

---

# VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V LOKALITĚ HRANICE

---

ZPRÁVA ZA ROK 2024



ENVITECH BOHEMIA, S.R.O.

# OBSAH

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | ÚVOD.....  | 3  |
| 1.1   | Imisní limity .....  | 4  |
| 1.2   | Data a jejich zpracování.....  | 4  |
| 1.3   | Rok 2024 v ČR z hlediska meteorologie a kvality ovzduší.....                           | 5  |
| 2     | METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ.....  | 7  |
| 2.1   | Větrná růžice .....  | 7  |
| 2.2   | Rychlost proudění větru .....  | 7  |
| 2.3   | Teplota vzduchu .....  | 9  |
| 2.4   | Relativní vlhkost vzduchu .....  | 10 |
| 2.5   | Srážky.....  | 12 |
| 2.6   | Sluneční záření .....  | 13 |
| 2.7   | Atmosférický tlak.....   | 15 |
| 3     | VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ.....   | 16 |
| 3.1   | Suspendované částice PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> a PM <sub>1</sub> .....      | 16 |
| 3.1.1 | Průměrné roční koncentrace PM .....  | 18 |
| 3.1.2 | Průměrné měsíční koncentrace .....   | 20 |
| 3.1.3 | Průměrné denní koncentrace.....  | 22 |
| 3.1.4 | Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice .....                | 27 |
| 3.1.5 | Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu .....                           | 32 |
| 3.2   | Oxidy dusíku NO <sub>2</sub> , NO a NO <sub>x</sub> .....                              | 38 |
| 3.2.1 | Průměrné roční koncentrace.....  | 39 |
| 3.2.2 | Průměrné měsíční koncentrace .....   | 41 |
| 3.2.3 | Průměrné denní koncentrace.....  | 43 |
| 3.2.4 | Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice .....                | 46 |
| 3.2.5 | Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu .....                           | 50 |
| 3.3   | Přízemní ozón O <sub>3</sub> .....   | 53 |
| 3.3.1 | Vývoj 26. nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů O <sub>3</sub> za den v roce ..... | 53 |
| 3.3.2 | Vývoj měsíčních koncentrací .....  | 56 |
| 3.3.3 | Vývoj denních koncentrací O <sub>3</sub> .....   | 56 |
| 3.3.4 | Analýza hodinových koncentrací – denní chod a koncentrační růžice .....                | 61 |
| 3.3.5 | Srovnání s lokalitami státní sítě imisního monitoringu .....                           | 65 |
| 4     | ZÁVĚRY.....  | 67 |
| 4.1.1 | Bodové zhodnocení jednotlivých škodlivin: .....  | 67 |
| 5     | SEZNAM LITERATURY .....  | 69 |

# 1 ÚVOD

Stanice v Hranicích je umístěna na dvoře Základní školy a mateřské školy Hranice, Šromotovo. Stanice byla zřízena na konci roku 2018. Jedná se o městskou pozadovou stanici, která je umístěna v obytné zóně nedaleko centra. Reprezentativnost stanice je v rámci okrskového měřítka 0,5 – 4 km.

Výtěžnost dat byla počítána z denních hodnot. Do výpočtu byly zahrnuty všechny měřené škodliviny a meteorologické veličiny. Celková výtěžnost dat v roce 2024 v lokalitě Hranice byla 98.8 %. Výtěžnost suspendovaných částic dosáhla v průměru 100 %. Výtěžnost oxidů dusíku dosáhla v průměru 96.2 %. Výtěžnost přízemního ozónu O<sub>3</sub> dosáhla 96.2 %. Výtěžnost meteorologických veličin byla v průměru 100 %.



*Obr. 1: Měřicí stanice kvality ovzduší v lokalitě Hranice*

## 1.1 IMISNÍ LIMITY

Pro škodliviny, měřené v lokalitě Hranice, 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 klouzavý průměr | 120 µg·m <sup>-3</sup> | 25  |

Kromě samotných imisních limitů uvádí Tab. 1 také přípustnou četnost překročení za kalendářní rok (pLV, je-li stanovena). To znamená, že například v případě denního limitu pro 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 Hranice rovněž použita data státní sítě imisního monitoringu za účelem srovnání lokality s okolními stanicemi. Data byla poskytnuta Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). Veškerá uvedená data byla poskytnuta na základě žádosti a nemohou být použita jinak než pro tuto studii. Veškerá data ČHMÚ pocházejí z databáze ISKO (Informační systém kvality ovzduší). Stanice a jejich charakteristiky, jejichž data byla pro studii využita, zobrazuje Tab. 2.

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

| Kód lokality | Název lokality    | Typ stanice | Typ zóny    | Charakteristika zóny |
|--------------|-------------------|-------------|-------------|----------------------|
| MBEL         | Bělotín           | pozaďová    | venkovská   | zemědělská           |
| MPRR         | Přerov            | pozaďová    | městská     | obchodní, obytná     |
| TCER         | Červená hora      | pozaďová    | venkovská   | přírodní             |
| TFMI         | Frýdek-Místek     | pozaďová    | předměstská | obytná               |
| TSTD         | Studénka          | pozaďová    | venkovská   | zemědělská           |
| ZVMZ         | Valašské Meziříčí | pozaďová    | městská     | obytná               |

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

### 1.3 ROK 2024 V ČR Z HLEDISKA METEOROLOGIE A KVALITY OVZDUŠÍ

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

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

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

**V roce 2024 splnily všechny hodnocené znečišťující látky, s výjimkou přízemního O<sub>3</sub>, imisní limity podle současné platné legislativy. Imisní limit přízemního O<sub>3</sub> byl překročen na 10 % stanic, tj. na 7 z 68 stanic. K překročení současných imisních limitů suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> nedošlo podruhé v řadě, k překročení současných imisních limitů pro NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> a CO nedochází již řadu let.**

K relativně dobré kvalitě ovzduší v ČR v roce 2024, s výjimkou přízemního O<sub>3</sub>, přispěly zejména nižší koncentrace látek znečišťujících ovzduší během některých měsíců zimního období. Zejména v únoru převažovaly z pohledu kvality ovzduší příznivé meteorologické podmínky, jako byly zlepšené rozptylové podmínky, mimořádně nadnormální teploty a nadnormální srážky. Na dlouhodobém zlepšování kvality ovzduší se podílejí průběžně realizovaná opatření. Jedná se například o výměnu kotlů v domácnostech, opatření na významných zdrojích emisí nebo o obnovu vozového parku.

V roce 2024 bylo vyhlášeno 18 smogových situací a jedna regulace kvůli vysokým koncentracím PM<sub>10</sub> v celkové délce 821 h (34,2 dní) a tři smogové situace kvůli vysokým koncentracím přízemního O<sub>3</sub> v celkové délce 15 h (0,6 dní). Smogová situace na přelomu března a dubna byla vyhlášena z důvodu výrazného navýšení koncentrací PM<sub>10</sub> při přechodu saharského písečného prachu přes ČR.

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

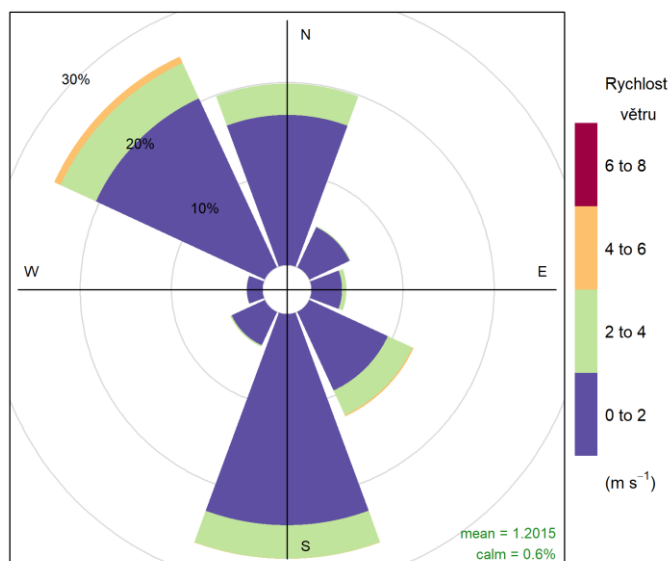
ve všech krajích a téměř na celém území vyústily až ve vyhlášení smogové situace z důvodu překročení prahové hodnoty na více než polovině reprezentativních stanic v jednotlivých krajích.

Je však třeba zdůraznit, že zatím nebyla vyhodnocena data všech znečišťujících látek. Jedná se především o benzo[a]pyren, u kterého lze, stejně jako v minulých letech, předpokládat překročení ročního imisního limitu na řadě lokalit. [5]

## 2 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘENÍ

### 2.1 VĚTRNÁ RŮŽICE

Na následujícím Obr. 2 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Hranice konstruovaná z hodinových rychlostí a směrů větru. Růžice naznačuje převažující proudění z jihu (cca 27 %), ze severozápadu (cca 25.6 %) a ze severu (cca 20 %). Vyšší rychlosti větru byly zaznamenány především ze severozápadu. Bezvětrí panovalo ve zhruba 0.6 % času měření. V lokalitě byly měřeny většinou nízké rychlosti větru (do  $2.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 95. percentil), průměrná rychlost větru za celé měřené období byla zhruba  $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .



Obr. 2: Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, Hranice, rok 2024

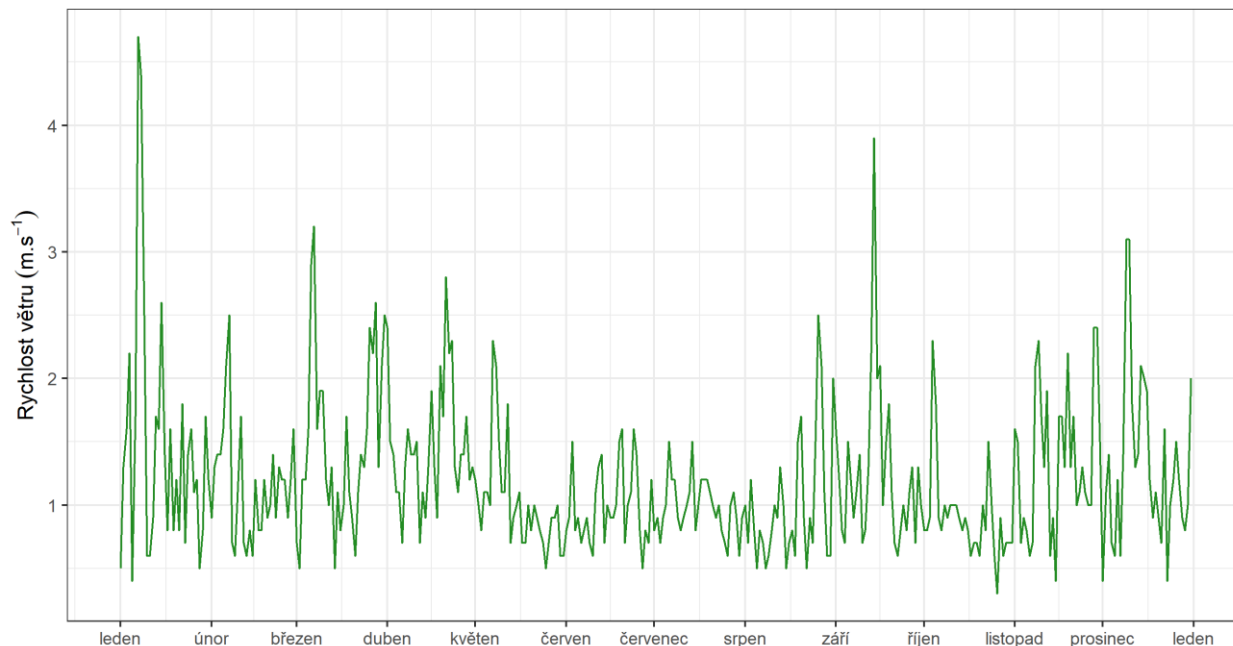
### 2.2 RYCHLOST PROUDĚNÍ VĚTRU

Meteorologické podmínky v chladné části roku vlivem častějších, a především silnějších teplotních inverzí napomáhají horším rozptylovým podmínkám – během teplotní inverze se v atmosféře vytváří vrstva připomínající pokličku, pod kterou je stabilní atmosféra tzn., že je téměř bezvětrí nebo pouze nízké rychlosti větru a nedochází tedy k dostatečnému rozptylu škodlivin. Škodliviny se pak pod touto vrstvou kumulují a jejich koncentrace roste. Rychlost proudění větru je tedy významným meteorologickým prvkem ovlivňujícím koncentraci škodlivin ovzduší. Pokud jsou rychlosti velmi nízké nebo panuje bezvětrí, jsou zpravidla koncentrace škodlivin (zejména suspendovaných částic) vysoké. Naopak při vyšších rychlostech větru dochází k dobrému rozptylu, na druhou stranu může rovněž docházet i k resuspenzi částic, kdy dochází k opětovnému vznosu již jednou sedimentovaných částic. Příkladem takové resuspenze může být např. větrná eroze, kdy vlivem větru je strhávána půda z polí do vzduchu a podílí se tak na nárůstu koncentrací suspendovaných částic v ovzduší.

Na následujícím Obr. 3 jsou uvedeny průměrné denní rychlosti proudění větru v lokalitě Hranice. Z grafu je patrné, že lokalitě byly měřeny většinou nízké rychlosti větru (do  $2.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 95. percentil), průměrná rychlost větru za celé měřené období byla zhruba  $1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Následující Obr. 4 zobrazuje průměrné měsíční hodnoty.

Vývoj průměrných denních rychlostí větru

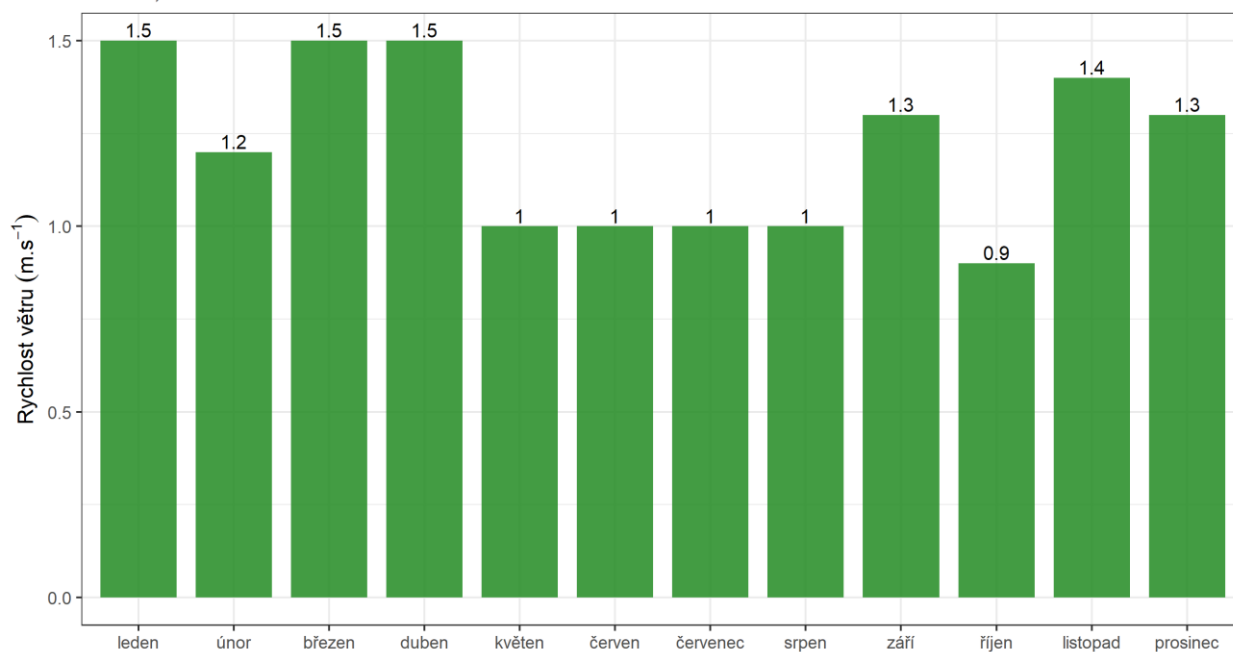
Hranice, rok 2024



Obr. 3: Průměrné denní rychlosti větru, Hranice, rok 2024

Vývoj průměrných měsíčních rychlostí větru

Hranice, rok 2024



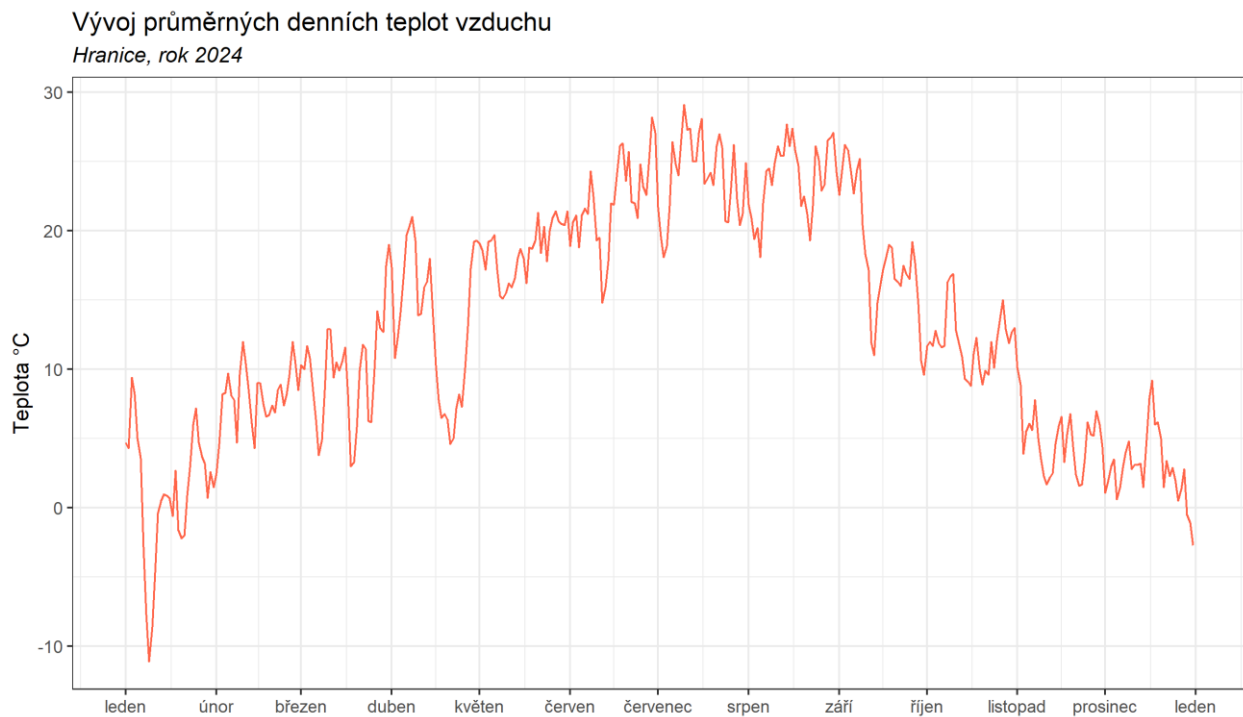
Obr. 4: Průměrné měsíční rychlosti větru, Hranice, rok 2024



## 2.3 TEPLOTA VZDUCHU

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

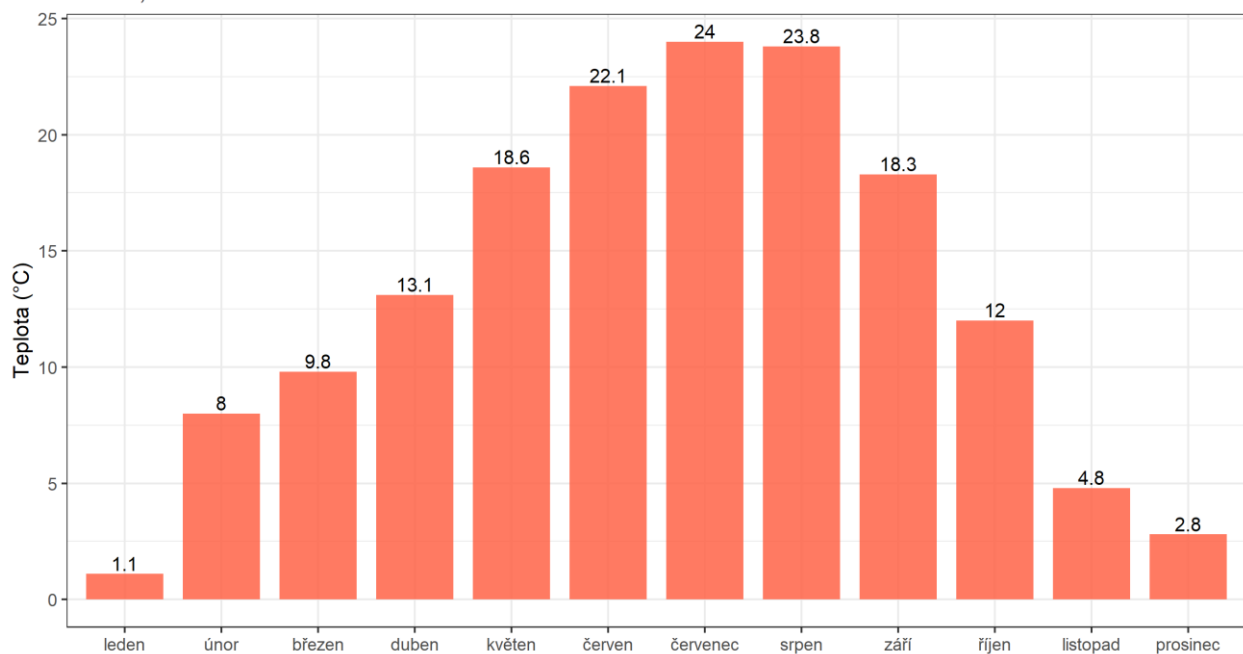
Následující Obr. 5 zobrazuje průměrné denní teploty vzduchu v lokalitě Hranice, graf na Obr. 6 pak zobrazuje průměrné měsíční teploty. Z grafů vyplývá, že nejvyšší teploty byly v této lokalitě měřeny v červenci a srpnu (24 °C resp. 23.8 °C). Nejnižší teploty pak byly měřeny v lednu a prosinci (1.1 °C resp. 2.8 °C). Nejvyšší hodinová teplota byla v lokalitě Hranice zaznamenána dne 14. 08. 2024 v 13 hodin (35.5 °C). Nejnižší teplota pak byla zaznamenána dne 10. 01. 2024 v 05 hodin (-13.8 °C).



Obr. 5: Průměrné denní teploty vzduchu, Hranice, rok 2024

## Vývoj průměrných měsíčních teplot vzduchu

Hranice, rok 2024



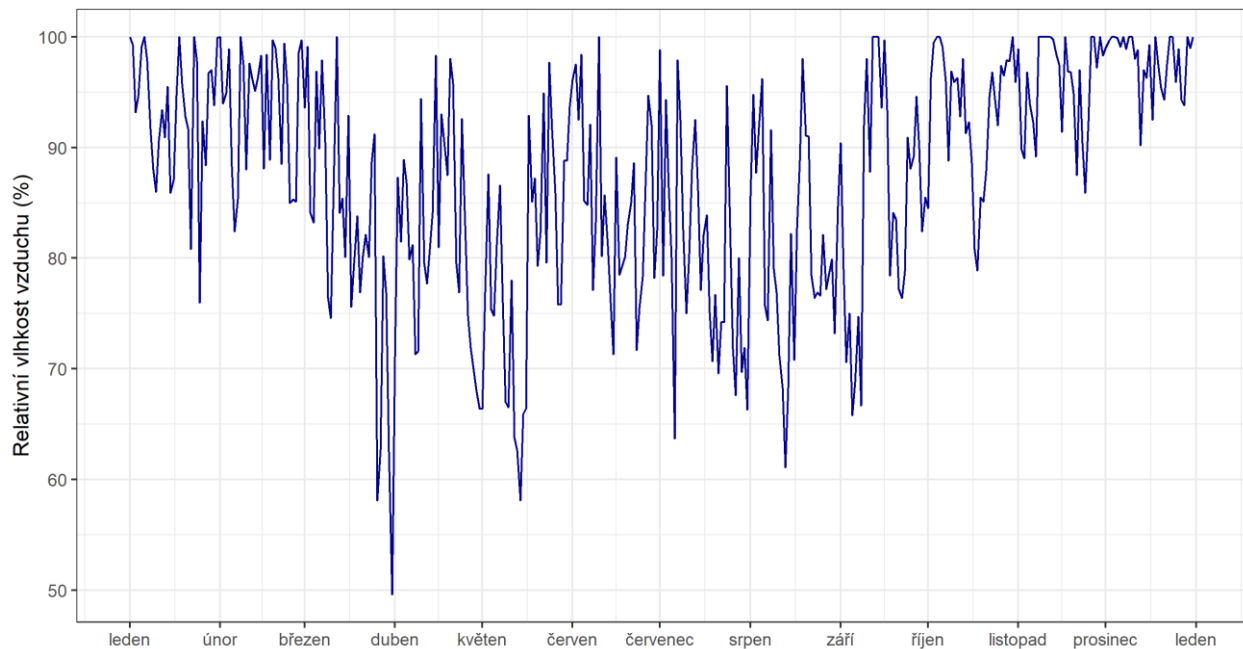
Obr. 6: Průměrné měsíční teploty vzduchu, Hranice, rok 2024

## 2.4 RELATIVNÍ VLHKOST VZDUCHU

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

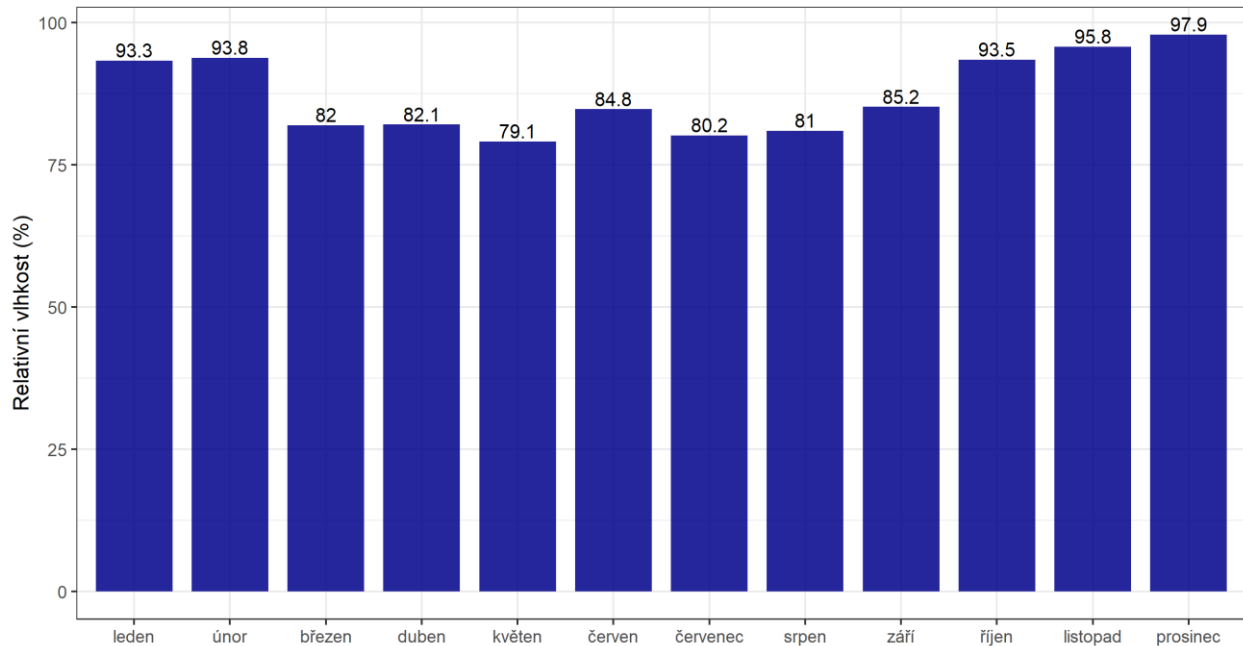
Následující Obr. 7 zobrazuje průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu v lokalitě Hranice, graf na Obr. 8 pak zobrazuje průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu. Z grafů vyplývá, že nejvyšší relativní vlhkosti byly v této lokalitě měřeny v prosinci a listopadu (97.9 % resp. 95.8 %). Nejnižší relativní vlhkosti pak byly měřeny v květnu a červenci (79.1 % resp. 80.2 %).

Vývoj relativních denních vlhkostí vzduchu  
Hranice, rok 2024



Obr. 7: Průměrné denní relativní vlhkosti vzduchu, Hranice, rok 2024

Vývoj průměrných měsíčních relativních vlhkostí vzduchu  
Hranice, rok 2024

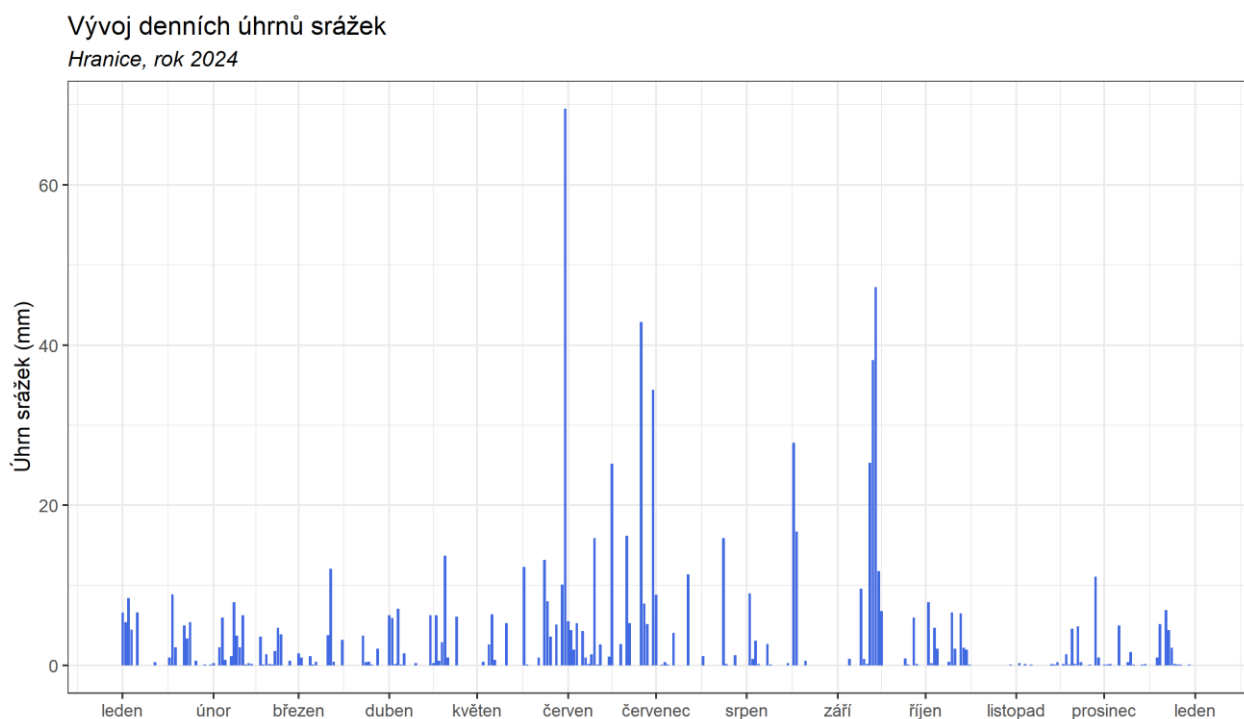


Obr. 8: Průměrné měsíční relativní vlhkosti vzduchu, Hranice, rok 2024

## 2.5 SRÁŽKY

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

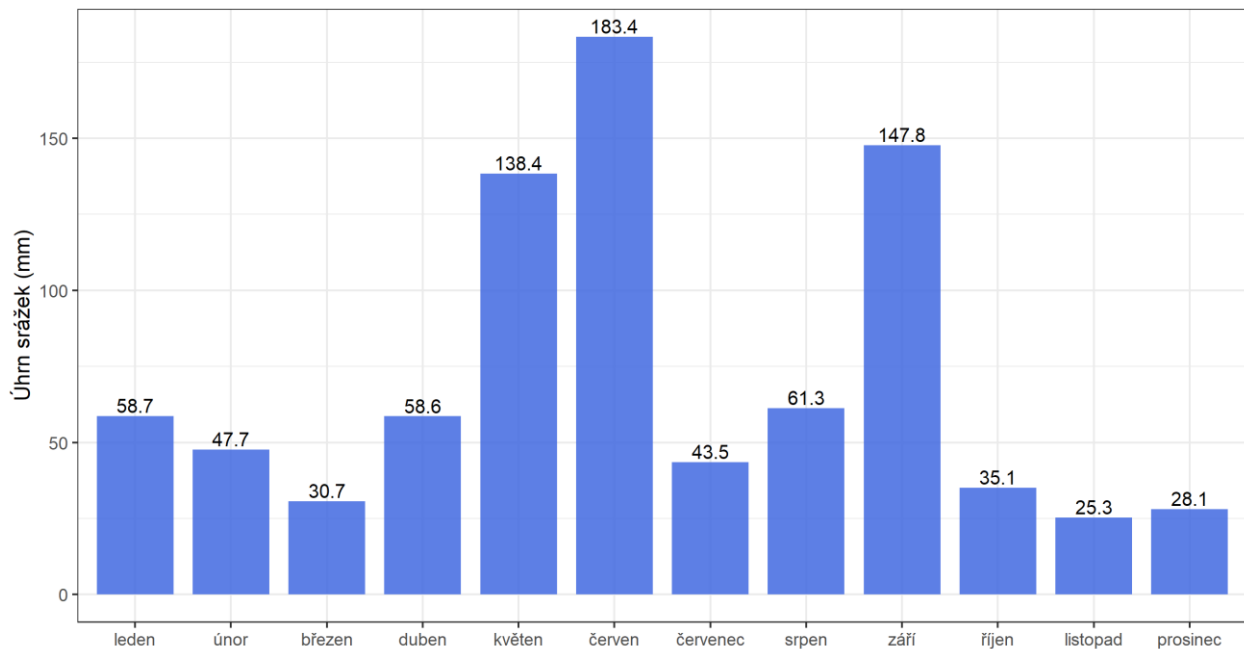
Následující *Obr. 9* zobrazuje denní úhrn srážek v lokalitě Hranice. Následující graf na *Obr. 10* zobrazuje měsíční úhrny srážek. Z grafů vyplývá, že nejvyšší úhrn srážek byly v této lokalitě měřeny v červnu a září (183.4 mm resp. 147.8 mm). Nejnižší úhrn srážek pak byly měřeny v listopadu a prosinci (25.3 mm resp. 28.1 mm). Méně než 30 mm srážek v měsíčním úhrnu se vyskytlo v prosinci a listopadu.



