



# PROJEKT ISKOV 2018: LUKAVEC, PŘIBYSLAV, RANTÍŘOV A VELKÁ BÍTEŠ

14.2.2019

ENVITECH BOHEMIA, S.R.O.



# OBSAH

---

<b>1</b>	<b>POPIS MĚŘICÍCH LOKALIT, METODIKA A LEGISLATIVA .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>MĚŘICÍ LOKALITY .....</b>	<b>4</b>
1.1.1	LUKAVEC .....	4
1.1.2	PŘIBYSLAV .....	5
1.1.3	RANTÍŘOV .....	7
1.1.4	VELKÁ BÍTEŠ .....	8
<b>1.2</b>	<b>METODIKA MĚŘENÍ .....</b>	<b>10</b>
<b>1.3</b>	<b>PLATNÉ IMISNÍ LIMITY.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY V ROCE 2018 V ČR.....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM<sub>10</sub> .....</b>	<b>13</b>
3.1.1	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ KONCENTRACE .....	15
3.1.2	PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE .....	16
3.1.3	PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE PM <sub>10</sub> .....	18
3.1.4	HODINOVÉ KONCENTRACE A DENNÍ CHOD .....	24
3.1.5	RŮŽICE – DETAILNÍ ANALÝZA HODINOVÝCH HODNOT .....	25
3.1.6	SROVNÁNÍ KONCENTRACÍ PM <sub>10</sub> S LOKALITAMI JIHLAVA A KOŠETICE .....	35
<b>3.2</b>	<b>SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM<sub>2,5</sub>.....</b>	<b>37</b>
3.2.1	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ KONCENTRACE .....	37
3.2.2	PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE .....	38
3.2.3	PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE PM <sub>2,5</sub> .....	40
3.2.4	HODINOVÉ KONCENTRACE A DENNÍ CHOD .....	44
3.2.5	RŮŽICE – DETAILNÍ ANALÝZA HODINOVÝCH HODNOT .....	45
3.2.6	SROVNÁNÍ KONCENTRACÍ PM <sub>2,5</sub> S LOKALITAMI JIHLAVA A KOŠETICE.....	55
<b>3.3</b>	<b>OXID DUSIČITÝ A OXIDY DUSÍKU .....</b>	<b>56</b>
3.3.1	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ KONCENTRACE .....	58
3.3.2	PRŮMĚRNÉ MĚSÍČNÍ KONCENTRACE .....	59
3.3.3	PRŮMĚRNÉ DENNÍ KONCENTRACE NO <sub>2</sub> .....	61
3.3.4	HODINOVÉ KONCENTRACE A DENNÍ CHOD .....	65
3.3.5	RŮŽICE – DETAILNÍ ANALÝZA HODINOVÝCH HODNOT .....	66
3.3.6	SROVNÁNÍ KONCENTRACÍ NO <sub>2</sub> S LOKALITAMI JIHLAVA A KOŠETICE.....	76
<b>3.4</b>	<b>PŘÍZEMNÍ OZÓN .....</b>	<b>77</b>
<b>3.5</b>	<b>8HODINOVÉ KLOUZAVÉ PRŮMĚRY O<sub>3</sub> .....</b>	<b>77</b>
3.5.1	RŮŽICE – DETAILNÍ ANALÝZA HODINOVÝCH HODNOT .....	84
<b>3.6</b>	<b>BENZO[A]PYREN .....</b>	<b>93</b>
3.6.1	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ KONCENTRACE BENZO[A]PYRENU .....	94
3.6.2	MĚŘENÉ DENNÍ KONCENTRACE .....	95
<b>4</b>	<b>ZÁVĚRY .....</b>	<b>98</b>
<b>5</b>	<b>CITOVANÁ LITERATURA .....</b>	<b>99</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK POUŽITÝCH V DOKUMENTU.....</b>	<b>101</b>





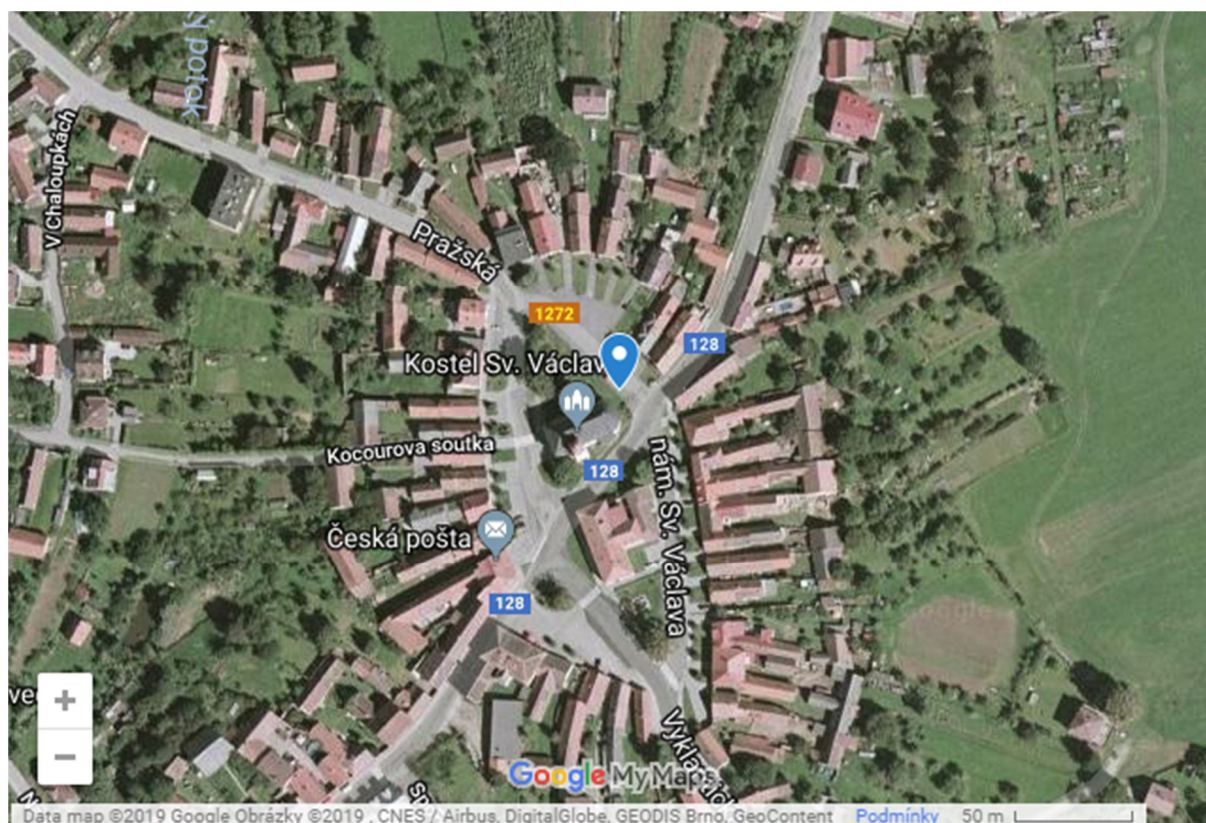
# 1 POPIS MĚŘICÍCH LOKALIT, METODIKA A LEGISLATIVA

---

## 1.1 MĚŘICÍ LOKALITY

### 1.1.1 Lukavec

Název lokality:	Lukavec
Popis umístění:	Na náměstí Sv. Václava (vedle kostela)
Zeměpisné souřadnice:	49°33'57.456"N, 14°59'27.717"E
Nadmořská výška:	579 m
Měřené látky:	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PAH
Meteorologické prvky:	ano



Obr. 1 – Přehledová mapka umístění lokality, Lukavec, projekt ISKOV, rok 2018

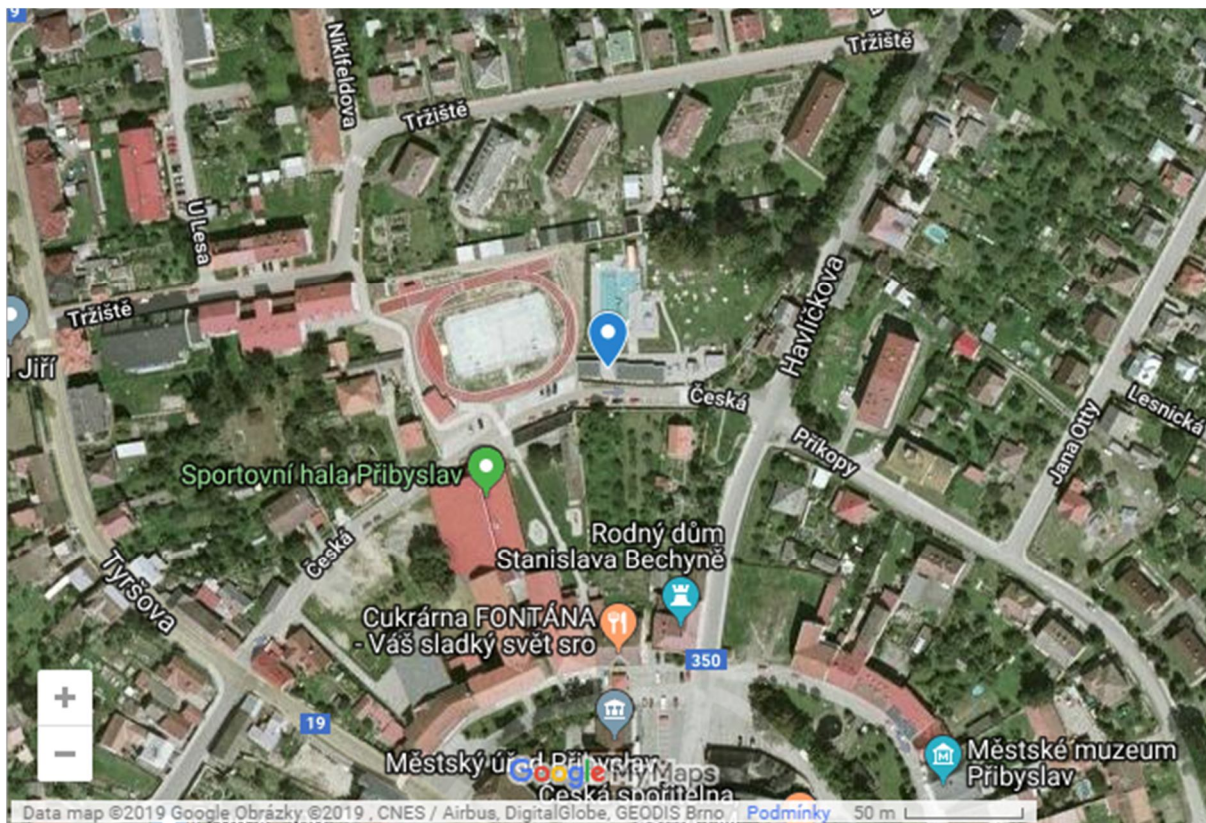


Obr. 2 – Lokalita Lukavec, projekt ISKOV, rok 2018

### 1.1.2 Přibyslav

Název lokality:	Přibyslav
Popis umístění:	V areálu koupaliště
Zeměpisné souřadnice:	49°34'43.00"N, 15°44'16.80"E
Nadmořská výška:	491 m
Měřené látky:	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub>
Meteorologické prvky:	ano





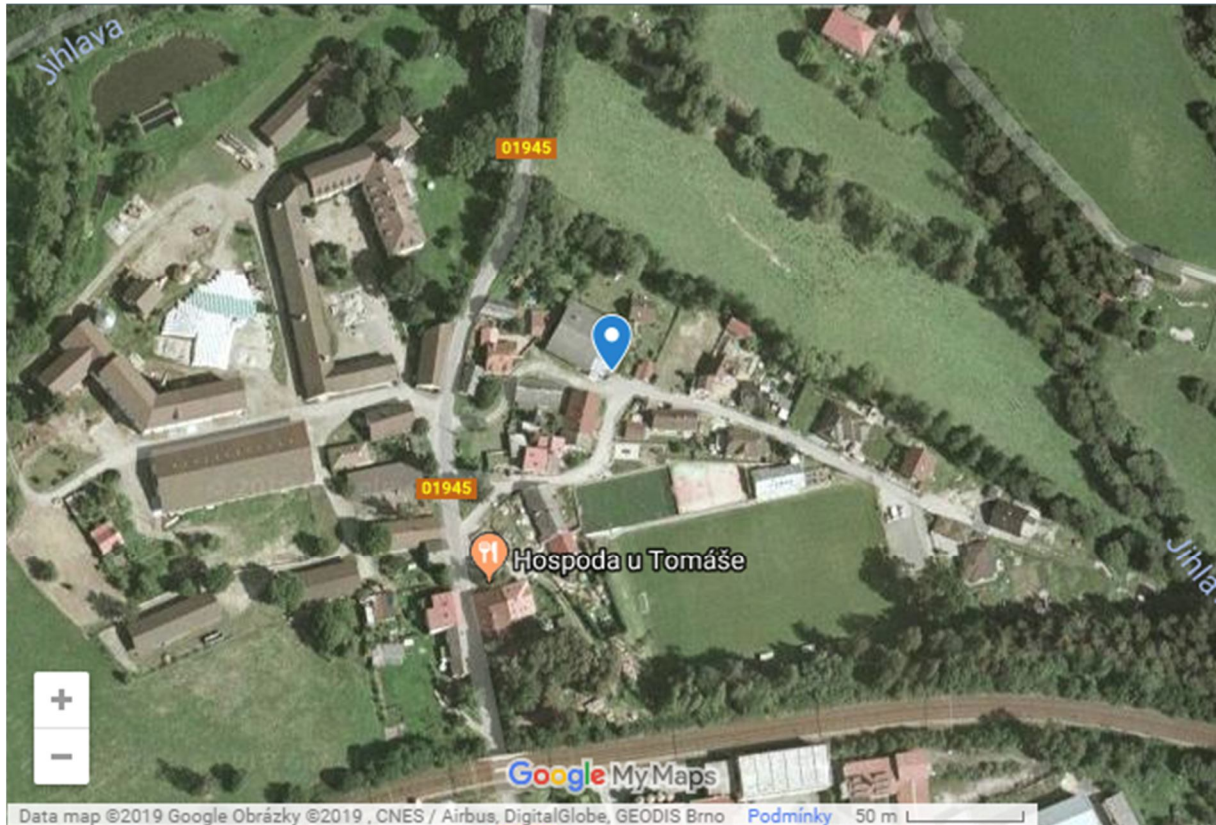
Obr. 3 – Přehledová mapka umístění lokality, Přebyslav, projekt ISKOV, rok 2018



Obr. 4 – Lokalita Přebyslav, projekt ISKOV, rok 2018

### 1.1.3 Rantířov

Název lokality:	Rantířov
Popis umístění:	Vedle kulturního domu obce Rantířov
Zeměpisné souřadnice:	49°24'31.176"N, 15°30'56.16"E
Nadmořská výška:	483 m
Měřené látky:	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PAH
Meteorologické prvky:	ano



Obr. 5 – Přehledová mapka umístění lokality, Rantířov, projekt ISKOV, rok 2018





Obr. 6 – Lokalita Rantířov, projekt ISKOV, rok 2018

#### 1.1.4 Velká Bíteš

Název lokality:	Velká Bíteš
Popis umístění:	V areálu školky na ulici U Stadionu
Zeměpisné souřadnice:	49°17'42.792"N, 16°13'17.508"E
Nadmořská výška:	491 m
Měřené látky:	PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub>
Meteorologické prvky:	ano



Obr. 7 – Přehledová mapka umístění lokality, Velká Bíteš, projekt ISKOV, rok 2018



Obr. 8 – Lokalita Velká Bíteš, projekt ISKOV, rok 2018

## 1.2 METODIKA MĚŘENÍ

- Pro kontinuální měření prachu frakce PM<sub>10</sub> byla použita ekvivalentní metoda podle ČSN EN 16450:2018 "Kvalita ovzduší – Automatické měřicí systémy pro stanovení aerosolových částic (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>)", a to metoda optická, gravimetrická případně frekvenční.
- Pro stacionární měření oxidu siřičitého byla použita referenční metoda podle české technické normy EN 14212:2005 "Kvalita vnějšího ovzduší – Normalizovaná metoda měření oxidu siřičitého ultrafialovou fluorescencí".
- Pro stacionární měření oxidu dusičitého a oxidů dusíku byla použita referenční metoda podle české technické normy EN 14211:2005 "Kvalita vnějšího ovzduší – Normalizovaná metoda měření koncentrací oxidu dusičitého a oxidů dusíku chemiluminiscencí".
- Pro stacionární měření troposférického ozonu byla použita referenční metoda podle české technické normy EN 14625:2005 "Kvalita vnějšího ovzduší – Normalizovaná metoda měření koncentrace ozonu ultrafialovou fotometrií".
- Pro odběr vzorků a analýzu polycyklických aromatických uhlovodíků byla použita referenční metoda podle technické normy ISO 12884:2000 "Stanovení sumy (plynná a pevná fáze) polycyklických aromatických uhlovodíků ve vnějším ovzduší – Odběr na filtry a sorbent s analýzou metodou plynové chromatografie/hmotnostní spektrometrie".
- Všechny metody jsou součástí platných SOP pro ovzduší akreditovaných ČIA Praha a autorizovaných MŽP ČR.

### 1.3 PLATNÉ IMISNÍ LIMITY

Platné imisní limity a povolený počet překročení limitních hodnot za kalendářní rok určuje aktuální platná legislativa<sup>1</sup> (Tab. 1 – Tab. 3).

Tab. 1 - Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí a maximální počet jejich překročení

ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKA	DOBA PRŮMĚROVÁNÍ	IMISNÍ LIMIT	MAXIMÁLNÍ POVOLENÝ POČET PŘEKROČENÍ
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	25 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>	

Tab. 2 – Imisní limity pro celkový obsah znečišťující látky v částicích PM<sub>10</sub> vyhlášené pro ochranu zdraví lidí

ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKA	DOBA PRŮMĚROVÁNÍ	IMISNÍ LIMIT
BENZO[A]PYREN (BAP)	1 kalendářní rok	1 ng.m <sup>-3</sup>

Tab. 3 – Imisní limit pro troposférický ozón

ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKA	DOBA PRŮMĚROVÁNÍ	IMISNÍ LIMIT	MAXIMÁLNÍ POVOLENÝ POČET PŘEKROČENÍ
OCHRANA ZDRAVÍ LIDÍ	maximální denní osmihodinový klouzavý průměr	120 µg.m <sup>-3</sup>	25x v průměru za 3 roky

<sup>1</sup> Zákon č. 201/2015 Sb. o ochraně ovzduší ze dne 2. května 2015



## 2 METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY V ROCE 2018 V ČR

---

Rok 2018 byl s průměrnou **teplotou** 9,6 °C a s odchylkou +1,7 °C od normálu 1981–2010 (a +2,1 °C od normálu 1961–1990) **mimořádně nadnormální**, podobně jako předchozí roky 2014 a 2015, roky 2016 a 2017 byly jen silně nadnormální. Rok 2018 se v řadě teplotních průměrů pro území České republiky stal absolutně nejteplejším rokem. Teplotní odchylka od normálu 1981–2010 v jednotlivých měsících kolísala od +4,8 °C v dubnu, teplotně mimořádně nadnormální měsíc, až po –2,6 °C v únoru, který tak byl měsícem teplotně podnormálním. V průběhu roku byl pouze listopad měsíc teplotně normální. Únor a březen byly teplotně podnormální, červenec, září, říjen a prosinec byly nadnormální, leden, červen a srpen silně nadnormální a konečně duben a květen byly teplotně mimořádně nadnormální.

Roční **srážkový** úhrn 517 mm zařazuje rok mezi roky srážkově **silně podnormální** (normál za období 1981–2010 je v Česku 686 mm). Nejvíce srážek, v průměru 70 mm, což bylo 140 % normálu, napadlo v České republice v prosinci a nejméně, v průměru jen 14 mm, to je 37 % normálu, v únoru. Prosinec tak byly srážkově nadnormální a únor podnormální měsíc. Měsíce leden a září a říjen měly úhrn vyšší, než jsou průměrné hodnoty, zůstaly však v normálním intervalu, měsíc listopad byl s 37 % mimořádně podnormální, měsíce duben, červenec a srpen byly srážkově silně podnormální a měsíce březen, květen, červen a říjen měly úhrn nižší, než je normál, ale jsou klasifikovány jako měsíce srážkově normální.

Maximální povolený počet překročení (35 za kalendářní rok) hodnoty denního imisního limitu PM<sub>10</sub> (50 µg·m<sup>-3</sup>) byl v ČR v roce 2018 překročen na 42 stanicích AIM, přičemž na počtu překročení hodnoty imisního limitu se nejvíce podílel měsíc **březen**. Maximální povolený počet překročení (25 v průměru za tři roky) hodnoty imisního limitu pro maximální denní 8hodinovou koncentraci O<sub>3</sub> (120 µg·m<sup>-3</sup>) byl překročen na 34 stanicích. V roce 2018 bylo v ČR vyhlášeno 10 smogových situací a 4 regulace z důvodu vysokých koncentrací PM<sub>10</sub> a 12 smogových situací z důvodu vysokých koncentrací O<sub>3</sub> [1].

## 3 VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ

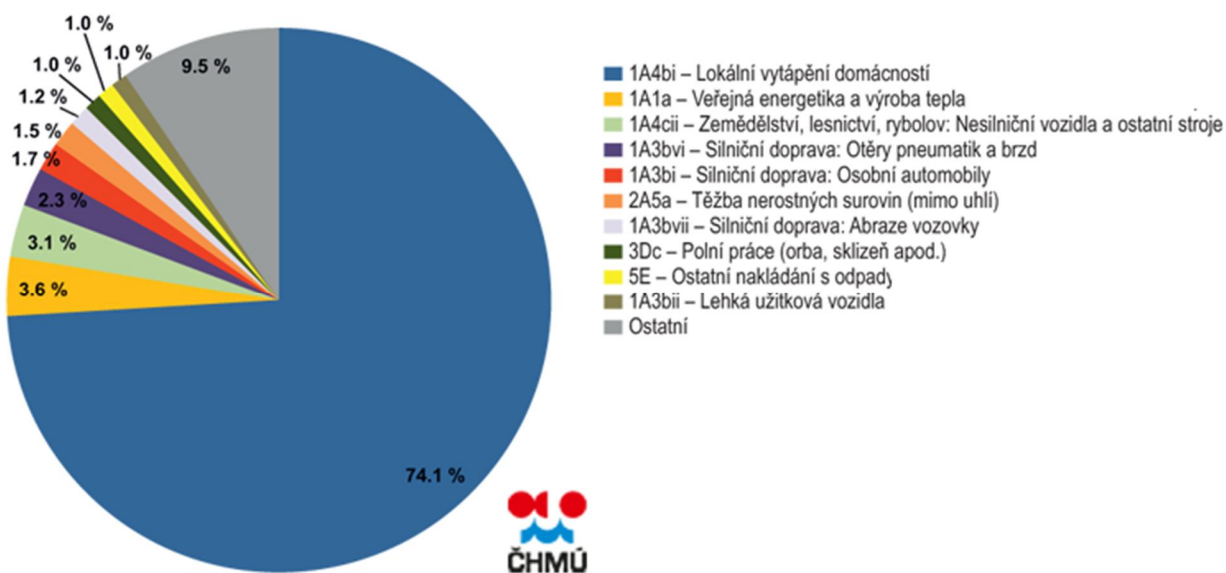
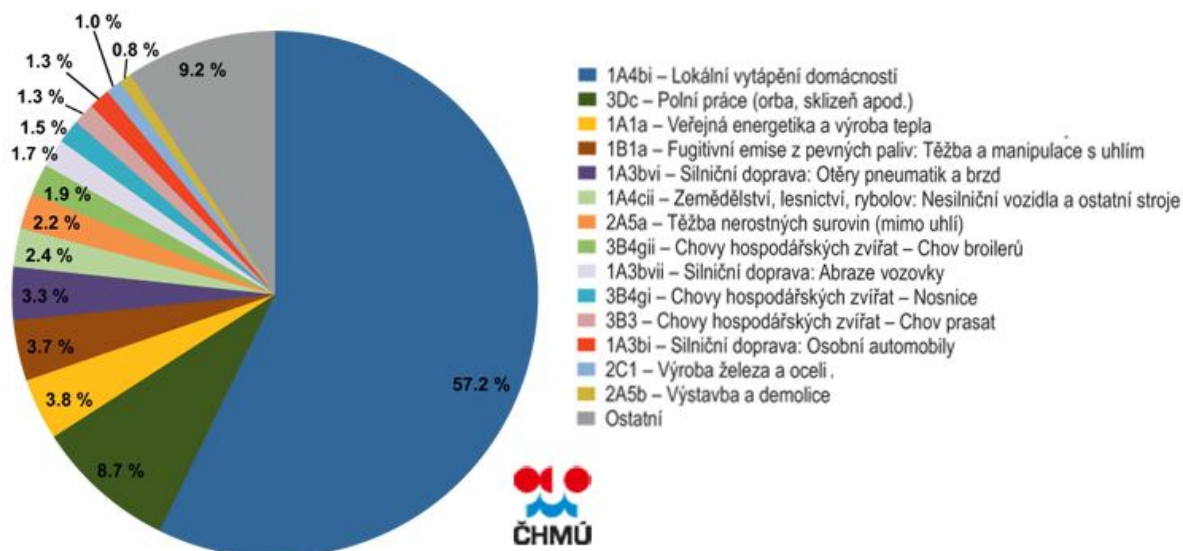
---

### 3.1 SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM<sub>10</sub>

Obecná část této kapitoly platí také pro částice PM<sub>2,5</sub>. Suspendované částice PM<sub>10</sub> jsou tvořeny směsí pevných a kapalných částic o aerodynamickém průměru menším než 10 μm, v případě PM<sub>2,5</sub> o průměru menším než 2,5 μm. Suspendované částice mohou být tvořeny různými chemickými složkami a jejich vliv na lidské zdraví a životní prostředí se odvíjí od jejich složení. Jejich součástí mohou být i polycyklické aromatické uhlovodíky a těžké kovy. Roční imisní limit PM<sub>10</sub> je 40 μg·m<sup>-3</sup>. **Hodnota imisního limitu** pro průměrnou 24hodinovou koncentraci PM<sub>10</sub> je 50 μg·m<sup>-3</sup>. Legislativa připouští na daném místě (měřicí stanici) maximálně 35 překročení hodnoty denního imisního limitu za kalendářní rok; při vyšším počtu je **imisní limit** považován za překročený [2]. Roční imisní limit pro PM<sub>2,5</sub> má hodnotu 25 μg·m<sup>-3</sup>. Po roce 2020 však dojde ke zpřísnění tohoto imisního limitu na 20 μg·m<sup>-3</sup> [3], [4].

Suspendované částice mají významné zdravotní důsledky, které se projevují již při velmi nízkých koncentracích bez zřejmé spodní hranice bezpečné koncentrace. Zdravotní rizika částic ovlivňuje jejich koncentrace, velikost, tvar a chemické složení. Při akutním působení částic může dojít k podráždění sliznic dýchací soustavy, zvýšené produkci hlenu apod. Tyto změny mohou způsobit snížení imunity a zvýšení náchylnosti k onemocnění dýchací soustavy. Opakující se onemocnění mohou vést ke vzniku chronické bronchitidy a kardiovaskulárním potížím. Při akutním působení částic může dojít k zvýraznění symptomů u astmatiků a navýšení celkové nemocnosti a úmrtnosti populace. Dlouhodobé vystavení působení částic může vést ke vzniku onemocnění respiračního a kardiovaskulárního systému. Míra zdravotních důsledků je ovlivněna řadou faktorů, jako je například aktuální zdravotní stav jedince, alergická dispozice nebo kouření. Citlivou skupinou jsou děti, starší lidé a lidé trpící onemocněním dýchací a oběhové soustavy. Nejzávažnější zdravotní dopady, tj. kardiovaskulární a respirační účinky a navýšení úmrtnosti, mají jemné a ultra jemné částice s velikostí aerodynamického průměru pod 1 μm [5], [6].

**Mezi hlavní zdroje emisí PM<sub>x</sub> v roce 2016 patřil sektor 1A4bi-Lokální vytápění domácností, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami PM<sub>10</sub> 57,2 % a PM<sub>2,5</sub> 74,1 %.** Mezi další významné zdroje emisí PM<sub>10</sub> patří 3Dc-Polní práce, kde tyto emise vznikají při zpracování půdy, sklizni a čištění zemědělských plodin. Tento sektor představoval 8,7 % 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 nm [7]. Sektory 1A3biii-Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 tuny a 1A3bi-Silniční doprava: Osobní automobily se na emisích PM<sub>10</sub> podílely 10,6 % a na emisích PM<sub>2,5</sub> 10,9 %. (Obr. 9) [8].



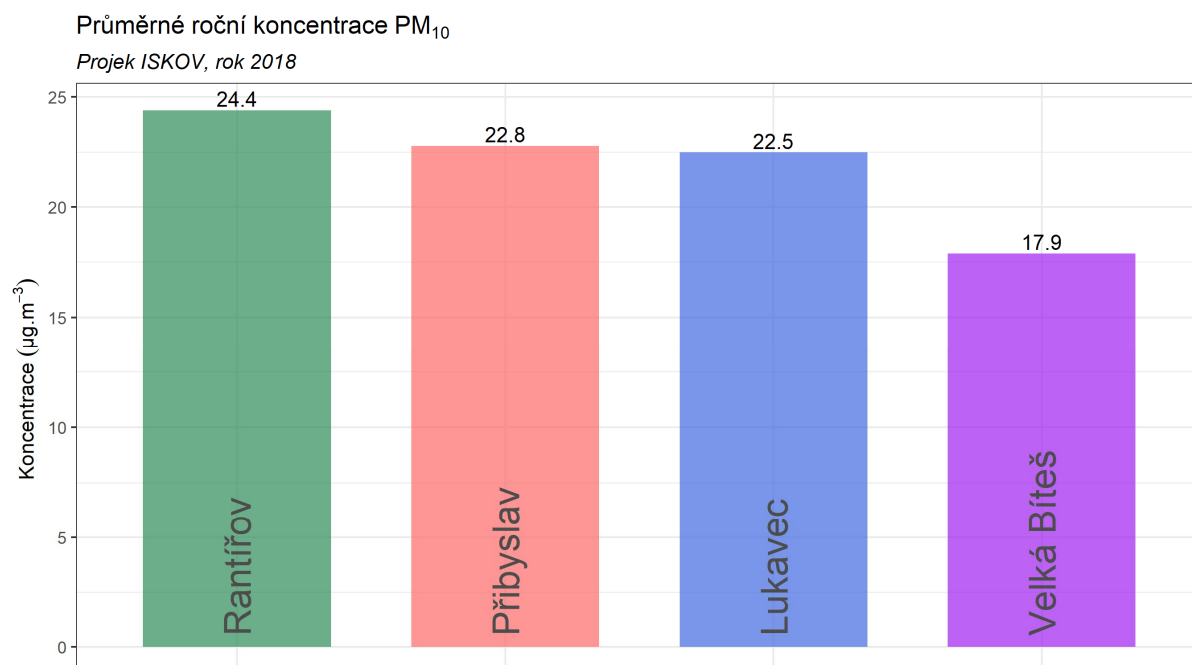
Obr. 9 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM<sub>10</sub> (nahore) a PM<sub>2,5</sub> (dole) v ČR v roce 2016 [8]

### 3.1.1 Průměrná roční koncentrace

Průměrné roční koncentrace, naměřené v jednotlivých lokalitách, zobrazuje následující Tab. 4, graficky je pak znázorňuje Obr. 10.

Tab. 4 – Průměrná roční koncentrace  $PM_{10}$ , projekt ISKOV, rok 2018

LOKALITA	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ KONCENTRACE $PM_{10}$ ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )
RANTÍŘOV	24,4
PŘIBYSLAV	22,8
LUKAVEC	22,5
VELKÁ BÍTEŠ	17,9



Obr. 10 – Průměrná roční koncentrace  $PM_{10}$ , projekt ISKOV, rok 2018

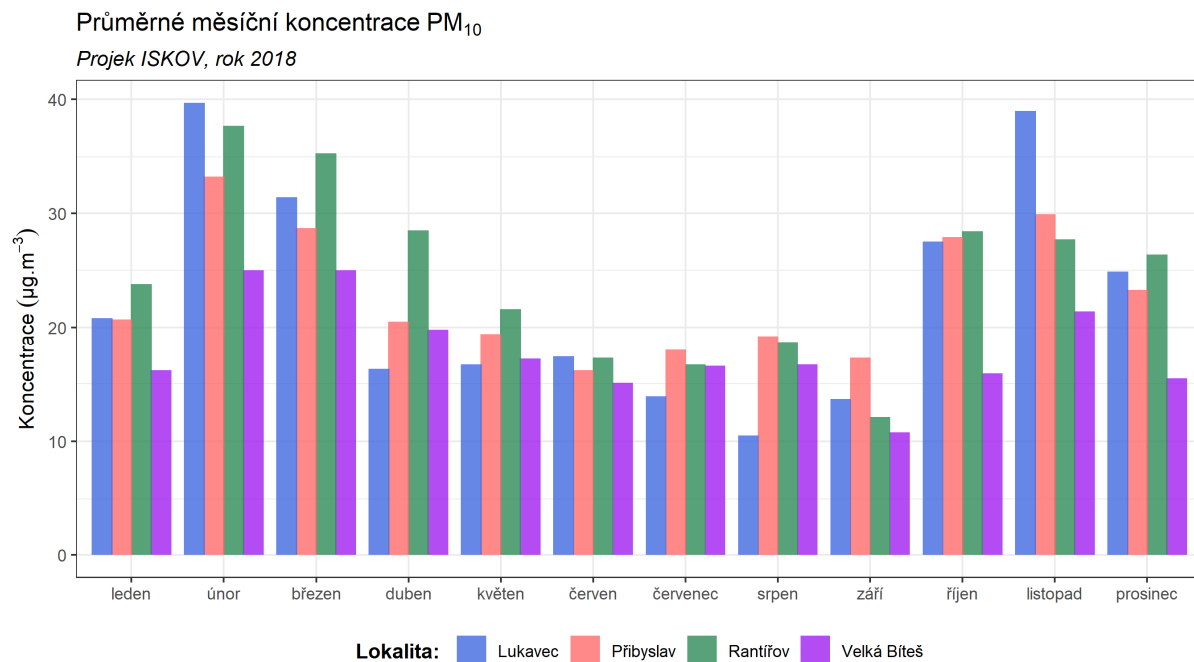
Z uvedeného vyplývá, že nejvyšší průměrná roční koncentrace  $PM_{10}$  byla naměřena v lokalitě Rantířov, nejnižší pak v lokalitě Velká Bíteš. **Ani na jedné lokalitě nedošlo k překročení imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci  $PM_{10}$  ( $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ).**

### 3.1.2 Průměrné měsíční koncentrace

Průměrné měsíční koncentrace, naměřené v jednotlivých lokalitách v roce 2018, zobrazuje následující Tab. 5, graficky je pak znázorňuje Obr. 11. Z grafu je dobře patrné, že nejvyšší koncentrace PM<sub>10</sub> byly měřeny na všech lokalitách v únoru, březnu a listopadu. Obecně lze konstatovat, že v topné sezóně jsou koncentrace PM<sub>10</sub> na všech lokalitách výrazně vyšší než v letních měsících. Vliv majoritního zdroje prašnosti, tedy lokálních topenišť, je dobře patrný. Nejvyšší průměrná měsíční koncentrace PM<sub>10</sub> byla naměřena v lokalitě Lukavec a měla hodnotu 39,7 μg·m<sup>-3</sup>. Statistické zpracování průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> v jednotlivých měsících a lokalitách uvádí Obr. 12.

