

# VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V LOKALITĚ ZLÍN – KVÍTKOVÁ ROK 2022



ENVITECH BOHEMIA, s.r.o.

## ÚDAJE O ZAKÁZCE

**ENVitech Bohemia s.r.o.**  
**Ovocná 34/1021 ,**  
**161 00 Praha 6**  
**Česká republika**

**IČO: 47119209**  
**DIČ: CZ47119209**

Datum předání zprávy:	13. února 2023
Počet výtisků:	1
Výtisk číslo:	1

# OBSAH

---

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>4</b>
1.1	IMISNÍ LIMITY	5
1.2	DATA A JEJICH ZPRACOVÁNÍ	5
1.3	ROK 2022 V ČR Z HLEDISKA METEOROLOGIE A KVALITY OVZDUŠÍ	6
<b>2</b>	<b>METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ</b>	<b>7</b>
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
<b>3</b>	<b>VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ</b>	<b>14</b>
3.1	SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE <b>PM<sub>10</sub></b> , <b>PM<sub>2,5</sub></b> A <b>PM<sub>1</sub></b>	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 <b>NO<sub>2</sub></b> , <b>NO</b> A <b>NO<sub>x</sub></b>	34
3.2.1	PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE	35
3.2.2	PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE	36
3.2.3	PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE NO, NO <sub>2</sub> A NO <sub>x</sub>	38
3.2.4	ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	40
3.2.5	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU	44
3.3	PŘÍZEMNÍ OZÓN	46
3.3.1	VÝVOJ 26. NEJVYŠŠÍCH 8HODINOVÝCH KLOUZAVÝCH PRŮMĚRŮ ZA DEN V ROCE	46
3.3.2	PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE	48
3.3.3	VÝVOJ PRŮMĚRNÝCH DENNÍCH KONCENTRACÍ O <sub>3</sub>	49
3.3.4	ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE	51
3.3.5	SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU	55
<b>4</b>	<b>ZÁVĚRY</b>	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>CITOVANÁ LITERATURA</b>	<b>58</b>

# 1 ÚVOD

---

V květnu roku 2017 byla zprovozněna stanice Zlín – Kvítková v centru Zlína. Tato zpráva uvádí výsledky za rok 2022 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 <sub>10</sub>	24 hodin	50 µg·m <sup>-3</sup>	35
Suspendované částice PM <sub>10</sub>	1 kalendářní rok	40 µg·m <sup>-3</sup>	
Suspendované částice PM <sub>2,5</sub>	1 kalendářní rok	20 µg·m <sup>-3</sup>	
Oxid dusičitý NO <sub>2</sub>	1 hodina	200 µg·m <sup>-3</sup>	18
Oxid dusičitý NO <sub>2</sub>	1 kalendářní rok	40 µg·m <sup>-3</sup>	
Přízemní ozón O <sub>3</sub>	maximální denní osmihodinový klouzávý průměr	120 µg·m <sup>-3</sup>	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 PM<sub>10</sub> může být za kalendářní rok hodnota 50 µg·m<sup>-3</sup> 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<sup>-3</sup>, 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 2022 v ČR Z HLEDISKA METEOROLOGIE A KVALITY OVZDUŠÍ

**Rok 2022 byl s průměrnou teplotou 9,2 °C** a s odchylkou +0,9 °C od normálu 1991–2020 **nadnormální** (+1,7 °C od normálu 1961–1990), a je tak dalším „teplým“ rokem v řadě. Od roku 1996 zaznamenáváme v Česku pouze roky normální a v různém stupni nadnormální. Teplotní odchylka od normálu 1991-2020 v jednotlivých měsících kolísala od +3,2 °C v únoru až po –2,1 °C v dubnu.

**Roční srážkový úhrn 632 mm zařazuje rok mezi roky srážkově normální** (normál za období 1991–2020 je v Česku 684 mm). Nejvíce srážek, v průměru 101 mm, což bylo 123 % normálu, napadlo v Česku v červnu a nejméně, v průměru jen 16 mm, to je 35 % normálu, v březnu. V průběhu roku bylo vydáno 159 výstrah a 116 informací o výskytu nebezpečného jevu, tj. celkem 275 výstražných informací.

Na základě neverifikovaných dat ze stanic automatizovaného imisního monitoringu (AIM) lze konstatovat, že v roce 2022 byl překročen denní imisní limit pro suspendované částice PM<sub>10</sub>, imisní limit pro maximální denní klouzavou 8hodinovou koncentraci přízemního ozonu (O<sub>3</sub>) a roční imisní limit pro suspendované částice PM<sub>2,5</sub>. Roční imisní limity pro PM<sub>10</sub> a oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>) překročeny nebyly. Denní imisní limit PM<sub>10</sub> byl v roce 2022 překročen na třech stanicích ze 134, a to na venkovské stanici Věřňovice (okres Karviná), dopravní stanici Ostrava-Českobratrská (hot spot) a na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ. Imisní limit pro maximální denní 8hodinovou koncentraci O<sub>3</sub> byl překročen na dvou stanicích z 68, a to na regionálních stanicích Sněžník (okres Děčín) a Rudolice v Horách (okres Most). Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM<sub>2,5</sub> byl překročen na pěti stanicích z 88 stanic, a to na průmyslových stanicích Ostrava-Radvanice ZÚ, Ostrava-Přívoz a Ostrava-Hrušov a na městské stanici Rychvald (okres Karviná) a venkovské stanici Věřňovice.

Nejvyšší průměrná denní koncentrace PM<sub>10</sub> (157 µg·m<sup>-3</sup>) byla naměřena na venkovské stanici Věřňovice, nejvyšší maximální denní 8hod. denní koncentrace O<sub>3</sub> (177 µg·m<sup>-3</sup>) na předměstské stanici Praha 4-Libuš. Nejvyšší roční průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> (30 µg·m<sup>-3</sup>) i PM<sub>2,5</sub> (23 µg·m<sup>-3</sup>) byly naměřeny na průmyslové stanici Ostrava-Radvanice ZÚ, nejvyšší roční průměrná koncentrace NO<sub>2</sub> (40 µg·m<sup>-3</sup>) pak na dopravní stanici Praha 2-Legerova (hot spot).

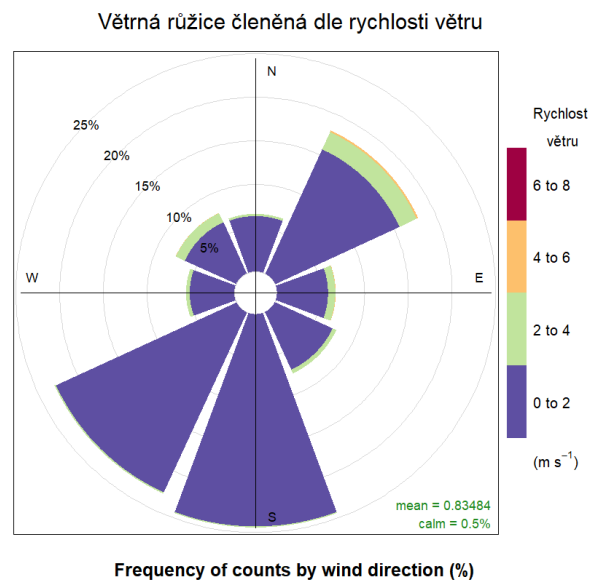
V roce 2022 bylo vyhlášeno pět smogových situací, všechny z důvodu vysokých koncentrací O<sub>3</sub> (jedna v červenci a čtyři v srpnu). V jednotlivých regionech převládala v roce 2022 velmi dobrá až dobrá kvalita ovzduší, přičemž její nejvyšší výskyt byl zaznamenán v Olomouckém kraji. Přijatelná kvalita ovzduší byla nejčastěji zaznamenána v Pardubickém kraji a zhoršená až špatná kvalita v aglomeraci O/K/F-M .

Uvedené hodnocení kvality ovzduší v návaznosti na meteorologické a rozptylové podmínky v ovzduší je předběžné. Vzhledem k procesu získání a zpracování odebraných vzorků je do článku [5] zahrnuto pouze hodnocení PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, O<sub>3</sub> a NO<sub>2</sub>. Ve všech případech se jedná o neverifikovaná data ze stanic automatizovaného imisního monitoringu (AIM) ČHMÚ a dalších dodavatelů imisních dat [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 jižní (cca 25 % roku) a jihozápadní (cca 20 % roku) a severovýchodní proudění (cca 23 %). Vyšší rychlosti větru byly zaznamenány především ze severovýchodu. Bezvětrí panovalo ve zhruba 0,5 % 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  $0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .



Obr. 1 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, Zlín – Kvítková, rok 2022

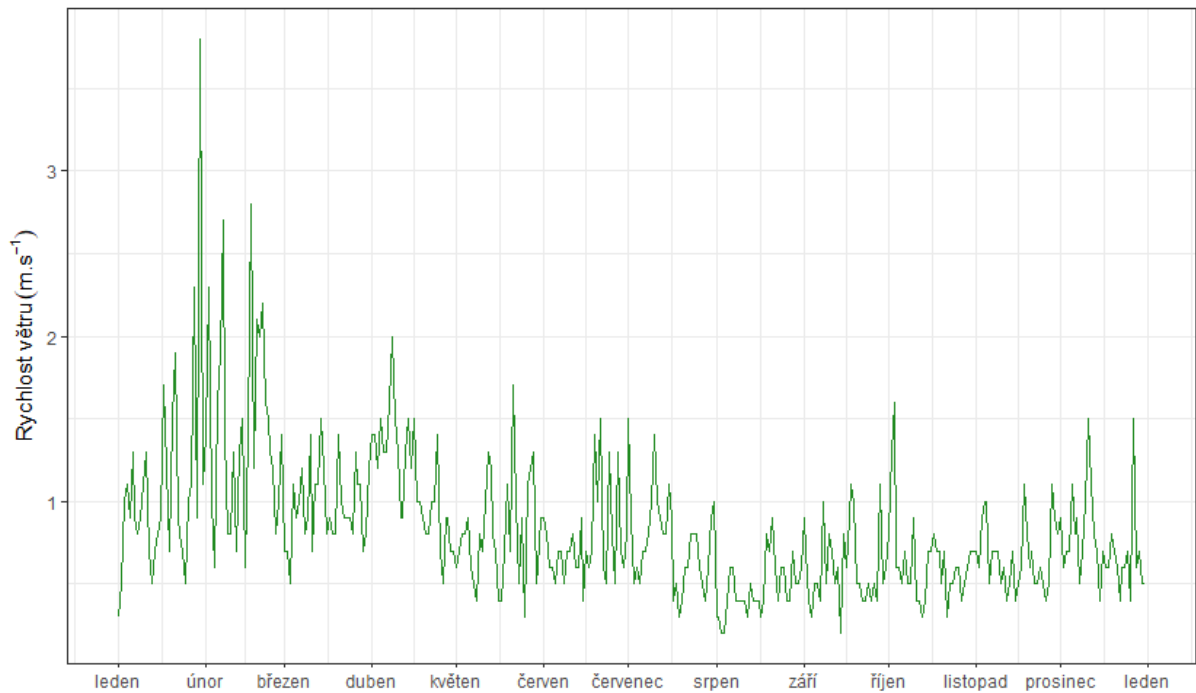
### 2.2 RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU

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

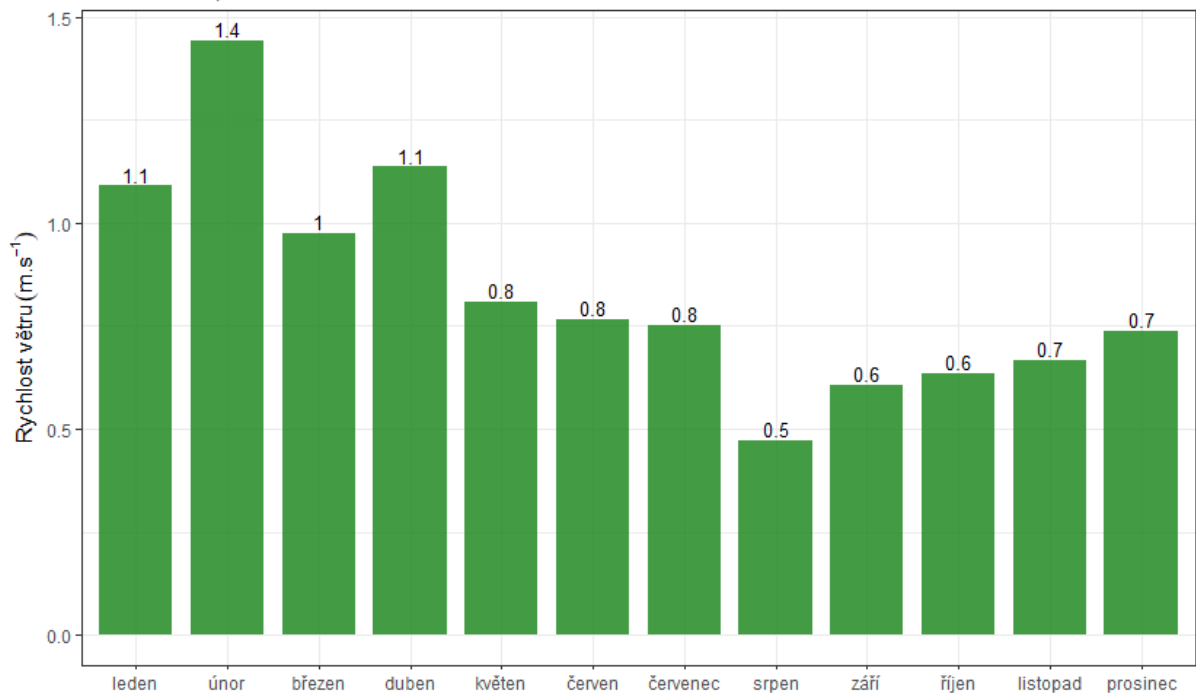
Zlín - Kvítková, rok 2022



Obr. 2 – Průměrné denní rychlosti větru, Zlín – Kvítková, rok 2022

### Vývoj průměrných měsíčních rychlostí větru

Zlín - Kvítková, rok 2022



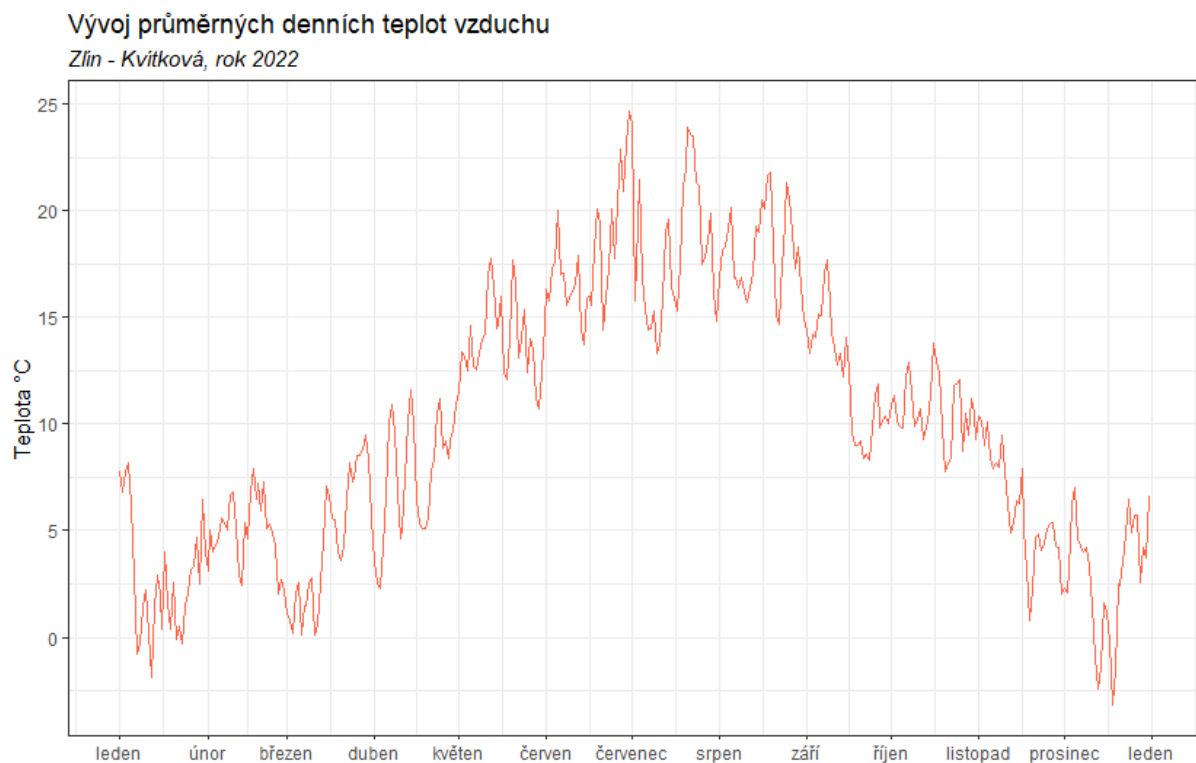
Obr. 3 – Průměrné měsíční rychlosti větru, Zlín – Kvítková, rok 2022



## 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.

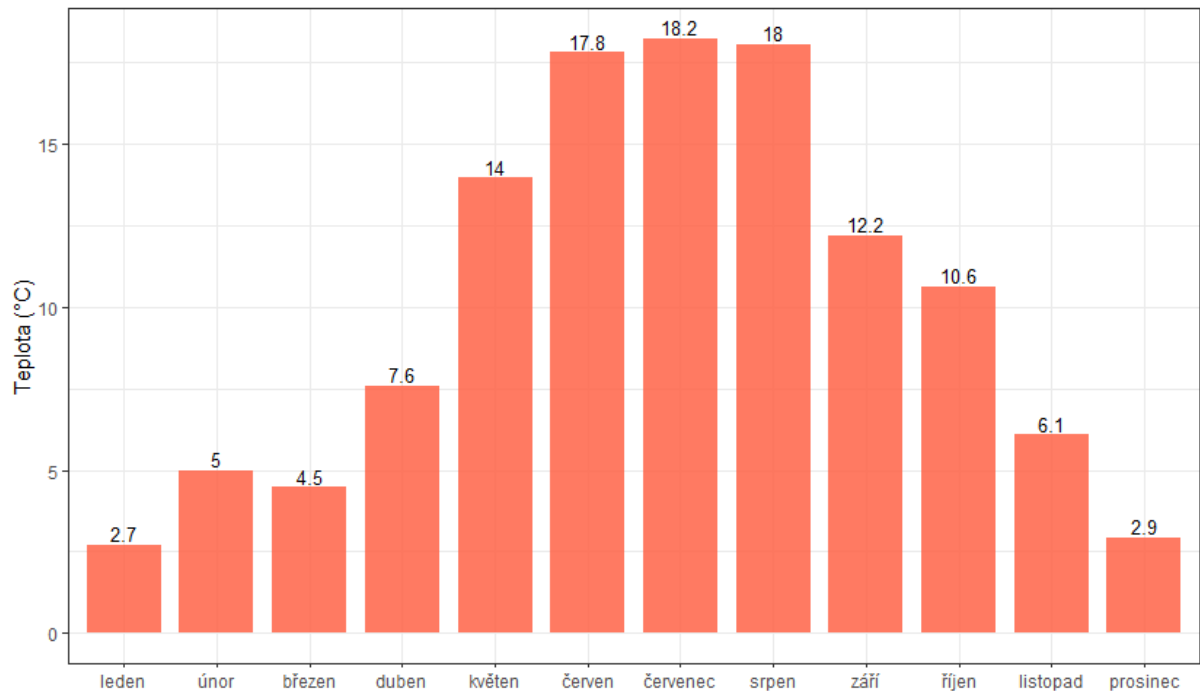
Následující Obr. 4 zobrazuje průměrné denní teploty vzduchu v lokalitě Zlín – Kvítková. Z grafu vyplývá, že maximální hodnoty byly v této lokalitě měřeny v červenci a srpnu, poté docházelo k postupnému poklesu teplot. Minimální teploty pak byly měřeny v lednu a prosinci (Obr. 5).



Obr. 4 – Průměrné denní teploty vzduchu, Zlín – Kvítková, rok 2022

## Vývoj průměrných měsíčních teplot vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2022



Obr. 5 – Průměrné měsíční teploty, Zlín – Kvítková, rok 2022

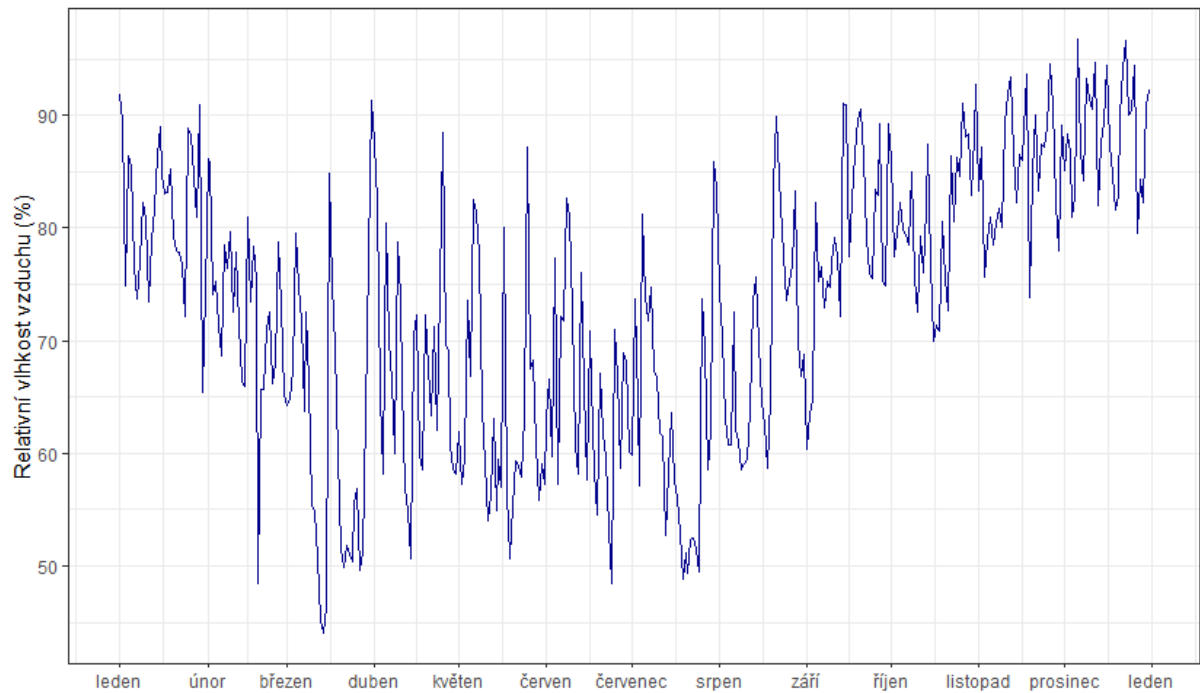
## 2.4 RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU

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 březnu a v létě. Průměrné měsíční hodnoty jsou uvedeny v grafu na Obr. 7

### Vývoj relativních denních vlhkostí vzduchu

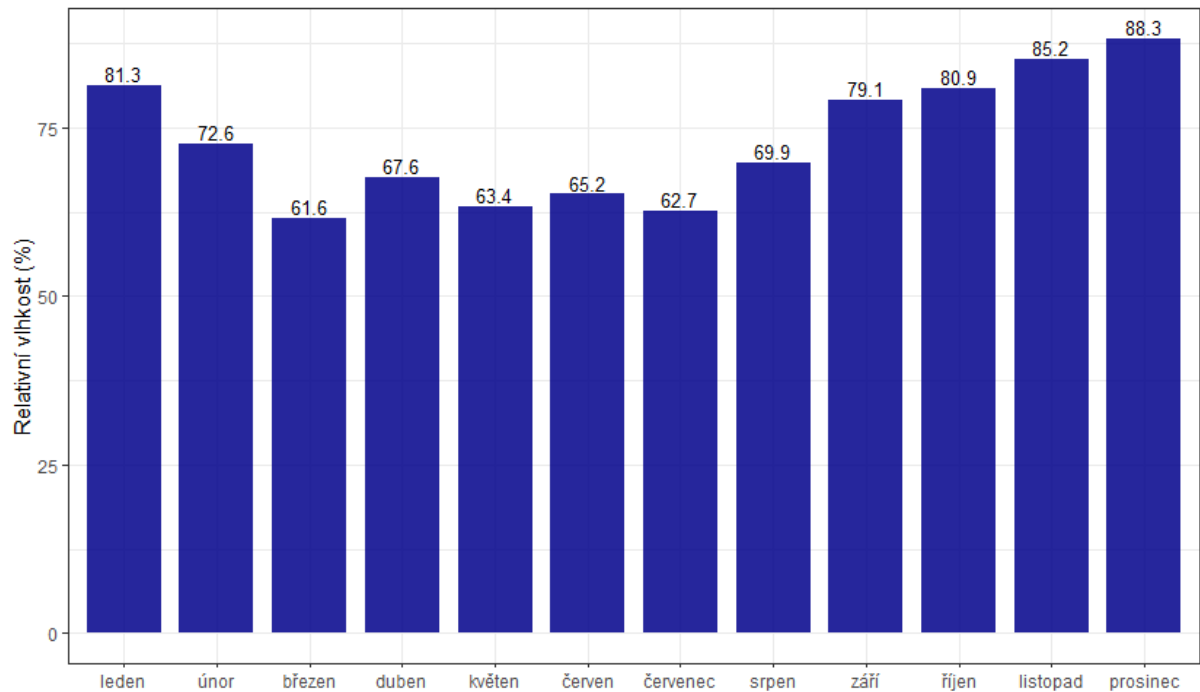
Zlín - Kvítková, rok 2022



Obr. 6 - Průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu, Zlín – Kvítková, rok 2022