*Obr. 9: Denní úhrn srážek, Hranice, rok 2024*

## Vývoj měsíčních úhrnů srážek

Hranice, rok 2024



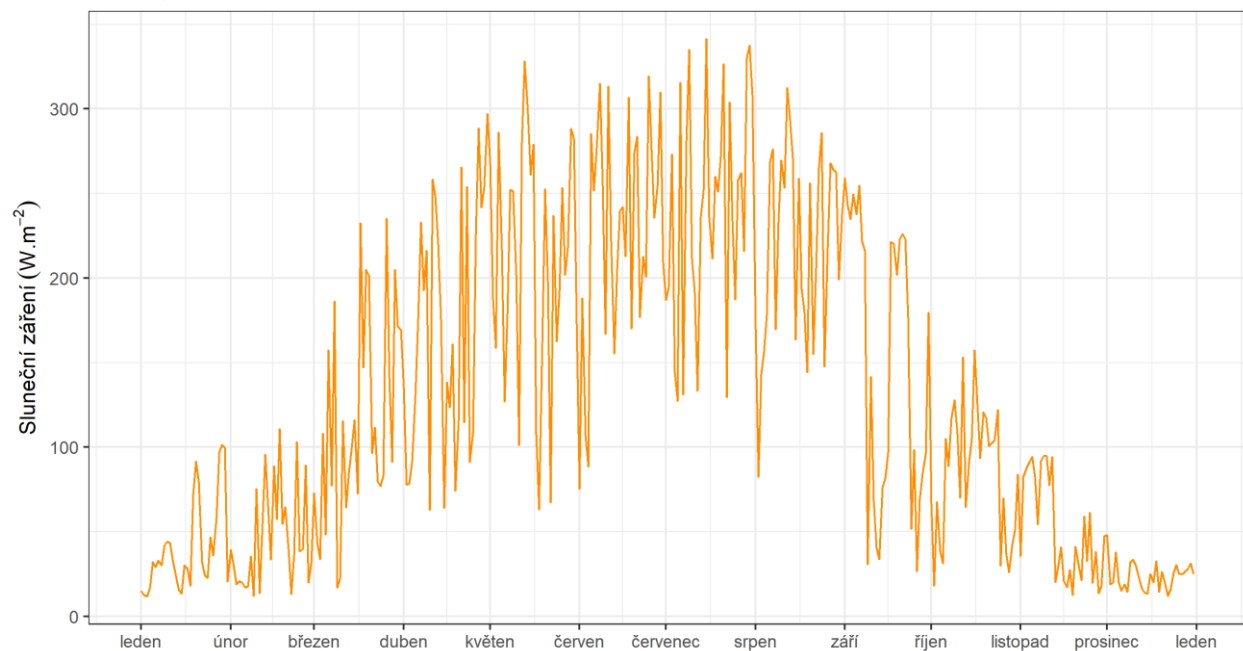
Obr. 10: Měsíční úhrn srážek, Hranice, rok 2024

## 2.6 SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ

Koncentrace přízemního ozónu velmi výrazně ovlivňuje sluneční záření. Přízemní ozón se tvoří fotochemickou reakcí. Aby reakce vůbec proběhla, nutně vyžaduje sluneční záření. S rostoucím slunečním zářením tedy rostou koncentrace přízemního ozónu, naopak při nižších hodnotách slunečního záření (převážně v zimě) jsou koncentrace přízemního ozónu pouze nízké.

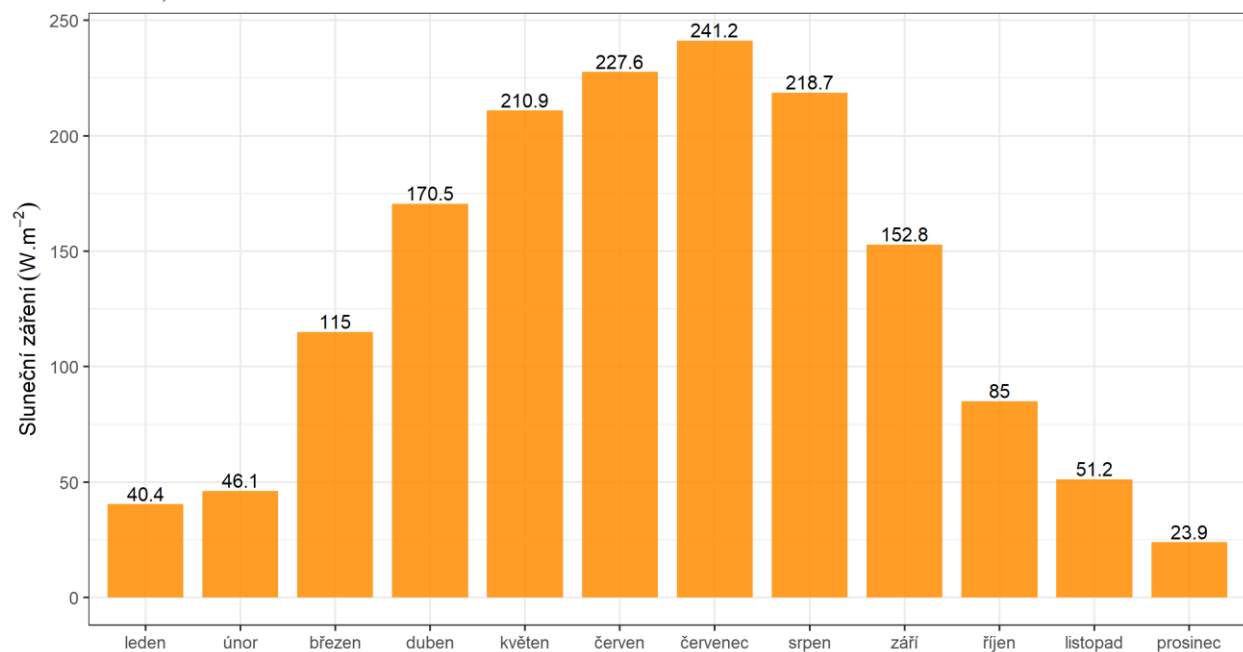
Následující Obr. 11 průměrné denní hodnoty slunečního záření v lokalitě Hranice. Následující graf na Obr. 12 zobrazuje průměrné měsíční hodnoty. Z grafů vyplývá, že v průměru nejvíce se slunečního záření v této lokalitě vyskytovalo v červenci a červnu ( $241.2$  resp.  $227.6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ). Nejméně slunečního záření pak bylo zaznamenáno v prosinci a lednu ( $23.9$  resp.  $40.4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

Vývoj průměrných denních hodnot slunečního záření  
Hranice, rok 2024



Obr. 11: Denní hodnoty slunečního záření, Hranice, rok 2024

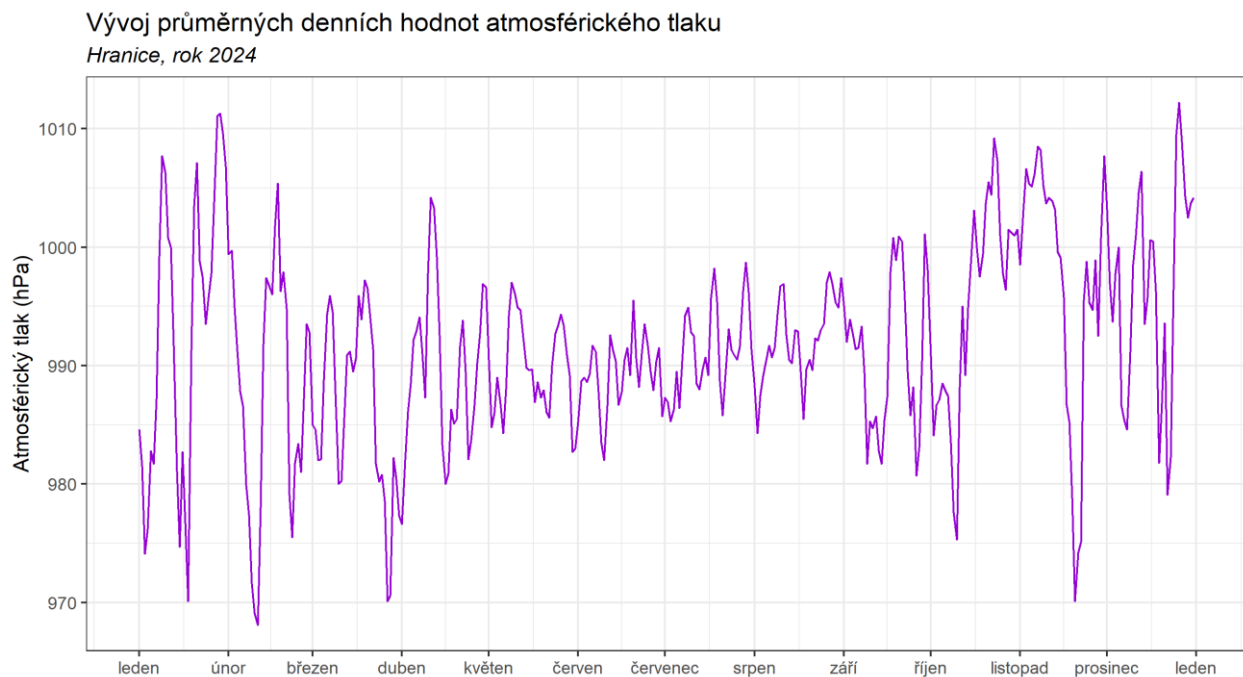
Vývoj průměrných měsíčních hodnot slunečního záření  
Hranice, rok 2024



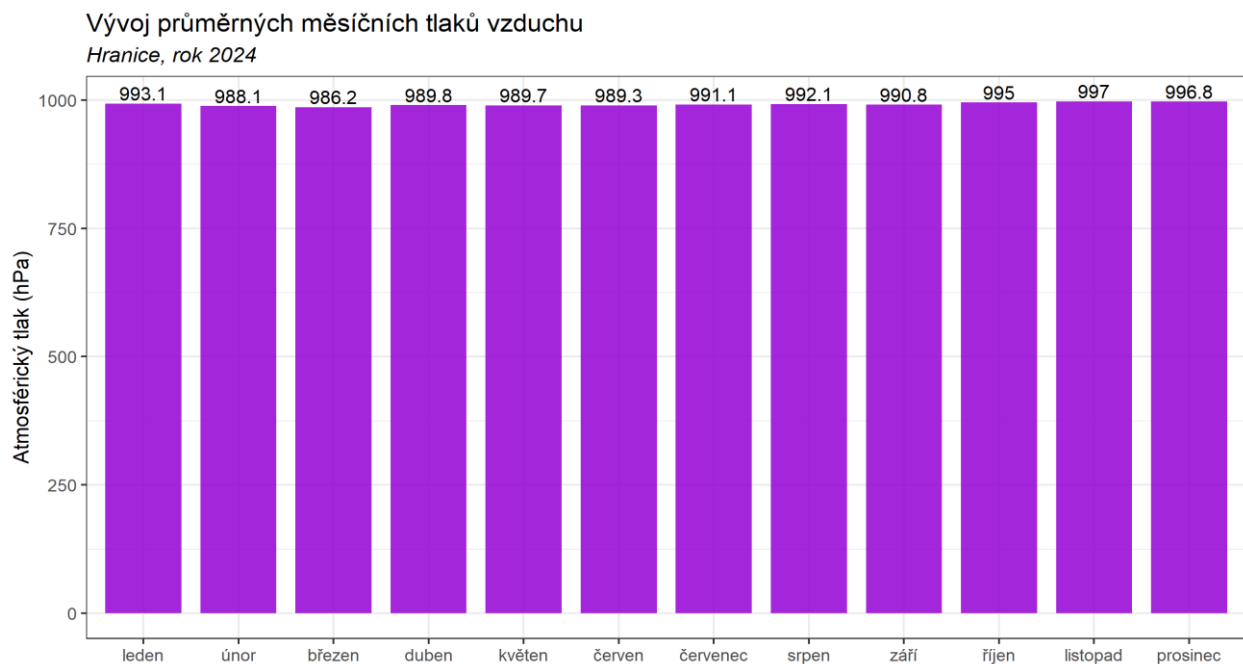
Obr. 12: Měsíční hodnoty slunečního záření, Hranice, rok 2024

## 2.7 ATMOSFÉRICKÝ TLAK

Následující *Obr. 13* a *Obr. 14* zobrazují průměrné denní a měsíční hodnoty atmosférického tlaku v lokalitě Hranice. Z grafů vyplývá, že nejvyšší hodnoty tlaku se v této lokalitě vyskytovaly v listopadu a prosinci (997 resp. 996.8 hPa). Nejnižší hodnoty tlaku pak byly zaznamenány v březnu a únoru (986.2 resp. 988.1 hPa).



*Obr. 13: Průměrné denní hodnoty atmosférického tlaku, Hranice, rok 2024*



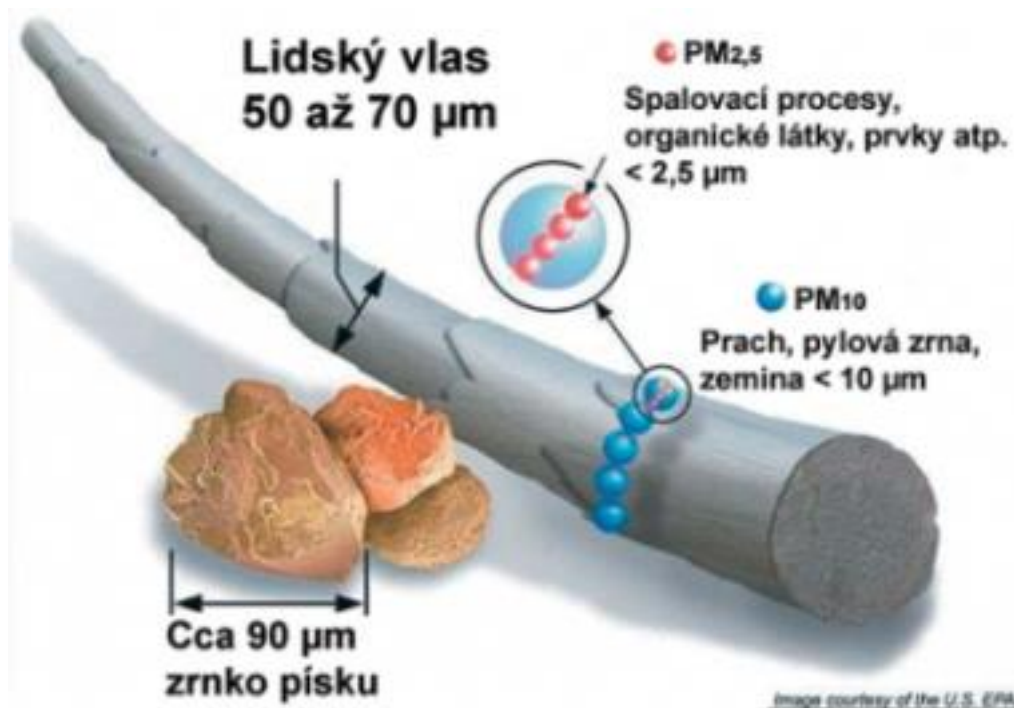
*Obr. 14: Průměrné měsíční hodnoty atmosférického tlaku, Hranice, rok 2024*

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

Z hlediska platné legislativy [1] jsou v ovzduší sledovány dvě velikostní frakce suspendovaných částic. Jedná se o hrubší frakci PM<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. 15.

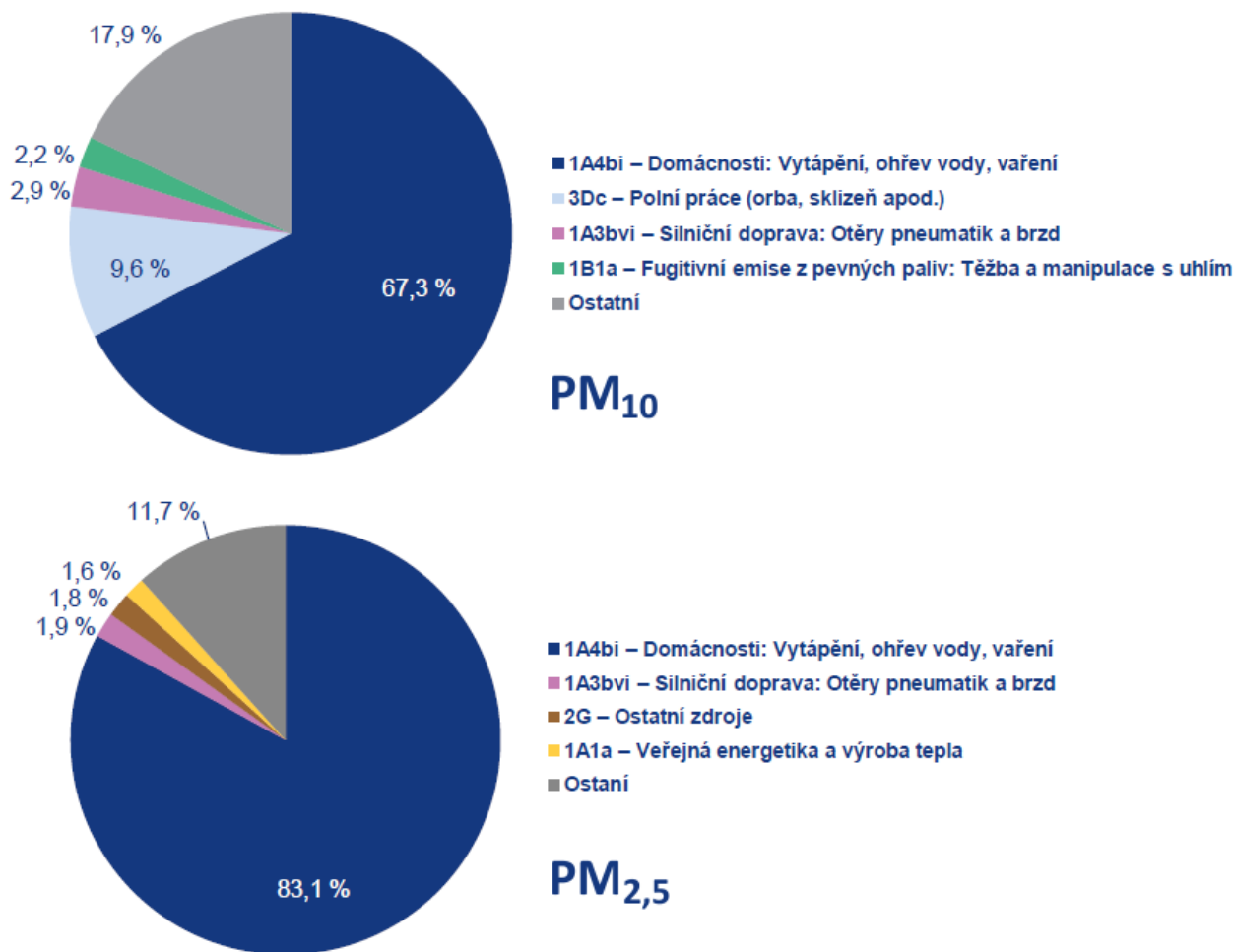


Obr. 15: Srovnání velikostí částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> s lidským vlasem a zrnkem písku. Zdroj: US EPA

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.). Zahrnuti jsou rovněž emise z otěrů pneumatik, brzdového obložení a abraze vozovek vypočítávané z dopravních výkonů. Kvalitu ovzduší ovlivňuje rovněž resuspenze částic (znovuzvíření), která do standardně prováděných emisních inventur není zahrnuta.



Mezi hlavní zdroje emisí částic v roce 2023 patřil sektor 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami PM<sub>10</sub> 67,3 % a PM<sub>2,5</sub> 83,1 %. 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 9,6 % emisí PM<sub>10</sub>. Z hlediska účinku na lidské zdraví jsou velkým rizikem emise částic pocházející z dopravy, především ze spalování paliv ve vznětových motorech, které produkují částice o velikosti jednotek až stovek nanometrů [7]. Mobilní zdroje se na emisích PM<sub>10</sub> v roce 2022 podílely 7,0 % a na emisích PM<sub>2,5</sub> 6,1 % [8].



Obr. 16: Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM<sub>10</sub> (nahore) a PM<sub>2,5</sub> (dole) v ČR, rok 2023 [8]

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

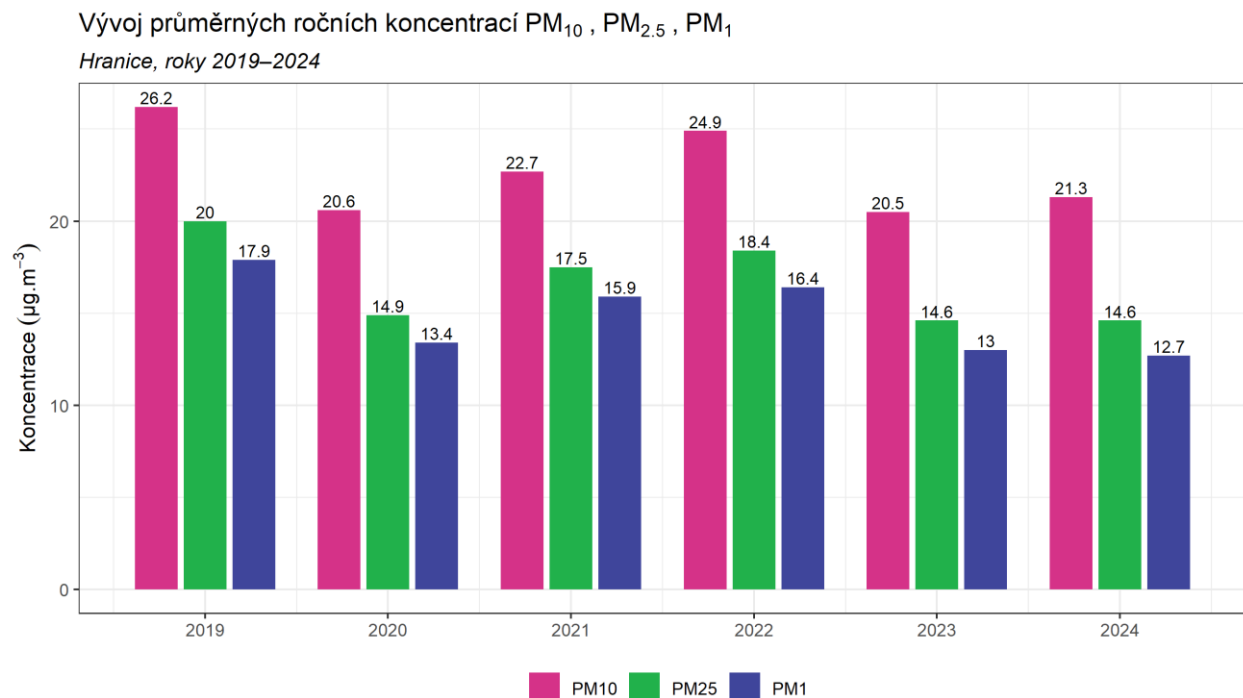
řadou faktorů, jako je například aktuální zdravotní stav jedince, alergická dispozice nebo kouření. Citlivou skupinou jsou děti, starší lidé a lidé trpící onemocněním dýchací a oběhové soustavy. Nejzávažnější zdravotní dopady, tj. kardiovaskulární a respirační účinky a navýšení úmrtnosti, mají jemné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

### 3.1.1 PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE PM

**Průměrná roční koncentrace  $\text{PM}_{10}$  činila v roce 2024 v lokalitě Hranice  $21.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ . Imisní limit tedy překročen nebyl. Průměrná roční koncentrace  $\text{PM}_{2,5}$  činila v roce 2024 v lokalitě Hranice  $14.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ . Imisní limit tedy překročen nebyl.**

Průměrná roční koncentrace  $\text{PM}_1$  činila v roce 2024 v lokalitě Hranice  $12.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Následující Obr. 17 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  a  $\text{PM}_1$  v lokalitě Hranice. V roce 2024 byl zaznamenán pokles koncentrací  $\text{PM}_1$  o  $0.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  (2.3 %) oproti roku 2023 a o  $5.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  (29.1 %) ve srovnání s rokem 2019. U koncentrací  $\text{PM}_{10}$  byl oproti roku 2023 naměřen nárůst o  $0.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  (3.9 %), zatímco proti roku 2019 došlo k poklesu o  $4.9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  (18.7 %). Koncentrace  $\text{PM}_{2,5}$  k roku 2023 nevykázaly změnu, avšak v porovnání s rokem 2019 byly nižší o  $5.4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  (27 %). Relativní vývoj koncentrací jednotlivých frakcí PM vzhledem k počátečnímu roku měření zobrazuje následující graf na Obr. 18. Rok 2019 zde pro každou škodlivinu představuje 100 % a křivka zobrazuje relativně vývoj koncentrací vůči tomuto roku. Čárkovane je pak zobrazena křivka lineární regrese pro jednotlivé frakce.



Obr. 17: Vývoj průměrných ročních koncentrací PM, Hranice, rok 2024

Vývoj relativních ročních koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub>  
 Hranice, roky 2019–2024 (normalizováno na 2019 = 100 %)



Obr. 18: Vývoj relativních ročních koncentrací PM proti počátečnímu roku měření (2019), Hranice, rok 2024

Nejvíce klesají koncentrace PM<sub>1</sub>, které byly naměřeny s ročním průměrným poklesem o  $0.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  a relativním poklesem o 4.3 % ( $R^2 = 0.44$ ). Následují koncentrace PM<sub>2,5</sub>, u kterých byl průměrný roční pokles naměřen ve výši  $0.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  a relativní pokles byl zjištěn o 3.9 % ( $R^2 = 0.39$ ). Koncentrace PM<sub>10</sub> klesají průměrně o  $0.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  ročně a relativní pokles byl zaznamenán o 2.5 % ročně ( $R^2 = 0.26$ ).

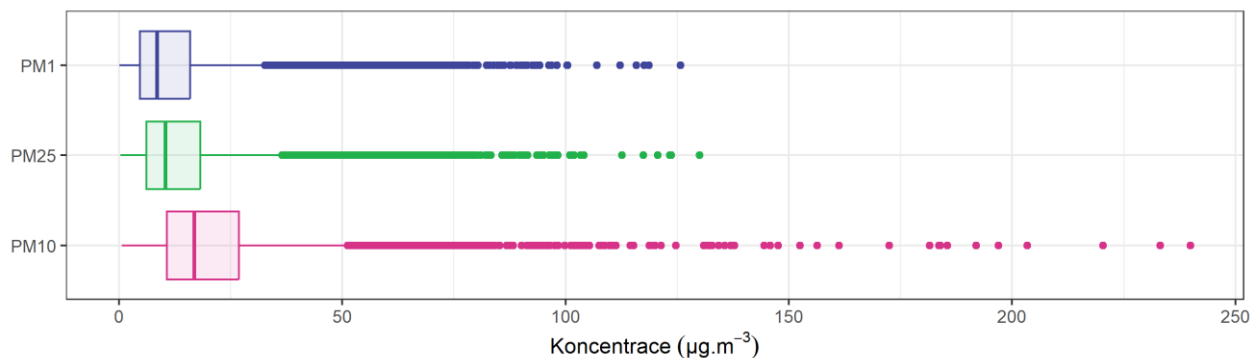
Následující Tab. 3 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé frakce PM. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2024 pak zobrazuje Obr. 19.

Tab. 3: Statistické charakteristiky hodinových koncentrací PM v lokalitě Hranice, rok 2024

| STATISTIKA | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2,5</sub> | PM <sub>1</sub> |
|------------|------------------|-------------------|-----------------|
| PRŮMĚR     | 21.3             | 14.6              | 12.7            |
| MAXIMUM    | 239.9            | 130.0             | 125.8           |
| MEDIÁN     | 16.9             | 10.4              | 8.5             |
| MINIMUM    | 0.6              | 0.3               | 0.1             |

## Statistické zpracování hodinových koncentrací PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub>

Hranice, rok 2024



Obr. 19: Statistické zpracování hodinových koncentrací PM v lokalitě Hranice, rok 2024

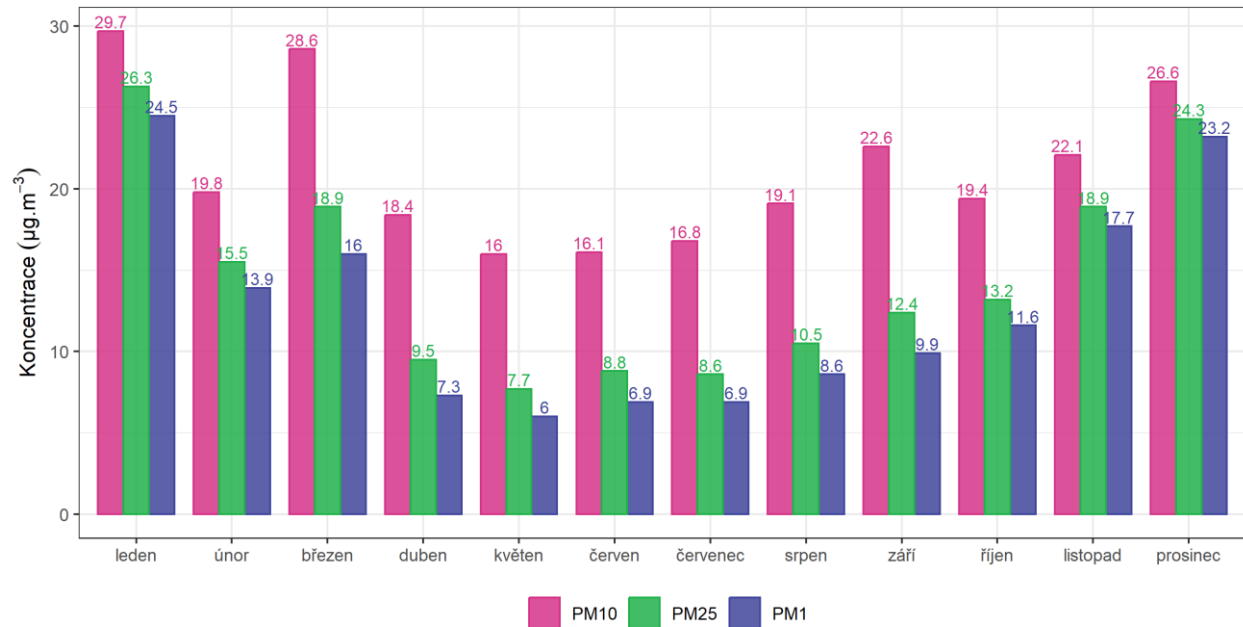
### 3.1.2 PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE

Na Obr. 20 jsou průměrné měsíční koncentrace PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub>. Koncentrace bývají zpravidla vyšší v topné sezóně díky lokálním topeništím (majoritní zdroj PM). Z grafů vyplývá, že nejvyšší koncentrace PM byly v této lokalitě měřeny v lednu a březnu (29.7, resp. 28.6 µg·m<sup>-3</sup>). Nejnižší koncentrace pak byly měřeny v květnu a červnu (16, resp. 16.1 µg·m<sup>-3</sup>).

Průměrné měsíční zastoupení jemnějších frakcí v PM<sub>10</sub> zobrazuje Obr. 21. V chladné části roku bývá zpravidla jemnější a nebezpečnější frakce zastoupena podstatně více než v létě. Nejvyšší zastoupení jemnějších frakcí v PM<sub>10</sub> bylo naměřeno v prosinci (88.7 % PM<sub>2,5</sub> v PM<sub>10</sub>, resp. 84.1 % PM<sub>1</sub> v PM<sub>10</sub>). Nejnižší zastoupení pak bylo naměřeno v květnu (49.4 % PM<sub>2,5</sub> v PM<sub>10</sub>, resp. 38.6 % PM<sub>1</sub> v PM<sub>10</sub>).

