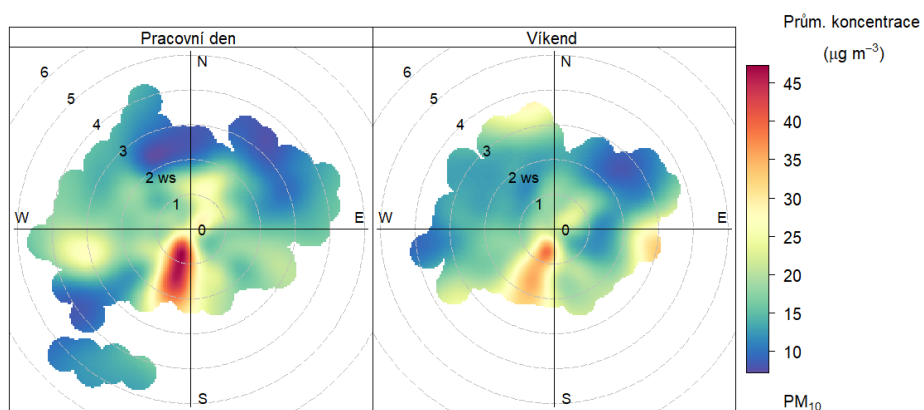
Obr. 22 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro PM₁₀, Zlín – Kvítková, rok 2021

Z Obr. 22 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při jižním až jihovýchodním proudění. Co se týče relativního příspěvku k měřeným koncentracím, převládají jihozápadní směry větru (z těchto směrů fouká nejčastěji) a nízké rychlosti větru. Na následujícím Obr. 23 je koncentrační růžice rozdělena na den a noc. Vysoké koncentrace PM₁₀ z jižních směrů jsou měřeny zejména v nočních hodinách.



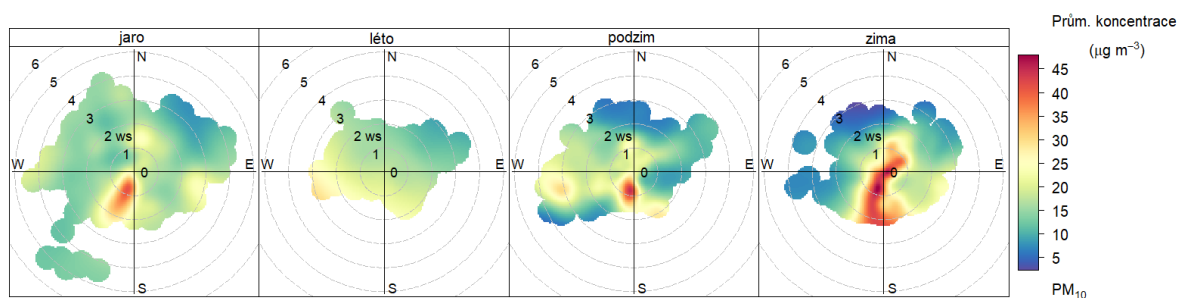
Obr. 23 – Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Zlín – Kvítková, rok 2021

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendy. Jak ukazuje následující Obr. 24, vyšší koncentrace jsou měřeny v pracovní dny, o víkendech jsou koncentrace nižší, mírně zvýšené zejména při bezvětří proudění z jihozápadu.



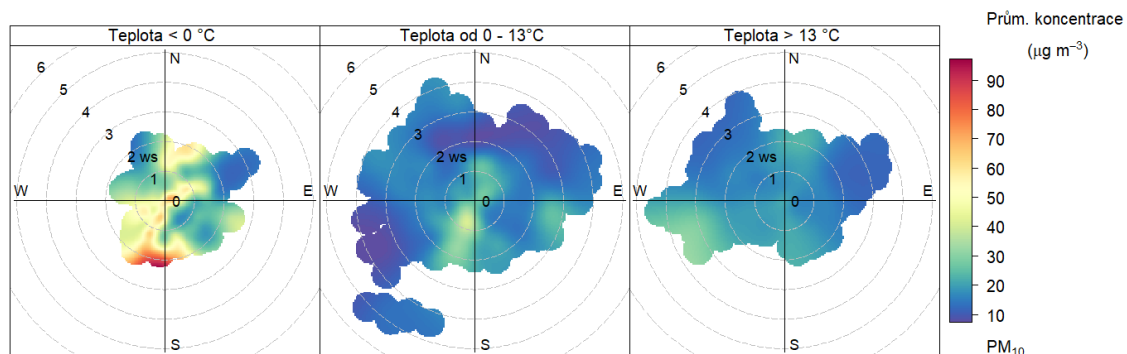
Obr. 24 – Koncentrační růžice v pracovní dny a o víkendu, Otrokovice – město, rok 2021

Následující Obr. 25 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Vysoké koncentrace jsou měřeny zejména v zimních měsících z jižních směrů při nižších rychlostech větru. Zvýšené koncentrace jsou zaznamenány i na jaře a na podzim.



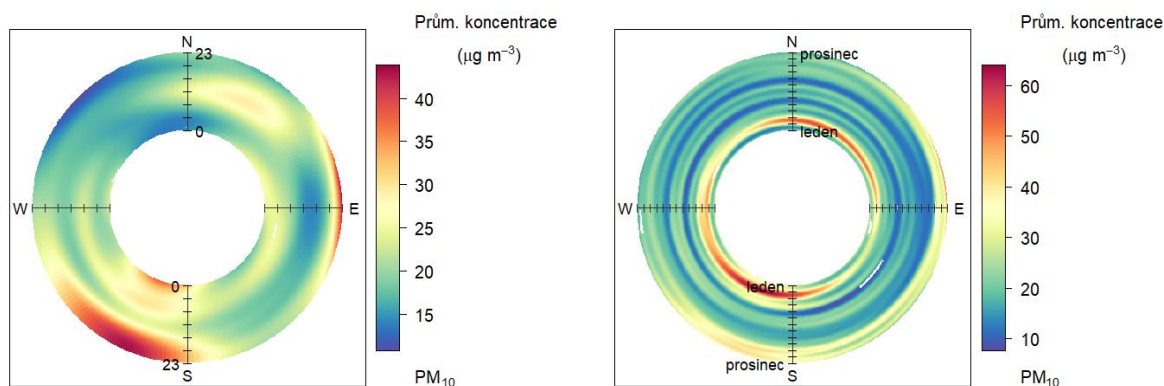
Obr. 25 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Zlín – Kvítková, rok 2021

Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 26 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou měřeny při teplotách vzduchu nižších než 0 °C a při proudění z jihozápadu až jihu. Při vyšších teplotách jsou již pouze velmi mírně zvýšené.



Obr. 26 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Zlín – Kvítková, rok 2021

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



Obr. 27 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Zlín – Kvítková, rok 2021

Z Obr. 27 pak vyplývá, že v případě lokality Zlín – Kvítková v roce 2021 byly nejvyšší koncentrace PM_{10} měřeny ve večerních a nočních hodinách, a to zejména z jihozápadních směrů. V případě ročního chodu jsou významné zejména zimní měsíce, v roce 2021 pak dominoval zejména začátek roku.

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).

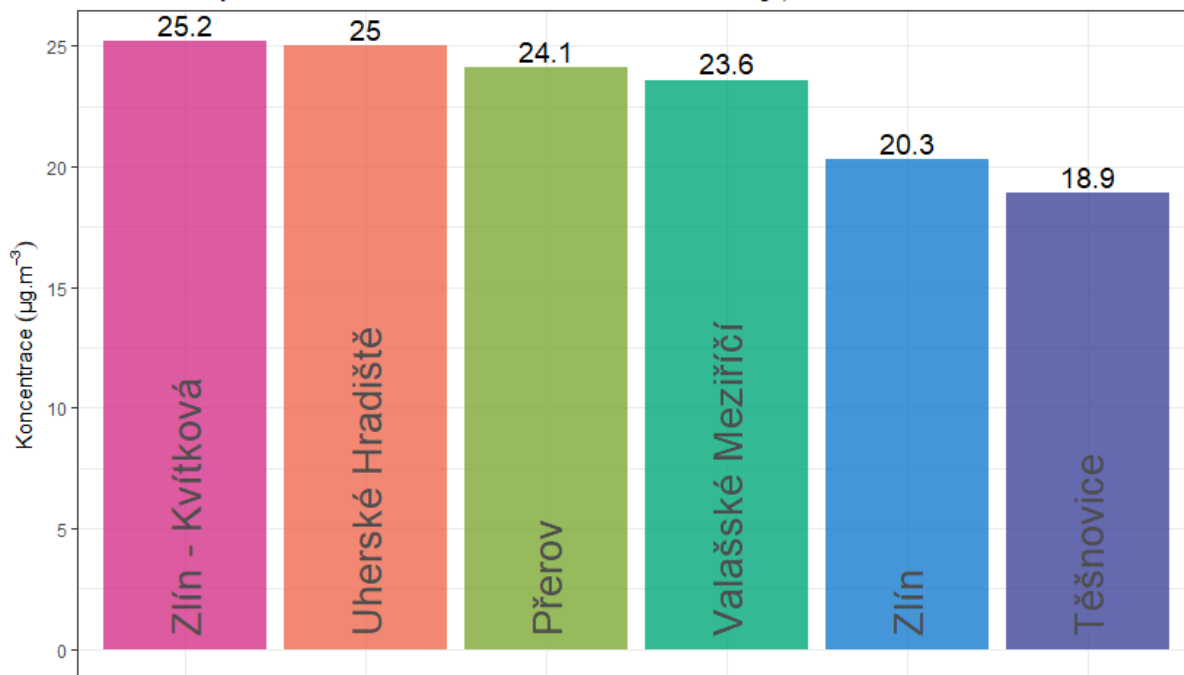
kód stanice	obec	typ stanice	typ zóny	charakteristika zón
MPPRA	Přerov	pozaďová	městská	obchodní, obytná
ZSNVA	Štítná nad Vláří	pozaďová	venkovská	přírodní
ZZLNA	Zlín	pozaďová	předměstská	obytná, přírodní
ZVMZA	Valašské Meziříčí	pozaďová	městská	obytná
ZTNVA	Těšnovice	pozaďová	venkovská	zemědělská
ZZZSA	Zlín- Kvítková	pozaďová	městská	obytná
ZUHRA	Uherské Hradiště	dopravní	městská	obytná, obchodní

Na následujícím Obr. 28 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace částic PM_{10} na blízkých lokalitách v roce 2021 a srovnány s lokalitou Zlín – Kvítková. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Zlín – Kvítková jsou měřeny nejvyšší koncentrace PM_{10} . Nejnížší hodnotu naměřila venkovská pozaďová lokalita Těšnovice. Žádná z uvedených lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{10} .

Na následujícím grafu na Obr. 29 jsou obdobně zobrazeny hodnoty průměrných ročních koncentrací $PM_{2,5}$ na vybraných lokalitách. Z grafu je patrné, že lokalita Zlín – Kvítková dosahuje nejvyšších hodnot a jako jediná tato lokalita překročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci $PM_{2,5}$. Nejnížší hodnoty naměřila opět venkovská pozaďová lokalita Těšnovice.

Průměrné roční koncentrace PM₁₀

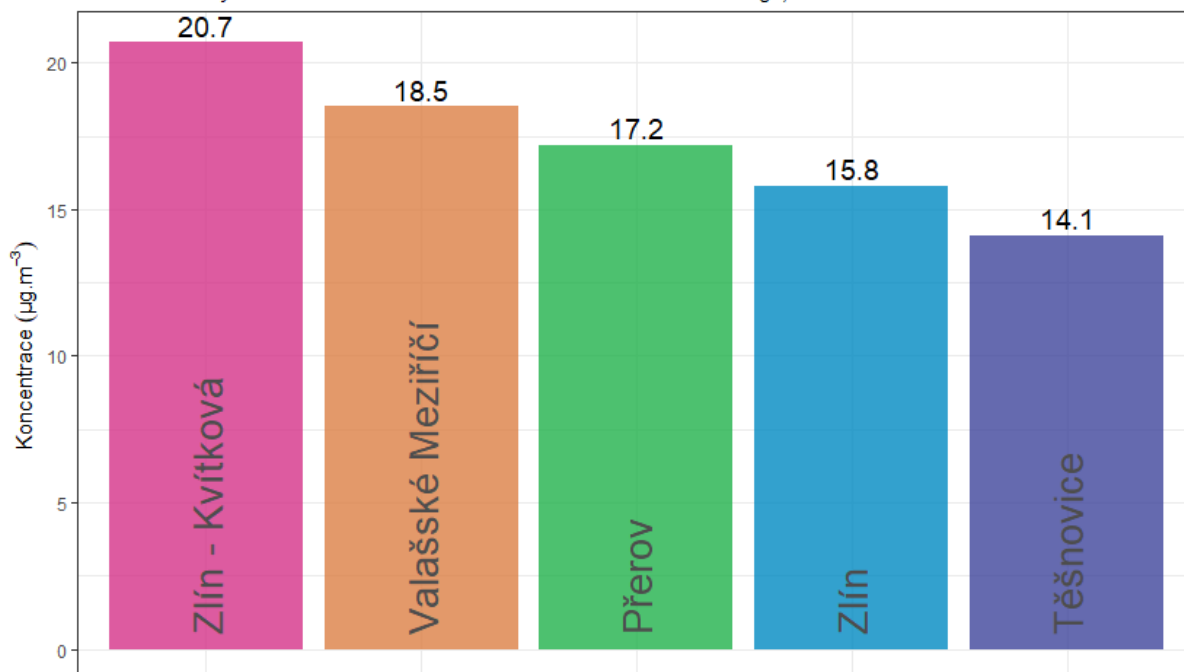
Srovnání lokality Zlín - Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2021



Obr. 28 – Srovnání průměrné roční koncentrace PM₁₀ lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2021

Průměrné roční koncentrace PM_{2,5}

Srovnání lokality Zlín - Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2021



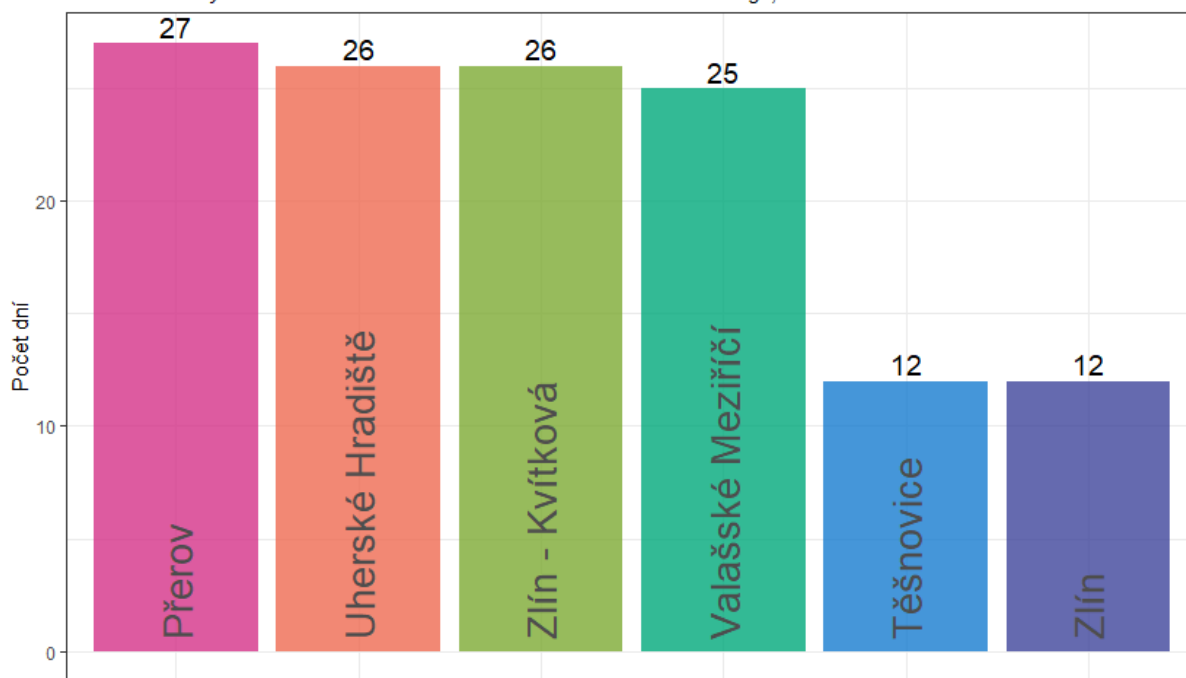
Obr. 29 – Srovnání průměrné roční koncentrace PM_{2,5} lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2021

Graf na následujícím Obr. 30 zobrazuje poslední legislativou sledovanou charakteristiku pro suspendované částice PM_{10} . Jedná se o imisní limit pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} , jehož hodnota může být z kalendářní rok 35x překročena. V grafu je zobrazen právě počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} . V případě překročení limitu je číslo v popisku zobrazeno červeně.