### Vývoj průměrných měsíčních relativních vlhkostí vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2022

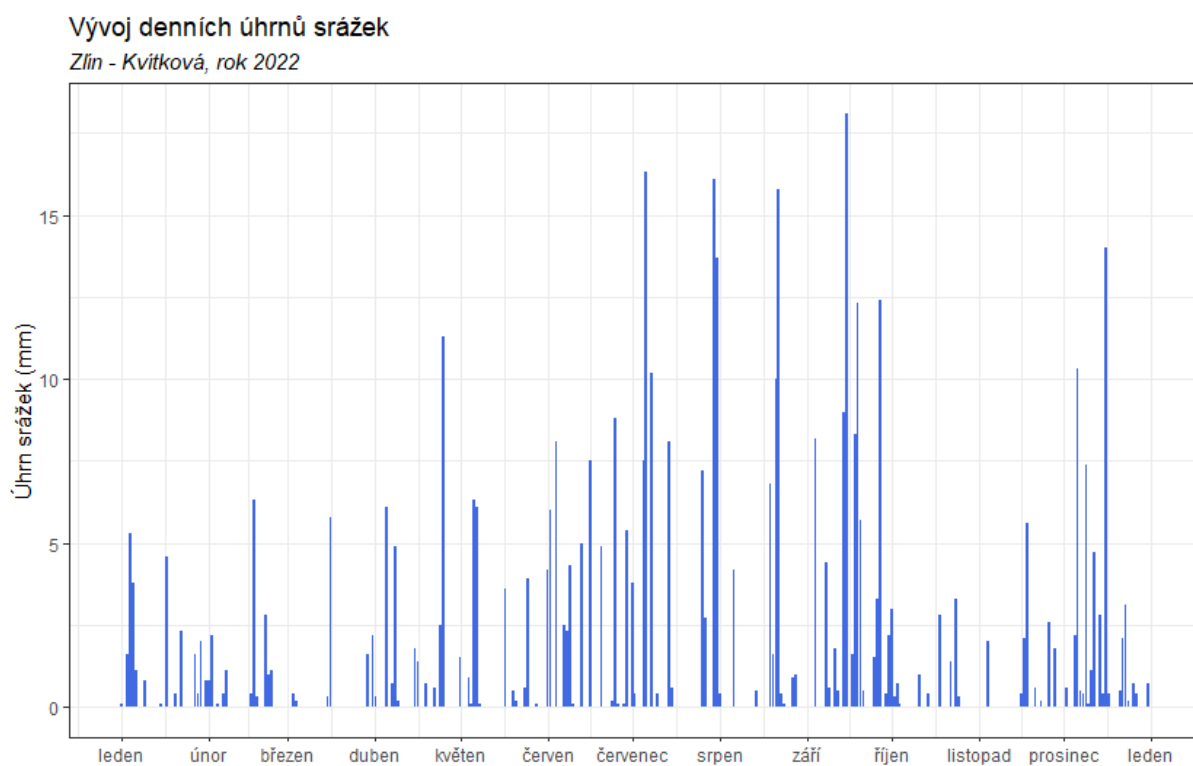


Obr. 7 – Průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu, Zlín – Kvítková, rok 2022

## 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.

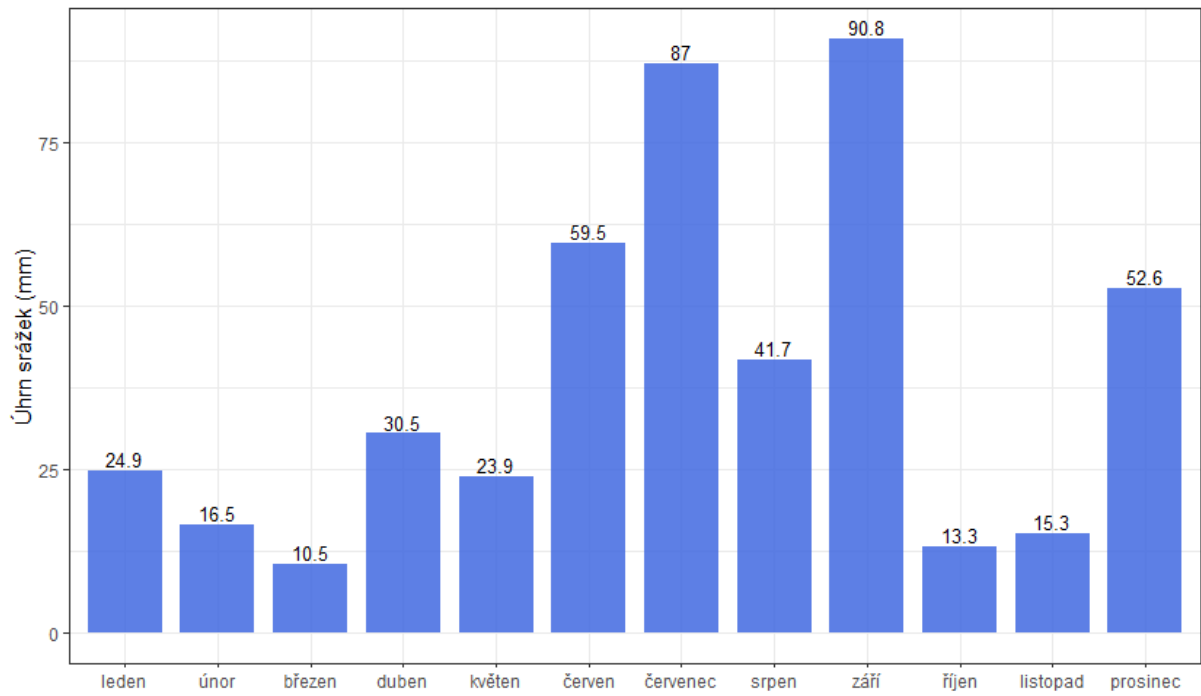
Následující Obr. 8 zobrazuje denní úhrn srážek v lokalitě Zlín – Kvítková. Následující graf na Obr. 9 zobrazuje měsíční úhrny srážek. Méně než 20 mm srážek v měsíčním úhrnu se vyskytlo v únoru, březnu, říjnu a listopadu. Nejvyšší úhrn pak byl zaznamenán v září.



Obr. 8 – Denní úhrn srážek, Zlín – Kvítková, rok 2022

### Vývoj měsíčních úhrnů srážek

Zlín - Kvítková, rok 2022



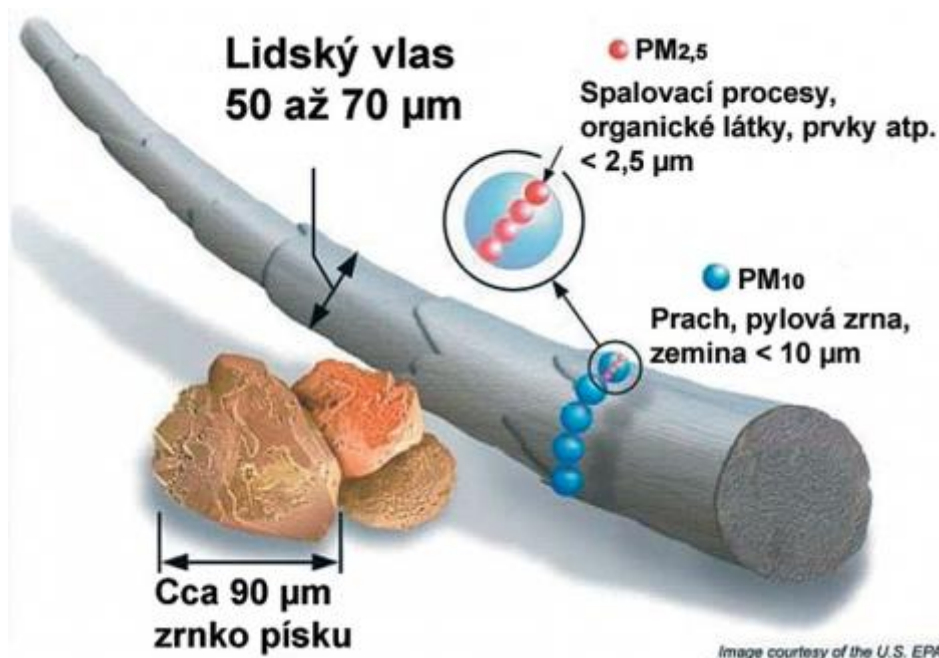
Obr. 9 – Měsíční úhrn srážek, Zlín – Kvítková, rok 2022

## 3 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ

### 3.1 SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> A PM<sub>1</sub>

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

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

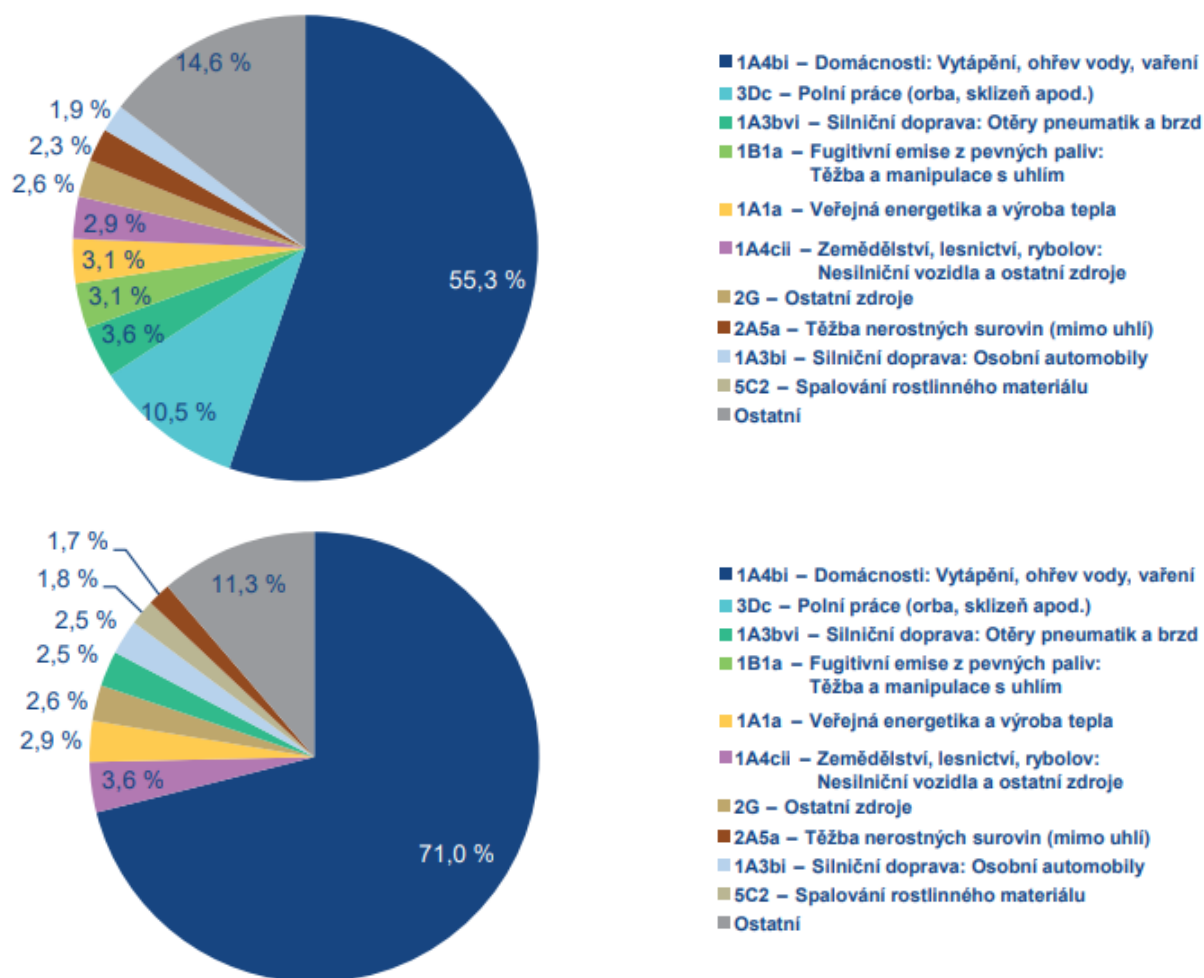


Obr. 10 – Srovnání velikostí částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> s lidským vlasem a zrnkem písku. Zdroj: US EPA

Emisní inventury částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> prováděné podle současných metodik zahrnují pouze emise produkované primárními zdroji. Ve srovnání s emisemi jiných znečišťujících látek jsou emise PM<sub>x</sub> 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 2020 patřil sektor 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami PM<sub>10</sub> 55,3 % a PM<sub>2,5</sub> 71 %. Mezi další významné zdroje emisí PM<sub>10</sub> patřil sektor 3Dc – Polní práce, kde tyto emise

vznikají při zpracování půdy, sklizni a čištění zemědělských plodin. Tento sektor představoval 10,5 % 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 2020 podílely 11,7 % a na emisích  $PM_{2,5}$  11,8 % [7].



Obr. 11 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích  $PM_{10}$  (nahore) a  $PM_{2,5}$  (dole) v ČR, rok 2020 [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  $\mu\text{m}$  [8], [9].

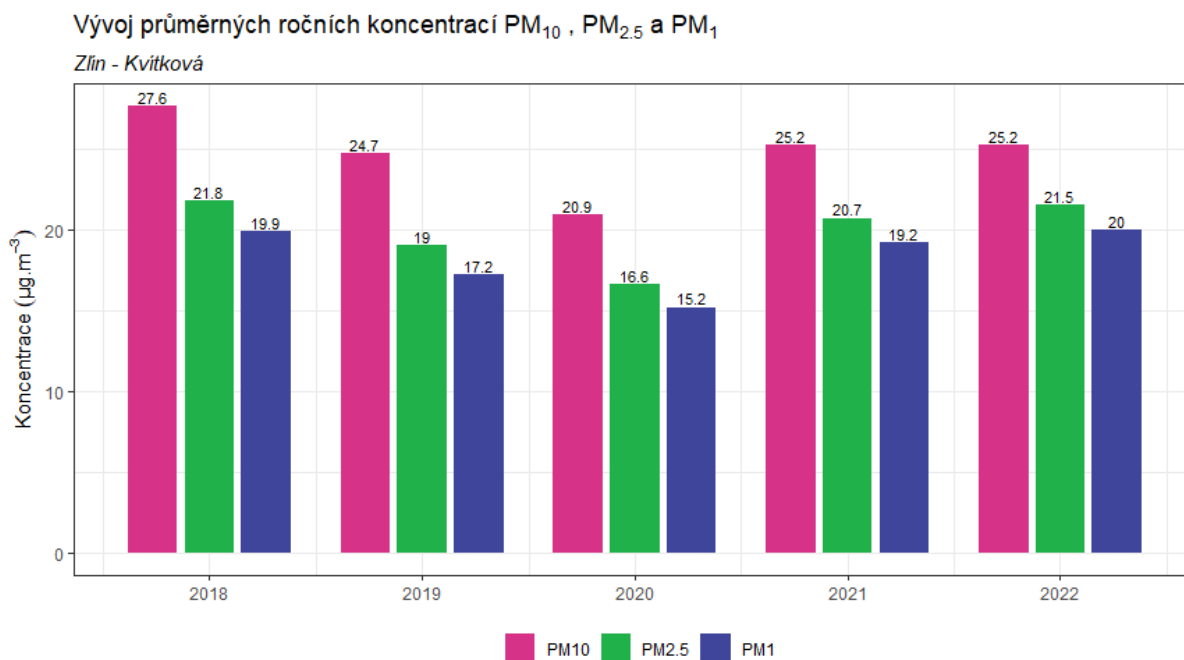
### 3.1.1 Průměrné roční koncentrace

Průměrná roční koncentrace  $\text{PM}_{10}$  činila v roce 2022 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 2022 v lokalitě Zlín – Kvítková  $21,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . **V této lokalitě došlo k překročení imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci  $\text{PM}_{2,5}$  ( $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ).**

**Je však nutné dodat, že stanice neměla v letních měsících, kdy jsou koncentrace nejnižší, hodnoty ročních průměrů jsou tak velmi ovlivněny. Výťažnost dat PM byla pouze 66,4 %. K výpadku dat došlo z důvodu poruše prachoměru FIDAS a následné nutné opravě u výrobce.**

Průměrná roční koncentrace  $\text{PM}_1$  činila v roce 2022 v lokalitě Zlín – Kvítková  $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Následující Obr. 12 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  a  $\text{PM}_1$  v lokalitě Zlín – Kvítková. Z grafu je patrné, že proti roku 2020 došlo u jemnějších frakcí  $\text{PM}_{2,5}$  a  $\text{PM}_1$  k nárůstu průměrných ročních koncentrací. Hodnoty koncentrací  $\text{PM}_{10}$  zůstaly stejné. Lze však předpokládat, že pokud by se měřilo i v letních měsících, koncentrace by byly nižší.



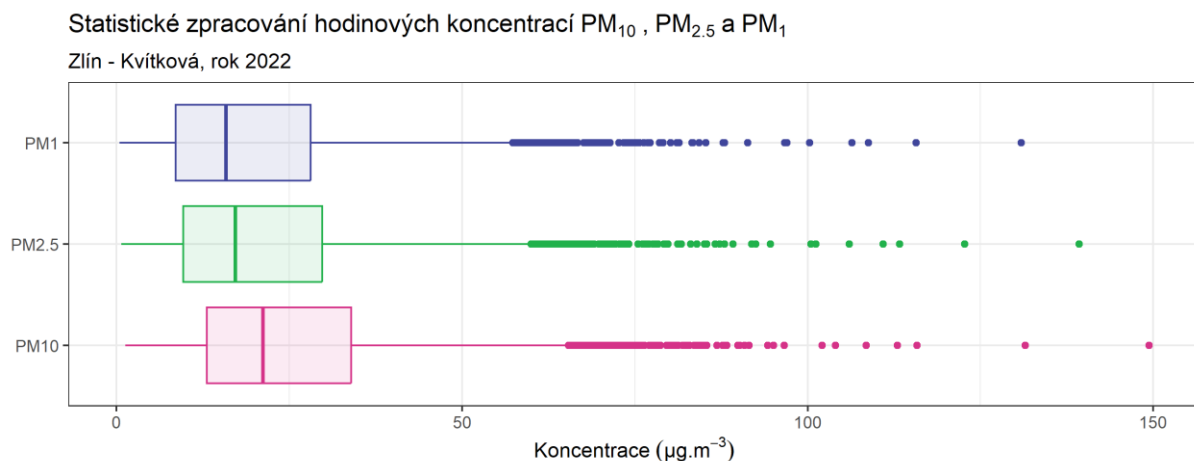
Obr. 12 -Vývoj průměrných ročních koncentrací PM, lokalita Zlín – Kvítková

Následující Tab. 2 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé frakce PM. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2022 pak zobrazuje Obr. 13.



Tab. 2 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$  v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2022

STATISTIKA	PM10	PM25	PM01
PRŮMĚR	24,9	18,4	16,4
MAXIMUM	129,7	115,1	109,6
MEDIÁN	20,1	13,6	11,7
MINIMUM	1,3	0,6	0,2



Obr. 13 – Statistické zpracování hodinových koncentrací  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$  v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2022

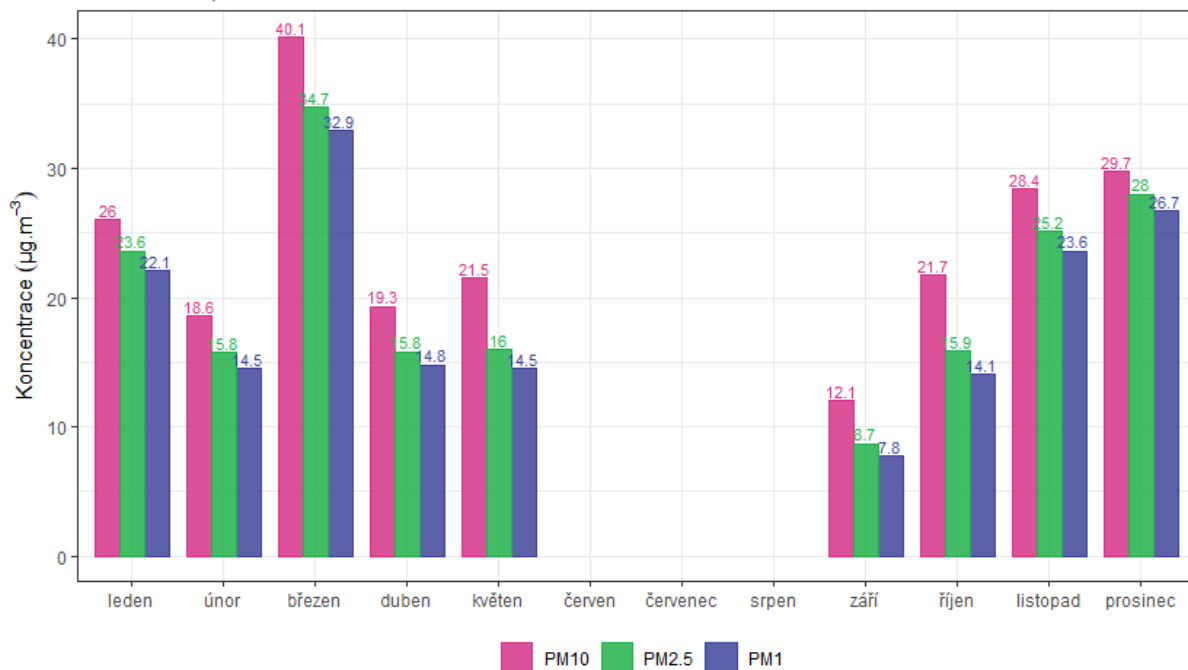
### 3.1.2 Průměrné měsíční koncentrace

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 březnu. Ze začátku měsíce března došlo k významnému poklesu teplot (nutnost více topit). Zároveň poklesly i rychlosti větru, což naznačuje velmi nepříznivé podmínky (Obr. 2 – Obr. 5).

Průměrné měsíční zastoupení jemnějších frakcí v  $PM_{10}$  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.