Tab. 5 – Průměrné měsíční koncentrace PM<sub>10</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

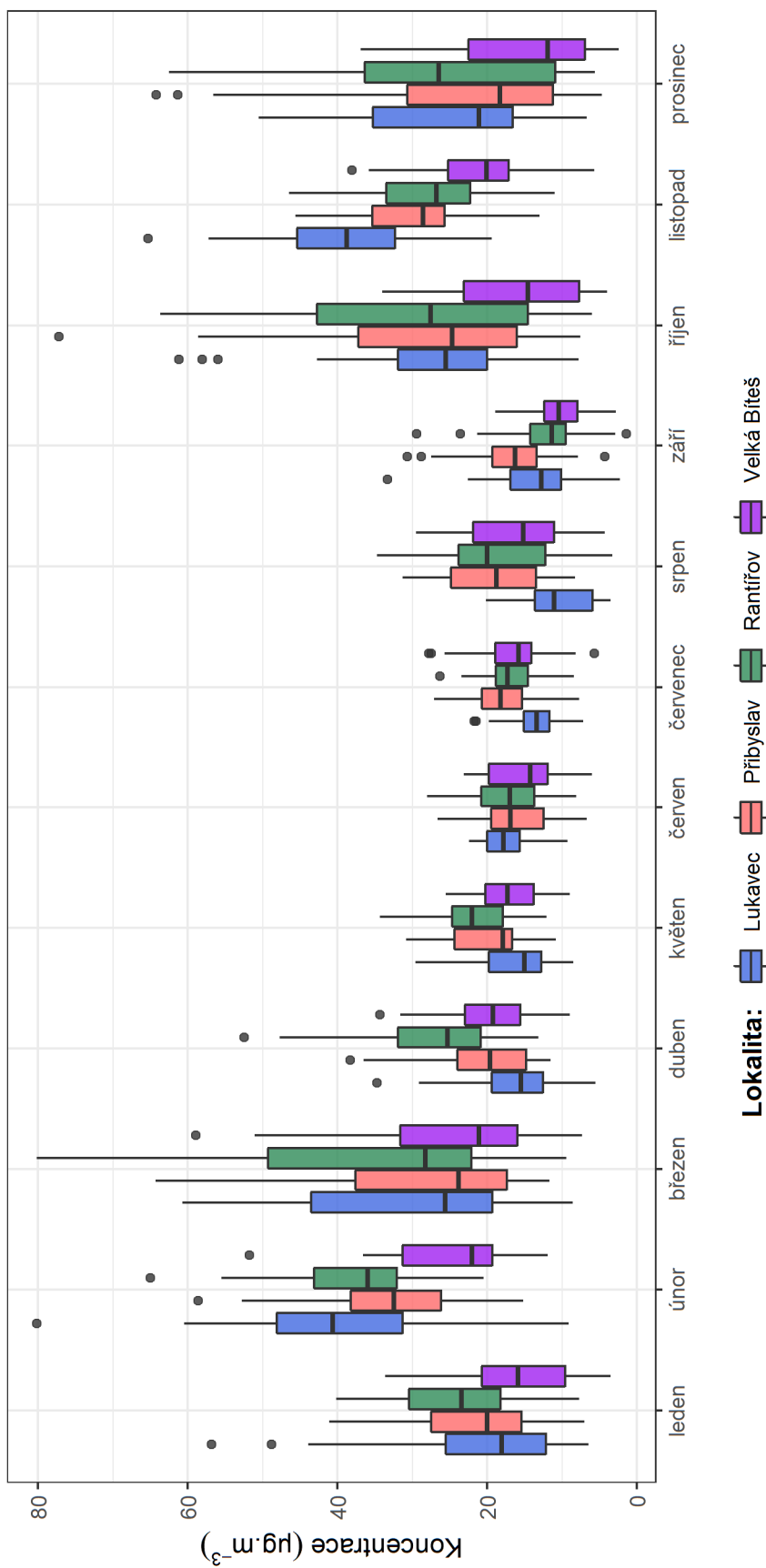
MĚSÍC	LUKAVEC	PŘIBYSLAV	RANTÍŘOV	VELKÁ BÍTEŠ
LEDEN	20,8	20,7	23,8	16,2
ÚNOR	39,7	33,2	37,7	25
BŘEZEN	31,4	28,7	35,3	25
DUBEN	16,3	20,5	28,5	19,8
KVĚTEN	16,7	19,4	21,6	17,2
ČERVEN	17,4	16,2	17,3	15,1
ČERVENEC	13,9	18	16,7	16,6
SRPEN	10,5	19,2	18,7	16,7
ZÁŘÍ	13,7	17,3	12,1	10,8
ŘÍJEN	27,5	27,9	28,4	15,9
LISTOPAD	39	29,9	27,7	21,4
PROSINEC	24,9	23,3	26,4	15,5



Obr. 11 – Průměrné měsíční koncentrace PM<sub>10</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

Statistické zpracování průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> v jednotlivých měsících

Projekt ISKOV, rok 2018



Obr. 12 – Statistické zpracování průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> v jednotlivých měsících, projekt ISKOV, rok 2018

### 3.1.3 Průměrné denní koncentrace PM<sub>10</sub>

Jak již bylo uvedeno, legislativa z hlediska denních průměrů PM<sub>10</sub> sleduje 36. nejvyšší denní koncentraci za kalendářní rok, která pokud překročí hodnotu 50 µg·m<sup>-3</sup>, dojde k překročení imisního limitu. Hodnoty 36 nejvyšších denních koncentrací PM<sub>10</sub> ze všech lokalit uvádí následující Tab. 6.

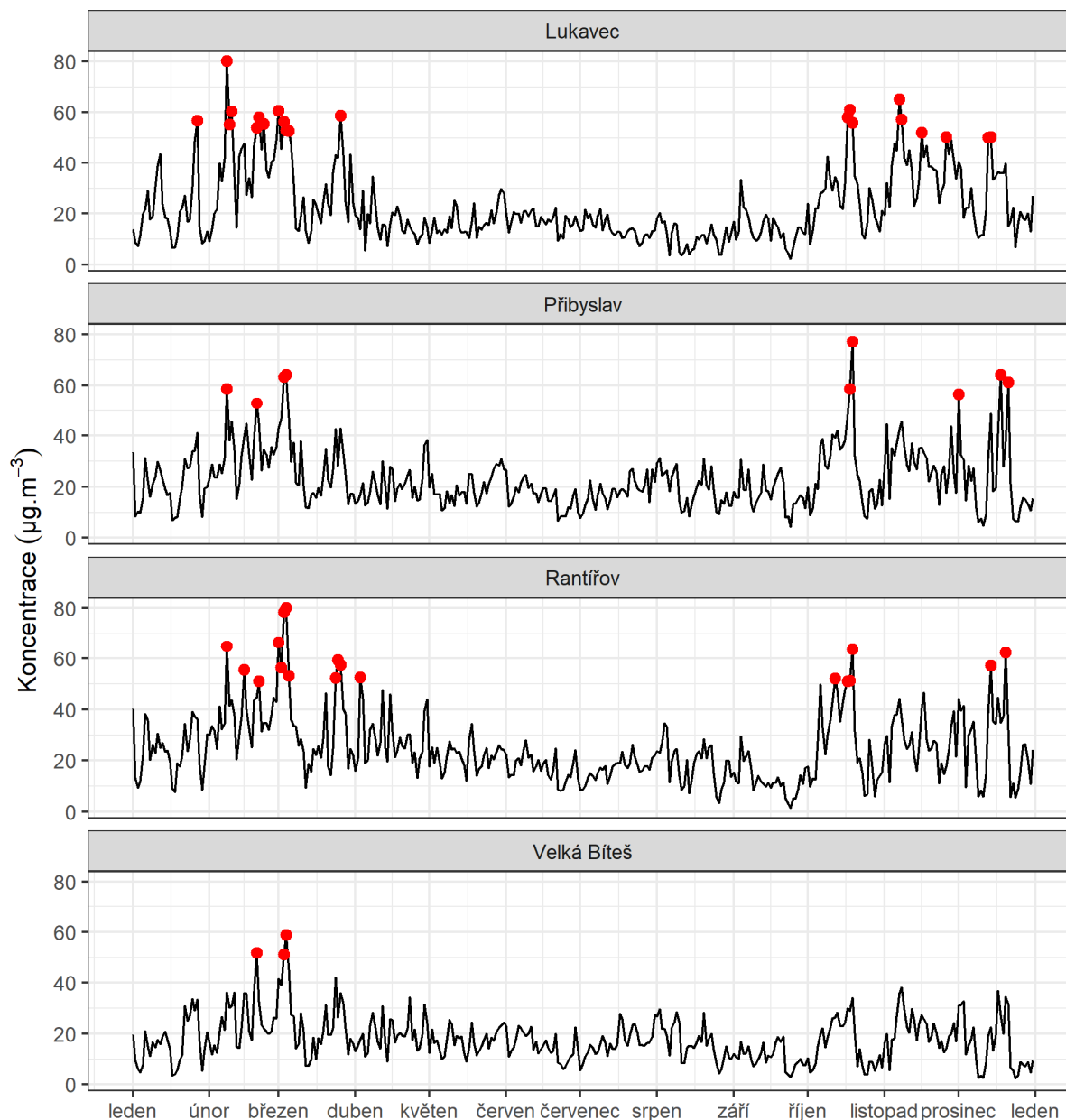
Tab. 6 – 36 nejvyšších průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

POŘADÍ	LUKAVEC	PŘIBYSLAV	RANTÍŘOV	VELKÁ BÍTEŠ
1	80,2	77,2	80,2	58,9
2	65,3	64,3	78,5	51,8
3	61,2	64,2	66,5	51,1
4	60,7	63,3	65	45,1
5	60,5	61,3	63,7	42,2
6	58,8	58,6	62,5	41,5
7	58,1	58,6	59,5	39
8	58,1	56,6	57,4	38,1
9	57,2	52,8	57,3	36,9
10	56,8	48,6	56,5	36,6
11	56,4	48,2	55,5	36,3
12	56	47,2	53,3	36,2
13	55,6	46,8	52,5	36,1
14	55,3	45,6	52,3	36
15	54	45,6	52,2	35,8
16	53	45	51,4	35,7
17	52,7	44,8	51,1	34,6
18	52,1	44,5	51	34,3
19	50,5	43,6	49,9	34
20	50,4	42,9	47,7	33,6
21	50,3	42,9	47,6	33,4
22	49,2	42,6	47,4	32,7
23	48,9	42,5	46,5	32,5
24	48,8	42	46,3	31,9
25	47,8	41,1	46	31,6
26	47,8	40,8	44,7	31,6
27	47,6	40,6	44,7	31,3
28	47,1	39,7	44,6	31,2
29	47,1	39,3	44,5	31,1
30	46	38,7	44,3	30,9
31	45,8	38,6	44,2	30,9
32	45,6	38,3	44,1	30,9
33	45,4	38,2	43,6	30,2
34	45,2	38,1	43,6	30
35	43,9	37,9	43	29,8
<b>36</b>	<b>43,7</b>	<b>37,4</b>	<b>42,8</b>	<b>29,5</b>

**Z Tab. 6 je dobře patrné, že v žádné z lokalit nedošlo k překročení imisního limitu.** Nejvíce krát byla hodnota imisního limitu překročena v lokalitě Lukavec (21x), nejméně pak v lokalitě Velká Bíteš (3x). Výskyt těchto dnů s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub> pak zobrazuje následující Obr. 13.

### Výskyt dní s překročenou hodnotou denního imisního limitu pro PM<sub>10</sub>

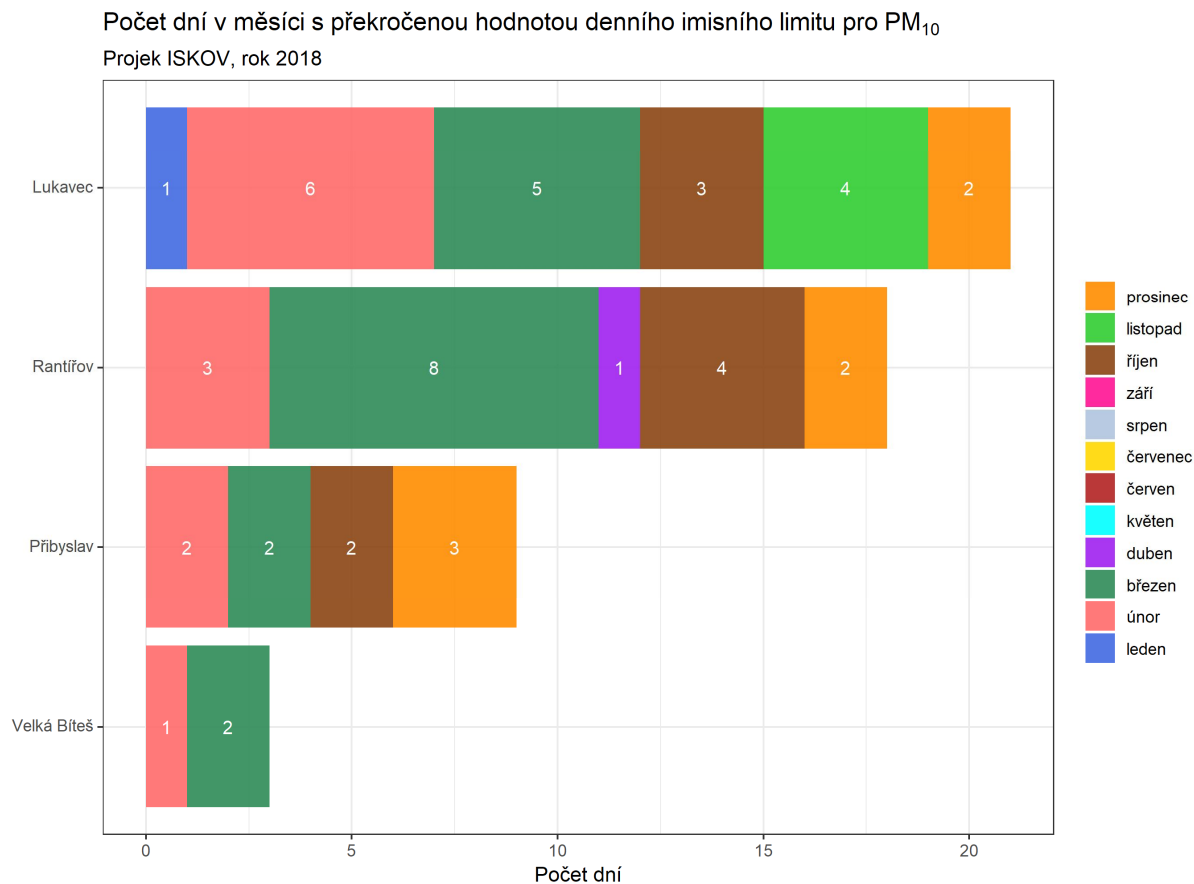
Projek ISKOV, rok 2018



Obr. 13 – Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> včetně výskytu dní s koncentracemi vyššími než 50 µg·m<sup>-3</sup>, projekt ISKOV, rok 2018



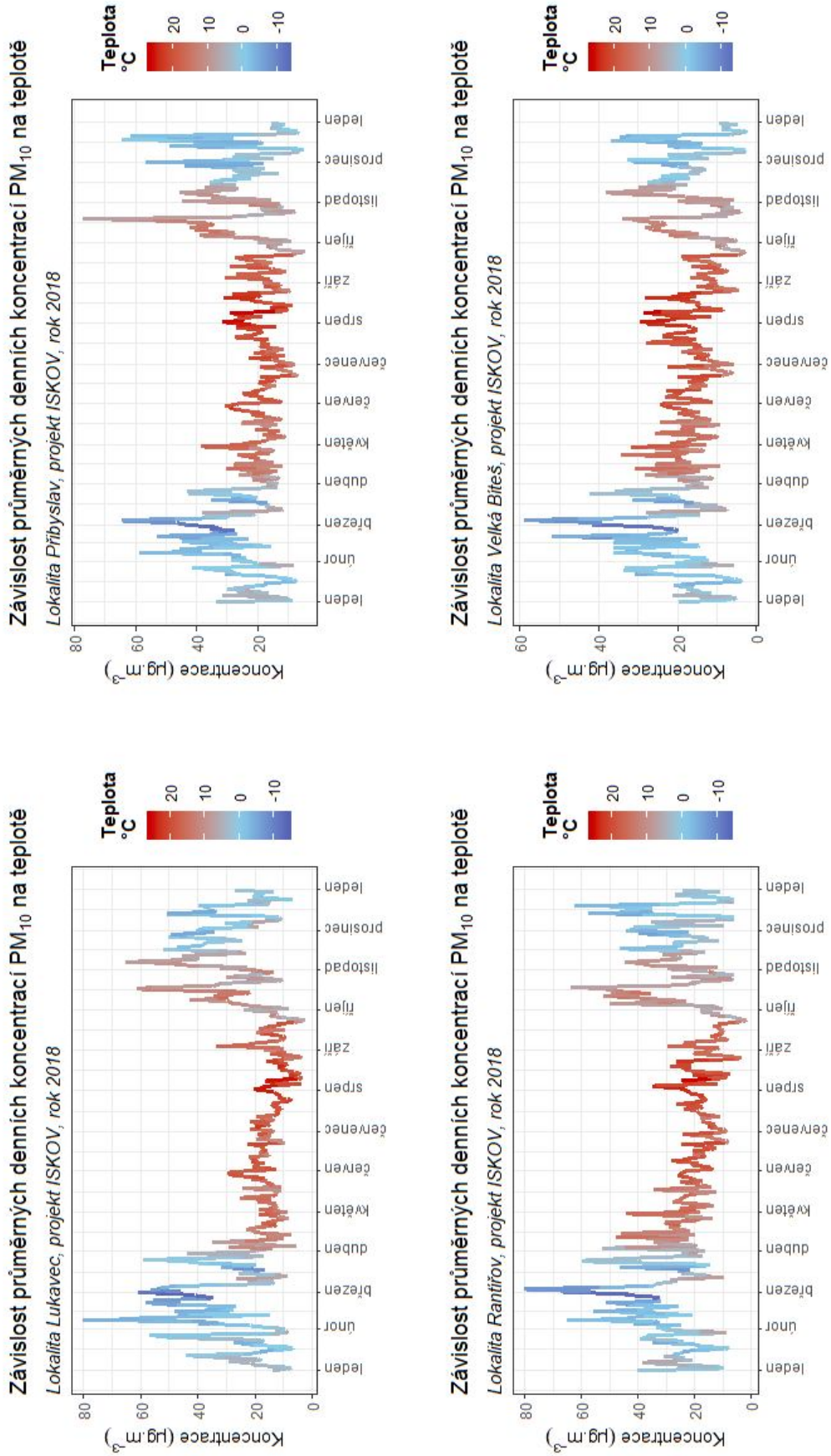
Souhrnně pak počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub> uvádí následující Obr. 14. Z něj je dobře patrné, že nejvíce se na překračování podílely měsíce únor a březen.



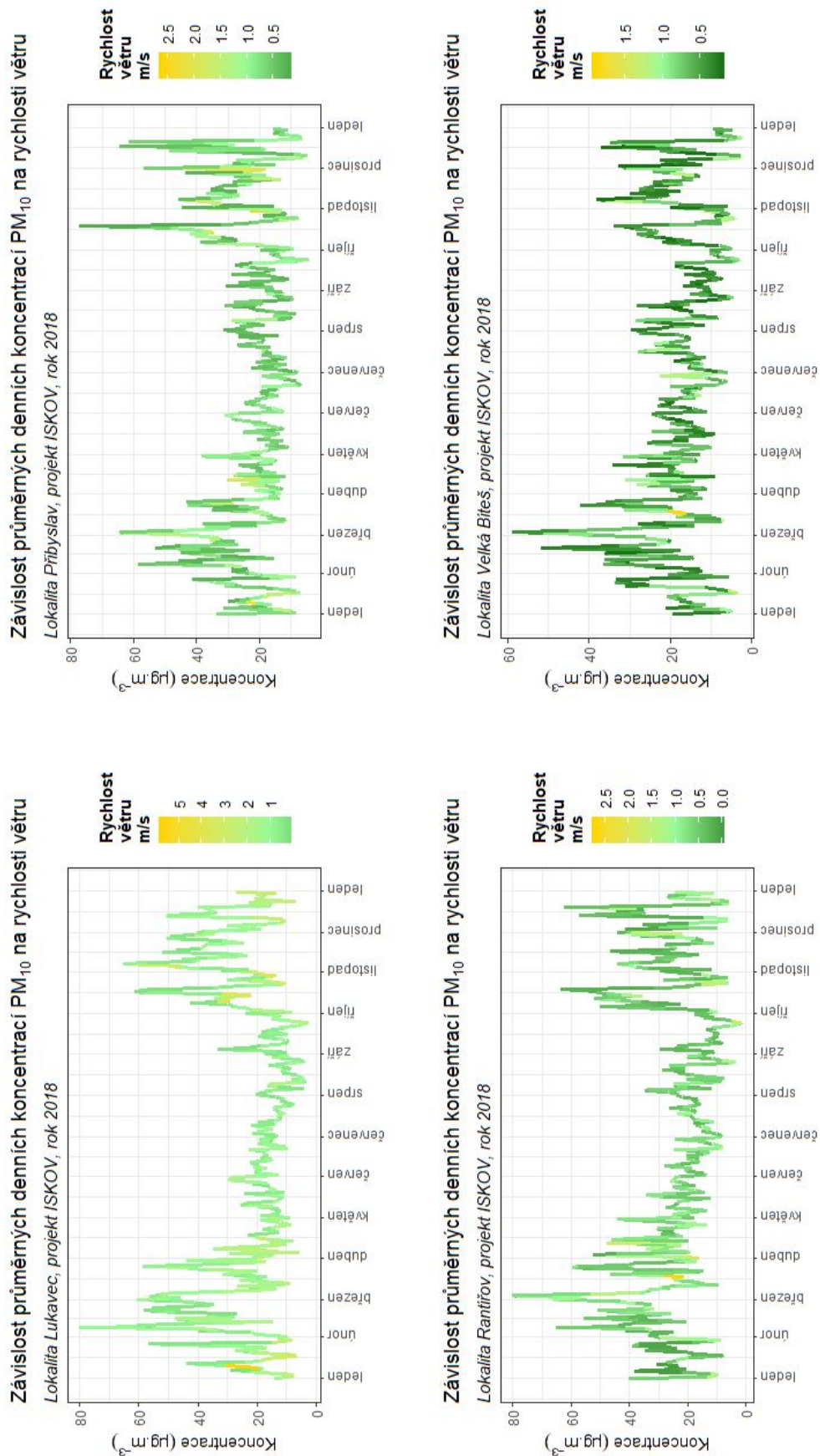
Obr. 14 – Počet dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro denní koncentraci PM<sub>10</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

Na následujících Obr. 15 – Obr. 17 je zobrazen vliv sledovaných meteorologických veličin (průměrné denní hodnoty teploty vzduchu, rychlosti větru a relativní vlhkosti vzduchu) na měřené průměrné denní koncentrace PM<sub>10</sub> ve všech lokalitách.

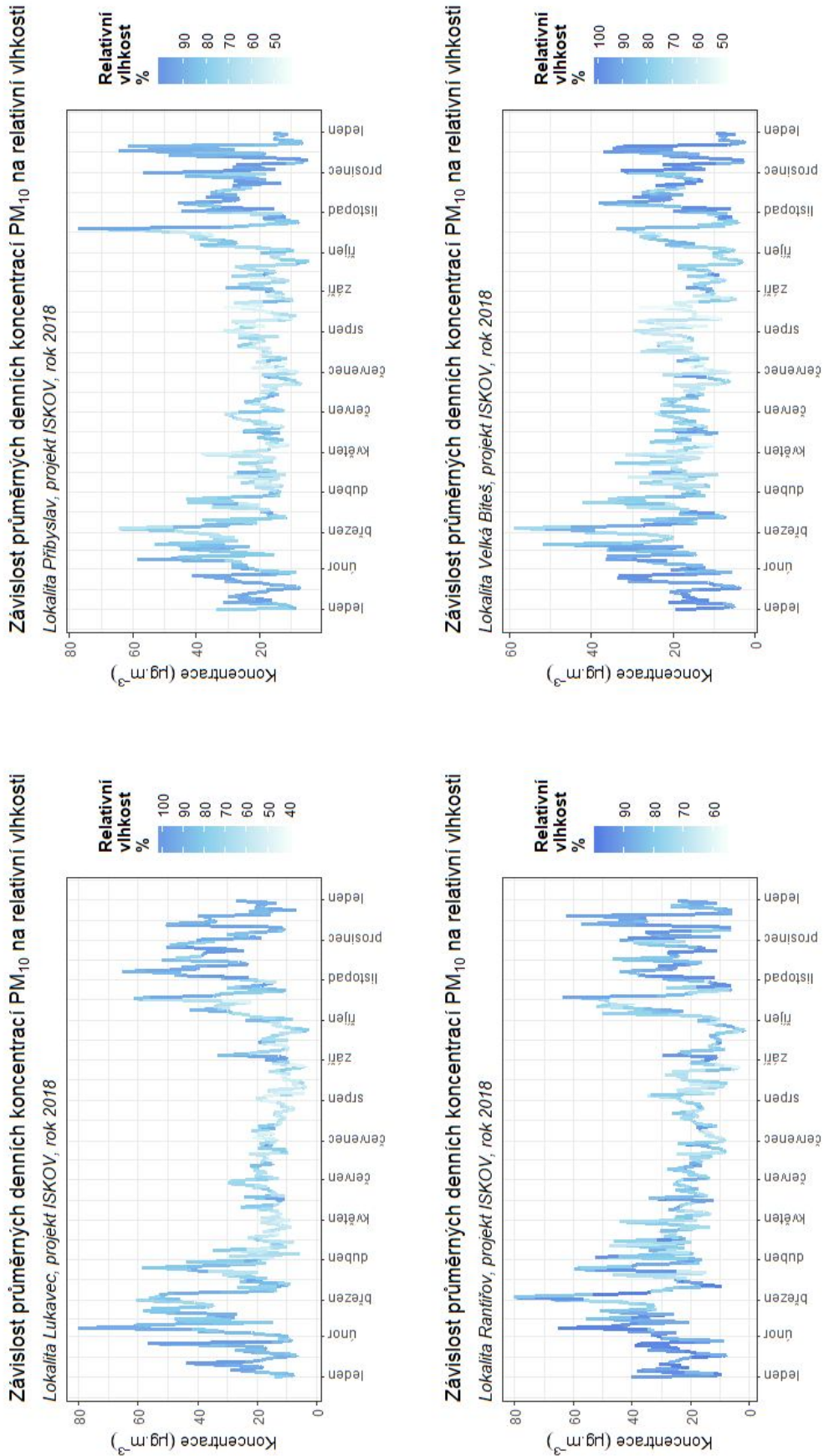
Z grafů je velmi dobře patrné že nejvyšší koncentrace PM<sub>10</sub> jsou měřeny při nejnižších teplotách (nejvyšší potřeba topit), vyšší koncentrace jsou měřeny při nižších rychlostech větru (vlivem bezvětří dochází k horšímu rozptylu znečištění) a vyšších relativních vlhkostech vzduchu.



Obr. 15 – Vliv teploty vzduchu na průměrné denní koncentrace PM<sub>10</sub>, projekt ISKOV, rok 2018



Obr. 16 – Vliv rychlosti větru na průměrné denní koncentrace PM<sub>10</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

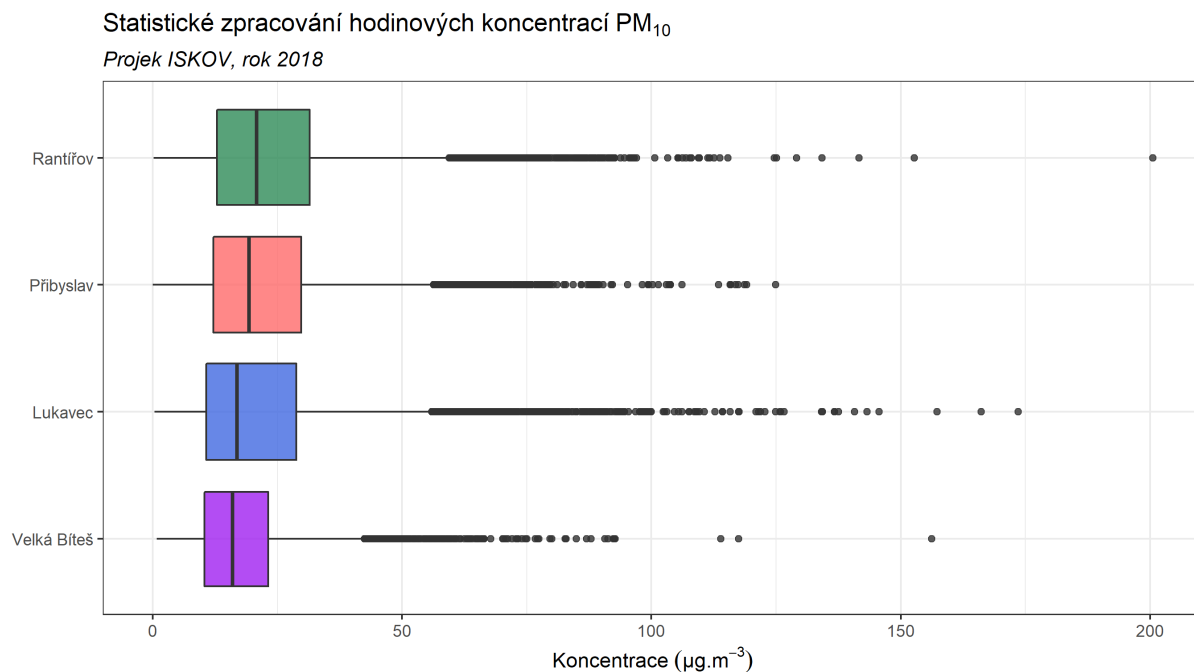


Obr. 17 – Vliv relativní vlhkosti vzduchu na průměrné denní koncentrace PM<sub>10</sub>, projekt ISKOV, rok 2018



### 3.1.4 Hodinové koncentrace a denní chod

Suspendované částice nemají pro hodinové koncentrace imisní limit, přesto je tato charakteristika důležitá pro interpretaci dat. Uvádět samostatně hodinové koncentrace nemá smysl (8760 hodnot za rok), proto je zde pouze statistické zpracování hodinových hodnot pomocí krabicových grafů (Obr. 18).

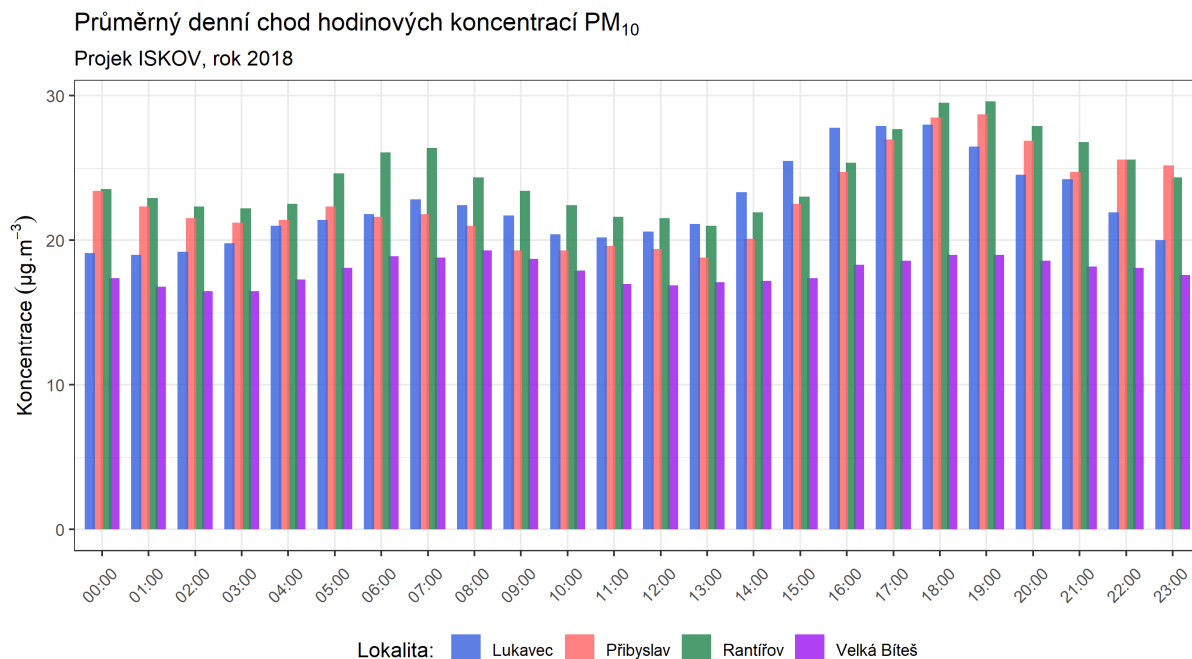


Obr. 18 – Statistické zpracování hodinových koncentrací PM<sub>10</sub> v jednotlivých měsících, projekt ISKOV, rok 2018

Z grafu je patrné, že mediány koncentrací zhruba sledují trend průměrných hodnot. Zajímavé jsou zde některé odlehlé hodnoty. V Rantířově byla naměřena nejvyšší hodnota 1. 1. 2018 v 21:00 hodin, kdy koncentrace dosáhly až na hodnotu 200,5  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Takto vysoká koncentrace mohla být důsledkem zhoršených rozptylových podmínek, emisí z lokálních topenišť ve večerních hodinách a možná také ještě byly „dočerpány“ zásoby zábavní pyrotechniky, které se nevyužily při novoročních oslavách.