Z grafu je patrné, že k překročení imisního limitu na žádné z vybraných lokalit nedošlo. Lokalita Zlín – Kvítková plnila imisní limit v roce 2021, došlo k 26 překročením. Nejvíce překročení zaznamenala lokalita Přerov, nejméně venkovská pozadřová lokalita Těšnovice a předměstská pozadřová lokalita Zlín.

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

Srovnání lokality Zlín - Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2021

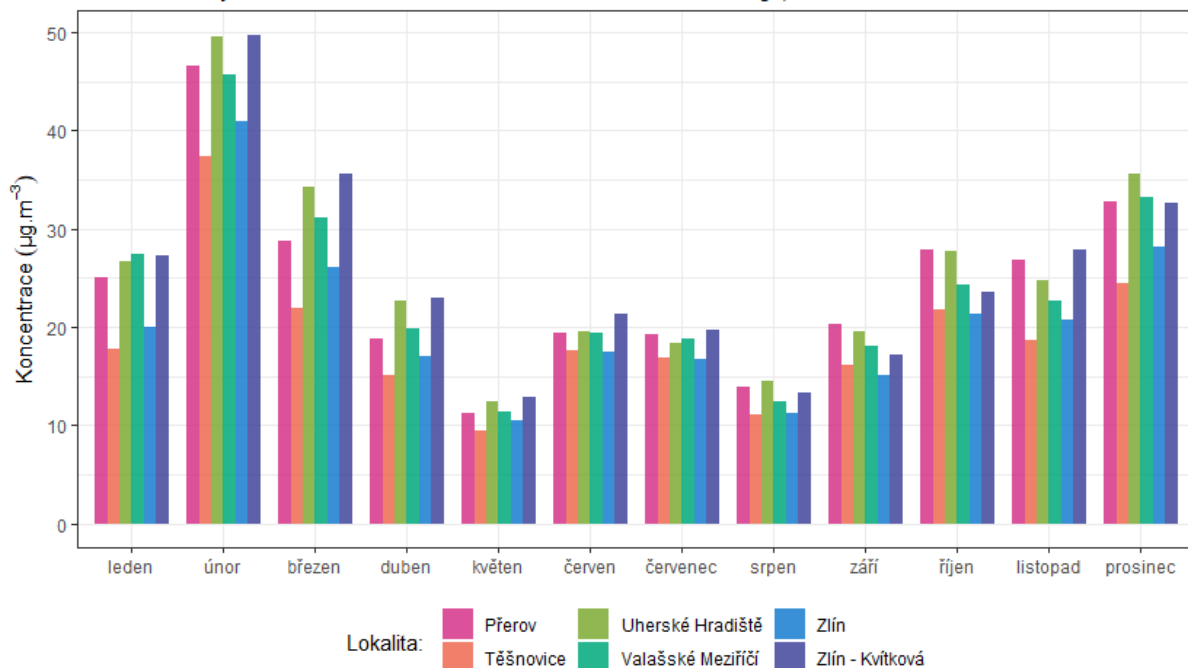


Obr. 30 – Počet dní s průměrnými denními koncentracemi PM_{10} vyššími, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} , vybrané lokality Olomouckého kraje, rok 2021

Následující grafy zobrazují průměrné měsíční koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$ naměřené ve vybraných lokalitách. Z obou grafů je patrné, že vývoj koncentrací v jednotlivých měsících byl na všech lokalitách podobný. Rovněž je patrné, že obdobně jako v lokalitě Zlín – Kvítková byly i v ostatních lokalitách měsíce s nejvyššími koncentracemi stejné – zejména leden a únor. Je tedy zřejmé, že vliv na zvýšené koncentrace neměly lokální zdroje, ale ovlivnění bylo regionální, resp. nadregionální. Přesto je patrné, že v měsících únor–duben měřila lokalita Zlín – Kvítková vyšší koncentrace než ostatní lokality (s výjimkou dopravní lokality Uherské Hradiště v případě PM_{10}).

Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀

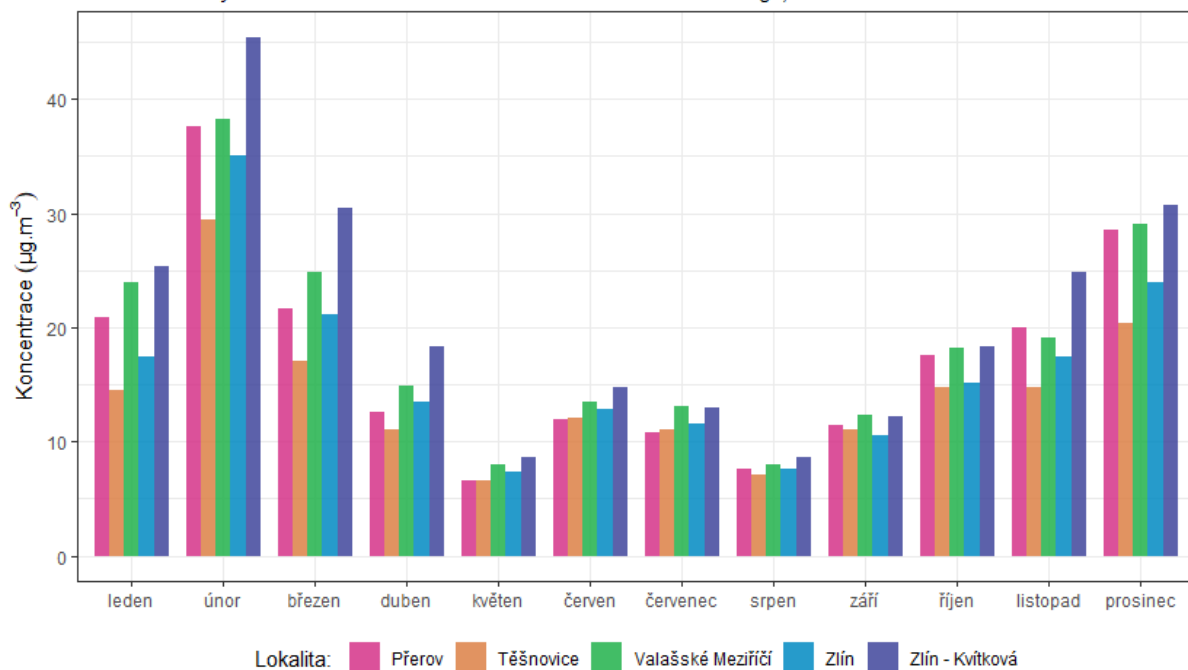
Srovnání lokality Zlín - Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2021



Obr. 31 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM₁₀ lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2021

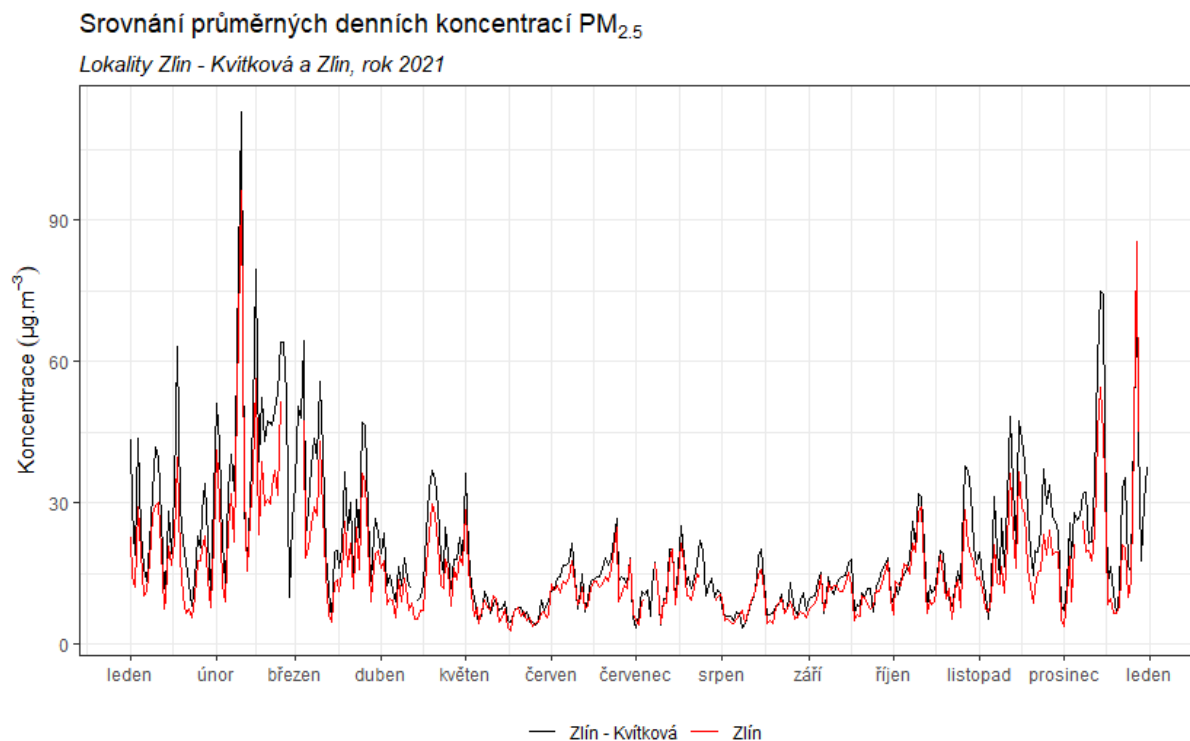
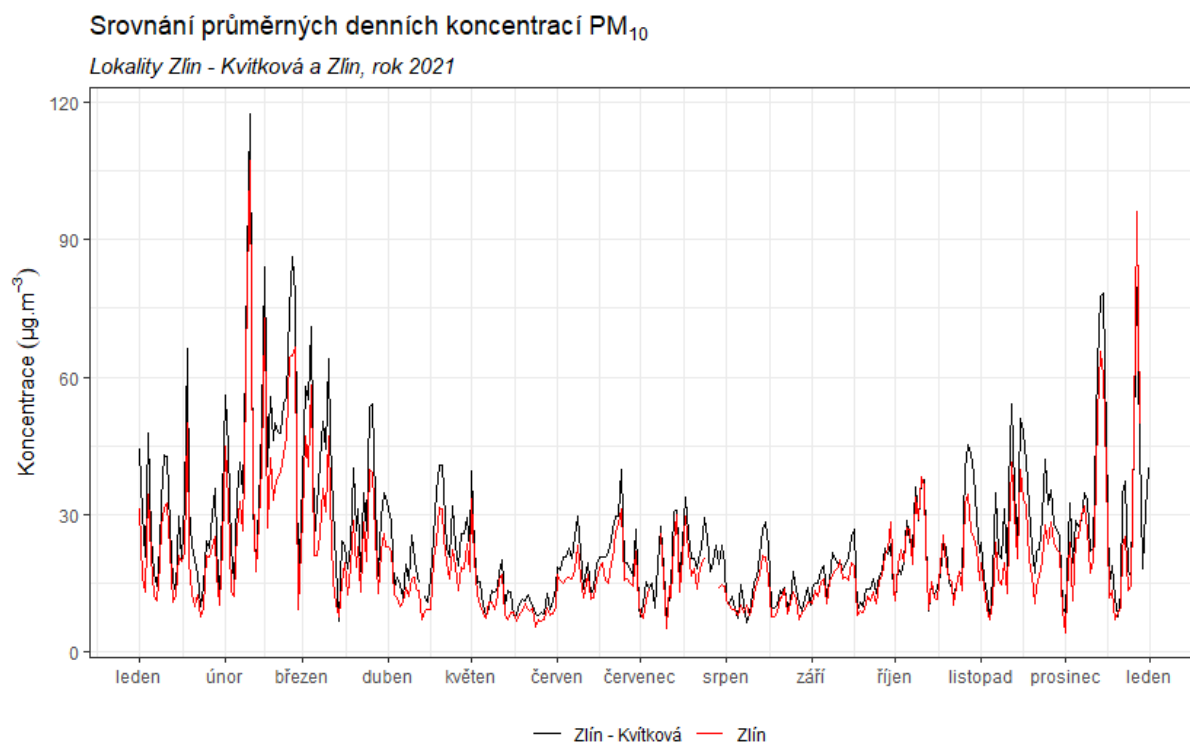
Průměrné měsíční koncentrace PM_{2,5}

Srovnání lokality Zlín - Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2021



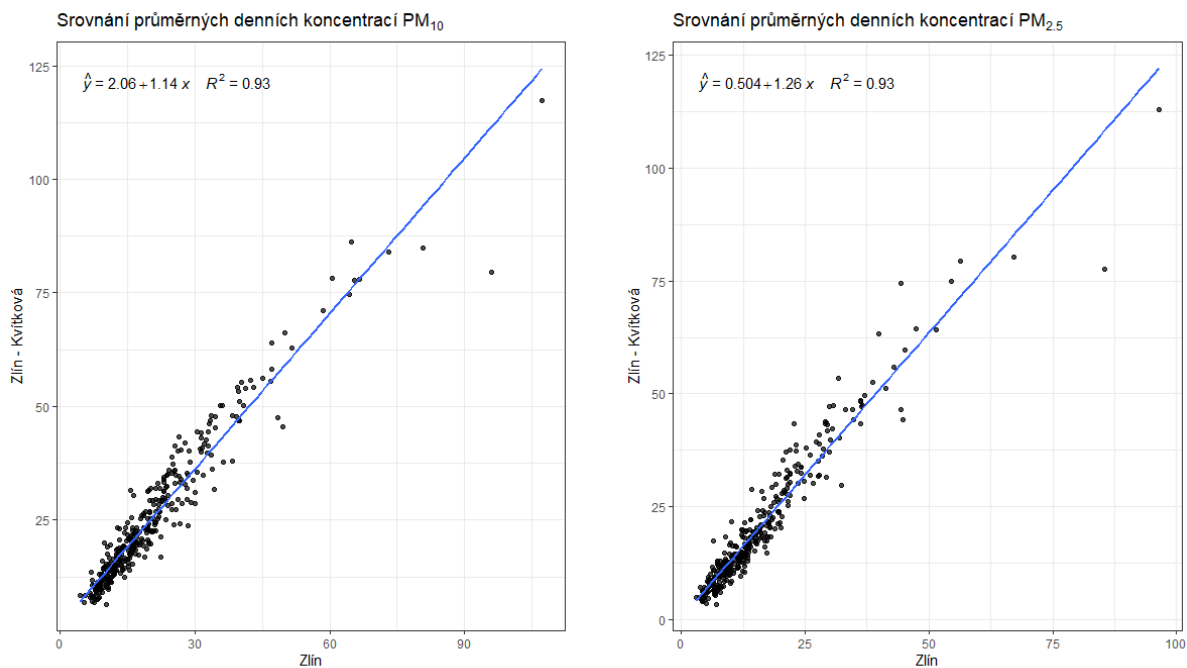
Obr. 32 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM_{2,5} lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2021

Následující graf na Obr. 33 srovnání průměrných denních koncentrací PM₁₀ (nahore) a PM_{2,5} (dole) lokalitou státní sítě imisního monitoringu Zlín.



Obr. 33 – Srovnání průměrných denních koncentrací PM₁₀, lokality Zlín – Kvítková a Zlín, rok 2021

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 Zlín – Kvítková pohybují mírně nad hodnotami koncentrací měřenými v lokalitě Zlín. Jedná se zejména o zmíněné měsíce únor–duben. Mezi stanicemi existuje velmi dobrá korelace jak pro PM_{10} , tak pro $PM_{2,5}$, jak ukazují grafy na Obr. 34. Vyšší koncentrace v lokalitě Zlín – Kvítková jsou zřejmě způsobeny rozdílnou orografií terénu.