### Vývoj průměrných měsíčních koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> a PM<sub>1</sub>

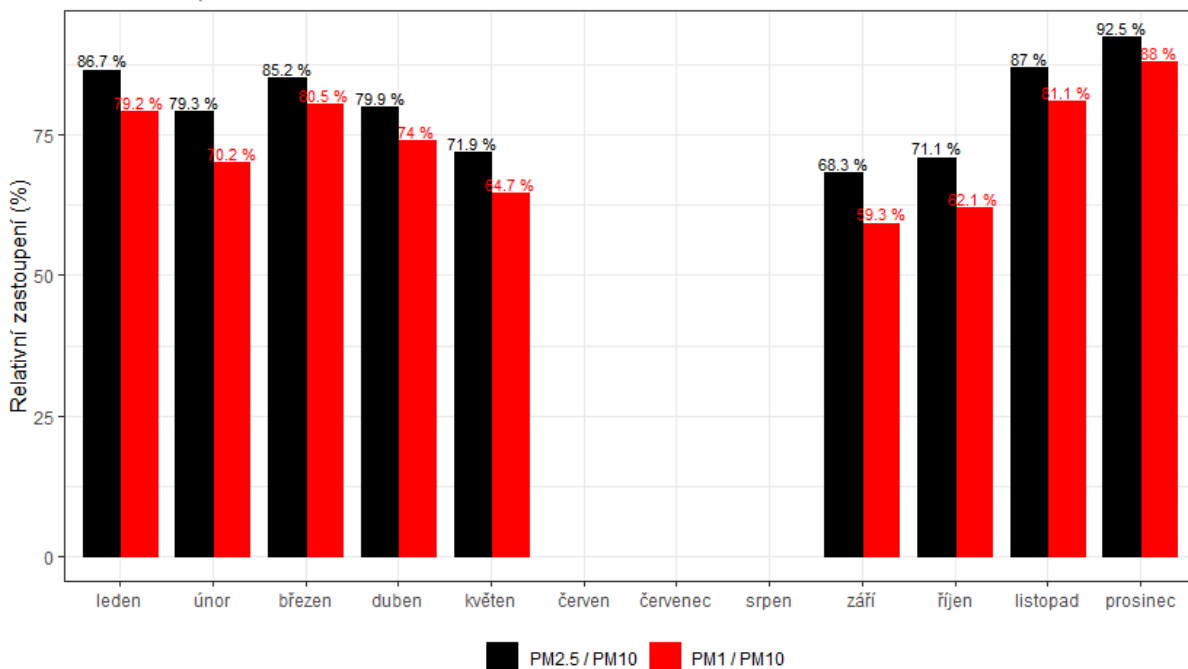
Zlín - Kvítková, rok 2022



Obr. 14 - Průměrné měsíční koncentrace PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

### Průměrné měsíční relativní zastoupení PM<sub>2.5</sub> v PM<sub>10</sub> a PM<sub>1</sub> v PM<sub>10</sub>

Zlín - Kvítková, rok 2022



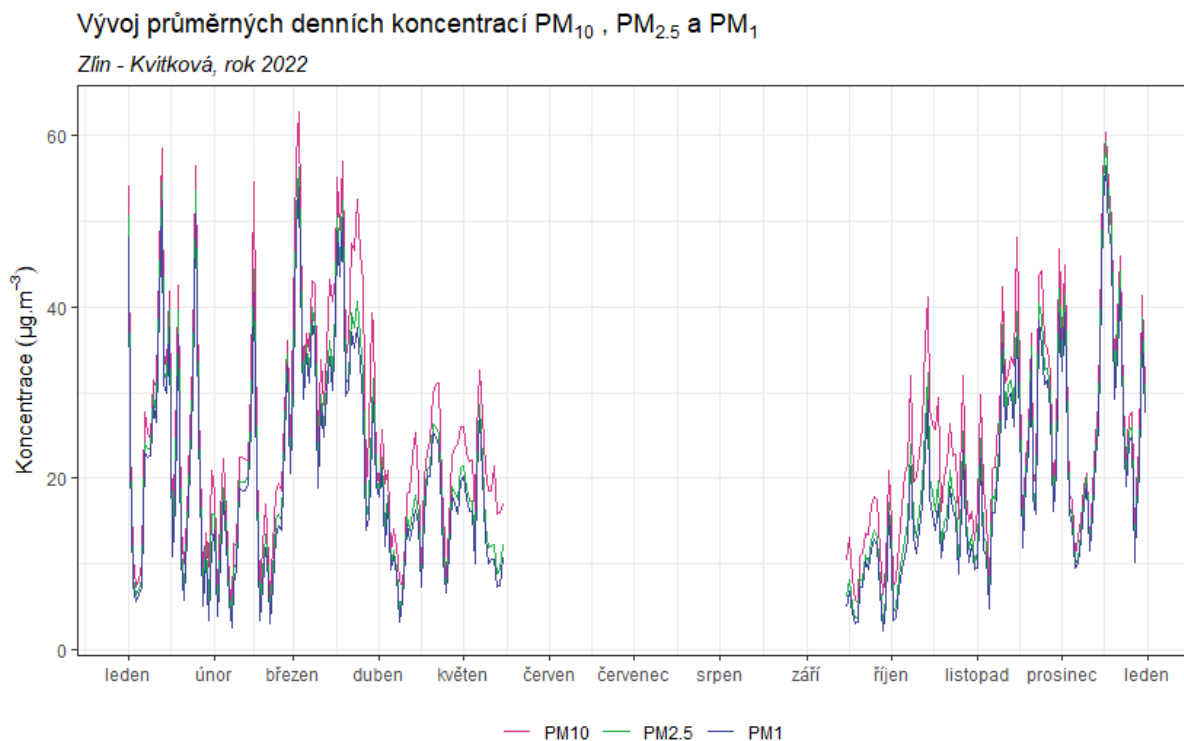
Obr. 15 – Průměrné měsíční zastoupení PM<sub>2,5</sub> v PM<sub>10</sub> a PM<sub>1</sub> v PM<sub>10</sub>, lokalita Zlín – Kvítková, rok 2022

### 3.1.3 Průměrné denní koncentrace PM

Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> v lokalitě Zlín – Kvítková zobrazuje následující Obr. 16. Z grafu je patrné, že koncentrace jemnějších frakcí PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> do značné míry kopírují hrubší frakci PM<sub>10</sub> a z velmi velké části tak PM<sub>10</sub> tvoří.

Průměrné denní koncentrace vyšší, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub> (50 µg·m<sup>-3</sup>) se vyskytují pouze 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. V tuto dobu bohužel prachoměr neměřil. Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu v jednotlivých měsících zobrazuje následující Obr. 17. Nejvíce překročení bylo naměřeno v březnu (5) a prosinci (4), kdy byly rovněž měřeny velmi nízké teploty a muselo se tedy intenzivněji topit (Obr. 4). Za rok 2022 došlo souhrnně k 13 překročením hodnoty imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub>, imisní limit tedy překročen nebyl (zákon umožňuje za kalendářní rok 35 překročení této hodnoty). **Vzhledem k tomu, že v letních měsících dochází k překročení pouze výjimečně, lze tuto charakteristiku považovat za směrodatnou i přes letní výpadek měření.**

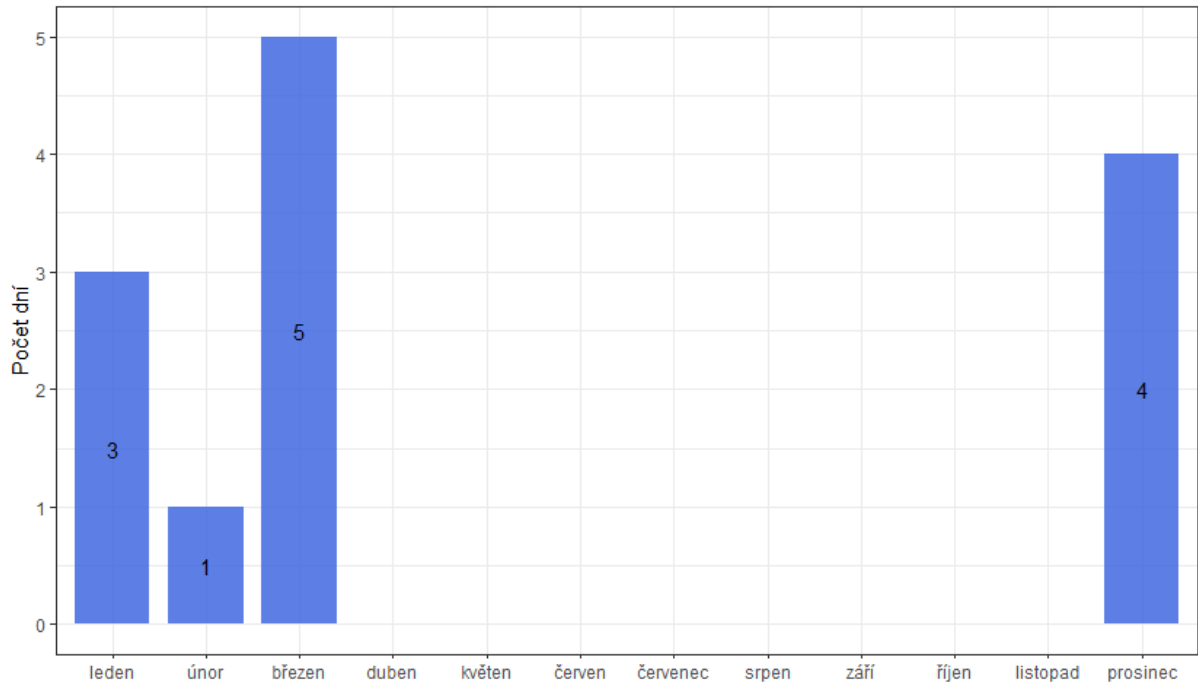
Vývoj charakteristik, vztahujících se k dennímu imisnímu limitu pro PM<sub>10</sub> (36. nejvyšší koncentrace PM<sub>10</sub> za kalendářní rok a počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu) zobrazuje Obr. 18. Z grafu je patrné, že v roce 2022 došlo k poklesu hodnot charakteristik proti roku 2021, v případě počtu dní s hodnotou koncentrace PM<sub>10</sub> vyšší než 50 µg·m<sup>-3</sup> na polovinu. V historii měření se jedná o nejnižší hodnotu.



Obr. 16 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

### Počet dní s překročením denního imisního limitu PM<sub>10</sub> v jednotlivých měsících

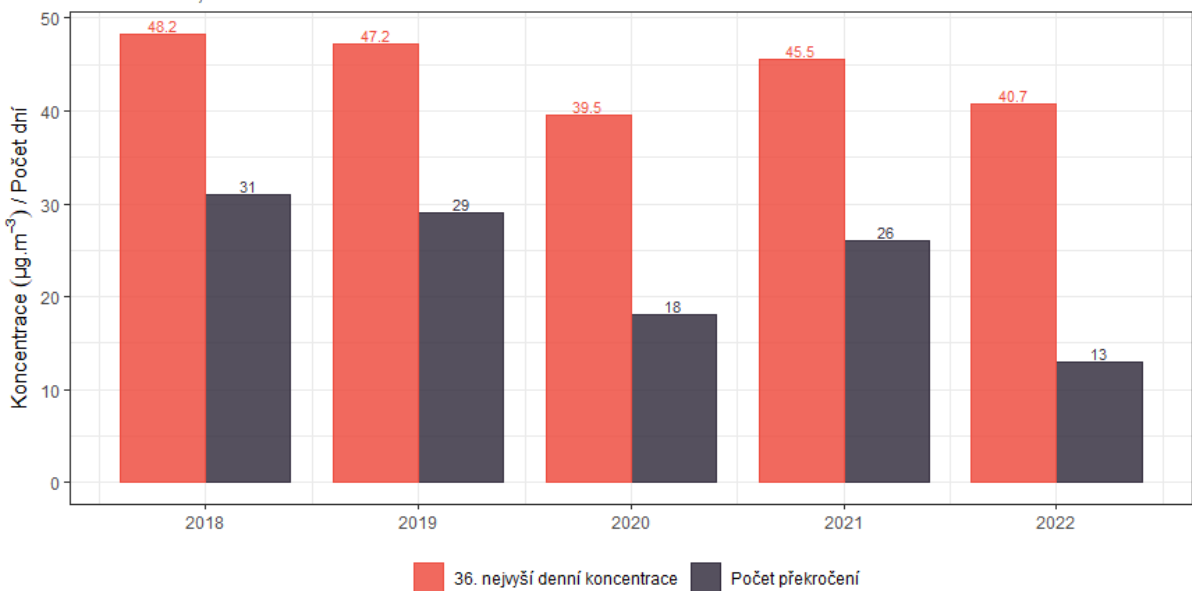
Zlín - Kvítková, rok 2022



Obr. 17 – Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub> v jednotlivých měsících, Zlín – Kvítková

### Vývoj 36. nejvyšší denní koncentrace PM<sub>10</sub> a překročení hodnoty imisního limitu

Zlín - Kvítková, rok 2022



Obr. 18 – Vývoj 36. nejvyšší denní koncentrace PM<sub>10</sub> a počtu dní s překročením hodnoty imisního limitu pro denní koncentraci PM<sub>10</sub>, 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.

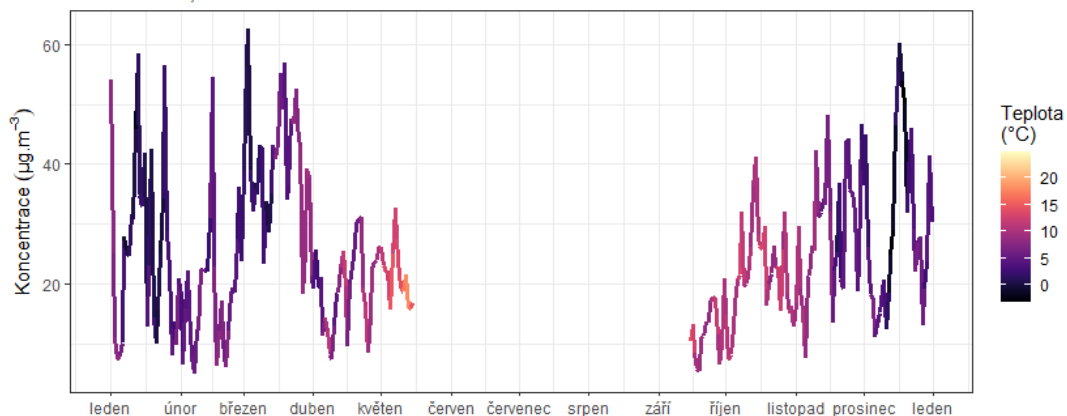
Na Obr. 19 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací  $PM_{10}$ , zbarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost.

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.

V případě března, kdy byly měřeny nejvyšší koncentrace  $PM$  a došlo k nejvíce překročením hodnoty denního imisního limitu pro  $PM_{10}$  měly meteorologické podmínky zřejmě významný vliv. Ze začátku měsíce došlo k propadu teplot až k bodu mrazu, průměrná měsíční teplota proti únoru dokonce poklesla. Z grafu rychlosti větru je patrné, že při nejvyšších koncentracích panovaly velmi nízké rychlosti větru až bezvětří. V druhé polovině měsíce března je patrný rovněž významný pokles relativní vlhkosti vzduchu, který zapříčinil nejnižší průměrnou vlhkost v průměru mezi měsíci (Obr. 7). To může naznačovat vpád suchého kontinentálního vzduchu, který v sobě mohl nést i znečištění. Suchý vzduch beze srážek (pouze 10,5 mm v měsíčním úhrnu Obr. 9) ve spojení s nižšími teplotami a nízkými rychlostmi větru s tak mohl podepsat na vyšších koncentracích škodlivin v ovzduší.

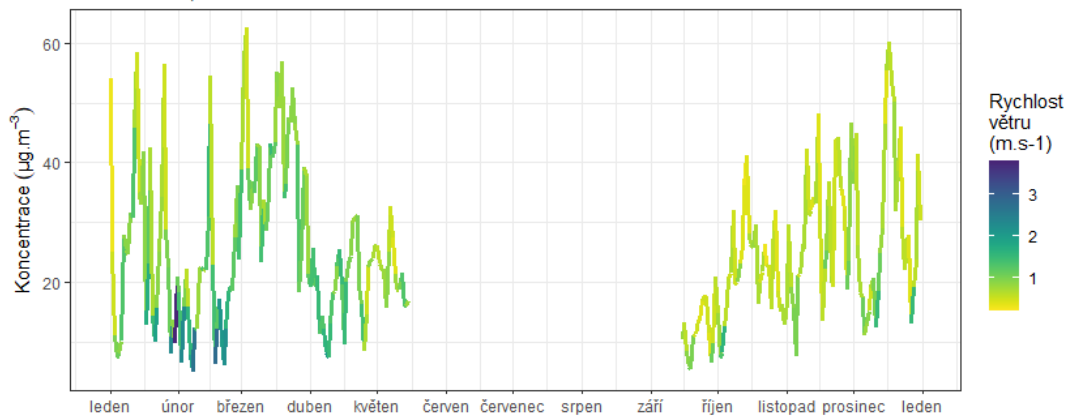
### Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> v závislosti na teplotě vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2022



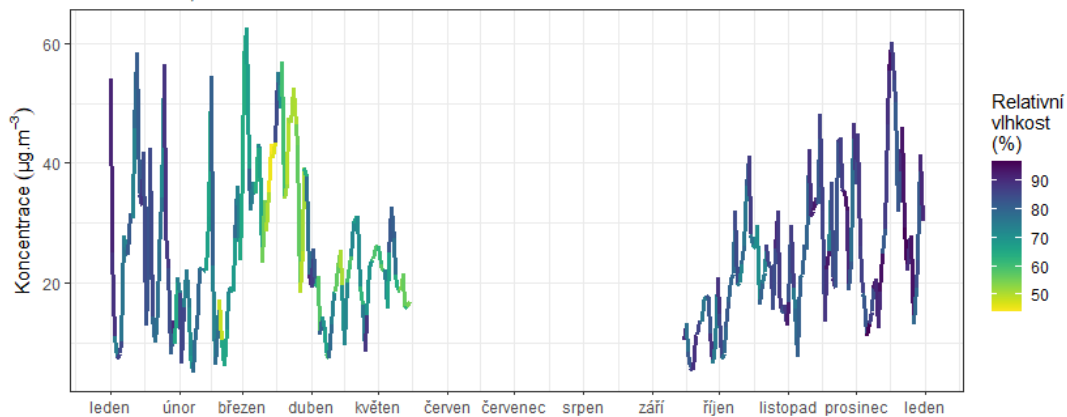
### Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> v závislosti na rychlosti větru

Zlín - Kvítková, rok 2022



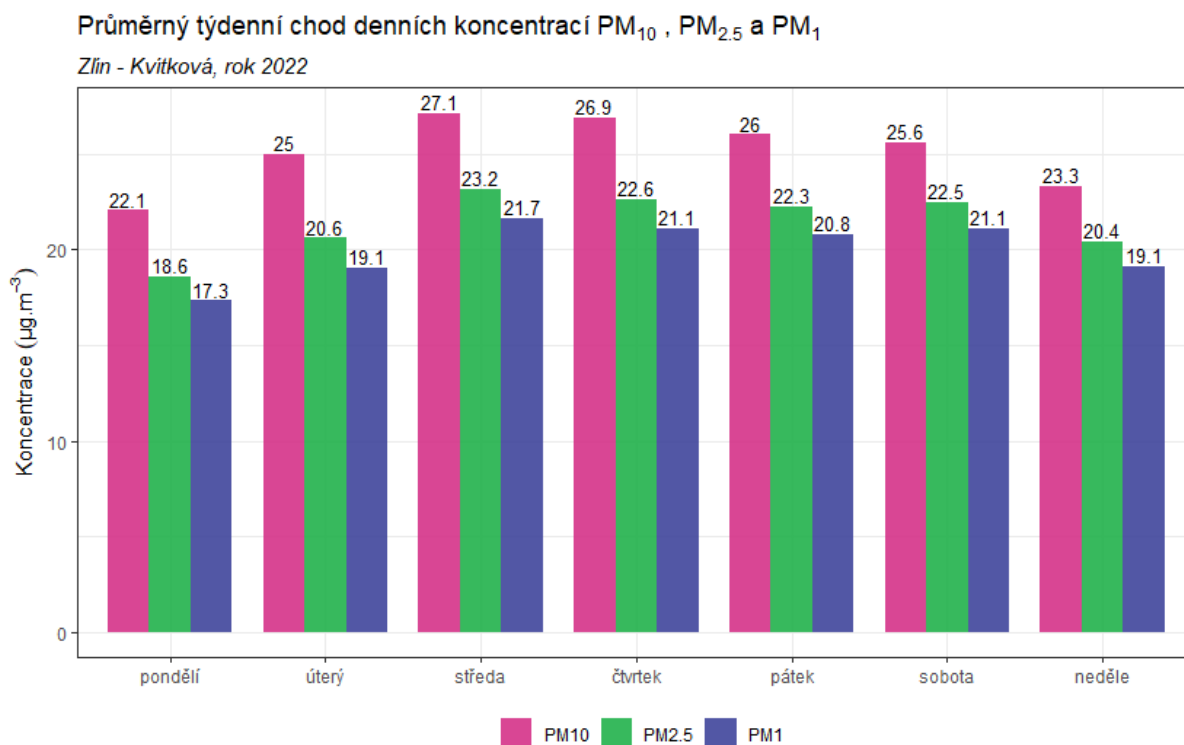
### Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2022



Obr. 19 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace PM<sub>10</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

Z hlediska týdenního chodu průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> (Obr. 20) byla v roce 2022 nejhorším dnem středa. Naopak nejnižší koncentrace jsou měřeny v pondělí.



Obr. 20 – Průměrný týdenní chod denních koncentrací PM<sub>10</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

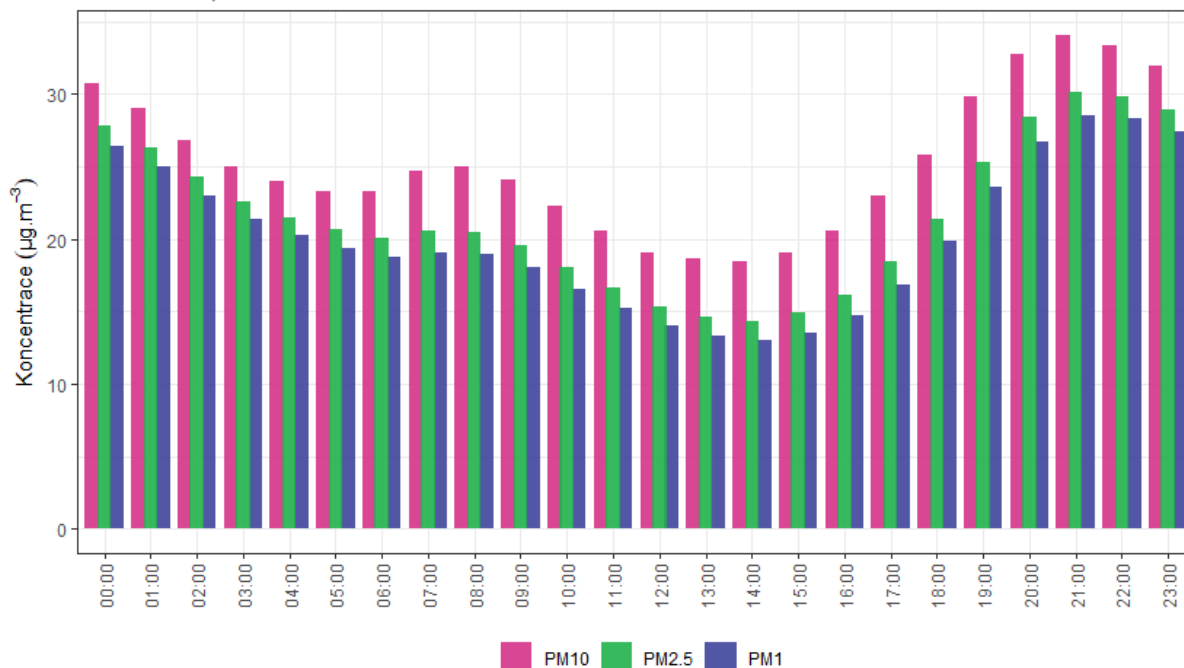
### 3.1.4 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací PM<sub>10</sub> (a v podstatě také PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub>) v lokalitě Zlín – Kvítková. Denní chod koncentrací PM<sub>10</sub> zobrazuje Obr. 21.

Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací PM<sub>10</sub> 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 PM<sub>10</sub>, což může být důsledek lidské činnosti v blízkosti měřicí lokality.

## Průměrný denní chod hodinových koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> a PM<sub>1</sub>

Zlín - Kvítková, rok 2022



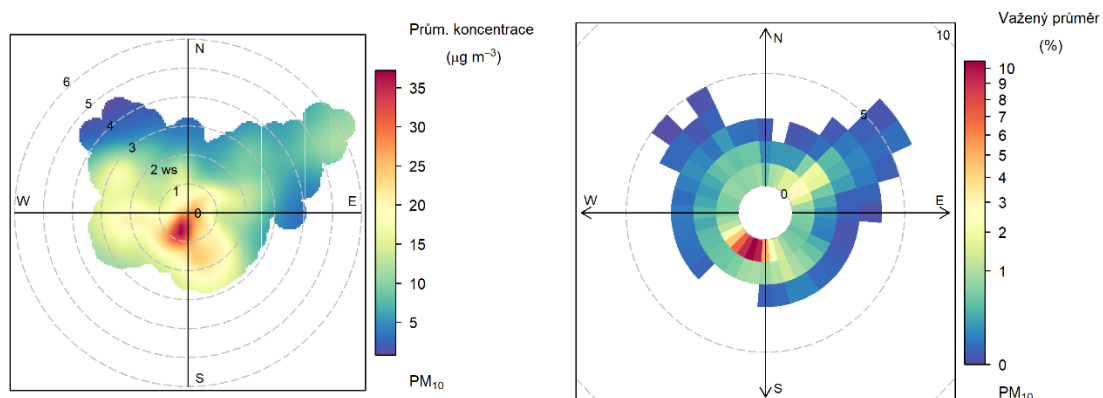
Obr. 21 – Denní chod hodinových koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

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.

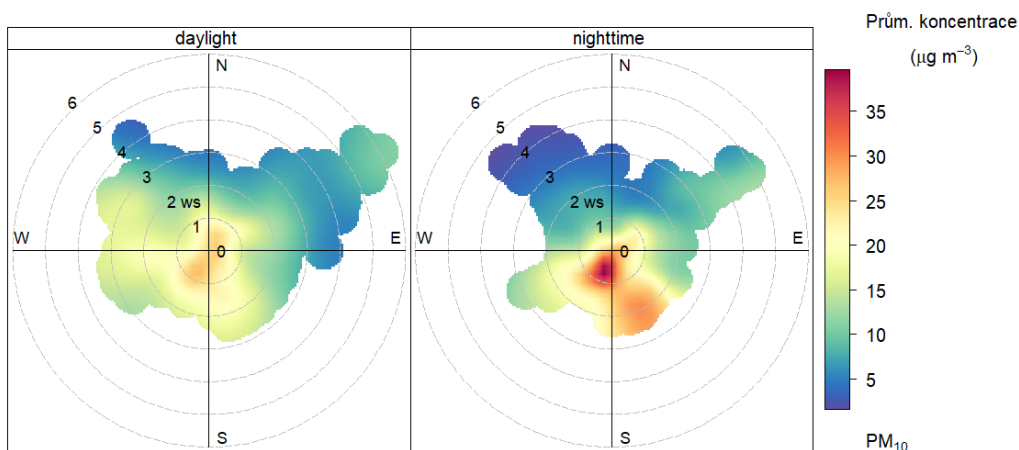
Následující Obr. 22 zobrazuje tyto dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Zlín – Kvítková.