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

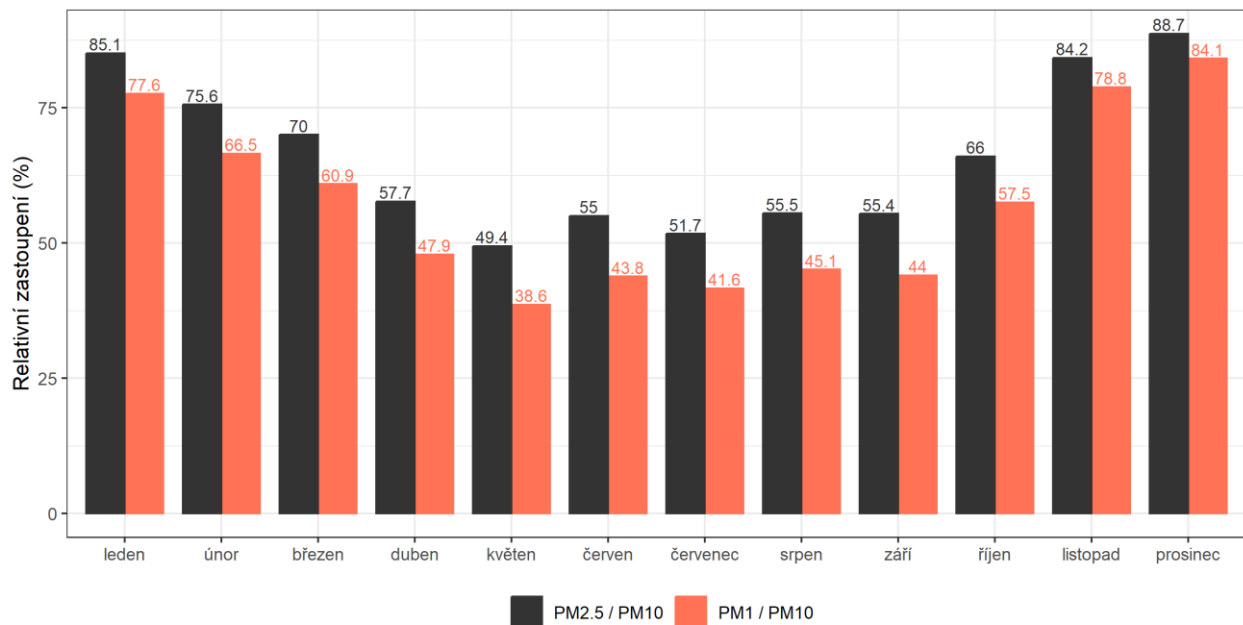
Hranice, rok 2024



Obr. 20: Průměrné měsíční koncentrace PM v lokalitě Hranice, rok 2024

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

Hranice, rok 2024



Obr. 21: Průměrné měsíční zastoupení PM<sub>2.5</sub> v PM<sub>10</sub> a PM<sub>1</sub> v PM<sub>10</sub>, Hranice, rok 2024

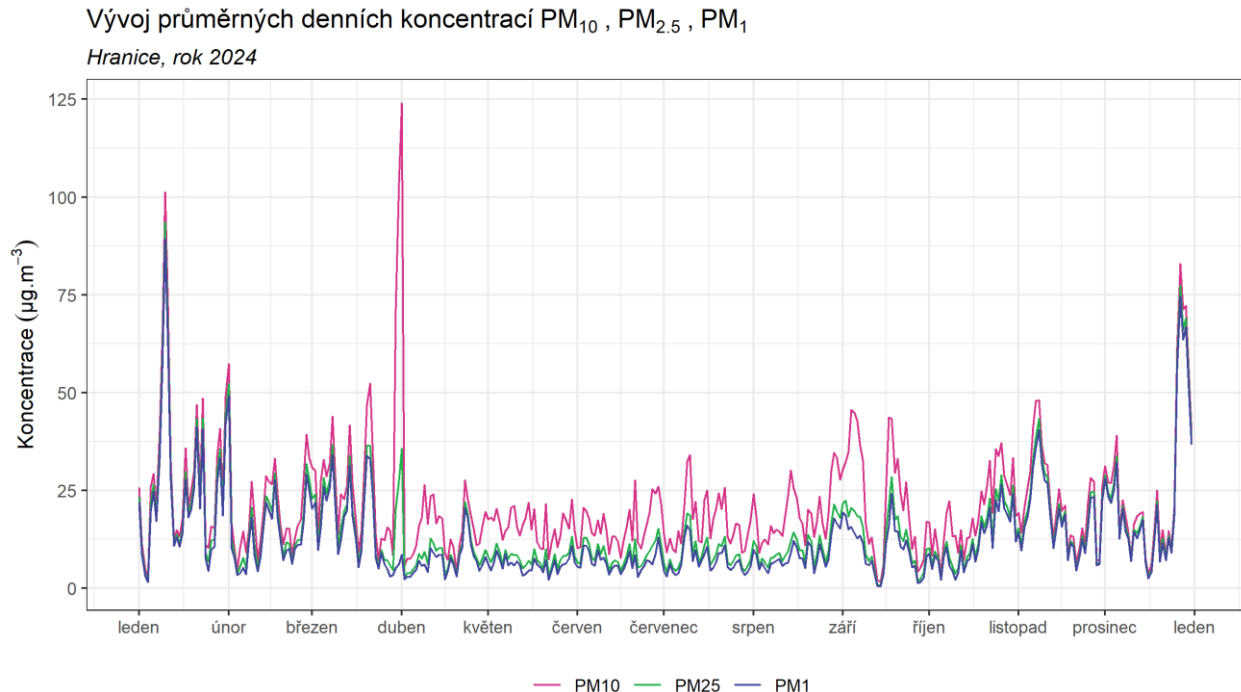
### 3.1.3 PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE

Vývoj průměrných denních koncentrací  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$  v lokalitě Hranice zobrazuje následující *Obr. 22*. Z grafu je patrné, že koncentrace jemnějších frakcí do značné míry kopírují hrubší frakci  $PM_{10}$  a z velmi velké části tak  $PM_{10}$  tvoří.

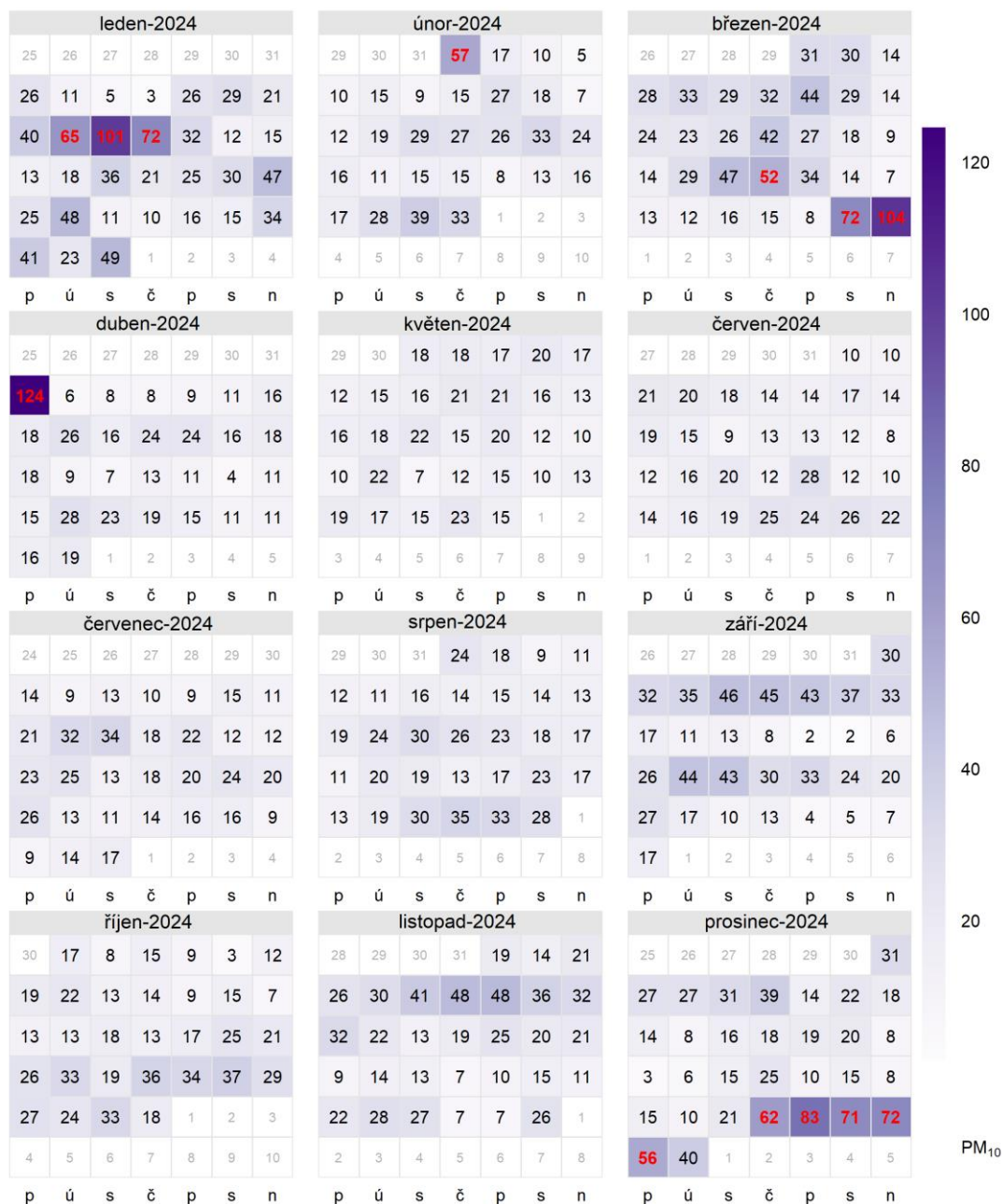
Průměrné denní koncentrace vyšší, než je hodnota imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci  $PM_{10}$  ( $50 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) se vyskytují převážně v chladné části. V měsících červen–září, kdy nejsou v provozu lokální topeniště a jsou příznivější rozptylové podmínky, bývají koncentrace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

Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu v jednotlivých měsících zobrazuje následující *Obr. 24*. V roce 2024 došlo alespoň k jednomu překročení v těchto měsících: leden, únor, březen, duben, prosinec. Nejvíce překročení bylo zaznamenáno v měsíci prosinci (5 překročení). V tento měsíc byly rovněž měřeny velmi nízké teploty a muselo se tedy intenzivněji topit (*Obr. 6*). Celkově došlo v kalendářním roce 2024 k 13 překročením. **Imisní limit pro průměrnou denní koncentraci  $PM_{10}$  tedy překročen nebyl.** Zákon umožňuje za kalendářní rok 35 překročení této hodnoty.

Nejvyšší průměrná denní koncentrace  $PM_{10}$  byla naměřena dne 01. 04. 2024 a měla hodnotu  $124 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ . Na přelomu března a dubna byly měřeny vysoké koncentrace i na dalších stanicích při proudění z jihu až jihovýchodu. Byl to důsledek dálkového transportu – saharského písku. [11] V kalendářovém zobrazení na *Obr. 23*) je možné dobře vidět, ve které měsíce a dny byly naměřeny nadlimitní koncentrace  $PM_{10}$ .



*Obr. 22: Vývoj průměrných denních koncentrací PM, Hranice, rok 2024*

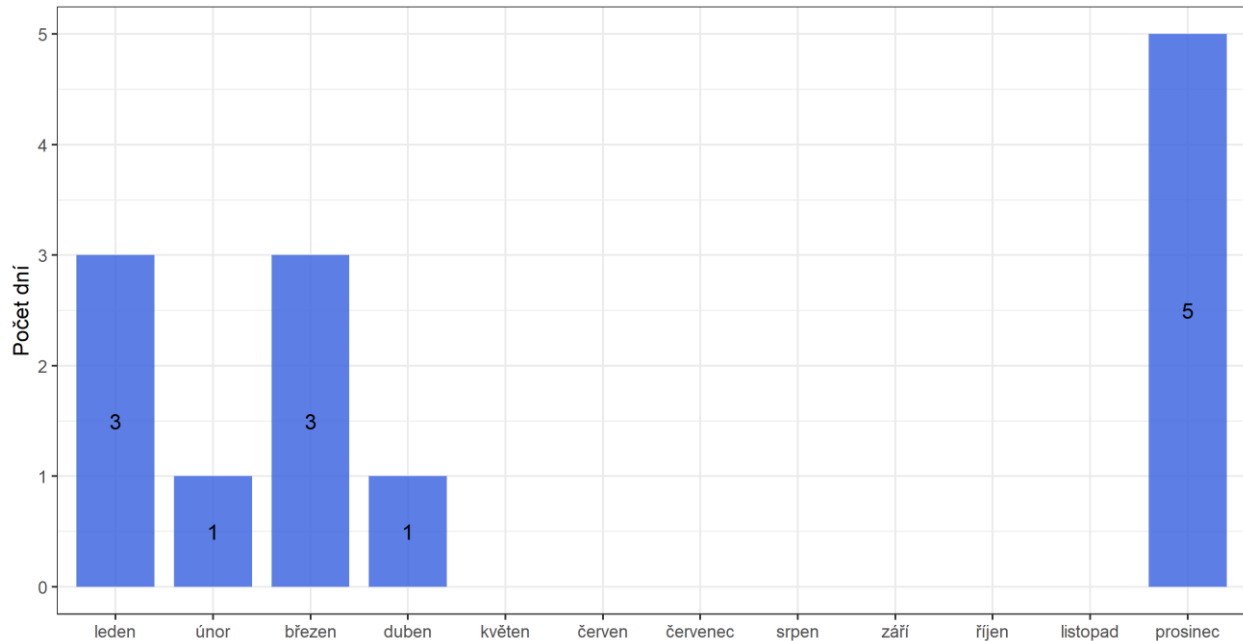


Obr. 23: Kalendářové zobrazení s hodnotami průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub>, Hranice, rok 2024

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. 25. V případě obou charakteristik došlo k nárůstu proti předchozímu roku. Počet dní s průměrnou denní koncentrací PM<sub>10</sub> vyšší než 50 µg·m<sup>-3</sup> vzrostl v roce 2024 proti roku 2023 o 3 dny, 36. nejvyšší koncentrace PM<sub>10</sub> vzrostla o 12.1 µg·m<sup>-3</sup> (51.1 %).

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

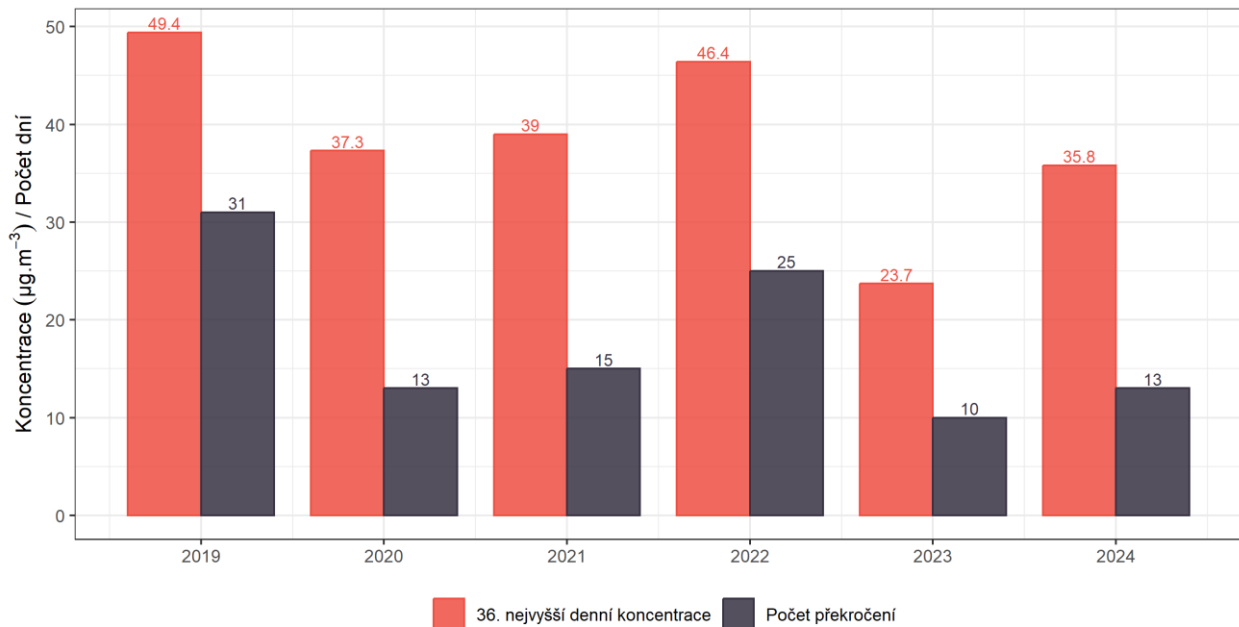
Hranice, rok 2024



Obr. 24: Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub> v jednotlivých měsících, Hranice, rok 2024

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

Hranice, rok 2024



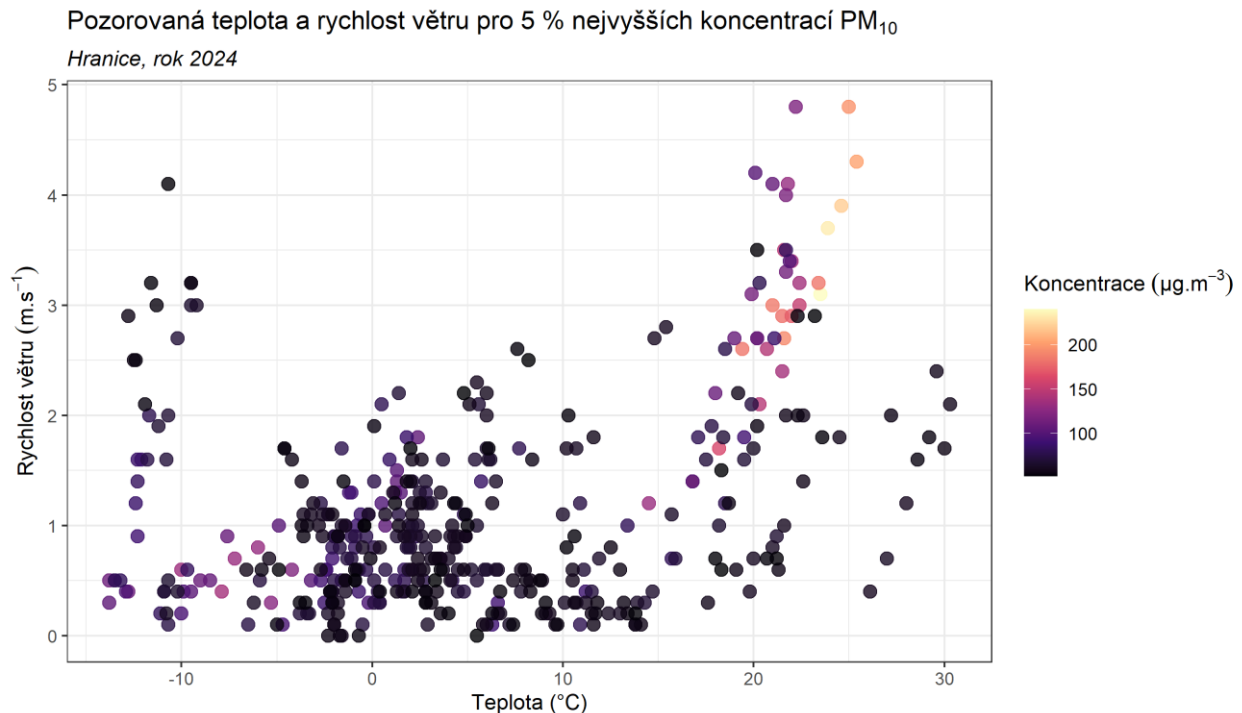
Obr. 25: Vývoj 36. nejvyšší denní koncentrace PM<sub>10</sub> a počtu dní s překročením hodnoty imisního limitu pro denní koncentraci PM<sub>10</sub>, Hranice, rok 2024



Vzhledem k tomu, že jsou trend a z velké části i hodnoty  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$  téměř totožné (Obr. 22), bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro  $PM_{10}$ , avšak totéž platí i pro jemnější frakce.

Obr. 26 zobrazuje, při jakých teplotách a rychlostech větru se vyskytuje 5 % nejvyšších hodinových koncentrací  $PM_{10}$  naměřených v lokalitě Hranice v roce 2024. Z analýzy těchto 5 % nejvyšších koncentrací  $PM_{10}$  lze vyčíst, že nejčastěji se tyto koncentrace vyskytují při teplotě kolem  $-2.1\text{ }^{\circ}\text{C}$  a rychlosti větru přibližně  $0.4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Je však taky patrné, že nejvyšší hodnoty (kolem  $200\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) se vyskytují při teplotách nad  $20^{\circ}\text{C}$  a vyšších rychlostech větru. Tyto hodnoty byly zaznamenány při v pádu teplého vzduchu nesoucí saharský prach na přelomu března a dubna.

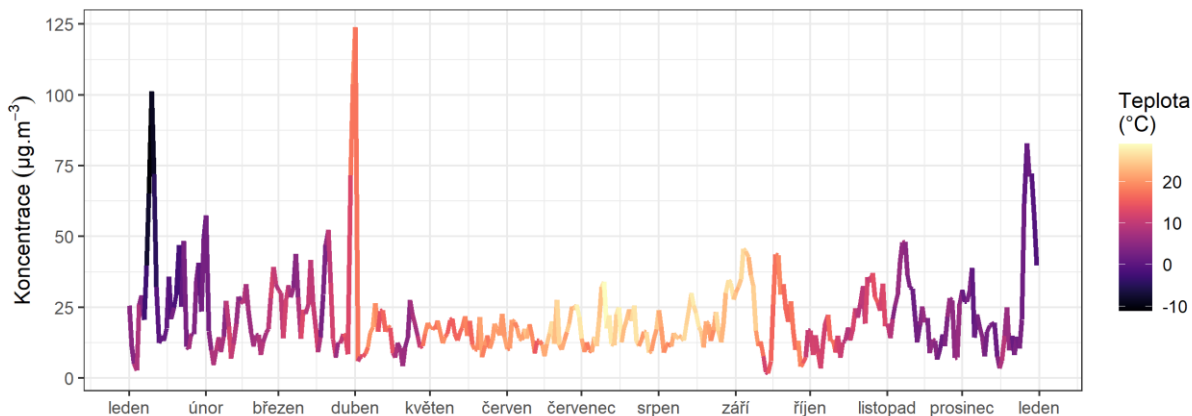
Na Obr. 27 jsou nad sebou zobrazeny tři grafy. Křivka vždy zobrazuje vývoj koncentrací  $PM_{10}$ , zbarvení křivky na horním grafu vždy zobrazuje aktuální teplotu vzduchu, v prostředním grafu pak rychlost proudění větru a ve spodním grafu relativní vlhkost. Grafy pak potvrzují, co bylo patrné na předchozím grafu. Vyšší koncentrace  $PM_{10}$  jsou měřeny při nízkých teplotách a nízkých rychlostech větru a spíše při vyšší relativní vlhkosti vzduchu. To jsou podmínky charakteristické pro teplotní inverzi. Nízké teploty se dále promítnou do potřeby více topit, takže se zvyšují emise z lokálních topenišť – v chladné části roku nejvýznamnější zdroj prašnosti. Nízké rychlosti větru pak zabraňují dostatečnému rozptylu škodlivin a koncentrace se tak neustále zvyšují.



Obr. 26: Pozorovaná teplota a rychlost větru pro 5 % nejvyšších koncentrací  $PM_{10}$ , Hranice, rok 2024

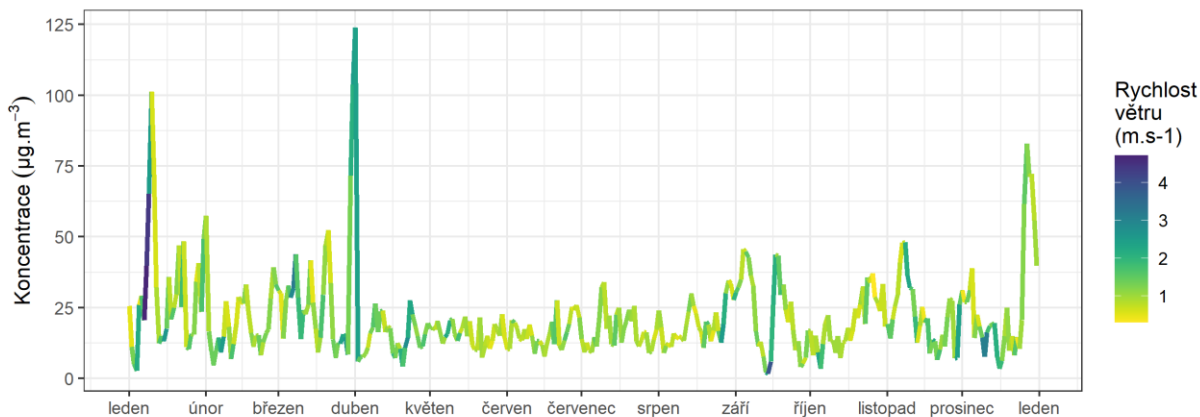
### Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> v závislosti na teplotě vzduchu

Hranice, rok 2024



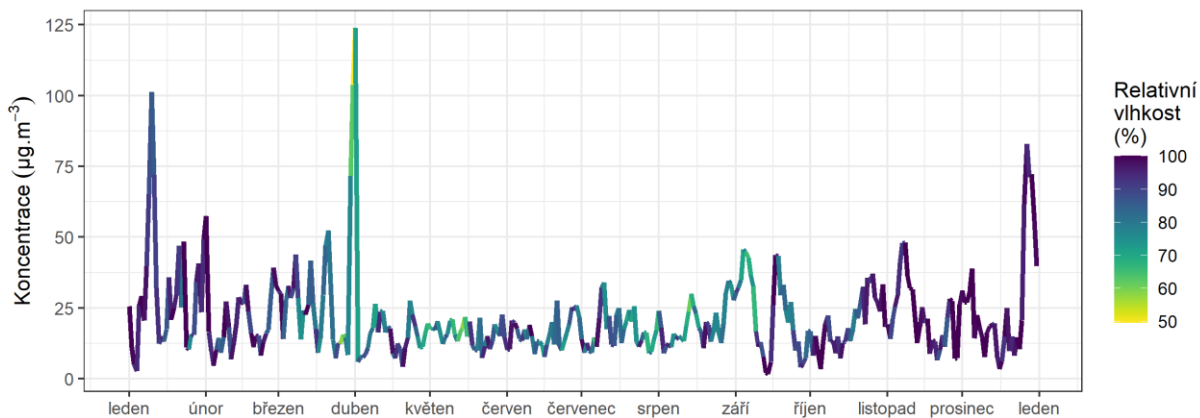
### Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> v závislosti na rychlosti větru

Hranice, rok 2024



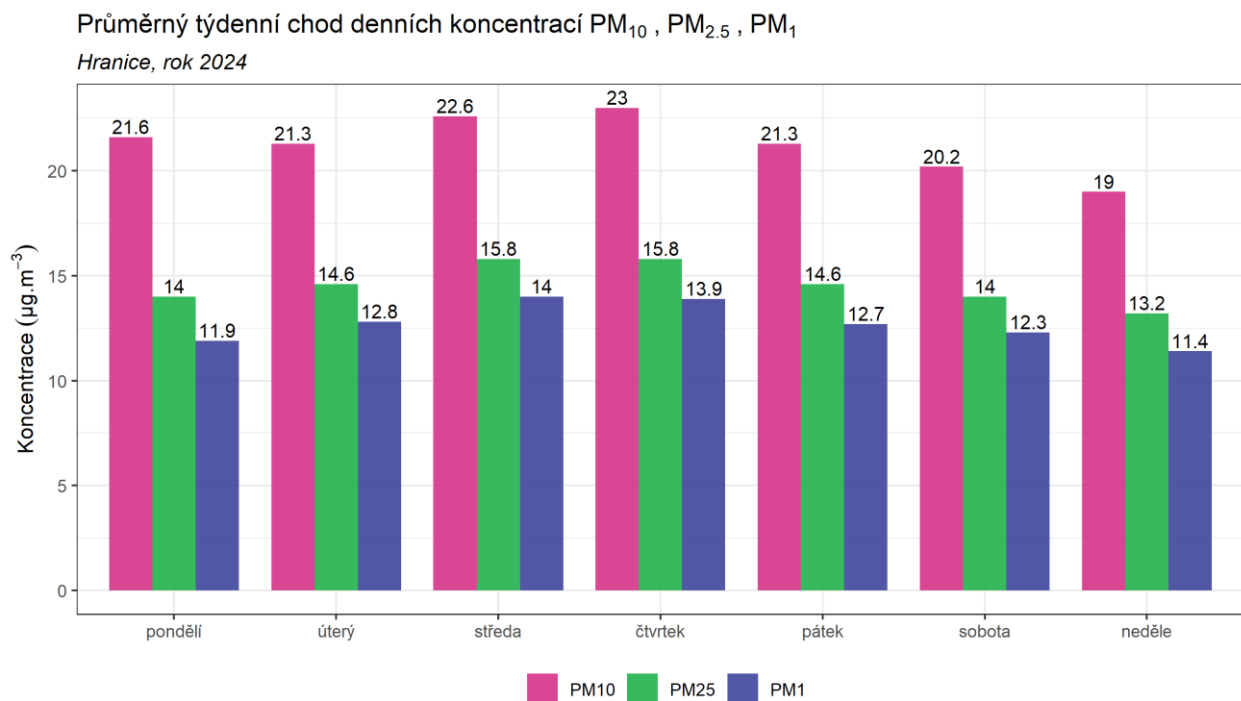
### Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Hranice, rok 2024



Obr. 27: Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace PM<sub>10</sub>, Hranice, rok 2024

Graf na Obr. 28 posuzuje denní koncentrace  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  a  $PM_1$  z hlediska dne v týdnu. V průměru nejvyšší průměrná koncentrace  $PM_{10}$  byla v roce 2024 naměřena v čtvrtek s hodnotou  $23 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ . Naopak nejnižší průměrná koncentrace  $PM_{10}$  byla naměřena v neděli s hodnotou  $19 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ .



Obr. 28: Průměrný týdenní chod denních koncentrací PM, Hranice, rok 2024

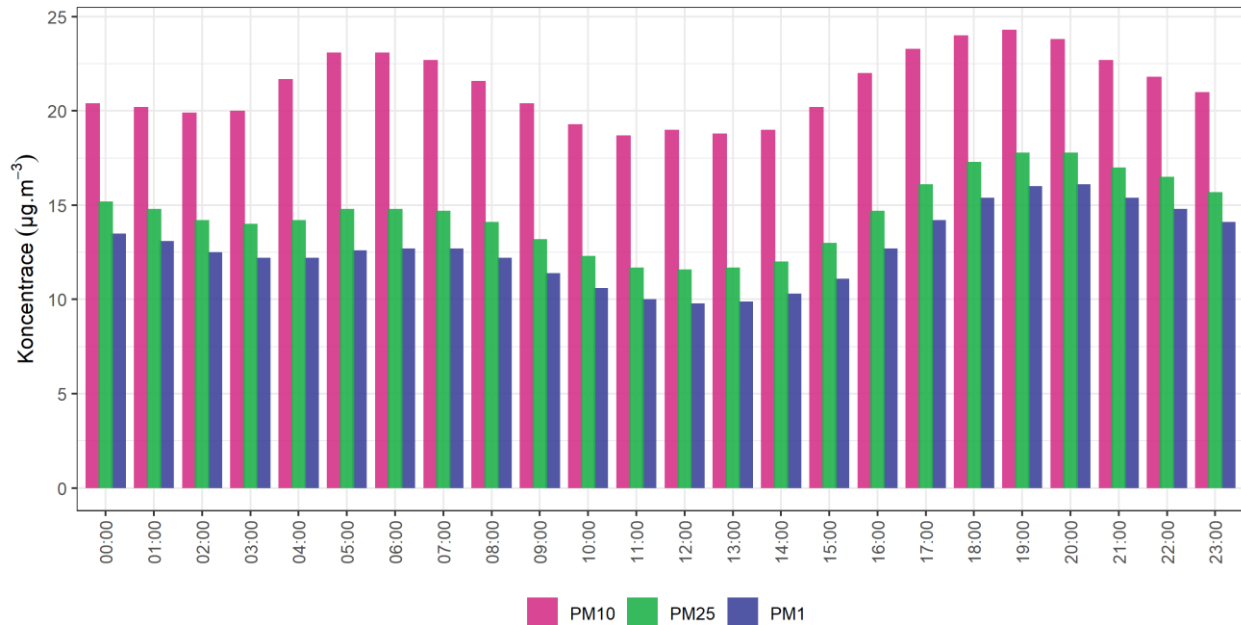
### 3.1.4 ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  a  $PM_1$  v lokalitě Hranice. Denní chod koncentrací  $PM_{10}$  zobrazuje Obr. 29.

Z grafů je patrné, že nejvyšší hodnoty koncentrací  $PM_{10}$  jsou dosahovány ve večerních a nočních hodinách. Je to velmi pravděpodobně důsledek návratu lidí z práce a zatopení v lokálních topeništích, které plošně navýší hodnoty koncentrací prašnosti v celém území. Svůj vliv mají také rozptylové podmínky, které bývají v noci horší. V datech je dále viditelná menší ranní špička související zřejmě s provozem při odchodu do práce či školy. V průměru nejvyšší koncentrace  $PM_{10}$  byly měřeny v 19:00 s hodnotou  $24.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ . Nejnižší koncentrace  $PM_{10}$  pak byly naměřeny v 11:00 s hodnotou  $18.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ .

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

Hranice, rok 2024



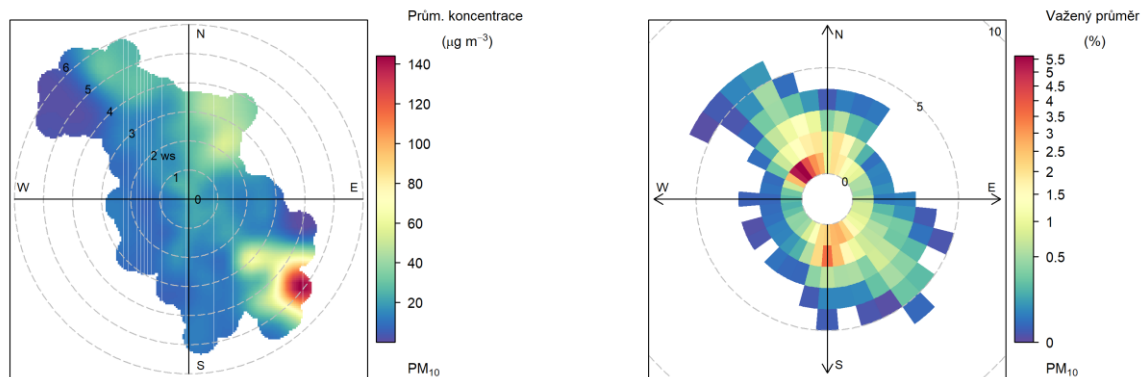
Obr. 29: Průměrný týdenní chod denních koncentrací PM, Hranice, rok 2024

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

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

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

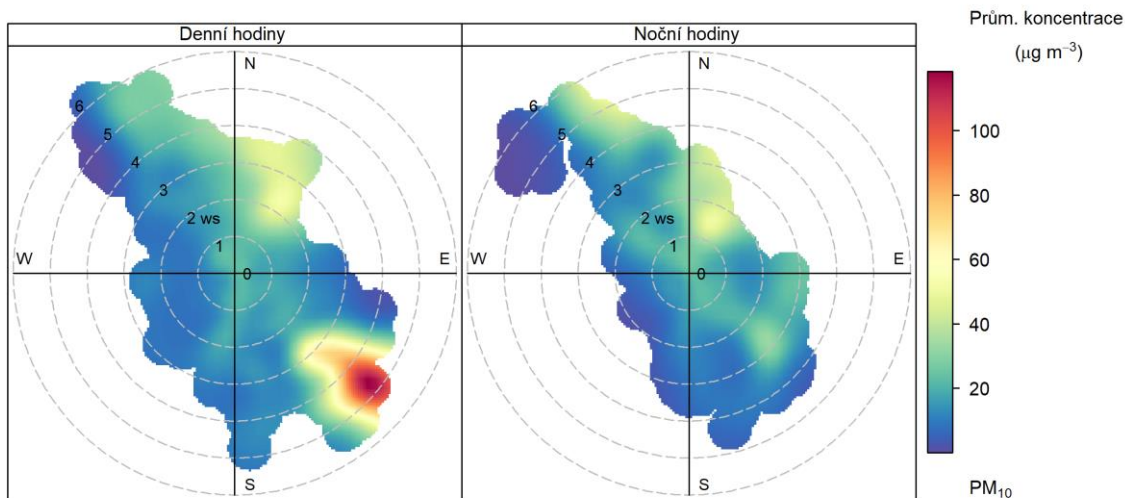
Následující Obr. 30 zobrazuje tyto dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Hranice.



Obr. 30: Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro  $PM_{10}$ , Hranice, rok 2024

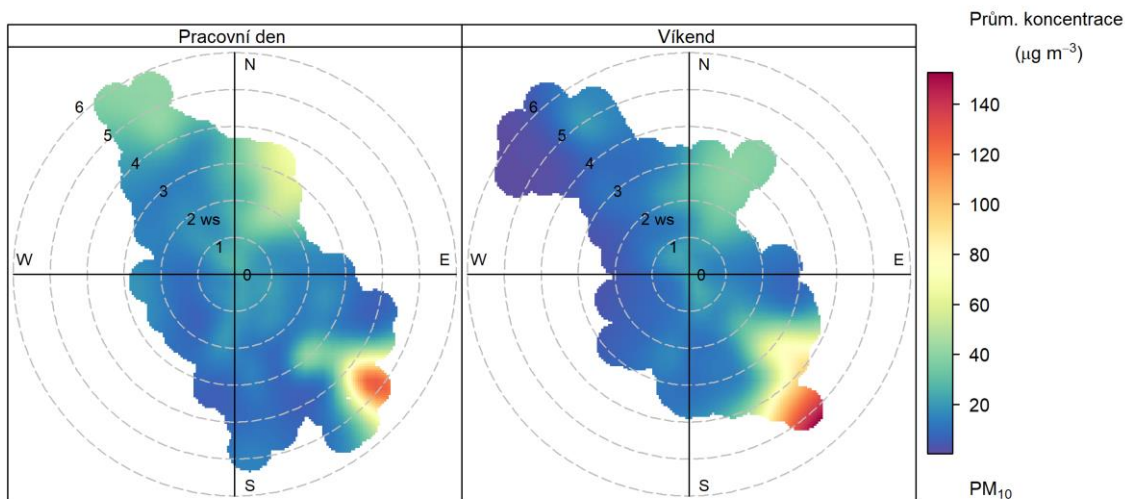
Nejvyšší koncentrace ( $144 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) byla naměřena při proudění z jihovýchodu a rychlosti větru  $4.9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Nejvyšší vážená koncentrace  $PM_{10}$  (2.4 %) byla zaznamenána při větru o rychlosti  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ze severozápadu.

Na následujícím Obr. 31 je koncentrační růžice rozdělená na den a noc. Vyšší koncentrace  $PM_{10}$  byla zaznamenána během denních hodin, kdy byla naměřena maximální hodnota ( $118 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Maximální koncentrace  $PM_{10}$  během denních hodin byla zjištěna při větru o rychlosti  $4.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  proudícím z jihovýchodu. Během nočních hodin byla nejvyšší zaznamenaná koncentrace  $PM_{10}$  ( $51 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) naměřena při rychlosti větru  $1.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , přičemž směr proudění byl ze severovýchodu.



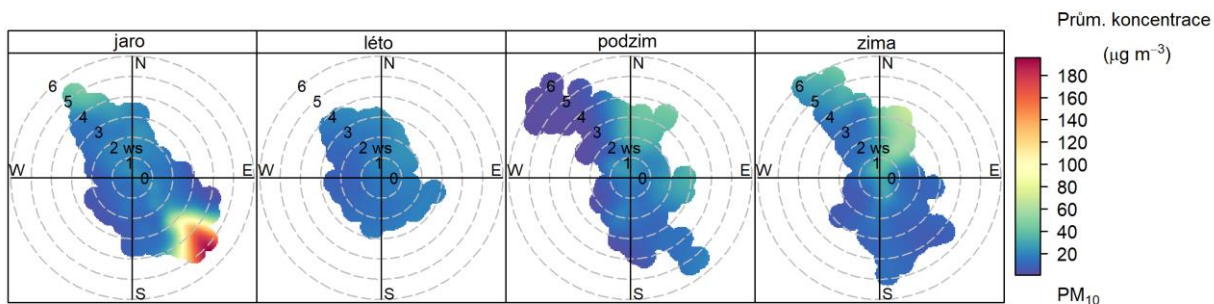
Obr. 31: Koncentrační růžice  $PM_{10}$  v denních a nočních hodinách, Hranice, rok 2024

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendové dny Obr. 32. Vyšší koncentrace  $PM_{10}$  byla zaznamenána o víkendu, kde byla naměřena hodnota  $153 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Během pracovního dne byla zaznamenána maximální hodnota koncentrace  $PM_{10}$  na úrovni  $127 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Nejvyšší koncentrace o víkendu ( $153 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) byla naměřena při proudění z jihovýchodu a rychlosti větru  $5.3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . V pracovní den byla nejvyšší koncentrace  $127 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  naměřena při proudění z jihovýchodu a rychlosti větru  $4.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .



Obr. 32: Koncentrační růžice  $PM_{10}$  v pracovní dny a o víkendu, Hranice, rok 2024

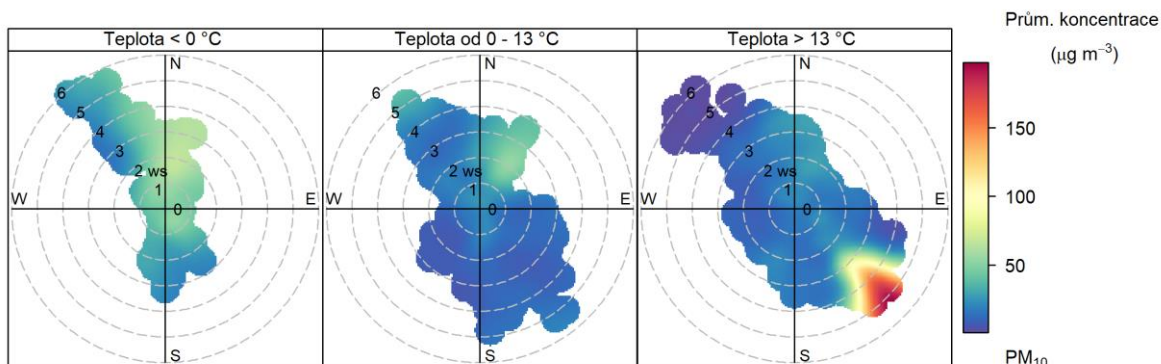
Následující Obr. 33 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Nejvyšší koncentrace  $PM_{10}$  ( $196 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) byla naměřena v období jara. V tomto ročním období byla maximální koncentrace  $PM_{10}$  naměřena při proudění z jihovýchodu a rychlosti větru  $5.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . V letním období byla naměřena maximální koncentrace  $PM_{10}$  ( $25 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) při proudění z východu a rychlosti větru  $3.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Během podzimu byla zaznamenána nejvyšší hodnota  $PM_{10}$  ( $46 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) při proudění ze severovýchodu a větru o rychlosti  $4.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . V zimním období byla nejvyšší koncentrace  $PM_{10}$  ( $70 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) naměřena při proudění ze severovýchodu a rychlosti větru  $3.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .



Obr. 33: Koncentrační růžice  $PM_{10}$  v jednotlivých ročních obdobích, Hranice, rok 2024

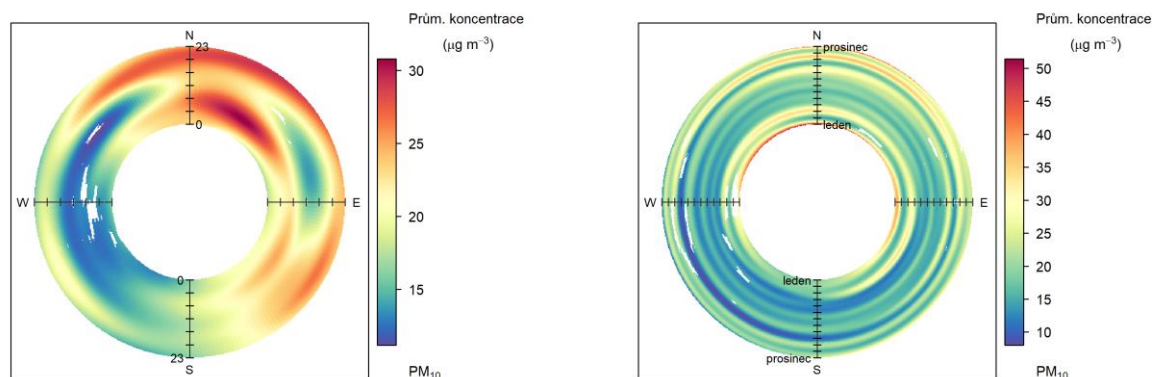
Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu (Obr. 34). Nejvyšší koncentrace  $PM_{10}$  ( $197.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) byla naměřena v teplotním intervalu nad  $13 \text{ }^\circ\text{C}$ . V tomto intervalu byla maximální hodnota zaznamenána při proudění vzduchu z jihovýchodu a při rychlosti větru  $5.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . V intervalu teploty nižší než  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  byla zjištěna nejvyšší koncentrace  $PM_{10}$  ve výši  $67.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  při proudění z východu s rychlostí  $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Při teplotách mezi  $0$  a  $13 \text{ }^\circ\text{C}$  bylo naměřeno maximum  $PM_{10}$  ve výši  $54.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ; v těchto podmínkách proudil

vzduch ze severovýchodu s rychlostí  $2.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Tyto údaje odhalují, že nejvyšší koncentrace  $\text{PM}_{10}$  jsou spojeny s různými směry a rychlostmi větru v závislosti na teplotních intervalech.



Obr. 34: Koncentrační růžice  $\text{PM}_{10}$  ve vybraných teplotních intervalech, Hranice, rok 2024

Cenné informace poskytuje rovněž průměrný denní a roční chod, členěný dle směru větru. V případě denního chodu je uprostřed první hodina po půlnoci a na okraji pak 23. hodina. V případě ročního chodu je pak uprostřed 1. 1. a na okraji 31. 12. Směry větru jsou totožné jako v případě růžic. Koncentrace  $\text{PM}_{10}$  v lokalitě Hranice jsou takto zobrazeny na Obr. 35.



Obr. 35: Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací  $\text{PM}_{10}$  dle směru větru, Hranice, rok 2024

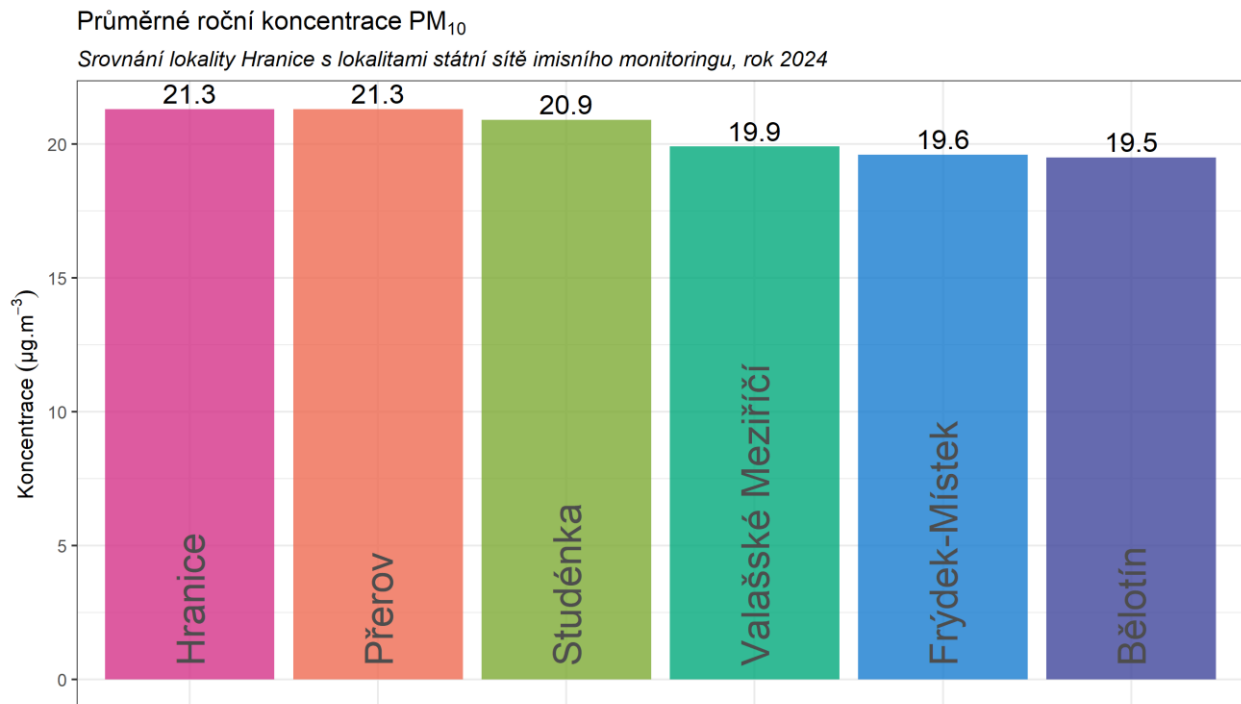
Nejvyšší koncentrace  $\text{PM}_{10}$  ( $31 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) byla naměřena kolem 6. hodiny při proudění ze severovýchodních směrů. Nejvyšší koncentrace  $\text{PM}_{10}$  ( $51 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) během sledovaného roku byla naměřena v lednu při proudění ze severních směrů.

### 3.1.5 SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU

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

Na následujícím Obr. 36 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace částic  $PM_{10}$  na lokalitách v blízkém okolí lokality Hranice a srovnány s koncentracemi zde měřenými v roce 2024. V následujícím textu byly analyzovány průměrné roční koncentrace  $PM_{10}$  v určených lokalitách. Průměrné roční koncentrace byly naměřeny v šesti různých lokalitách a bylo zjištěno, že žádná z hodnot nepřekročila stanovený imisní limit  $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Nejnižší koncentrace  $PM_{10}$  byla naměřena v lokalitě Bělotín ( $19.5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Naopak nejvyšší hodnoty koncentrace, shodně  $21.3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , byly naměřeny v lokalitách Hranice a Přerov.

Celkový rozsah naměřených hodnot se pohybuje od  $19.5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  do  $21.3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Tento údaj reflektuje relativně homogenní rozložení koncentrací  $PM_{10}$  v daných lokalitách.



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

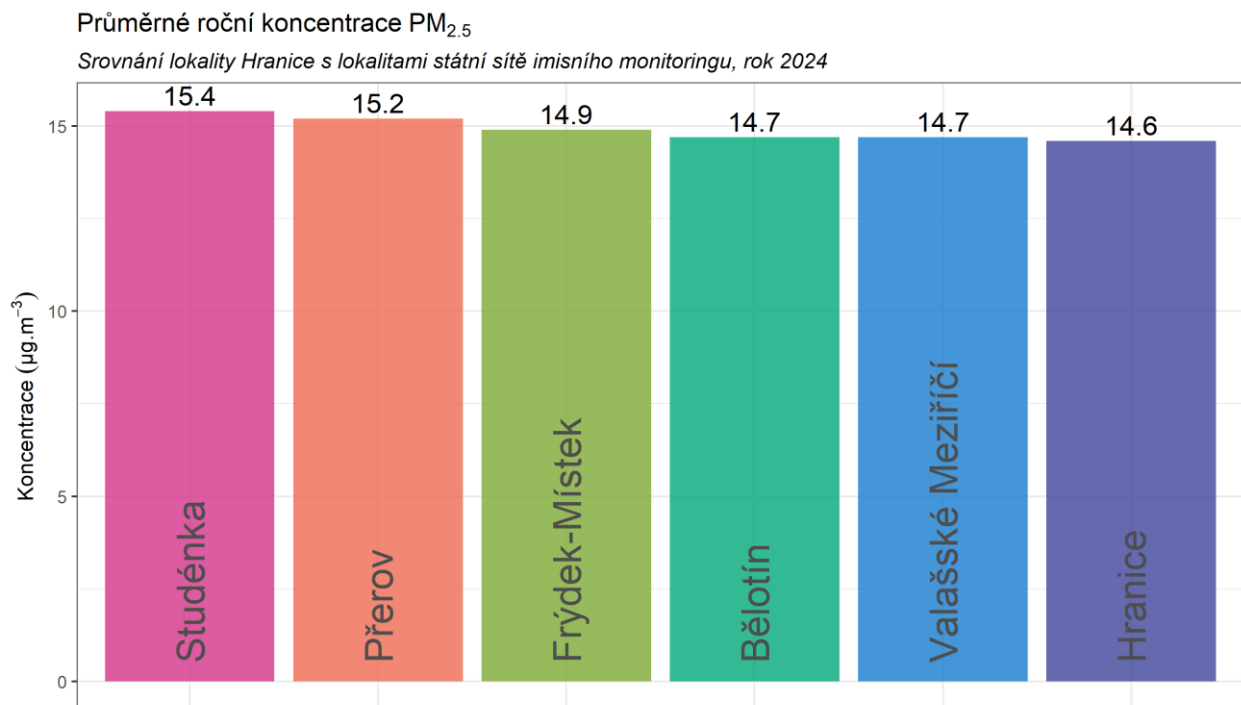
Na následujícím grafu na Obr. 37 jsou obdobně zobrazeny hodnoty průměrných ročních koncentrací  $PM_{2,5}$  na vybraných lokalitách. V analyzovaných datech byla zjištěna průměrná roční koncentrace částic  $PM_{2,5}$  v šesti různých lokalitách. Zjištěné hodnoty se pohybovaly v rozmezí od  $14,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  do  $15,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Nejnižší koncentrace  $14,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  byla zaznamenána v lokalitě Hranice. Naopak nejvyšší koncentrace, která činila  $15,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , byla naměřena ve Studénce. Všechny změřené hodnoty jsou pod stanoveným imisním limitem  $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Imisní limit tak v žádné z uvedených lokalit nebyl překročen. Rozptyl hodnot mezi lokalitami je relativně malý, což naznačuje podobnou úroveň znečištění v různých částech dané oblasti.



Graf na následujícím Obr. 38 zobrazuje poslední legislativou sledovanou charakteristiku pro suspendované částice PM<sub>10</sub>. Jedná se o imisní limit pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub>, jehož hodnota může být za kalendářní rok 35x překročena. V grafu je zobrazen počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub>. V případě překročení limitu je číslo v popisku zobrazeno červeně.

V rámci analýzy dat byly zkoumány počty dní, při kterých došlo k překročení imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub> ve sledovaných lokalitách. V žádné z lokalit imisní limit 35 dní za rok nebyl překročen, nejvyšší naměřená hodnota byla 17 dní (Přerov). Minimální počet dní, kdy došlo k překročení limitu, byl zaznamenán ve Valašském Meziříčí, kde bylo naměřeno pouze 10 dní.

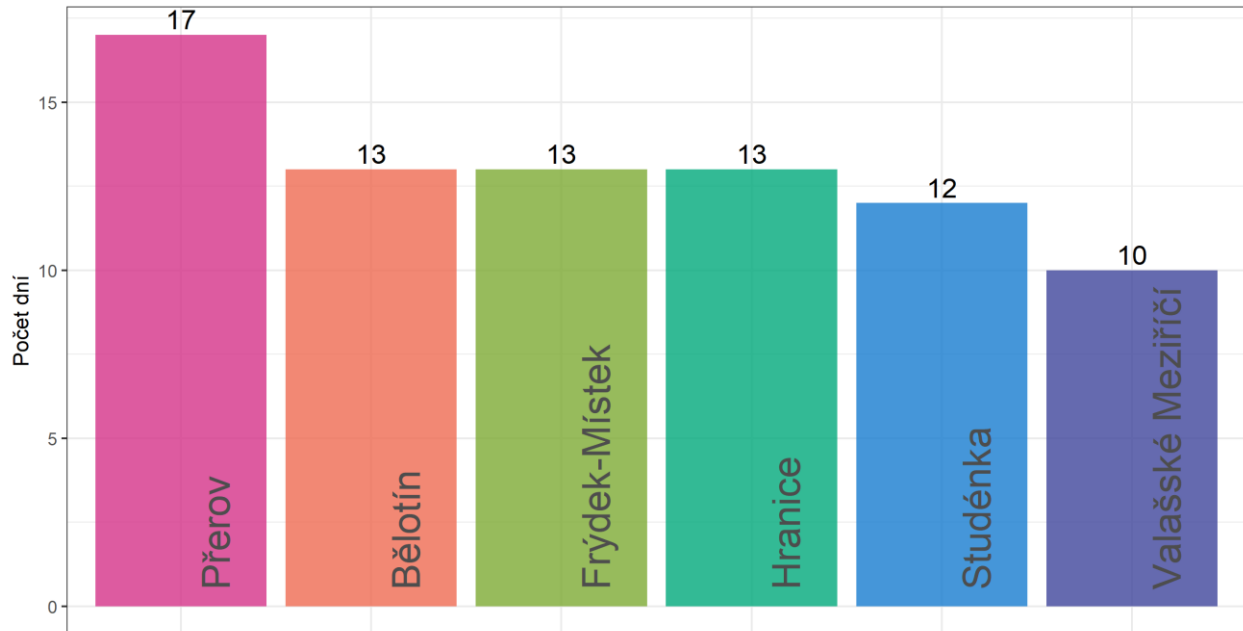
V lokalitě Hranice byla zaznamenána hodnota 13 dní překročení limitu, což je hodnota identická se dvěma dalšími lokalitami. Tento výsledek umísťuje Hranice do spodní poloviny hodnocených lokalit co se týče počtu dnů překročení imisního limitu.



Obr. 37: Srovnání průměrné roční koncentrace PM<sub>2,5</sub> lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

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

Srovnání lokality Hranice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

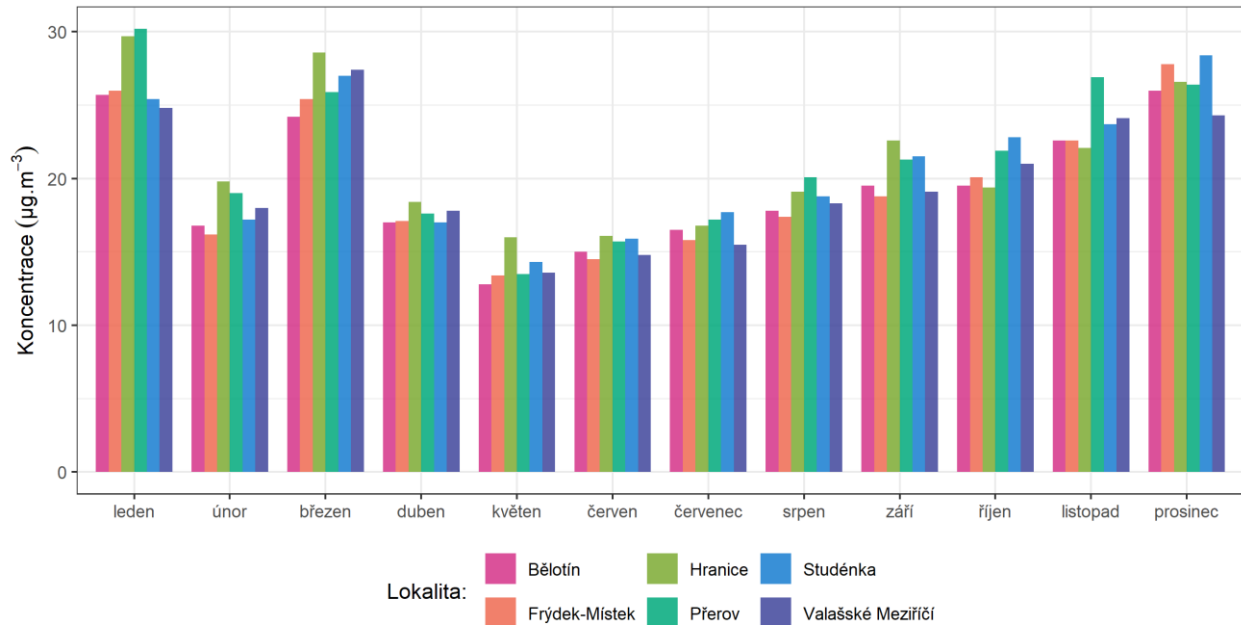


Obr. 38: Srovnání průměrné roční koncentrace PM<sub>10</sub> lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Následující grafy na Obr. 39 a Obr. 40 zobrazují průměrné měsíční koncentrace PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> 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 Hranice byly i v ostatních lokalitách měsíce s nejvyššími koncentracemi totožné. Je tedy zřejmé, že vliv na zvýšené koncentrace neměly lokální zdroje, ale ovlivnění bylo především regionální, resp. nadregionální.

### Průměrné měsíční koncentrace PM<sub>10</sub>

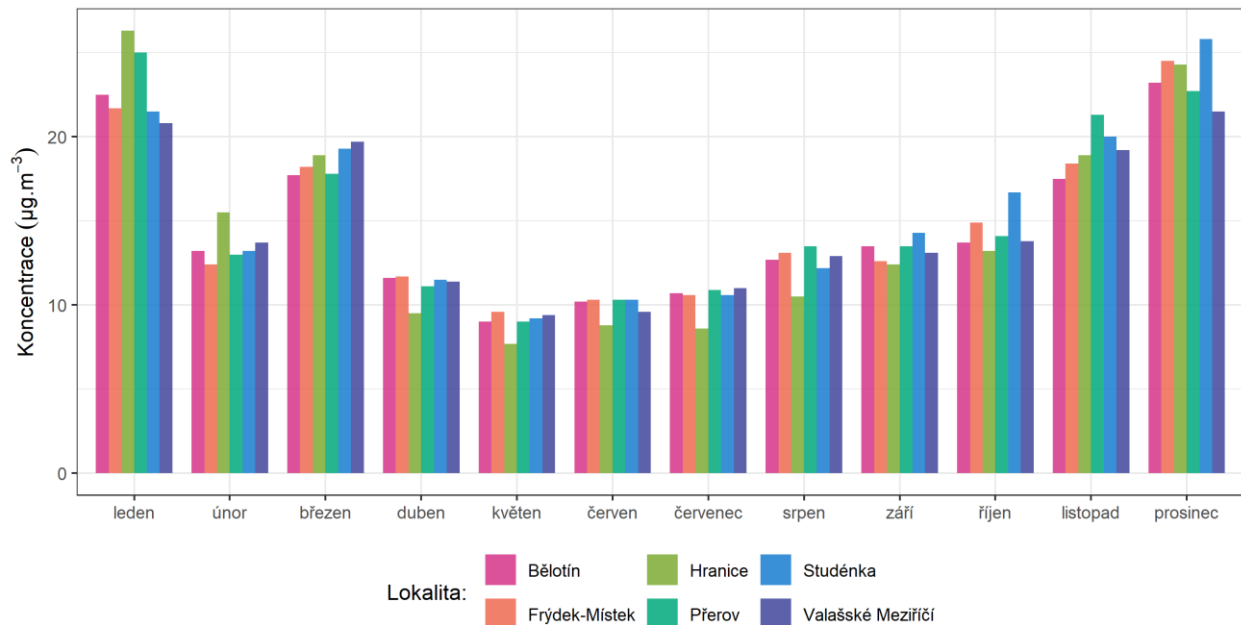
Srovnání lokality Hranice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 39: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM<sub>10</sub> lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

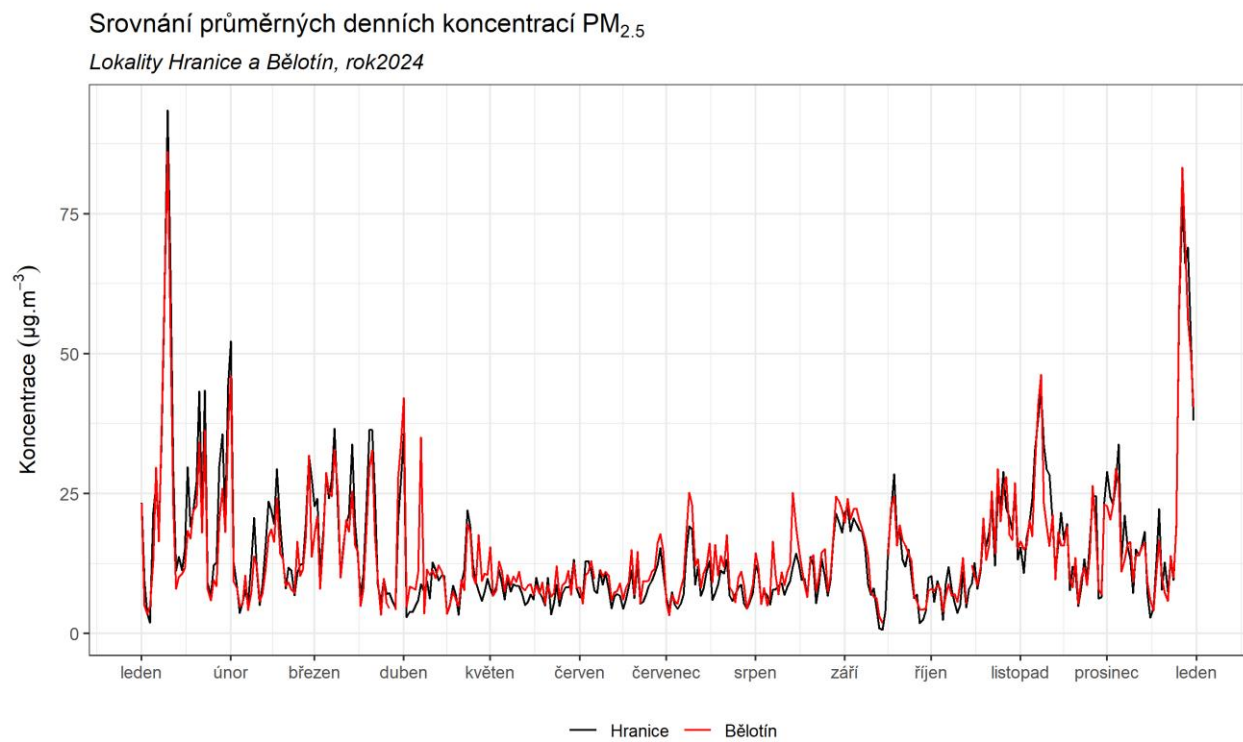
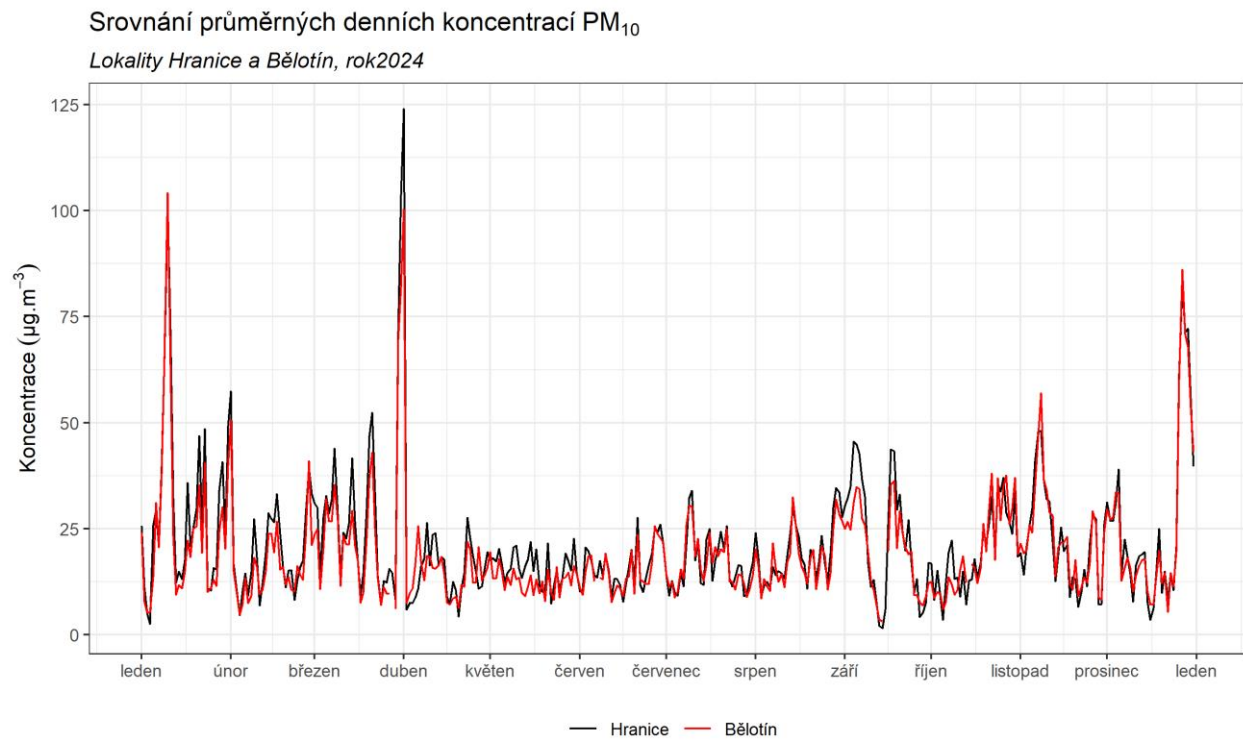
### Průměrné měsíční koncentrace PM<sub>2.5</sub>