Obr. 34 – Srovnání průměrných denních koncentrací v lokalitě Zlín a Zlín – Kvítková, rok 2021

3.2 OXIDY DUSÍKU NO₂, NO A NO_x

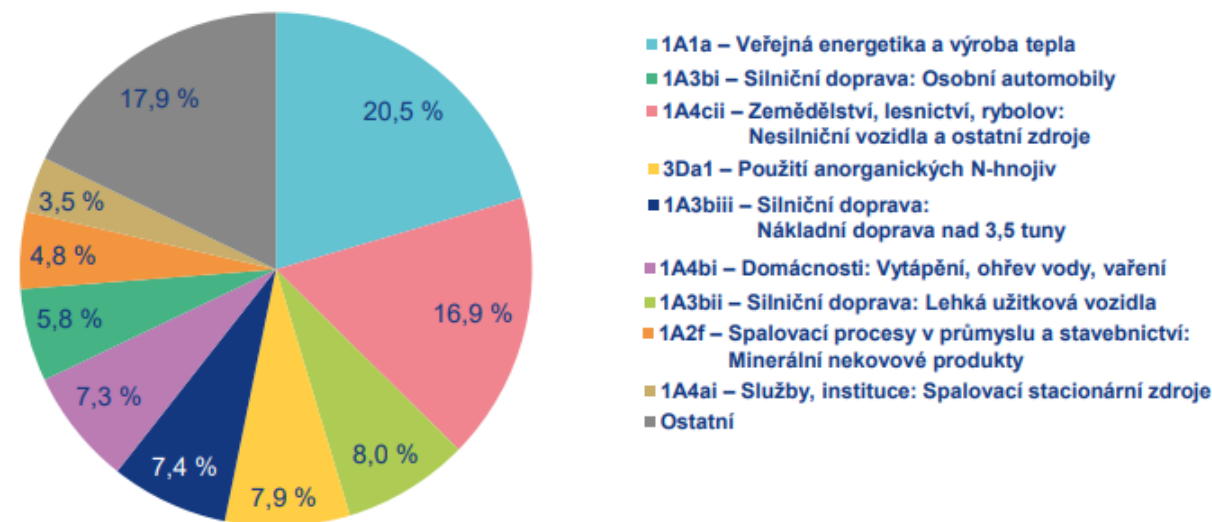
Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO_x) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO₂) [10].

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

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

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

V Evropě vznikají emise NO_x převážně z antropogenních spalovacích procesů, kde NO vzniká reakcí mezi dusíkem a kyslíkem ve spalovaném vzduchu a částečně i oxidací dusíku z paliva. Hlavní antropogenní zdroje představuje především silniční doprava (významný podíl má ovšem i doprava letecká a vodní) a dále spalovací procesy ve stacionárních zdrojích. Méně než 10 % celkových emisí NO_x vzniká ze spalování přímo ve formě NO₂. Přírodní emise NO_x vznikají převážně z půdy, vulkanickou činností a při vzniku blesků. Jsou poměrně významné z globálního pohledu, z pohledu Evropy však představují méně než 10 % celkových emisí [12].



Obr. 35 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO_x v ČR, rok 2019 [7]

Největší množství emisí NO_x pochází z mobilních zdrojů. Sektory 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily, 1A4cii – Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje, 1A3biii – Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5t a 1A3bii – Lehká užitková vozidla se na celorepublikových emisích NO_x v roce 2019 podílely 38,1 %. Ze sektoru 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla bylo do ovzduší

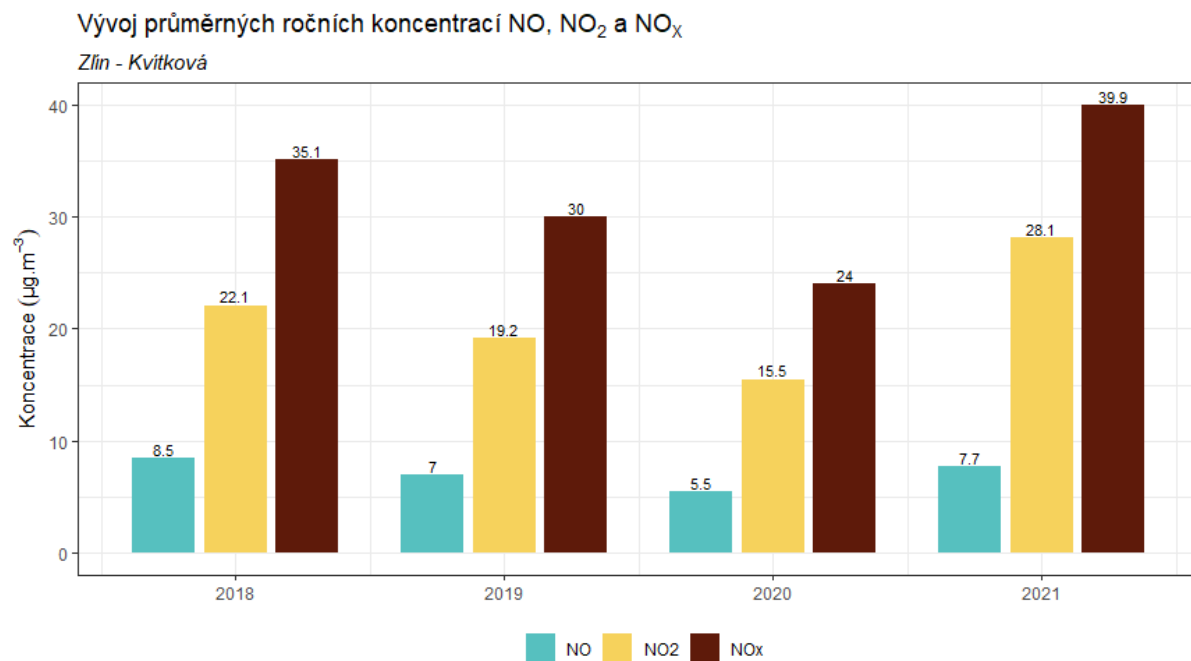
vneseo 20,5 % emisí NO_x. Nově byly v celém období dopočteny emise sektoru *Použití anorganických N-hnojiv*, které se v roce 2019 na celkových emisích podílely 7,9 % [7].

3.2.1 Průměrné roční koncentrace

Průměrná roční koncentrace NO₂ činila v roce 2021 v lokalitě Zlín – Kvítková 28,1 µg·m⁻³. Imisní limit tedy překročen nebyl.

Průměrná roční koncentrace NO činila v roce 2021 v lokalitě Zlín – Kvítková 7,7 µg·m⁻³. Průměrná roční koncentrace NO_x činila v roce 2021 v lokalitě Zlín – Kvítková 39,9 µg·m⁻³.

Následující Obr. 36 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací NO, NO₂ a NO_x v lokalitě Zlín – Kvítková. Z grafu je patrné, že hodnoty všech oxidů dusíku proti předchozím rokům vzrostly, proti roku 2020 velmi významně.

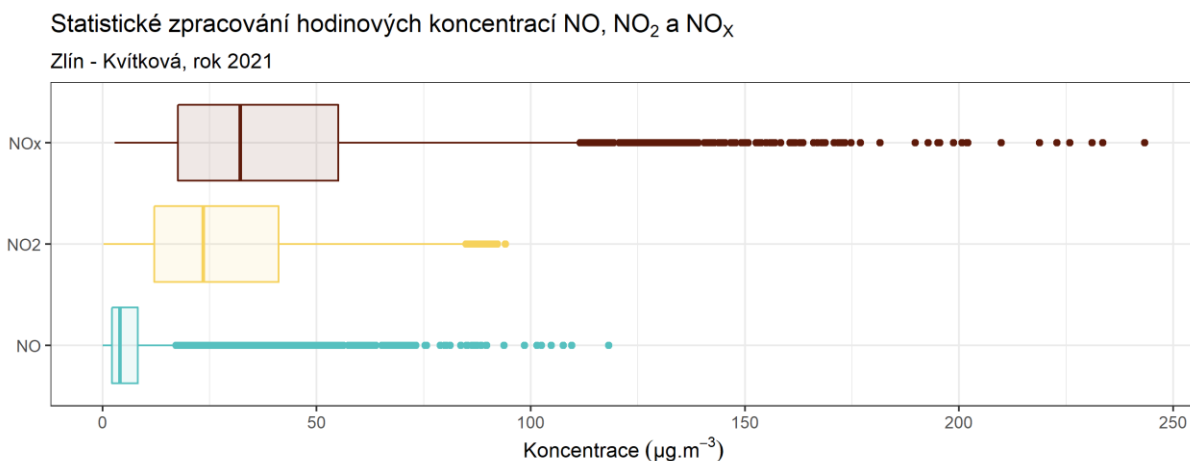


Obr. 36 -Vývoj průměrných ročních koncentrací NO, NO₂ a NO_x, lokalita Zlín – Kvítková

Následující Tab. 3 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé oxidy dusíku. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2021 pak zobrazuje Obr. 37. Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že maximální hodnota hodinové koncentrace NO₂ se pohybovala na úrovni ½ hodnoty imisního limitu pro hodinové koncentrace NO₂ (200 µg·m⁻³). Tato hodnota může být navíc 18x za kalendářní rok překročena. Imisní limit pro hodinové koncentrace NO₂ je tedy v lokalitě Zlín – Kvítková s velmi velkou rezervou plněn.

Tab. 3 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací NO, NO₂ a NO_x v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2021

STATISTIKA	NO	NO ₂	NO _x
PRŮMĚR	7,7	28,1	39,9
MAXIMUM	118,2	94,1	243,3
MEDIÁN	4,1	23,5	32,1
MINIMUM	0	0,2	2,9



Obr. 37 – Statistické zpracování hodinových koncentrací NO, NO₂ a NO_x v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2021

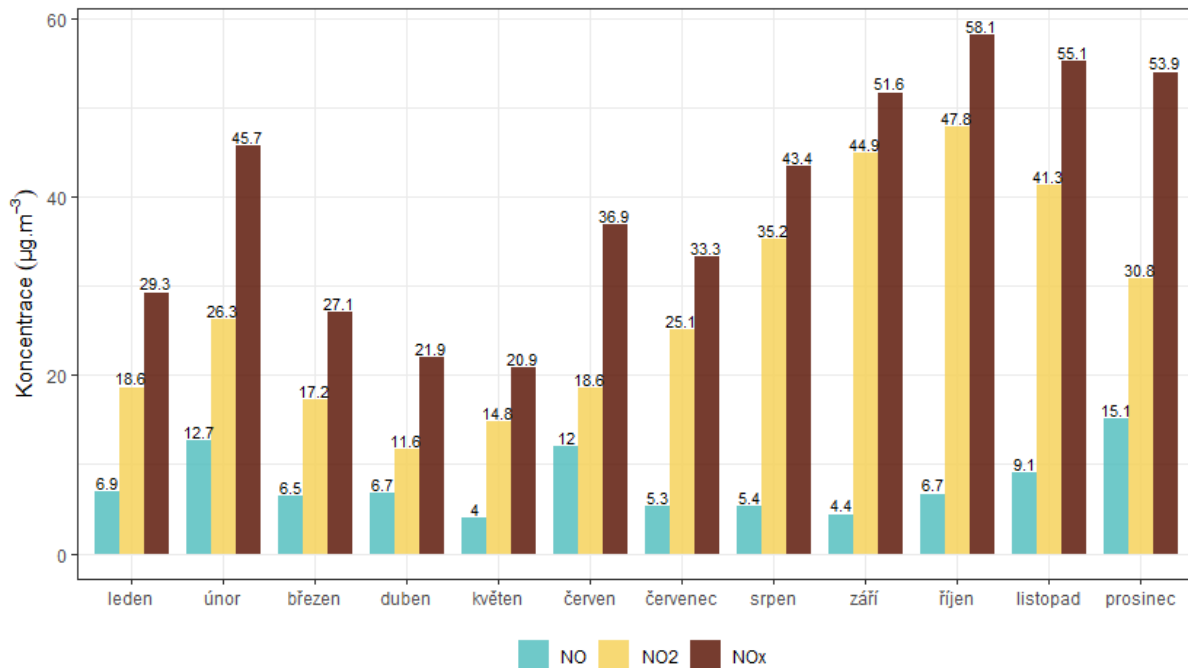
3.2.2 Průměrné měsíční koncentrace

Na Obr. 38 jsou průměrné měsíční koncentrace NO, NO₂ a NO_x. Z obrázku je patrné, že v letních měsících jsou koncentrace nejnižší, naopak v chladné části roku jsou měřeny vyšší koncentrace. V druhé polovině roku 2021 došlo zřejmě k ovlivnění lokality, které stojí za významným nárůstem koncentrací oxidů dusíku proti roku 2020. Narůstaly zejména koncentrace NO₂, nárůst koncentrací kulminoval v říjnu, v měsících září–listopad byly průměrné měsíční koncentrace NO₂ vyšší než 40 µg·m⁻³.

Poměr měsíčních koncentrací NO / NO₂ zobrazuje Obr. 39. Poměr je s výjimkou června celoročně nízký, dokumentující malý vliv dopravy na měřicí lokalitu. V druhé polovině roku je poměr velmi nízký, související s nárůstem koncentrací NO₂.