Rovněž v dalších lokalitách se vyskytly vysoké hodinové koncentrace nad 150  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Nejvyšší koncentrace v lokalitě Přibyslav byla naměřena 2. 11. 2018 v 19:00 a měla hodnotu 124,9  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , nejvyšší koncentrace v lokalitě Lukavec byla naměřena 13. 2. 2018 v 18:00 a měla hodnotu 173,5  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  a nejvyšší koncentrace v lokalitě Velká Bíteš byla naměřena 23. 4. 2018 v 16:00 a měla hodnotu 156,2  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Společné pro tyto lokality je, že nejvyšší hodnoty byly dosaženy v odpoledních až večerních hodinách v topné sezóně, kdy se lidé vrací z práce a zatápějí. Výjimkou je pouze lokalita Velká Bíteš, kdy bylo maxima dosaženo koncem dubna mimo topnou sezónu.

Z hlediska hodinových koncentrací je velmi zajímavou a užitečnou charakteristikou průměrný denní chod hodinových koncentrací. Ten umožňuje zjistit v kterou část dne jsou zpravidla měřeny nejvyšší koncentrace (Obr. 19).



Obr. 19 – Průměrný denní chod hodinových koncentrací PM<sub>10</sub>, projekt ISKOV, rok 2018. Čas je uváděn v UTC

Z grafu je velmi dobře patrné, že v Lukavci, Přibyslavi i Rantířově gradují koncentrace v odpoledních a večerních hodinách – tedy v době zatápění po návratu z práce. V Lukavci začínají koncentrace růst dříve než v Přibyslavi a Rantířově, v nočních hodinách jsou nižší. To může souviset taky s logistikou dřevozpracujícího družstva v Lukavci.

Ve Velké Bíteši jsou rozdíly v denním chodu pouze malé, ranní hodnoty (kolem 7:00 UTC) jsou mírně vyšší než ty odpolední a večerní. Lokální topeniště zřejmě nebudou mít na měřené koncentrace takový vliv, jako ve zbývajících obcích.

### 3.1.5 Růžice – detailní analýza hodinových hodnot

V této podkapitole budou pro všechny lokality připraveny větrné a koncentrační růžice. Větrná růžice bude kromě směrů větru členěna rovněž dle rychlostí větru, které jsou pro koncentrace škodlivin důležité.

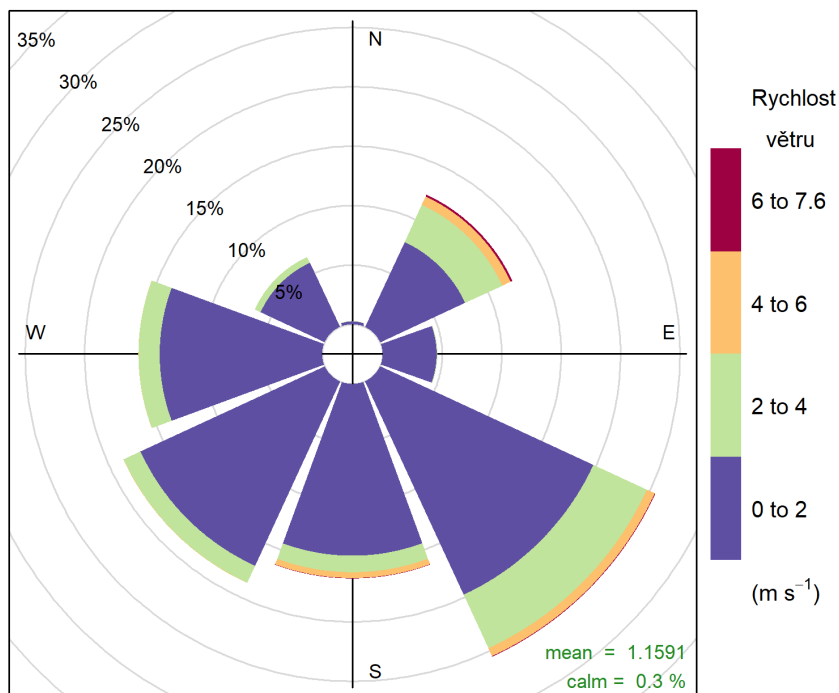
Koncentrační růžice jsou nástroj pro analýzu znečištění ovzduší na základě meteorologických charakteristik. Pro jejich konstrukci jsou použita hodinová data meteorologických prvků a koncentrací škodlivin. Vychází se z větrné růžice, do polárních souřadnic se ukládá jednak směr větru jako u klasické větrné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

Základní koncentrační růžice tak ukazuje, při jakých rychlostech a směrech větru jsou v průměru dosahovány (nejvyšší) koncentrace. Vážená koncentrační růžice pak vypočte

vážený průměr (tzn., že je vzata v úvahu také četnost výskytu), a dává tak informaci, jakým procentem se jednotlivé směry větru podílí na měřených koncentracích dané škodliviny.

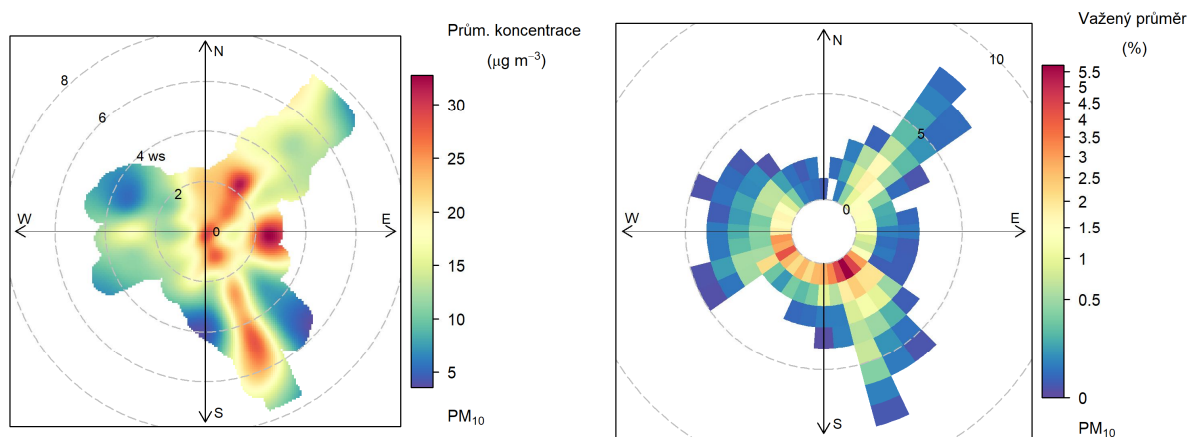
### 3.1.5.1 Lukavec

Na Obr. 20 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu *Lukavec*. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především z jihovýchodních, jižních až západních směrů, vyšší rychlosti větru pak byly zaznamenány z jihovýchodních a severovýchodních směrů. Bezvětří panovalo zhruba v 0,3 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla  $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .



Obr. 20 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita *Lukavec*, rok 2018

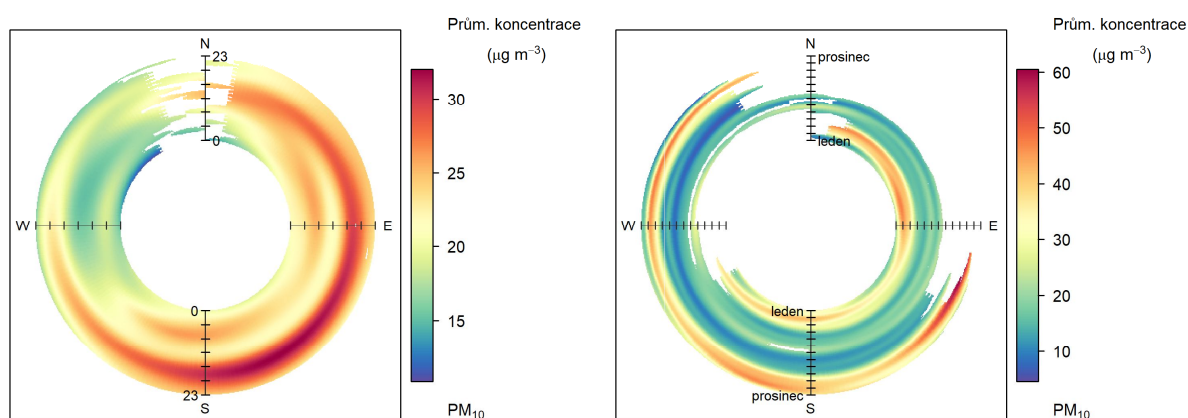
Následující Obr. 21 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro  $\text{PM}_{10}$  v lokalitě *Lukavec*.



Obr. 21 – Koncentrační růžice  $\text{PM}_{10}$ , lokalita *Lukavec*, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při proudění z východu, jihovýchodu a severovýchodu. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění prašností PM<sub>10</sub> přišlo z jihovýchodních směrů a dalších jižních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

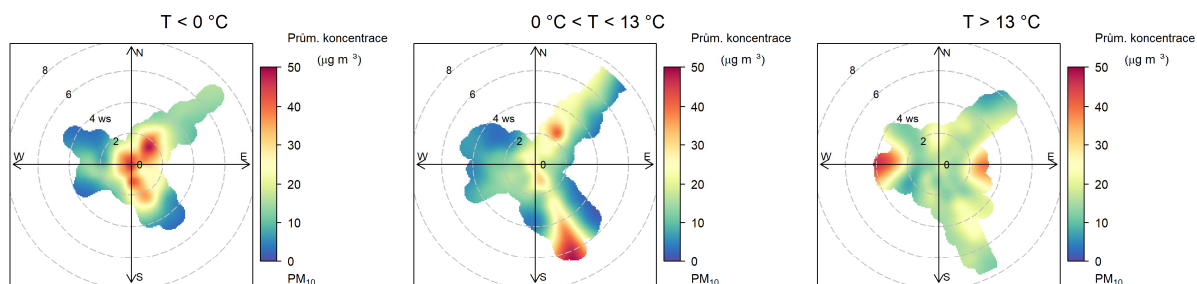
Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu *Lukavec* je tento denní chod vynesena na Obr. 22.



Obr. 22 – Denní a roční chod koncentrací PM<sub>10</sub> členěný dle směru větru, lokalita *Lukavec*, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací PM<sub>10</sub> je důležitý zejména jihovýchodní až východní směr větru. Maxima jsou pak dosahována zejména ve večerních hodinách. To může souviset se zatápěním lidí v obci po návratu z práce. Navíc jsou v noci obecně horší rozptylové podmínky. Z hlediska ročního chodu lze pozorovat zvýšené koncentrace pouze v topné sezóně.

Následující Obr. 23 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C, prostřední růžice zobrazuje koncentrace PM<sub>10</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.



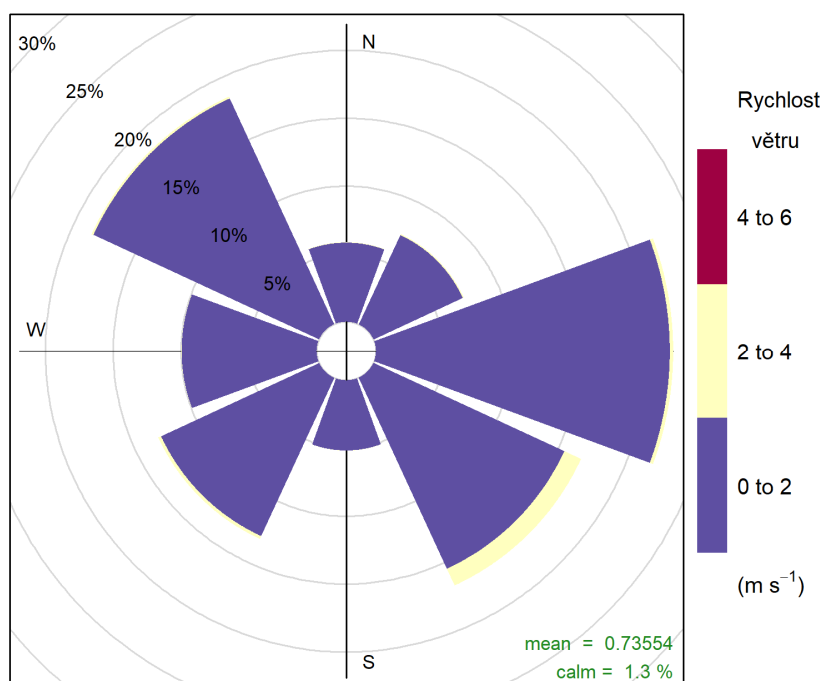
Obr. 23 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita *Lukavec*, rok 2018



Z koncentračních růžic vyplývá, že vysoké koncentrace jsou často měřeny při teplotách nižších, než je bod mrazu, nižších rychlostech větru, a vždy při proudění ze severovýchodu až jihovýchodu. Při západním proudění ani při těchto nízkých teplotách nejsou měřeny vysoké koncentrace. Při teplotách nad 0 °C jsou měřeny vyšší koncentrace pouze při proudění z jihovýchodu a vyšších rychlostech větru. Při teplotách nad 13 °C jsou měřeny zvýšené koncentrace při proudění z východu a západu a vyšších rychlostech větru.

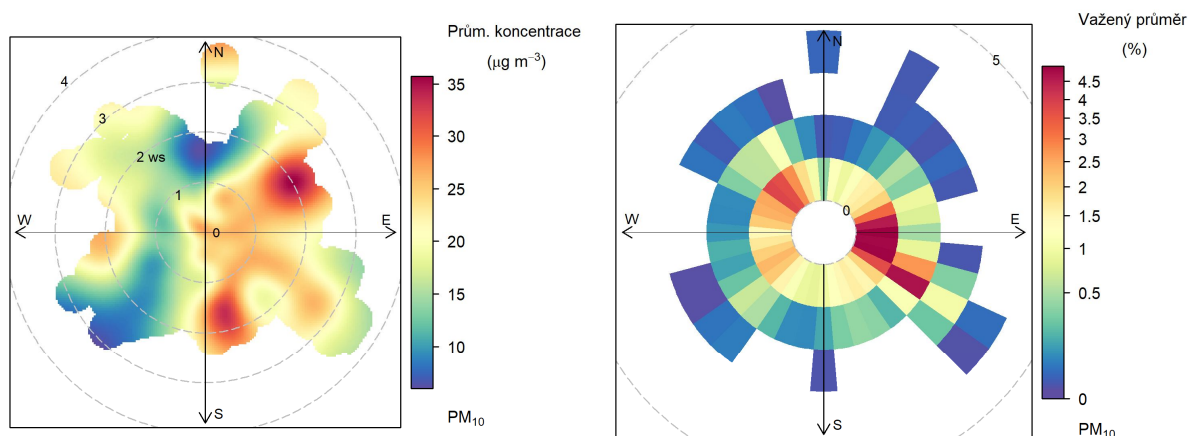
### 3.1.5.2 Příbyslav

Na Obr. 24 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu *Příbyslav*. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především z východních, jihovýchodních, a severozápadních směrů, vyšší rychlosti větru než 2 m·s<sup>-1</sup> pak byly zaznamenány pouze z jihovýchodních a východních směrů. Bezvětrí panovalo zhruba v 1,3 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla 0,7 m·s<sup>-1</sup>.



Obr. 24 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Příbyslav, rok 2018

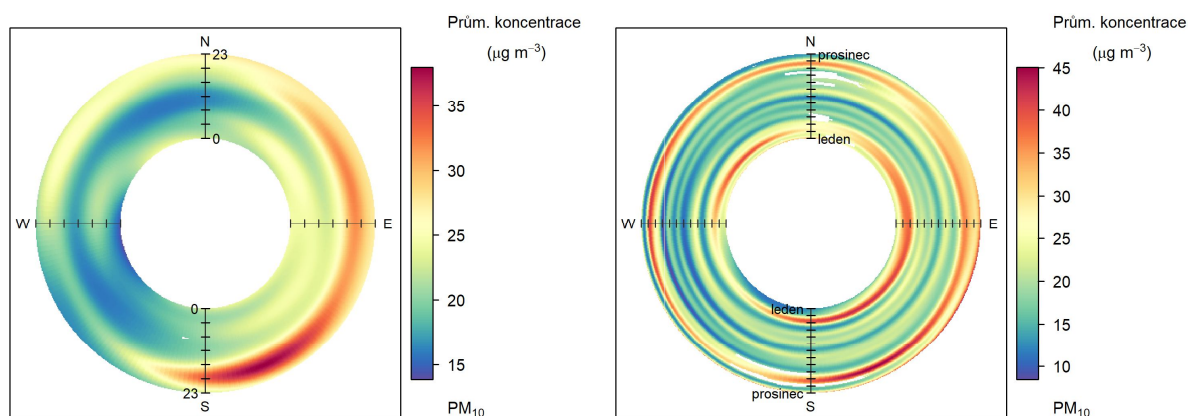
Následující Obr. 25 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro PM<sub>10</sub> v lokalitě *Příbyslav*.



Obr. 25 – Koncentrační růžice PM<sub>10</sub>, lokalita Přibyslav, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při proudění z jihovýchodu a severovýchodu. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění prašností PM<sub>10</sub> přišlo z východních a jihovýchodních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

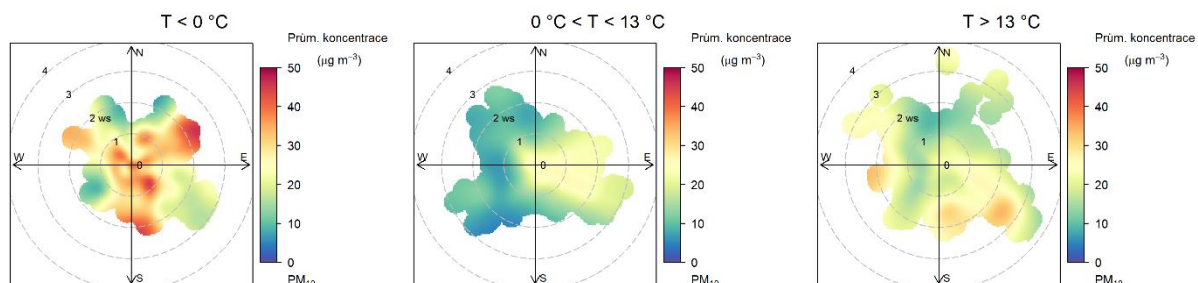
Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu Přibyslav je tento denní chod vynesena na Obr. 26.



Obr. 26 – Denní a roční chod koncentrací PM<sub>10</sub> členěný dle směru větru, lokalita Přibyslav, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací PM<sub>10</sub> je důležitý zejména jihovýchodní až východní směr větru. Maxima jsou pak dosahována zejména ve večerních hodinách. To může souviset se zatápěním lidí v obci po návratu z práce. Navíc jsou v noci obecně horší rozptylové podmínky. Z hlediska ročního chodu lze pozorovat zvýšené koncentrace pouze v topné sezóně.

Následující Obr. 27 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C, prostřední růžice zobrazuje koncentrace PM<sub>10</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.

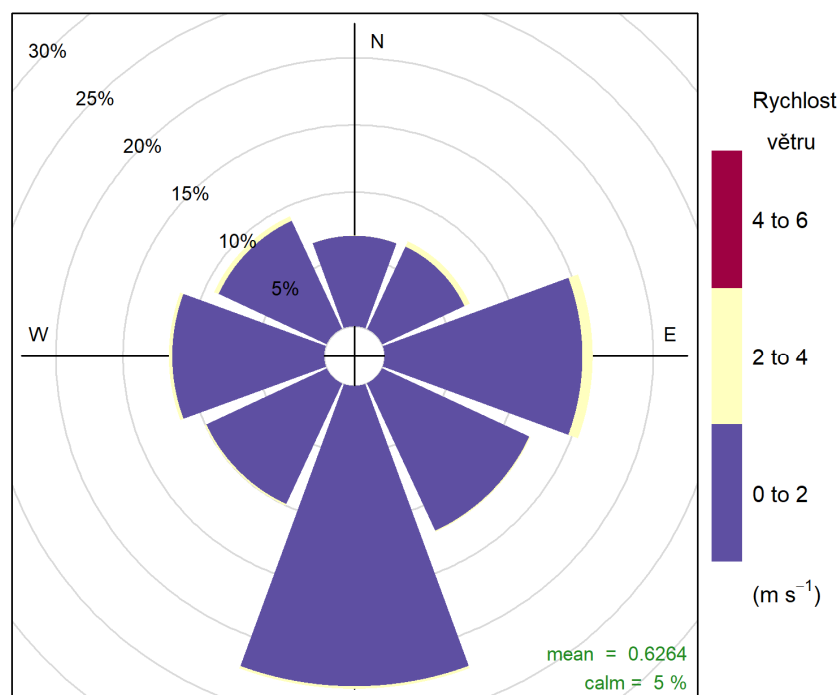


Obr. 27 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita Přibyslav, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že vysoké koncentrace jsou takřka výhradně měřeny při teplotách nižších, než je bod mrazu. Při teplotách nad 0 °C jsou měřeny mírně vyšší koncentrace pouze při proudění z východu. Při teplotách nad 13 °C jsou měřeny mírně zvýšené koncentrace při proudění z jihovýchodu a západu a vyšších rychlostech větru.

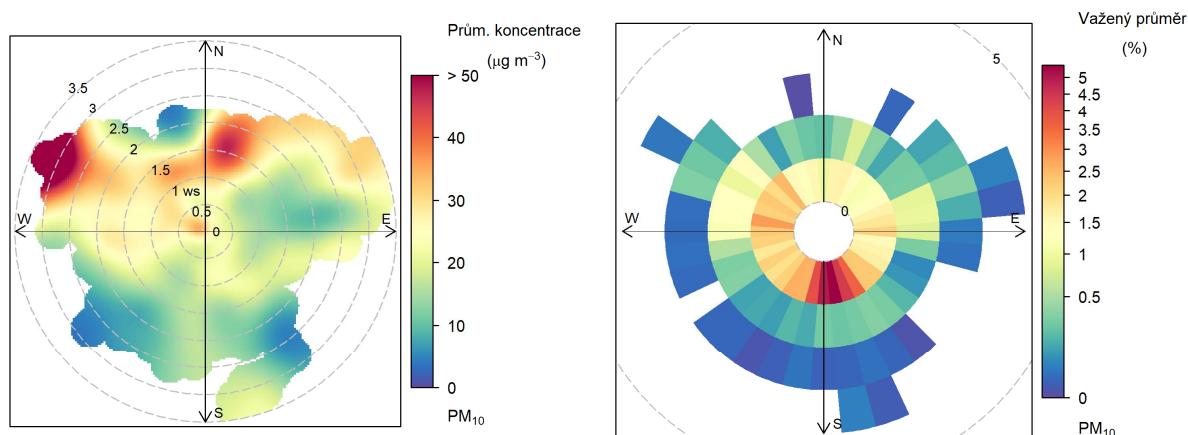
### 3.1.5.3 Rantířov

Na Obr. 28 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Rantířov. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především z jižních a východních směrů, vyšší rychlosti větru než 2 m·s<sup>-1</sup> pak byly zaznamenány převážně z východních směrů. Bezvětří panovalo zhruba v 5 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla 0,6 m·s<sup>-1</sup>.



Obr. 28 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Rantířov, rok 2018

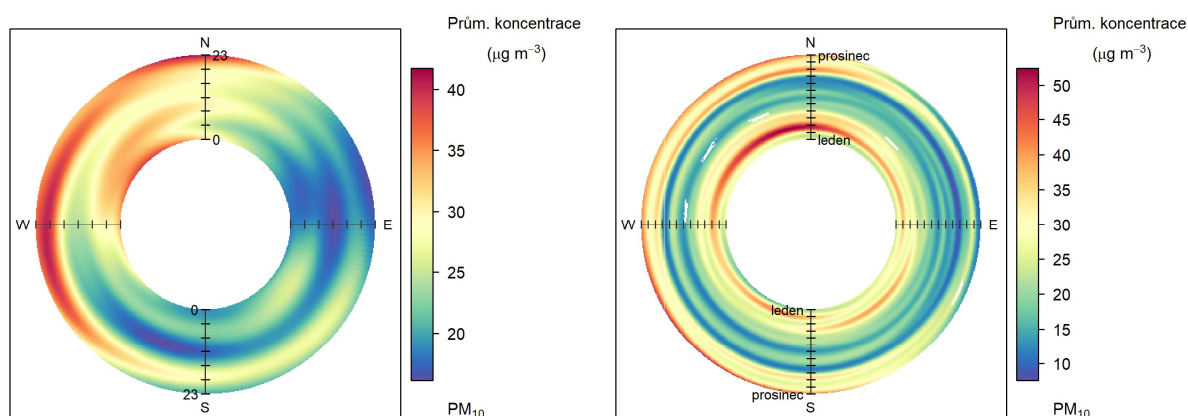
Následující Obr. 29 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro PM<sub>10</sub> v lokalitě Rantířov.



Obr. 29 – Koncentrační růžice PM<sub>10</sub>, lokalita Rantířov, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při proudění ze severozápadu a severu. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění prašností PM<sub>10</sub> přišlo z jižních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

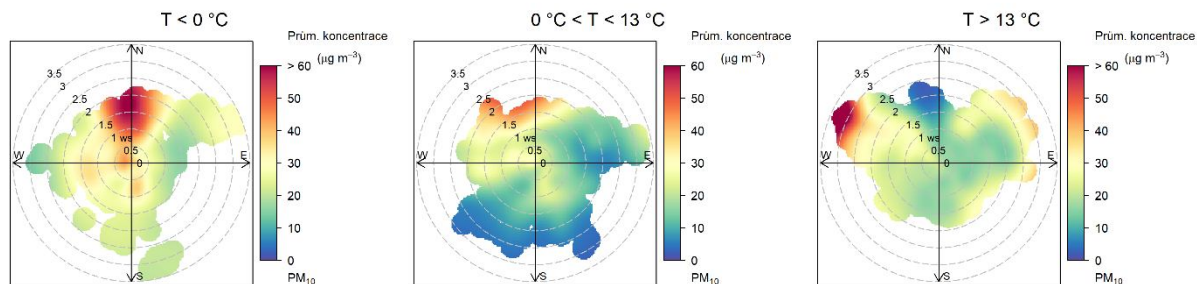
Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu Rantířov je tento denní chod vynesena na Obr. 30.



Obr. 30 – Denní a roční chod koncentrací PM<sub>10</sub> členěný dle směru větru, lokalita Rantířov, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací PM<sub>10</sub> je důležitý zejména východní a severní směr větru. Maxima jsou pak dosahována zejména ve večerních a nočních hodinách. To může souviset se zatápěním lidí v obci po návratu z práce. Navíc jsou v noci obecně horší rozptylové podmínky. Z hlediska ročního chodu lze pozorovat zvýšené koncentrace pouze v topné sezóně.

Následující Obr. 31 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C, prostřední růžice zobrazuje koncentrace PM<sub>10</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.

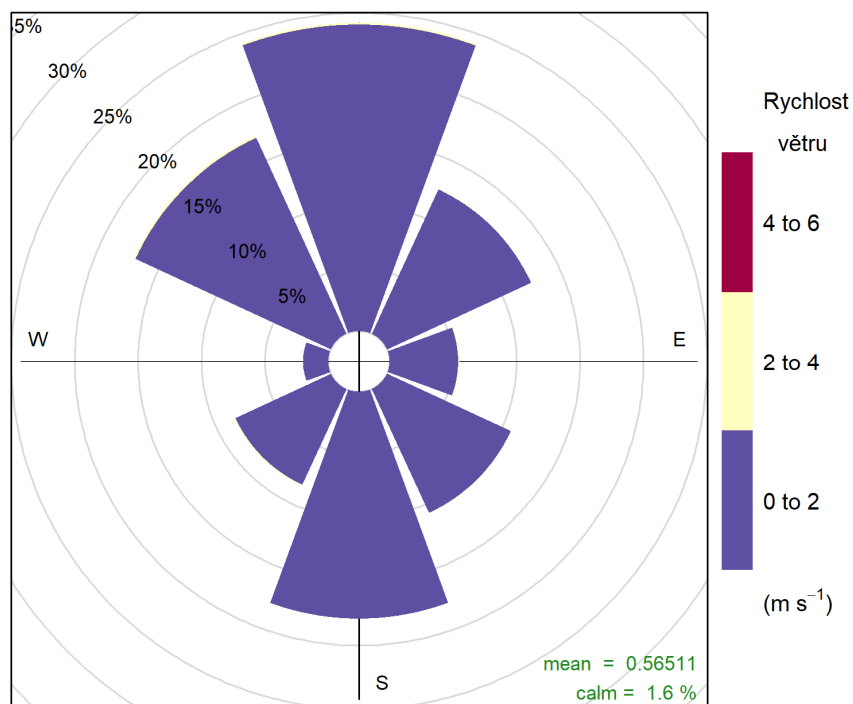


Obr. 31 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita Rantířov, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že při teplotách pod 0 °C jsou měřeny vysoké koncentrace při proudění ze severu, z ostatních směrů jsou pouze zvýšené. Při teplotách nad 0 °C jsou opět měřeny vyšší koncentrace pouze při severním proudění a převážně vyšších rychlostech větru. Při teplotách nad 13 °C jsou měřeny vysoké koncentrace při severozápadním až západním proudění a vyšších rychlostech větru. Tyto vysoké koncentrace mohou souviset také se zemědělskou činností a větrnou erozí. Ta souvisí zejména se suchým a teplým počasím a vyššími rychlostmi větru, což může být právě tento případ.

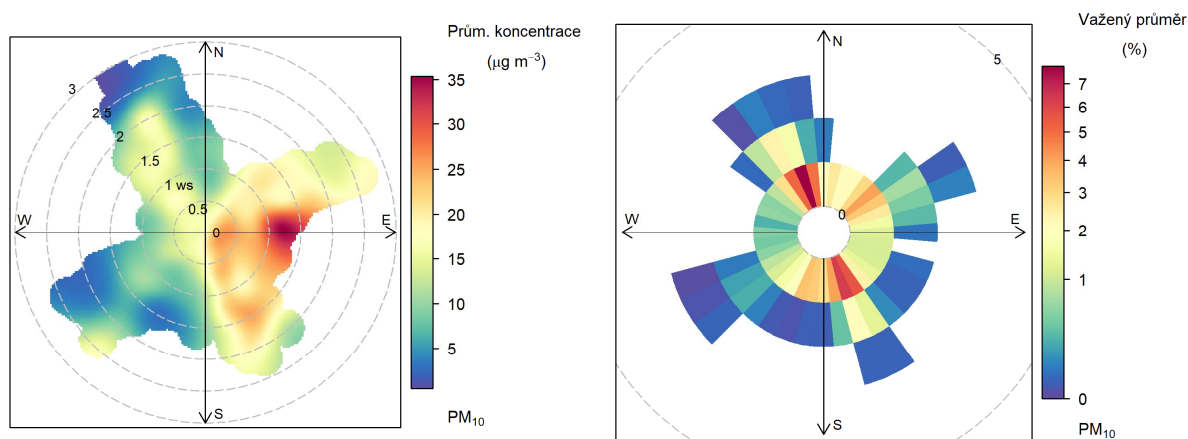
#### 3.1.5.4 Velká Bíteš

Na Obr. 32 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Velká Bíteš. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především ze severních a jižních směrů, vyšší rychlosti větru než 2 m·s<sup>-1</sup> takřka nebyly zaznamenány. Bezvětří panovalo zhruba v 1,6 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla 0,6 m·s<sup>-1</sup>.



Obr. 32 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Velká Bíteš, rok 2018

Následující Obr. 33 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro PM<sub>10</sub> v lokalitě Velká Bíteš.

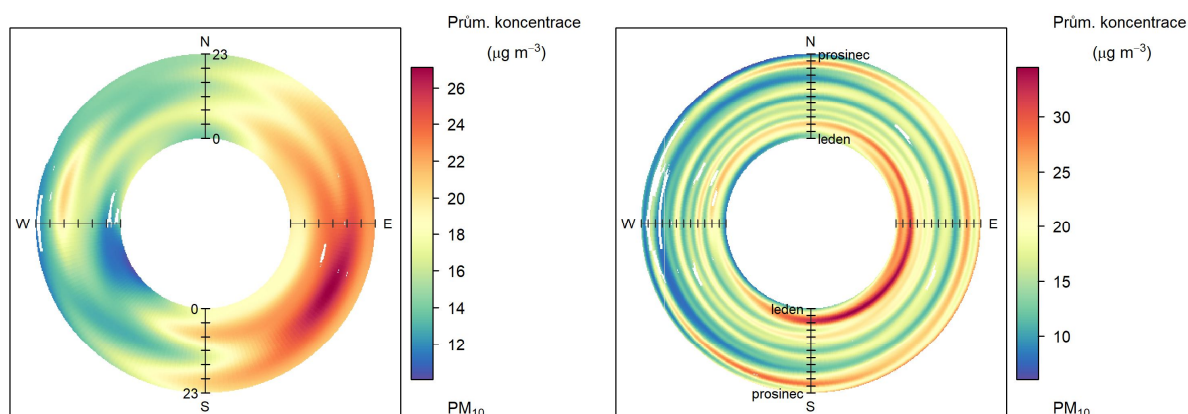


Obr. 33 – Koncentrační růžice PM<sub>10</sub>, lokalita Velká Bíteš, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při proudění z východu. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění prašností PM<sub>10</sub> přišlo ze severních a jižních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu Velká Bíteš je tento denní chod vyneseno na Obr. 34.