Srovnání lokality Hranice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 40: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací PM<sub>2.5</sub> lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

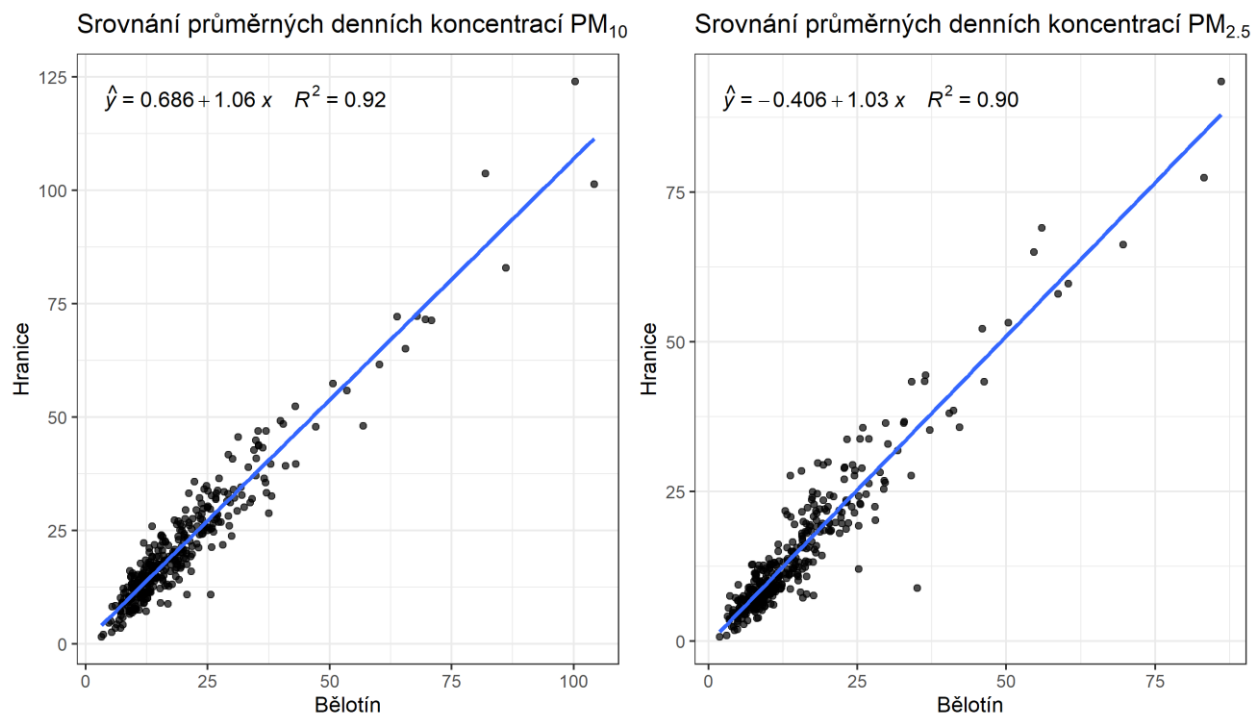
Následující graf na Obr. 41 srovnání průměrných denních koncentrací  $PM_{10}$  (nahore) a  $PM_{2,5}$  (dole) s lokalitou státní sítě imisního monitoringu Bělotín.



Obr. 41: Srovnání průměrných denních koncentrací  $PM_{10}$  (nahore) a  $PM_{2,5}$  (dole), lokality Hranice a Bělotín, rok2024

Z grafu je dobře patrné, že vývoj průměrných denních koncentrací je v obou lokalitách velmi podobný. Rozdíl lze pozorovat pouze výjimečně ve špičkách, kdy se koncentrace v lokalitě Hranice pohybují mírně nad hodnotami koncentrací měřenými v lokalitě Bělotín.

Mezi stanicemi existuje velmi dobrá korelace jak pro  $PM_{10}$ , tak pro  $PM_{2,5}$ , jak ukazují grafy na Obr. 42. Vyšší koncentrace v lokalitě Hranice jsou zřejmě způsobeny rozdílnou orografií terénu.



Obr. 42: Korelace průměrných denních koncentrací  $PM_{10}$  (vlevo) a  $PM_{2,5}$  (vpravo), lokality Hranice a Bělotín, rok2024

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

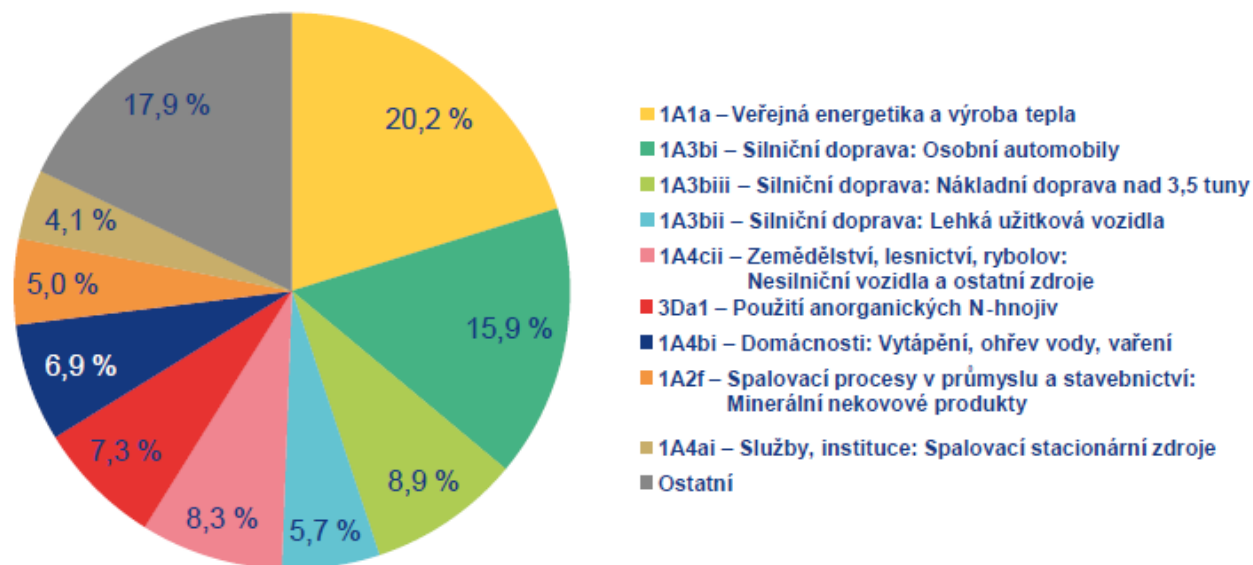
Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>) [12].

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

Z hlediska imisních limitů je na území ČR důležitý pouze imisní limit pro průměrnou roční koncentraci NO<sub>2</sub>. Imisní limit pro hodinovou koncentraci není v současnosti v žádné lokalitě v ČR překračován, a to ani na dopravně nejzatíženějších lokalitách, jako je Praha-Legerova.

Více než 90 % z celkových oxidů dusíku ve venkovním ovzduší je emitováno ve formě NO. 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> [13]. 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 [14].



Obr. 43: Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO<sub>x</sub> v ČR, rok 2023 [8]

Největší množství emisí NO<sub>x</sub> pochází z mobilních zdrojů. Mobilní zdroje se v roce 2023 podílely na celkových emisích NO<sub>x</sub> 38,8 %. Sektor 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily se podílel 15,9 %, sektor 1A4cii –

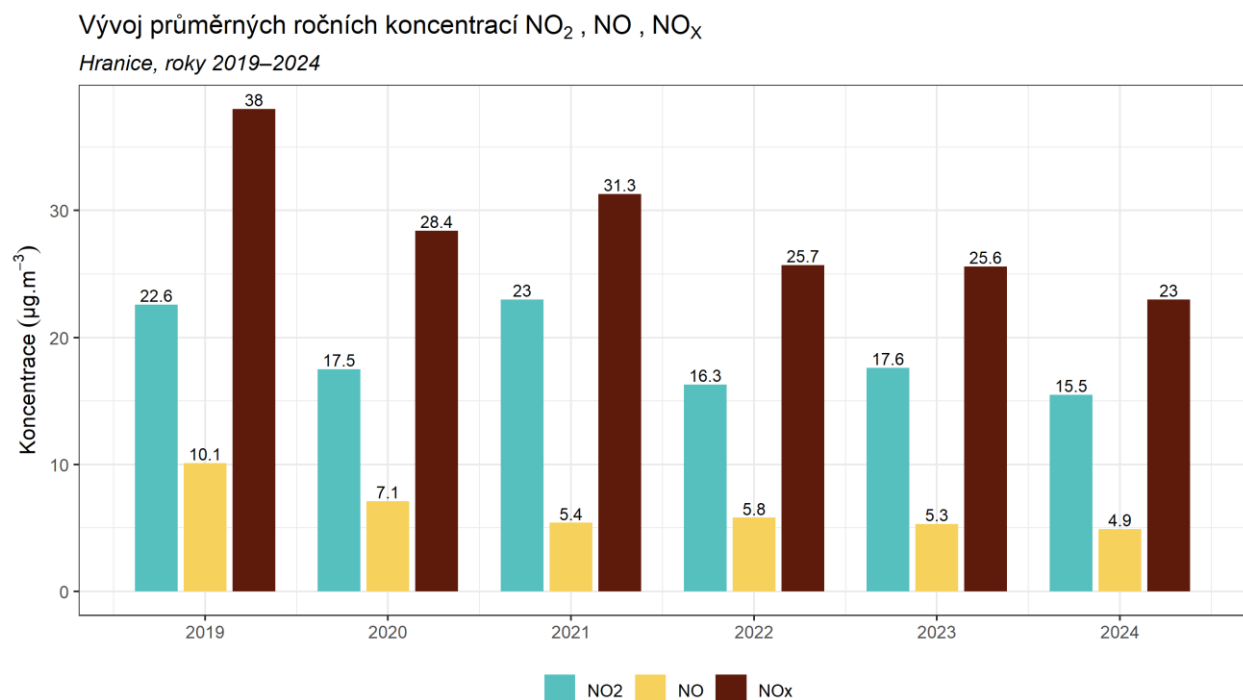
Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje se podílel 8,3 %, 1A3biii – Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 t a 1A3bii – Silniční doprava: Lehká užitková vozidla se na celorepublikových emisích NO<sub>x</sub> v roce 2023 podílely 8,9 % a 5,7 %. Ze sektoru 1A1a – Veřejná energetika a výroba tepla bylo do ovzduší vneseno 20,2 % emisí NO<sub>x</sub>, ze sektoru 3Da1 – Použití anorganických N-hnojiv 7,3 %, a ze sektoru 1A4bi – Domácnosti: Vytápění, ohřev vody, vaření 6,9 % [8].

### 3.2.1 PRŮMĚRNÉ ROČNÍ KONCENTRACE

**Průměrná roční koncentrace NO<sub>2</sub> činila v roce 2024 v lokalitě Hranice 15.5 μg·m<sup>-3</sup>. Imisní limit tedy překročen nebyl.**

Průměrná roční koncentrace NO činila v roce 2024 v lokalitě Hranice 4.9 μg·m<sup>-3</sup>. Průměrná roční koncentrace NO<sub>x</sub> činila v roce 2024 v lokalitě Hranice 23 μg·m<sup>-3</sup>.

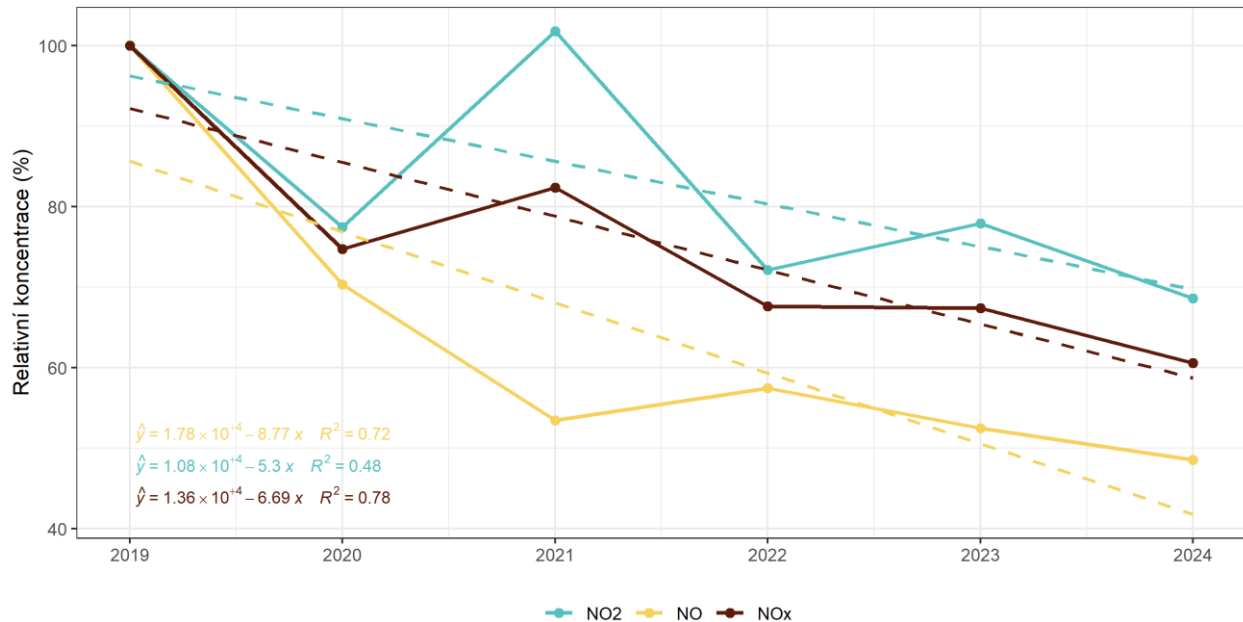
Následující Obr. 44 zobrazuje vývoj průměrných ročních koncentrací NO<sub>2</sub>, NO a NO<sub>x</sub> v lokalitě Hranice. V roce 2024 byl oproti roku 2023 zaznamenán pokles koncentrací oxidu dusnatého (NO) o 0.4 μg·m<sup>-3</sup> (7.5 %). V témže období bylo zjištěno snížení koncentrací oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>) o 2.1 μg·m<sup>-3</sup> (11.9 %). Koncentrace oxidů dusíku (NO<sub>x</sub>) v roce 2024 proti roku 2023 vykázaly pokles o 2.6 μg·m<sup>-3</sup> (10.2 %). Relativní vývoj koncentrací jednotlivých oxidů dusíku vzhledem k počátečnímu roku měření zobrazuje následující graf na Obr. 45. Rok 2019 zde pro každou škodlivinu představuje 100 % a křivka zobrazuje relativně vývoj koncentrací vůči tomuto roku. Čárkovaně je pak zobrazena křivka lineární regrese pro jednotlivé oxidy dusíku.



Obr. 44: Vývoj průměrných ročních koncentrací oxidů dusíku, Hranice, rok 2024

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

Hranice, roky 2019–2024 (normalizováno na 2019 = 100 %)



Obr. 45: Vývoj relativních ročních koncentrací oxidů dusíku proti počátečnímu roku měření (2019), Hranice, rok 2024

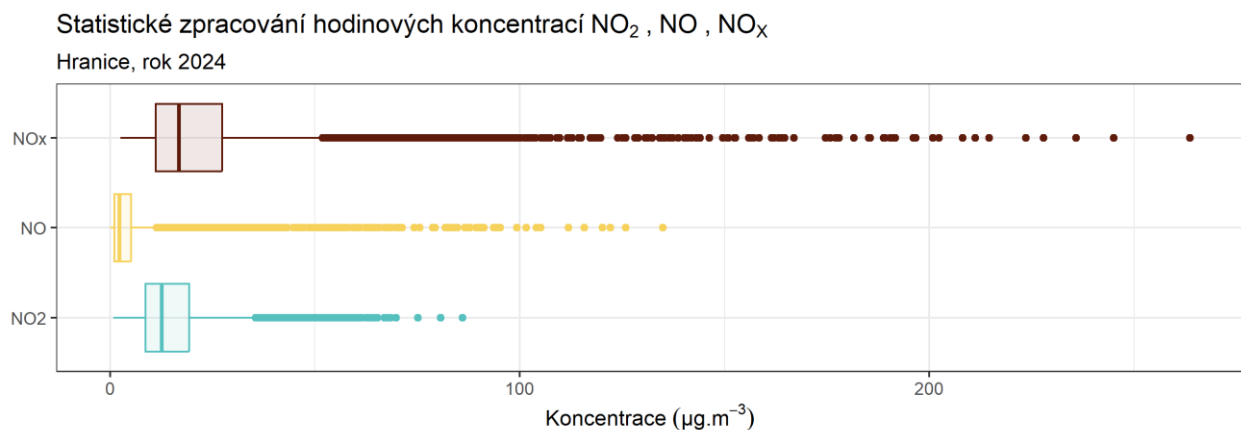
Nejvíce klesají koncentrace NO<sub>x</sub> v průměru o 2.5 μg · m<sup>-3</sup> ročně a relativně klesají o 6.7 % ročně (R<sup>2</sup> = 0.78). Následuje pokles koncentrací NO<sub>2</sub> s průměrem 1.2 μg · m<sup>-3</sup> ročně a relativním poklesem 5.3 % ročně (R<sup>2</sup> = 0.48). Nejmenší pokles byl zaznamenán u koncentrací NO, kde průměrný roční pokles činil 0.9 μg · m<sup>-3</sup> a relativní pokles 8.8 % (R<sup>2</sup> = 0.72).

Následující Tab. 4 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro jednotlivé oxidy dusíku. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2024 pak zobrazuje Obr. 46. Z tabulky i grafického znázornění je patrné, že maximální hodnota hodinové koncentrace NO<sub>2</sub> se v roce 2024 pohybovala na úrovni 43 % 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. **19. nejvyšší hodinová koncentrace NO<sub>2</sub> měla hodnotu 62.6 μg · m<sup>-3</sup>. Imisní limit pro hodinové koncentrace NO<sub>2</sub> je tedy v lokalitě Hranice s velmi velkou rezervou plněn.**



Tab. 4: Statistické charakteristiky hodinových koncentrací oxidů dusíku v lokalitě Hranice, rok 2024

| STATISTIKA | NO <sub>2</sub> | NO    | NO <sub>x</sub> |
|------------|-----------------|-------|-----------------|
| PRŮMĚR     | 15.5            | 4.9   | 23.0            |
| MAXIMUM    | 86.1            | 134.9 | 263.6           |
| MEDIÁN     | 12.6            | 2.2   | 16.8            |
| MINIMUM    | 0.8             | 0.0   | 2.5             |



Obr. 46: Statistické zpracování hodinových koncentrací oxidů dusíku v lokalitě Hranice, rok 2024

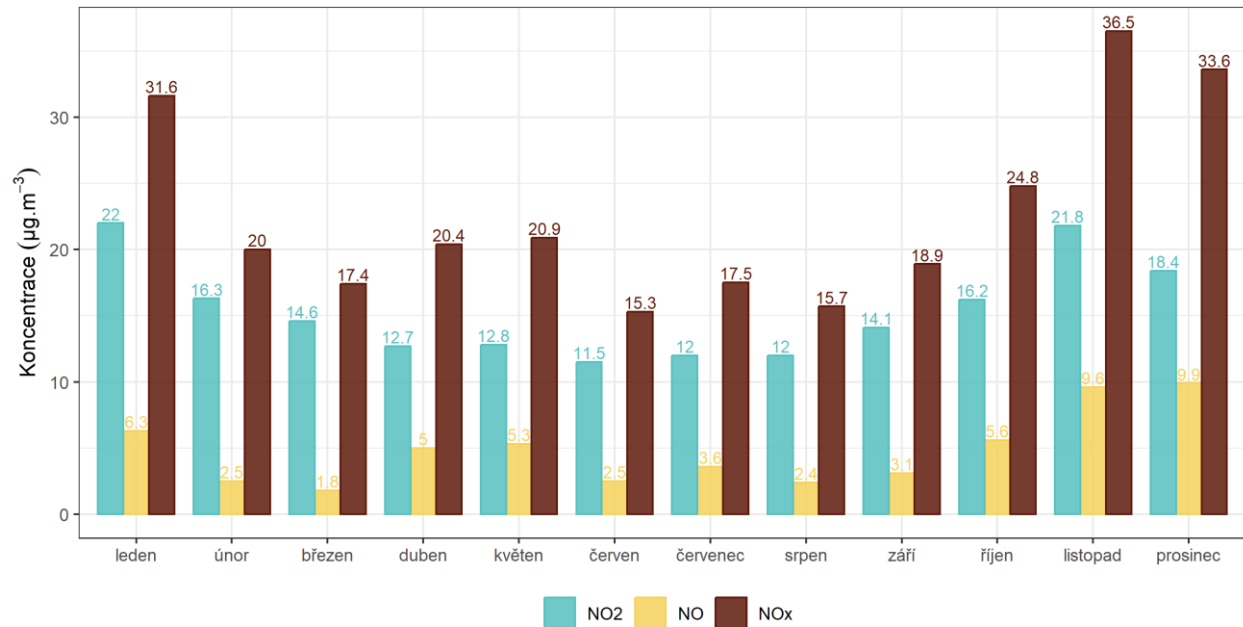
### 3.2.2 PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE

Na Obr. 47 jsou průměrné měsíční koncentrace NO<sub>2</sub>, NO a NO<sub>x</sub>. V letních měsících jsou koncentrace zpravidla nižší, naopak v chladné části roku jsou měřeny vyšší koncentrace. Z analyzovaných dat vyplývá, že nejvyšší naměřené koncentrace oxidu dusičitého (NO) v této lokalitě dosahovaly hodnot 9.9 µg·m<sup>-3</sup> a 9.6 µg·m<sup>-3</sup> v měsících prosinci a listopadu. Naopak, nejnižší naměřené koncentrace byly zaznamenány v březnu a srpnu, konkrétně 1.8 µg·m<sup>-3</sup> a 2.4 µg·m<sup>-3</sup>. Co se týče dioxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>), nejvyšší naměřené koncentrace byly 22 µg·m<sup>-3</sup> v lednu a 21.8 µg·m<sup>-3</sup> v listopadu, zatímco nejnižší hodnoty byly zjištěny v červnu a srpnu, a to 11.5 µg·m<sup>-3</sup> resp. 12 µg·m<sup>-3</sup>. Pro oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) pak byly nejvyšší koncentrace zaznamenány v listopadu a prosinci, přičemž hodnoty dosáhly 36.5 µg·m<sup>-3</sup> a 33.6 µg·m<sup>-3</sup>. Nejnižší koncentrace oxidů dusíku byly naměřeny v červnu a srpnu, a to 15.3 µg·m<sup>-3</sup> a 15.7 µg·m<sup>-3</sup>.

Poměr měsíčních koncentrací NO / NO<sub>2</sub> zobrazuje Obr. 48. Poměr je poměrně stabilní a nízký, charakteristický pro městské pozadové lokality. Nejvyšší zastoupení NO v NO<sub>2</sub> bylo naměřeno v prosinci (0.6 %). Nejnižší zastoupení pak bylo naměřeno v únoru (0.1 %).

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

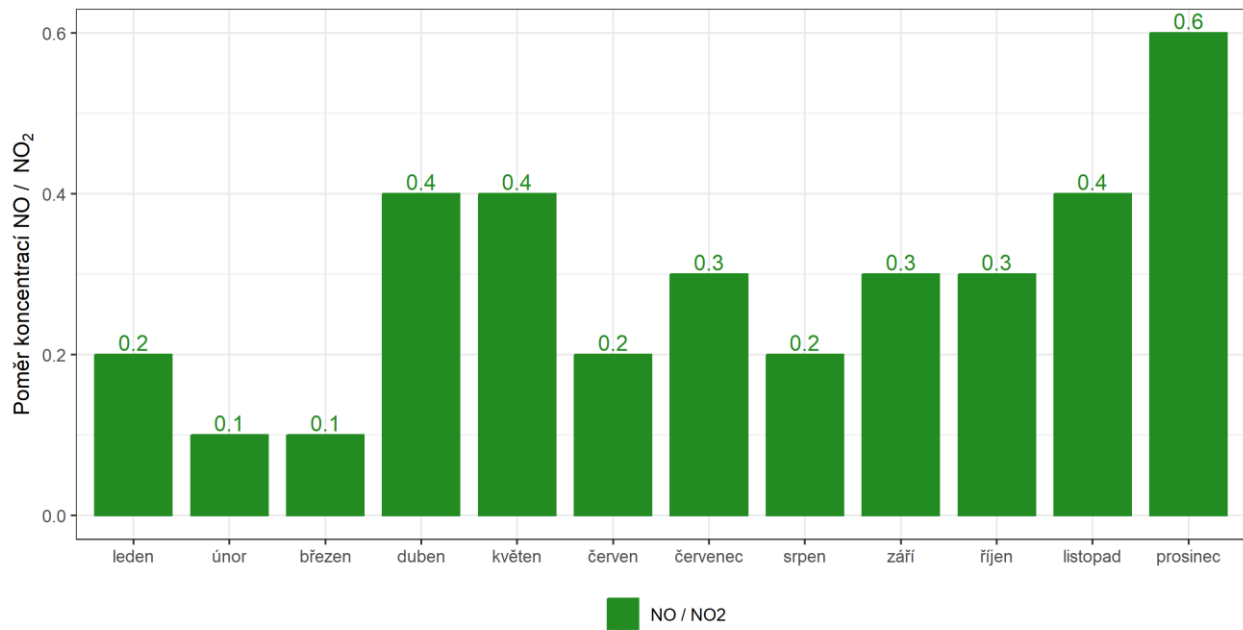
Hranice, rok 2024



Obr. 47: Průměrné měsíční koncentrace oxidů dusíku v lokalitě Hranice, rok 2024

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

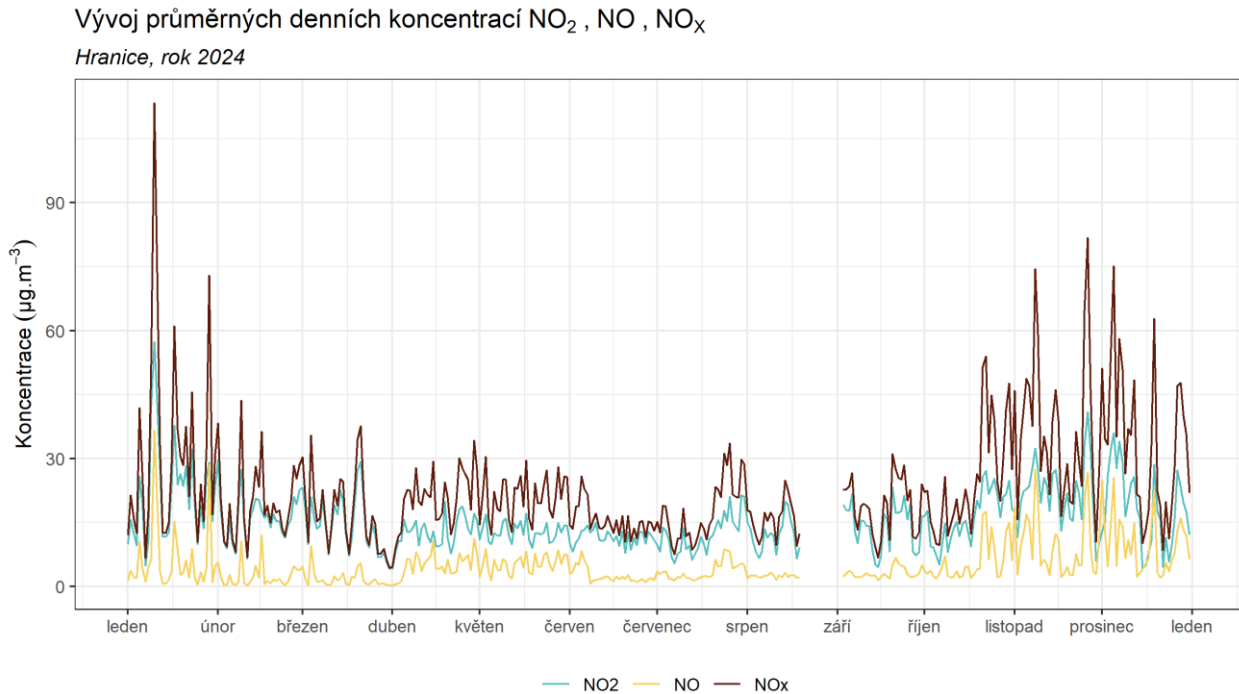
Hranice, rok 2024



Obr. 48: Poměr měsíčních koncentrací NO / NO<sub>2</sub>, lokalita Hranice, rok 2024

### 3.2.3 PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE

Vývoj průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub>, NO a NO<sub>x</sub> v lokalitě Hranice zobrazuje následující Obr. 49.



Obr. 49: Vývoj průměrných hodinových koncentrací oxidů dusíku, Hranice, rok 2024

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

Vzhledem k tomu, že imisní limit je stanoven pouze pro koncentrace NO<sub>2</sub>, bude vliv meteorologických podmínek zobrazen pouze pro tuto látku.