Vývoj průměrných měsíčních koncentrací NO, NO₂ a NO_x

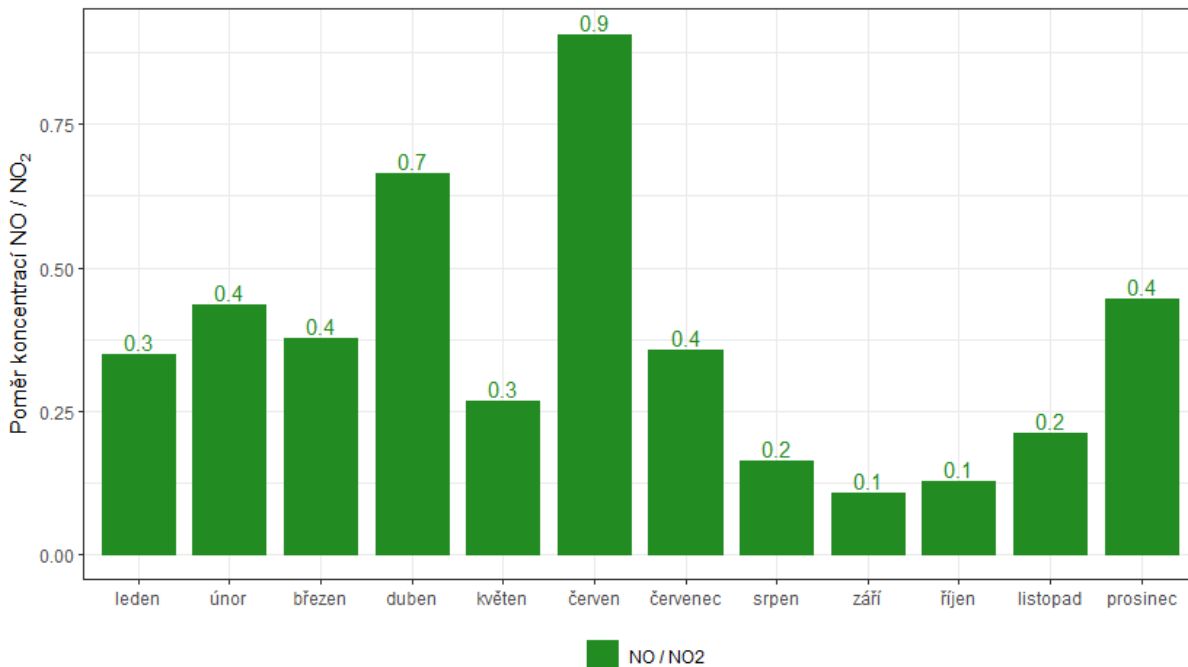
Zlín - Kvítková, rok 2021



Obr. 38 - Průměrné měsíční koncentrace NO, NO₂ a NO_x, Zlín – Kvítková, rok 2021

Průměrný měsíční poměr koncentrací NO / NO₂

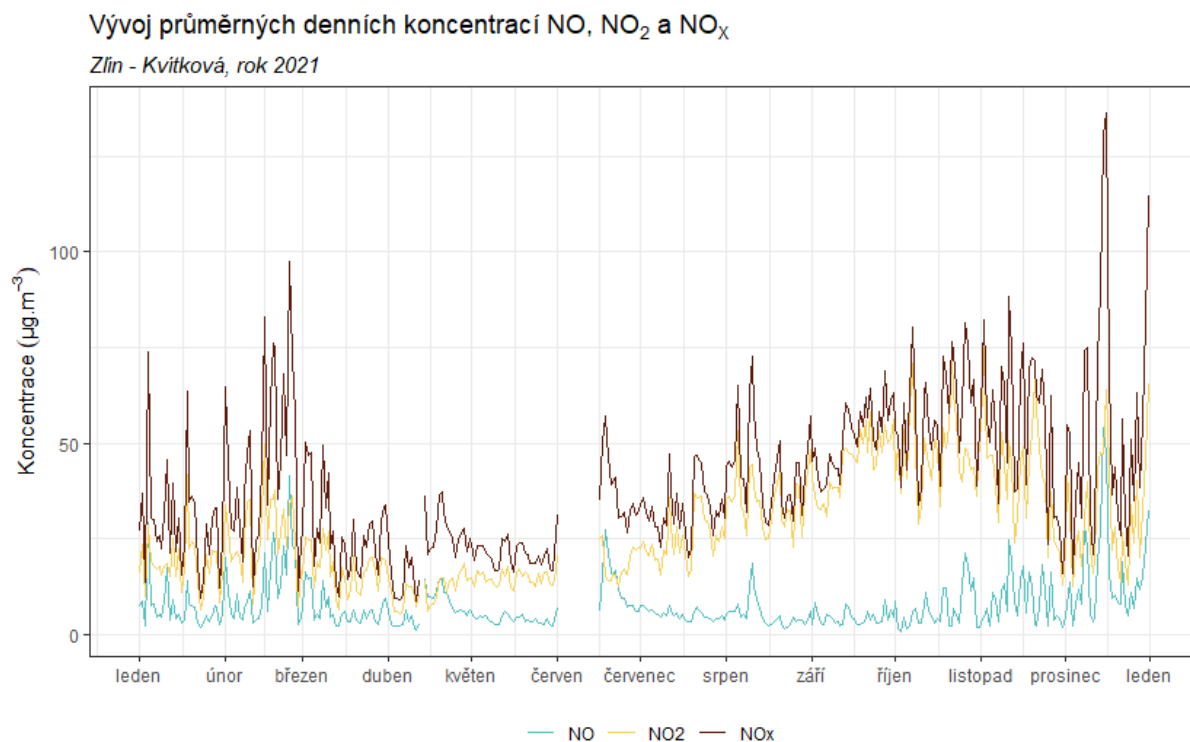
Zlín - Kvítková, rok 2021



Obr. 39 – Poměr měsíčních koncentrací NO / NO₂, lokalita Zlín – Kvítková, rok 2021

3.2.3 Průměrné denní koncentrace NO, NO₂ a NO_x

Vývoj průměrných denních koncentrací NO, NO₂ a NO_x v lokalitě Zlín – Kvítková zobrazuje následující Obr. 40.

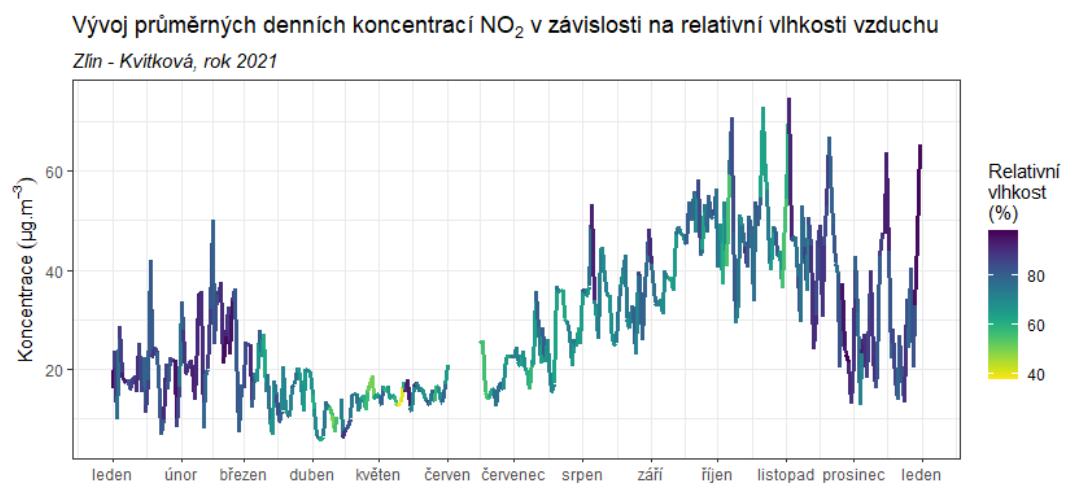
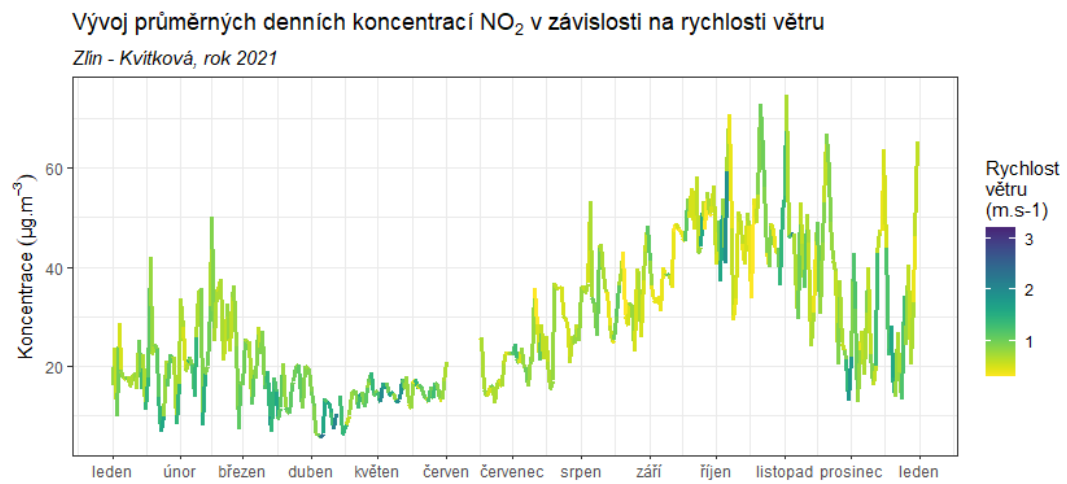
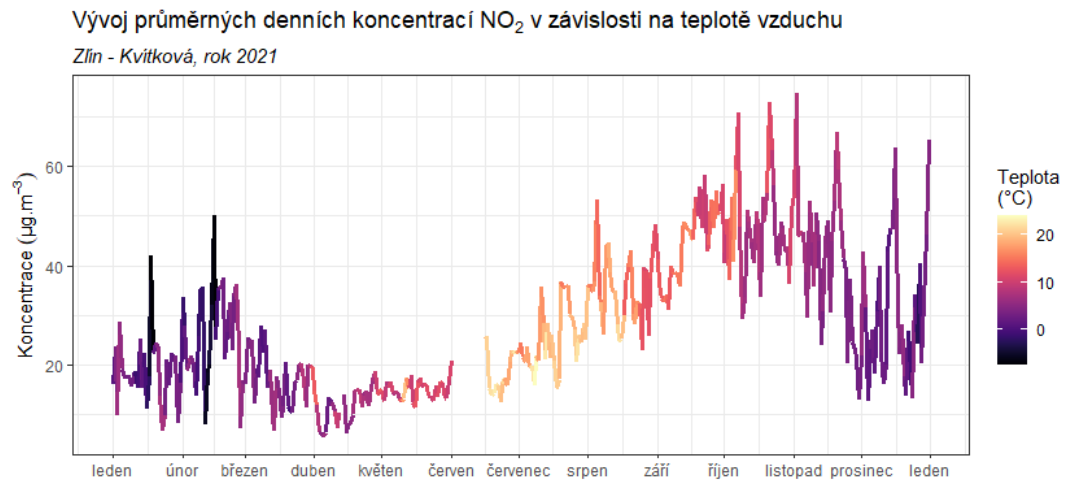


Obr. 40 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací NO, NO₂ a NO_x, Zlín – Kvítková, rok 2021

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

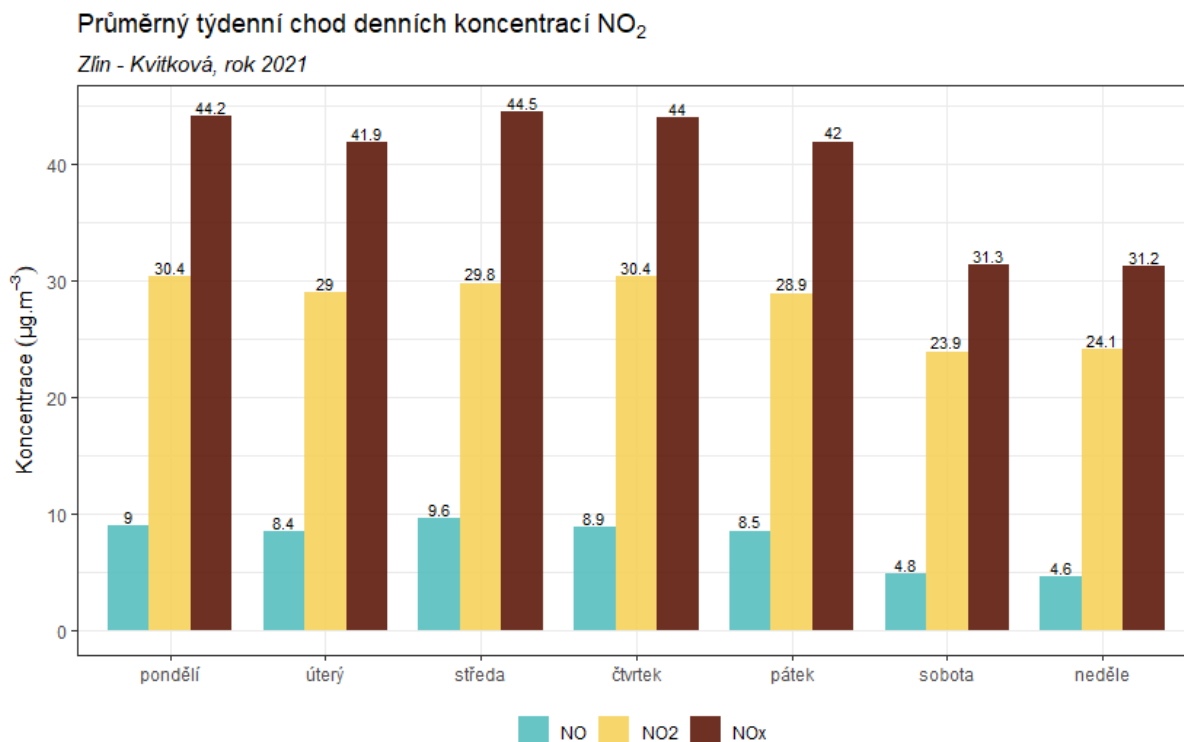
Vzhledem k tomu, že imisní limit je stanoven pouze pro koncentrace NO₂, bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro tuto látku. Na Obr. 41 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací NO₂ v dané lokalitě. Zabarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním relativní vlhkost.

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



Obr. 41 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace NO₂, Zlín – Kvítková, rok 2021

Z hlediska týdenního chodu denních koncentrací NO, NO₂ a NO_x (Obr. 42) je velmi dobře patrný vliv vyššího dopravního zatížení v pracovní dny, který se projeví také ve vyšších koncentracích NO₂ v pracovní dny. Nejnižší hodnoty koncentrací NO₂ jsou měřeny v sobotu.



Obr. 42 – Průměrný týdenní chod denních koncentrací NO₂, Zlín – Kvítková, rok 2021

3.2.4 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

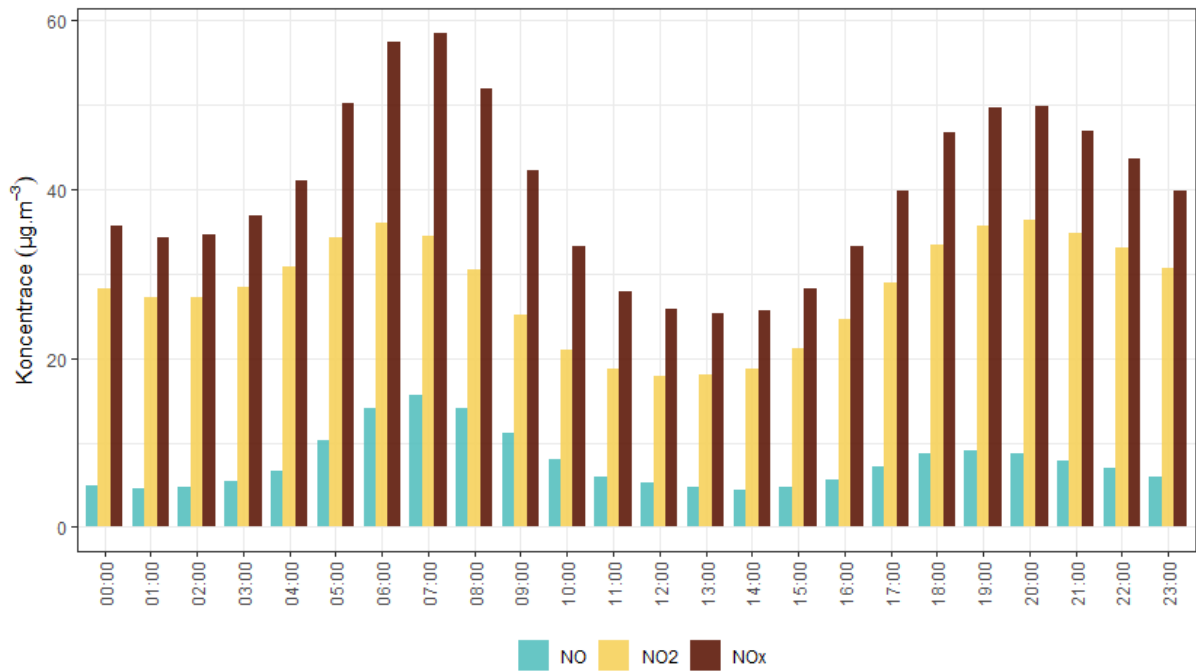
Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací NO, NO₂ a NO_x v lokalitě Zlín – Kvítková. Denní chod zobrazuje následující Obr. 43.

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

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

Průměrný denní chod hodinových koncentrací NO₂

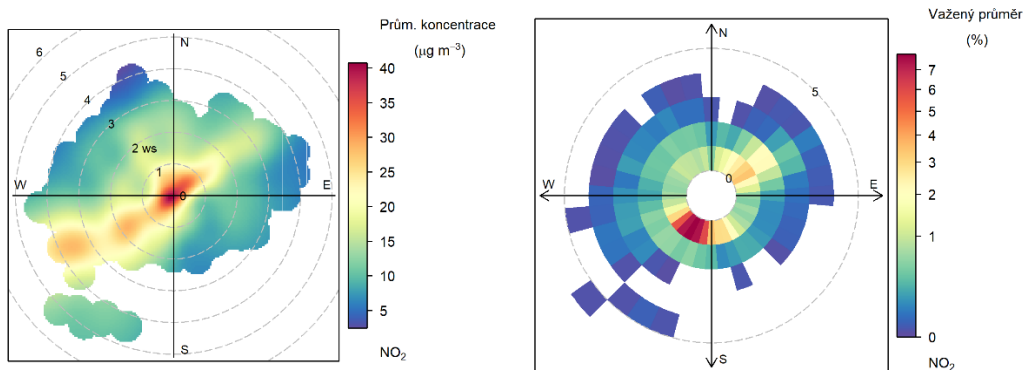
Zlín - Kvítková, rok 2021



Obr. 43 – Denní chod hodinových koncentrací NO₂, Zlín – Kvítková, rok 2021

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 3.1.4.