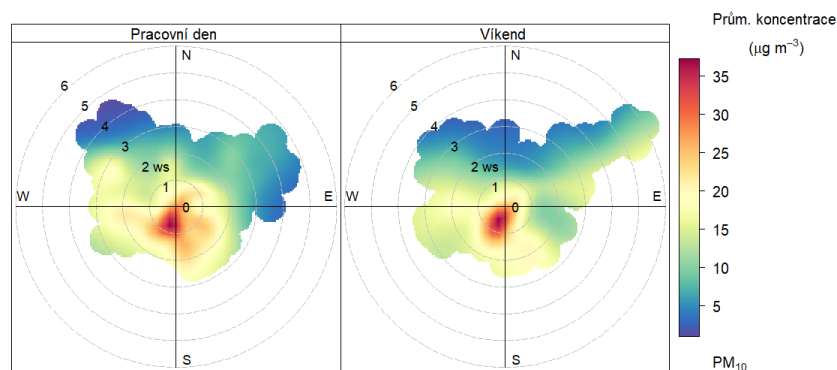
Obr. 22 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro PM<sub>10</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

Z Obr. 22 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při jižním až jihozápadním 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 rozdělená na den a noc. Vysoké koncentrace PM<sub>10</sub> z jižních směrů jsou měřeny zejména v nočních hodinách z jižních směrů.



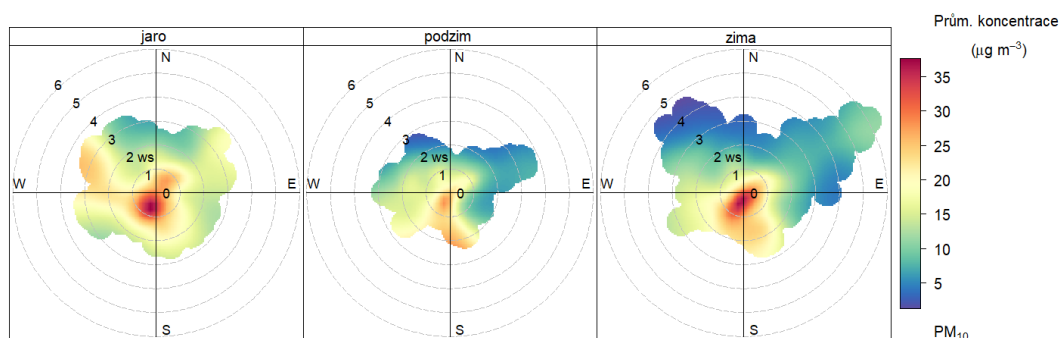
Obr. 23 – Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Zlín – Kvítková, rok 2022

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendy. Jak ukazuje následující Obr. 24, mírně vyšší koncentrace jsou měřeny v pracovní dny, avšak koncentrace jsou srovnatelné.



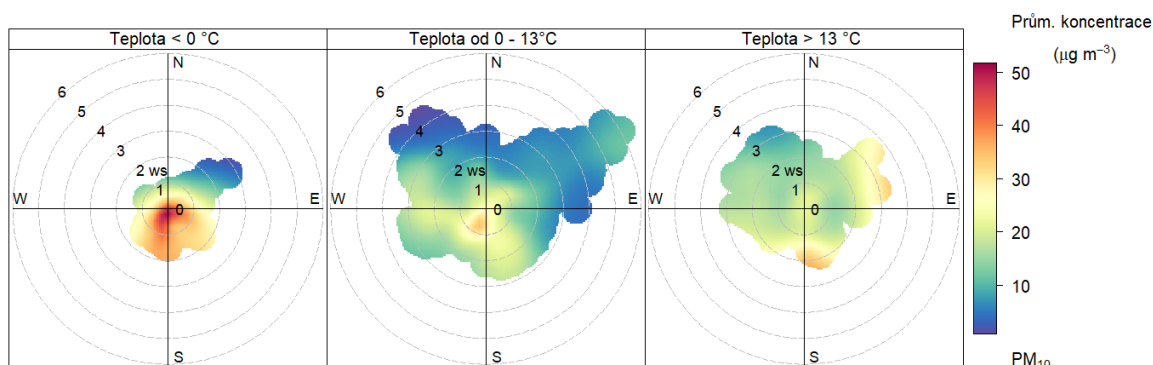
Obr. 24 – Koncentrační růžice v pracovní dny a o víkendu, Otrkovice – město, rok 2022

Následující Obr. 25 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Vysoké koncentrace jsou měřeny zejména v zimních a jarních měsících z jižních směrů při nižších rychlostech větru. Letní růžici není kvůli přerušnému měření a nízkému množství dat možné sestavit.



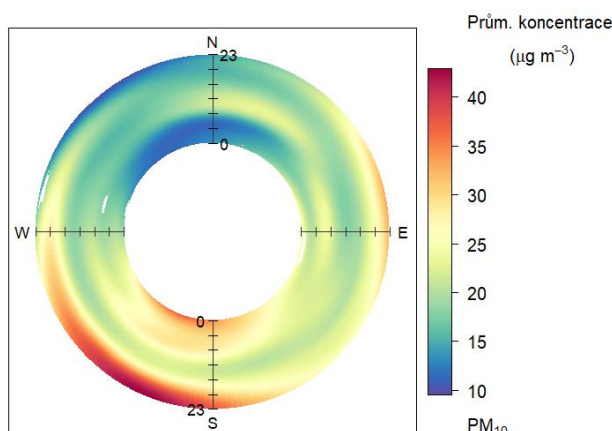
Obr. 25 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Zlín – Kvítková, rok 2022

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 jihu. Při vyšších teplotách jsou již pouze velmi mírně zvýšené.



Obr. 26 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Zlín – Kvítková, rok 2022

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. Roční chod není bohužel kvůli nedostatku dat v letních měsících možné sestavit.



Obr. 27 – Průměrný denní chod koncentrací dle směru větru, Zlín – Kvítková, rok 2022

Z Obr. 27 pak vyplývá, že v případě lokality Zlín – Kvítková v roce 2022 byly nejvyšší koncentrace  $PM_{10}$  měřeny ve večerních a nočních hodinách, a to zejména z jihozápadních směrů.

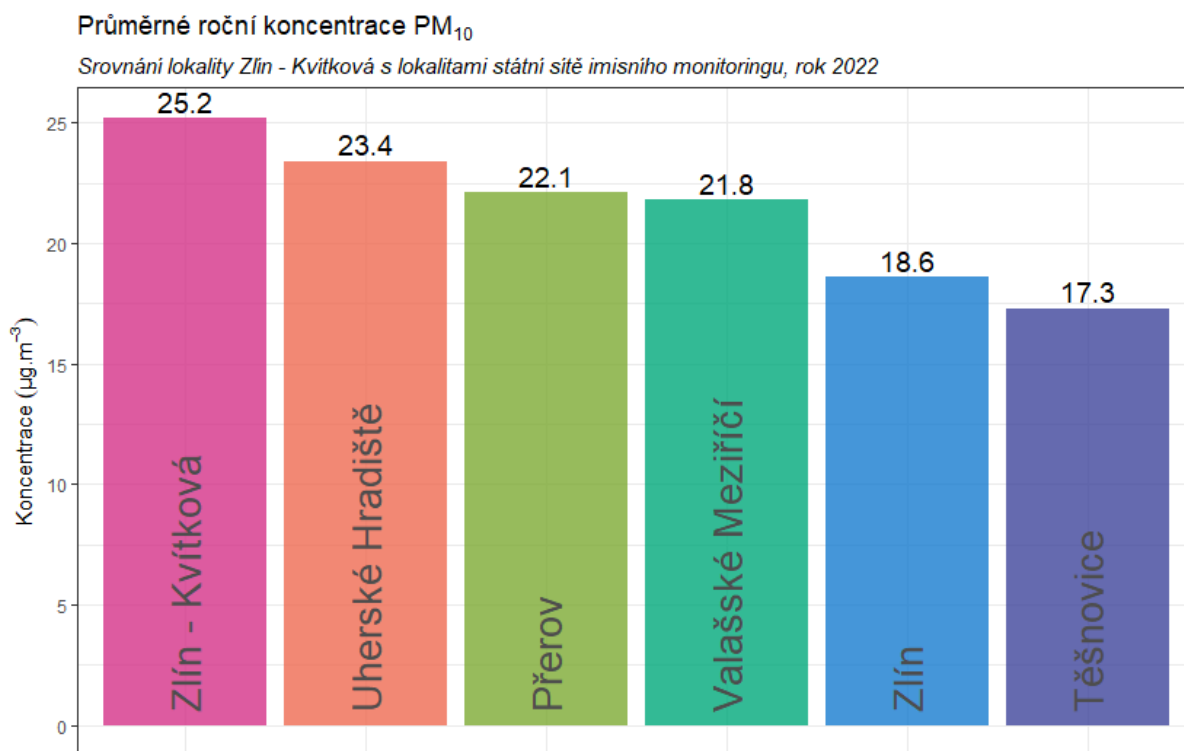
### 3.1.5 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

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 následující Tab. 3.

Tab. 3 – Lokality státní sítě imisního monitoringu

kód lokality	název lokality	typ stanice	typ zóny	charakteristika zón
MPRRA	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 2022 a srovnány s lokalitou Zlín – Kvítková. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Zlín – Kvítková jsou měřeny nejvyšší koncentrace  $PM_{10}$ . Avšak je nutné dodat, že v průměrná roční hodnota  $PM$  je značně ovlivněna chybějícími daty z letních měsíců. Nejnižší hodnotu naměřila venkovská pozadová lokalita Těšnovice. Žádná z uvedených lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci  $PM_{10}$ .



Obr. 28 – Srovnání průměrné roční koncentrace  $PM_{10}$  lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022

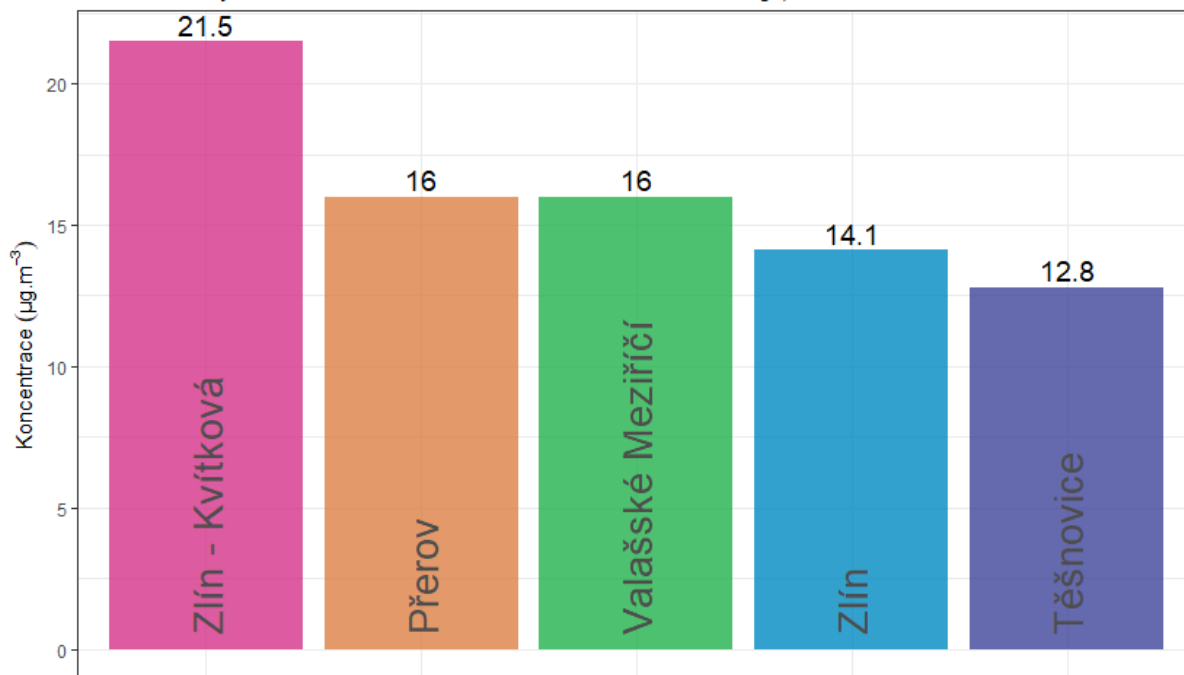
Na následujícím grafu na Obr. 29 jsou obdobně zobrazeny hodnoty průměrných ročních koncentrací  $PM_{2,5}$  na vybraných lokalitách. Z grafu je patrné, že lokalita Zlín – Kvítková dosahuje nejvyšších hodnot a jako jediná tato lokalita překročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci  $PM_{2,5}$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

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 2022, došlo pouze k 13 překročením. Nejvíce překročení zaznamenala lokalita Valašské Meziříčí, nejméně venkovská pozadová lokalita Těšnovice a předměstská pozadová lokalita Zlín.

### Průměrné roční koncentrace PM<sub>2,5</sub>

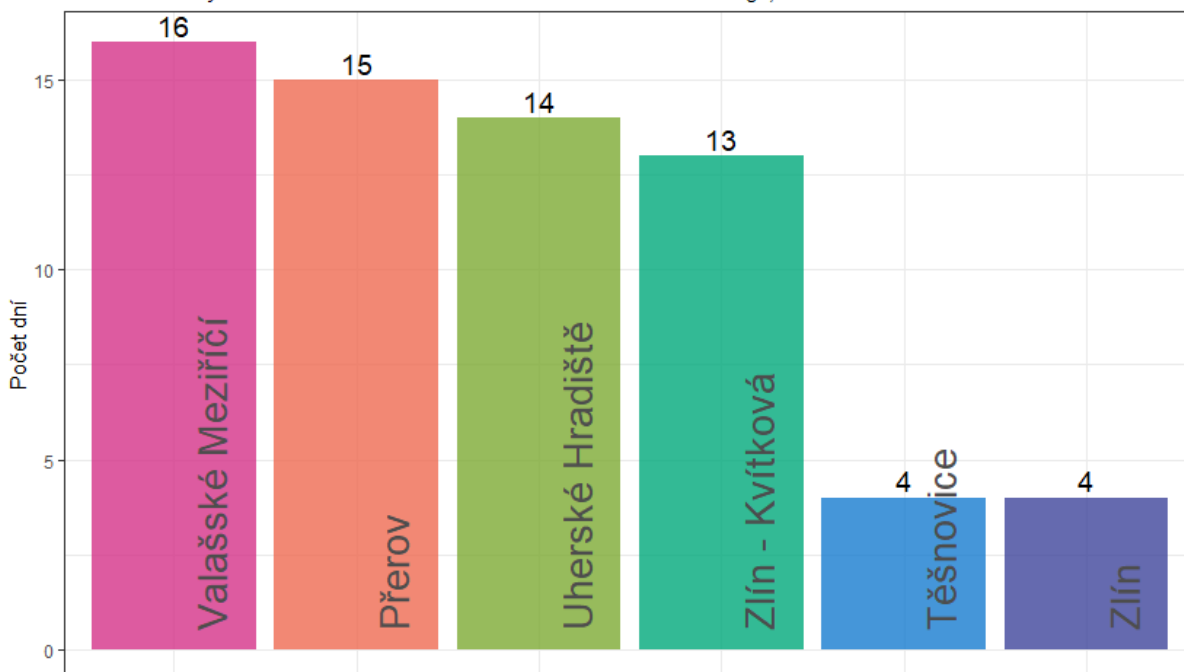
Srovnání lokality Zlín - Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2022



Obr. 29 – Srovnání průměrné roční koncentrace PM<sub>2,5</sub> lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022

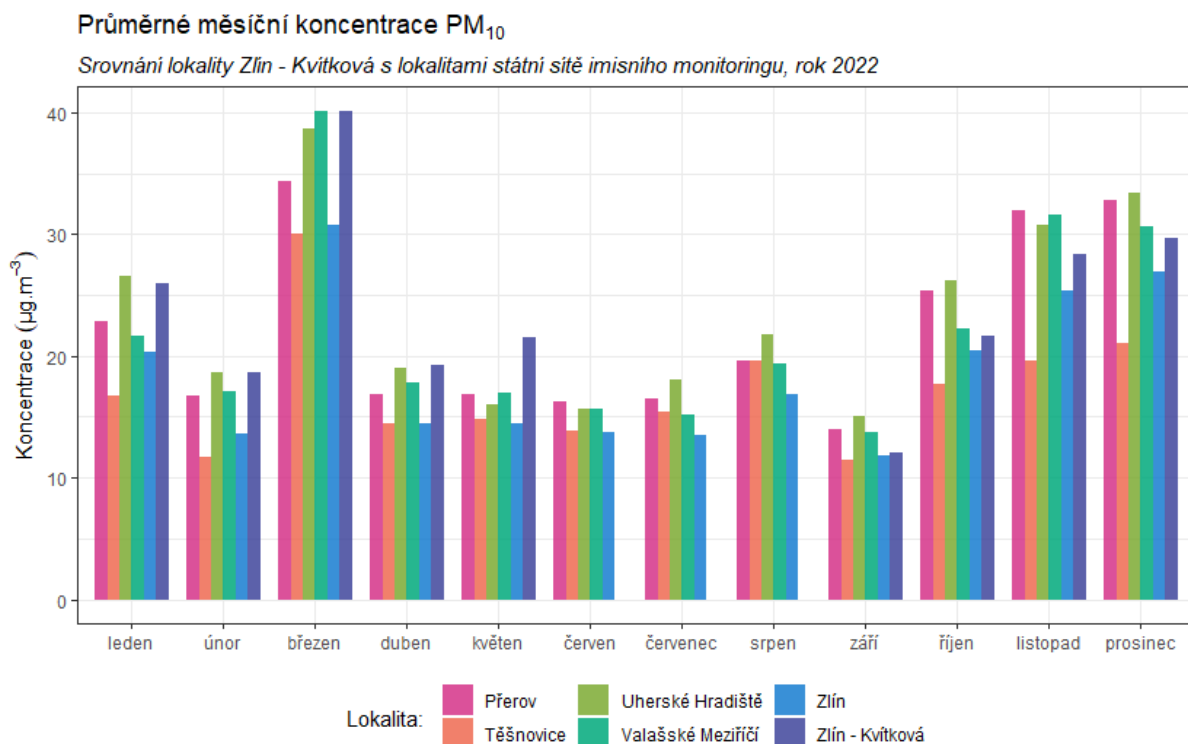
### Počet dní s koncentracemi PM<sub>10</sub> vyššími, než je hodnota denního imisního limitu

Srovnání lokality Zlín - Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2022



Obr. 30 – Počet dní s průměrnými denními koncentracemi PM<sub>10</sub> vyššími, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub>, vybrané lokality Olomouckého kraje, rok 2022

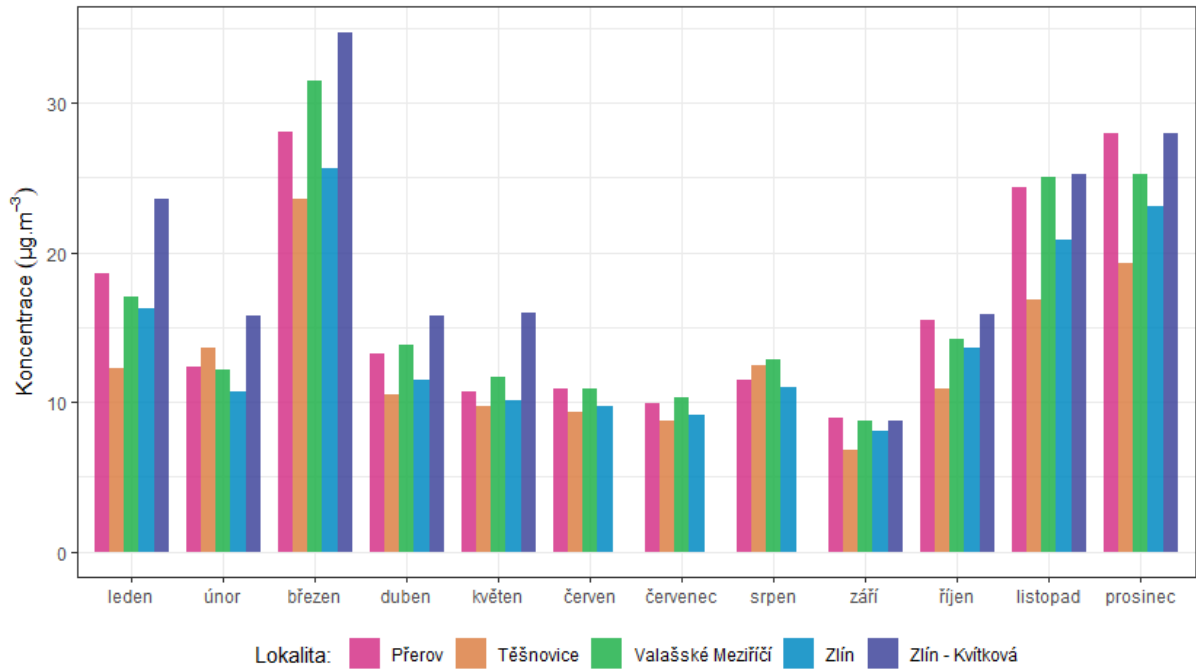
Následující grafy zobrazují průměrné měsíční koncentrace  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  naměřené ve vybraných lokalitách. Z obou grafů je patrné, že vývoj koncentrací v jednotlivých měsících byl na všech lokalitách podobný. Rovněž je patrné, že obdobně jako v lokalitě Zlín – Kvítková byly i v ostatních lokalitách měsíce s nejvyššími koncentracemi stejné – zejména březen. Je tedy zřejmé, že vliv na zvýšené koncentrace neměly lokální zdroje, ale ovlivnění bylo regionální, resp. nadregionální. V měsících, kdy lokalita Zlín – Kvítková měřila, byly koncentrace  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  srovnatelné s lokalitami Valašské Meziříčí nebo Uherské Hradiště.



Obr. 31 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací  $PM_{10}$  lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022

### Průměrné měsíční koncentrace PM<sub>2,5</sub>

Srovnání lokality Zlín - Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2022



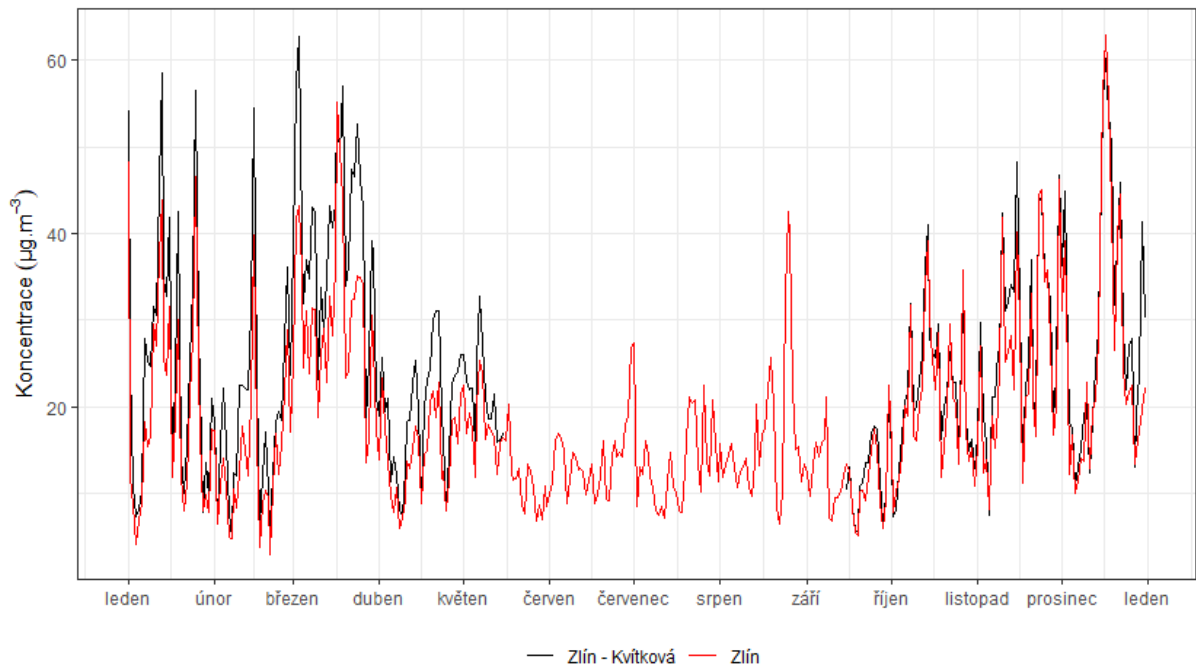
Obr. 32 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM<sub>2,5</sub> lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022

Následující graf na Obr. 33 srovnání průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> (nahore) a PM<sub>2,5</sub> (dole) s lokalitou státní sítě imisního monitoringu Zlín.