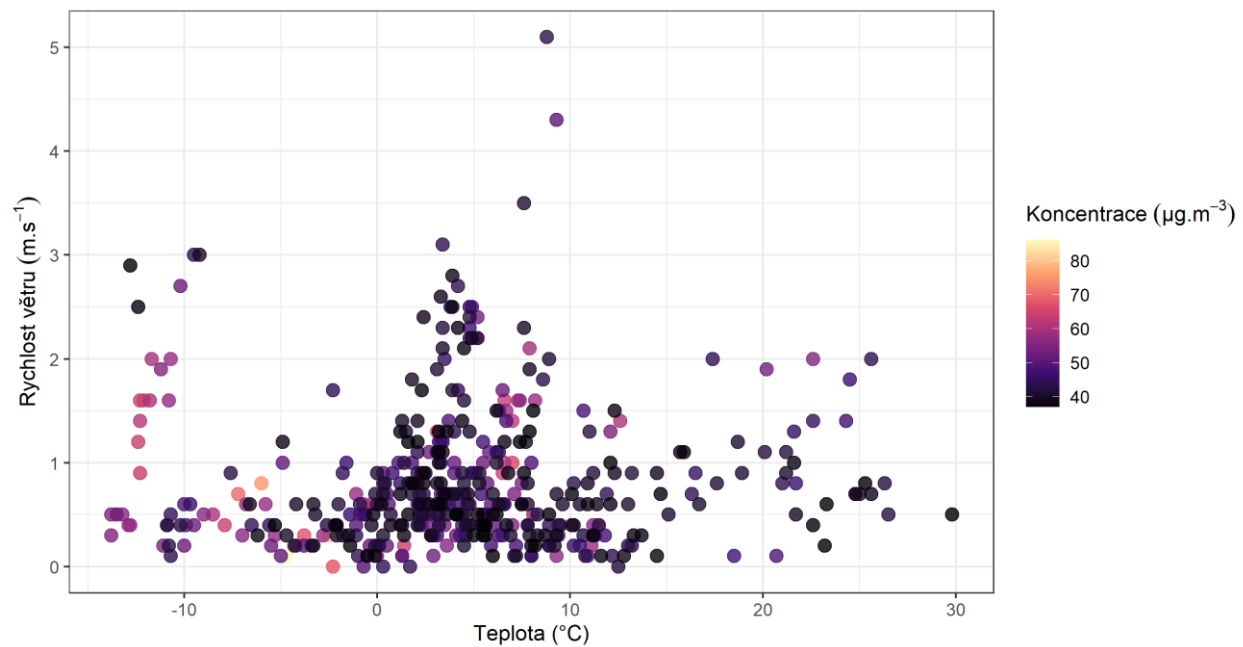
Obr. 50 zobrazuje, při jakých teplotách a rychlostech větru se vyskytuje 5 % nejvyšších hodinových koncentrací NO<sub>2</sub> naměřených v lokalitě Hranice v roce 2024. Z analýzy těchto 5 % nejvyšších koncentrací NO<sub>2</sub> lze vyčíst, že nejčastěji se tyto koncentrace vyskytují při teplotě kolem 4.8 °C a rychlosti větru přibližně 0.4 m · s<sup>-1</sup>.

Na Obr. 51 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 vzduchu.

Z grafů je patrné, že na koncentrace NO<sub>2</sub> má vliv jak teplota, tak rychlost větru. Grafy pak potvrzují, co bylo patrné na předchozím grafu. Vyšší koncentrace jsou měřeny při velmi nízkých rychlostech větru, resp. při nízkých teplotách.

Pozorovaná teplota a rychlost větru pro 5 % nejvyšších koncentrací NO<sub>2</sub>

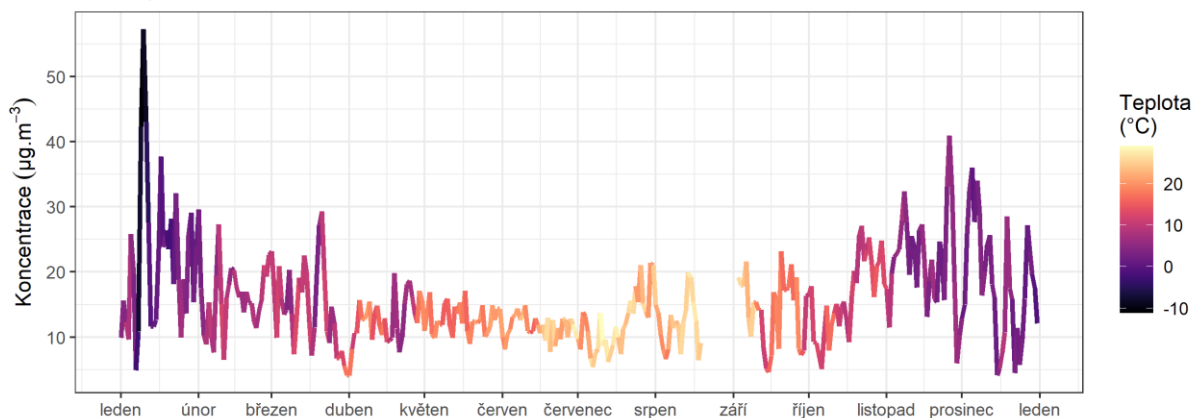
Hranice, rok 2024



Obr. 50: Pozorovaná teplota a rychlost větru pro 5 % nejvyšších koncentrací NO<sub>2</sub>, Hranice, rok 2024

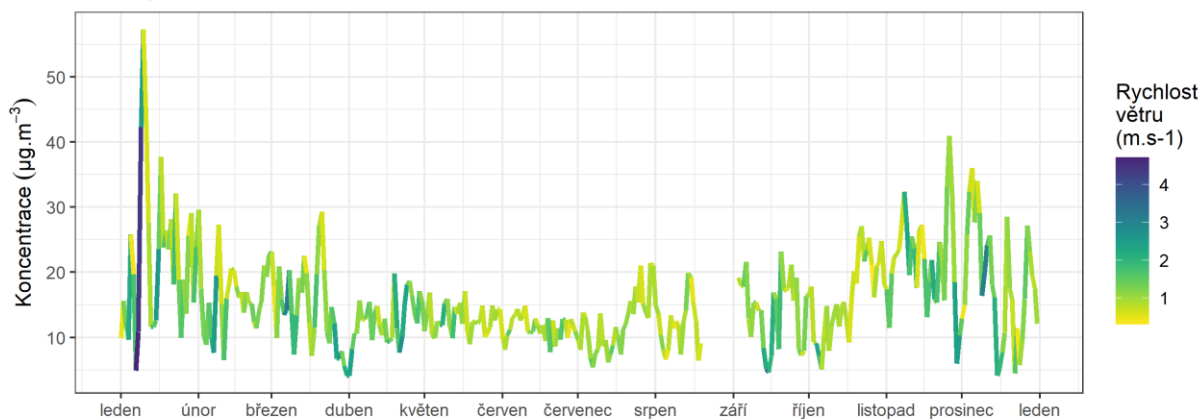
### Vývoj průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> v závislosti na teplotě vzduchu

Hranice, rok 2024



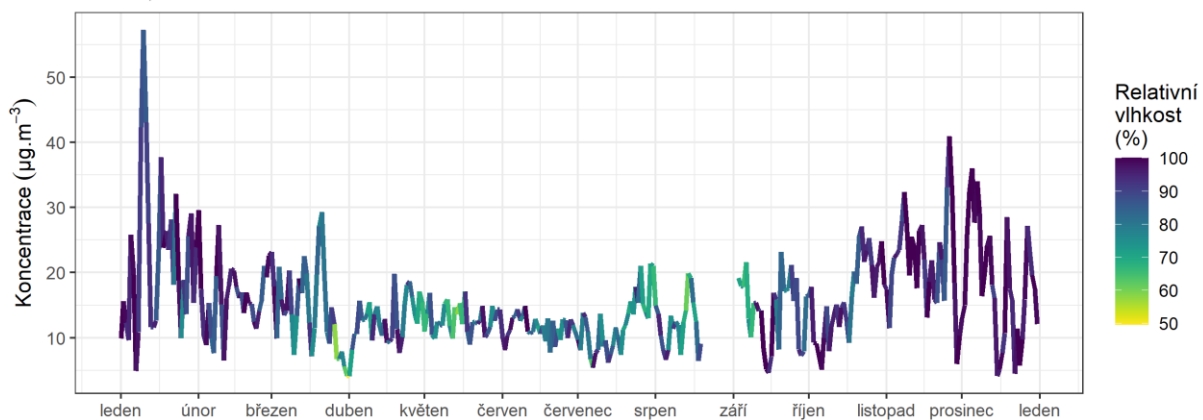
### Vývoj průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> v závislosti na rychlosti větru

Hranice, rok 2024



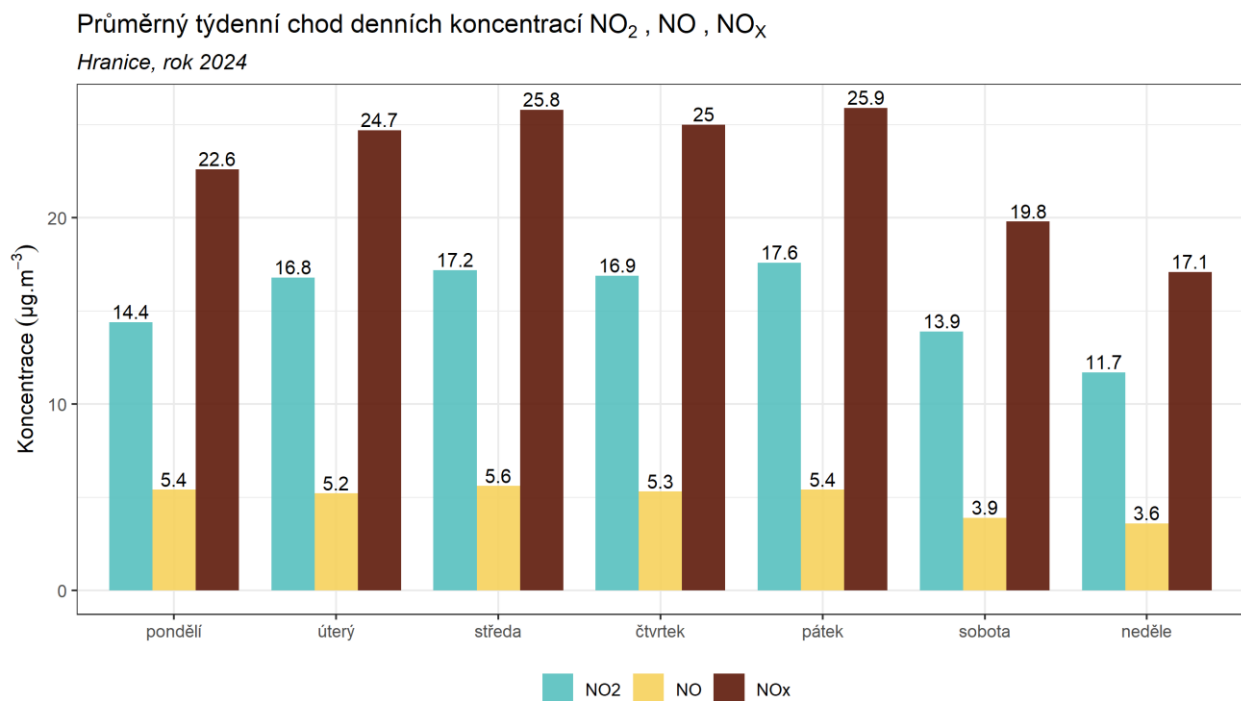
### Vývoj průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu

Hranice, rok 2024



Obr. 51: Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace NO<sub>2</sub>, Hranice, rok 2024

Graf na Obr. 52 posuzuje denní koncentrace NO<sub>2</sub>, NO a NO<sub>x</sub> z hlediska dne v týdnu. V průměru nejvyšší průměrná koncentrace NO<sub>2</sub> byla v roce 2024 naměřena v pátek s hodnotou 17.6 µg·m<sup>-3</sup>. Naopak nejnižší průměrná koncentrace NO<sub>2</sub> byla naměřena v neděli s hodnotou 11.7 µg·m<sup>-3</sup>.



Obr. 52: Průměrný týdenní chod denních koncentrací oxidů dusíku, Hranice, rok 2024

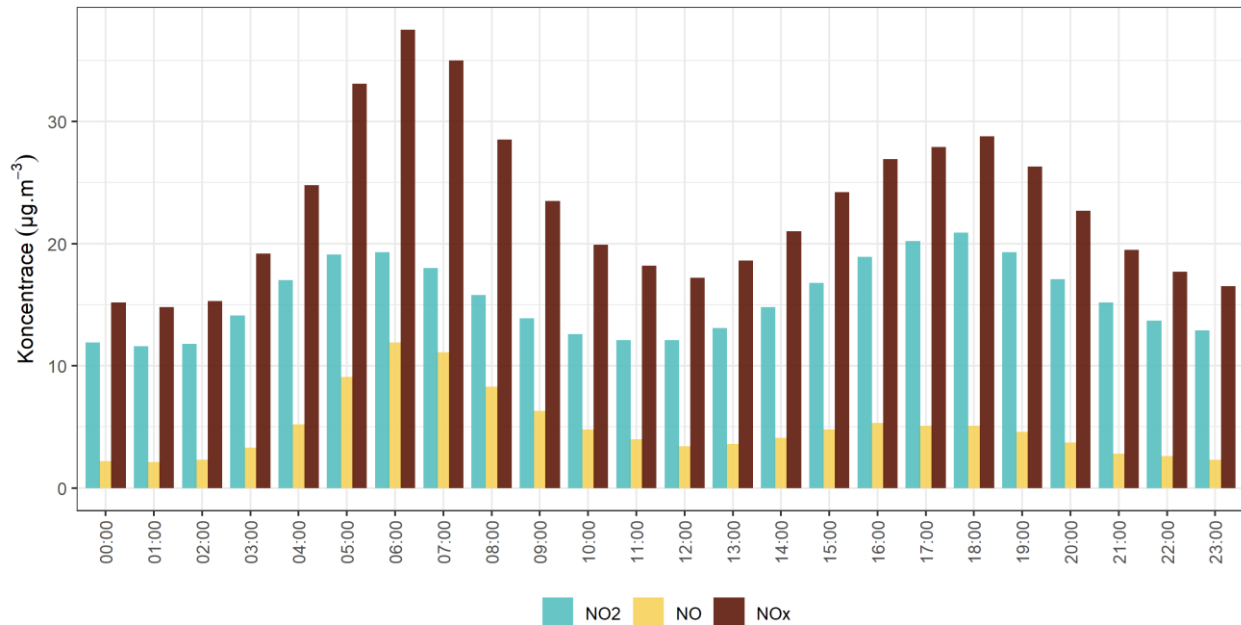
### 3.2.4 ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod koncentrací NO<sub>2</sub>, NO a NO<sub>x</sub> v lokalitě Hranice. Denní chod koncentrací PM<sub>10</sub> zobrazuje Obr. 53.

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 pozadové 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 slunečnímu záření, proto lze největší úbytek koncentrací NO<sub>2</sub> očekávat okolo poledne. V průměru nejvyšší koncentrace NO<sub>2</sub> byly měřeny v 18:00 s hodnotou 20.9 µg·m<sup>-3</sup>. Nejnižší koncentrace NO<sub>2</sub> pak byly naměřeny v 01:00 s hodnotou 11.6 µg·m<sup>-3</sup>.

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

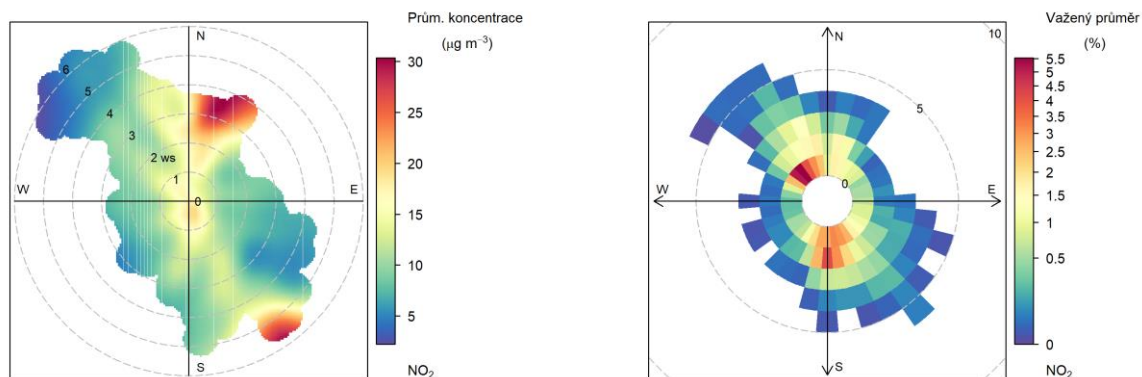
Hranice, rok 2024



Obr. 53: Průměrný týdenní chod denních koncentrací oxidů dusíku, Hranice, rok 2024

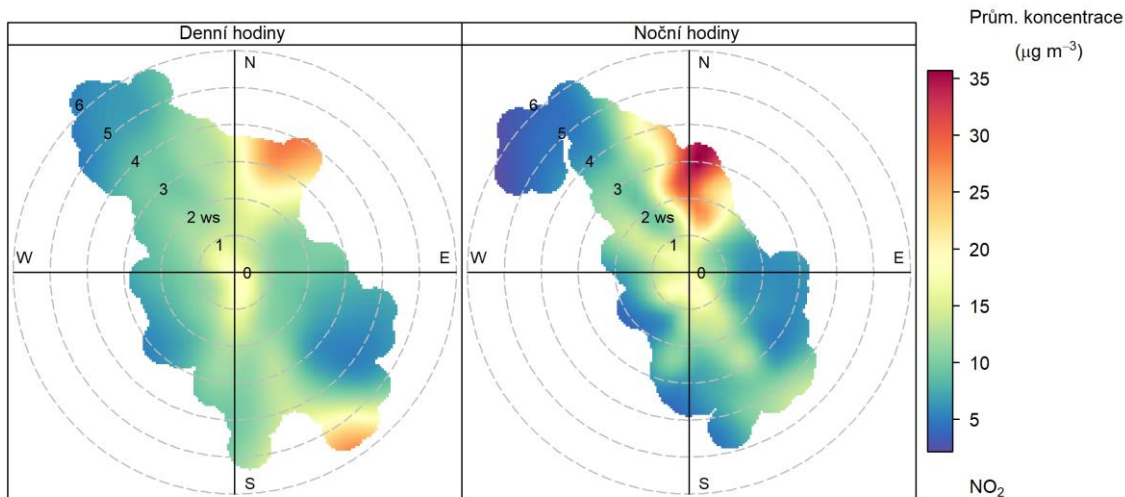
Vysvětlení podstaty koncentračních růžic je uvedeno v kapitole koncentračních růžic pro PM.

Následující Obr. 54 zobrazuje dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Hranice – koncentrační a váženou koncentrační růžici.



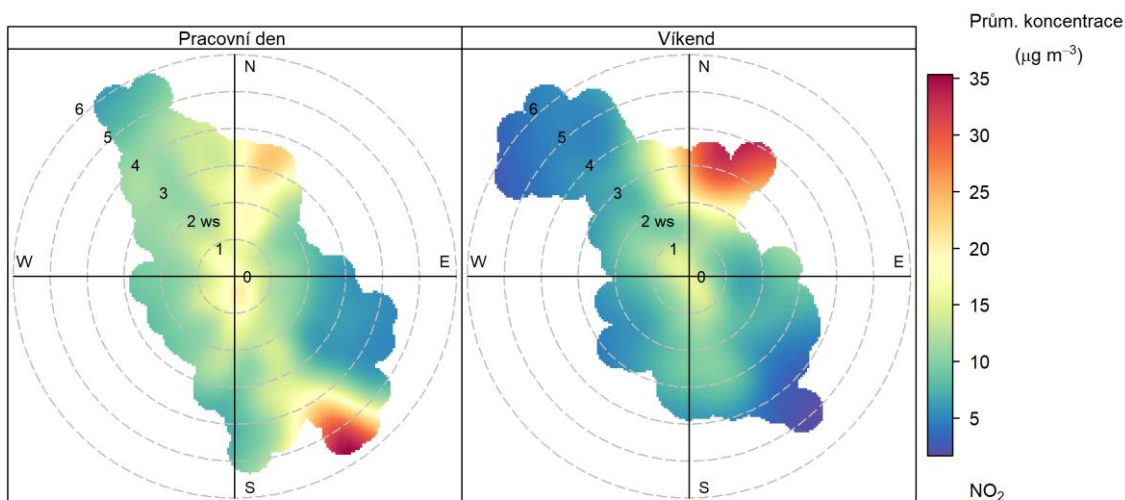
Obr. 54: Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro NO<sub>2</sub>, Hranice, rok 2024

Maximální koncentrace ( $30 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) byla zaznamenána při větru o rychlosti  $3.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  a proudění ze severu. Nejvyšší vážená koncentrace NO<sub>2</sub> (2.3 %) byla naměřena při proudění ze severozápadu a rychlosti větru  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Na následujícím Obr. 55 je koncentrační růžice rozdělená na den a noc. Vyšší koncentrace NO<sub>2</sub> byla zaznamenána v nočních hodinách. Během denních hodin byla nejvyšší koncentrace NO<sub>2</sub> ( $28.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) naměřena při proudění ze severovýchodu a rychlosti větru  $3.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . V nočních hodinách byla naměřena nejvyšší koncentrace NO<sub>2</sub> ( $35.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) při proudění ze severu a rychlosti větru  $3.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .



Obr. 55: Koncentrační růžice  $\text{NO}_2$  v denních a nočních hodinách, Hranice, rok 2024

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendové dny (Obr. 56). Vyšší koncentrace  $\text{NO}_2$  byla zaznamenána v pracovní dny. V pracovní dny byla nejvyšší koncentrace  $\text{NO}_2$   $35 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  naměřena při proudění z jihovýchodu a rychlosti větru  $5.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . O víkendu byla maximální koncentrace  $\text{NO}_2$ ,  $34 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , naměřena při proudění ze severu až severovýchodu a rychlosti větru  $3.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

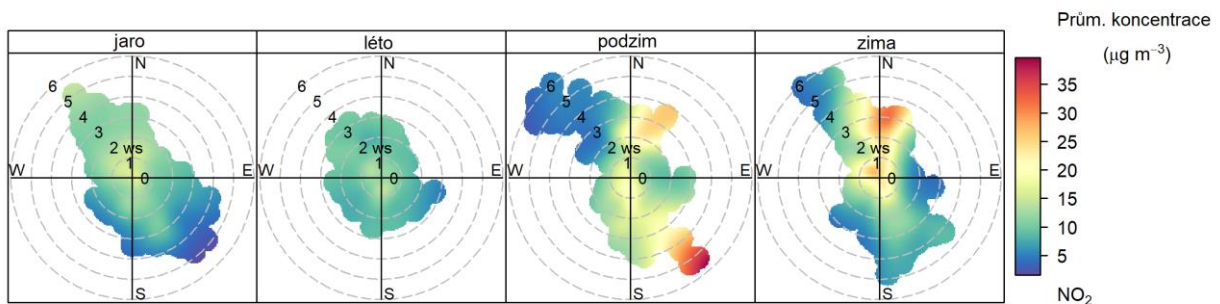


Obr. 56: Koncentrační růžice  $\text{NO}_2$  v pracovní dny a o víkendu, Hranice, rok 2024

Následující Obr. 57 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Nejvyšší koncentrace  $\text{NO}_2$  ( $39.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) byla naměřena na podzim. V období jara byla maximální koncentrace  $\text{NO}_2$  ( $16.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) zaznamenána při bezvětří, resp. proudění vzduchu ze severu a velmi nízké rychlosti větru  $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Během letních měsíců byla maximální koncentrace  $\text{NO}_2$  ( $14.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) naměřena při bezvětří. V podzimních měsících, kdy byla zaznamenána nejvyšší koncentrace, byl směr proudění vzduchu z jihovýchodu s rychlostí

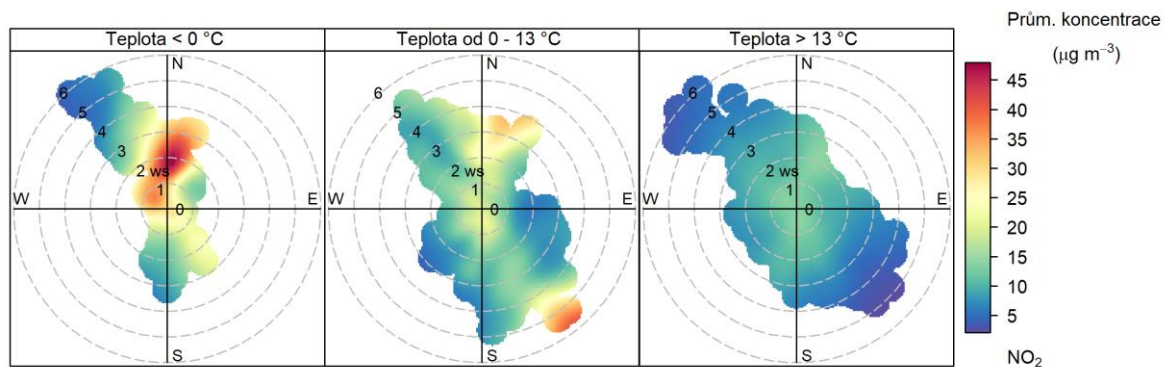


větru  $5.7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . V zimním období byla zaznamenána maximální koncentrace  $\text{NO}_2$  ( $32 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) při proudění vzduchu ze severu a rychlosti větru  $3.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .



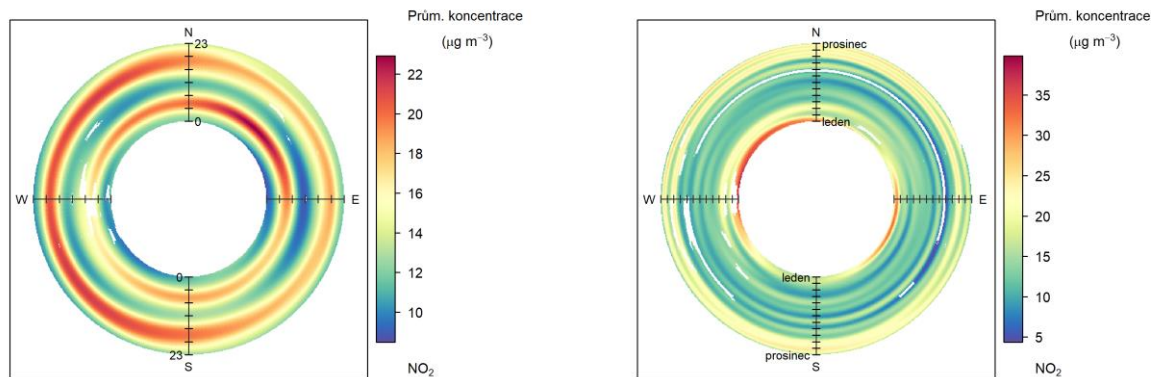
Obr. 57: Koncentrační růžice  $\text{NO}_2$  v jednotlivých ročních obdobích, Hranice, rok 2024

Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu (Obr. 58). V teplotním intervalu pod  $0^\circ\text{C}$  byla zaznamenána nejvyšší koncentrace oxidu dusičitého  $\text{NO}_2$ , a to  $48 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ . Nejvyšší hodnota byla naměřena při proudění vzduchu z východu s rychlostí větru  $1.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . V intervalu teplot od  $0$  do  $13^\circ\text{C}$  byla naměřena maximální koncentrace  $\text{NO}_2$  ve výši  $40.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , přičemž nejvyšší koncentrace byla dosažena při větru o rychlosti  $5.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  z jihovýchodu. V teplotním intervalu nad  $13^\circ\text{C}$ , nejvyšší zaznamenaná koncentrace  $\text{NO}_2$  činila  $14.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , která byla naměřena při rychlosti větru  $2.1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ze severovýchodu a bezvětří.



Obr. 58: Koncentrační růžice  $\text{NO}_2$  ve vybraných teplotních intervalech, Hranice, rok 2024

Cenné informace poskytuje rovněž průměrný denní a roční chod, členěný dle směru větru. V případě denního chodu je uprostřed první hodina po půlnoci a na okraji pak 23. hodina. V případě ročního chodu je pak uprostřed 1. 1. a na okraji 31. 12. Směry větru jsou totožné jako v případě růžic. Koncentrace  $\text{NO}_2$  v lokalitě Hranice jsou takto zobrazeny na Obr. 59.



Obr. 59: Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací  $\text{NO}_2$  dle směru větru, Hranice, rok 2024

Z hlediska denního chodu byla nejvyšší koncentrace  $\text{NO}_2$  ( $23 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) naměřena při proudění ze severovýchodních směrů kolem páté hodiny ranní. V případě ročního chodu byla nejvyšší koncentrace  $\text{NO}_2$  ( $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) naměřena v lednu při proudění větru ze západních směrů.

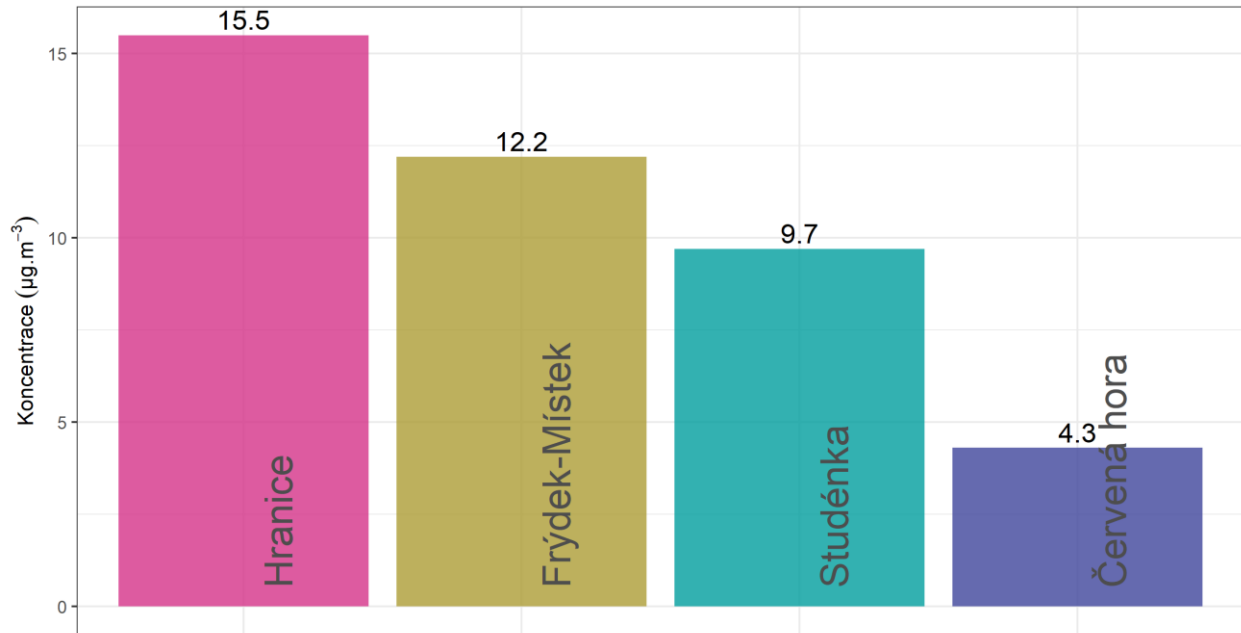
### 3.2.5 SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍŤE IMISNÍHO MONITORINGU

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

Na následujícím Obr. 60 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace  $\text{NO}_2$  na lokalitách v blízkém okolí lokality Hranice a srovnány s koncentracemi zde měřenými v roce 2024. V rámci hodnocení průměrných ročních koncentrací  $\text{NO}_2$  byly v analyzovaných lokalitách zjištěny následující hodnoty: Lokalita Hranice vykázala koncentraci  $15.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , Frýdek-Místek  $12.2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , Studénka  $9.7 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  a Červená hora  $4.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ . V žádné z uvedených lokalit nebylo zjištěno překročení imisního limitu  $40 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ . Nejvyšší naměřenou koncentrací disponuje lokalita Hranice, zatímco nejnižší hodnotu představuje lokalita Červená hora. Rozsah zjištěných hodnot se pohybuje od  $4.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  do  $15.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ .

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

Srovnání lokality Hranice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



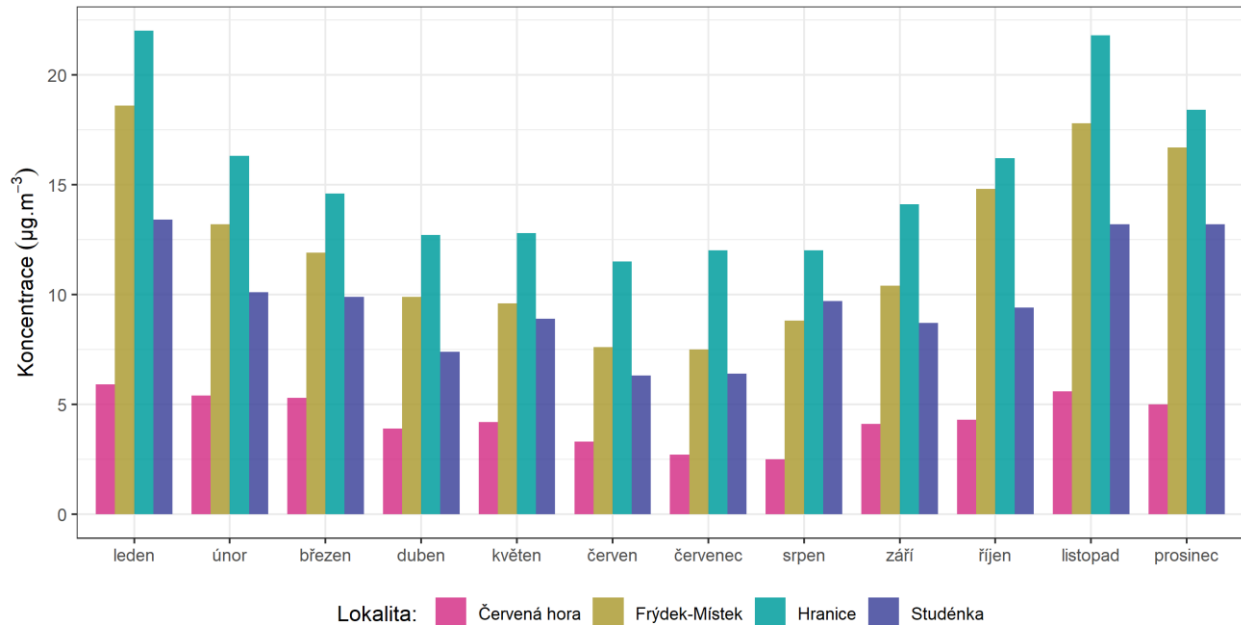
Obr. 60: Srovnání průměrné roční koncentrace NO<sub>2</sub> lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

Následující graf na Obr. 61 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace NO<sub>2</sub> naměřené ve vybraných lokalitách. Z grafu je patrné, že vývoj koncentrací v jednotlivých měsících byl na všech lokalitách podobný. Hodnoty na jednotlivých lokalitách se liší v závislosti na míře ovlivnění dopravou.