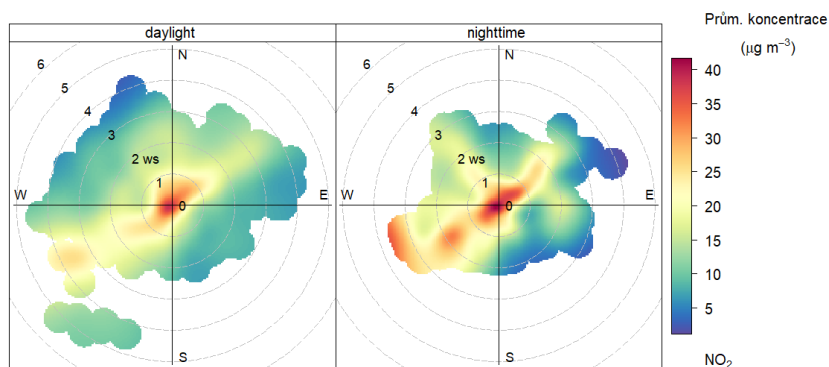
Následující Obr. 44 zobrazuje dva typy koncentrační a váženou koncentrační růžici pro lokalitu Zlín – Kvítková.



Obr. 44 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro NO₂, Zlín – Kvítková, rok 2021

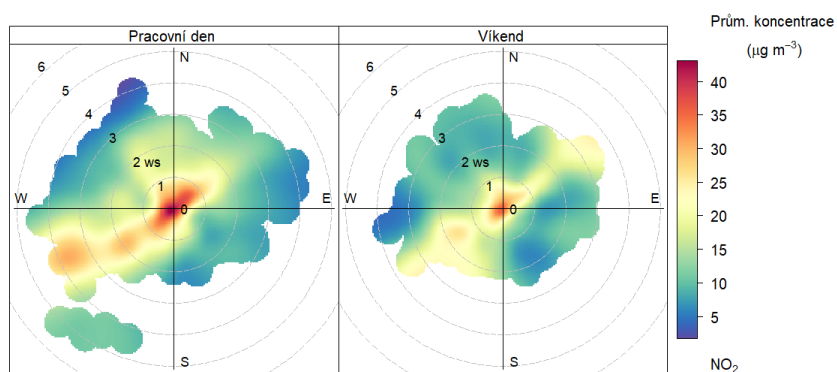
Z Obr. 44 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při bezvětří, popř. při jihozápadním proudění. Nízké rychlosti větru a jihozápadní proudění (nejčastější směr proudění dle větrné růžice) pak nejvíce přispívaly k měřeným koncentracím NO₂. Následující Obr. 45 zobrazuje koncentrační růžici ve dne a v noci. V obou případech jsou nejvyšší koncentrace měřeny při bezvětří, popř. proudění

z jihozápadu až jihu. V nočních hodinách jsou měřeny mírně vyšší hodnoty i při vyšších rychlostech větru z jihozápadních směrů.



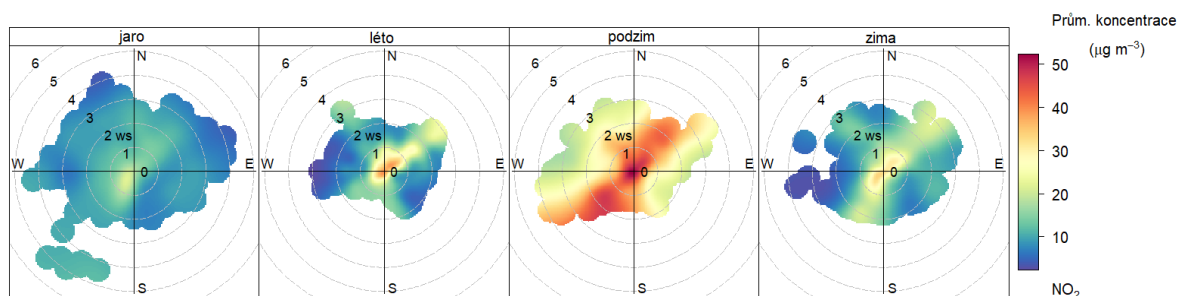
Obr. 45 - Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Zlín – Kvítková, rok 2021

Obdobně lze koncentrační růžici rozlišit na pracovní dny a víkend (Obr. 46). Z obrázku je patrné, že vyšší koncentrace jsou měřeny v pracovní dny, což může být důsledek většího provozu ve městě a rovněž většího lokálního ovlivnění lidskou činností.



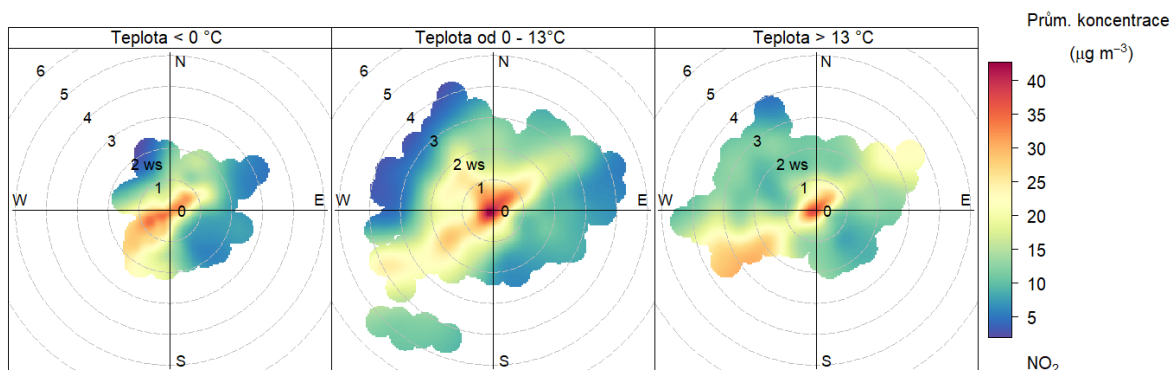
Obr. 46 – Koncentrační růžice NO₂ v pracovní dny a o víkendu, lokalita Zlín – Kvítková, rok 2021

Následující Obr. 47 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Vysoké koncentrace se vyskytují zejména na podzim. V létě a zimě byly koncentrace mírně zvýšené.



Obr. 47 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Zlín – Kvítková, rok 2021

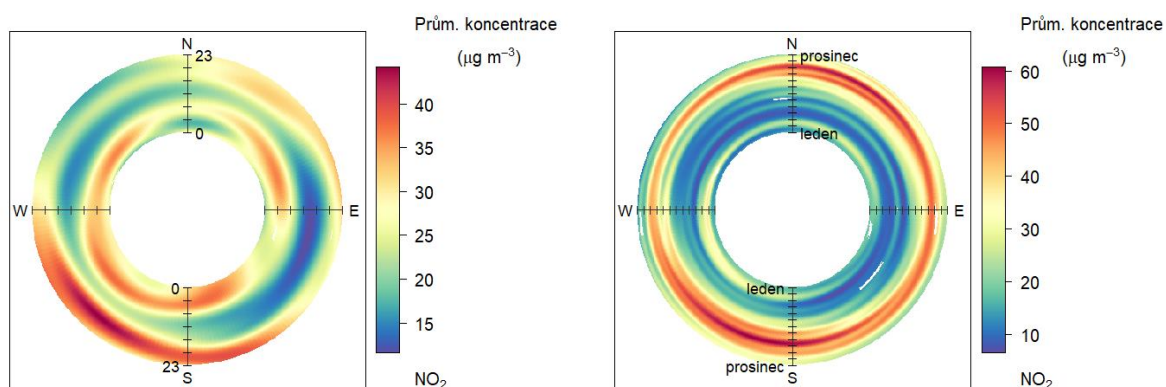
Zajímavé je také rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 48 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou takřka výhradně měřeny při teplotách vzduchu mezi 0 a 13 °C. I v dalších teplotních intervalech jsou koncentrace zvýšené, vždy při bezvětří nebo proudění z jihu-západu.



Obr. 48 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Zlín – Kvítková, rok 2021

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

Z Obr. 49 pak vyplývá, že v případě lokality Zlín – Kvítková v roce 2021 byly nejvyšší koncentrace NO₂ měřeny zejména ve večerních a nočních hodinách a dále během ranní dopravní špičky, vždy při proudění z jihu-západu. V případě ročního chodu jsou významné zejména podzimní měsíce. Z hlediska maxim převládají jihozápadní a severovýchodní směry.



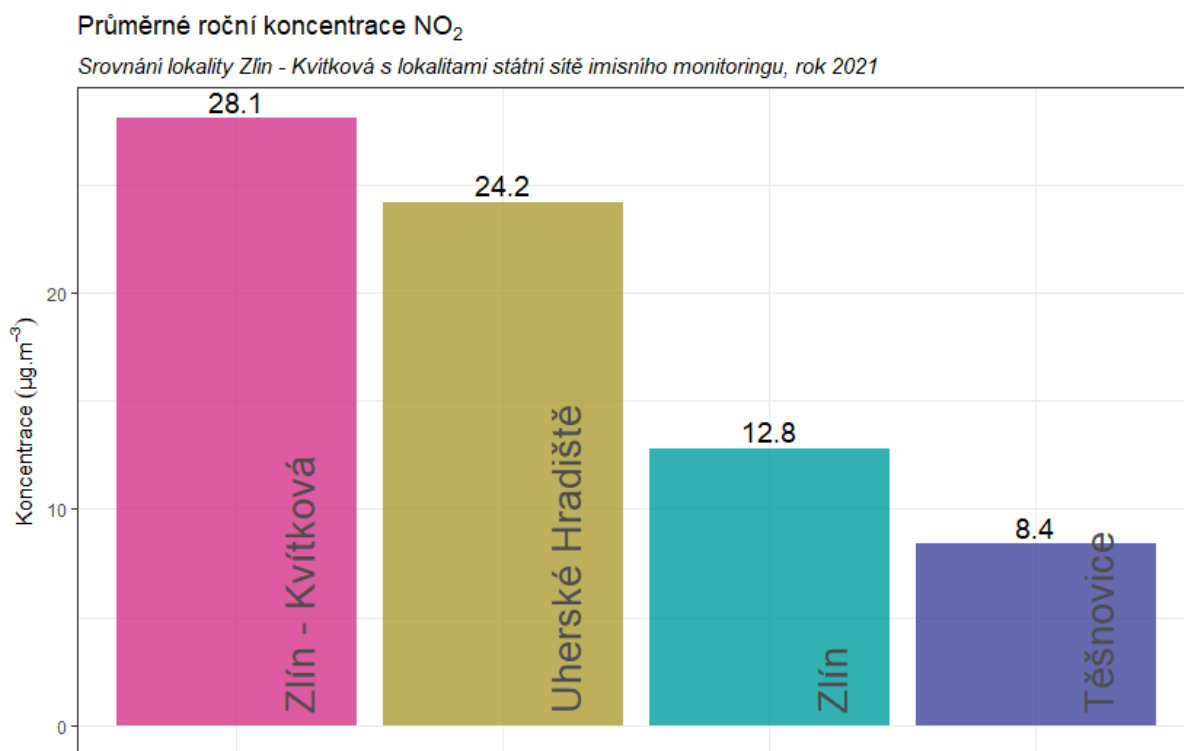
Obr. 49 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Zlín – Kvítková, rok 2021

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).

Na následujícím Obr. 50 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace legislativou sledovaného oxidu dusičitého NO₂ na blízkých lokalitách sítě imisního monitoringu v roce 2021. Ty jsou srovnány s lokalitou Zlín – Kvítková. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Zlín – Kvítková jsou měřeny nejvyšší koncentrace typické spíše pro dopravní lokality. Koncentrace jsou vyšší i než v dopravní lokalitě Uherské Hradiště. Žádná z uvedených lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO₂.

Následující graf na Obr. 51 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace NO₂ naměřené ve vybraných lokalitách. Z grafu je patrné, že v první polovině roku byly koncentrace v lokalitě Zlín – Kvítková nižší než v lokalitě Uherské Hradiště a mírně vyšší než lokalita Zlín. Poté došlo ke značnému nárůstu v lokalitě Zlín – Kvítková, rovněž trend se odchýlil od ostatních stanic sítě imisního monitoringu, což naznačuje nějaké lokální ovlivnění.

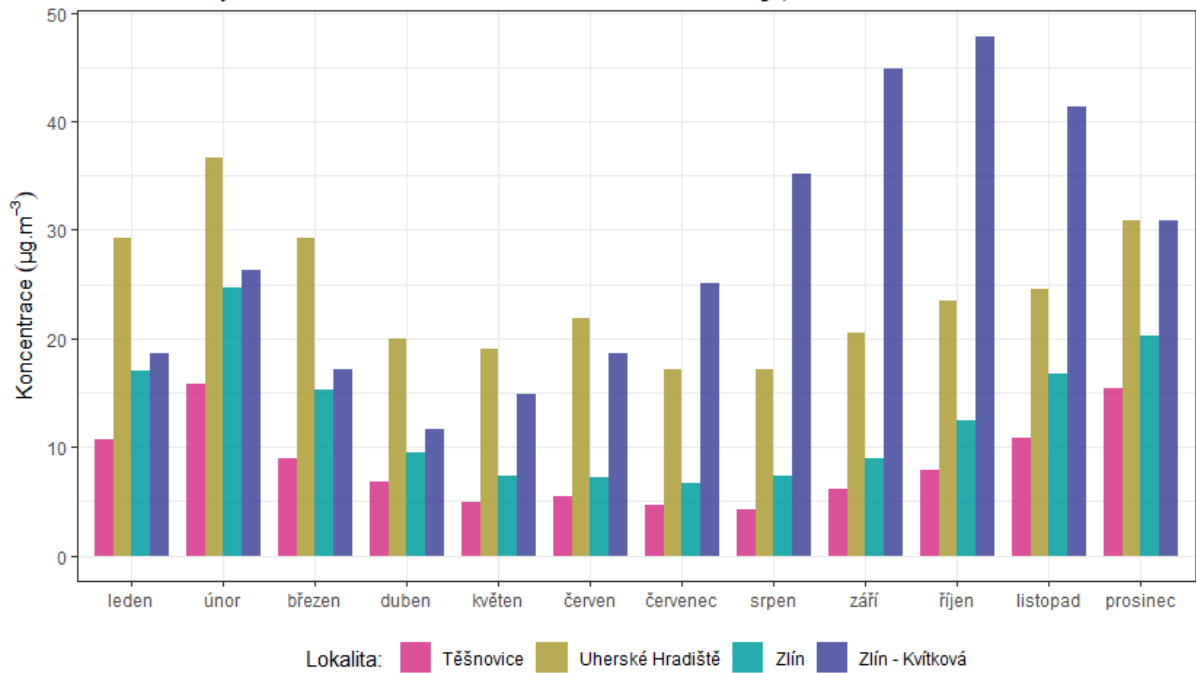


Obr. 50 – Srovnání průměrné roční koncentrace NO₂ lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2021

Následující graf na Obr. 52 srovnání průměrných denních koncentrací NO₂ s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu Zlín. Z grafu je patrné, že koncentrace v lokalitě Zlín – Kvítková jsou vyšší než v lokalitě Zlín, avšak zhruba do května koncentrace kopírovaly lokalitu Zlín. Od května do listopadu však došlo zřejmě k ovlivnění lokality Zlín – Kvítková, kdy se odchýlily hodnoty koncentrací i trend.