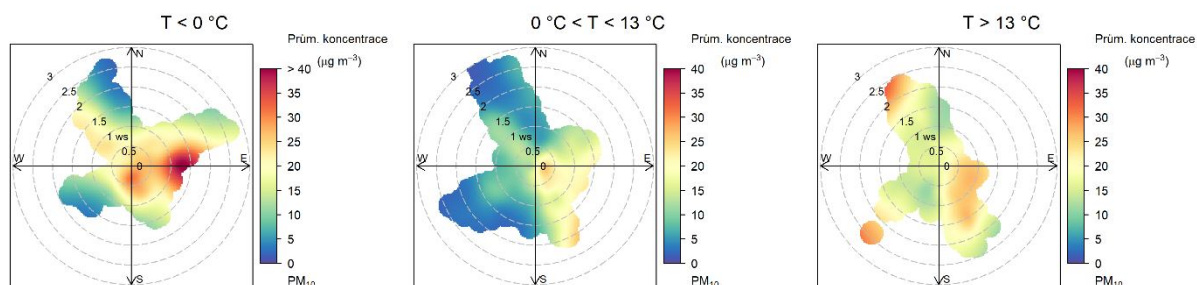




Obr. 34 – Denní a roční chod koncentrací PM<sub>10</sub> členěný dle směru větru, lokalita Velká Bíteš, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací PM<sub>10</sub> je důležitý zejména východní a jihovýchodní směr větru. Maxima jsou pak dosahována zejména v poledních a odpoledních hodinách. To může souviset s dopravní špičkou při návratu z práce a také se zatápěním lidí v obci po návratu z práce. Z hlediska ročního chodu lze pozorovat zvýšené koncentrace převážně v topné sezóně.

Následující Obr. 35 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C, prostřední růžice zobrazuje koncentrace PM<sub>10</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.



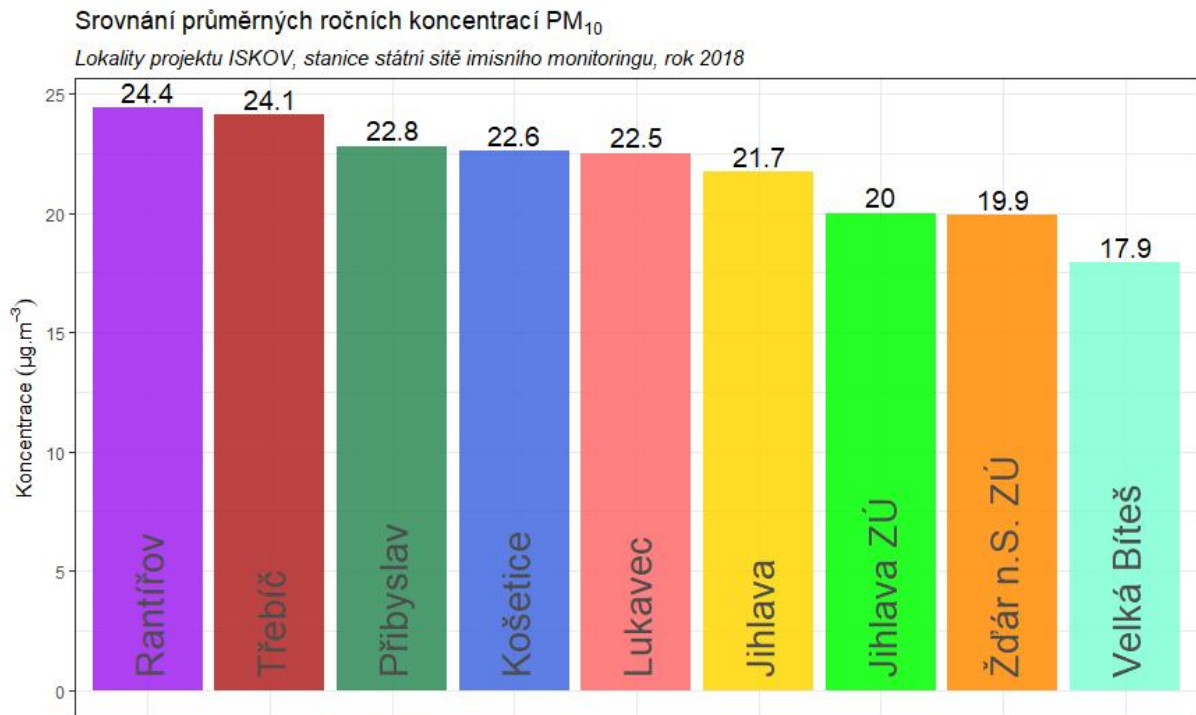
Obr. 35 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita Velká Bíteš, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že při teplotách pod 0 °C jsou měřeny vysoké koncentrace při proudění ze východu, z ostatních směrů jsou pouze zvýšené. Při teplotách nad 0 °C jsou opět měřeny zvýšené koncentrace při jihovýchodním až východním proudění. Při teplotách nad 13 °C jsou zvýšené koncentrace měřeny při nejvyšších rychlostech větru, což může souviset s větrnou erozí.

### 3.1.6 Srovnání koncentrací PM<sub>10</sub> s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

V následujících grafech na Obr. 36 a Obr. 37 je zobrazeno srovnání měřicích lokalit projektu ISKOV s lokalitami státní sítě imisního monitoringu (SSIM) Jihlava a Košetice. První z grafů srovnává průměrné roční koncentrace PM<sub>10</sub>, druhý pak počet dní s překročením hodnoty imisního limitu pro denní koncentraci PM<sub>10</sub>.

Z grafu na Obr. 36 je patrné, že koncentrace PM<sub>10</sub> se pohybovaly v rozmezí 18 – 24,4  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Nejvyšší hodnotu naměřila lokalita Rantířov. Lokality Košetice a Lukavec, které jsou od sebe vzdušnou čarou vzdáleny zhruba 6 km, naměřily velmi podobnou hodnotu průměrné roční koncentrace PM<sub>10</sub>. Nejnižší koncentrace byla zaznamenána v lokalitě Velká Bíteš.



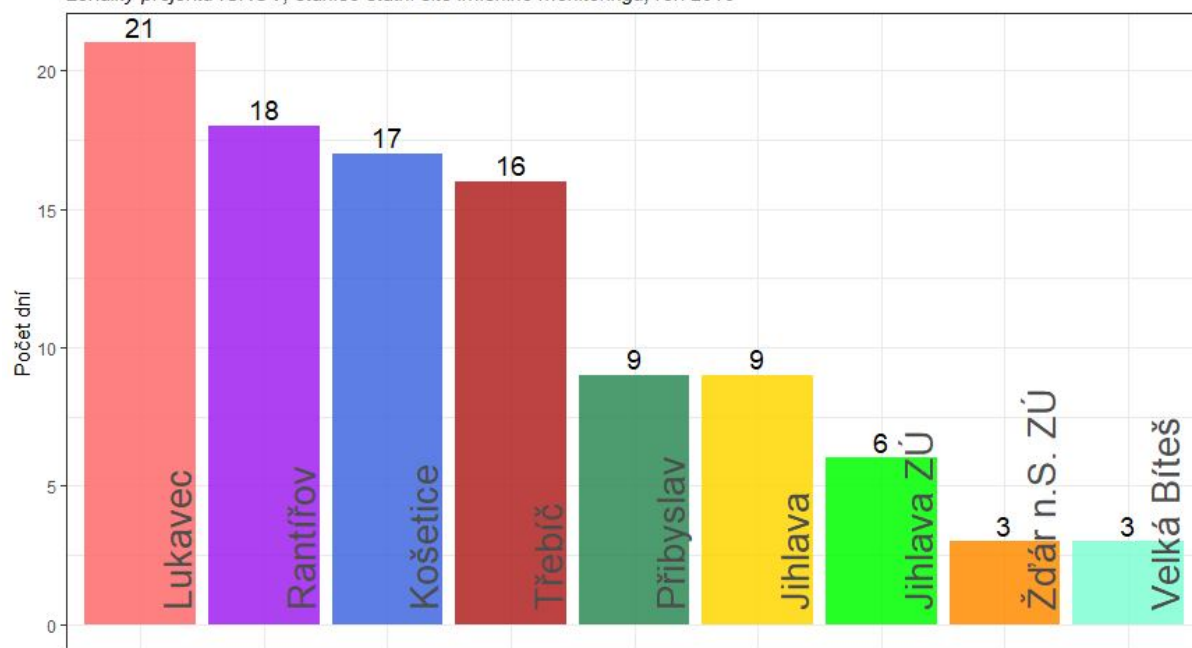
Obr. 36 – Srovnání průměrných ročních koncentrací PM<sub>10</sub>, lokality projektu ISKOV a lokality SSIM, rok 2018

V případě počtu dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci PM<sub>10</sub> zaznamenala nejvyšší počet těchto dní lokalita Lukavec. Proti nedalekým Košetickým naměřila o 4 dny s koncentracemi PM<sub>10</sub> nad 50  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  více. Stejný počet těchto dní zaznamenaly lokality Přibyslav a Jihlava, nejnižší počet byl naměřen v lokalitě Velká Bíteš a Žďár n. S. ZÚ.



Srovnání počtu dní s překročenou hodnotou imisního limitu pro denní koncentrace PM<sub>10</sub>

Lokality projektu ISKOV, stanice státní sítě imisního monitoringu, rok 2018



Obr. 37 – Srovnání počtu dní s překročenou hodnotou denního imisního limitu PM<sub>10</sub>, lokality projektu ISKOV a lokality SSIM, rok 2018

## 3.2 SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE PM<sub>2,5</sub>

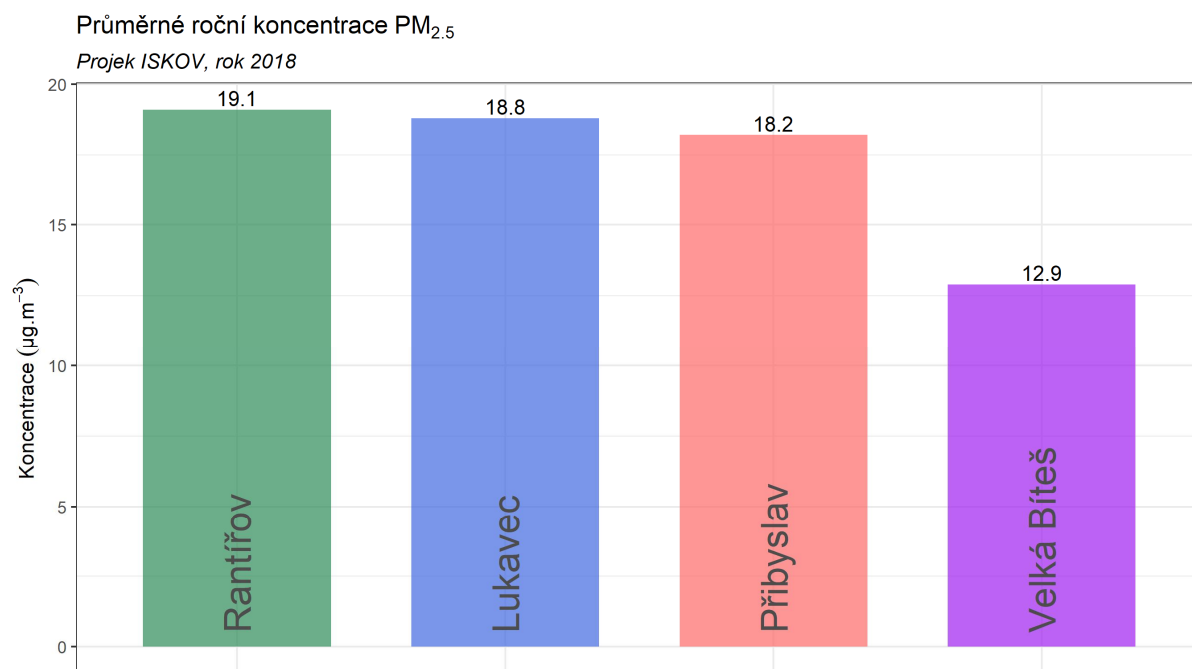
Obecná část, včetně legislativních požadavků a emisí je uvedena v kapitole o PM<sub>10</sub>.

### 3.2.1 Průměrná roční koncentrace

Průměrné roční koncentrace, naměřené v jednotlivých lokalitách, zobrazuje následující Tab. 7, graficky je pak znázorňuje Obr. 38.

Tab. 7 – Průměrná roční koncentrace PM<sub>2,5</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

LOKALITA	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ KONCENTRACE PM <sub>2,5</sub> (μg·m <sup>-3</sup> )
RANTÍŘOV	19,1
LUKAVEC	18,8
PŘIBYSLAV	18,2
VELKÁ BÍTEŠ	12,9



Obr. 38 – Průměrná roční koncentrace PM<sub>2,5</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

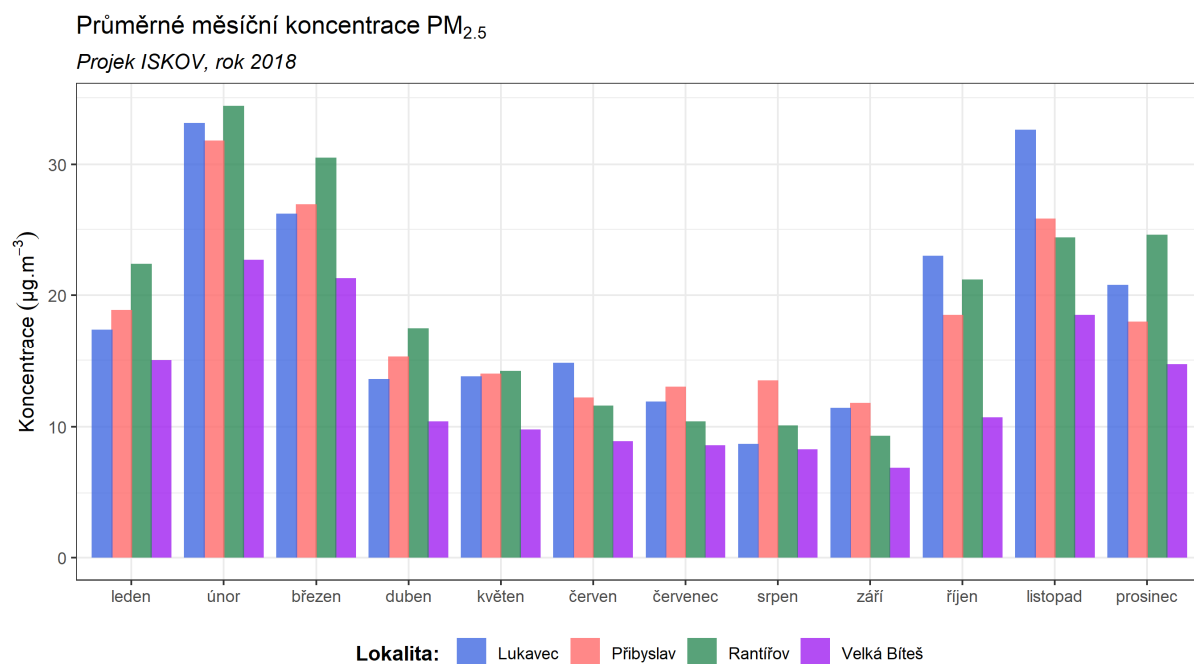
Z uvedeného vyplývá, že nejvyšší průměrná roční koncentrace PM<sub>2,5</sub> byla naměřena v lokalitě Rantířov, nejnižší pak v lokalitě Velká Bíteš. **Ani na jedné lokalitě nedošlo k překročení imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci PM<sub>2,5</sub> (25 μg·m<sup>-3</sup>), nebyl překročen ani zprísněný imisní limit platný po roce 2020 (20 μg·m<sup>-3</sup>).**

### 3.2.2 Průměrné měsíční koncentrace

Průměrné měsíční koncentrace, naměřené v jednotlivých lokalitách v roce 2018, zobrazuje následující Tab. 8, graficky je pak znázorňuje Obr. 39. Z grafu je dobře patrné, že nejvyšší koncentrace PM<sub>2,5</sub> byly měřeny na všech lokalitách v únoru, březnu a listopadu. Obecně lze konstatovat, že v topné sezóně jsou koncentrace PM<sub>2,5</sub> na všech lokalitách výrazně vyšší než v letních měsících. Vliv majoritního zdroje prašnosti, tedy lokálních topenišť, je dobře patrný. Nejvyšší průměrná měsíční koncentrace PM<sub>2,5</sub> byla naměřena v lokalitě Rantířov a měla hodnotu 34,4 µg·m<sup>-3</sup>.

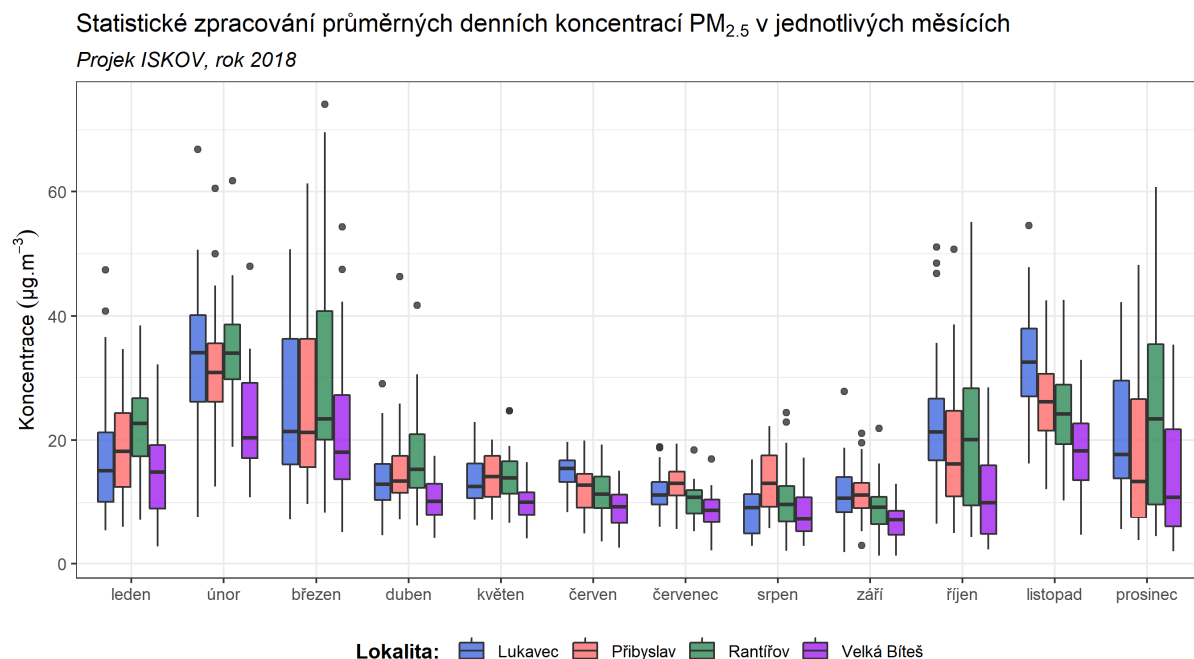
Tab. 8 – Průměrné měsíční koncentrace PM<sub>2,5</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

MĚSÍC	LUKAVEC	PŘIBYSLAV	RANTÍŘOV	VELKÁ BÍTEŠ
LEDEN	17,4	18,9	22,4	15
ÚNOR	33,1	31,8	34,4	22,7
BŘEZEN	26,2	26,9	30,5	21,3
DUBEN	13,6	15,3	17,5	10,4
KVĚTEN	13,8	14	14,2	9,8
ČERVEN	14,8	12,2	11,6	8,9
ČERVENEC	11,9	13	10,4	8,6
SRPEN	8,7	13,5	10,1	8,3
ZÁŘÍ	11,4	11,8	9,3	6,9
ŘÍJEN	23	18,5	21,2	10,7
LISTOPAD	32,6	25,8	24,4	18,5
PROSINEC	20,8	18	24,6	14,7

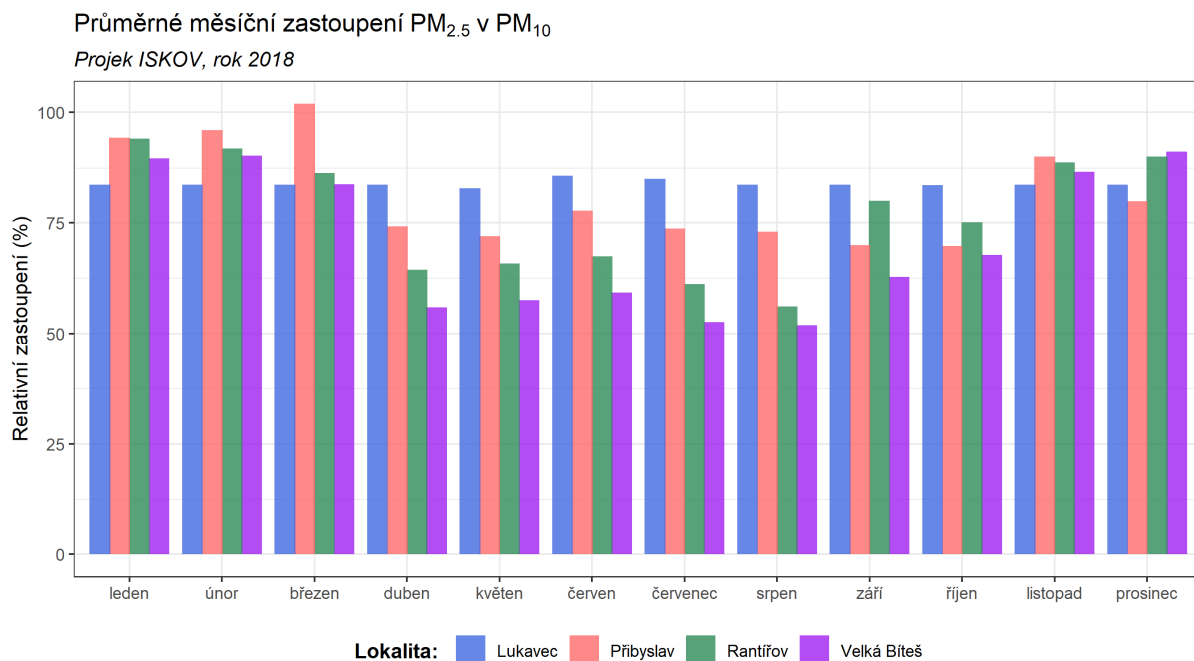


Obr. 39 – Průměrné měsíční koncentrace PM<sub>2,5</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

Statistické zpracování průměrných denních koncentrací PM<sub>2,5</sub> v jednotlivých měsících a lokalitách uvádí Obr. 40. Následující Obr. 41 pak zobrazuje průměrné zastoupení PM<sub>2,5</sub> v PM<sub>10</sub>. Z grafu vyplývá, že v topné sezóně je PM<sub>10</sub> podstatně více tvořena jemnou frakcí PM<sub>2,5</sub>, než v letních měsících. Výjimkou je lokalita Lukavec, kde se poměry po celý rok příliš neliší. To může souviset s provozem významného zdroje v obci.



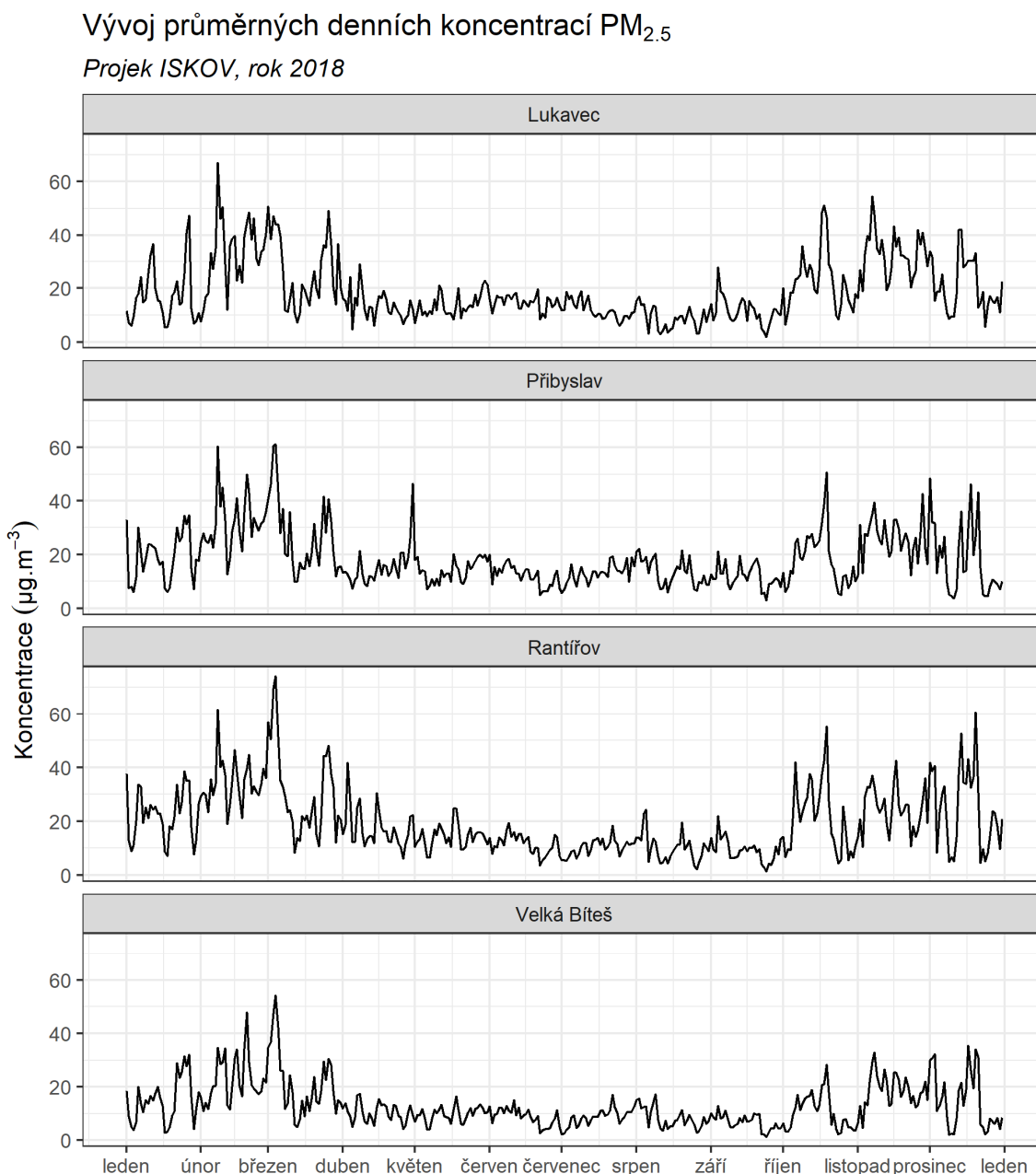
Obr. 40 – Statistické zpracování průměrných denních koncentrací PM<sub>2,5</sub> v jednotlivých měsících, projekt ISKOV, rok 2018



Obr. 41 – Průměrné měsíční zastoupení PM<sub>2,5</sub> v PM<sub>10</sub> (%) v jednotlivých měsících, projekt ISKOV, rok 2018

### 3.2.3 Průměrné denní koncentrace PM<sub>2,5</sub>

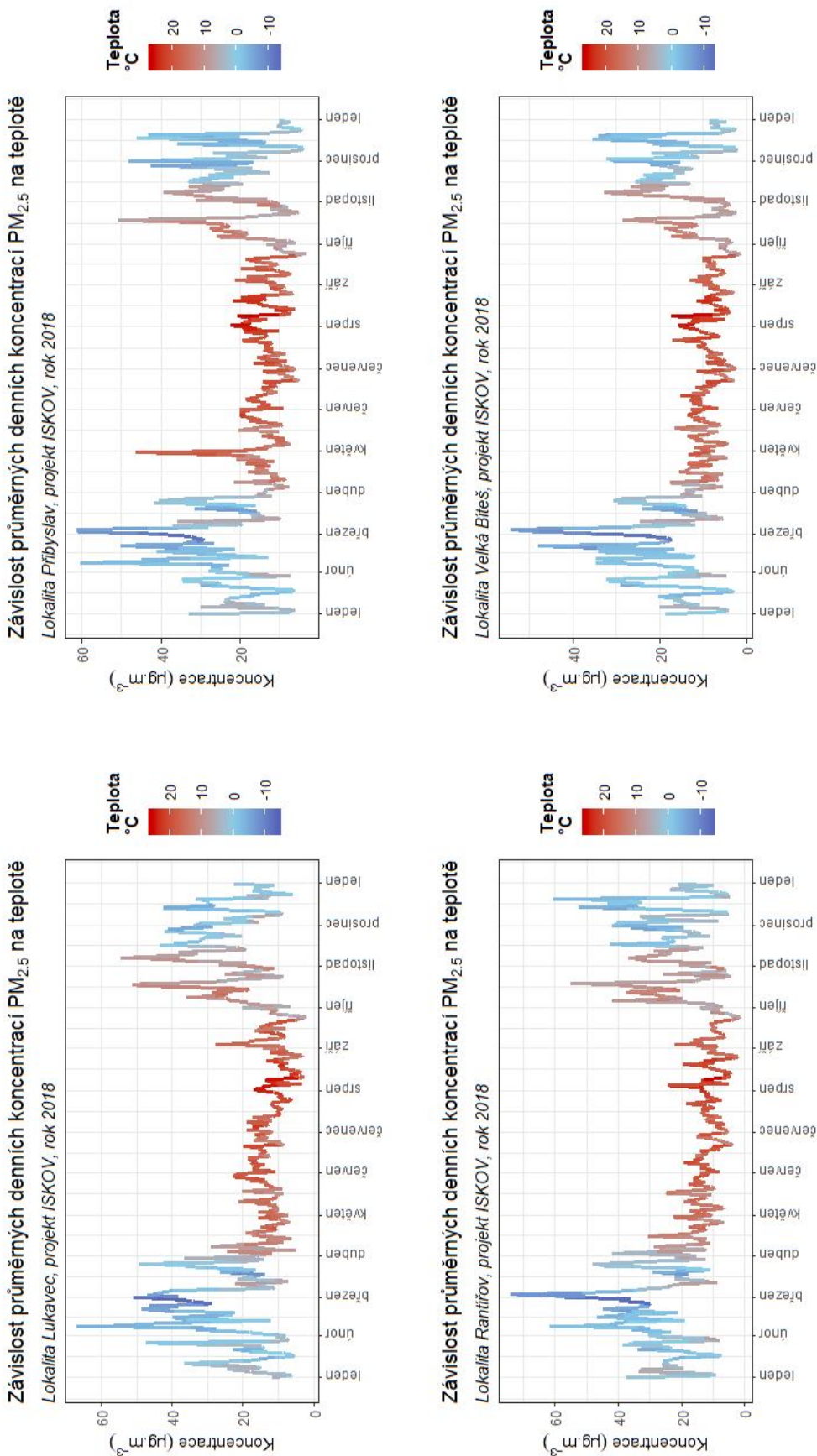
Na rozdíl od PM<sub>10</sub> není v legislativě ukotven imisní limit pro průměrné denní koncentrace PM<sub>2,5</sub>. Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>2,5</sub> v roce 2018 zobrazuje následující Obr. 42.



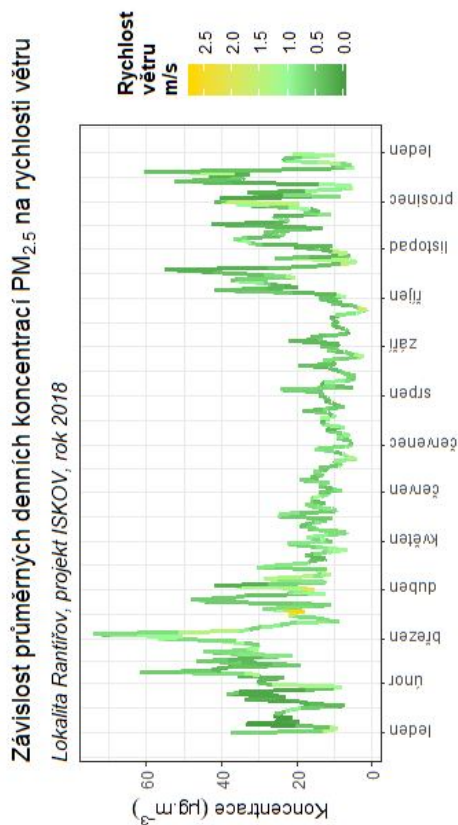
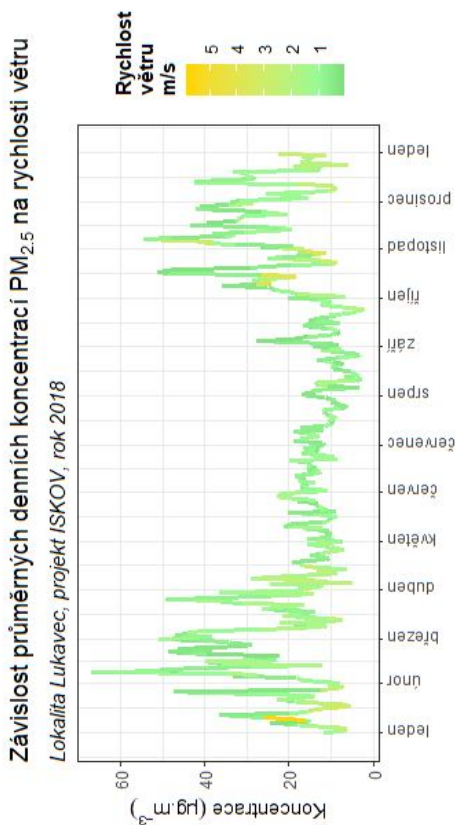
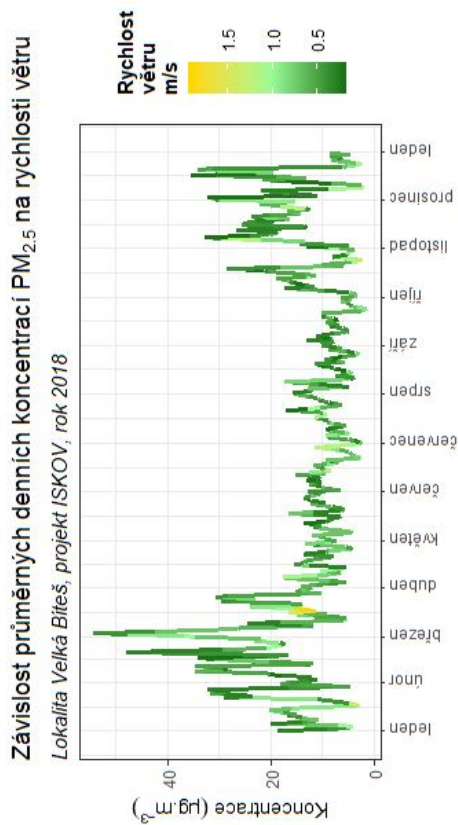
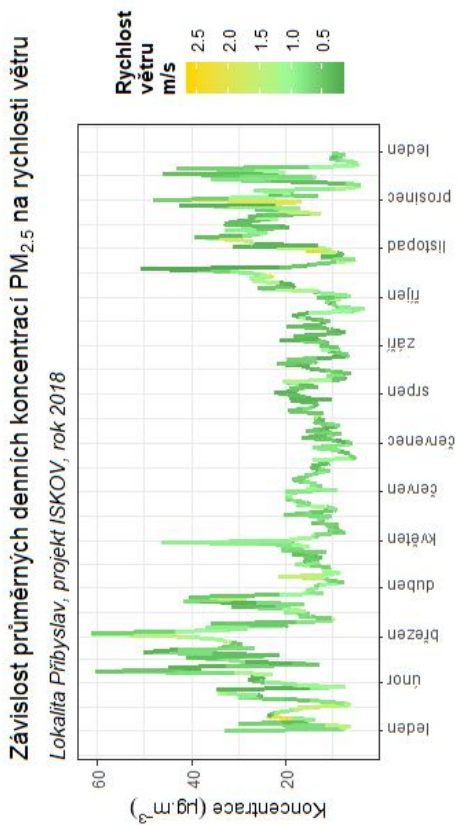
Obr. 42 – Vývoj průměrných denních koncentrací PM<sub>2,5</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

Na následujících Obr. 43 – Obr. 45 je zobrazen vliv sledovaných meteorologických veličin (průměrné denní hodnoty teploty vzduchu, rychlosti větru a relativní vlhkosti vzduchu) na měřené průměrné denní koncentrace PM<sub>2,5</sub> ve všech lokalitách.