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. I dle tohoto srovnání lze odhadovat, že v letních měsících by byly měřeny nižší koncentrace a roční průměry by byly v lokalitě Zlín – Kvítková nižší, než je uváděno.

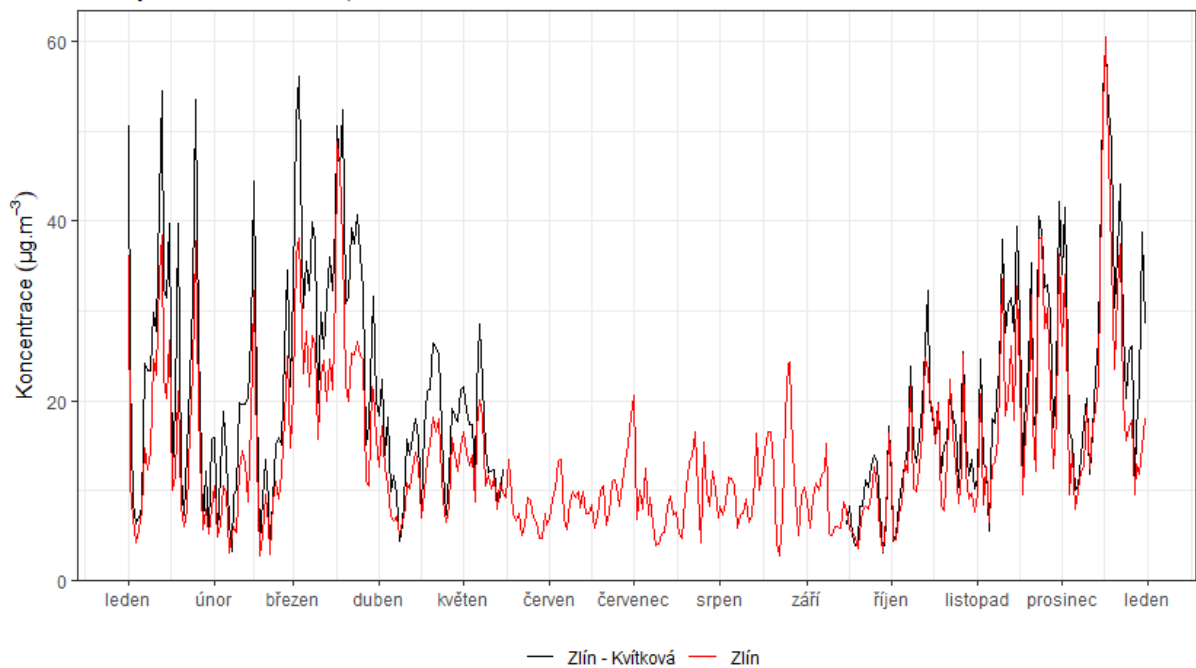
### Srovnání průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub>

Lokality Zlín - Kvítková a Zlín, rok 2022



### Srovnání průměrných denních koncentrací PM<sub>2.5</sub>

Lokality Zlín - Kvítková a Zlín, rok 2022

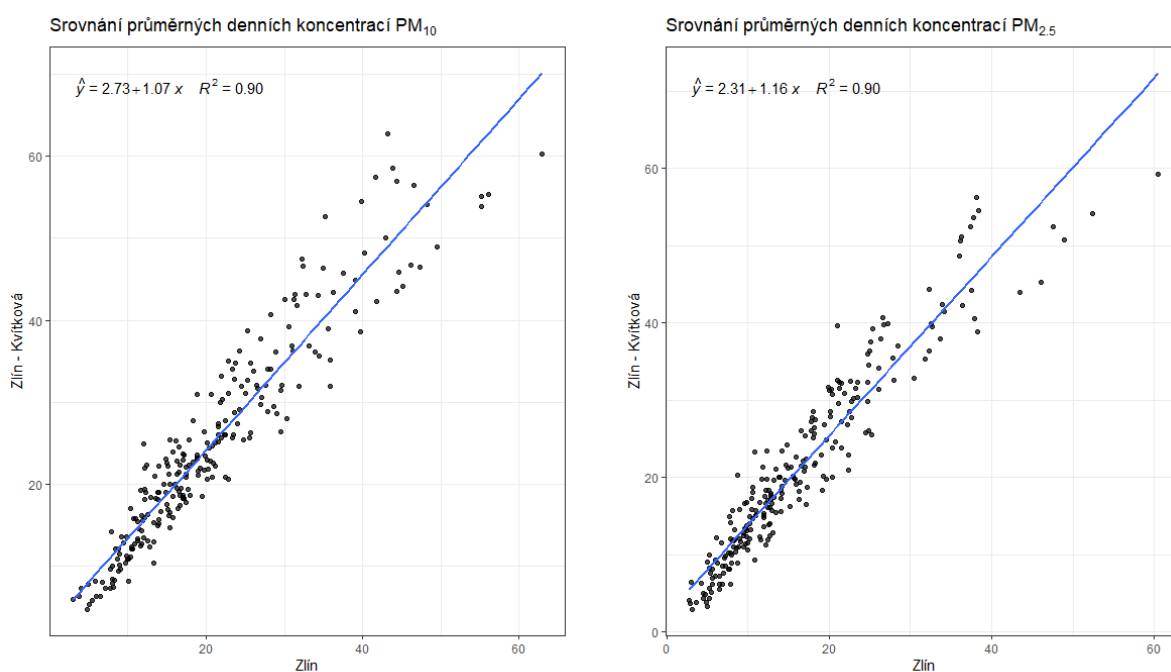


Obr. 33 – Srovnání průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub>, lokality Zlín – Kvítková a Zlín, rok 2022



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.

Díky této velmi dobré korelaci lze z regresní rovnice odhadnout průměrné roční koncentrace PM v lokalitě Zlín – Kvítková, kdyby měřila po celý rok. V případě celoročního měření PM v lokalitě Zlín – Kvítková by se průměrná roční koncentrace  $PM_{10}$  mohla pohybovat zhruba mezi  $22\text{--}23 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , koncentrace  $PM_{2,5}$  pak v zhruba  $18\text{--}19 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Pokud by tedy probíhalo měření i v letních měsících, je pravděpodobné, že by k překročení imisního limitu pro  $PM_{2,5}$  nedošlo podobně jako v případě ostatních lokalit.



Obr. 34 – Srovnání průměrných denních koncentrací v lokalitě Zlín a Zlín – Kvítková, rok 2022

## 3.2 OXIDY DUSÍKU NO<sub>2</sub>, NO A NO<sub>x</sub>

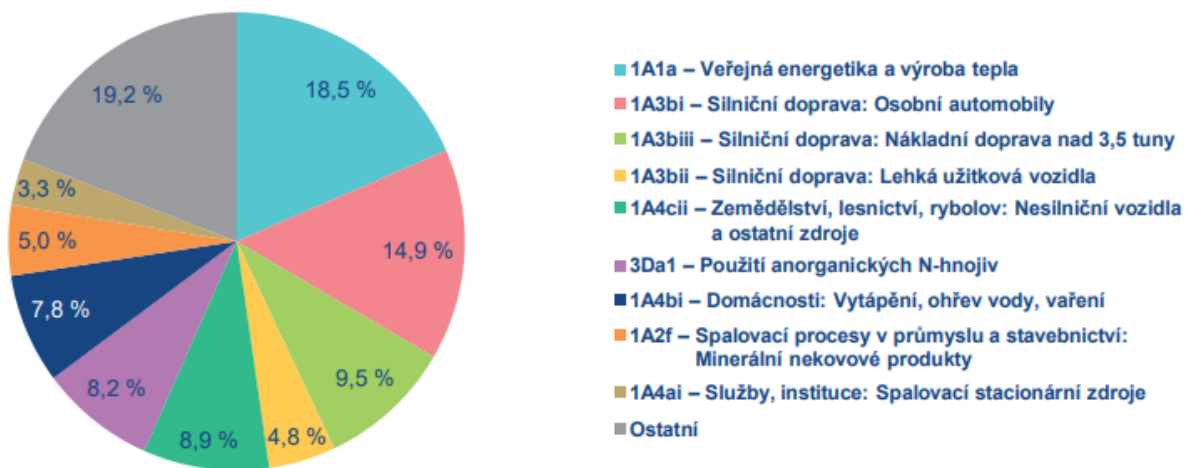
Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>) [10].

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 NO<sub>2</sub>. Imisní limit pro hodinovou koncentraci není v současnosti na žádné lokalitě v ČR překračován, a to ani na dopravně nejzatíženějších lokalitách, jako je Praha-Legerova.

Více než 90 % z celkových oxidů dusíku ve venkovním ovzduší je emitováno ve formě NO. NO<sub>2</sub> vzniká relativně rychle reakcí NO s přízemním ozonem nebo s radikály typu HO<sub>2</sub>, popř. RO<sub>2</sub> [11]. Řadou chemických reakcí se část NO<sub>x</sub> přemění na HNO<sub>3</sub>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, které jsou z atmosféry odstraňovány suchou a mokrou atmosférickou depozicí. Pozornost je věnována NO<sub>2</sub> z důvodu jeho negativního vlivu na lidské zdraví. Hraje také klíčovou roli při tvorbě fotochemických oxidantů.

V Evropě vznikají emise NO<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> vzniká ze spalování přímo ve formě NO<sub>2</sub>. Přírodní emise NO<sub>x</sub> 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<sub>x</sub> v ČR, rok 2020 [7]

Největší množství emisí NO<sub>x</sub> pochází z mobilních zdrojů. Sektory 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily, 1A3biii – Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5t a 1A3bii – Lehká užitková vozidla se na celorepublikových emisích NO<sub>x</sub> v roce 2020 podílely 29,2 %. Podíl 8,9 % pak představují emise sektoru 1A4cii – Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje. Ze sektoru 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla bylo do ovzduší vneseno 18,6 % emisí NO<sub>x</sub>, ze sektoru 3Da1 – Použití

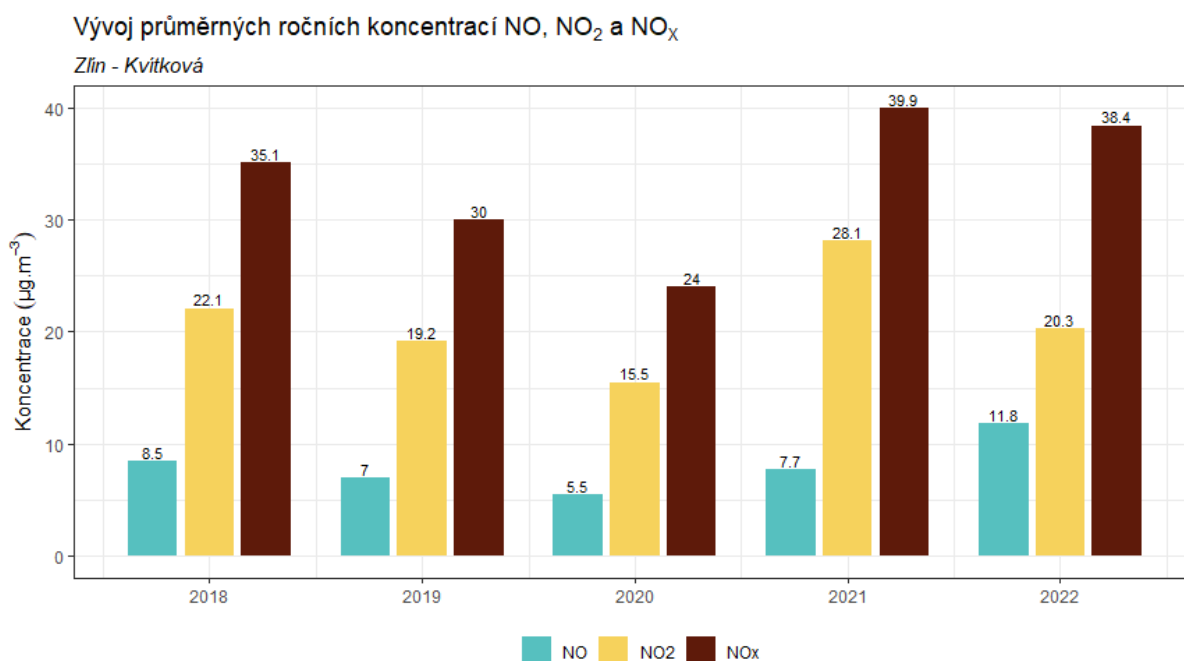
anorganických N-hnojiv 8,2 %, a ze sektoru 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření 7,8 % [7].

### 3.2.1 Průměrné roční koncentrace

**Průměrná roční koncentrace NO<sub>2</sub> činila v roce 2022 v lokalitě Zlín – Kvítková 20,3 µg·m<sup>-3</sup>. Imisní limit tedy překročen nebyl.**

Průměrná roční koncentrace NO činila v roce 2022 v lokalitě Zlín – Kvítková 11,8 µg·m<sup>-3</sup>. Průměrná roční koncentrace NO<sub>x</sub> činila v roce 2022 v lokalitě Zlín – Kvítková 38,4 µg·m<sup>-3</sup>.

Následující Obr. 36 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> v lokalitě Zlín – Kvítková. Z grafu je patrné, že hodnoty všech oxidů dusíku proti roku 2021 došlo k mírnému poklesu NO<sub>x</sub>, významnějšímu poklesu NO<sub>2</sub> a mírnému nárůstu NO. To naznačuje významnější ovlivnění dopravou.



Obr. 36 -Vývoj průměrných ročních koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>, lokalita Zlín – Kvítková

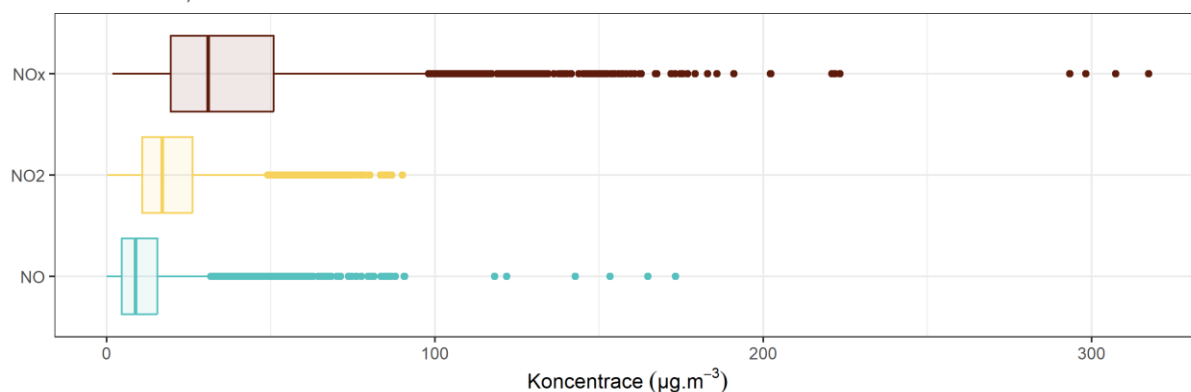
Následující Tab. 4 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé oxidy dusíku. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2022 pak zobrazuje Obr. 37. Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že maximální hodnota hodinové koncentrace NO<sub>2</sub> se pohybovala na úrovni ½ hodnoty imisního limitu pro hodinové koncentrace NO<sub>2</sub> (200 µg·m<sup>-3</sup>). Tato hodnota může být navíc 18x za kalendářní rok překročena. Imisní limit pro hodinové koncentrace NO<sub>2</sub> je tedy v lokalitě Zlín – Kvítková s velmi velkou rezervou plněn.

Tab. 4 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2022

STATISTIKA	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
PRŮMĚR	11,8	20,3	38,4
MAXIMUM	173,3	90,1	317,4
MEDIÁN	8,9	17	31
MINIMUM	0	0,2	1,7

Statistické zpracování hodinových koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>

Zlín - Kvítková, rok 2022



Obr. 37 – Statistické zpracování hodinových koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2022

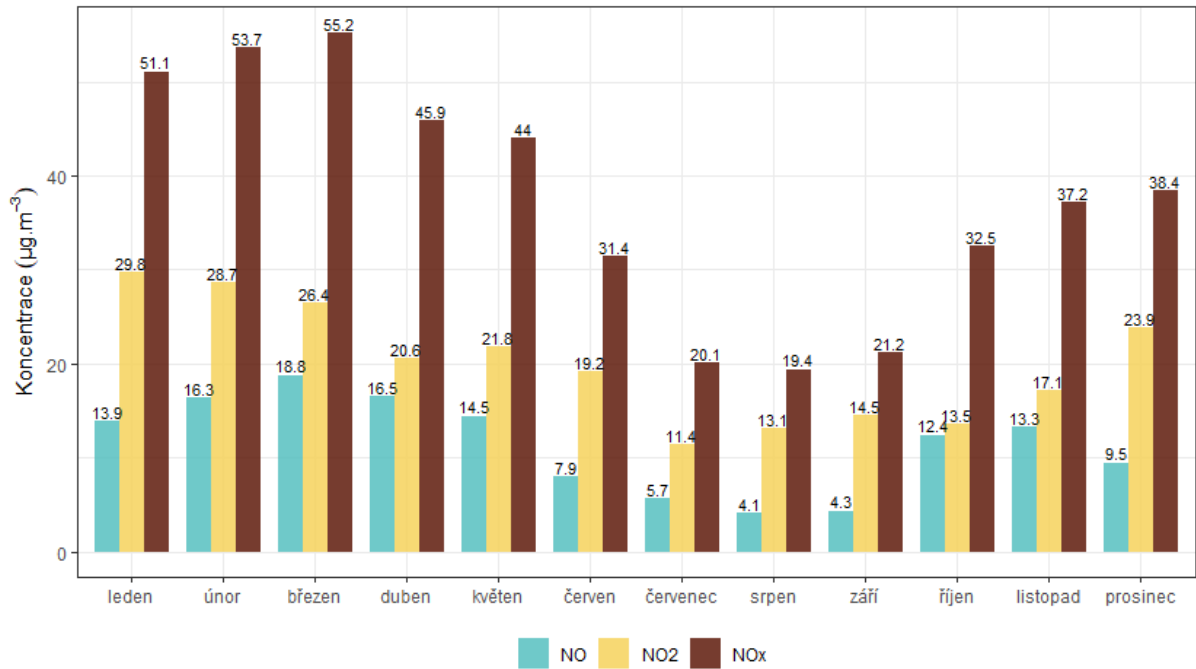
### 3.2.2 Průměrné měsíční koncentrace

Na Obr. 38 jsou průměrné měsíční koncentrace NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>. Z obrázku je patrné, že v letních měsících jsou koncentrace nejnižší, naopak v chladné části roku jsou měřeny vyšší koncentrace. Vyšší koncentrace oxidů dusíku byly měřeny v první polovině roku 2022. Směrem k letním měsícům klesaly, v druhé polovině roku již tak vysoké nebyly.

Poměr měsíčních koncentrací NO / NO<sub>2</sub> zobrazuje Obr. 39. Poměr je v letních měsících nižší, v chladné části roku zvýšený, dokumentující jistý vliv dopravy na měřicí lokalitu.

### Vývoj průměrných měsíčních koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>

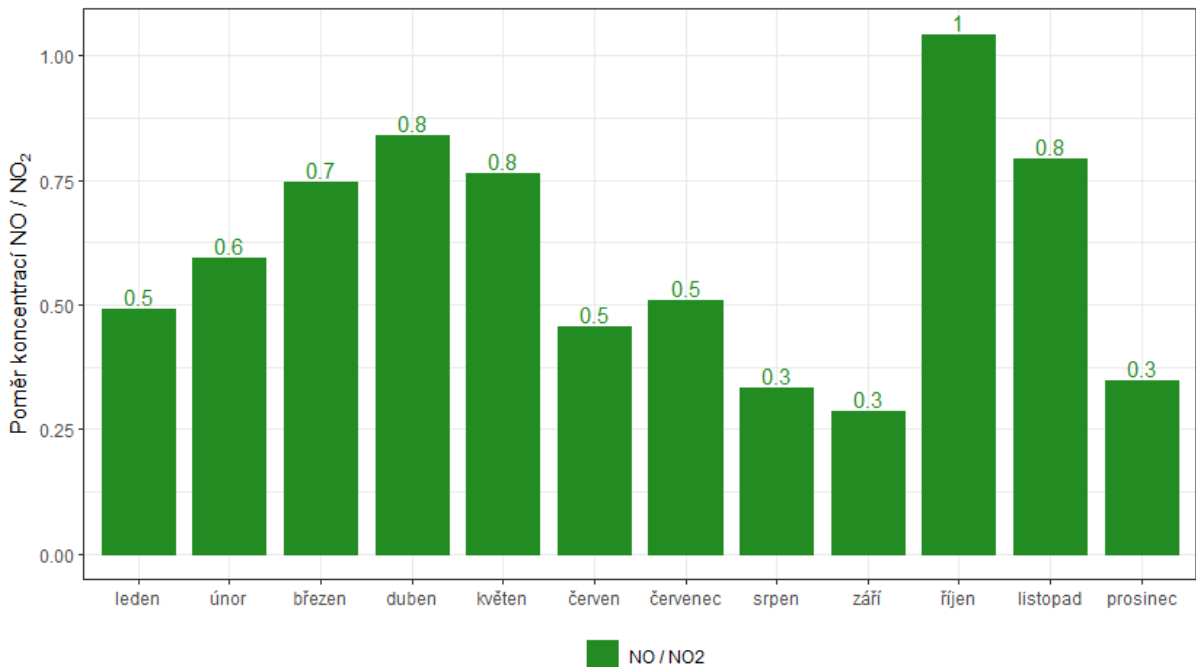
Zlín - Kvítková, rok 2022



Obr. 38 - Průměrné měsíční koncentrace NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

### Průměrný měsíční poměr koncentrací NO / NO<sub>2</sub>

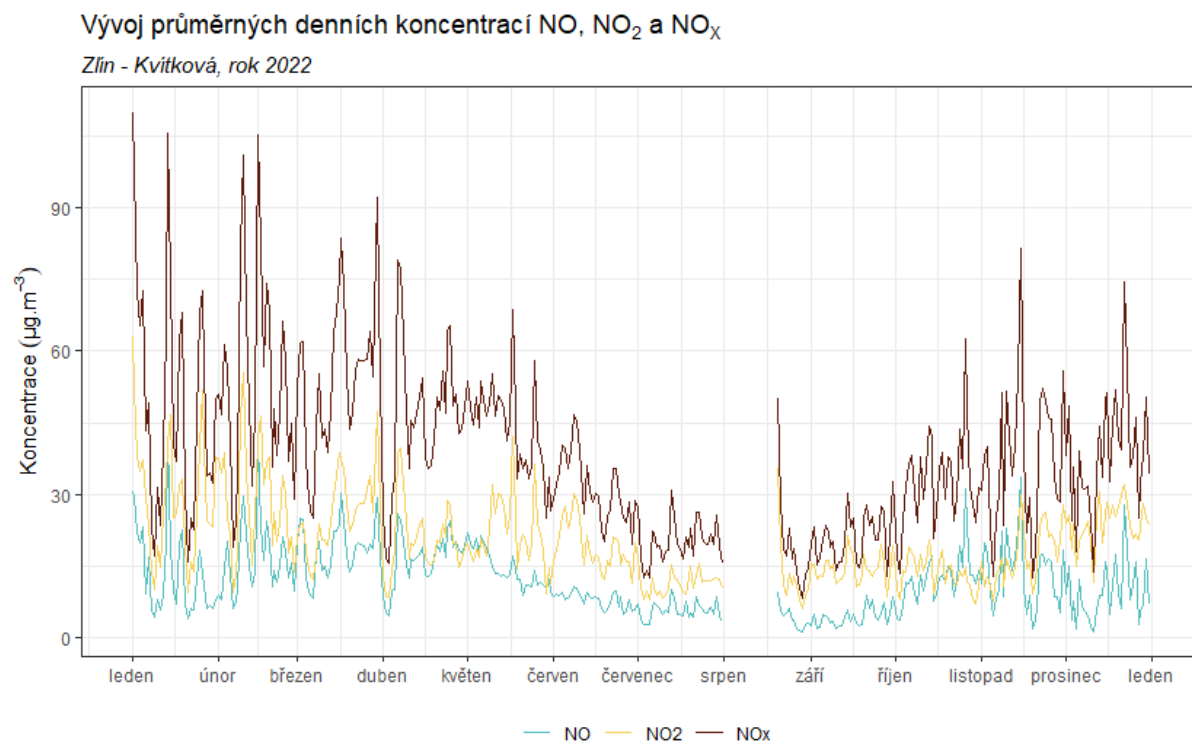
Zlín - Kvítková, rok 2022



Obr. 39 – Poměr měsíčních koncentrací NO / NO<sub>2</sub>, lokalita Zlín – Kvítková, rok 2022

### 3.2.3 Průměrné denní koncentrace NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>

Vývoj průměrných denních koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> v lokalitě Zlín – Kvítková zobrazuje následující Obr. 40.