Graf na Obr. 62 srovnání průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> v lokalitě Hranice s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu Studénka. Z grafu je patrné, že koncentrace v lokalitě Hranice jsou velmi podobné těm v lokalitě Studénka, hodnoty koncentrací jsou v lokalitě Hranice mírně vyšší. To může být způsobeno orografií terénu a horším provětráváním v lokalitě Hranice a vyšším dopravním ovlivněním.

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

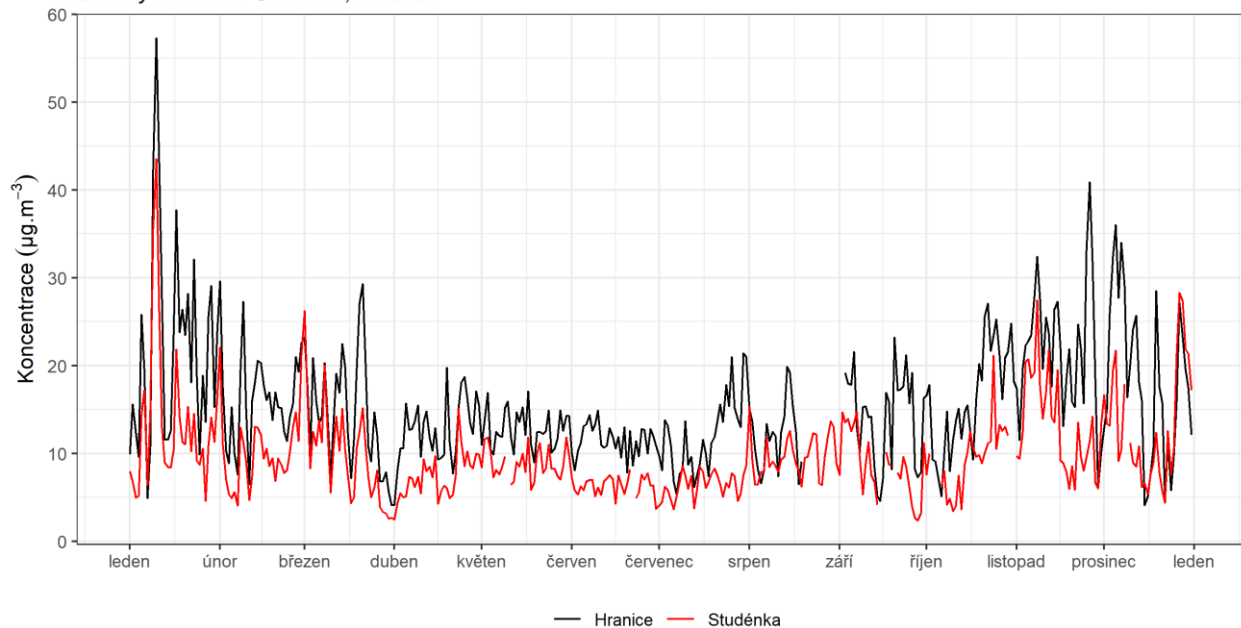
Srovnání lokality Hranice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 61: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací NO<sub>2</sub> lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

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

Lokality Hranice a Studénka, rok 2024



Obr. 62: Srovnání průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub>, lokality Hranice a Studénka, rok 2024

### 3.3 PŘÍZEMNÍ OZÓN O<sub>3</sub>

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 [15]. 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 [16]. 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 [17].

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 deletrující anticiklonální 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 O<sub>3</sub> ZA DEN V ROCE

Z hlediska ochrany kvality ovzduší stanovuje příloha 1, bod 4 zákona o ochraně ovzduší [1] imisní limit pro troposférický ozón. Pro ochranu zdraví lidí platí imisní limit pro maximální denní 8hodinový klouzavý průměr 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.

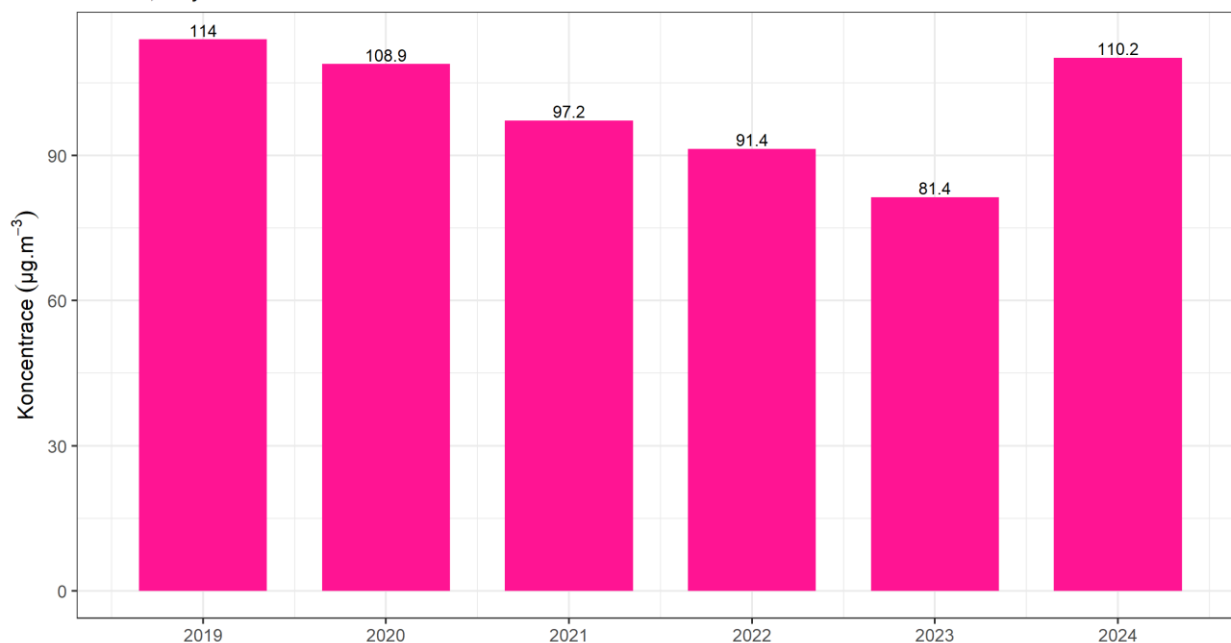
Následující Obr. 63 hodnoty uvádí 26. nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů koncentrací O<sub>3</sub> za den v lokalitě Hranice pro každý rok. Proti předchozímu roku 2023 došlo v roce 2024 k nárůstu koncentrací O<sub>3</sub>

o  $28.8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  (35.4 %). **Průměrná hodnota za tři roky (2022–2024) pak činí  $94.3 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , imisní limit tedy překročen nebyl.**

Relativní vývoj 26. nejvyššího maximálního 8h klouzavého průměru  $\text{O}_3$  za den vzhledem k počátečnímu roku měření zobrazuje následující graf na *Obr. 64*. Rok 2019 zde pro každou škodlivinu představuje 100 % a křivka zobrazuje relativně vývoj koncentrací vůči tomuto roku. Čárkovaně je pak zobrazena křivka lineární regrese.

#### Vývoj 26. nejvyšších 8h klouzavých průměrů $\text{O}_3$ za den

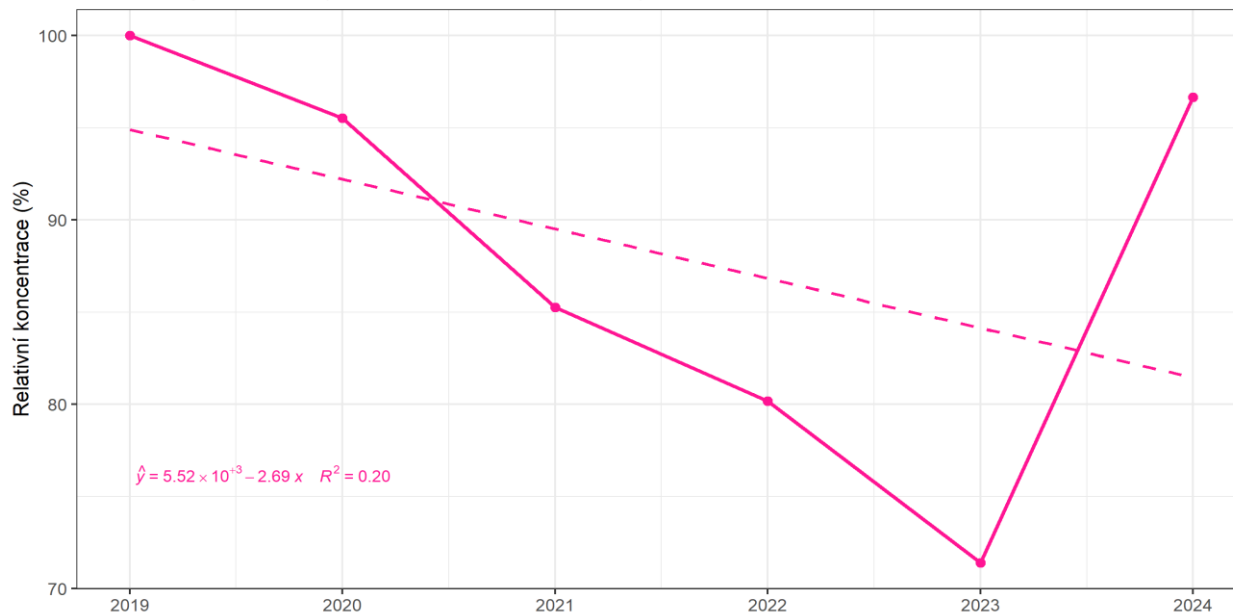
*Hranice, roky 2019–2024*



*Obr. 63: Vývoj 26. nejvyššího 8hodinového klouzavého průměru  $\text{O}_3$  za den, Hranice, rok 2024*

### Relativní vývoj 26. nejvyšších 8h klouzavých průměrů O<sub>3</sub> za den

Hranice, roky 2019–2024 (normalizováno na 2019 = 100 %)



Obr. 64: Relativní vývoj 26. nejvyššího 8hodinového klouzavého průměru O<sub>3</sub> za den proti počátečnímu roku měření (2019), Hranice, rok 2024

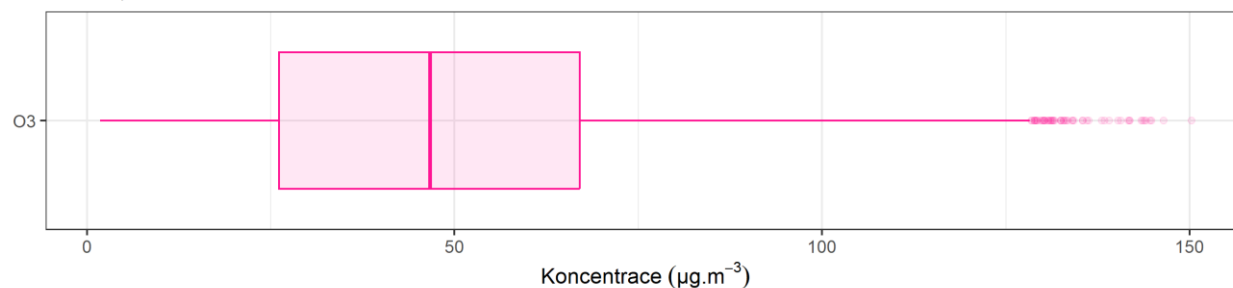
Koncentrace O<sub>3</sub> klesá v průměru o 3.1 μg · m<sup>-3</sup> ročně a relativně klesá o 2.7 % ročně (R<sup>2</sup> = 0.2). Následující Tab. 5 pak zobrazuje statistické zpracování naměřených hodinových dat pro přízemní ozón. Grafické znázornění hodinových koncentrací pomocí krabicových grafů za rok 2024 pak zobrazuje Obr. 65. Maximální naměřená hodinová koncentrace O<sub>3</sub> měla hodnotu 150.2 μg · m<sup>-3</sup>.

Tab. 5: Statistické charakteristiky hodinových koncentrací přízemního ozónu v lokalitě Hranice, rok 2024

| STATISTIKA | O <sub>3</sub> |
|------------|----------------|
| PRŮMĚR     | 48.8           |
| MAXIMUM    | 150.2          |
| MEDIÁN     | 46.7           |
| MINIMUM    | 1.8            |

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

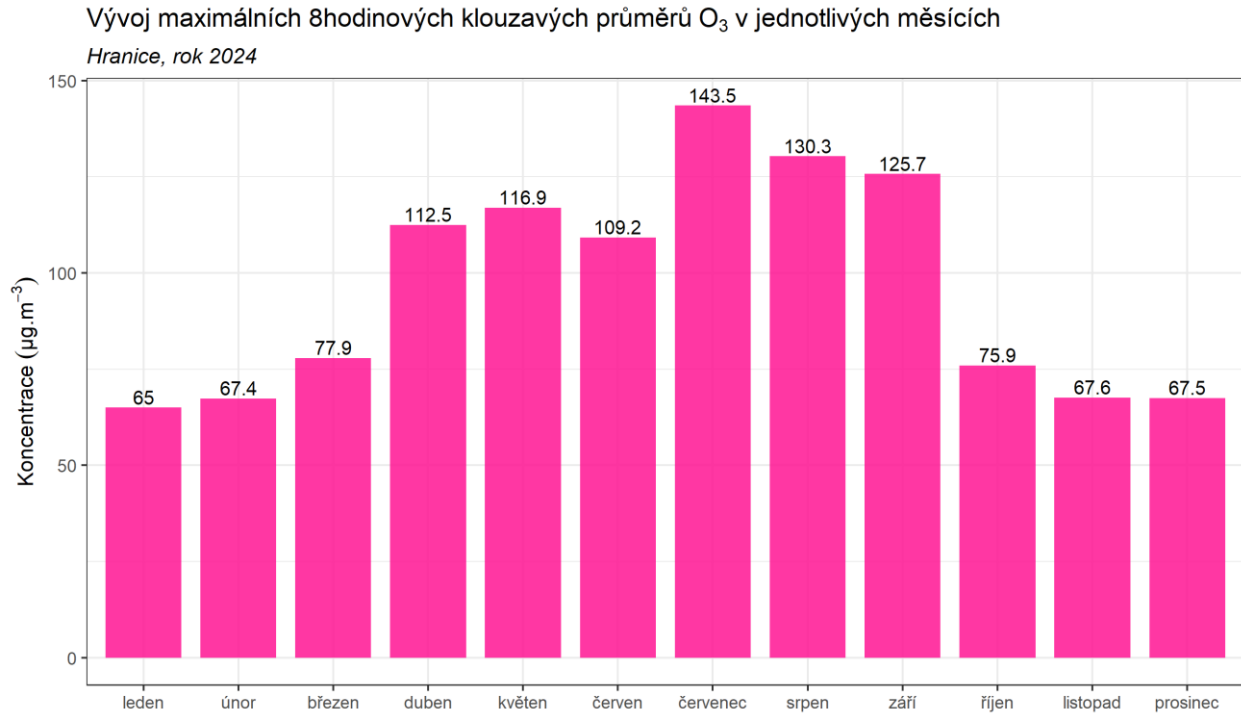
Hranice, rok 2024



Obr. 65: Statistické zpracování hodinových koncentrací přízemního ozónu v lokalitě Hranice, rok 2024

### 3.3.2 VÝVOJ MĚSÍČNÍCH KONCENTRACÍ

Na Obr. 66 jsou zobrazeny maximální 8h klouzavé průměry  $O_3$  za den v jednotlivých měsících. Vyšší koncentrace jsou zpravidla měřeny v letních měsících, kdy je dostatek slunečního svitu pro fotochemické reakce vedoucí ke vzniku přízemního ozónu. Naopak v chladné části roku jsou měřeny koncentrace nižší. Z grafů vyplývá, že nejvyšší 8h klouzavé průměry  $O_3$  za den byly v této lokalitě měřeny v červenci a srpnu (143.5, resp. 130.3  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Nejnižší 8h klouzavé průměry pak byly měřeny v lednu a únoru (65, resp. 67.4  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ).



Obr. 66: Průměrné měsíční koncentrace přízemního ozónu v lokalitě Hranice, rok 2024

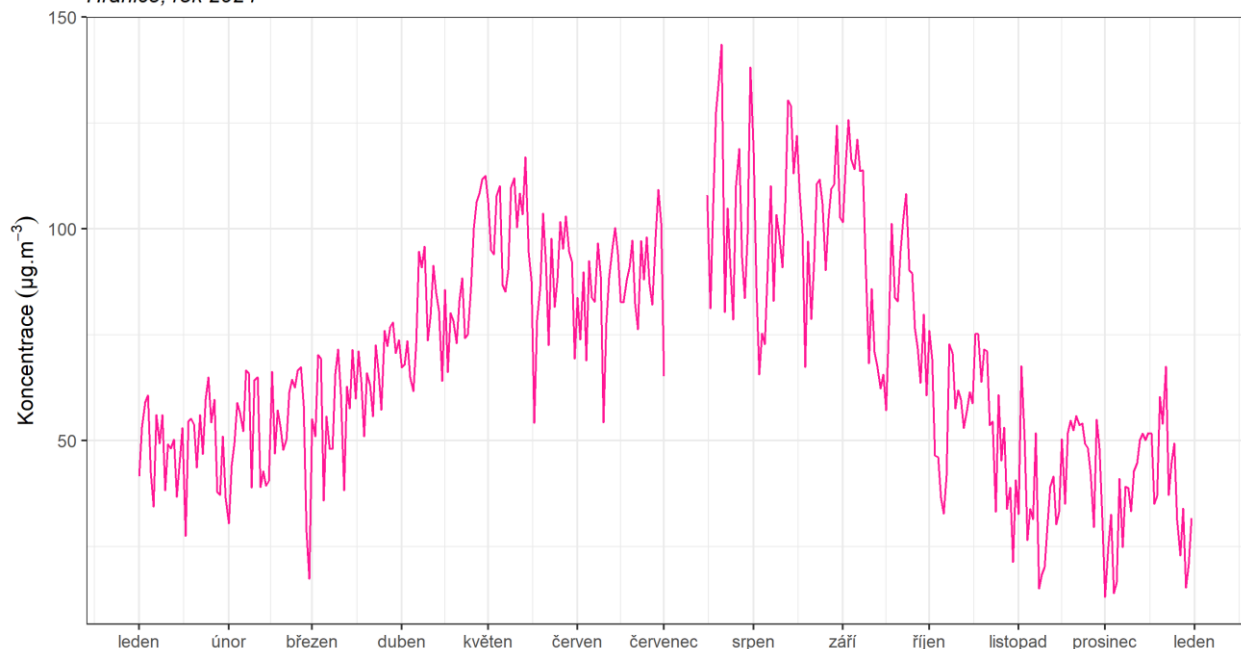
### 3.3.3 VÝVOJ DENNÍCH KONCENTRACÍ $O_3$

Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů  $O_3$  v lokalitě Hranice zobrazuje následující Obr. 67



### Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů koncentrací O<sub>3</sub> za den

Hranice, rok 2024



Obr. 67: Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů koncentrací O<sub>3</sub>, Hranice, rok 2024

Z grafu 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.

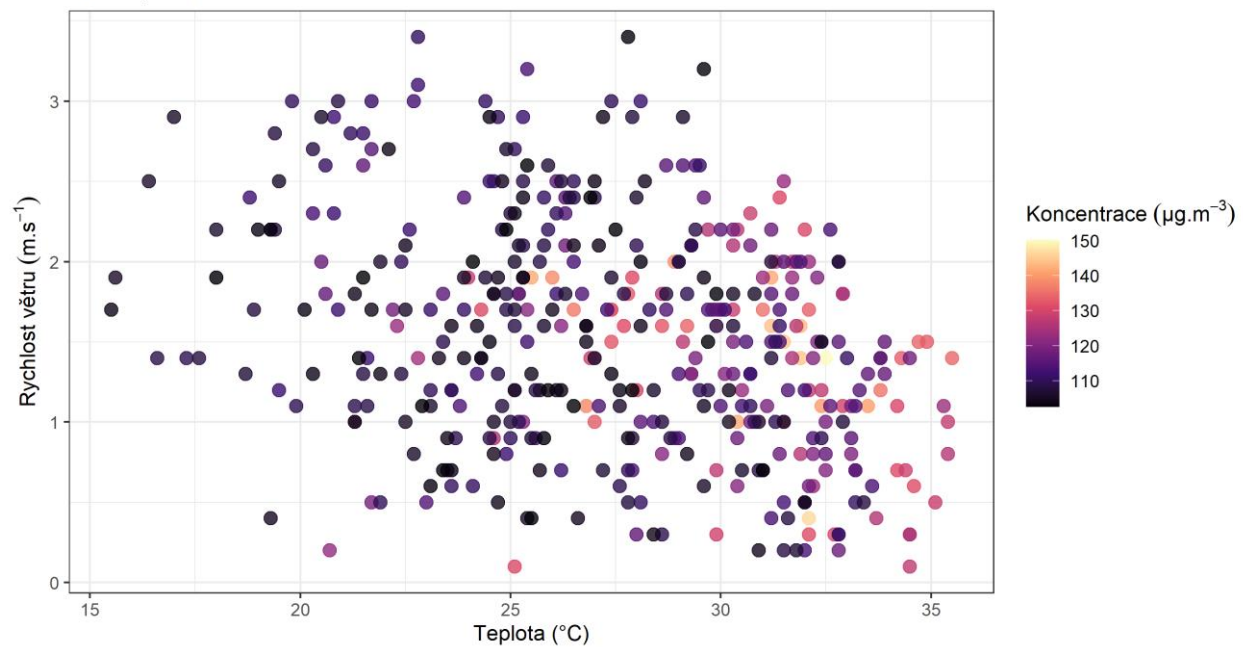
Obr. 68 zobrazuje, při jakých teplotách a rychlostech větru se vyskytuje 5 % nejvyšších koncentrací O<sub>3</sub> naměřených v lokalitě Hranice v roce 2024. Z analýzy těchto 5 % nejvyšších koncentrací O<sub>3</sub> lze vyčíst, že nejčastěji se tyto koncentrace vyskytují při teplotě kolem 25.1 °C a rychlosti větru přibližně 1.7 m·s<sup>-1</sup>. Nejvyšší hodnoty jsou měřeny při vysokých teplotách kolem 35 °C.

Na Obr. 69 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. Následuje Obr. 70, který obdobně zobrazuje vliv slunečního záření na koncentrace přízemního ozónu – to je obzvláště důležité kvůli fotochemickým reakcím produkujícím přízemní ozón.

Grafy potvrzují, 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.

Pozorovaná teplota a rychlost větru pro 5 % nejvyšších koncentrací O<sub>3</sub>

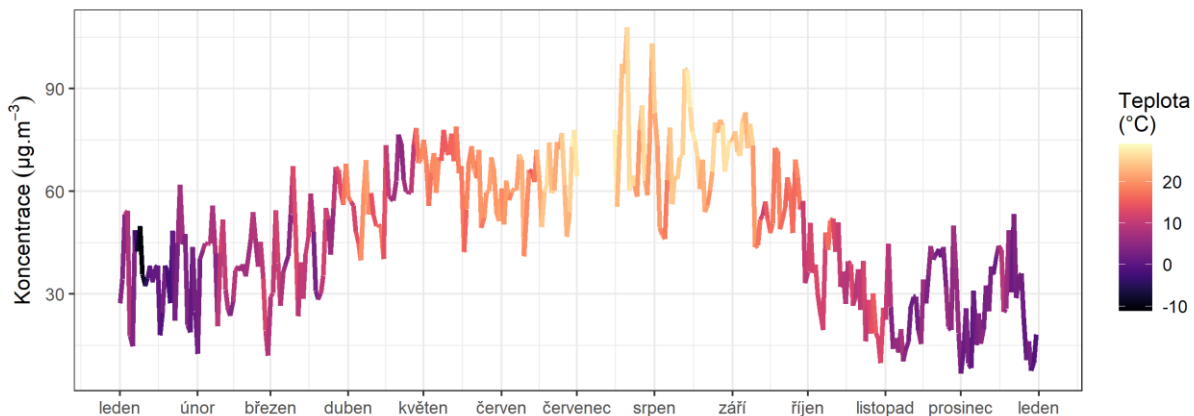
Hranice, rok 2024



Obr. 68: Pozorovaná teplota a rychlost větru pro 5 % nejvyšších koncentrací O<sub>3</sub>, Hranice, rok 2024

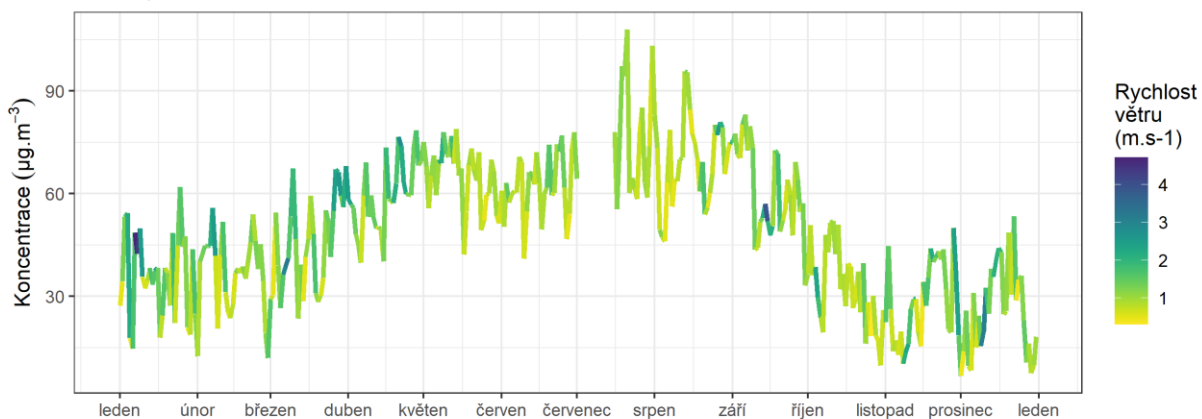
### Vývoj průměrných denních koncentrací O<sub>3</sub> v závislosti na teplotě vzduchu

Hranice, rok 2024



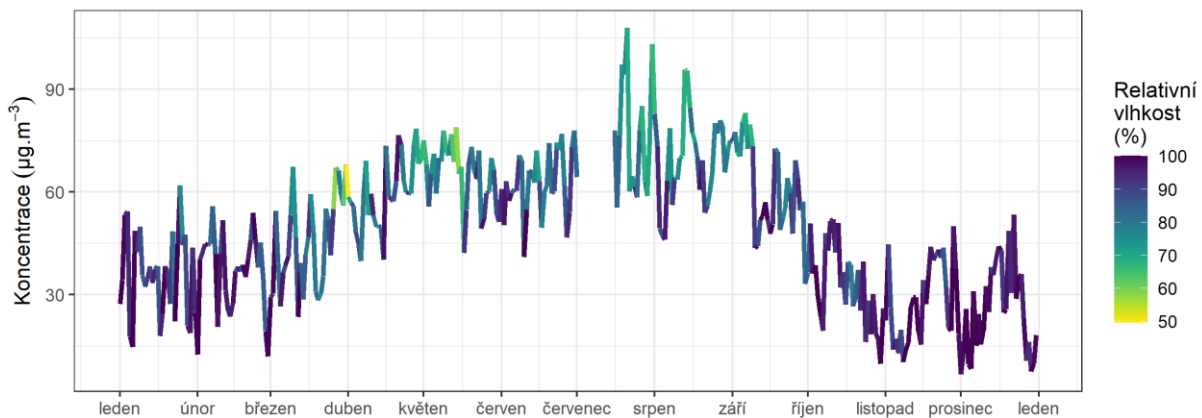
### Vývoj průměrných denních koncentrací O<sub>3</sub> v závislosti na rychlosti větru

Hranice, rok 2024



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

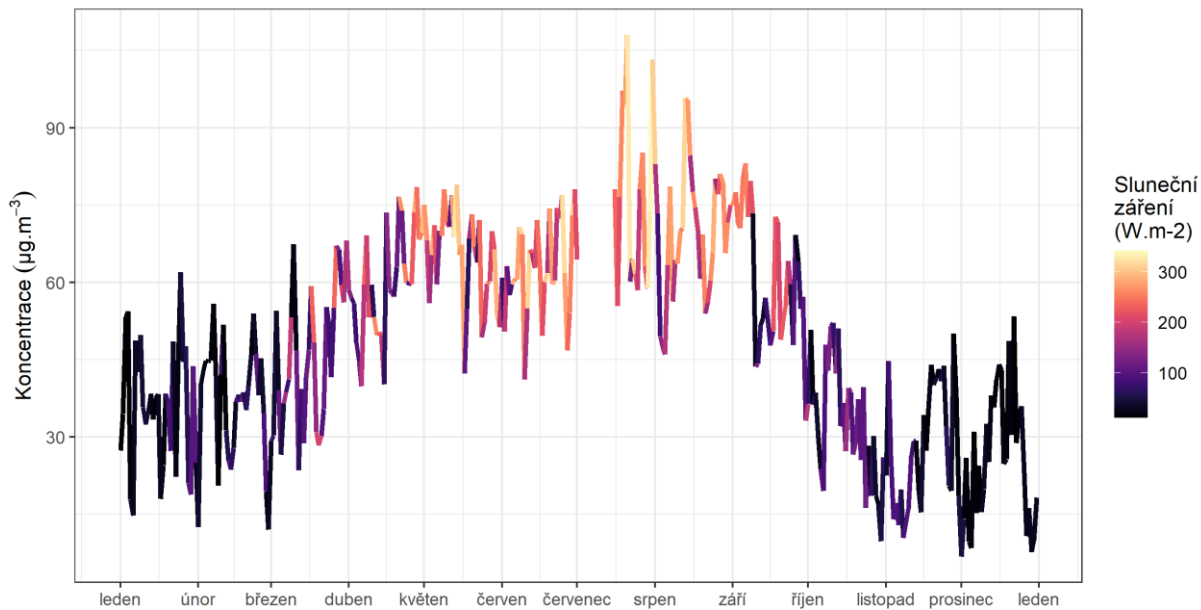
Hranice, rok 2024



Obr. 69: Vliv teploty (nahore), rychlosti větru (uprostřed) a relativní vlhkosti (dole) na koncentrace O<sub>3</sub>, Hranice, rok 2024

### Vývoj průměrných denních koncentrací O<sub>3</sub> v závislosti na slunečním záření

Hranice, rok 2024

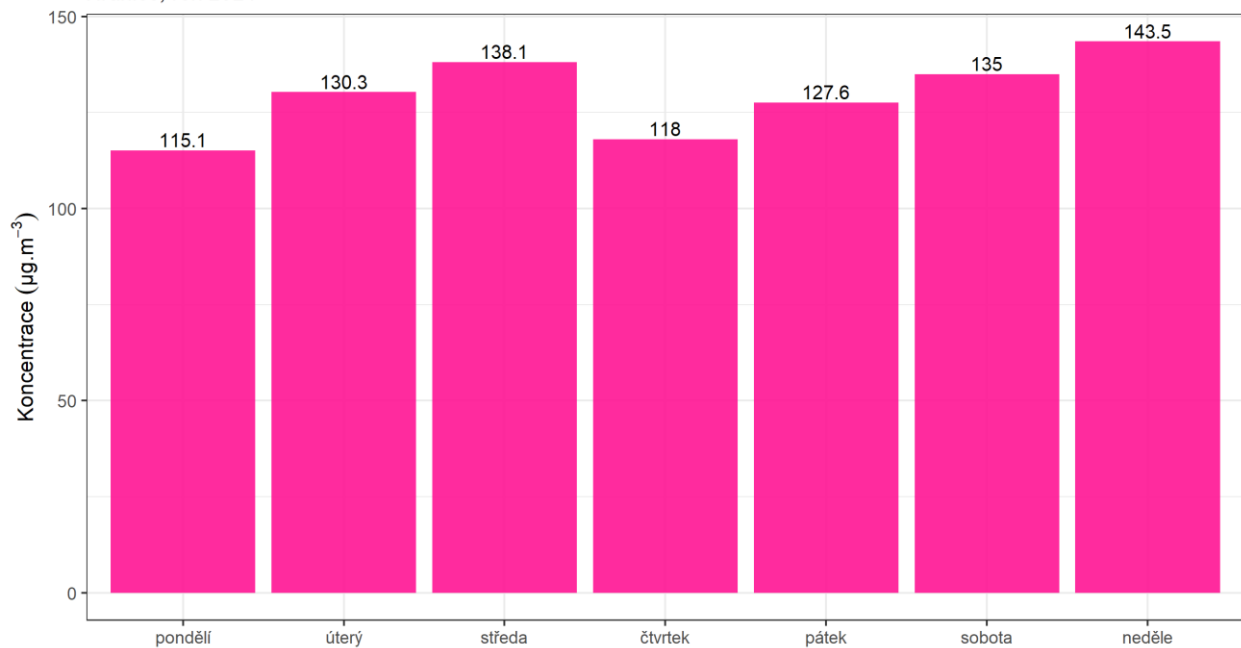


Obr. 70: Vliv slunečního záření (GLRD) na koncentrace O<sub>3</sub>, Hranice, rok 2024

Graf na Obr. 71 posuzuje maximální 8h klouzavý průměr O<sub>3</sub> za den z hlediska dne v týdnu. Nejvyšší 8h klouzavé průměry koncentrací O<sub>3</sub> byly v roce 2024 naměřeny v neděli s hodnotou 143.5 µg·m<sup>-3</sup>. Naopak nejnižší 8h klouzavé průměry koncentrací O<sub>3</sub> byly naměřeny v pondělí s hodnotou 115.1 µg·m<sup>-3</sup>.