Z grafů je velmi dobře patrné že nejvyšší koncentrace PM<sub>2,5</sub> jsou měřeny při nejnižších teplotách (nejvyšší potřeba topit), vyšší koncentrace jsou měřeny při nižších rychlostech větru (vlivem bezvětří dochází k horšímu rozptylu znečištění) a vyšších relativních vlhkostech vzduchu.

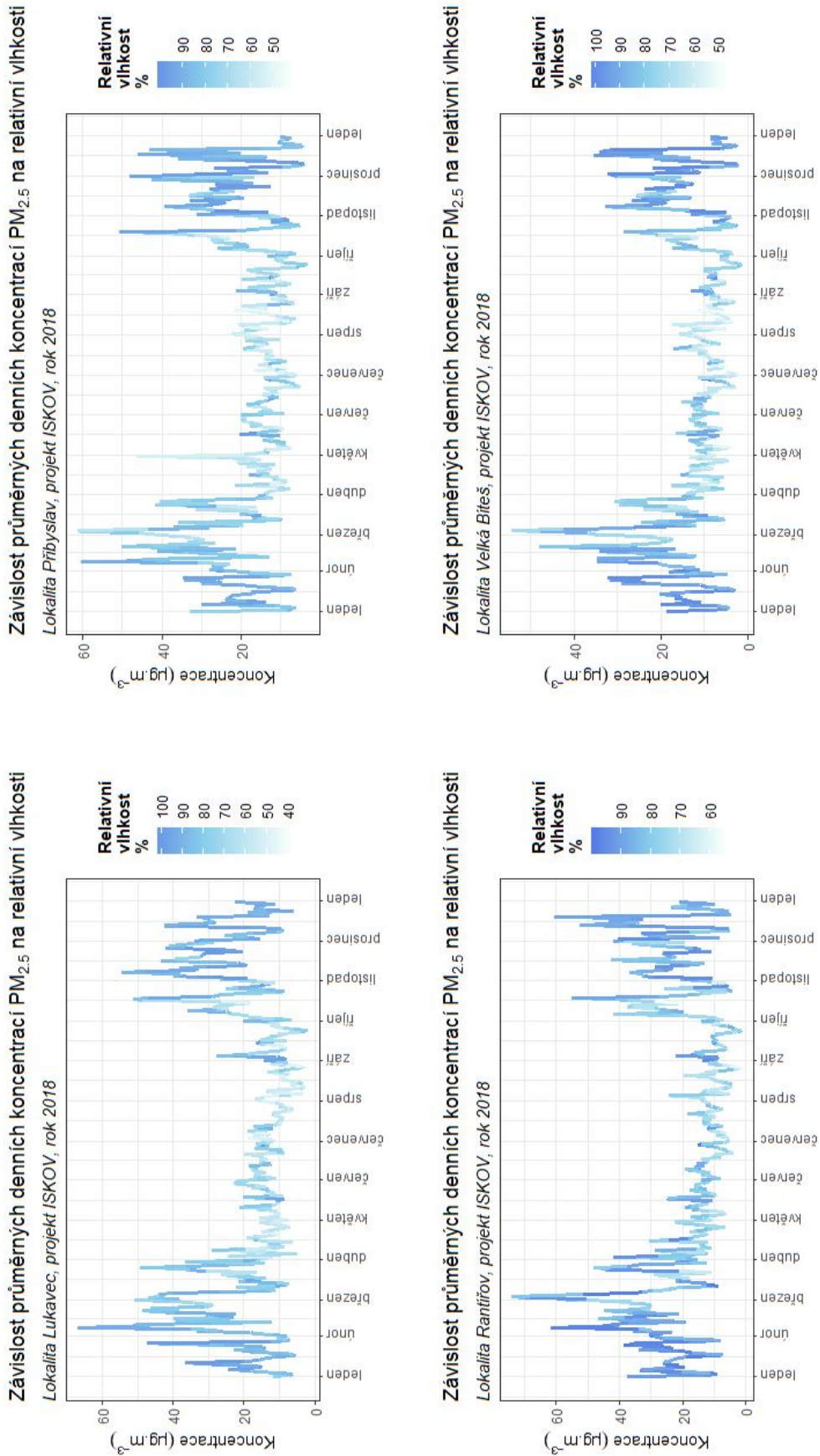


Obr. 43 – Vliv teploty vzduchu na průměrné denní koncentrace PM<sub>2.5</sub>, projekt ISKOV, rok 2018



Obr. 44 – Vliv rychlosti větru na průměrné denní koncentrace PM<sub>2,5</sub>, projekt ISKOV, rok 2018



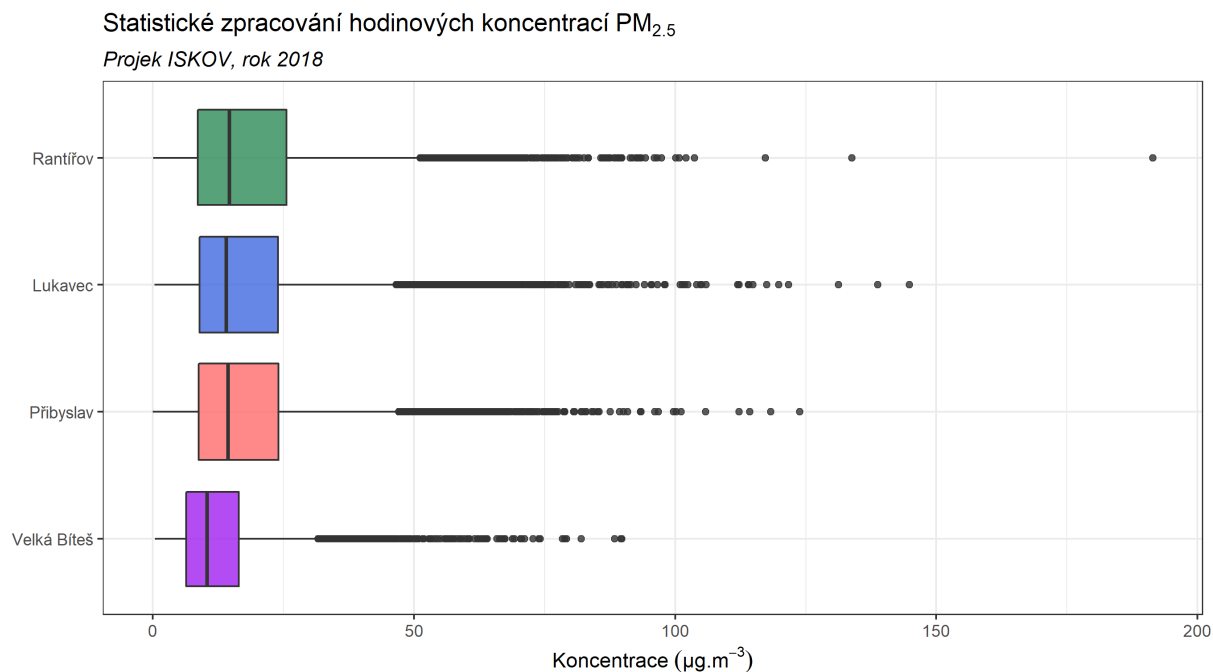


Obr. 45 – Vliv relativní vlhkosti vzduchu na průměrné denní koncentrace  $PM_{2,5}$ , projekt ISKOV, rok 2018



### 3.2.4 Hodinové koncentrace a denní chod

Suspendované částice nemají pro hodinové koncentrace imisní limit, přesto je tato charakteristika důležitá pro interpretaci dat. Uvádět samostatně hodinové koncentrace nemá smysl (8760 hodnot za rok), proto je zde pouze statistické zpracování hodinových hodnot pomocí krabicových grafů (Obr. 46).

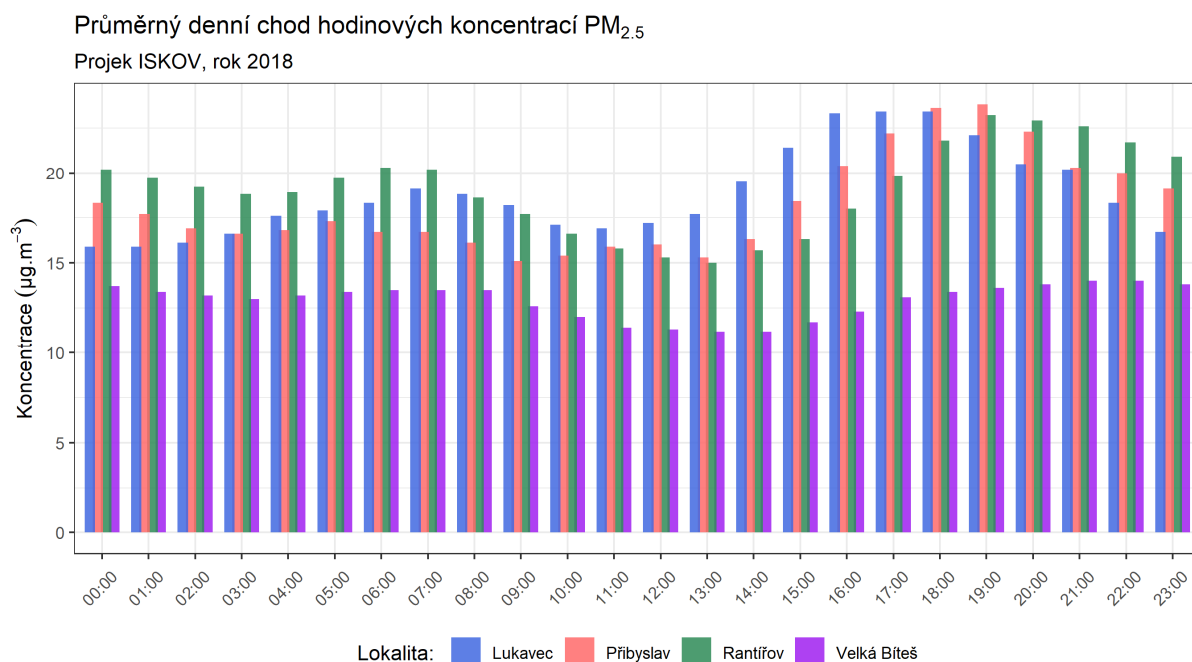


Obr. 46 – Statistické zpracování hodinových koncentrací PM<sub>2,5</sub> v jednotlivých měsících, projekt ISKOV, rok 2018

Z grafu je patrné, že mediány koncentrací zhruba sledují trend průměrných hodnot. Zajímavé jsou zde některé odlehlé hodnoty. V Rantířově byla naměřena nejvyšší hodnota 1. 1. 2018 v 21:00 hodin, kdy koncentrace dosáhly až na hodnotu 191,4  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Takto vysoká koncentrace mohla být důsledkem zhoršených rozptylových podmínek, emisí z lokálních topenišť ve večerních hodinách a možná také ještě byly „dočerpány“ zásoby zábavní pyrotechniky, které se nevyužily při novoročních oslavách.

Rovněž v dalších lokalitách se vyskytly vysoké hodinové koncentrace nad 150  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Nejvyšší koncentrace v lokalitě Přibyslav byla naměřena 30. 4. 2018 v 11:00 a měla hodnotu 123,8  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , nejvyšší koncentrace v lokalitě Lukavec byla naměřena 13. 2. 2018 v 18:00 a měla hodnotu 144,8  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  a nejvyšší koncentrace v lokalitě Velká Bíteš byla naměřena 20. 2. 2018 v 1:00 a měla hodnotu 89,8  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Z hlediska hodinových koncentrací je velmi zajímavou a užitečnou charakteristikou průměrný denní chod hodinových koncentrací. Ten umožňuje zjistit v kterou část dne jsou zpravidla měřeny nejvyšší koncentrace (Obr. 47).



Obr. 47 – Průměrný denní chod hodinových koncentrací PM<sub>2,5</sub>, projekt ISKOV, rok 2018. Čas je uváděn v UTC

Z grafu je velmi dobře patrné, že v Lukavci, Přibyslavi i Rantířově gradují koncentrace v odpoledních a večerních hodinách – tedy v době zatápění po návratu z práce. V Lukavci začínají koncentrace růst dříve než v Přibyslavi a Rantířově, v nočních hodinách jsou nižší. To může souviset taky s logistikou dřevozpracujícího družstva v Lukavci.

Ve Velké Bíteši jsou rozdíly v denním chodu pouze malé, ranní hodnoty (kolem 7:00 UTC) jsou mírně vyšší než ty odpolední a večerní. Lokální topeniště zřejmě nebudou mít na měřené koncentrace takový vliv, jako ve zbývajících obcích.

### 3.2.5 Růžice – detailní analýza hodinových hodnot

V této podkapitole budou pro všechny lokality připraveny větrné a koncentrační růžice. Větrná růžice bude kromě směrů větru členěna rovněž dle rychlostí větru, které jsou pro koncentrace škodlivin důležité.

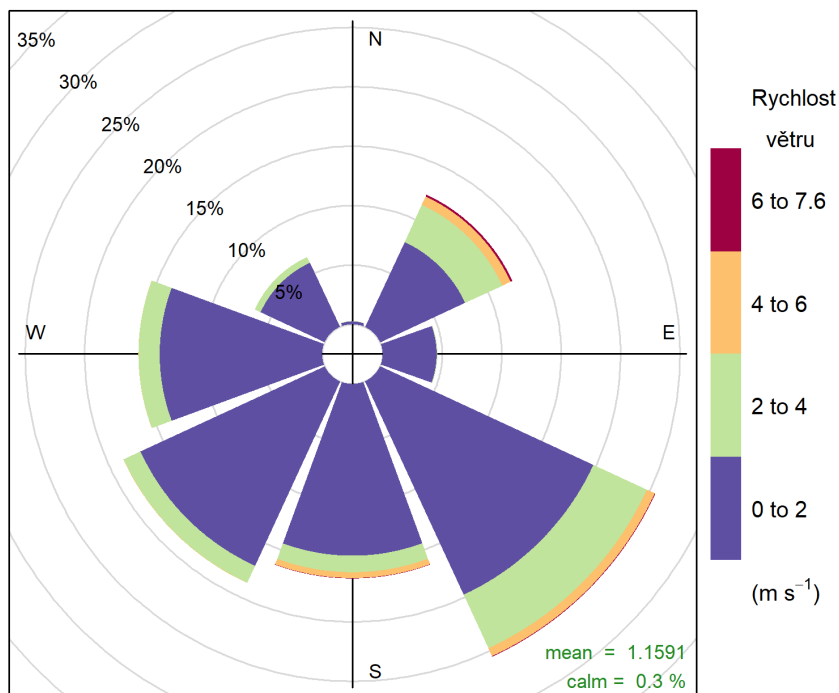
Koncentrační růžice jsou nástroj pro analýzu znečištění ovzduší na základě meteorologických charakteristik. Pro jejich konstrukci jsou použita hodinová data meteorologických prvků a koncentrací škodlivin. Vychází se z větrné růžice, do polárních souřadnic se ukládá jednak směr větru jako u klasické větrné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

Základní koncentrační růžice tak ukazuje, při jakých rychlostech a směrech větru jsou v průměru dosahovány (nejvyšší) koncentrace. Vážená koncentrační růžice pak vypočte

vážený průměr (tzn., že je vzata v úvahu také četnost výskytu), a dává tak informaci, jakým procentem se jednotlivé směry větru podílí na měřených koncentracích dané škodliviny.

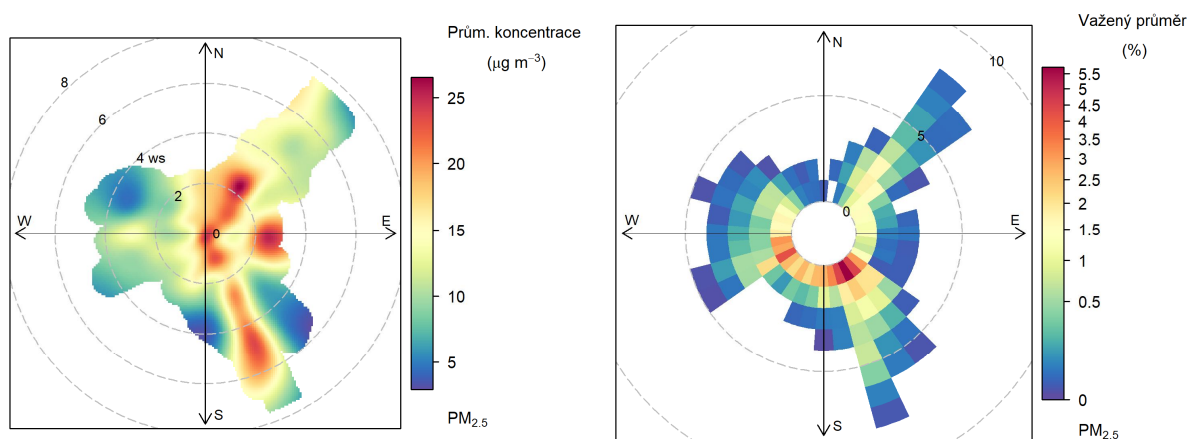
### 3.2.5.1 Lukavec

Na Obr. 48 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu *Lukavec*. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především z jihovýchodních, jižních až západních směrů, vyšší rychlosti větru pak byly zaznamenány z jihovýchodních a severovýchodních směrů. Bezvětří panovalo zhruba v 0,3 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla  $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .



Obr. 48 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Lukavec, rok 2018

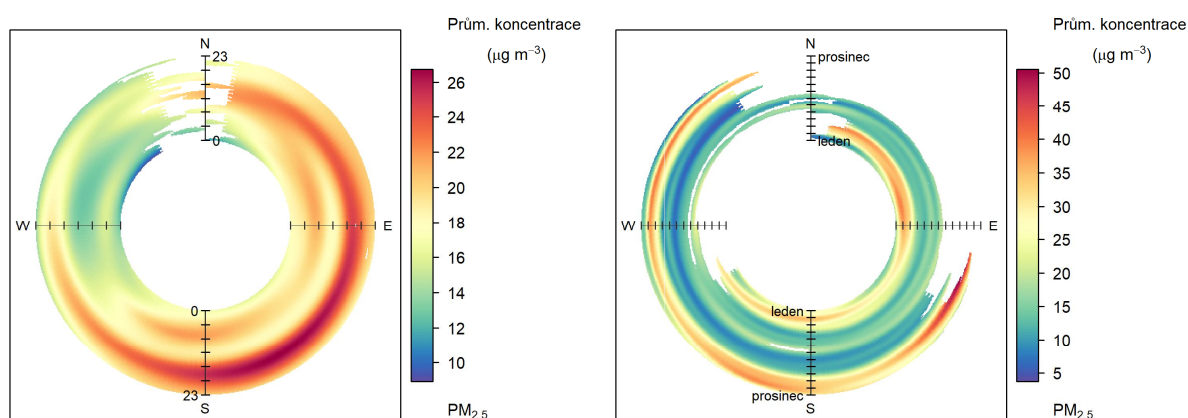
Následující Obr. 49 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro  $\text{PM}_{2,5}$  v lokalitě *Lukavec*.



Obr. 49 – Koncentrační růžice  $\text{PM}_{2,5}$ , lokalita Lukavec, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při proudění z východu, jihovýchodu a severovýchodu. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění prašností  $PM_{2,5}$  přišlo z jihovýchodních směrů a dalších jižních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

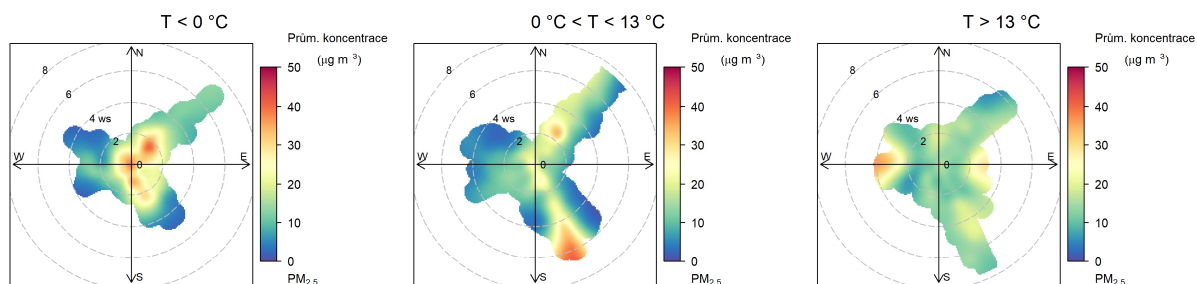
Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu *Lukavec* je tento denní chod vynesena na Obr. 50.



Obr. 50 – Denní a roční chod koncentrací  $PM_{2,5}$  členěný dle směru větru, lokalita *Lukavec*, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací  $PM_{2,5}$  je důležitý zejména jihovýchodní až východní směr větru. Maxima jsou pak dosahována zejména ve večerních hodinách. To může souviset se zatápěním lidí v obci po návratu z práce. Navíc jsou v noci obecně horší rozptylové podmínky. Z hlediska ročního chodu lze pozorovat zvýšené koncentrace pouze v topné sezóně.

Následující Obr. 51 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , prostřední růžice zobrazuje koncentrace  $PM_{2,5}$  při teplotách v intervalu od  $0$  do  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než  $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

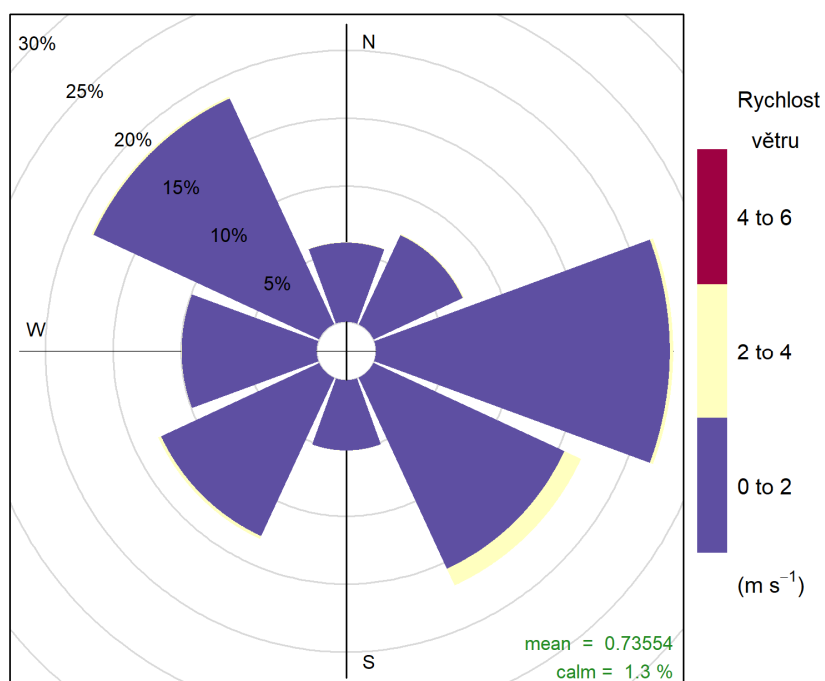


Obr. 51 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita *Lukavec*, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že vysoké koncentrace jsou často měřeny při teplotách nižších, než je bod mrazu, nižších rychlostech větru, a vždy při proudění ze severovýchodu až jihovýchodu. Při západním proudění ani při těchto nízkých teplotách nejsou měřeny vysoké koncentrace. Při teplotách nad 0 °C jsou měřeny vyšší koncentrace pouze při proudění z jihovýchodu a vyšších rychlostech větru. Při teplotách nad 13 °C jsou měřeny pouze mírně zvýšené koncentrace při proudění ze západu a vyšších rychlostech větru.

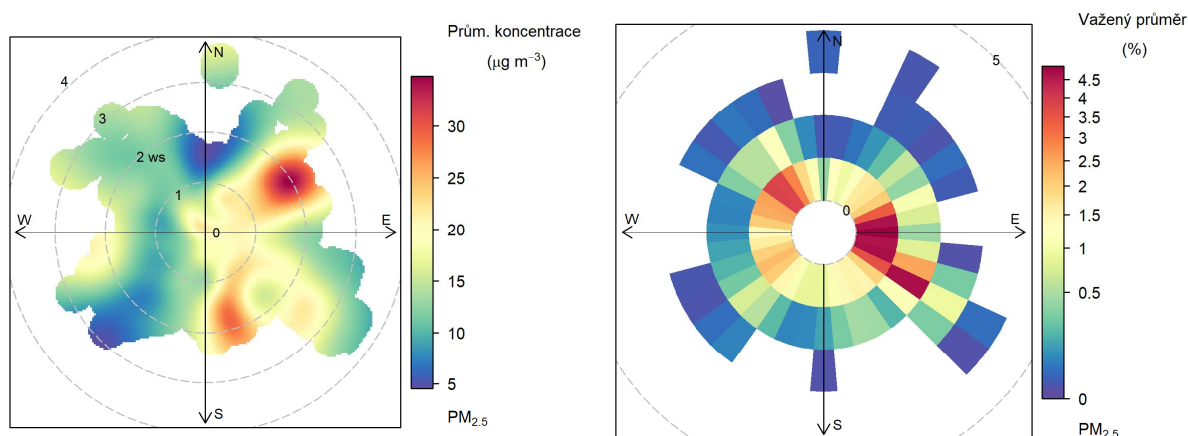
### 3.2.5.2 Příbyslav

Na Obr. 52 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu *Příbyslav*. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především z východních, jihovýchodních, a severozápadních směrů, vyšší rychlosti větru než 2 m·s<sup>-1</sup> pak byly zaznamenány pouze z jihovýchodních a východních směrů. Bezvětrí panovalo zhruba v 1,3 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla 0,7 m·s<sup>-1</sup>.



Obr. 52 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Příbyslav, rok 2018

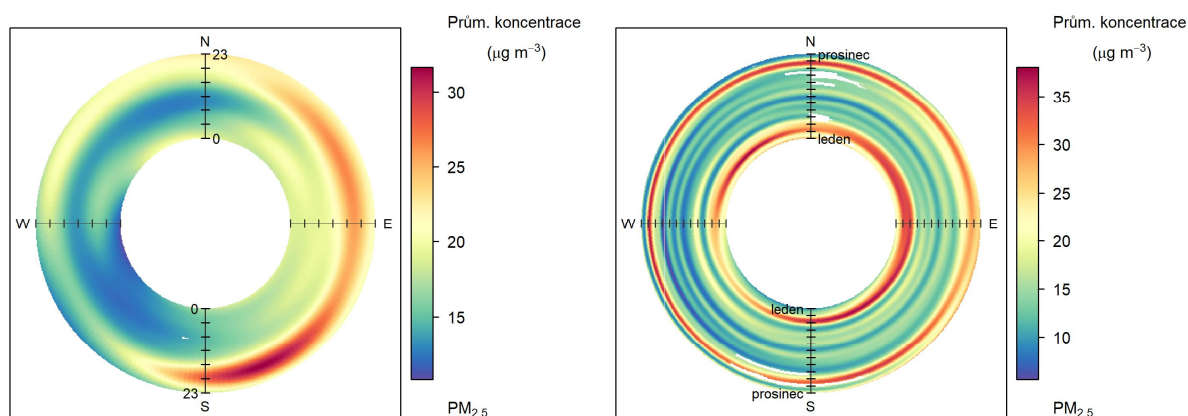
Následující Obr. 53 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro PM<sub>2,5</sub> v lokalitě *Příbyslav*.



Obr. 53 – Koncentrační růžice  $PM_{2,5}$ , lokalita Přibyslav, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při proudění ze severovýchodu a jihu. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění prašností  $PM_{2,5}$  přišlo z východních a jihovýchodních směrů a částečně také ze severozápadních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

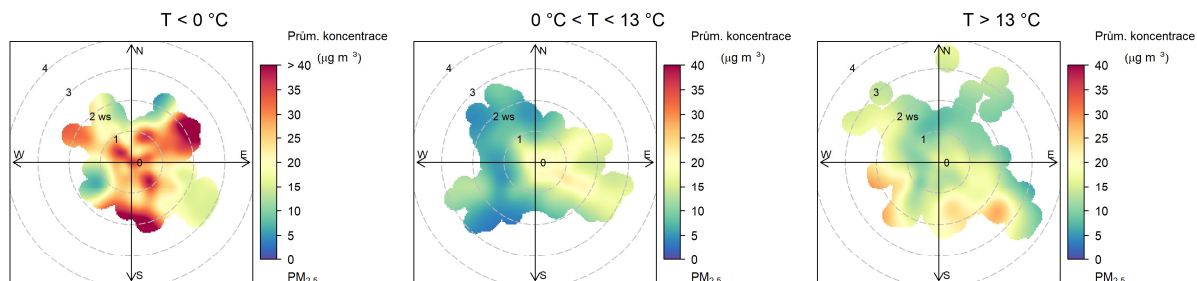
Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu *Přibyslav* je tento denní chod vynesena na Obr. 54.



Obr. 54 – Denní a roční chod koncentrací  $PM_{2,5}$  členěný dle směru větru, lokalita Přibyslav, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací  $PM_{2,5}$  je důležitý zejména jihovýchodní až jižní směr větru. Maxima jsou pak dosahována zejména ve večerních hodinách. To může souviset se zatápěním lidí v obci po návratu z práce. Navíc jsou v noci obecně horší rozptylové podmínky. Z hlediska ročního chodu lze pozorovat zvýšené koncentrace pouze v topné sezóně.

Následující Obr. 55 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C, prostřední růžice zobrazuje koncentrace PM<sub>2,5</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.

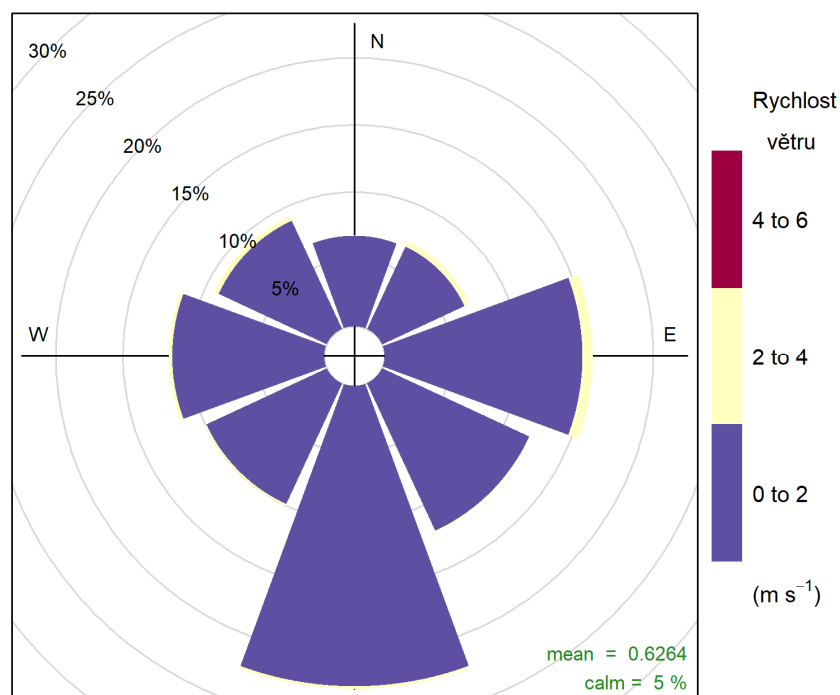


Obr. 55 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita Přibyslav, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že vysoké koncentrace jsou takřka výhradně měřeny při teplotách nižších, než je bod mrazu. Při teplotách nad 0 °C jsou měřeny mírně vyšší koncentrace pouze při proudění z východu. Při teplotách nad 13 °C jsou měřeny mírně zvýšené koncentrace při proudění z jihovýchodu a západu a vyšších rychlostech větru.