Obr. 40 – Vývoj průměrných hodinových koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

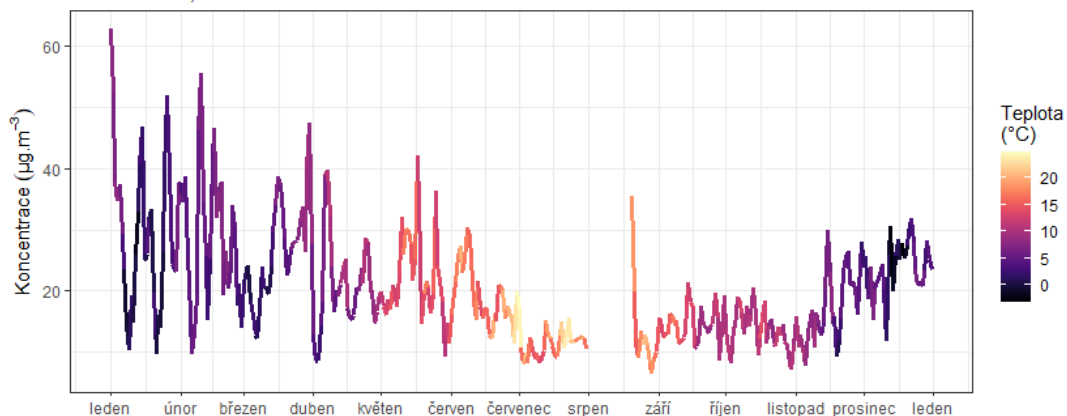
Z grafu je patrné, že nejnižší hodnoty jsou měřeny v letních měsících a směrem k zimním měsícům hodnoty postupně narůstají.

Vzhledem k tomu, že imisní limit je stanoven pouze pro koncentrace NO<sub>2</sub>, bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro tuto látku. Na Obr. 41 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací NO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub> má vliv jak teplota, tak rychlost větru. Nejvyšší koncentrace jsou pak měřeny při velmi nízkých rychlostech větru, resp. při nízkých teplotách.

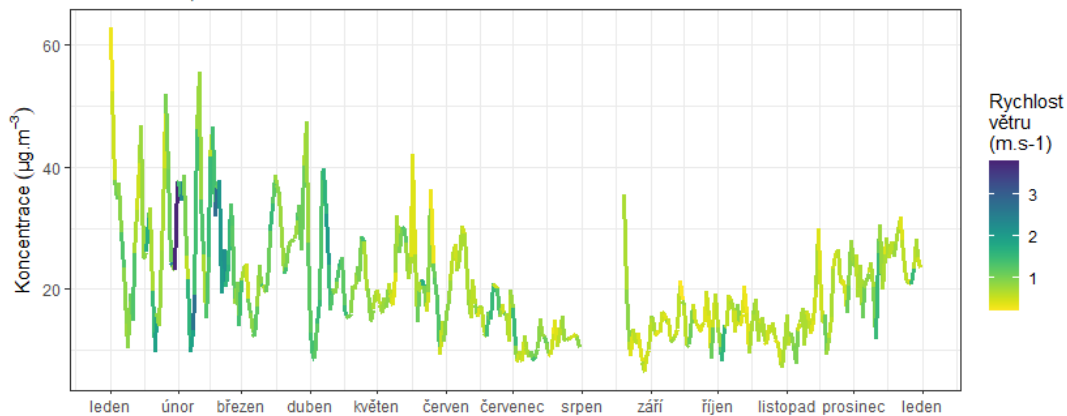
### Vývoj průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> v závislosti na teplotě vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2022



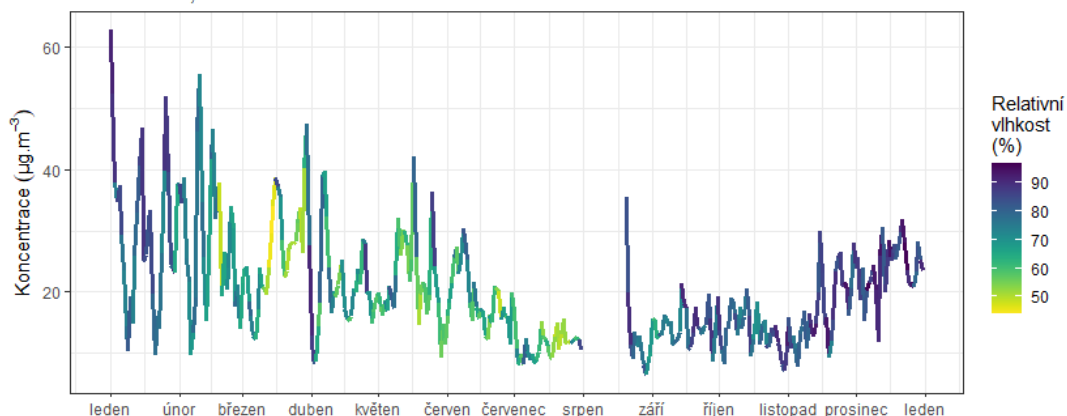
### Vývoj průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> v závislosti na rychlosti větru

Zlín - Kvítková, rok 2022



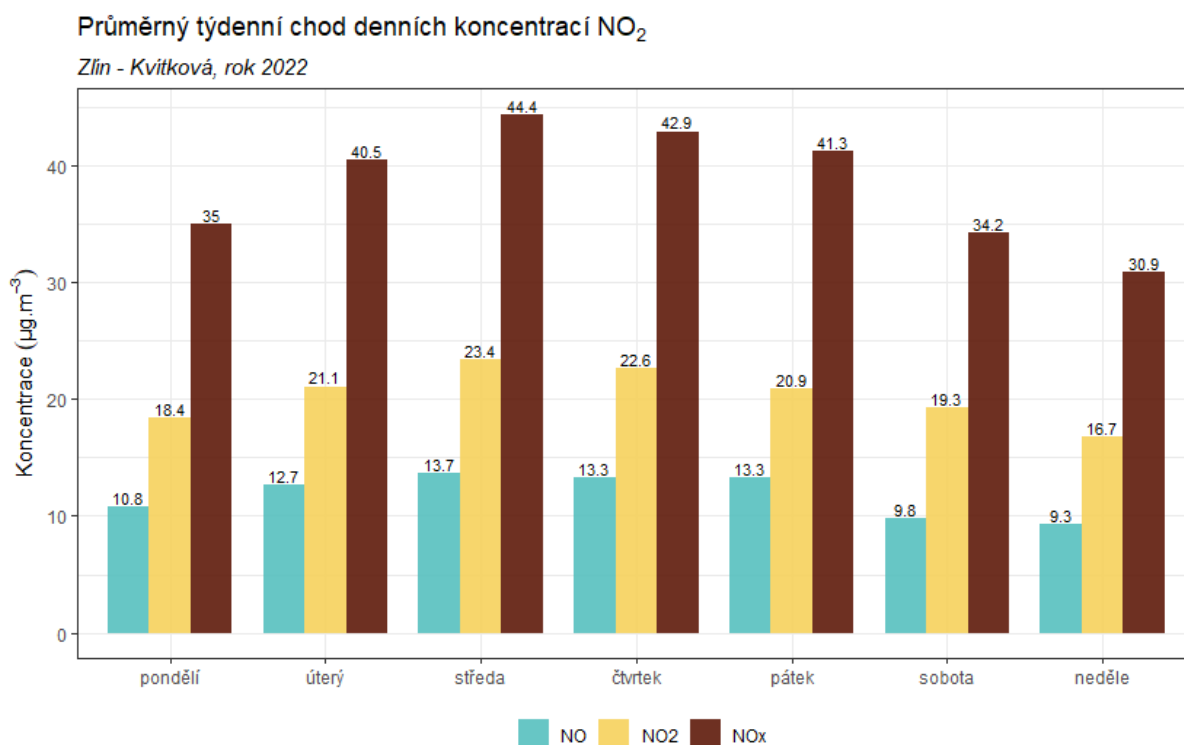
### Vývoj průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2022



Obr. 41 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace NO<sub>2</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

Z hlediska týdenního chodu denních koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> (Obr. 42) je velmi dobře patrný vliv vyššího dopravního zatížení v pracovní dny, který se projeví také ve vyšších koncentracích NO<sub>2</sub> v pracovní dny. Nejnížší hodnoty koncentrací NO<sub>2</sub> jsou měřeny v neděli.



Obr. 42 – Průměrný týdenní chod denních koncentrací NO<sub>2</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

### 3.2.4 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> v lokalitě Zlín – Kvítková. Denní chod zobrazuje následující Obr. 43.

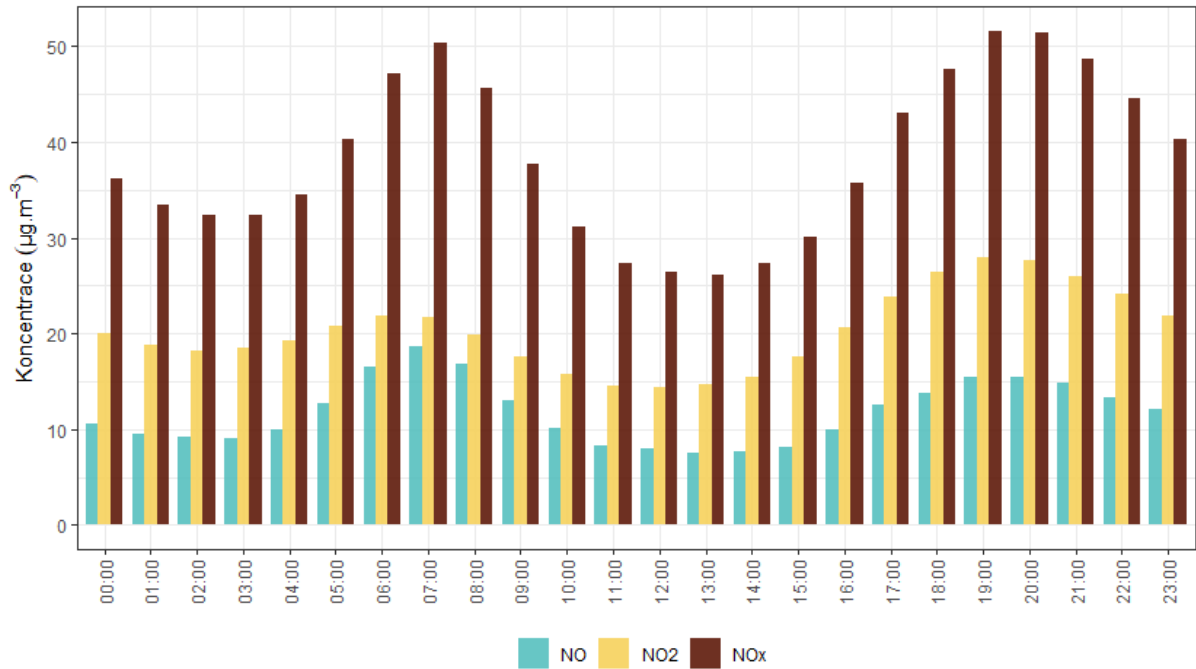
Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací NO<sub>2</sub> dosahovány v době ranní a večerní dopravní špičky. Večerní hodnoty mohou být také navýšeny o vliv lokálních topenišť a vytápění. Přesto jsou koncentrace NO<sub>2</sub> nízké, typické pro pozadřové lokality. Přes den dochází k mírnému poklesu koncentrací, což může být částečně způsobeno spotřebováním NO<sub>2</sub> na tvorbu přízemního ozónu. Tato reakce probíhá pouze díky slunečního záření, proto lze největší úbytek koncentrací NO<sub>2</sub> očekávat okolo poledne.

Z grafu je rovněž patrné, že v době ranní špičky jsou koncentrace NO vyšší a přibližují se hodnotám NO<sub>2</sub>, což indikuje významnější vliv dopravy. Odpoledne a zejména večer jsou naopak koncentrace NO<sub>2</sub> významně vyšší než NO, pravděpodobně se tak projevil vliv lokálních topenišť.



### Průměrný denní chod hodinových koncentrací NO<sub>2</sub>

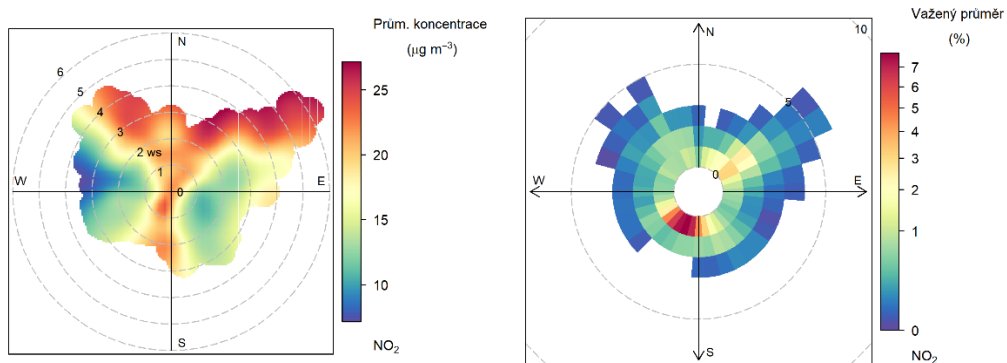
Zlín - Kvítková, rok 2022



Obr. 43 – Denní chod hodinových koncentrací NO<sub>2</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 3.1.4.

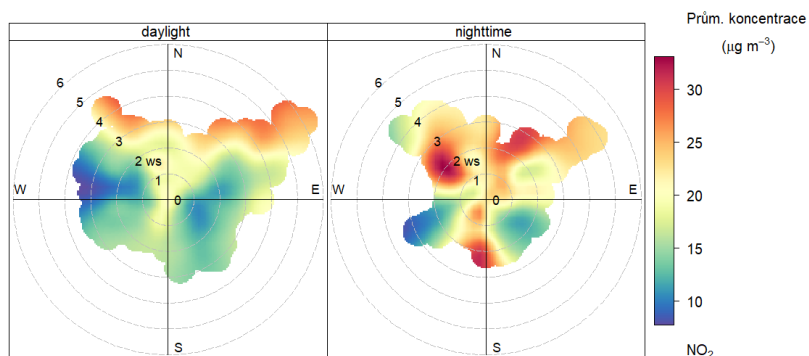
Následující Obr. 44 zobrazuje dva typy koncentrační a váženou koncentrační růžici pro lokalitu Zlín – Kvítková.



Obr. 44 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro NO<sub>2</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

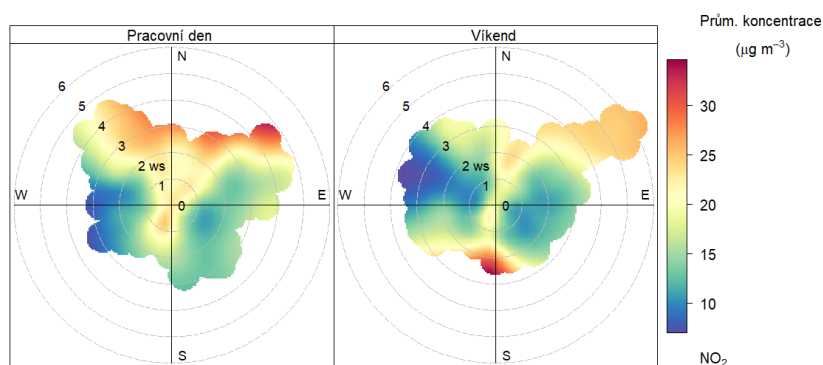
Z Obr. 44 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při bezvětří, popř. při severozápadním až severovýchodním nebo jižním proudění. Nízké rychlosti větru a jihozápadní proudění (nejčastější směr proudění dle větrné růžice) pak nejvíce přispívaly k měřeným koncentracím NO<sub>2</sub>. Následující Obr. 45 zobrazuje koncentrační růžici ve dne a v noci. V obou případech jsou nejvyšší

koncentrace měřeny při severním proudění. V nočních hodinách jsou měřeny vyšší hodnoty i při vyšších rychlostech větru z jižních směrů.



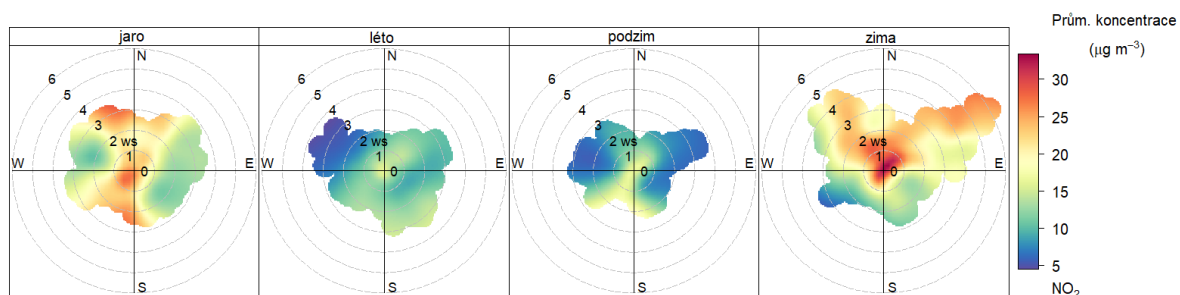
Obr. 45 - Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Zlín – Kvítková, rok 2022

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.



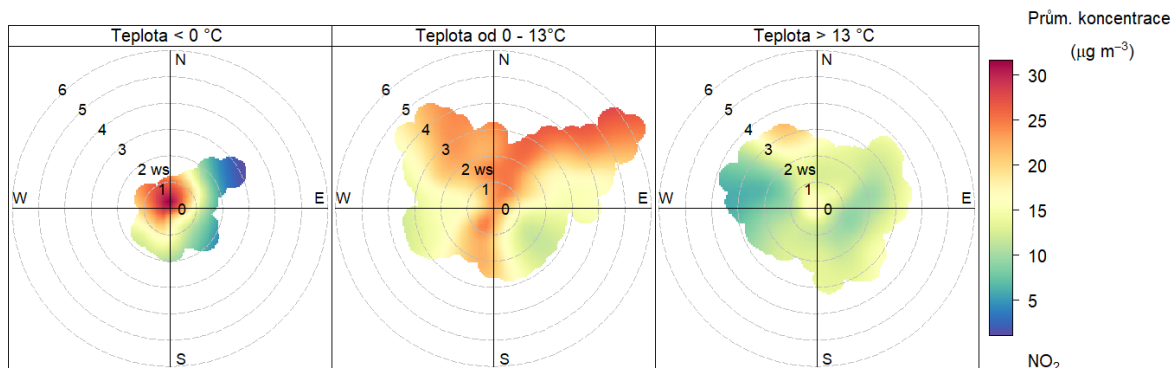
Obr. 46 – Koncentrační růžice NO<sub>2</sub> v pracovní dny a o víkendu, lokalita Zlín – Kvítková, rok 2022

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



Obr. 47 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Zlín – Kvítková, rok 2022

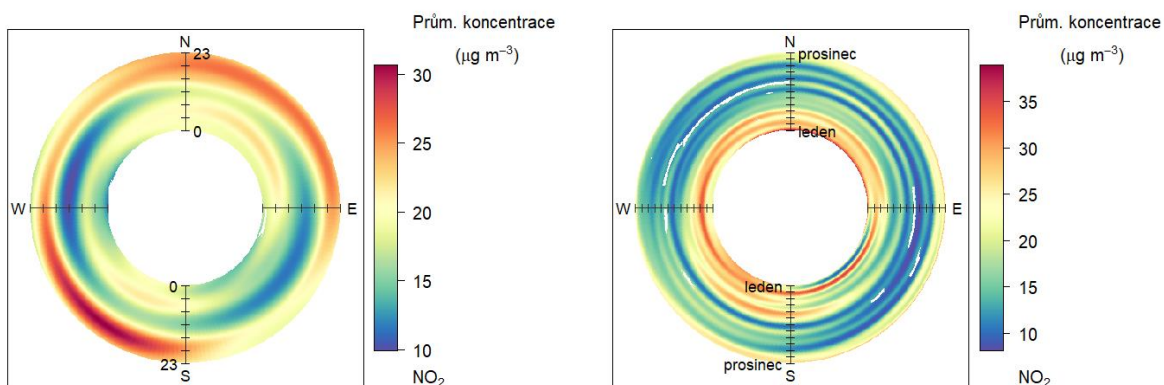
Zajímavé je také rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu. Z Obr. 48 je pak patrné, že nejvyšší koncentrace jsou takřka výhradně měřeny při teplotách vzduchu pod 13 °C. Nad 13 °C jsou již koncentrace pouze mírně zvýšené.



Obr. 48 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Zlín – Kvítková, rok 2022

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 2022 byly nejvyšší koncentrace NO<sub>2</sub> měřeny zejména ve večerních a nočních hodinách a dále zvýšené během ranní dopravní špičky. V případě ročního chodu jsou významné zejména podzimní měsíce. Z hlediska maxim převládají západní až jihozápadní a severovýchodní směry.



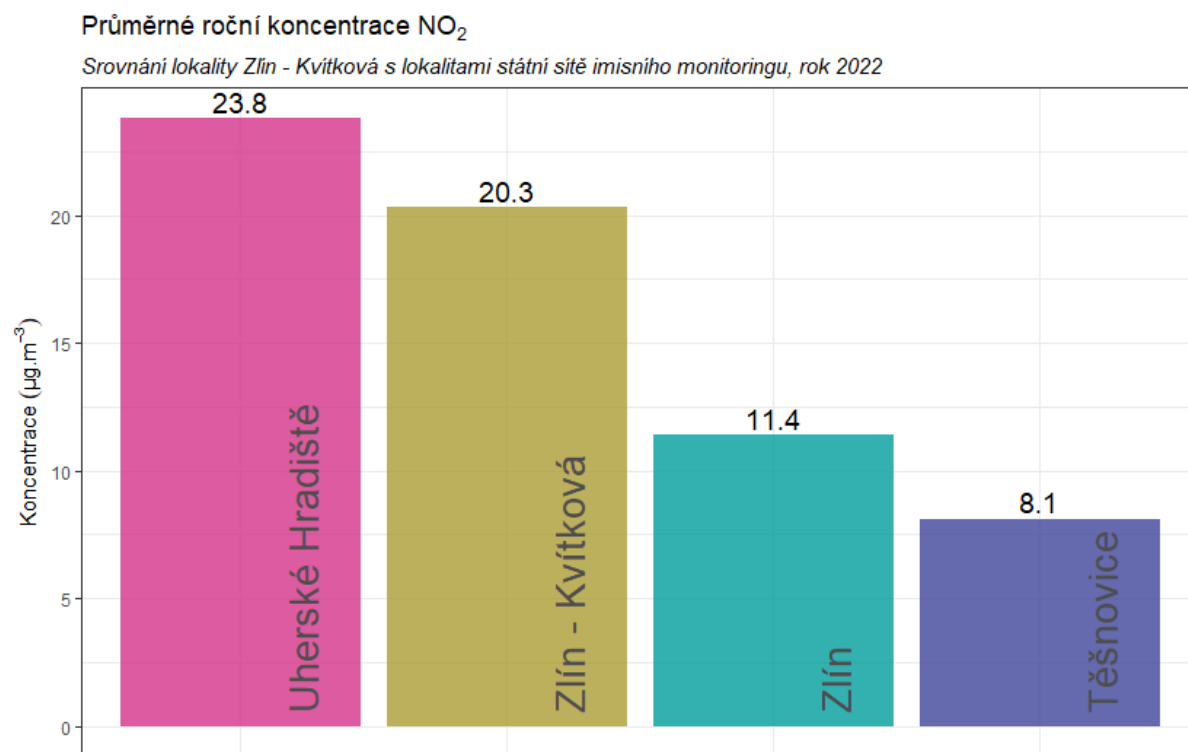
Obr. 49 – Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací dle směru větru, Zlín – Kvítková, rok 2022

### 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 Tab. 3 v kapitole 3.1.5.

Na následujícím Obr. 50 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace legislativou sledovaného oxidu dusičitého NO<sub>2</sub> na blízkých lokalitách sítě imisního monitoringu v roce 2022. Ty jsou srovnány s lokalitou Zlín – Kvítková. Z grafu vyplývá, že v lokalitě Zlín – Kvítková jsou měřeny druhé nejvyšší koncentrace po dopravní lokalitě Uherské Hradiště. Žádná z uvedených lokalit nepřekročila imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO<sub>2</sub>.

Následující graf na Obr. 51 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace NO<sub>2</sub> naměřené ve vybraných lokalitách. Z grafu je patrné, že v první polovině roku byly koncentrace v lokalitě Zlín – Kvítková srovnatelné s lokalitou Uherské Hradiště, v druhé polovině roku již byly koncentrace proti lokalitě Uherské Hradiště nižší a více se blížily lokalitě Zlín.