### Týdenní chod maximálních 8h klouzavých průměrů O<sub>3</sub>

Hranice, rok 2024

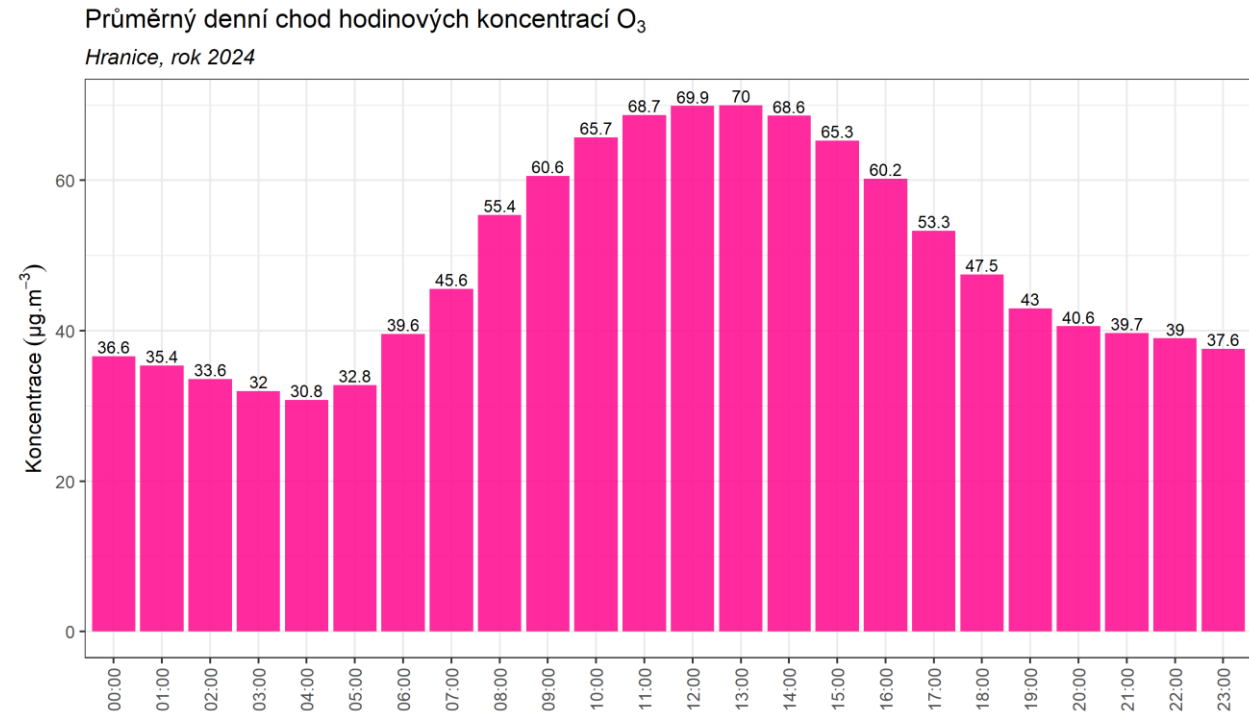


Obr. 71: Týdenní chod maximálních 8h klouzavých průměrů O<sub>3</sub> za den, Hranice, rok 2024

### 3.3.4 ANALÝZA HODINOVÝCH KONCENTRACÍ – DENNÍ CHOD A KONCENTRAČNÍ RŮŽICE

Zprůměrováním všech naměřených koncentrací v jednotlivé hodiny lze získat průměrný denní chod O<sub>3</sub> v lokalitě Hranice. Tento denní chod koncentrací zobrazuje následující Obr. 72.

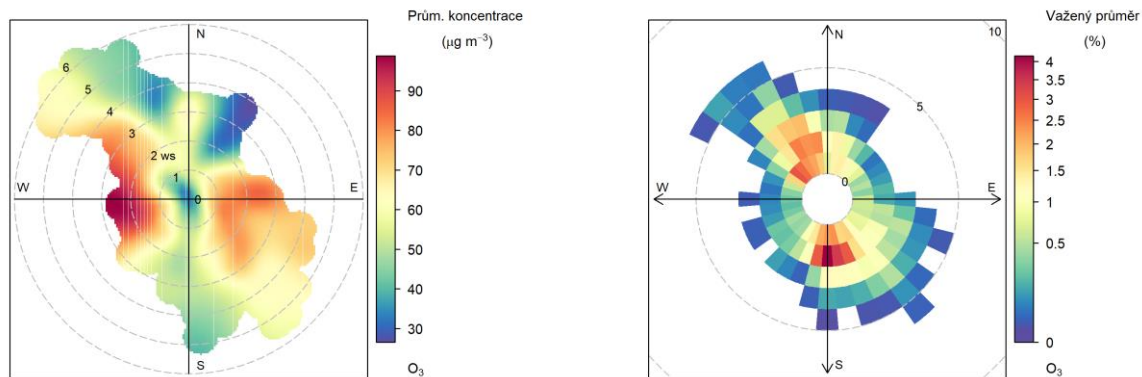
V průměru nejvyšší koncentrace O<sub>3</sub> byly měřeny v 13:00 s hodnotou 70 µg·m<sup>-3</sup>. Nejnižší koncentrace O<sub>3</sub> pak byly naměřeny v 04:00 s hodnotou 30.8 µg·m<sup>-3</sup>. Denní chod je v případě přízemního ozónu spojen se slunečním zářením, proto jsou nejvyšší hodnoty obvykle naměřeny kolem poledne.



Obr. 72: Průměrný týdenní chod denních koncentrací přízemního ozónu, Hranice, rok 2024

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

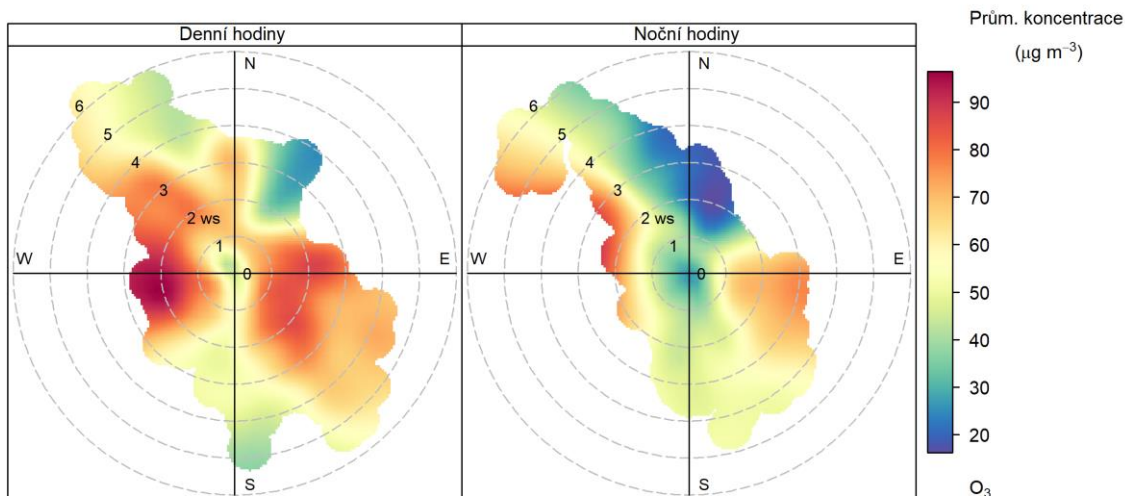
Následující Obr. 73 zobrazuje dva typy koncentračních růžic pro lokalitu Hranice – koncentrační a váženou koncentrační růžici.



Obr. 73: Koncentrační růžice (vlevo) a vážená koncentrační růžice (vpravo) pro  $O_3$ , Hranice, rok 2024

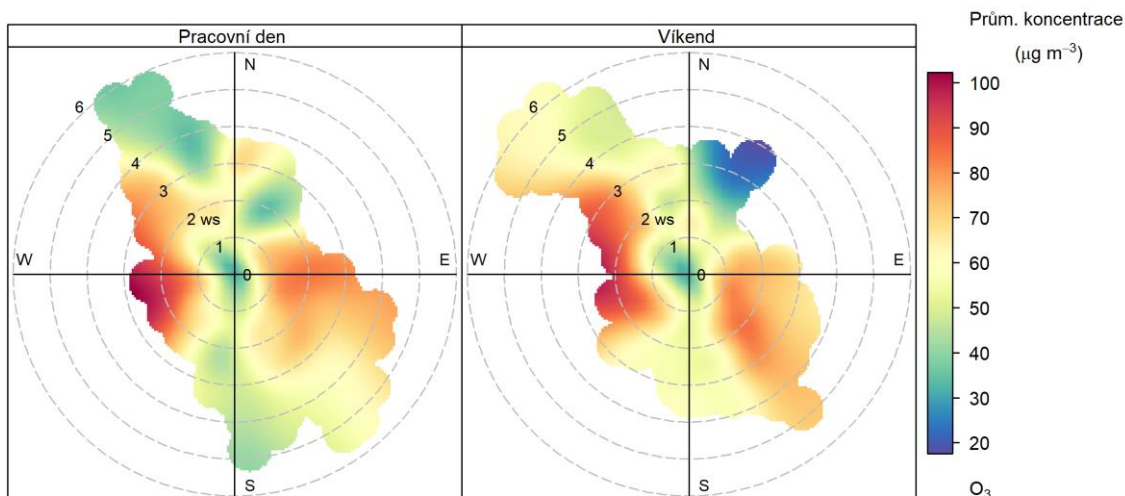
Maximální koncentrace ( $99 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) byla zaznamenána při větru o rychlosti  $2.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a proudění ze západu. Nejvyšší vážený průměr koncentrací  $O_3$  (4 %) byla zaznamenána při proudění z jihu a rychlosti větru  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Na následujícím Obr. 74 je koncentrační růžice rozdělená na den a noc. Vyšší koncentrace  $O_3$  byla zaznamenána během denních hodin, kde maximální hodnota dosáhla  $96 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . V denních hodinách byla nejvyšší koncentrace naměřena při proudění ze západu a rychlostí větru  $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Během nočních hodin byla naměřena maximální koncentrace  $O_3$  ve výši  $88 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , která byla zjištěna rovněž při ze západu s rychlostí větru  $2.4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .



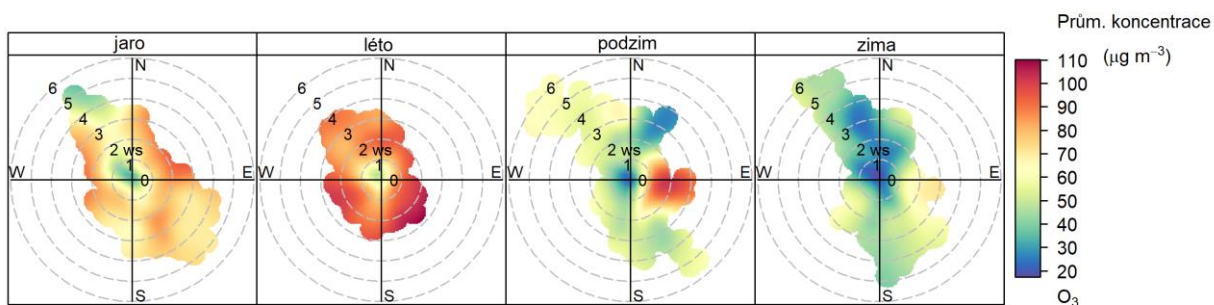
Obr. 74: Koncentrační růžice  $O_3$  v denních a nočních hodinách, Hranice, rok 2024

Koncentrační růžici je taky možné rozdělit na pracovní dny a víkendové dny Obr. 75. Vyšší koncentrace ozonu  $O_3$  byly zaznamenány během pracovních dnů. Nejvyšší koncentrace  $102 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  byla naměřena při proudění ze západu a rychlosti větru  $2.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . O víkendu byla maximum koncentrace ozonu nižší, konkrétně  $98 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Toto maximum bylo zaznamenáno při proudění ze západu a rychlosti větru  $2.4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .



Obr. 75: Koncentrační růžice  $O_3$  v pracovní dny a o víkendu, Hranice, rok 2024

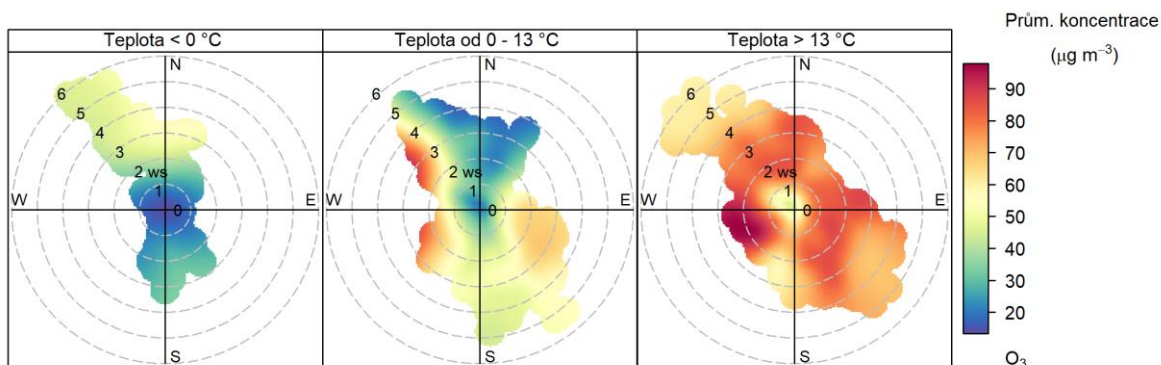
Následující Obr. 76 zobrazuje koncentrační růžice v jednotlivých ročních obdobích. Nejvyšší koncentrace ozonu ( $O_3$ ) byla naměřena v letním období, kdy dosáhla hodnoty  $110,1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ . V jarním období byla maximální koncentrace  $O_3$  ( $94,5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) zaznamenána při proudění vzduchu ze severovýchodu a rychlosti větru  $2,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . V letních měsících byla nejvyšší hodnota koncentrace  $O_3$  ( $110,1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) naměřena při proudění vzduchu z jihovýchodu a rychlosti větru  $2,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . V období podzimu byla nejvyšší zaznamenaná koncentrace  $O_3$  ( $102,1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) při proudění vzduchu z východu a rychlosti větru  $1,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Během zimního období byla maximální koncentrace  $O_3$  ( $72,4 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) naměřena při proudění vzduchu z východu a rychlosti větru  $3,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Tyto údaje odrážejí charakteristiky atmosférických podmínek a jejich vliv na lokální koncentrace ozonu v různých ročních obdobích.



Obr. 76: Koncentrační růžice  $O_3$  v jednotlivých ročních obdobích, Hranice, rok 2024

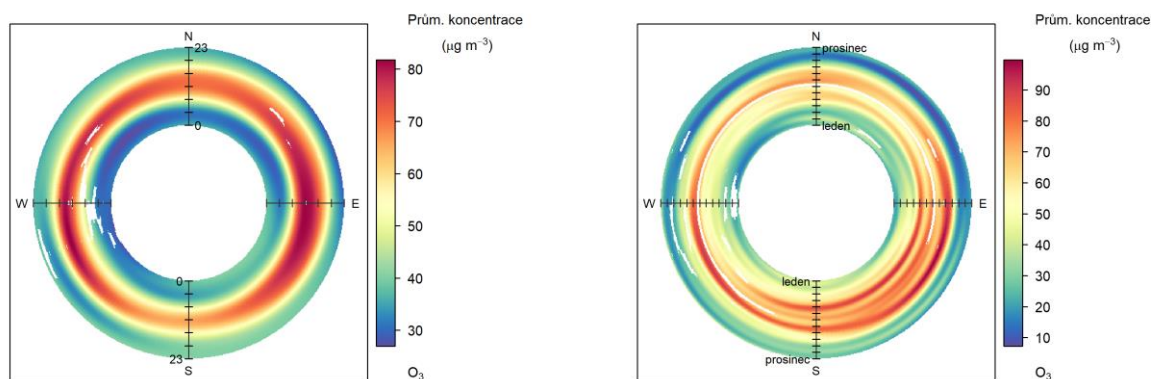
Dále lze rozdělit koncentrační růžice na základě teplot vzduchu (Obr. 77). V teplotním intervalu nad  $13 \text{ }^\circ\text{C}$  byla zaznamenána nejvyšší koncentrace  $O_3$ , a to  $97,8 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ . V teplotním intervalu nižším než  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  byla naměřena maximální koncentrace  $O_3$  ve výši  $58,1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , přičemž proudění vzduchu bylo ze severu s rychlostí  $3,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Ve středním teplotním intervalu mezi  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $13 \text{ }^\circ\text{C}$  byla nejvyšší koncentrace

90.9  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Proudění vzduchu, při kterém byla tato koncentrace naměřena, bylo směrem ze západu s rychlostí 3.4  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Ve zmíněném nejvyšším teplotním intervalu bylo proudění vzduchu zaznamenáno ze západu s rychlostí větru 2.1  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .



Obr. 77: Koncentrační růžice  $\text{O}_3$  ve vybraných teplotních intervalech, Hranice, rok 2024

Cenné informace poskytuje rovněž průměrný denní a roční chod, členěný dle směru větru. V případě denního chodu je uprostřed první hodina po půlnoci a na okraji pak 23. hodina. V případě ročního chodu je pak uprostřed 1. 1. a na okraji 31. 12. Směry větru jsou totožné jako v případě růžic. Koncentrace  $\text{O}_3$  v lokalitě Hranice jsou takto zobrazeny na Obr. 78.



Obr. 78: Průměrný denní chod (vlevo) a roční chod (vpravo) koncentrací  $\text{O}_3$  dle směru větru, Hranice, rok 2024

Nejvyšší koncentrace  $\text{O}_3$  (82  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) byla v rámci denního chodu naměřena kolem 14. hodiny při proudění větru ze západních směrů. Z hlediska ročního chodu byla nejvyšší koncentrace  $\text{O}_3$  (100  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) naměřena v zálí, kdy proudil vzduch z jihovýchodních směrů.



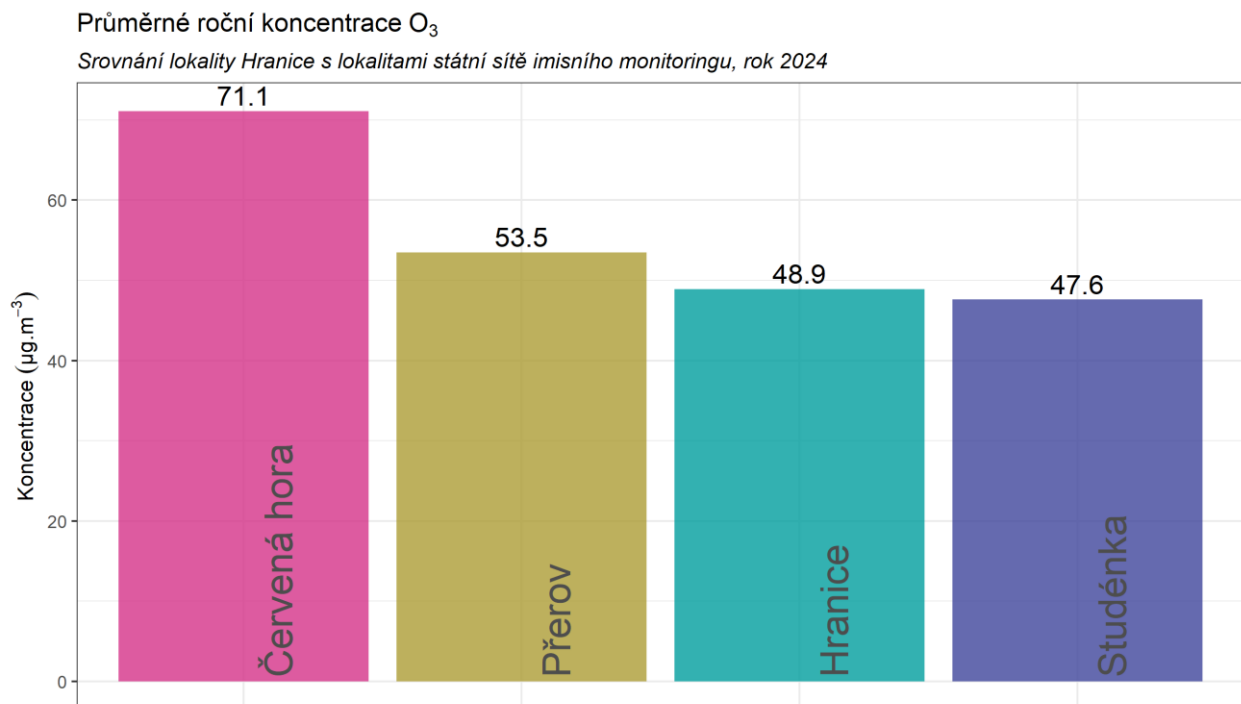
### 3.3.5 SROVNÁNÍ S LOKALITAMI STÁTNÍ SÍTĚ IMISNÍHO MONITORINGU

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

Na následujícím Obr. 79 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace  $O_3$  v lokalitách v blízkém okolí lokality Hranice a srovnány s koncentracemi zde měřenými v roce 2024. Nejvyšší zjištěná koncentrace  $71.1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  byla naměřena v lokalitě Červená hora, zatímco nejnižší koncentrace  $47.6 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  byla zaznamenána ve Studénce. Koncentrace v ostatních zkoumaných lokalitách, Přerov a Hranice, byly ve výši  $53.5 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  a  $48.9 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , což Hranice řadí na třetí místo v pořadí dle výše koncentrací.

Následující graf na Obr. 80 zobrazuje průměrné měsíční koncentrace  $O_3$  naměřené ve vybraných lokalitách. Z grafu je patrné, že vysoké koncentrace jsou vždy měřeny v teplé části roku, což souvisí s tvorbou přízemního  $O_3$  v atmosféře. Vývoj koncentrací je na všech lokalitách podobný.

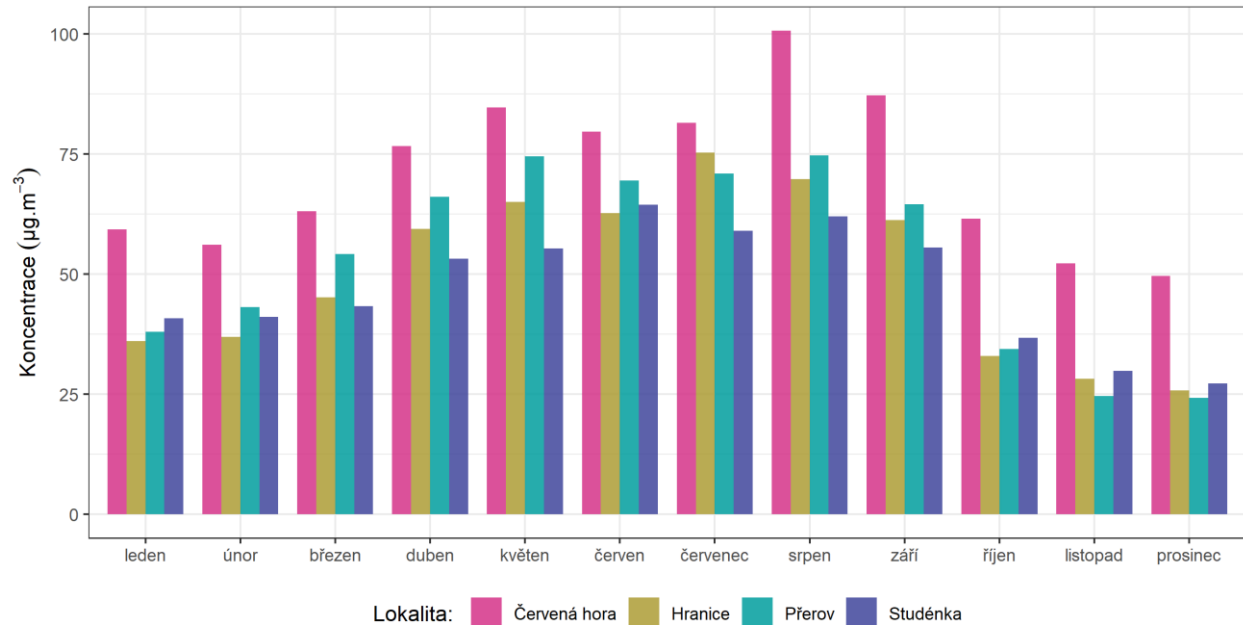
Graf na Obr. 81 srovnání průměrných denních koncentrací  $O_3$  v lokalitě Hranice s nejbližší lokalitou státní sítě imisního monitoringu Přerov. Z grafu je patrné, že koncentrace v lokalitě Hranice jsou velmi podobné těm v lokalitě Přerov.



Obr. 79: Srovnání průměrné roční koncentrace  $O_3$  lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

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

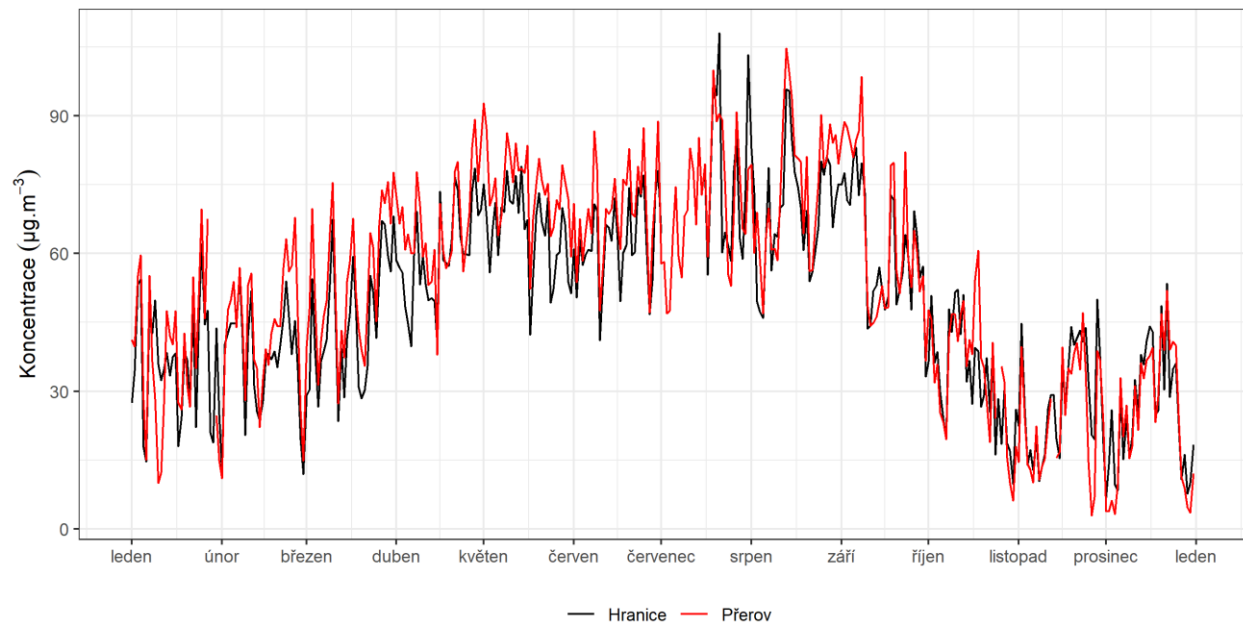
Srovnání lokality Hranice s lokalitami státní sítě imisního monitoringu, rok 2024



Obr. 80: Srovnání průměrných měsíčních koncentrací O<sub>3</sub> lokality Hranice s okolními stanicemi státní sítě imisního monitoringu, rok 2024

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

Lokality Hranice a Přerov, rok 2024



Obr. 81: Srovnání průměrných denních koncentrací O<sub>3</sub>, lokality Hranice a Přerov, rok 2024

## 4 ZÁVĚRY

Kvalita ovzduší v lokalitě Hranice byla systémově analyzována pro rok 2024 s důrazem na měření koncentrací různých škodlivin, včetně částic PM, oxidů dusíku a ozonu. Výsledky naznačují, že oblast Hranice vykazuje vyhovující kvalitu vzduchu ve většině sledovaných parametrů. Těmito poznatky lze dobře podložit aktuální stav a trendy ve znečišťování vzduchu, poskytnout komparaci s dalšími lokalitami a identifikovat oblasti, kde je potřeba zaměřit regulativní nebo ochranné opatření. Přesná měření a jejich komplexní analýza poskytuje základ pro efektivní strategie zlepšování kvality ovzduší.

### 4.1.1 BODOVÉ ZHODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH ŠKODLIVIN:

- **PM:**
  - Vztah k imisnímu limitu:
    - PM<sub>10</sub>: Průměrná roční koncentrace v roce 2024 byla 21.3  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , což je pod stanoveným imisním limitem.
    - PM<sub>2,5</sub>: Průměrná roční koncentrace byla 14.6  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , což taktéž nepřekročilo imisní limit.
    - Denní imisní limit PM<sub>10</sub> byl překročen 13x a nepřesáhl tak povolených 35 překročení za kalendářní rok.
  - Vývoj proti předchozím obdobím: Proti předchozímu roku malý nárůst PM<sub>10</sub>, ale dlouhodobý pokles o 4.  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  od roku 2019.
  - Nejvyšší a nejnižší měsíční koncentrace: Nejvyšší hodnoty v lednu a březnu, nejnižší v květnu a červnu.
  - Srovnání s okolními lokalitami: Hranice se drží v horní hladině mezi čistoty ovzduší, kdy srovnatelné hodnoty vykazuje Přerov.
- **Oxidy dusíku (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>):**
  - Vztah k imisnímu limitu:
    - NO<sub>2</sub>: Roční průměrná koncentrace 15.5  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , hodinový limit nepřekročen s rezervou.
  - Vývoj proti předchozím obdobím:
    - Redukce NO o 0.4  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  a NO<sub>2</sub> o 2.1  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  v roce 2024 oproti 2023.
  - Nejvyšší a nejnižší měsíční koncentrace: Nejvyšší v zimních měsících, nejnižší během jara a léta.
  - Srovnání s okolními lokalitami: Hranice vykazuje vyšší průměrné koncentrace než jiné analyzované lokality, ale všechny hodnoty jsou daleko pod limitními hodnotami.
- **Ozon (O<sub>3</sub>):**
  - Vztah k imisnímu limitu: Průměrná tříletá hodnota 94.3  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , což je v souladu s regulacemi.
  - Vývoj proti předchozím obdobím: Nárůst od roku 2023 o 28.  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

- Nejvyšší a nejnižší měsíční koncentrace: Významně se liší, s nejvyššími hodnotami v létě a nejnižšími v zimě.
- Srovnání s okolními lokalitami: Hodnoty  $O_3$  v Hranicích jsou srovnatelné s některými okolními lokalitami, avšak nejnižší oproti předním hodnotám v Červené hoře.

Závěrem lze konstatovat, že kvalita ovzduší v lokalitě Hranice je na dobré úrovni s tendencí klesajících koncentrací škodlivin, přičemž všechny monitorované hodnoty zůstávají pod stanovenými imisními limity. Analýza odhaluje potřebu pokračovat ve sledování a potenciálně dále regulovat emise, zvláště v oblastech s mírně vyššími koncentracemi některých látek.

## 5 SEZNAM LITERATURY

1. MŽP Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů; 2012;
2. Team, R.C. *R: A language and environment for statistical computing*; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria., 2018;
3. H. Wickham, et al. Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software* **2019**, 4, 1686.
4. Carslaw Openair - an R package for air quality data analysis. *Environmental* **2012**, 27-28, 52–61.
5. ČHMÚ *Teplota a srážky na území ČR za rok 2023*; ČHMÚ, 2025;
6. ČHMÚ *Předběžná zpráva s hodnocením kvality ovzduší za rok 2023*; ČHMÚ, 2025;
7. Vojtíšek, M. O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkovaných v městských aglomeracích 2010.
8. ČHMÚ *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2023*; 2024; ISBN 978-80-7653-071-3.
9. EPA, U. *Particulate Matter (PM) Pollution*;
10. Keder, J. Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátoru Grimm 2007.
11. ČHMÚ *Velikonoční písečný prach ze Sahary pohledem dálkového průzkumu i pozemního měření*; 2024;
12. EPA, U. *Nitrogen Dioxide (NO2) Pollution*;
13. Derwent, R.G. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **2001**, 127, 2205–2205.
14. Commission, E. *Position paper on air quality: nitrogen dioxide*;
15. John H. Seinfeld, S.N.P. *Atmospheric Chemistry and Physics*; John Wiley & Sons: John Wiley & Sons, 2016; ISBN 9781118947401, 1118947401.
16. Závodský, J.F.D. *Chemické aspekty znečištěného ovzduší – troposférický ozon*; Kompendium ochrany kvality ovzduší, 2003;
17. Ian Colbeck, A.R.M. *Air Pollution by Photochemical Oxidants*; Elsevier Science Publishing Company: Elsevier Science Publishing Company, 1994; ISBN STANFORD:36105009789822.