### 3.2.5.3 Rantířov

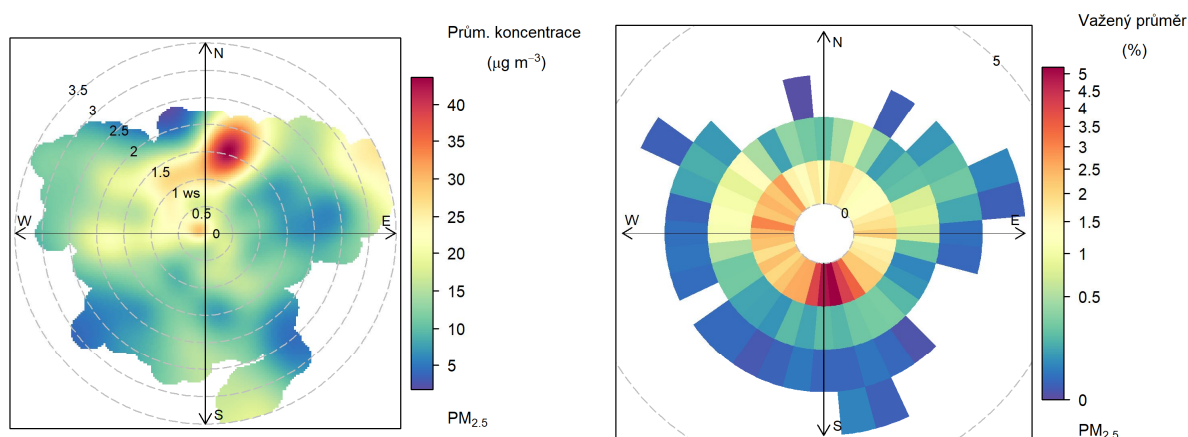
Na Obr. 56 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Rantířov. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především z jižních a východních směrů, vyšší rychlosti větru než 2 m·s<sup>-1</sup> pak byly zaznamenány převážně z východních směrů. Bezvětří panovalo zhruba v 5 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla 0,6 m·s<sup>-1</sup>.



Obr. 56 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Rantířov, rok 2018



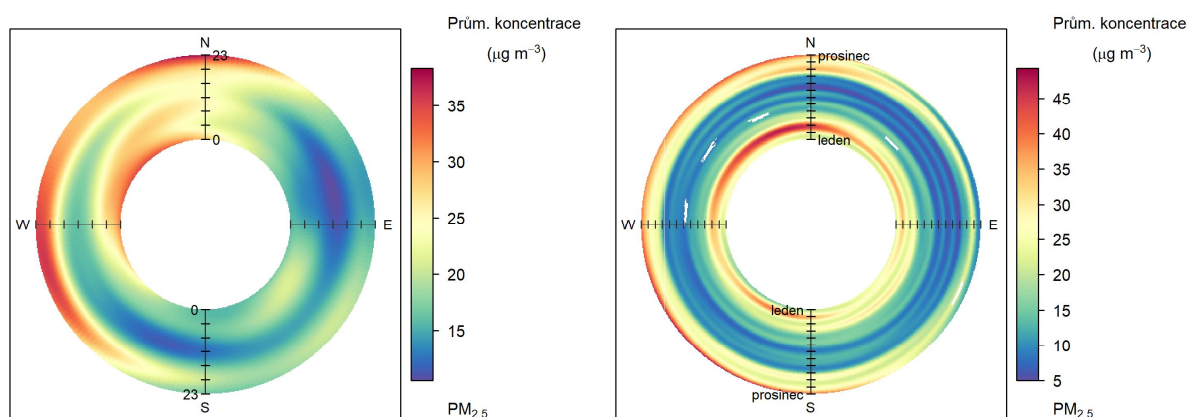
Následující Obr. 57 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro PM<sub>2,5</sub> v lokalitě Rantířov.



Obr. 57 – Koncentrační růžice PM<sub>2,5</sub>, lokalita Rantířov, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při proudění ze severu. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění prašností PM<sub>2,5</sub> přišlo z jižních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji. Na rozdíl od koncentrační růžice pro PM<sub>10</sub> chybí vysoké koncentrace ze severovýchodu, což by potvrdilo teorii o větrné erozi.

Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu Rantířov je tento denní chod vynesena na Obr. 58.



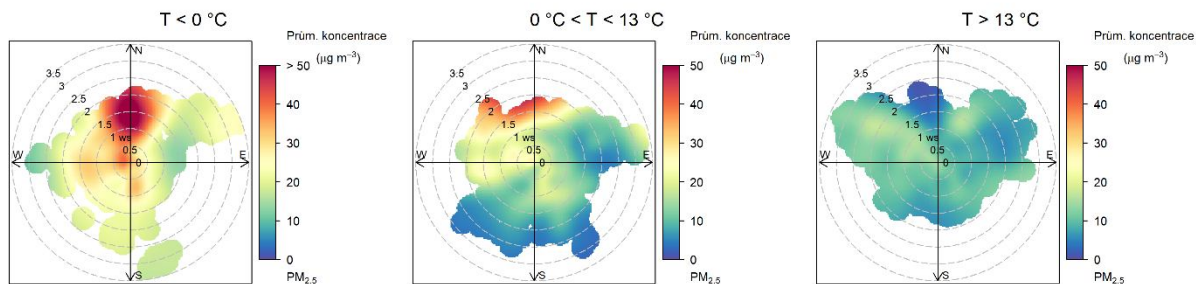
Obr. 58 – Denní a roční chod koncentrací PM<sub>2,5</sub> členěný dle směru větru, lokalita Rantířov, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací PM<sub>2,5</sub> je důležitý zejména východní a severní směr větru. Maxima jsou pak dosahována zejména ve večerních a nočních hodinách. To může souviset se zatápěním lidí v obci po návratu z práce. Navíc jsou v noci



obecně horší rozptylové podmínky. Z hlediska ročního chodu lze pozorovat zvýšené koncentrace pouze v topné sezóně.

Následující Obr. 59 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C, prostřední růžice zobrazuje koncentrace PM<sub>2,5</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.

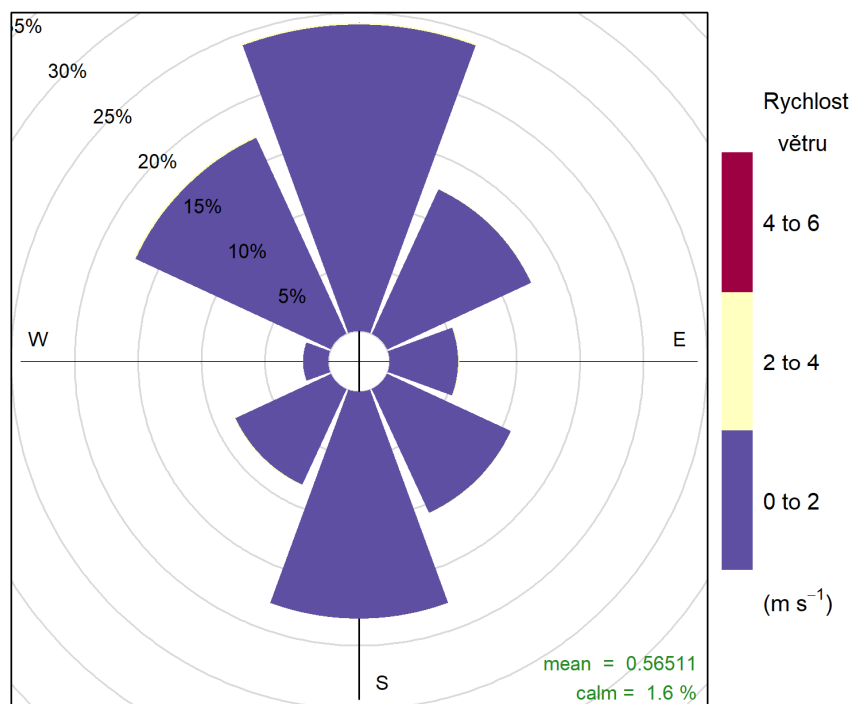


Obr. 59 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita Rantířov, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že při teplotách pod 0 °C jsou měřeny vysoké koncentrace při proudění ze severu, z ostatních směrů jsou pouze zvýšené. Při teplotách nad 0 °C jsou opět měřeny vyšší koncentrace pouze při severním proudění a převážně vyšších rychlostech větru. Při teplotách nad 13 °C jsou měřeny nejsou jako v případě PM<sub>10</sub> měřeny vysoké koncentrace při severozápadním až západním proudění a vyšších rychlostech větru. Tyto vysoké koncentrace u PM<sub>10</sub> mohou souviset také se zemědělskou činností a větrnou erozí, avšak v případě PM<sub>2,5</sub> se téměř nevyskytuje, což by potvrzovalo tuto hypotézu. Koncentrace PM<sub>2,5</sub> při teplotách nad 13 °C jsou pouze velmi nízké.

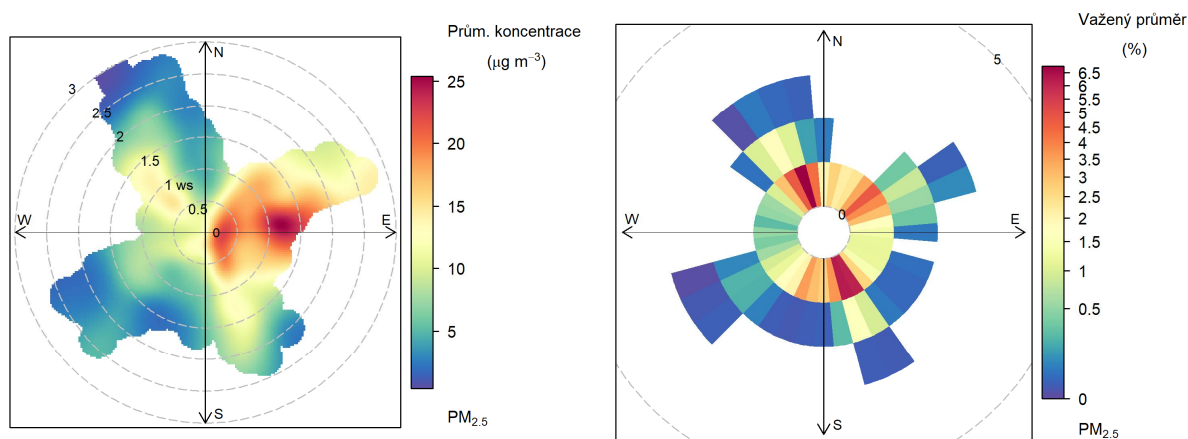
#### 3.2.5.4 Velká Bíteš

Na Obr. 60 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu *Velká Bíteš*. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především ze severních a jižních směrů, vyšší rychlosti větru než 2 m·s<sup>-1</sup> takřka nebyly zaznamenány. Bezvětrí panovalo zhruba v 1,6 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla 0,6 m·s<sup>-1</sup>.



Obr. 60 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Velká Bíteš, rok 2018

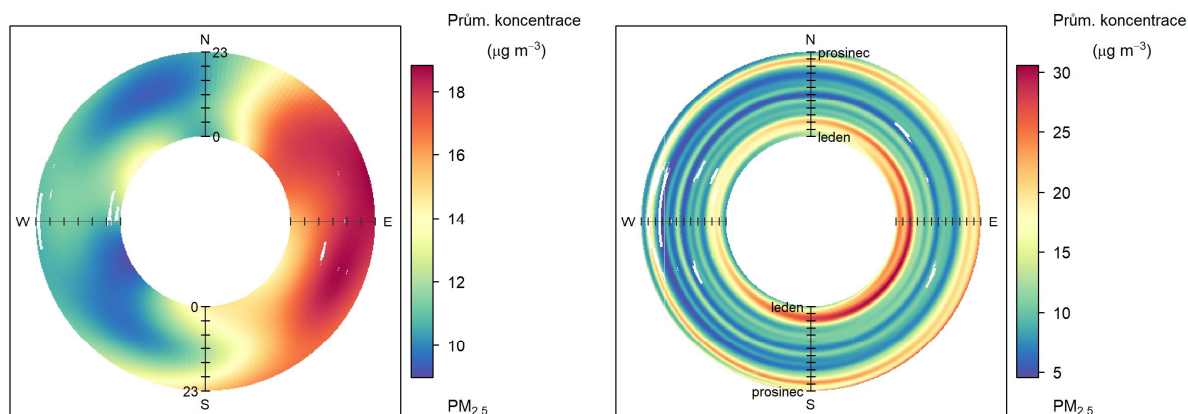
Následující Obr. 61 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro  $PM_{2,5}$  v lokalitě Velká Bíteš.



Obr. 61 – Koncentrační růžice  $PM_{2,5}$ , lokalita Velká Bíteš, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při proudění z východu. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění prašností  $PM_{2,5}$  přišlo ze severních a jižních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

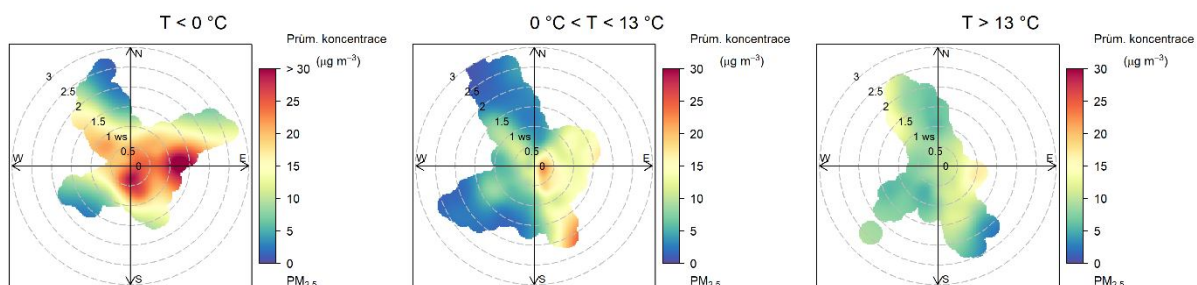
Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu Velká Bíteš je tento denní chod vyneseno na Obr. 62.



Obr. 62 – Denní a roční chod koncentrací PM<sub>2,5</sub> členěný dle směru větru, lokalita Velká Bíteš, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací PM<sub>2,5</sub> je důležitý zejména severovýchodní až jihovýchodní směr větru. Maxima jsou pak dosahována zejména v poledních a odpoledních hodinách. To může souviset s dopravní špičkou při návratu z práce a také se zatápěním lidí v obci po návratu z práce. Z hlediska ročního chodu lze pozorovat zvýšené koncentrace převážně v topné sezóně.

Následující Obr. 63 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C, prostřední růžice zobrazuje koncentrace PM<sub>2,5</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.



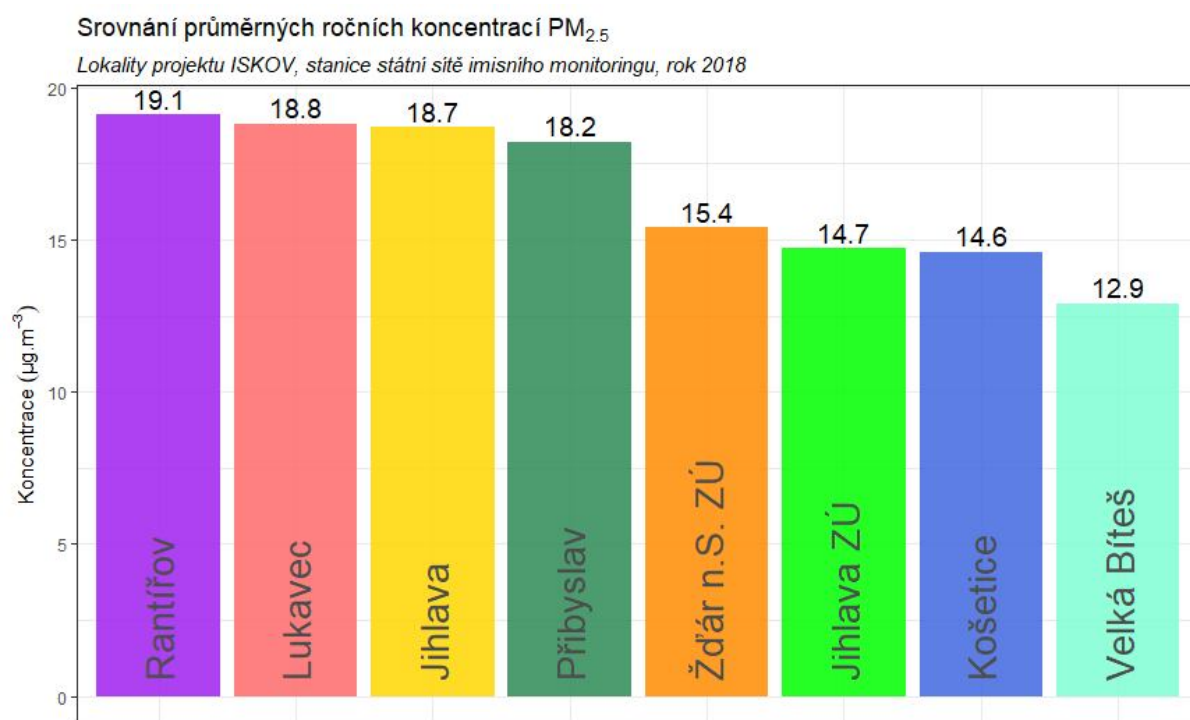
Obr. 63 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita Velká Bíteš, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že při teplotách pod 0 °C jsou měřeny vysoké koncentrace při proudění ze východu, z ostatních směrů jsou pouze zvýšené. Při teplotách nad 0 °C jsou opět měřeny zvýšené koncentrace při jihovýchodním až východním proudění. Při teplotách nad 13 °C jsou měřeny pouze nízké koncentrace PM<sub>2,5</sub>.

### 3.2.6 Srovnání koncentrací PM<sub>2,5</sub> s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

V následujícím grafu na Obr. 64 je zobrazeno srovnání měřicích lokalit projektu ISKOV s lokalitami státní sítě imisního monitoringu (SSIM) Jihlava a Košetice. Graf srovnává průměrné roční koncentrace PM<sub>2,5</sub>.

Nejvyšší hodnotu průměrné roční koncentrace PM<sub>2,5</sub> naměřila lokalita Rantířov, avšak další 3 lokality (Lukavec, Jihlava a Přibyslav) se vlezly do rozdílu pouhého 1  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Lokality Jihlava a Přibyslav opět naměřily velmi podobné koncentrace, podobně jako v případě PM<sub>10</sub>. Lokalita Košetice a lokality ZÚ Jihlava a Žďár nad Sázavou již zaznamenaly výrazněji nižší hodnotu. V případě Košetice tak na rozdíl od koncentrací PM<sub>10</sub> koncentrace PM<sub>2,5</sub> s nedalekou lokalitou Lukavec neměří obdobně. Nejnižší hodnotu průměrné roční koncentrace PM<sub>2,5</sub> zaznamenala opět lokalita Velká Bíteš.



Obr. 64 – Srovnání průměrných ročních koncentrací PM<sub>2,5</sub>, lokality projektu ISKOV a lokality SSIM, rok 2018

### 3.3 OXID DUSIČITÝ A OXIDY DUSÍKU

Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ) rozumí směs oxidu dusnatého ( $\text{NO}$ ) a oxidu dusičitého ( $\text{NO}_2$ ) [9].

Pro oxid dusičitý jsou v příloze 1 zákona o ochraně ovzduší [3] uvedeny dva imisní limity. Pro průměrnou roční koncentraci a pro hodinovou koncentraci, která může být za kalendářní rok 18 x překročena [2]. K překročení ročního imisního limitu  $\text{NO}_2$  dochází v ČR pouze na omezeném počtu stanic, a to na dopravně exponovaných lokalitách aglomerací a velkých měst. Lze předpokládat, že k překročení imisních limitů může docházet i na dalších dopravně exponovaných místech, kde není prováděno měření.

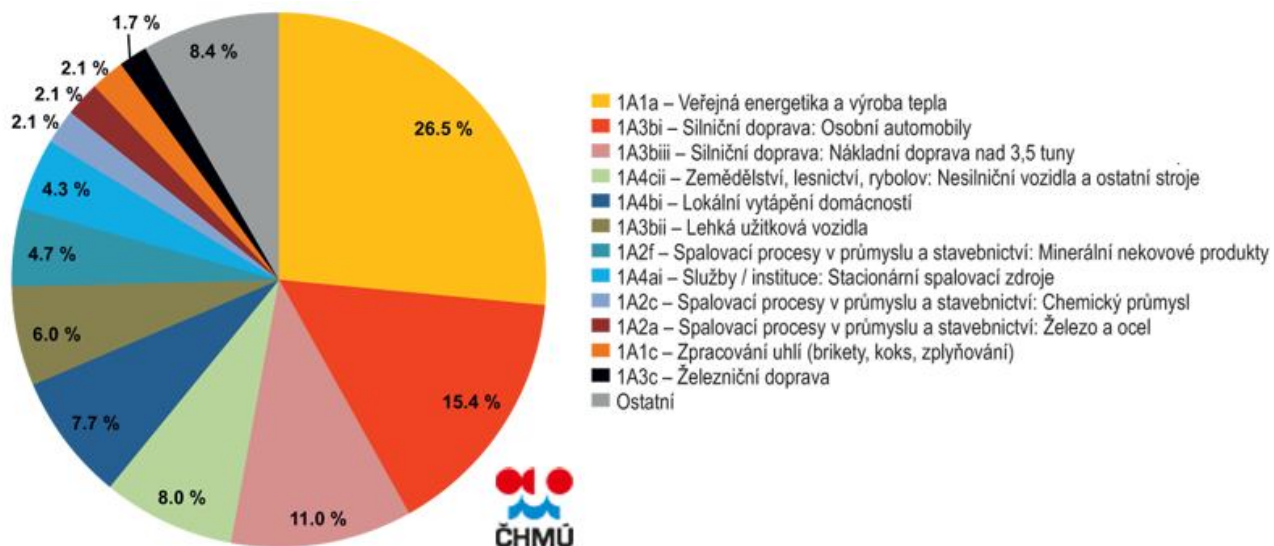
Více než 90 % z celkových oxidů dusíku ve venkovním ovzduší je emitováno ve formě  $\text{NO}$ .  $\text{NO}_2$  vzniká relativně rychle reakcí  $\text{NO}$  s přízemním ozonem nebo s radikály typu  $\text{HO}_2$ , popř.  $\text{RO}_2$  [10]. Řadou chemických reakcí se část  $\text{NO}_x$  přemění na  $\text{HNO}_3/\text{NO}_3^-$ , které jsou z atmosféry odstraňovány suchou a mokrou atmosférickou depozicí. Pozornost je věnována  $\text{NO}_2$  z důvodu jeho negativního vlivu na lidské zdraví. Hraje také klíčovou roli při tvorbě fotochemických oxidantů.

V Evropě vznikají emise  $\text{NO}_x$  převážně z antropogenních spalovacích procesů, kde  $\text{NO}$  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  $\text{NO}_x$  vzniká ze spalování přímo ve formě  $\text{NO}_2$ . Přírodní emise  $\text{NO}_x$  vznikají převážně z půdy, vulkanickou činností a při vzniku blesků. Jsou poměrně významné z globálního pohledu, z pohledu Evropy však představují méně než 10 % celkových emisí [11].

Expozice zvýšeným koncentracím  $\text{NO}_2$  ovlivňuje plicní funkce a způsobuje snížení imunity [12].

Největší množství emisí  $\text{NO}_x$  pochází z dopravy. Sektory 1A3biii – Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 t, 1A3bi – Silniční doprava: Osobní automobily a 1A4cii – Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje se na celorepublikových emisích  $\text{NO}_x$  v roce 2016 podílely 40,4 %. V sektoru 1A1a-Veřejná energetika a výroba tepla bylo do ovzduší vneseno 26,5 % emisí  $\text{NO}_x$  (Obr. 65).





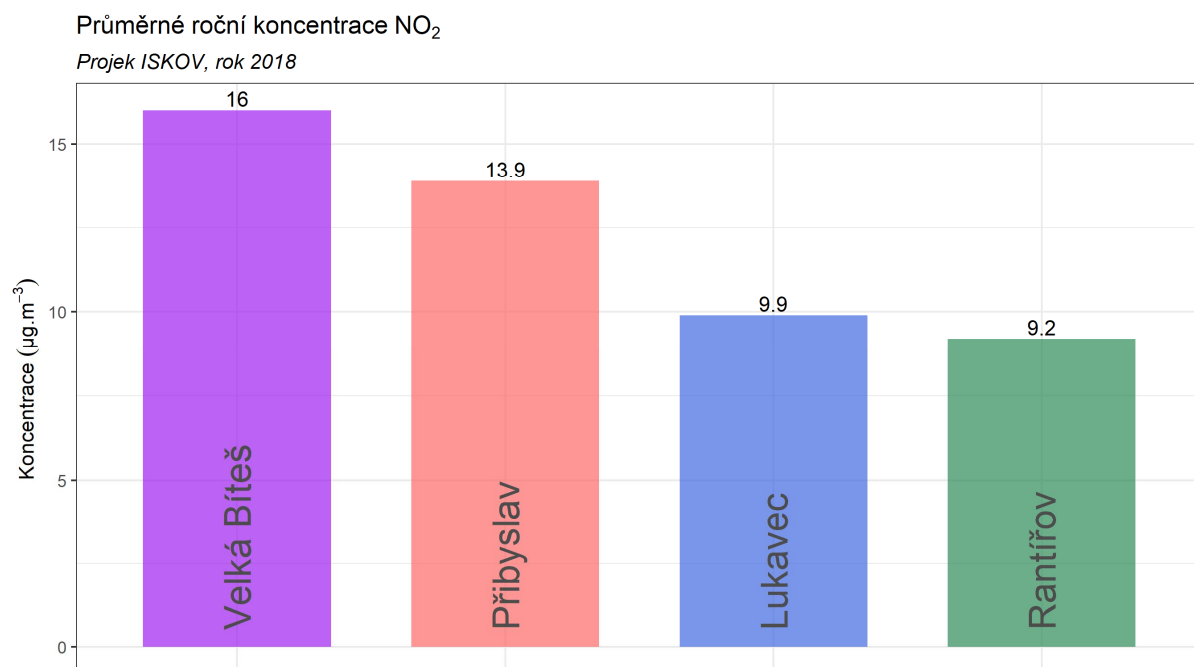
Obr. 65 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích  $\text{NO}_x$  v ČR, rok 2016 [8]

### 3.3.1 Průměrná roční koncentrace

Průměrné roční koncentrace, naměřené v jednotlivých lokalitách, zobrazuje následující Tab. 9, graficky je pak znázorňuje Obr. 66.

Tab. 9 – Průměrná roční koncentrace NO<sub>2</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

LOKALITA	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ KONCENTRACE NO <sub>2</sub> (μg·m <sup>-3</sup> )
VELKÁ BÍTEŠ	16
PŘIBYSLAV	13,9
LUKAVEC	9,9
RANTÍŘOV	9,2



Obr. 66 – Průměrná roční koncentrace NO<sub>2</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

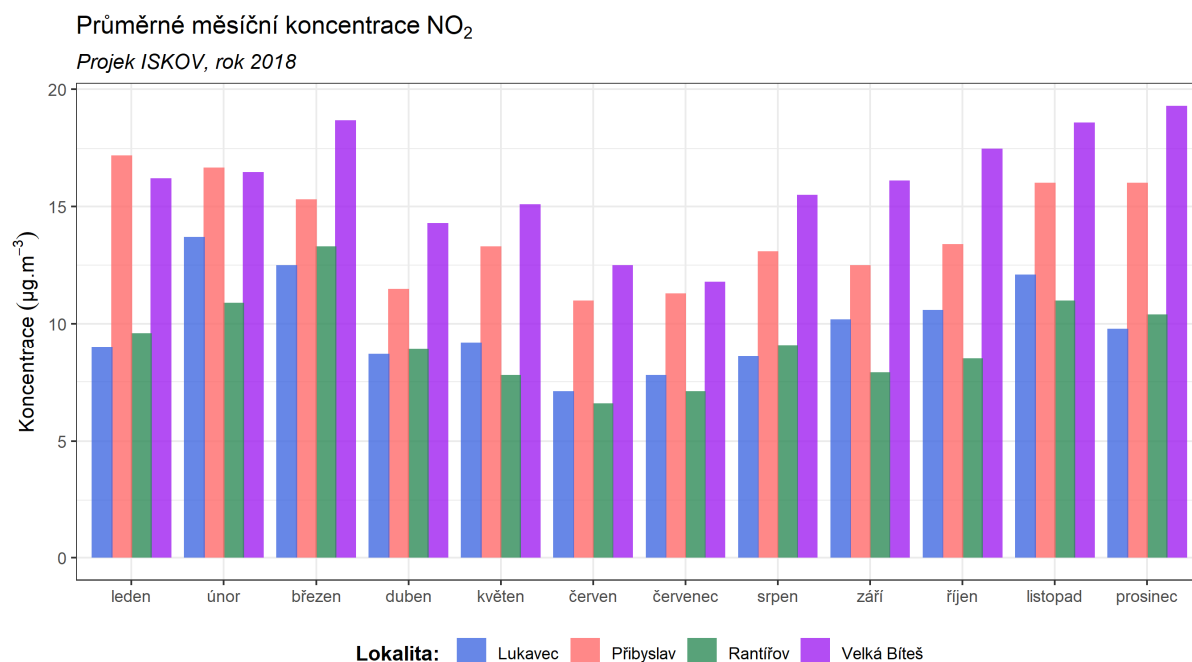
Z uvedeného vyplývá, že nejvyšší průměrná roční koncentrace NO<sub>2</sub> byla naměřena v lokalitě Velká Bíteš, nejnižší pak v lokalitě Rantířov. **Ani na jedné lokalitě nedošlo k překročení imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci NO<sub>2</sub> (40 μg·m<sup>-3</sup>).**

### 3.3.2 Průměrné měsíční koncentrace

Průměrné měsíční koncentrace, naměřené v jednotlivých lokalitách v roce 2018, zobrazuje následující Tab. 10, graficky je pak znázorňuje Obr. 67. Z grafu je dobře patrné, že nejvyšší koncentrace NO<sub>2</sub> byly měřeny na všech lokalitách v únoru, březnu a listopadu. Obecně lze konstatovat, že v topné sezóně jsou koncentrace NO<sub>2</sub> na všech lokalitách výrazně vyšší než v letních měsících. Vliv majoritního zdroje prašnosti, tedy lokálních topenišť, je dobře patrný. Nejvyšší průměrná měsíční koncentrace NO<sub>2</sub> byla naměřena v lokalitě Rantířov a měla hodnotu 34,4 µg·m<sup>-3</sup>.

Tab. 10 – Průměrné měsíční koncentrace NO<sub>2</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

MĚSÍC	LUKAVEC	PŘIBYSLAV	RANTÍŘOV	VELKÁ BÍTEŠ
LEDEN	9	17,2	9,6	16,2
ÚNOR	13,7	16,7	10,9	16,5
BŘEZEN	12,5	15,3	13,3	18,7
DUBEN	8,7	11,5	8,9	14,3
KVĚTEN	9,2	13,3	7,8	15,1
ČERVEN	7,1	11	6,6	12,5
ČERVENEC	7,8	11,3	7,1	11,8
SRPEN	8,6	13,1	9,1	15,5
ZÁŘÍ	10,2	12,5	7,9	16,1
ŘÍJEN	10,6	13,4	8,5	17,5
LISTOPAD	12,1	16	11	18,6
PROSINEC	9,8	16	10,4	19,3

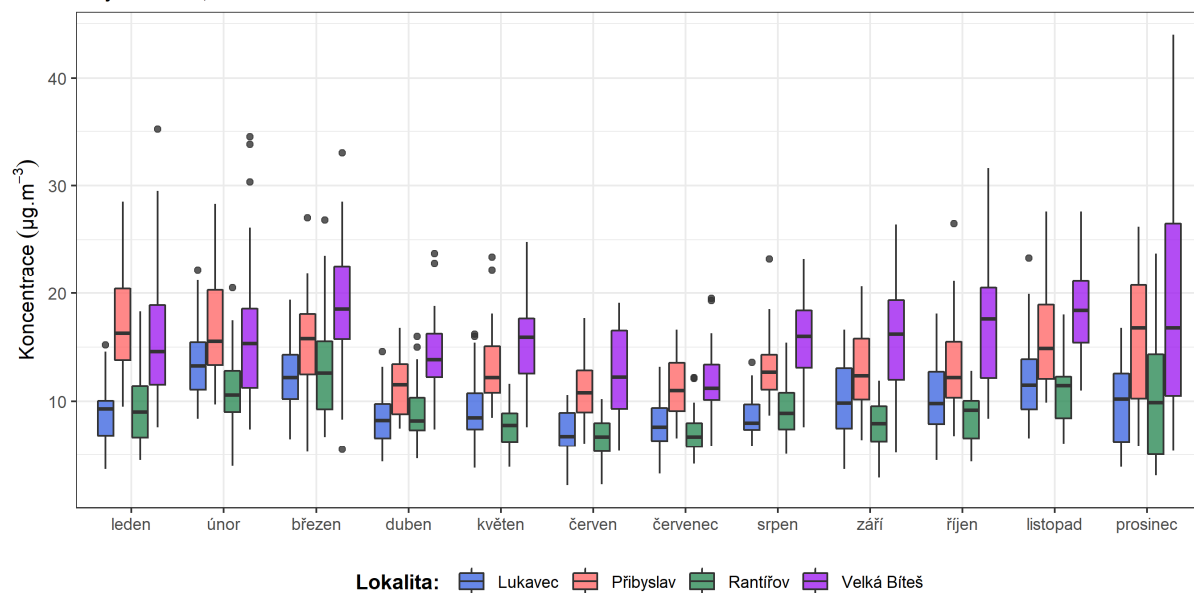


Obr. 67 – Průměrné měsíční koncentrace NO<sub>2</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

Statistické zpracování průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> v jednotlivých měsících a lokalitách uvádí Obr. 68.