Průměrné měsíční koncentrace NO₂

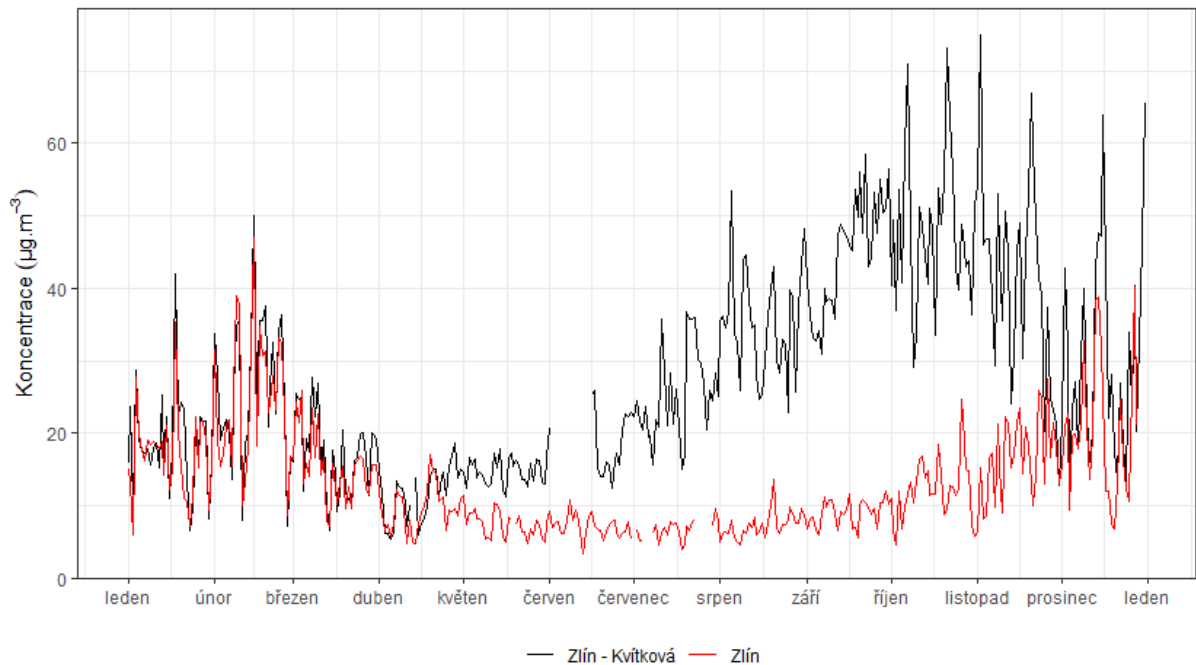
Srovnání lokality Zlín - Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2021



Obr. 51 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací NO₂ lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2021

Srovnání průměrných denních koncentrací NO₂

Lokality Zlín - Kvítková a Zlín, rok 2021



Obr. 52 – Srovnání průměrných denních koncentrací NO₂, lokality Zlín – Kvítková a Zlín, rok 2021

3.3 PŘÍZEMNÍ OZÓN

O₃ nemá vlastní významný zdroj. Jedná se o tzv. sekundární látku vznikající v celé řadě velmi komplikovaných nelineárních fotochemických reakcí [13]. 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 [14]. 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 [15]. Imisní koncentrace O₃ rostou s rostoucím ultrafialovým zářením a teplotou, naopak klesají s rostoucí relativní vlhkostí vzduchu. Vysoké koncentrace bývají spojeny s déletrávající 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.

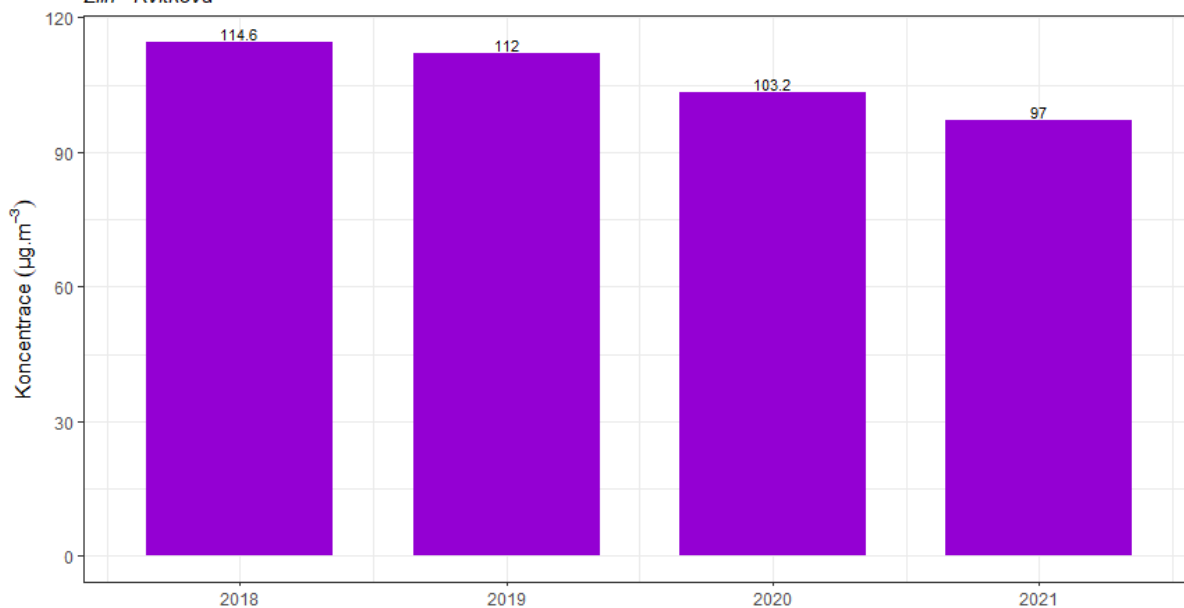
3.3.1 Vývoj 26. nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů za den v roce

Z hlediska ochrany kvality ovzduší stanovuje příloha 1, bod 4 zákona o ochraně ovzduší [16] 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. 53 hodnoty uvádí 26. nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů koncentrací O₃ za den v lokalitě Zlín – Kvitková pro každý rok. **Průměrná hodnota za tři roky pak činí 104 µg·m⁻³, imisní limit tedy překročen nebyl.** Z uvedeného grafu je patrné, že koncentrace proti roku 2018, 2019 i 2020 mírně klesly, k překročení hodnoty imisního limitu nedošlo ani v jednom z roků.

Vývoj 26. nejvyšších 8h klouzavých průměrů O₃

Zlín - Kvítková



Obr. 53 – Vývoj 26. nejvyššího 8hodinového klouzavého průměru O₃ za den, lokalita Zlín – Kvítková

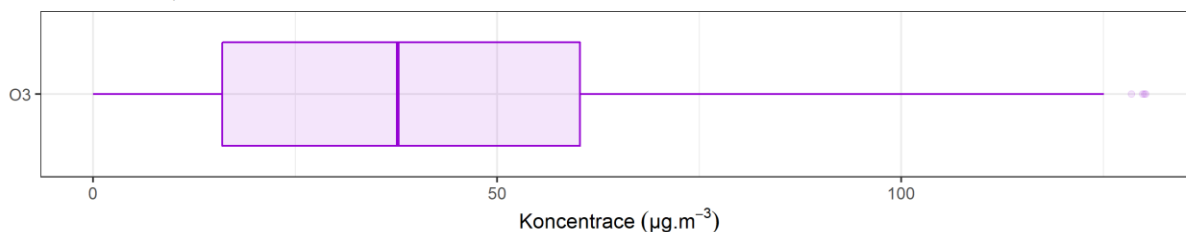
Následující Tab. 4 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro přízemní ozón. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2021 pak zobrazuje Obr. 54. Maximální naměřená hodinová koncentrace O₃ měla hodnotu 130,3 µg·m⁻³.

Tab. 4 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací O₃ v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2021

STATISTIKA	O ₃
PRŮMĚR	40,2
MAXIMUM	130,3
MEDIÁN	37,7
MINIMUM	0

Statistické zpracování hodinových koncentrací O₃

Zlín - Kvítková, rok 2021



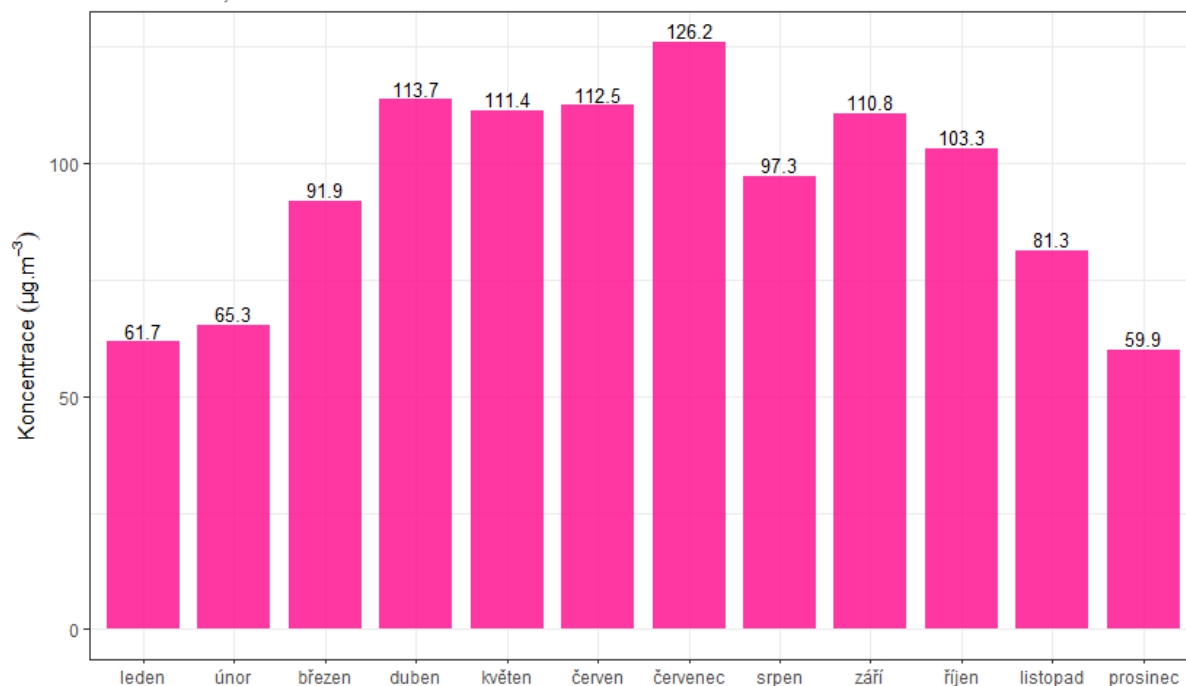
Obr. 54 – Statistické zpracování hodinových koncentrací O₃ v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2021

3.3.2 Průměrné měsíční koncentrace

Na Obr. 57 jsou zobrazeny maximální 8h klouzavé průměry O_3 za den v jednotlivých měsících. Z obrázku je patrné, že v nejvyšší jsou hodnoty v teplé části roku, kdy je dostatek slunečního svitu pro fotochemické reakce vedoucí ke vzniku přízemního ozónu. Naopak v chladné části roku jsou měřeny koncentrace nižší. Nejvyšší průměrná měsíční koncentrace O_3 byla naměřena v červenci.

Vývoj maximálních 8hodinových klouzavých průměrů O_3 v jednotlivých měsících

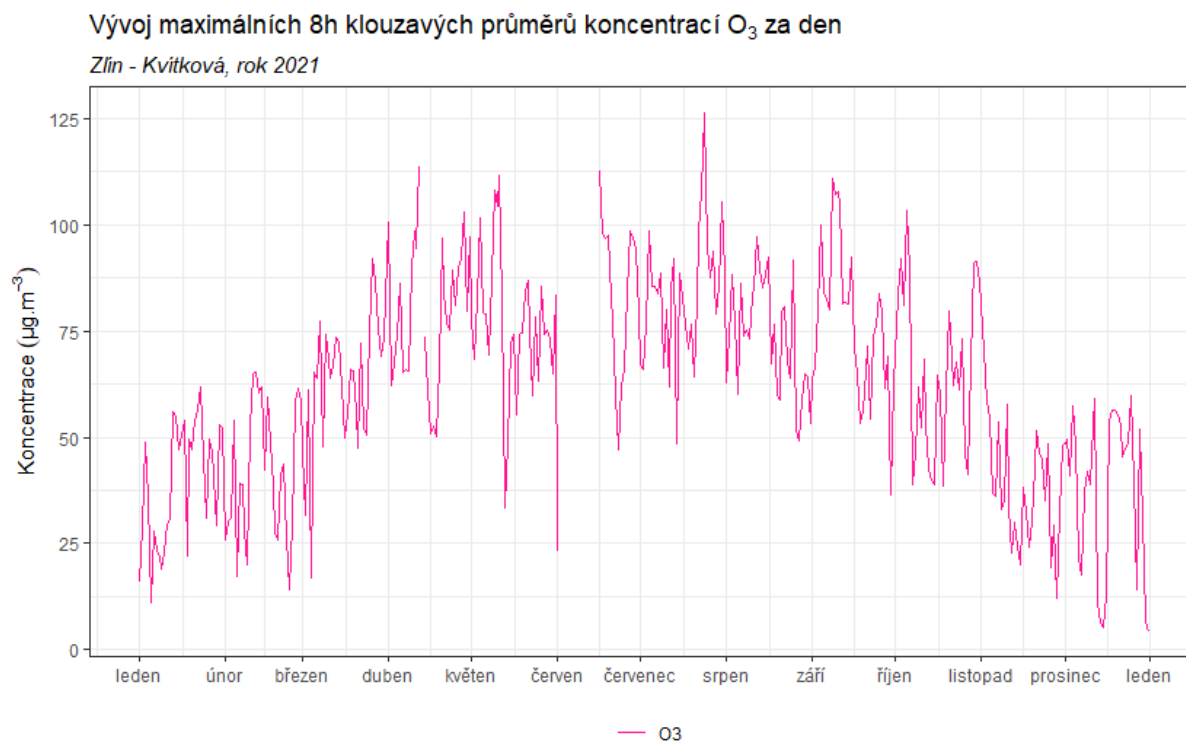
Zlín - Kvítková, rok 2021



Obr. 55 – Maximální 8h klouzavé průměry O_3 za den v jednotlivých měsících, Zlín – Kvítková, rok 2021

3.3.3 Vývoj průměrných denních koncentrací O₃

Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů O₃ za den v lokalitě Zlín – Kvítková zobrazuje následující Obr. 56.



Obr. 56 – Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů O₃ za den, Zlín – Kvítková, rok 2021

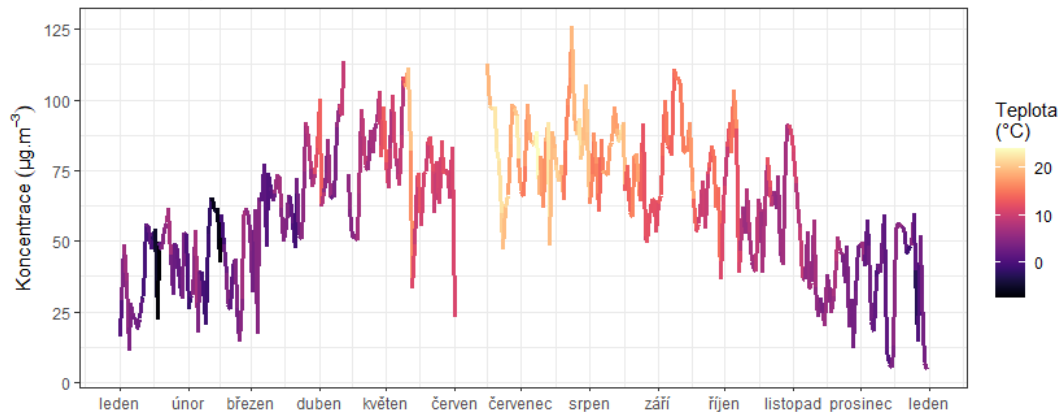
Z grafů je patrné, že v případě vývoje koncentrací O₃ dochází ke kulminaci mezi květnem a srpnem. To souvisí s mechanismem tvorby přízemního ozónu.

Na Obr. 57 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.

Z uvedených grafů vyplývá, 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.