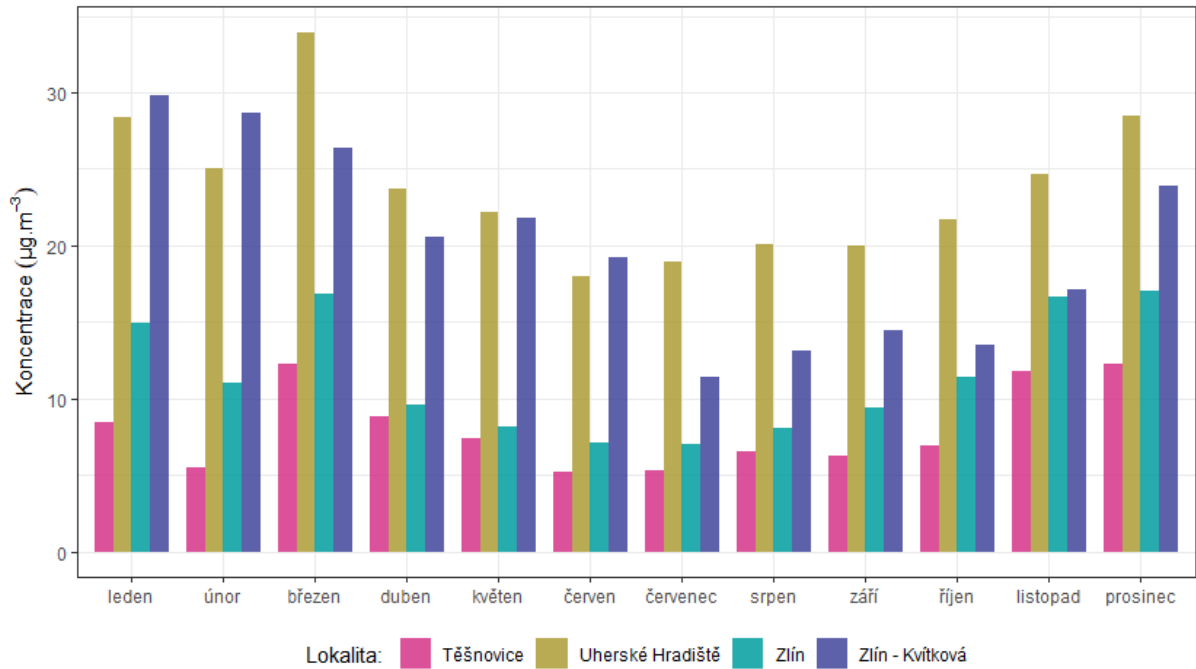


Obr. 50 – Srovnání průměrné roční koncentrace NO<sub>2</sub> lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022

Následující graf na Obr. 52 srovnání průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu Zlín. Z grafu je patrné, že koncentrace v lokalitě Zlín – Kvítková jsou vyšší než v lokalitě Zlín, zejména v letních měsících se koncentrace rozcházejí, avšak ke konci roku již obě lokality velmi dobře korelují.

### Průměrné měsíční koncentrace NO<sub>2</sub>

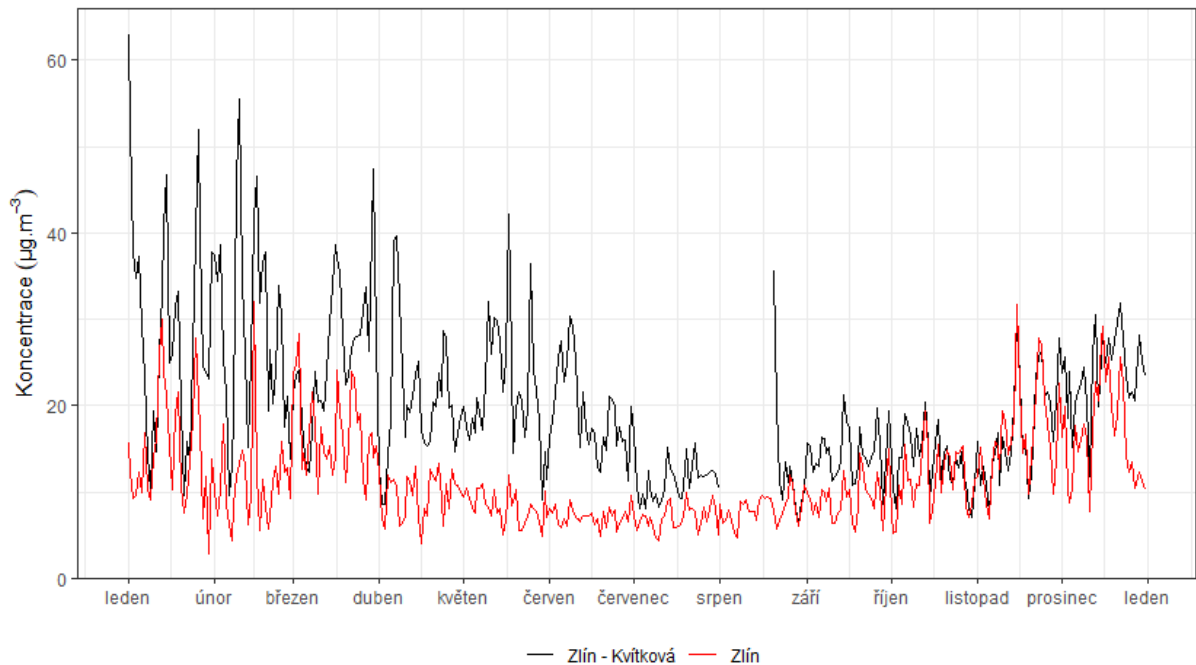
Srovnání lokality Zlín - Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2022



Obr. 51 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací NO<sub>2</sub> lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022

### Srovnání průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub>

Lokality Zlín - Kvítková a Zlín, rok 2022



Obr. 52 – Srovnání průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub>, lokality Zlín – Kvítková a Zlín, rok 2022

### 3.3 PŘÍZEMNÍ OZÓN

O<sub>3</sub> nemá vlastní významný zdroj. Jedná se o tzv. sekundární látku vznikající v celé řadě velmi komplikovaných nelineárních fotochemických reakcí [13]. Prekurzory O<sub>3</sub> jsou oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) a nemetanické těkavé organické látky (NMVOC), v globálním měřítku hrají roli i metan (CH<sub>4</sub>) a oxid uhelnatý (CO). Důležitou reakcí je fotolýza NO<sub>2</sub> 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 O<sub>3</sub>. Současně probíhá titrace O<sub>3</sub> oxidem dusnatým za vzniku NO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub>. Pokud je při této reakci O<sub>3</sub> nahrazen radikály, jeho koncentrace v atmosféře rostou. Důležitou úlohu při těchto reakcích hraje zejména radikál OH.

NO<sub>x</sub> 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 O<sub>3</sub> z prekurzorů nezáleží pouze na absolutním množství prekurzorů, ale i na jejich vzájemném poměru [14]. V oblastech, kde je režim limitovaný NO<sub>x</sub>, charakterizovaný relativně nízkými koncentracemi NO<sub>x</sub> a vysokými koncentracemi VOC, narůstají koncentrace O<sub>3</sub> s rostoucími koncentracemi NO<sub>x</sub>, zatímco se vzrůstajícími koncentracemi VOC se mění jen málo. Naopak v oblastech s režimem limitovaným VOC dochází k poklesu koncentrací O<sub>3</sub> s rostoucími koncentracemi NO<sub>x</sub> a nárůstu koncentrací O<sub>3</sub> s rostoucími koncentracemi VOC. Oblasti s vysokým poměrem NO<sub>x</sub>/VOC jsou typicky znečištěné oblasti okolo center velkých měst. Závislost vzniku O<sub>3</sub> na počátečních koncentracích VOC a NO<sub>x</sub> se často vyjadřují na diagramech ozonových isopleť. Jedná se o zobrazení maximální dosažené koncentrace ozonu jako funkce počáteční koncentrace NO<sub>x</sub> a VOC. Významnou roli při vzniku O<sub>3</sub> hrají nejen koncentrace prekurzorů, ale i meteorologické podmínky [15]. Imisní koncentrace O<sub>3</sub> 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 O<sub>3</sub> mohou zvyšovat i epizodicky v důsledku průniku stratosférického O<sub>3</sub> do troposféry a též při bouřkách. V poslední době se též zvyšuje význam dálkového přenosu O<sub>3</sub> v rámci proudění na severní polokouli do Evropy a Severní Ameriky ze zdrojových oblastí jihovýchodní Asie. O<sub>3</sub> 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 O<sub>3</sub>. Hodnota imisního limitu je 120 µg·m<sup>-3</sup>, 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 O<sub>3</sub> za den v lokalitě Zlín – Kvítková pro každý rok. **Průměrná hodnota za tři roky pak činí 101,7 µg·m<sup>-3</sup>, imisní limit tedy překročen nebyl.** Z uvedeného grafu je patrné, že koncentrace proti roku 2019 i 2020 mírně vzrostly, k překročení hodnoty imisního limitu nedošlo ani v jednom z roků.

Vývoj 26. nejvyšších 8h klouzavých průměrů O<sub>3</sub>



Obr. 53 – Vývoj 26. nejvyššího 8hodinového klouzavého průměru O<sub>3</sub> za den, lokalita Zlín – Kvítková

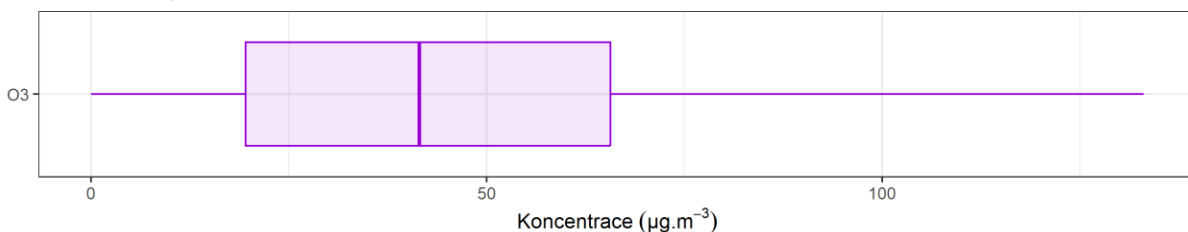
Následující Tab. 5 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro přízemní ozón. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2022 pak zobrazuje Obr. 54. Maximální naměřená hodinová koncentrace O<sub>3</sub> měla hodnotu 130,3 µg·m<sup>-3</sup>.

Tab. 5 – Statistické charakteristiky hodinových koncentrací O<sub>3</sub> v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2022

STATISTIKA	O <sub>3</sub>
PRŮMĚR	44,7
MAXIMUM	133,1
MEDIÁN	41,5
MINIMUM	0

Statistické zpracování hodinových koncentrací O<sub>3</sub>

Zlín - Kvítková, rok 2022



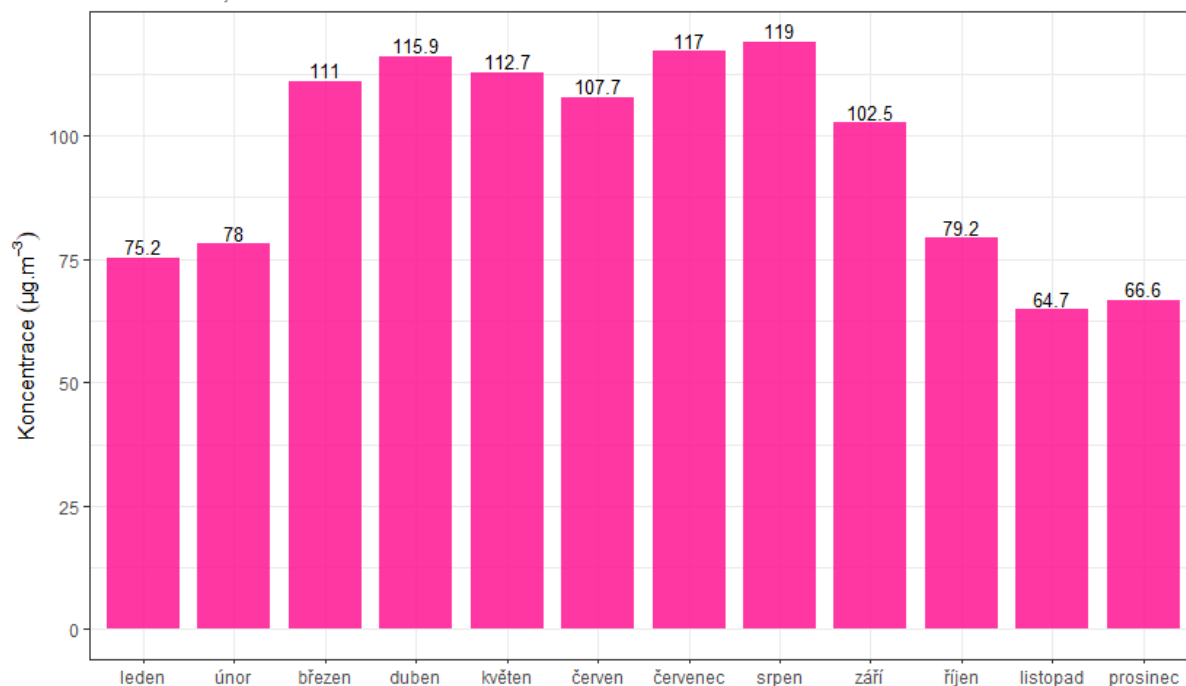
Obr. 54 – Statistické zpracování hodinových koncentrací O<sub>3</sub> v lokalitě Zlín – Kvítková, rok 2022

### 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 srpnu.

Vývoj maximálních 8hodinových klouzavých průměrů  $O_3$  v jednotlivých měsících

Zlín - Kvítková, rok 2022

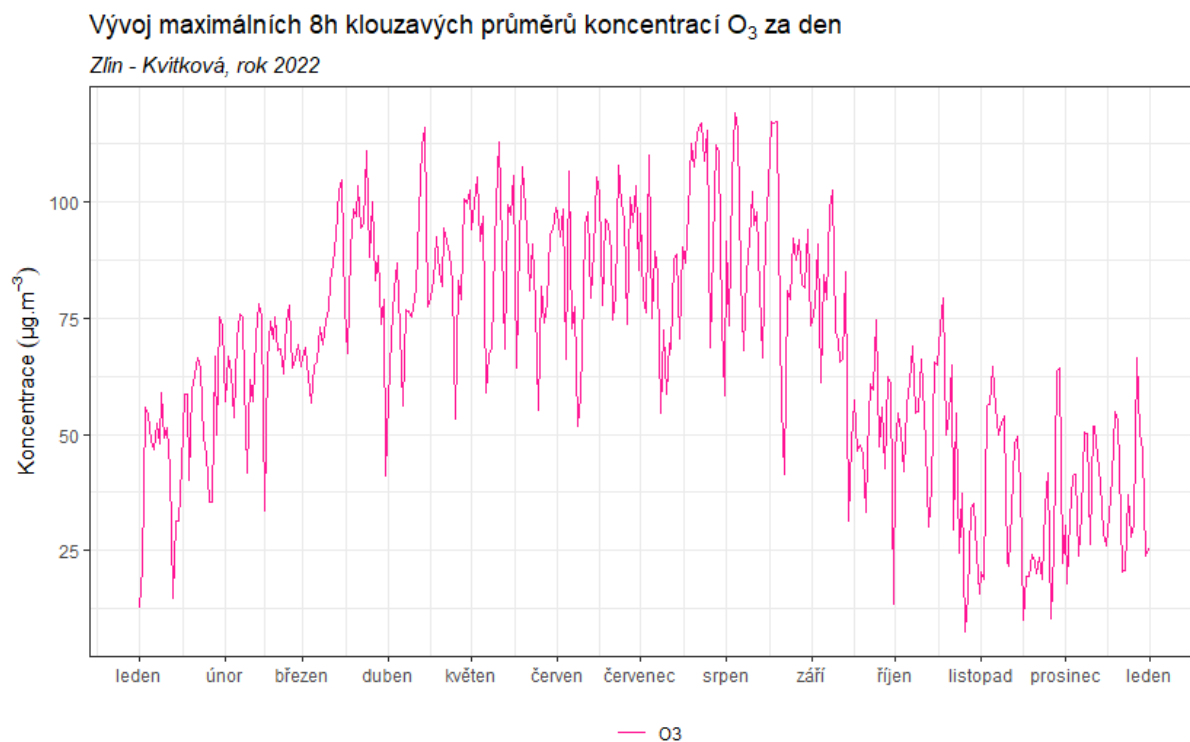


Obr. 55 – Maximální 8h klouzavé průměry  $O_3$  za den v jednotlivých měsících, Zlín – Kvítková, rok 2022



### 3.3.3 Vývoj průměrných denních koncentrací O<sub>3</sub>

Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů O<sub>3</sub> za den v lokalitě Zlín – Kvítková zobrazuje následující Obr. 56.



Obr. 56 – Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů O<sub>3</sub> za den, Zlín – Kvítková, rok 2022

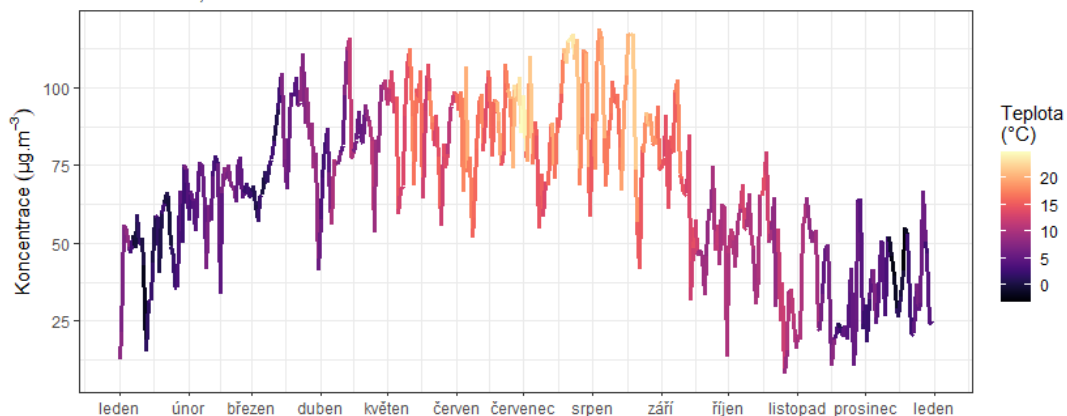
Z grafů je patrné, že v případě vývoje koncentrací O<sub>3</sub> dochází ke kulminaci mezi květnem a srpnem. To souvisí s mechanismem tvorby přízemního ozónu.

Na Obr. 57 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací O<sub>3</sub> 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 O<sub>3</sub> významný vliv, zejména pak teplota a sluneční záření. S rostoucím slunečním zářením a teplotou rostou rovněž koncentrace O<sub>3</sub>. Rychlost větru tolik koncentrace neovlivňuje, přesto vyšší rychlosti větru zřejmě mírně přispívají k vyšším koncentracím O<sub>3</sub>. Z hlediska relativní vlhkosti vzduchu je patrné, že vyšší koncentrace O<sub>3</sub> jsou měřeny při nižších hodnotách vlhkosti.

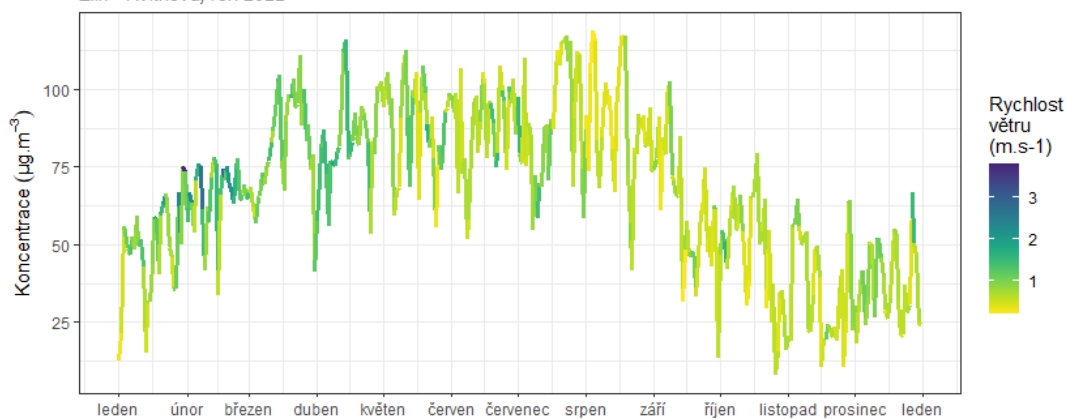
### Vývoj maximálních 8h koncentrací O<sub>3</sub> za den v závislosti na teplotě vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2022



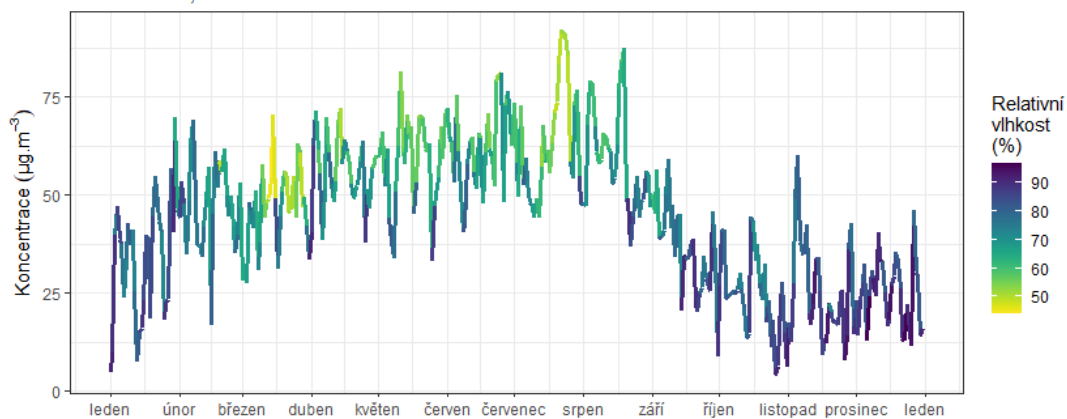
### Vývoj maximálních 8h koncentrací O<sub>3</sub> za den v závislosti na rychlosti větru

Zlín - Kvítková, rok 2022



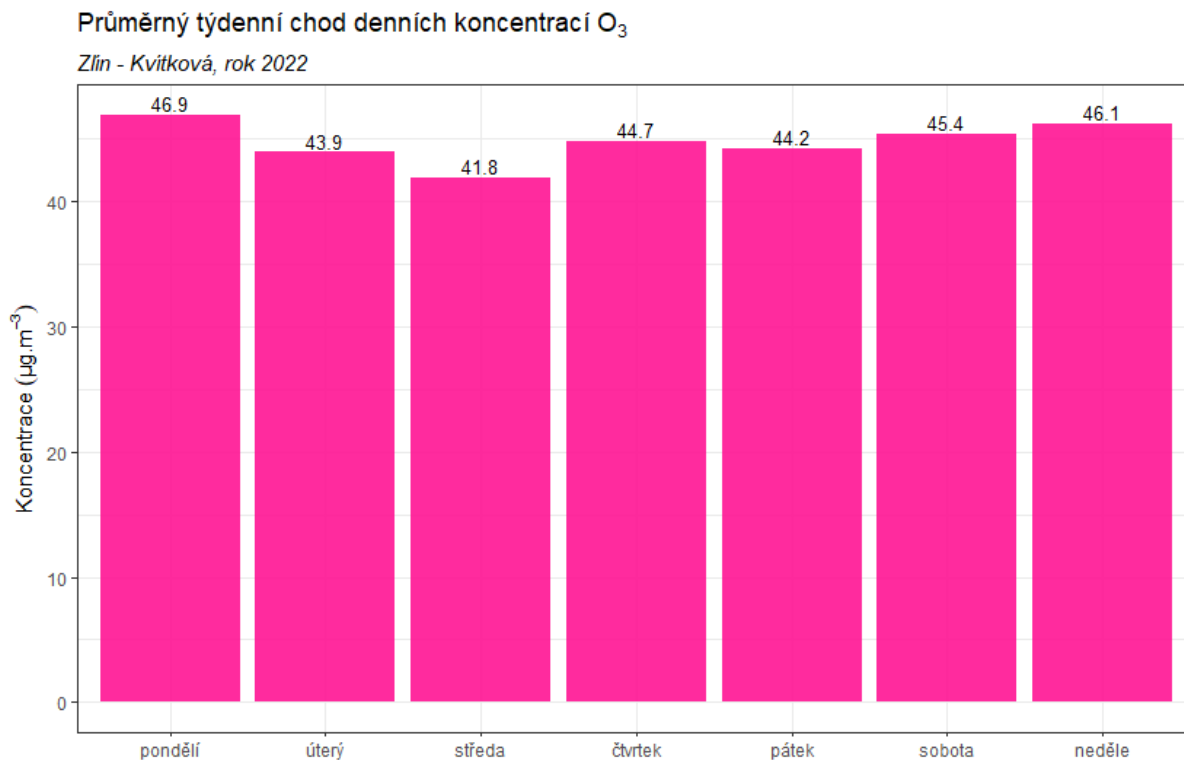
### Vývoj průměrných denních koncentrací O<sub>3</sub> v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Zlín - Kvítková, rok 2022



Obr. 57 – Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace O<sub>3</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

Naopak z týdenního chodu průměrných denních koncentrací O<sub>3</sub> 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 ozónem reagují.