Statistické zpracování průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> v jednotlivých měsících

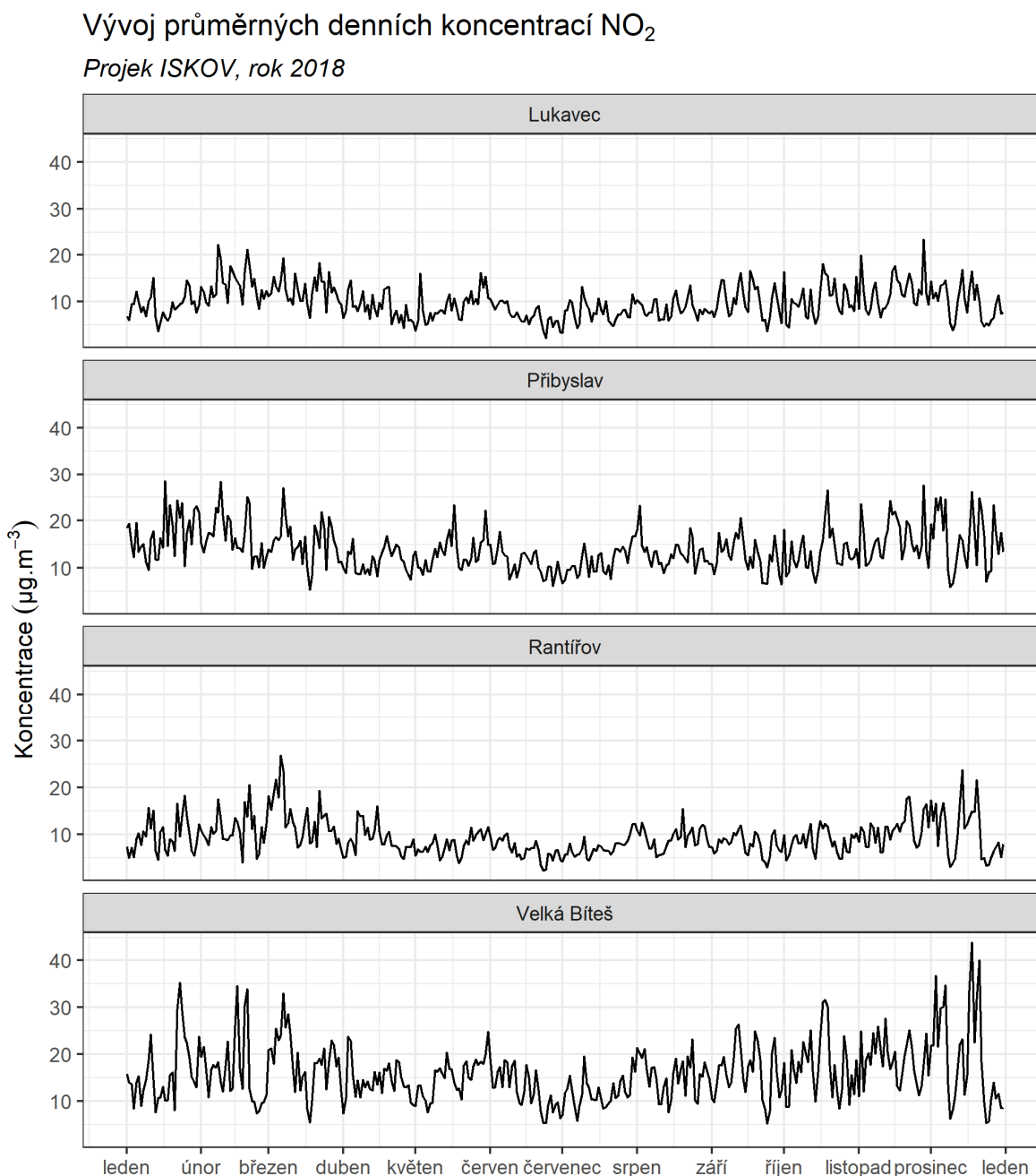
Projekt ISKOV, rok 2018



Obr. 68 – Statistické zpracování průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> v jednotlivých měsících, projekt ISKOV, rok 2018

### 3.3.3 Průměrné denní koncentrace NO<sub>2</sub>

V legislativě není ukotven imisní limit pro průměrné denní koncentrace NO<sub>2</sub>. Vývoj průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> v roce 2018 zobrazuje následující Obr. 69.

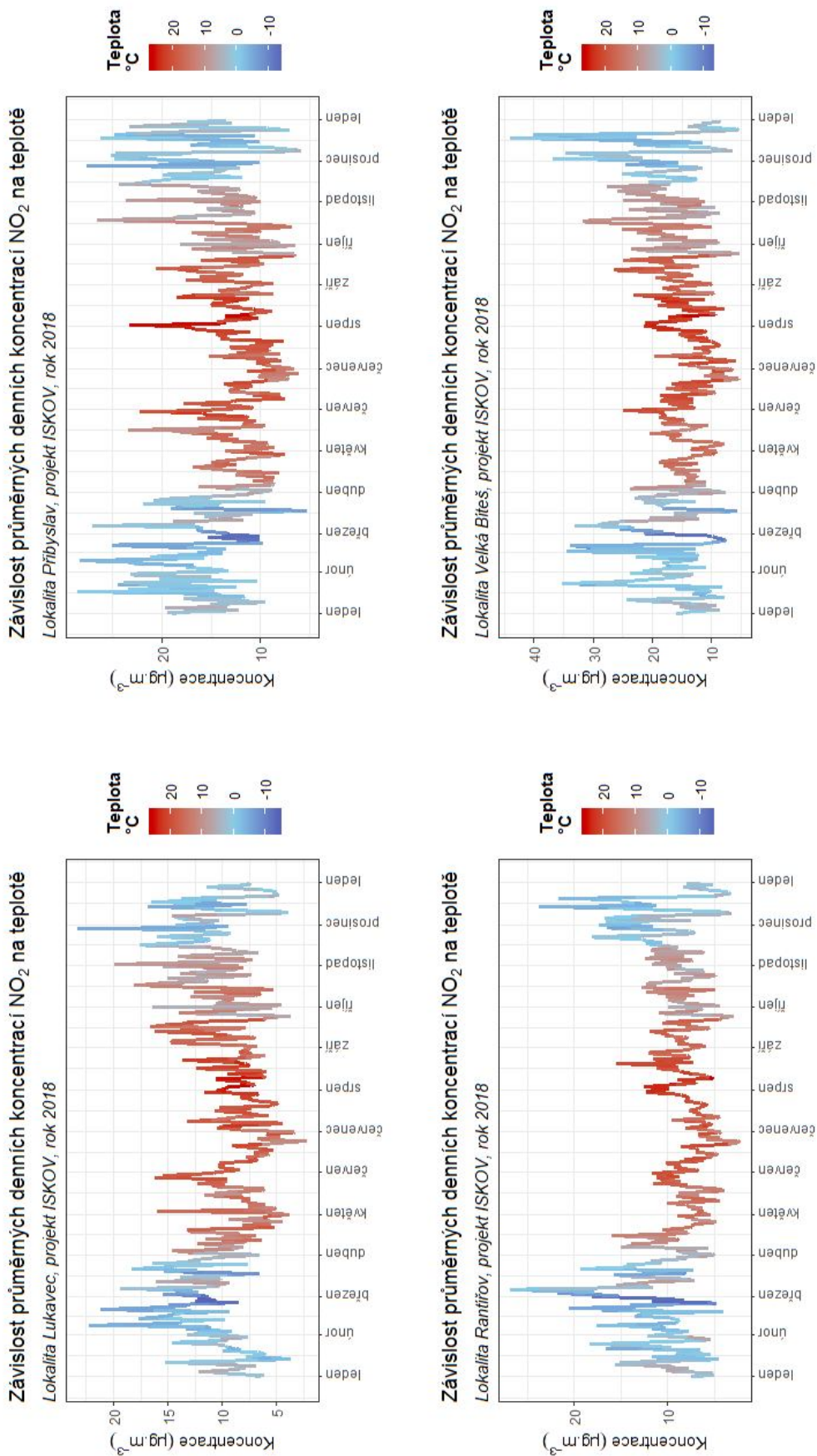


Obr. 69 – Vývoj průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

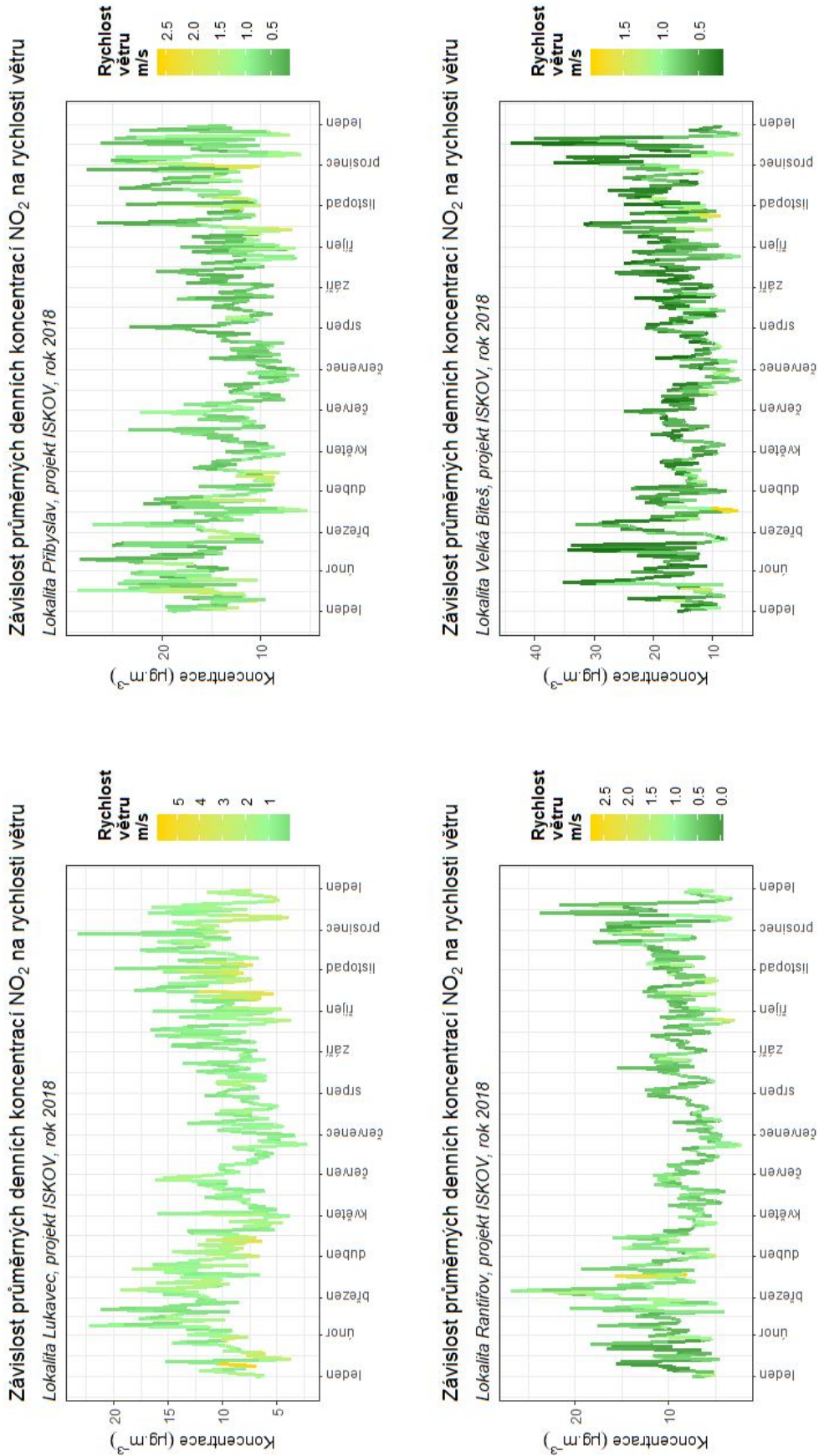
Na následujících Obr. 70 – Obr. 72 je zobrazen vliv sledovaných meteorologických veličin (průměrné denní hodnoty teploty vzduchu, rychlosti větru a relativní vlhkosti vzduchu) na měřené průměrné denní koncentrace NO<sub>2</sub> ve všech lokalitách.

Z grafů je velmi dobře patrné že nejvyšší koncentrace NO<sub>2</sub> jsou měřeny při nejnižších teplotách (nejvyšší potřeba topit), vyšší koncentrace jsou měřeny při nižších rychlostech větru (vlivem bezvětří dochází k horšímu rozptylu znečištění) a vyšších relativních vlhkostech vzduchu.

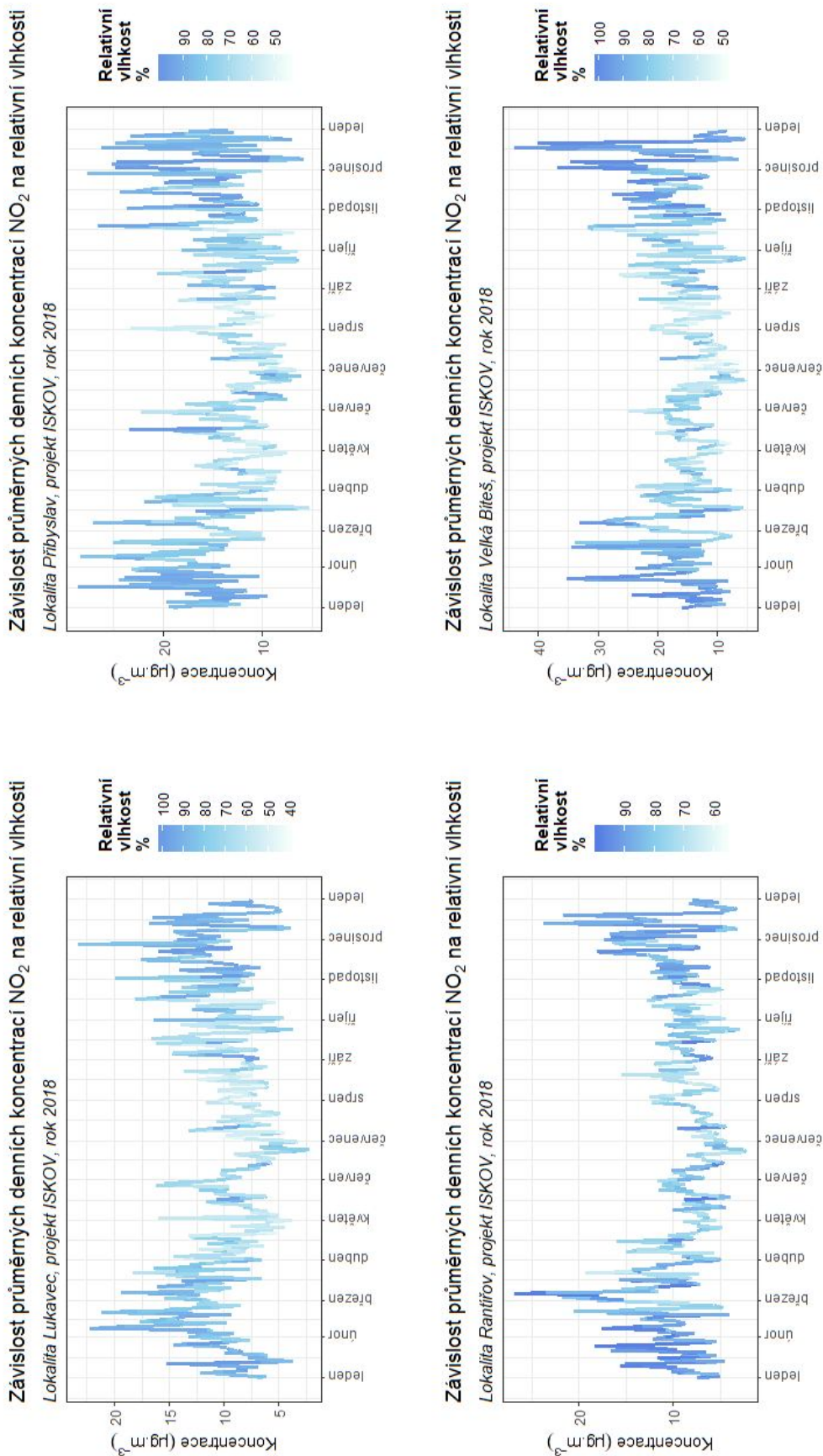




Obr. 70 – Vliv teploty vzduchu na průměrné denní koncentrace NO<sub>2</sub>, projekt ISKOV, rok 2018



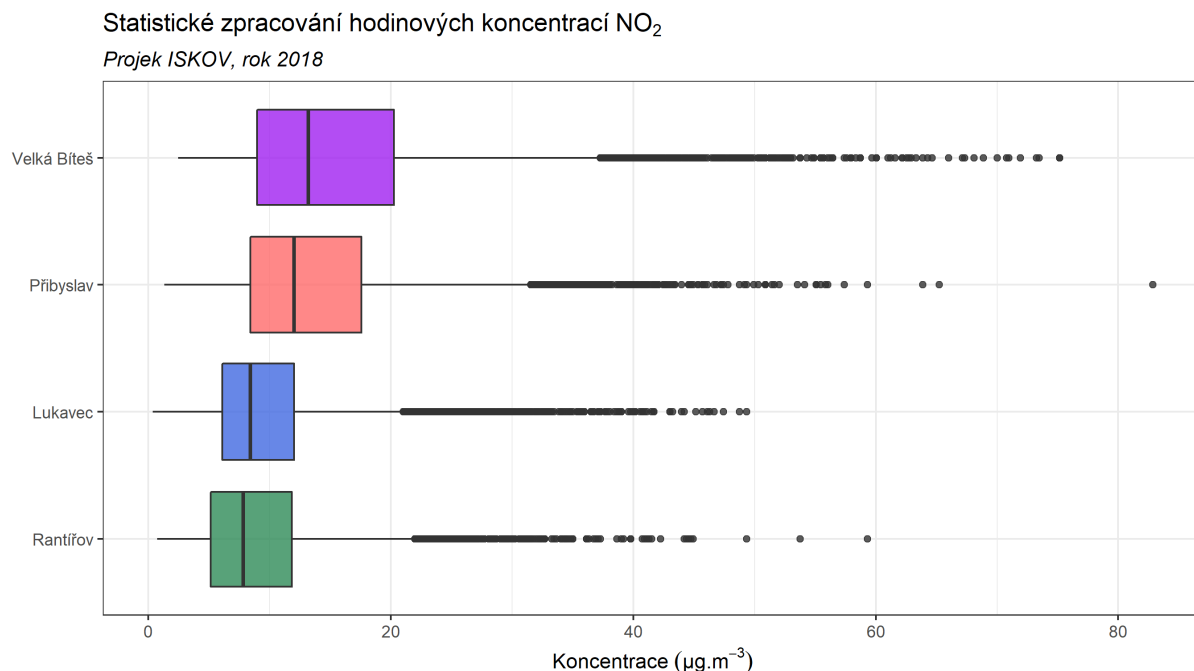
Obr. 71 – Vliv rychlosti větru na průměrné denní koncentrace NO<sub>2</sub>, projekt ISKOV, rok 2018



Obr. 72 – Vliv relativní vlhkosti vzduchu na průměrné denní koncentrace NO<sub>2</sub>, projekt ISKOV, rok 2018

### 3.3.4 Hodinové koncentrace a denní chod

Oxid dusičitý má legislativou stanovený imisní limit pro hodinové koncentrace. Sledována je 19. nejvyšší průměrná hodinová koncentrace za kalendářní rok, která nesmí překročit hodnotu  $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Uvádět samostatně hodinové koncentrace nemá smysl (8760 hodnot za rok), proto je zde pouze statistické zpracování hodinových hodnot pomocí krabicových grafů (Obr. 73), které je pro vyhodnocení dostačující.



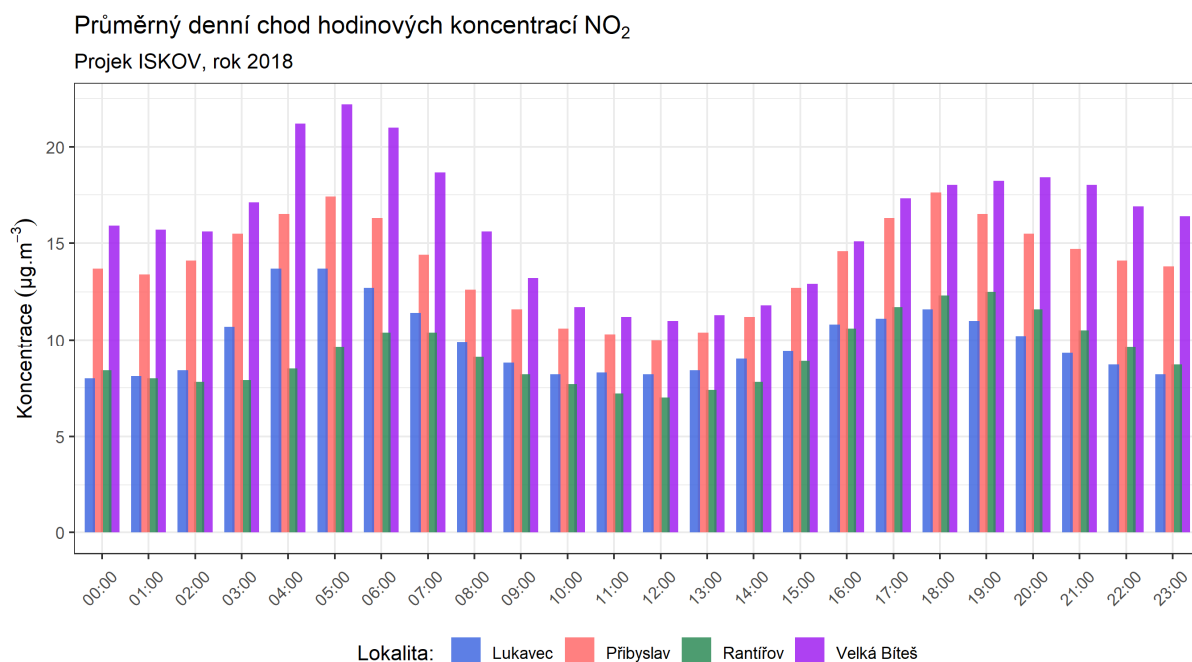
Obr. 73 – Statistické zpracování hodinových koncentrací  $\text{NO}_2$  v jednotlivých měsících, projekt ISKOV, rok 2018

Z grafu je patrné, že mediány koncentrací zhruba sledují trend průměrných hodnot. **Důležité však je, že ani v jedné lokalitě nepřekročila maximální hodnota hodinových koncentrací hodnotu imisního limitu, natož pak 19. nejvyšší hodnota. Maximální naměřené hodnoty nedosáhly ani poloviny hodnoty imisního limitu.**

Ve Velké Bíteši byla naměřena nejvyšší hodnota 20. 2. 2018 v 7:00 a 17. 10. 2018 v 17:00 hodin, kdy koncentrace dosáhly na hodnotu  $75,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Nejvyšší koncentrace v lokalitě Přibyslav byla naměřena 31. 7. 2018 v 18:00 a měla hodnotu  $82,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , nejvyšší koncentrace v lokalitě Lukavec byla naměřena 13. 2. 2018 v 17:00 a měla hodnotu  $49,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  a nejvyšší koncentrace v lokalitě Rantířov byla naměřena 28. 2. 2018 v 22:00 a měla hodnotu  $59,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Z hlediska hodinových koncentrací je velmi zajímavou a užitečnou charakteristikou průměrný denní chod hodinových koncentrací. Ten umožňuje zjistit v kterou část dne jsou zpravidla měřeny nejvyšší koncentrace (Obr. 74).





Obr. 74 – Průměrný denní chod hodinových koncentrací NO<sub>2</sub>, projekt ISKOV, rok 2018. Čas je uváděn v UTC

Z grafu je velmi dobře patrné, že v průběhu dne dochází ke dvěma maximům, výraznější nastává ráno mezi 4. a 6. hodinou UTC, odpolední maximum pak nastává mezi 16. až 18. hodinou UTC. Tato maxima lze spojit jednak s ranní a odpolední dopravní špičkou, ale také s dobou, kdy se zatápí. Tyto dva faktory zřejmě hrají svou roli v nárůstu koncentrací NO<sub>2</sub> na všech lokalitách. Vyšší hodnoty jsou měřeny v dopravou zatíženějších lokalitách. Přes den jsou koncentrace podstatně nižší, část koncentrací oxidů dusíku se mimo jiné spotřebovává na tvorbu přízemního ozónu. V noci koncentrace neklesají tak výrazně jako přes den, což je jednak důsledek nepřítomnosti slunečního záření, nutného pro fotochemické reakce oxidů dusíku v atmosféře, a dále pak také důsledek emisí z vytápění.

### 3.3.5 Růžice – detailní analýza hodinových hodnot

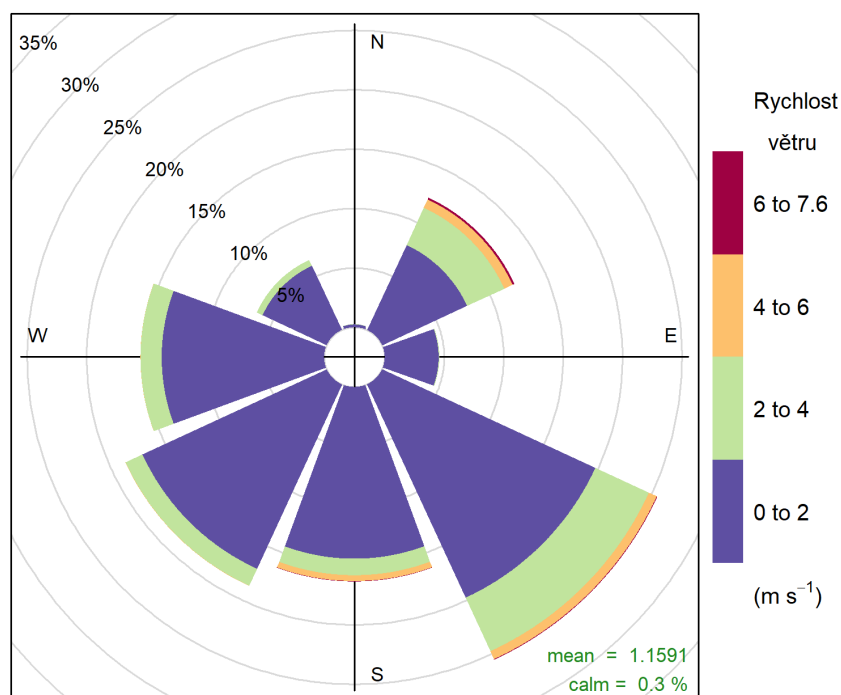
V této podkapitole budou pro všechny lokality připraveny větrné a koncentrační růžice. Větrná růžice bude kromě směrů větru členěna rovněž dle rychlostí větru, které jsou pro koncentrace škodlivin důležité.

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

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

### 3.3.5.1 Lukavec

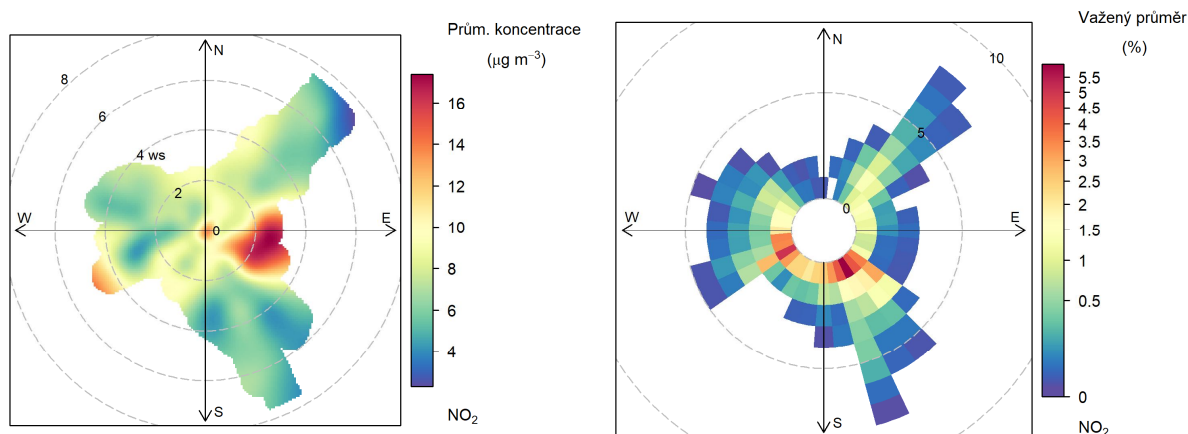
Na Obr. 75 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu *Lukavec*. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především z jihovýchodních, jižních až západních směrů, vyšší rychlosti větru pak byly zaznamenány z jihovýchodních a severovýchodních směrů. Bezvětrí panovalo zhruba v 0,3 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla  $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .



Obr. 75 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Lukavec, rok 2018

Následující Obr. 76 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro  $\text{NO}_2$  v lokalitě *Lukavec*.

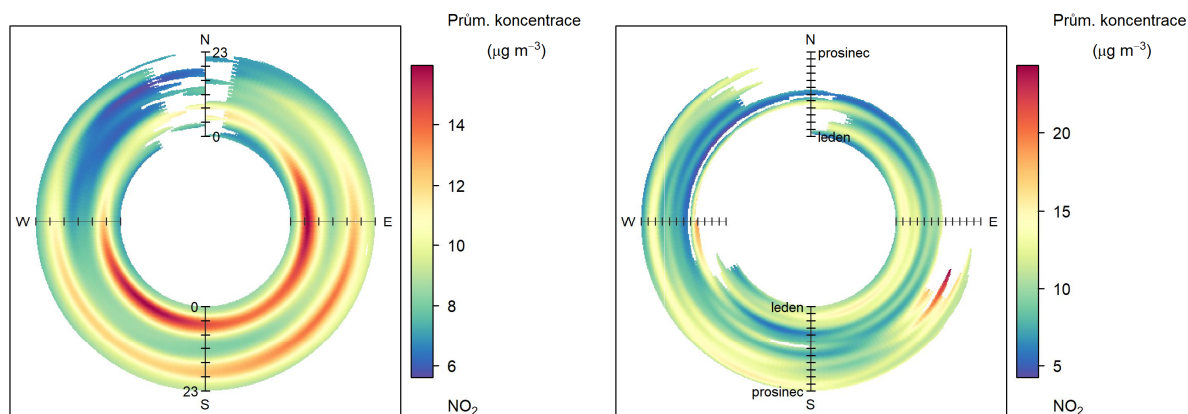




Obr. 76 – Koncentrační růžice NO<sub>2</sub>, lokalita Lukavec, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při proudění z východu. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění NO<sub>2</sub> přišlo z jihovýchodních směrů a dalších jihozápadních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu Lukavec je tento denní chod vynesena na Obr. 77.

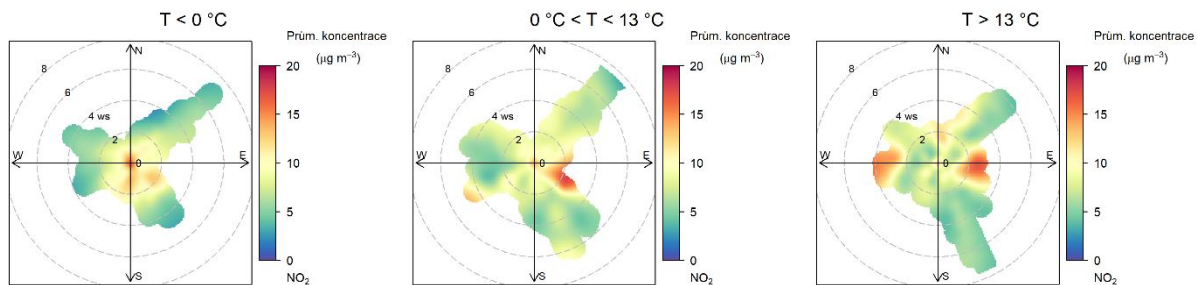


Obr. 77 – Denní a roční chod koncentrací NO<sub>2</sub> členěný dle směru větru, lokalita Lukavec, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací NO<sub>2</sub> je důležitá ranní a odpolední špička zejména z jihozápadního a východního směr větru. Maxima jsou pak dosahována zejména v ranních hodinách. Z hlediska ročního chodu lze pozorovat zvýšené koncentrace převážně v topné sezóně.

Následující Obr. 78 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C,

prostřední růžice zobrazuje koncentrace NO<sub>2</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.

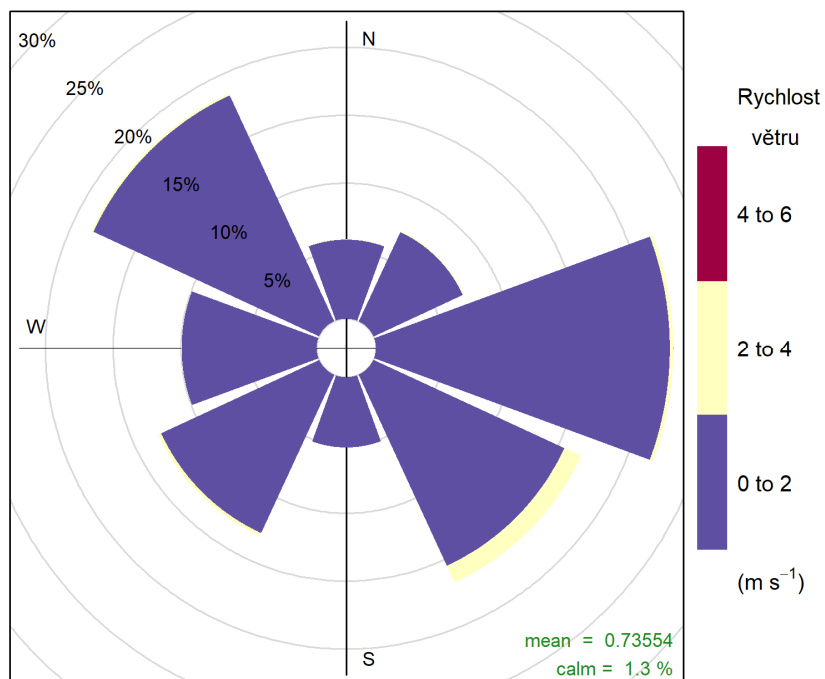


Obr. 78 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita Lukavec, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že vysoké koncentrace jsou při teplotách nižších, než je bod mrazu, měřeny při nízkých rychlostech větru až bezvětří. Při vyšších teplotách jo měřeny z východních a západních směrů při vyšších rychlostech větru.