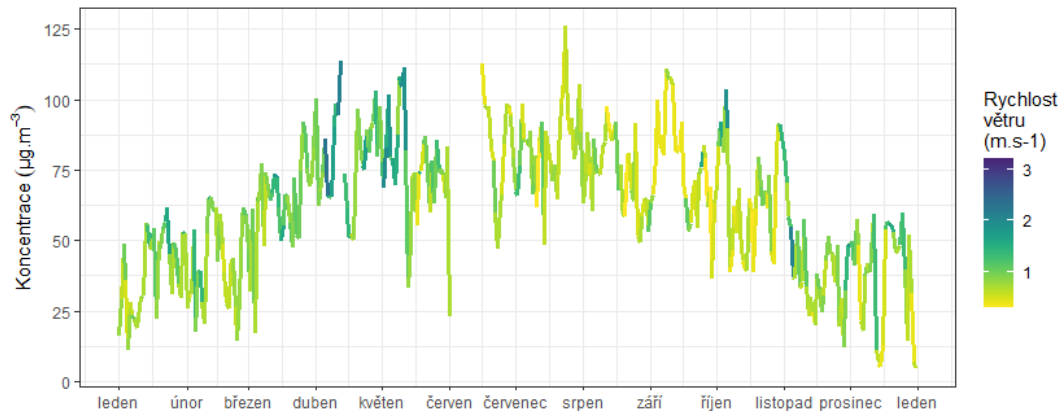
Vývoj maximálních 8h koncentrací O₃ za den v závislosti na teplotě vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2021



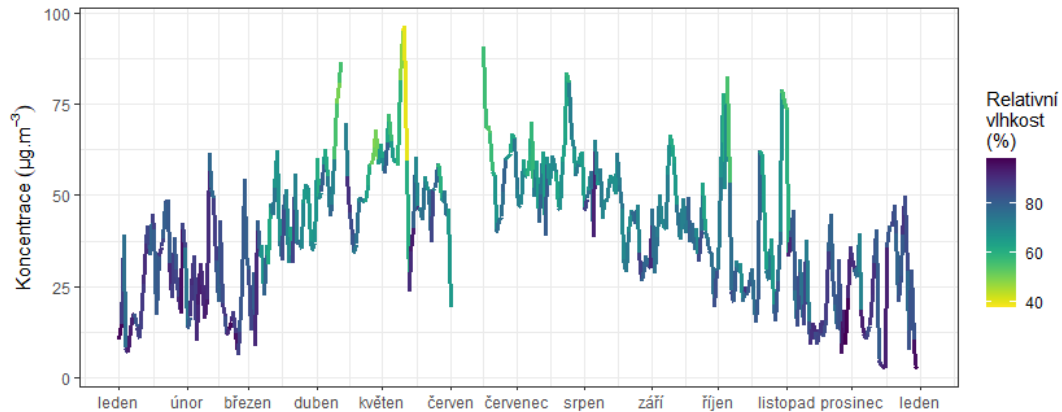
Vývoj maximálních 8h koncentrací O₃ za den v závislosti na rychlosti větru

Zlín - Kvítková, rok 2021



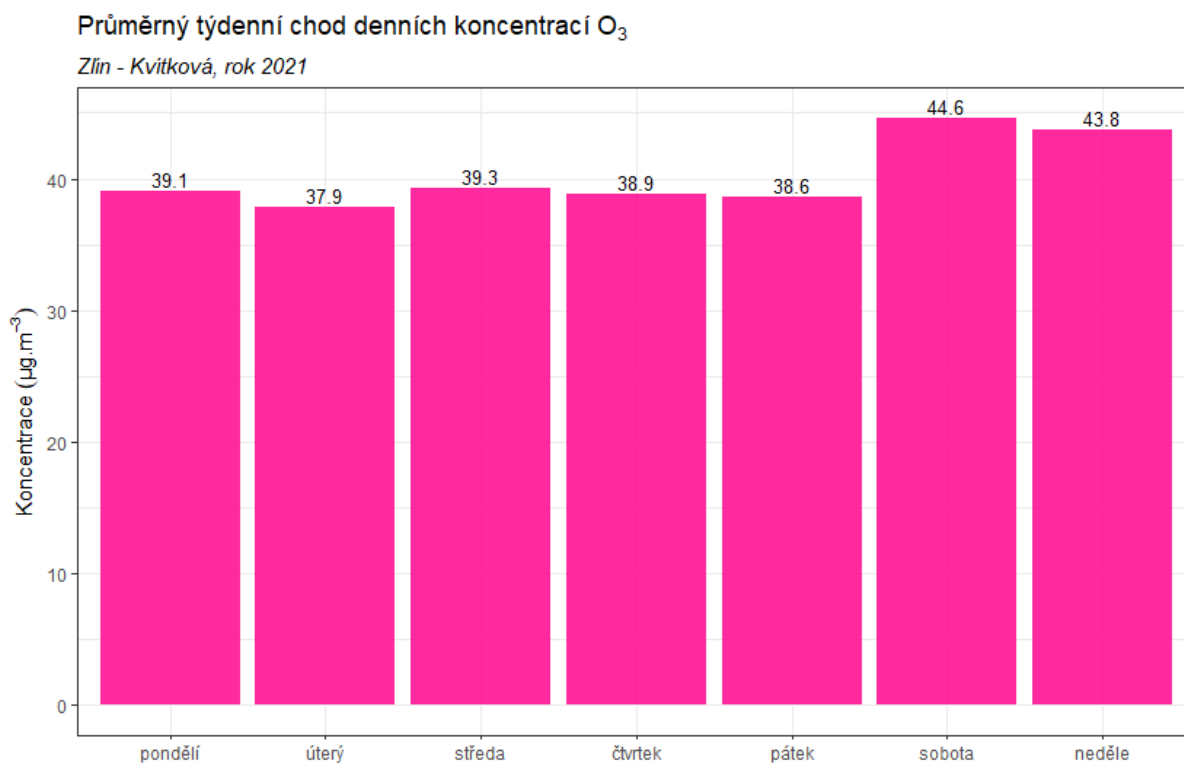
Vývoj průměrných denních koncentrací O₃ v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2021



Obr. 57 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace O₃, Zlín – Kvítková, rok 2021

Naopak z týdenního chodu průměrných denních koncentrací O_3 není patrný výrazný rozdíl mezi jednotlivými dny. Důležitějším faktorem jsou meteorologické podmínky (sluneční záření, teplota). Přesto jsou o víkendu koncentrace mírně vyšší, což může být způsobeno nižšími koncentracemi oxidů dusíku, které s o ozónem reagují.



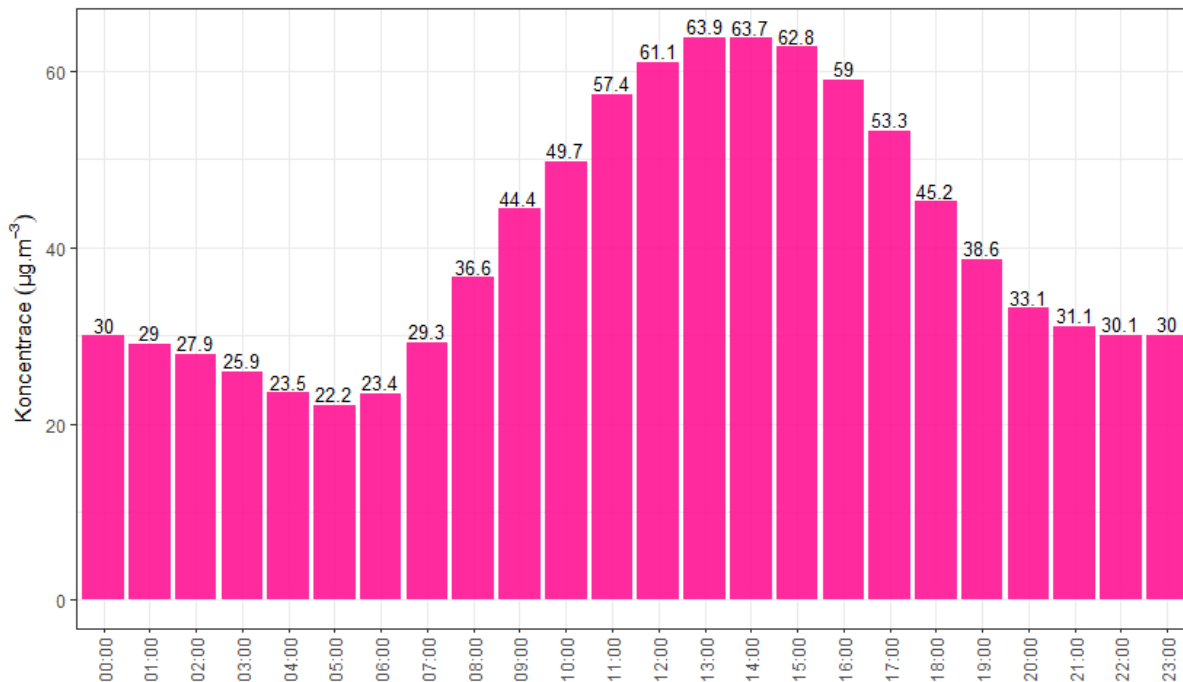
Obr. 58 - Průměrný týdenní chod denních koncentrací O_3 , Zlín – Kvítková, rok 2021

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. Denní chod O_3 zobrazuje následující Obr. 59. Z grafu je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací O_3 jsou dosahovány okolo poledne a po poledni – v době s nejvyššími teplotami vzduchu a slunečním svitem. Nejvyšší hodnoty koncentrace jsou měřeny v 13:00 – 14:00 hodin UTC.

Průměrný denní chod hodinových koncentrací O₃

Zlín - Kvítková, rok 2021

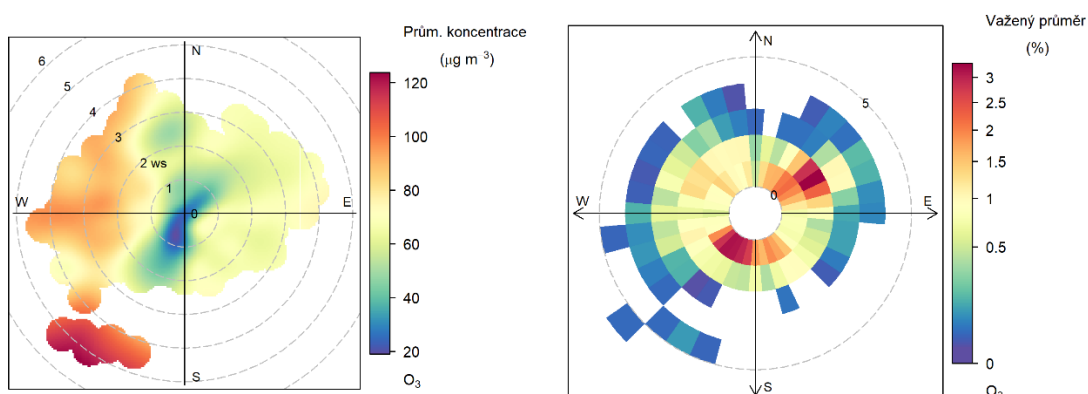


Obr. 59 – Denní chod hodinových koncentrací O₃, Zlín – Kvítková, rok 2021

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 3.1.4.

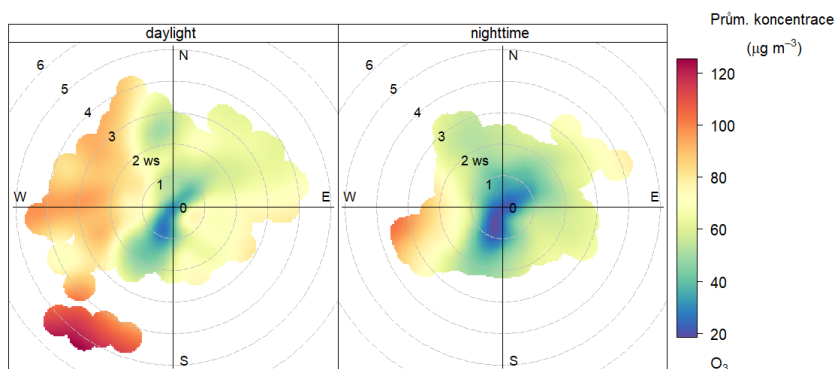
Následující Obr. 60 zobrazuje dva typy koncentrační a váženou koncentrační růžici O₃ pro lokalitu Zlín – Kvítková.

Z Obr. 60 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při jihozápadním až severozápadním proudění a vyšších rychlostech větru. Jižní až jihozápadní směry proudění se pak spolu se severovýchodními nejvíce podílely na měřených koncentracích O₃ v roce 2021.



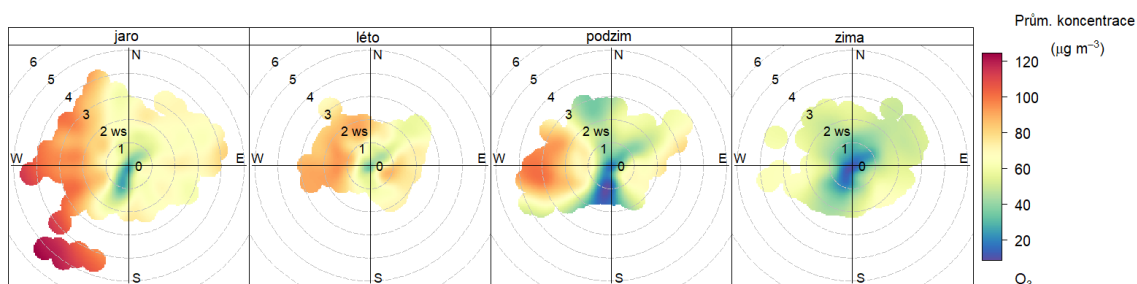
Obr. 60 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro O₃, Zlín – Kvítková, rok 2021

Pokud se koncentrační růžice rozdělí na den a noc (Obr. 61), je velmi dobře patrné, že vysoké koncentrace O_3 se vyskytují převážně ve dne.



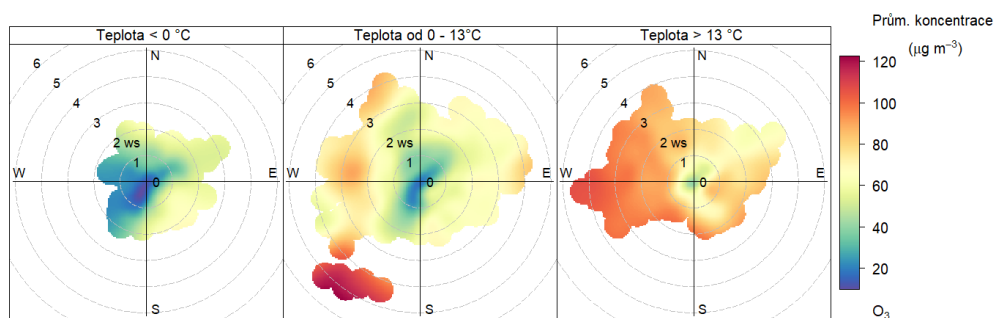
Obr. 61 - Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Zlín – Kvítková, rok 2021

Následující Obr. 62 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Nízké koncentrace lze sledovat převážně v zimě, v ostatních měsících jsou koncentrace výrazně vyšší. Maxima byla měřena v jarních měsících



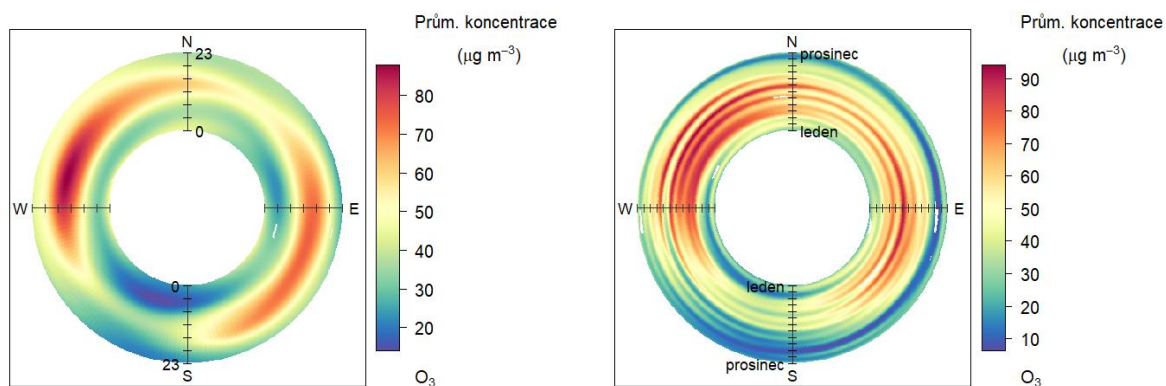
Obr. 62 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Zlín – Kvítková, rok 2021

Zajímavé je také rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 63 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou takřka výhradně měřeny při teplotách vzduchu vyšších než $13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při nižších teplotách jsou až na výjimky nízké.