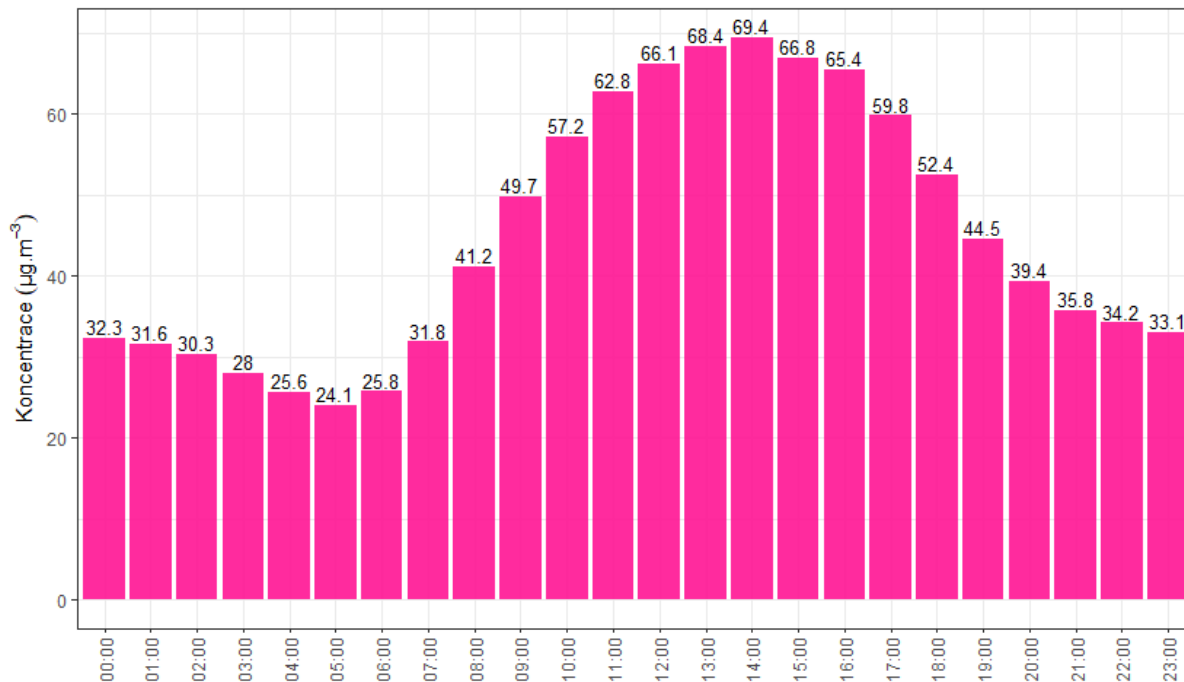
Obr. 58 - Průměrný týdenní chod denních koncentrací O<sub>3</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

### 3.3.4 Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod O<sub>3</sub> v lokalitě Zlín – Kvítková. Denní chod O<sub>3</sub> zobrazuje následující Obr. 59. Z grafu je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací O<sub>3</sub> jsou dosahovány okolo poledne a po poledni – v době s nejvyššími teplotami vzduchu a slunečním svitem. Nejvyšší hodnoty koncentrace jsou měřeny v 13:00 – 15:00 hodin UTC.

### Průměrný denní chod hodinových koncentrací O<sub>3</sub>

Zlín - Kvítková, rok 2022

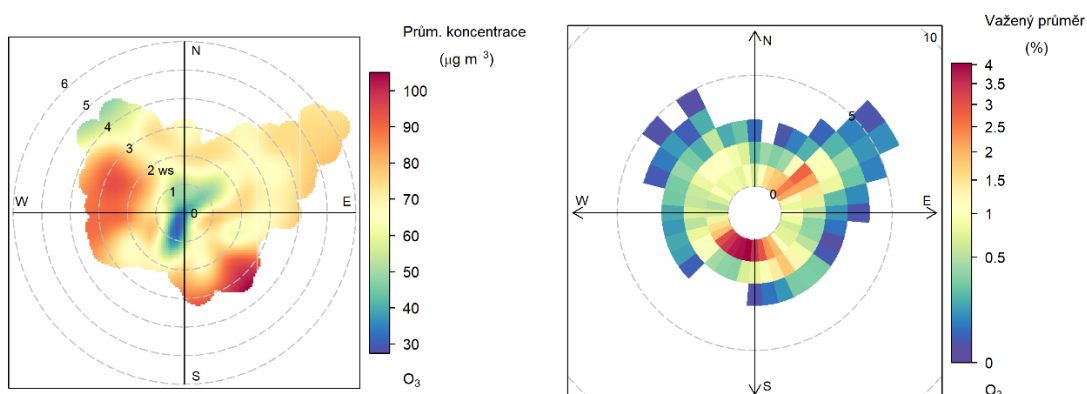


Obr. 59 – Denní chod hodinových koncentrací O<sub>3</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole 3.1.4.

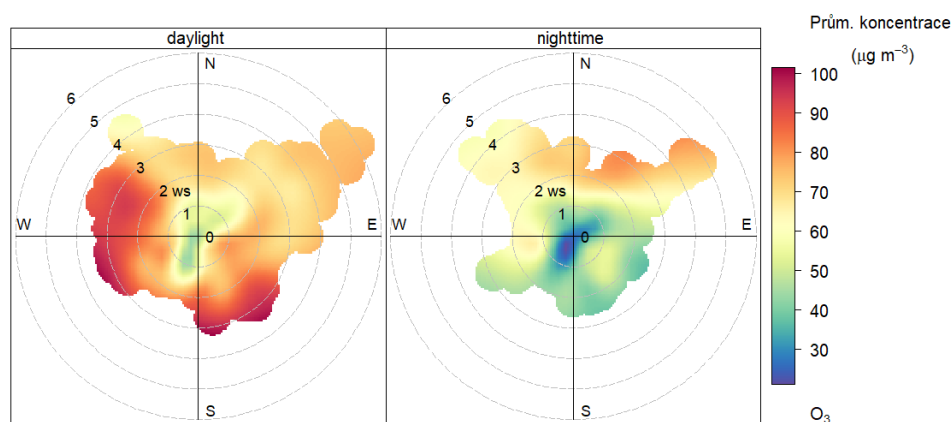
Následující Obr. 60 zobrazuje dva typy koncentrační a váženou koncentrační růžici O<sub>3</sub> pro lokalitu Zlín – Kvítková.

Z Obr. 60 vyplývá, že v průměru jsou nejvyšší koncentrace měřeny při západním a jihovýchodním proudění a vyšších rychlostech větru. Jižní až jihozápadní směry proudění se pak spolu se severovýchodními nejvíce podílely na měřených koncentracích O<sub>3</sub> v roce 2022.



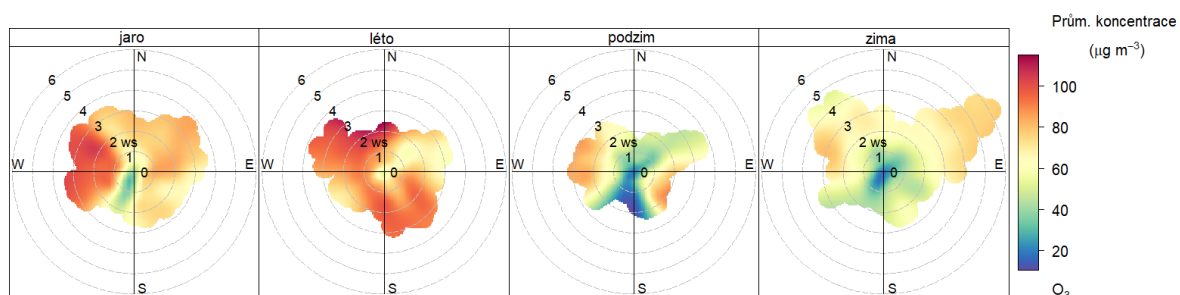
Obr. 60 – Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro O<sub>3</sub>, Zlín – Kvítková, rok 2022

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.



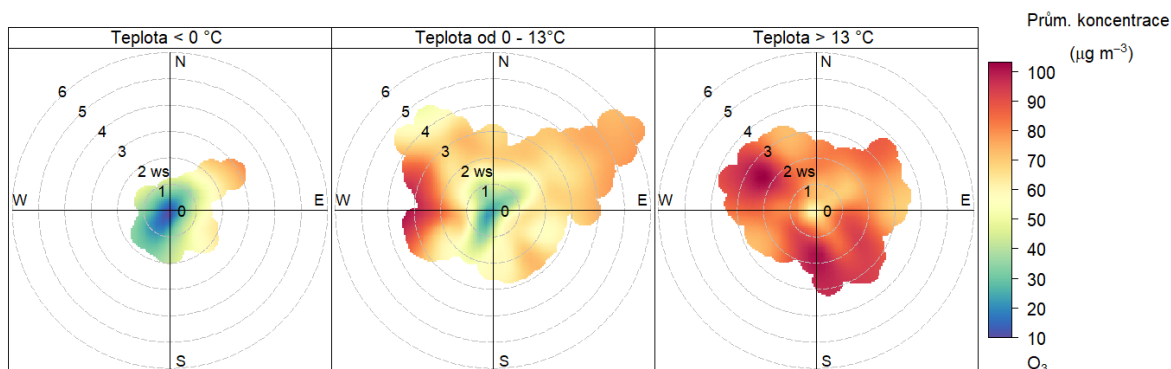
Obr. 61 - Koncentrační růžice ve dne (daytime) a v noci (nighttime), Zlín – Kvítková, rok 2022

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



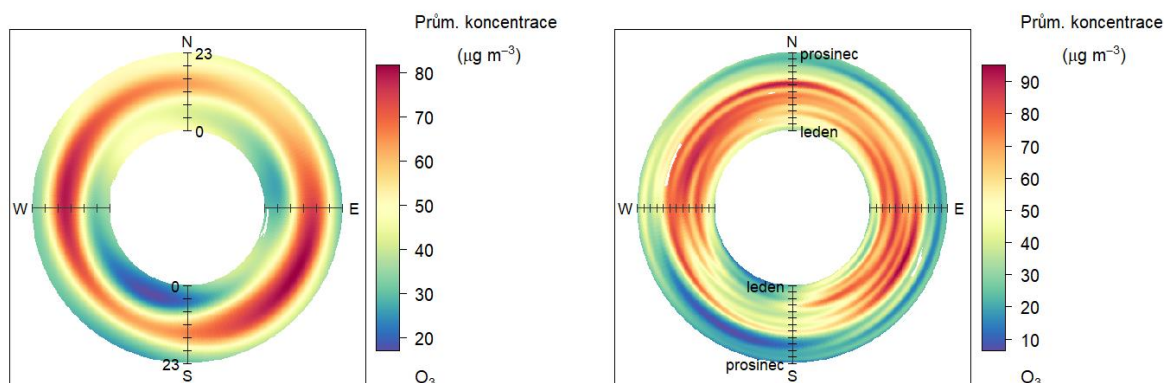
Obr. 62 – Koncentrační růžice jednotlivých ročních období, Zlín – Kvítková, rok 2022

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 °C. Při nižších teplotách jsou až na výjimky nízké.



Obr. 63 – Koncentrační růžice členěná dle teplot, Zlín – Kvítková, rok 2022

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 2022

Z Obr. 64 pak vyplývá, že v případě lokality Zlín – Kvítková v roce 2022 byly nejvyšší koncentrace  $\text{O}_3$  měřeny v denních hodinách, zejména kolem poledne, při proudění z jihovýchodu nebo západu. Z ročního chodu pak vyplývá, že koncentrace kulminovaly v teplé části roku.

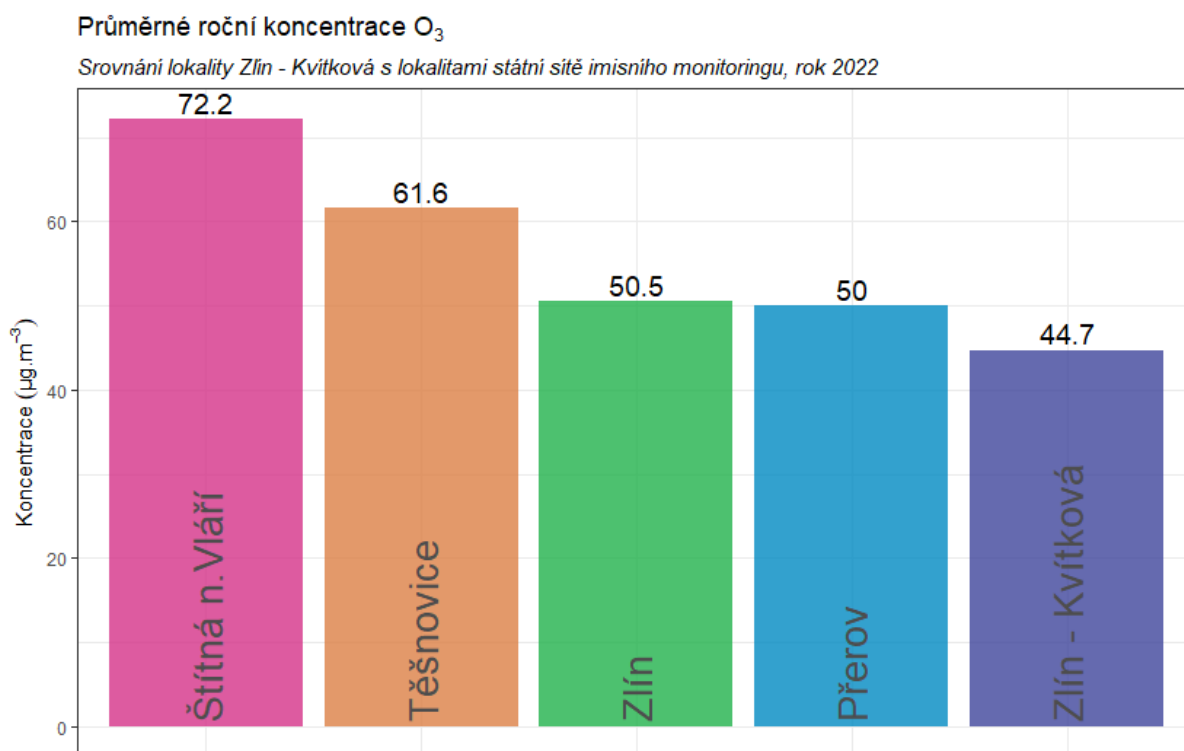
### 3.3.5 Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

V této podkapitole budou koncentrace, naměřené v lokalitě Zlín – Kvítková, srovnány s hodnotami naměřenými ve státní síti imisního monitoringu Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Charakteristika lokalit je uvedena v Tab. 3 v kapitole 3.1.5.

Na následujícím Obr. 65 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace přízemního ozónu  $O_3$  na okolních lokalitách v roce 2022 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. Vývoj koncentrací je na všech lokalitách podobný.

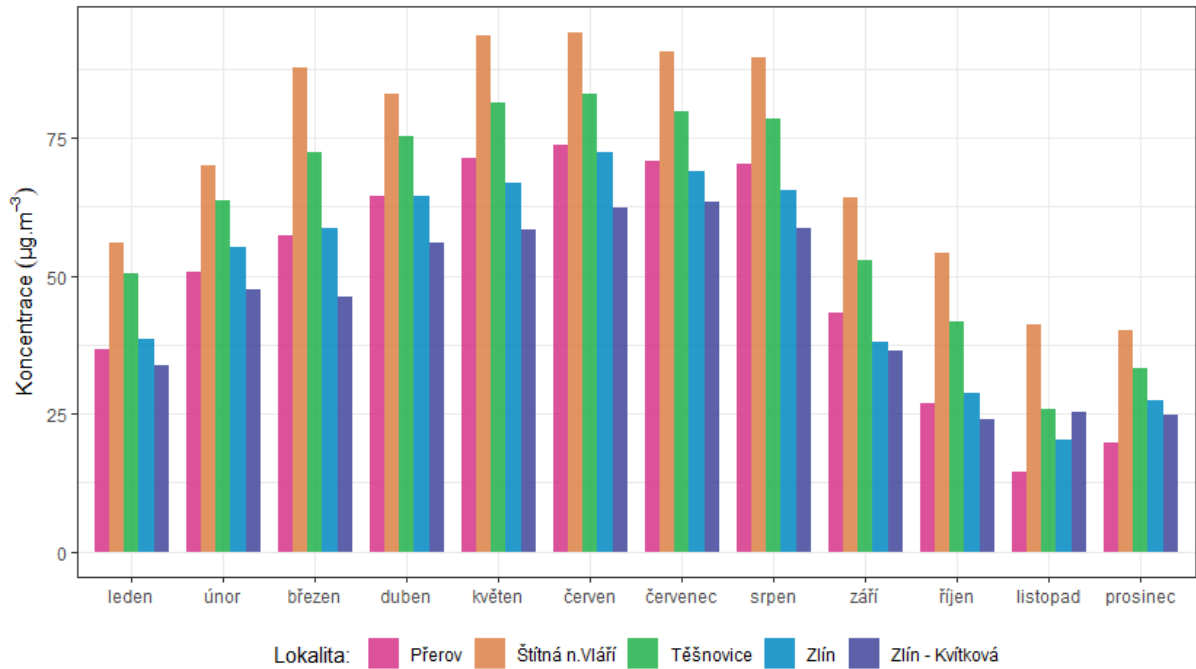
Následující graf na Obr. 67 srovnání průměrných denních koncentrací  $O_3$  s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu Zlín. Z grafu je patrné, že v lokalitě Zlín jsou měřeny mírně vyšší koncentrace  $O_3$  po celý rok, vývoj je téměř totožný a lokality spolu velmi dobře korelují.



Obr. 65 – Srovnání průměrné roční koncentrace  $O_3$  lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022

### Průměrné měsíční koncentrace O<sub>3</sub>

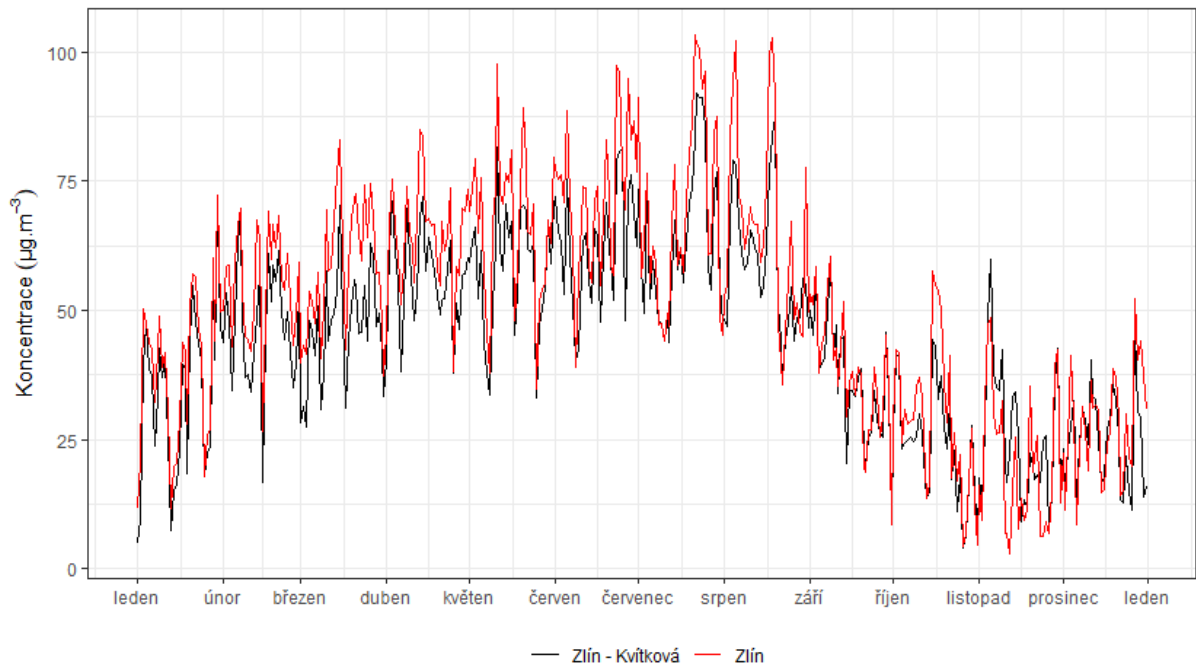
Srovnání lokality Zlín - Kvítková s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2022



Obr. 66 – Srovnání průměrných měsíčních koncentrací O<sub>3</sub> lokality Zlín – Kvítková s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2022

### Srovnání průměrných denních koncentrací O<sub>3</sub>

Lokality Zlín - Kvítková a Zlín, rok 2022



Obr. 67 – Srovnání průměrných denních koncentrací O<sub>3</sub>, lokality Zlín – Kvítková a Zlín, rok 2022



## 4 ZÁVĚRY

---

- Vývoj průměrných denních koncentrací **PM<sub>10</sub>** i **PM<sub>2,5</sub>** odpovídá vývoji koncentrací na dalších stanicích státní sítě imisního monitoringu. Na úrovni hodinových koncentrací ovlivňují vývoj meteorologické podmínky (např. teplota) a s nimi související činnosti – zejména vytápění v lokálních topeništích. Maximální koncentrace **PM<sub>10</sub>** i **PM<sub>2,5</sub>** 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.
- Z důvodu výpadku měření prachoměru v letním období nebylo možné stanovit legislativní průměrné roční koncentrace **PM**. Průměrná roční koncentrace **PM<sub>10</sub>** ( $25,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) nepřekračuje imisní limit pro průměrnou roční koncentraci, avšak průměrná roční koncentrace **PM<sub>2,5</sub>** ( $21,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) již imisní limit pro průměrnou roční koncentraci překračuje o  $1,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Tato měření však byla ovlivněna výpadkem nejnižších koncentrací v letním období. Pokud by se využilo dat ze stanice Zlín a vzájemnou korelací v tomto roce, byla by průměrná roční koncentrace zhruba mezi  $22\text{--}23 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , koncentrace **PM<sub>2,5</sub>** pak v zhruba  $18\text{--}19 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Imisní limit pro průměrné roční koncentrace **PM<sub>10</sub>** i **PM<sub>2,5</sub>** by tak byl dodržen.
- Za rok 2022 byla hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci **PM<sub>10</sub>** ( $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) překročena 13x, imisní limit pro průměrnou denní koncentraci **PM<sub>10</sub>** 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 **NO<sub>2</sub>**. Okolo poledne dochází k poklesu koncentrací **NO<sub>2</sub>** také díky reakci této látky při tvorbě přízemního ozónu. Ze srovnání koncentrací **NO<sub>2</sub>** 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 **NO<sub>2</sub>** ( $20,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) nepřekračuje imisní limit pro průměrnou roční koncentraci **NO<sub>2</sub>**. Není překračován ani imisní limit pro hodinovou koncentraci **NO<sub>2</sub>**.
- Vysoké koncentrace přízemního ozónu **O<sub>3</sub>** 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 2020–2022 měla hodnotu  $101,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , 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 2022 v Česku,“ ČHMÚ, 01 2023. [Online]. Available: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove\\_zpravy/2023/Zprava\\_Rok\\_2022.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2023/Zprava_Rok_2022.pdf).
- [6] V. Michal, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkovaných v městských aglomeracích,“ v *Konference ČAS 2010. Sborník konference*, Praha, 2010.
- [7] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2021,“ ISBN: ISBN 978-80-7653-038-6, ČHMÚ Praha, 2022. [Online]. Available: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/21groc/gr21cz/Obsah\\_CZ.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/21groc/gr21cz/Obsah_CZ.html).
- [8] U. EPA, „Particulate Matter (PM) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/pm-pollution>.
- [9] J. Keder, „Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátoru Grimm,“ v *Ovzduší 2007*, Brno, 2007.
- [10] USEPA, „Nitrogen Dioxide (NO2) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/no2-pollution>.
- [11] P. WARNECK, *Chemistry of the natural atmosphere*, San Diego: Academic Press: ISBN 0-12-735632-0, 2000.
- [12] European Commission, „Position paper on air quality: nitrogen dioxide,“ 1997.
- [13] 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](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](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](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](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](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](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](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/19groc/gr19cz/Obsah_CZ.html).
- [28] R. Tolasz a H. Škáchová, „Rok 2021 v Česku,“ INFOMET, 12 01 2022. [Online]. Available: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1641983653>.
- [29] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2020,“ ISBN: ISBN 978-80-7653-023-2,“ ČHMÚ, 2021. [Online]. Available: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/Obsah\\_CZ.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/Obsah_CZ.html).