Obr. 63 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Zlín – Kvítková, rok 2021

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



Obr. 64 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Zlín – Kvítková, rok 2021

Z Obr. 64 pak vyplývá, že v případě lokality Zlín – Kvítková v roce 2021 byly nejvyšší koncentrace O_3 měřeny v denních hodinách, zejména kolem poledne. Z ročního chodu pak vyplývá, že koncentrace kulminovaly v teplé části roku.

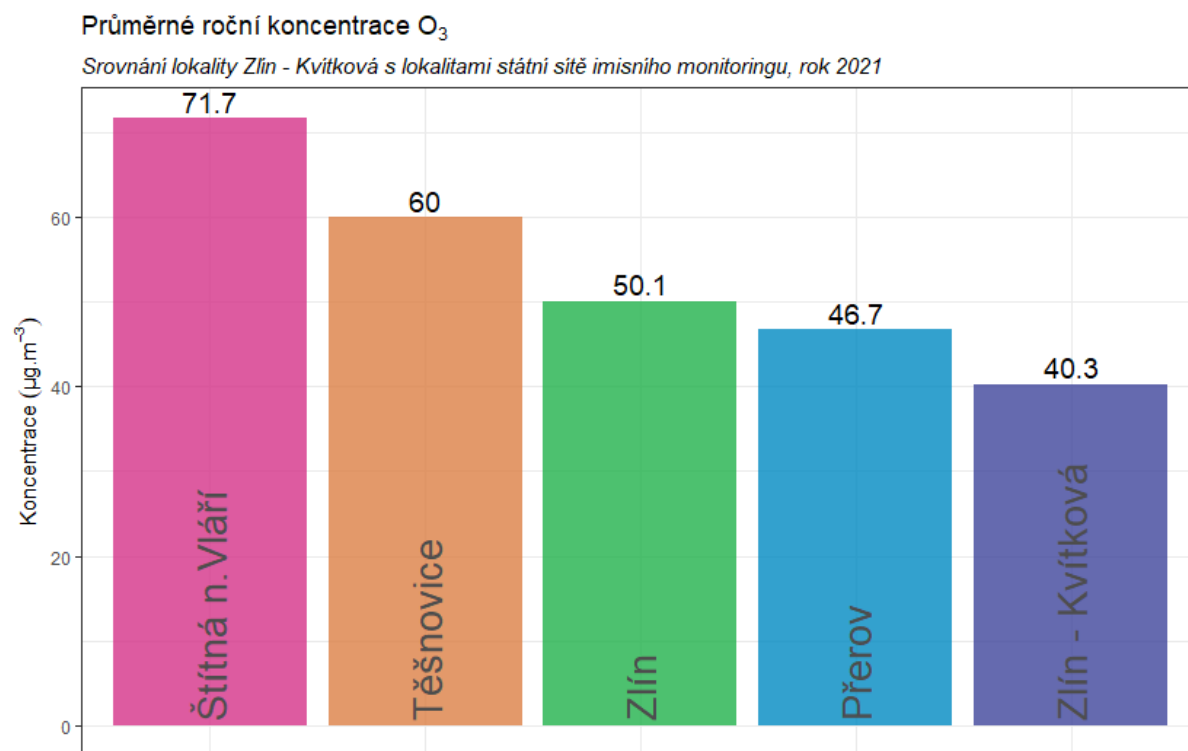
3.3.5 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

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

Na následujícím Obr. 65 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace přízemního ozónu O_3 na okolních lokalitách v roce 2021 a srovnány s lokalitou Zlín – Kvítková. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Zlín – Kvítková jsou měřeny nejnižší koncentrace přízemního ozónu ze všech uvedených lokalit. Nejvyšší koncentrace O_3 měřeny v lokalitě Štítná nad Vláří (vrcholová poloha Bílých Karpat). Souvisí to s mechanismem tvorby přízemního ozónu v atmosféře a také s přítomností látek, se kterými může O_3 reagovat a spotřebovávat se.

Následující graf na Obr. 66 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.

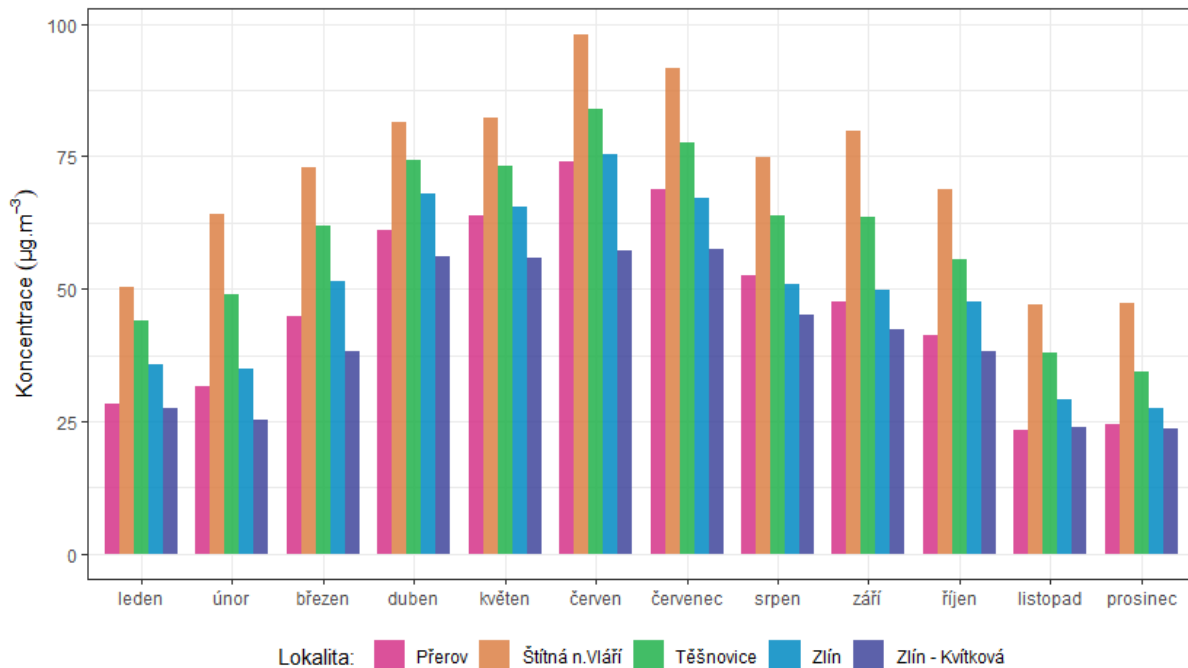
Následující graf na Obr. 67 srovnání průměrných denních koncentrací O_3 s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu Zlín. Z grafu je patrné, že v lokalitě Zlín jsou měřeny mírně vyšší koncentrace O_3 po celý rok, vývoj je téměř totožný a lokality spolu velmi dobře korelují.



Obr. 65 – Srovnání průměrné roční koncentrace O_3 lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2021

Průměrné měsíční koncentrace O₃

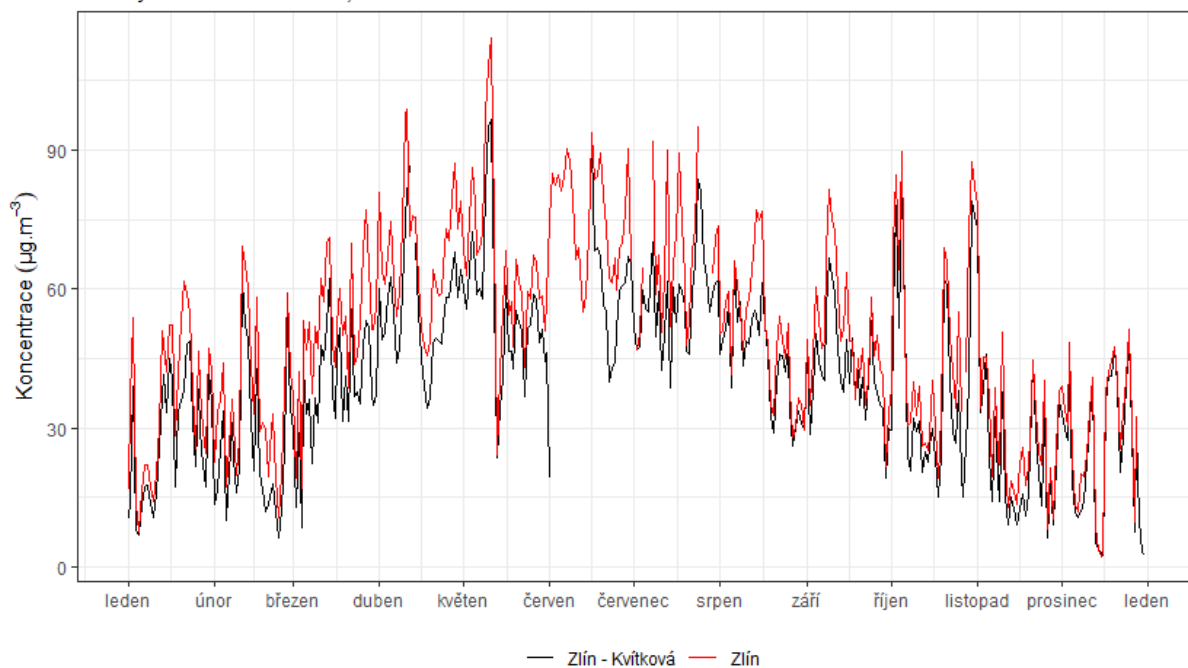
Srovnání lokality Zlín - Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2021



Obr. 66 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací O₃ lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2021

Srovnání průměrných denních koncentrací O₃

Lokality Zlín - Kvítková a Zlín, rok 2021



Obr. 67 – Srovnání průměrných denních koncentrací O₃, lokality Zlín – Kvítková a Zlín, rok 2021

4 ZÁVĚRY

- Vývoj průměrných denních koncentrací **PM₁₀** i **PM_{2,5}** odpovídá vývoji koncentrací na dalších stanicích státní sítě imisního monitoringu. Na úrovni hodinových koncentrací ovlivňují vývoj meteorologické podmínky (např. teplota) a s nimi související činnosti – zejména vytápění v lokálních topeništích. Maximální koncentrace PM₁₀ i PM_{2,5} byly měřeny ve večerních a nočních hodinách po zatopení. Důležitým faktorem je rovněž rychlost větru – pokud je bezvětří, nedochází k rozptylu škodlivin, ale naopak k jejich kumulaci a koncentrace rostou.
- Průměrná roční koncentrace PM₁₀ (25,2 μg·m⁻³) nepřekračuje imisní limit pro průměrnou roční koncentraci, avšak průměrná roční koncentrace PM_{2,5} (20,7 μg·m⁻³) již imisní limit pro průměrnou roční koncentraci překračuje o 0,7 μg·m⁻³.
- Za rok 2021 byla hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ (50 μg·m⁻³) překročena 26x, imisní limit pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀ je tak plněn.
- Koncentrace **oxidů dusíku** souvisí především se zatížením dopravou. Zvýšené koncentrace v rámci denního chodu tak byly pozorovány během ranní a večerní dopravní špičky. V první části roku byly koncentrace nízké, charakteristické pro městské pozadí, v druhé polovině roku zřejmě došlo k lokálnímu ovlivnění lokality, stouply zejména koncentrace NO₂. Okolo poledne dochází k poklesu koncentrací NO₂ také díky reakci této látky při tvorbě přízemního ozónu. Ze srovnání koncentrací NO₂ se stanicí státní sítě imisního monitoringu Zlín vyplývá, že v lokalitě Zlín – Kvítková byly začátkem roku měřeny mírně vyšší koncentrace, v druhé polovině roku byl již rozdíl výraznější. Z hlediska týdenního chodu jsou vyšší koncentrace měřeny v pracovní dny s vyšším zatížením dopravou.
- Průměrná roční koncentrace NO₂ (28,1 μg·m⁻³) nepřekračuje imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO₂.
- Vysoké koncentrace přízemního ozónu **O₃** jsou měřeny převážně v letních dnech s vysokými teplotami a dlouhým časem slunečního svitu přes den. V zimě jsou koncentrace naopak nízké. Naměřené hodnoty byly nižší než koncentrace, které měřila stanice státní sítě imisního monitoringu Zlín, avšak vývoj koncentrací byl podobný.
- V rámci přízemního ozónu se s imisním limitem srovnávají maximální 8hodinové klouzavé průměry v průměru za tři roky. 26. nejvyšší hodnota v průměru za roky 2019–2021 měla hodnotu 104 μg·m⁻³, imisní limit pro přízemní ozón tedy překročen nebyl.

5 CITOVANÁ LITERATURA

- [1] Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů, 2012 - 2017, MŽP, 2012.
- [2] R Core Team, „R: A language and environment for statistical computing,“ R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria., 2018. [Online]. Available: <https://www.R-project.org/>.
- [3] H. Wickham a et al., „Welcome to the tidyverse,“ *Journal of Open Source Software*, sv. 4, č. 43, p. 1686, 2019.
- [4] D. Carslaw a K. Ropkins, „Openair - an R package for air quality data analysis,“ *Environmental*, Sv. %1 z %227-28, pp. 52 - 61, 2012.
- [5] R. Tolasz a H. Škáchová, „Rok 2021 v Česku,“ INFOMET, 12 01 2022. [Online]. Available: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1641983653>.
- [6] V. Michal, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkovaných v městských aglomeracích,“ v *Konference ČAS 2010. Sborník konference*, Praha, 2010.
- [7] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2020, ISBN: ISBN 978-80-7653-023-2,“ ČHMÚ, 2021. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/Obsah_CZ.html.
- [8] U. EPA, „Particulate Matter (PM) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/pm-pollution>.
- [9] J. Keder, „Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátoru Grimm,“ v *Ovzduší 2007*, Brno, 2007.
- [10] USEPA, „Nitrogen Dioxide (NO2) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/no2-pollution>.
- [11] P. WARNECK, *Chemistry of the natural atmosphere*, San Diego: Academic Press: ISBN 0-12-735632-0, 2000.
- [12] European Commission, „Position paper on air quality: nitrogen dioxide,“ 1997.
- [13] J. H. Seinfeld a S. N. Pandis, *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*, New York: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-471-72017-1, 2006.
- [14] J. Fiala a D. Závodský, „Chemické aspekty znečištěného ovzduší – troposférický ozon,“ v *Kompendium ochrany kvality ovzduší*, Praha, 2003.
- [15] I. Colbeck a A. R. Mackenzie, „Air Pollution by photochemical oxidants,“ *Air Quality Monographs*, č. Elsevier. ISBN 0-444-88542-0, 1994.
- [16] Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší, 2012.
- [17] *Vyhláška č. 330/2012 Sb. o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích*, Praha, 2012.
- [18] Š. L. Š. H. Tolasz R., „Počasí, podnebí a kvalita ovzduší v ČR v roce 2016 – vybrané události,“ 13 1 2016. [Online]. Available: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1484297500>.
- [19] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky 1996 - 2015,“ 1 12 2016. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.
- [20] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky,“ 1996 - 2015. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.

- [21] ČHMÚ, „Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší,“ 2010-2015. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance_CZ.html.
- [22] M. VOJTÍŠEK, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkovaných v městských aglomeracích,“ *Konference ČAS 2010. Sborník konference.*, č. ISBN: 978-80-86186-25-2, 2010.
- [23] WHO, „Air quality guidelines for Europe, Second Edition,“ *WHO Regional Publications, European Series*, sv. No. 91, 2000.
- [24] EEA, „Air quality in Europe — 2016 report,“ 2016. [Online]. Available: https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016/at_download/file.
- [25] ČHMÚ, kolektiv autorů, „Grafická ročenka 2017,“ Český hydrometeorologický ústav, 2018. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Obsah_CZ.html.
- [26] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018,“ 2019. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/IV.1.PM_CHMU2018.pdf. [Přístup získán 2019].
- [27] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2019, ISBN: ISBN 978-80-7653-009-6,“ ČHMÚ, 2020. [Online]. Available: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/19groc/gr19cz/Obsah_CZ.html.