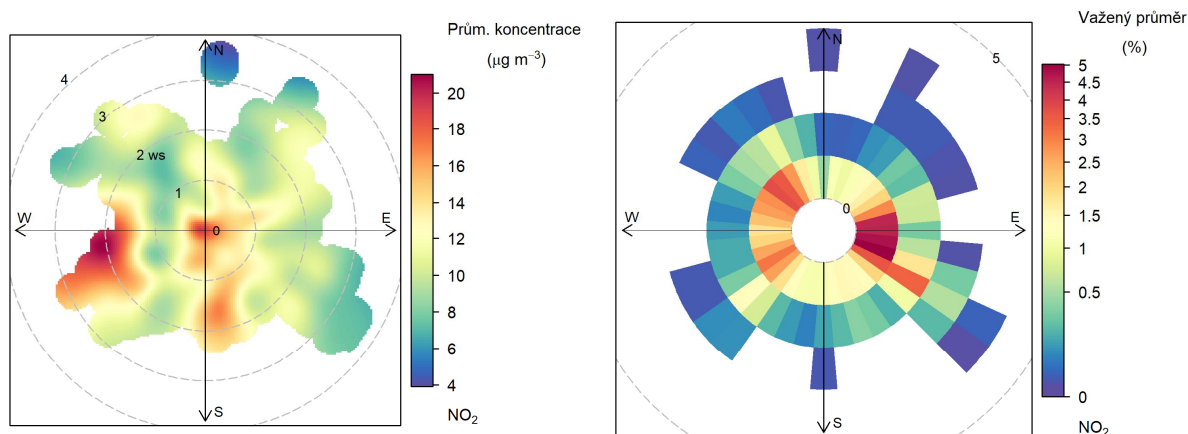
### 3.3.5.2 Přebyslav

Na Obr. 79 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Přebyslav. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především z východních, jihovýchodních, a severozápadních směrů, vyšší rychlosti větru než 2 m·s<sup>-1</sup> pak byly zaznamenány pouze z jihovýchodních a východních směrů. Bezvětří panovalo zhruba v 1,3 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla 0,7 m·s<sup>-1</sup>.



Obr. 79 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Přebyslav, rok 2018

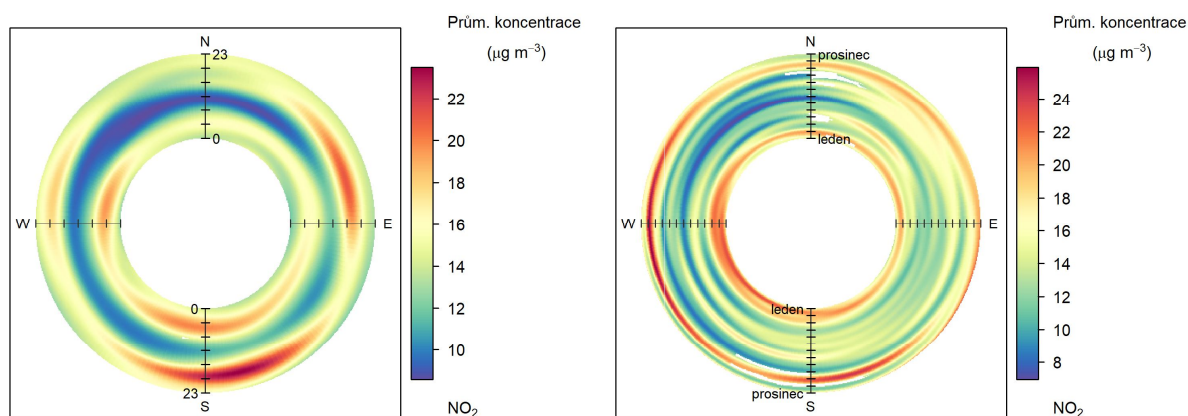
Následující Obr. 80 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro NO<sub>2</sub> v lokalitě Přebyslav.



Obr. 80 – Koncentrační růžice NO<sub>2</sub>, lokalita Příbyslav, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při proudění ze západu a při bezvětří. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění NO<sub>2</sub> přišlo z východních a jihovýchodních směrů a částečně také ze severozápadních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

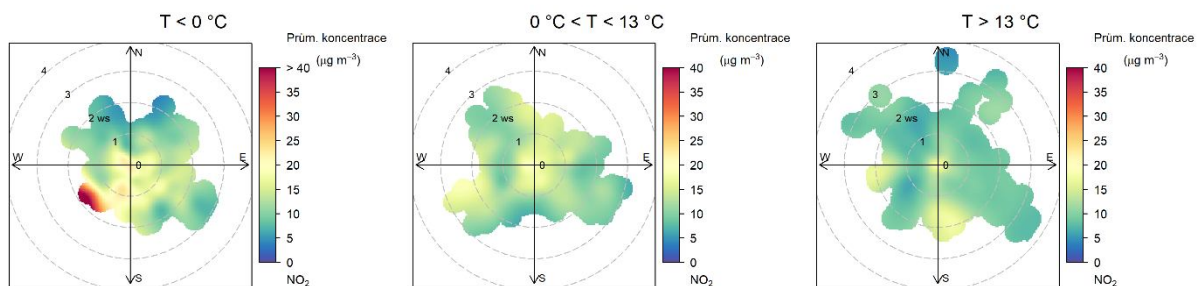
Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu Příbyslav je tento denní chod vynesena na Obr. 81.



Obr. 81 – Denní a roční chod koncentrací NO<sub>2</sub> členěný dle směru větru, lokalita Příbyslav, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací NO<sub>2</sub> je důležitý zejména jihovýchodní až jižní směr větru. Maxima jsou pak dosahována zejména ve večerních hodinách. To může souviset se zatápěním lidí v obci po návratu z práce. Navíc jsou v noci obecně horší rozptylové podmínky. Z hlediska ročního chodu lze pozorovat zvýšené koncentrace pouze v topné sezóně.

Následující Obr. 82 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C, prostřední růžice zobrazuje koncentrace NO<sub>2</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.

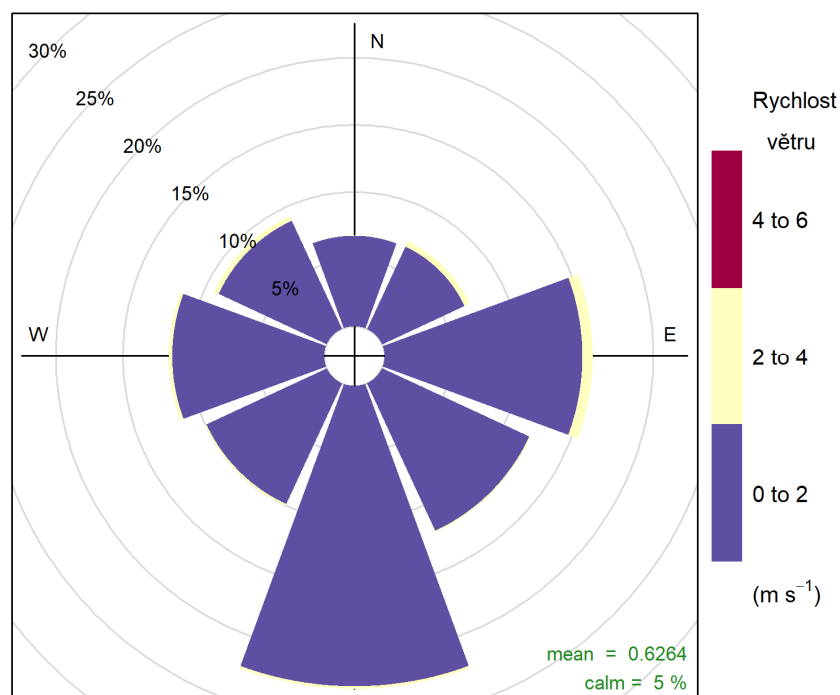


Obr. 82 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita Přibyslav, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že vysoké koncentrace jsou takřka výhradně měřeny při teplotách nižších, než je bod mrazu z jihozápadních směrů. Při bezvětrí jsou koncentrace zvýšené. Při teplotách nad 0 °C jsou ještě měřeny mírně vyšší koncentrace, při teplotách nad 13 °C jsou koncentrace jen velmi nízké.

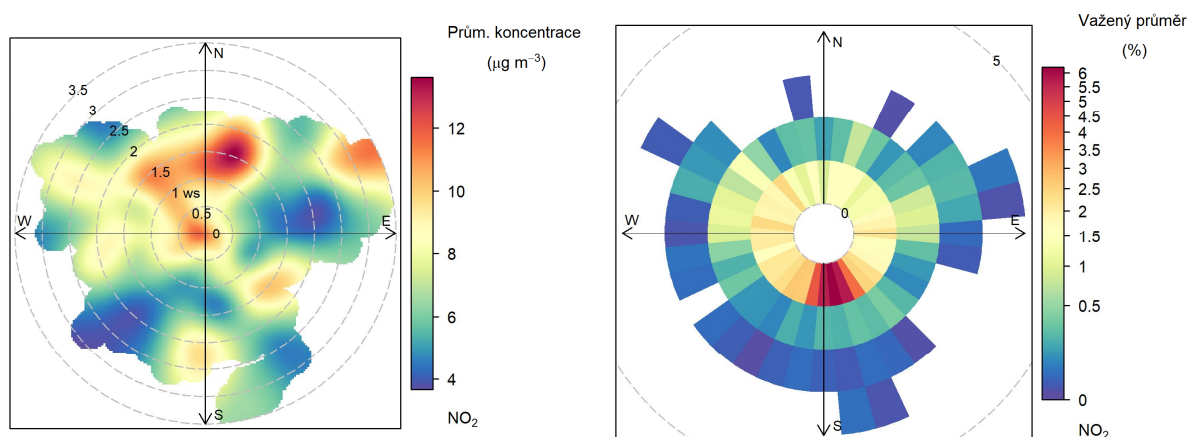
### 3.3.5.3 Rantířov

Na Obr. 83 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Rantířov. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především z jižních a východních směrů, vyšší rychlosti větru než 2 m·s<sup>-1</sup> pak byly zaznamenány převážně z východních směrů. Bezvětrí panovalo zhruba v 5 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla 0,6 m·s<sup>-1</sup>.



Obr. 83 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Rantířov, rok 2018

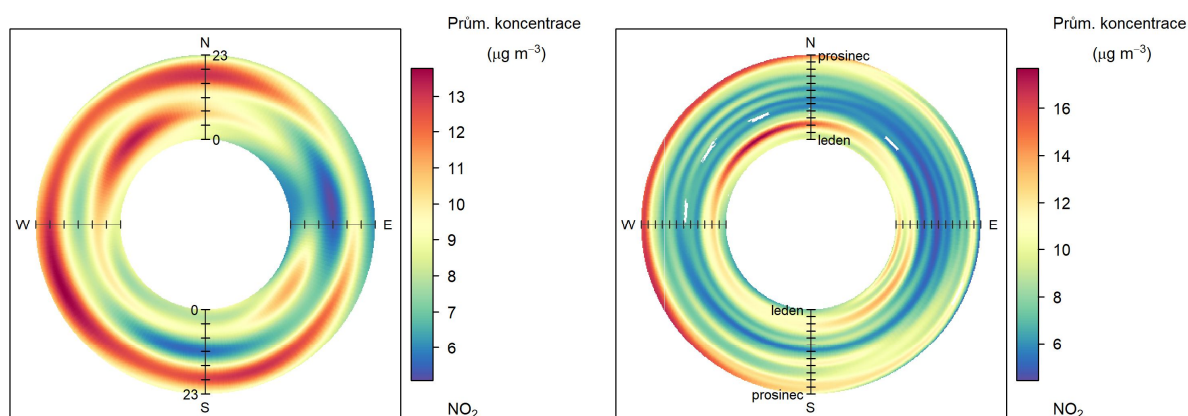
Následující Obr. 84 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro NO<sub>2</sub> v lokalitě Rantířov.



Obr. 84 – Koncentrační růžice NO<sub>2</sub>, lokalita Rantířov, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při proudění ze severu. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění NO<sub>2</sub> přišlo z jižních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu Rantířov je tento denní chod vynesena na Obr. 85.

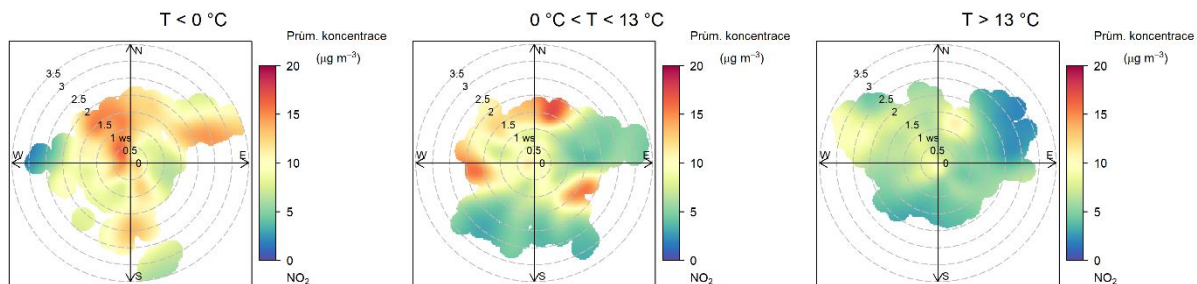


Obr. 85 – Denní a roční chod koncentrací NO<sub>2</sub> členěný dle směru větru, lokalita Rantířov, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací NO<sub>2</sub> jsou důležité zejména večerní hodiny, a to téměř ze všech směrů, s výjimkou východního. To může souviset se zatápěním lidí v obci po návratu z práce. Navíc jsou v noci obecně horší rozptylové podmínky. Z hlediska ročního chodu lze pozorovat zvýšené koncentrace pouze v topné sezóně.



Následující Obr. 86 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C, prostřední růžice zobrazuje koncentrace NO<sub>2</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.

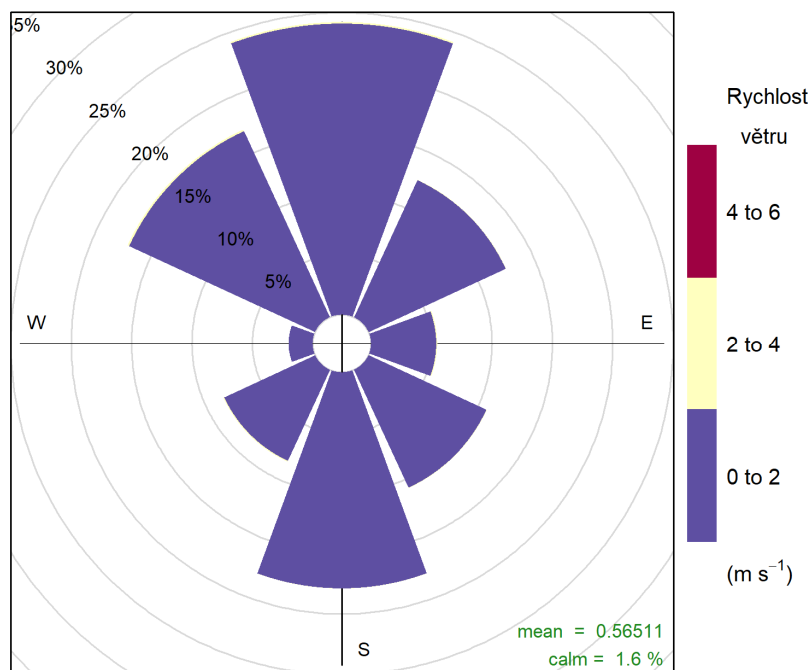


Obr. 86 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita Rantířov, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že při teplotách pod 0 °C jsou měřeny zvýšené koncentrace při proudění ze severu, z ostatních směrů jsou pouze zvýšené. Při teplotách nad 0 °C jsou opět měřeny vyšší koncentrace pouze při severním proudění a převážně vyšších rychlostech větru. Při teplotách nad 13 °C jsou měřeny pouze velmi nízké koncentrace NO<sub>2</sub>.

### 3.3.5.4 Velká Bíteš

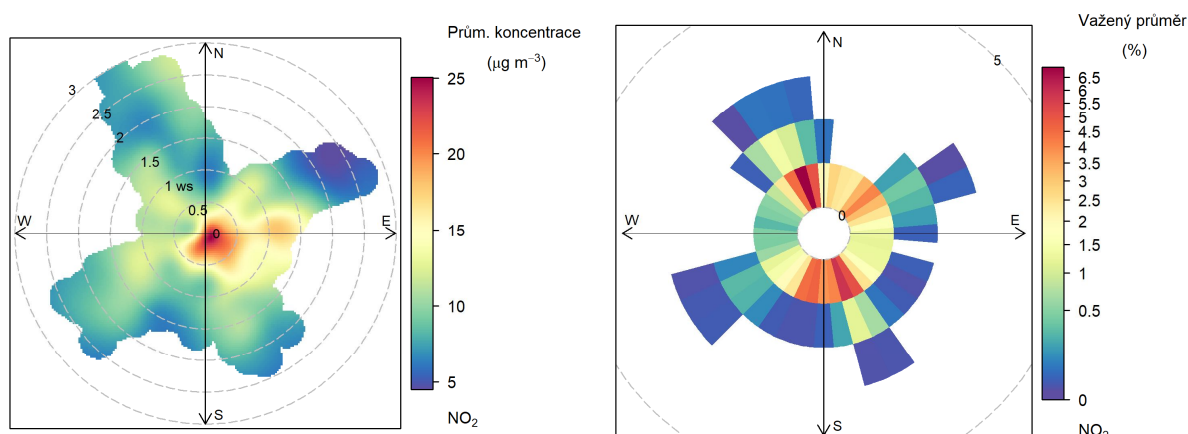
Na Obr. 87 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Velká Bíteš. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především ze severních a jižních směrů, vyšší rychlosti větru než 2 m·s<sup>-1</sup> takřka nebyly zaznamenány. Bezvětří panovalo zhruba v 1,6 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla 0,6 m·s<sup>-1</sup>.



Obr. 87 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Velká Bíteš, rok 2018



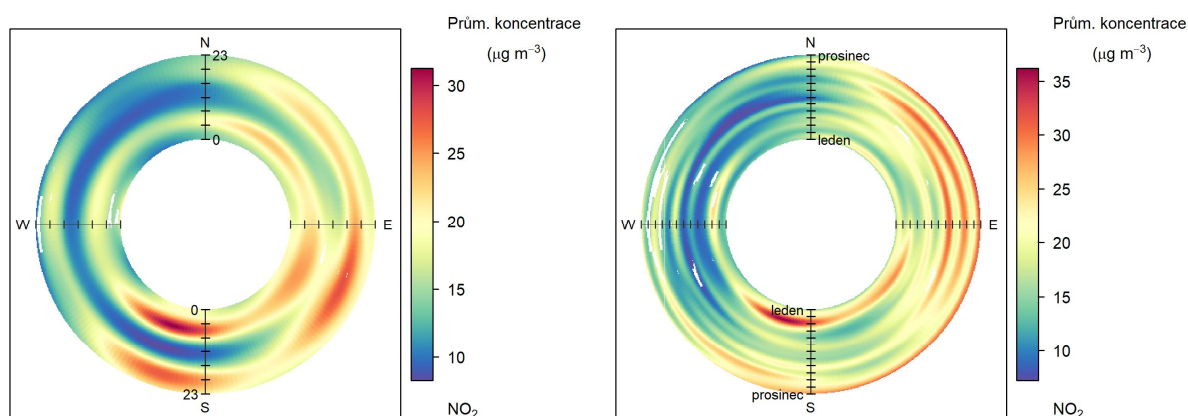
Následující Obr. 88 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro NO<sub>2</sub> v lokalitě Velká Bíteš.



Obr. 88 – Koncentrační růžice NO<sub>2</sub>, lokalita Velká Bíteš, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při velmi nízkých rychlostech větru až bezvětří. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění NO<sub>2</sub> přišlo ze severních a jižních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu Velká Bíteš je tento denní chod vynesena na Obr. 89.

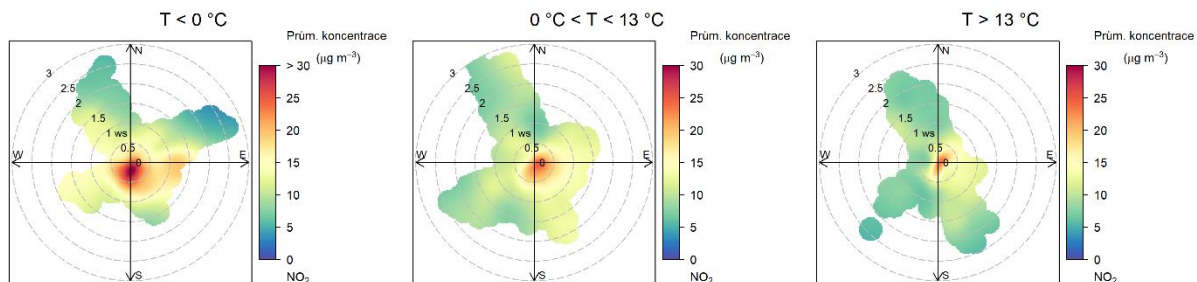


Obr. 89 – Denní a roční chod koncentrací NO<sub>2</sub> členěný dle směru větru, lokalita Velká Bíteš, rok 2018

Z obrázku je patrné, že z hlediska vysokých koncentrací NO<sub>2</sub> je důležitý zejména východní až jižní směr větru. Maxima jsou pak dosahována zejména v brzkých ranních a večerních hodinách. To může souviset s dopravní špičkou při návratu z práce a také se zatápěním lidí v obci po návratu z práce. Z hlediska ročního chodu lze pozorovat zvýšené koncentrace

převážně v topné sezóně (jižní směry pouze v topné sezóně), ale nejen v ní, což může souviset se zatížením dopravou.

Následující Obr. 90 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C, prostřední růžice zobrazuje koncentrace NO<sub>2</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.



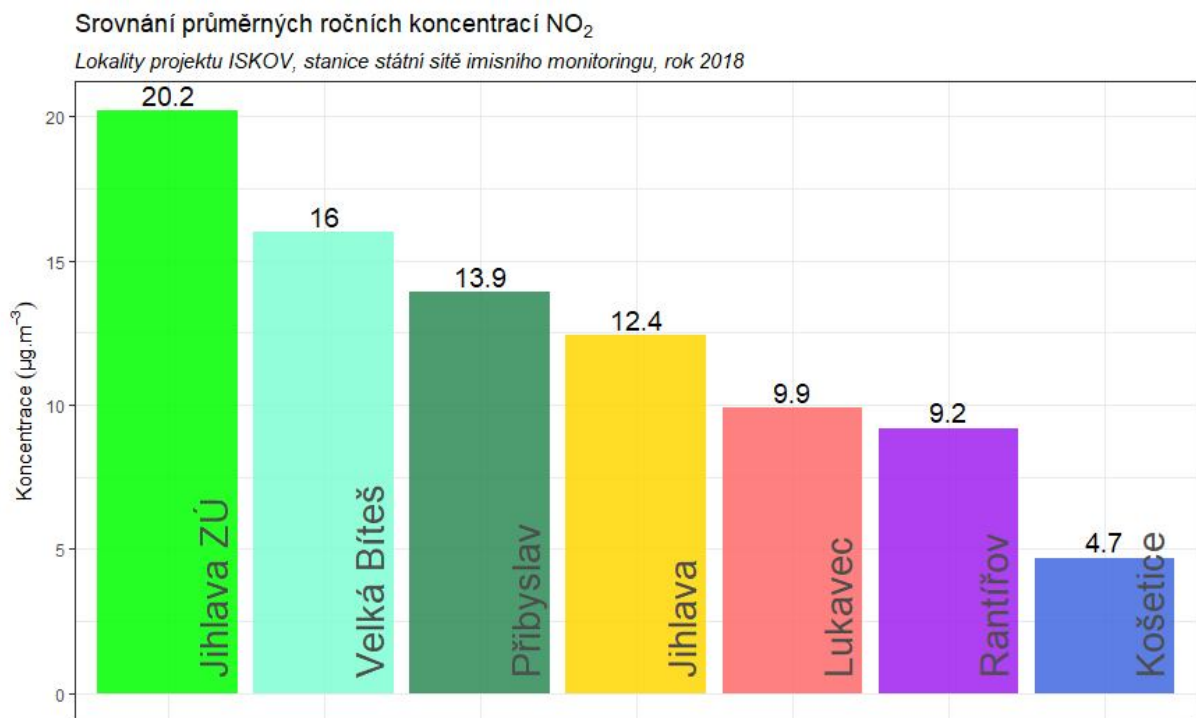
Obr. 90 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita Velká Bíteš, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že při teplotách pod 0 °C jsou měřeny vysoké koncentrace při bezvětří a při proudění ze jižních směrů. Při teplotách nad 0 °C jsou opět měřeny zvýšené koncentrace pouze při bezvětří.

### 3.3.6 Srovnání koncentrací NO<sub>2</sub> s lokalitami státní sítě imisního monitoringu

V následujícím grafu na Obr. 91 je zobrazeno srovnání měřicích lokalit projektu ISKOV s lokalitami státní sítě imisního monitoringu (SSIM) Jihlava a Košetice. Graf srovnává průměrné roční koncentrace NO<sub>2</sub>.

V případě koncentrací NO<sub>2</sub> naměřila suverénně nejvyšší roční průměrnou hodnotu lokalita Jihlava ZÚ, kterou s odstupem cca 4 µg·m<sup>-3</sup> následovala lokalita Velká Bíteš. Obě tyto lokality vykazovaly v případě suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> nízké hodnoty, lokalita Velká Bíteš dokonce nejnižší. Následují lokality Přibyslav a Jihlava opět s podobným zatížením. Nejnižší hodnoty průměrné roční koncentrace NO<sub>2</sub> byly naměřeny v lokalitě Košetice.



Obr. 91 – Srovnání průměrných ročních koncentrací NO<sub>2</sub>, lokality projektu ISKOV a lokality SSIM, rok 2018

### 3.4 PŘÍZEMNÍ OZÓN

Přízemní ozón  $O_3$  nemá v atmosféře vlastní významný zdroj. Jedná se o tzv. sekundární látku vznikající v celé řadě velmi komplikovaných nelineárních fotochemických reakcí [13]. Prekurzory  $O_3$  jsou oxidy dusíku ( $NO_x$ ) a nemetanické těkavé organické látky (NMVOC), v globálním měřítku hrají roli i metan ( $CH_4$ ) a oxid uhelnatý ( $CO$ ). Důležitou reakcí je fotolýza  $NO_2$  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  $O_3$ . Současně probíhá titrace  $O_3$  oxidem dusnatým za vzniku  $NO_2$  a  $O_2$ . Pokud je při této reakci  $O_3$  nahrazen radikály, jeho koncentrace v atmosféře rostou. Důležitou úlohu při těchto reakcích hraje zejména radikál  $OH$ .

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

Při vzniku  $O_3$  z prekurzorů nezáleží pouze na absolutním množství prekurzorů, ale i na jejich vzájemném poměru [14]. V oblastech, kde je režim limitovaný  $NO_x$ , charakterizovaný relativně nízkými koncentracemi  $NO_x$  a vysokými koncentracemi VOC, narůstají koncentrace  $O_3$  s rostoucími koncentracemi  $NO_x$ , zatímco se vzrůstajícími koncentracemi VOC se mění jen málo. Naopak v oblastech s režimem limitovaným VOC dochází k poklesu koncentrací  $O_3$  s rostoucími koncentracemi  $NO_x$  a nárůstu koncentrací  $O_3$  s rostoucími koncentracemi VOC. Oblasti s vysokým poměrem  $NO_x/VOC$  jsou typicky znečištěné oblasti okolo center velkých měst. Závislost vzniku  $O_3$  na počátečních koncentracích VOC a  $NO_x$  se často vyjadřují na diagramech ozonových isopleť. Jedná se o zobrazení maximální dosažené koncentrace ozonu jako funkce počáteční koncentrace  $NO_x$  a VOC. Významnou roli při vzniku  $O_3$  hrají nejen koncentrace prekurzorů, ale i meteorologické podmínky [15]. Imisní koncentrace  $O_3$  rostou s rostoucím ultrafialovým zářením a teplotou, naopak klesají s rostoucí relativní vlhkostí vzduchu. Vysoké koncentrace bývají spojeny s déletrvající anticyklonální situací. Kromě výše popsaného fotochemického mechanismu se koncentrace  $O_3$  mohou zvyšovat i epizodicky v důsledku průniku stratosférického  $O_3$  do troposféry a též při bouřkách. V poslední době se též zvyšuje význam dálkového přenosu  $O_3$  v rámci proudění na severní polokouli do Evropy a Severní Ameriky ze zdrojových oblastí jihovýchodní Asie.  $O_3$  je z atmosféry odstraňován reakcí s  $NO$  a suchou depozicí.

### 3.5 8HODINOVÉ KLOUZAVÉ PRŮMĚRY $O_3$

Z hlediska ochrany kvality ovzduší stanovuje příloha 1, bod 4 zákona o ochraně ovzduší [2] imisní limit pro troposférický ozón. pro ochranu zdraví lidí platí imisní limit pro maximální denní 8hodinový klouzavý průměr  $O_3$ . Hodnota imisního limitu je  $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , tato hodnota může být 25x za kalendářní rok překročena. **Plnění imisního limitu se vyhodnocuje na základě průměru za 3 kalendářní roky.**

Jelikož se ve všech lokalitách měří pouze jeden rok, uvádí následující Tab. 11 v sestupném pořadí 26 nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů koncentrací O<sub>3</sub> za den v roce 2016. Z tabulky vyplývá, že Lokalita Lukavec značně překročila imisní limit 120 µg·m<sup>-3</sup>, ostatní lokality tak vysokých hodnot nedosahovaly a imisní limit dodržely. Srovnání 26. nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů koncentrací O<sub>3</sub> za den přehledně zobrazuje Obr. 92, a to včetně stanic státní sítě imisního monitoringu. Je z něj patrné, že ani lokality Jihlava či Košetice nenaměřily tak vysoké hodnoty jako Lukavec, avšak proti ostatním lokalitám ISKOV jsou hodnoty mírně vyšší. Vývoj maximálních denních 8hodinových klouzavých průměrů O<sub>3</sub> v roce 2013 v jednotlivých lokalitách pak zobrazuje Obr. 94.

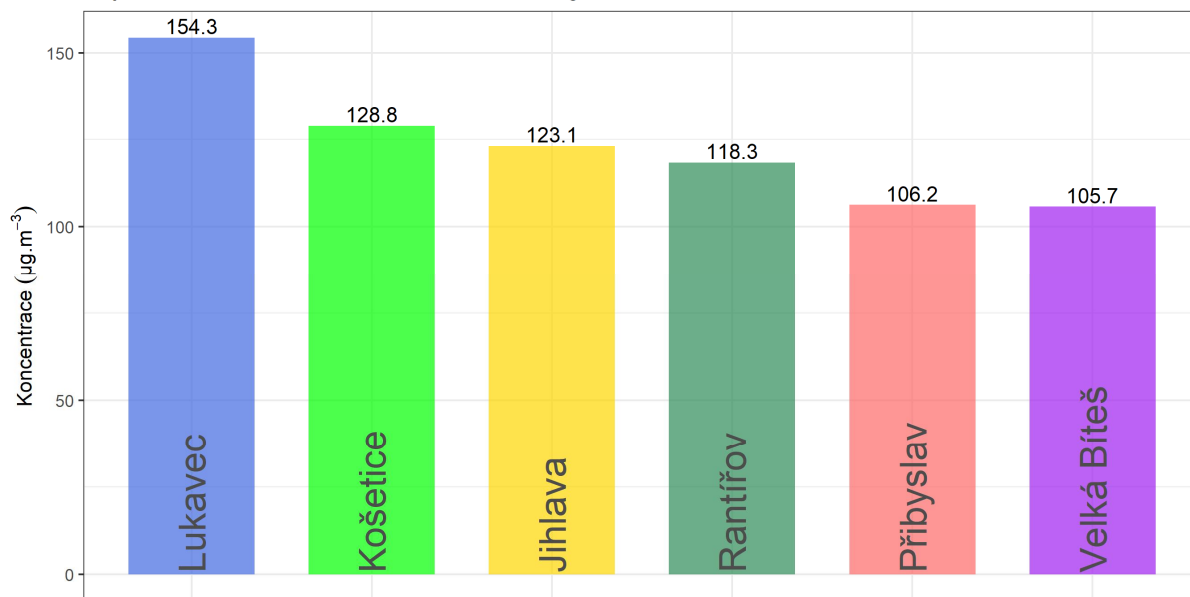
Maximální 8hodinové klouzavé průměry koncentrací O<sub>3</sub> v jednotlivých měsících zobrazuje Obr. 93. Rozdíl mezi Lukavcem a ostatními lokalitami se odehrál především mezi červencem a říjnem, kdy byly v Lukavci měřeny velmi vysoké hodnoty koncentrací O<sub>3</sub>. Vysoké hodnoty v letních měsících souvisí s delším slunečním svitem a vyššími teplotami, tj. podmínkami vhodnými pro tvorbu troposférického ozónu.

Tab. 11 – Vyhodnocení 26 nejvyšších 8hodinových klouzavých průměrů O<sub>3</sub> za den, projekt ISKOV, rok 2018

POŘADÍ	LUKAVEC	PŘIBYSLAV	RANTÍŘOV	VELKÁ BÍTEŠ
1	182,7	154	149	130,5
2	178,7	152	144,3	126,5
3	178,4	133,7	142,1	124,4
4	177,6	132	141,9	123,5
5	173,8	125	140,3	123
6	170	124	137,5	119,1
7	169,7	120,3	135,6	117,8
8	169,6	119,8	133,8	116,5
9	169	119,3	131,4	116,3
10	168,7	119,1	130,8	114,8
11	167,7	118,5	128,6	113,8
12	167,6	112,8	128,5	113,6
13	167,1	112,6	127,5	112,2
14	165,3	112,4	126	110,8
15	164,8	112,3	125,7	109,2
16	164,3	111	125,5	108,8
17	163,7	110,9	123	108,7
18	163,1	110,8	121,9	107,9
19	160,5	109,1	121,1	107,7
20	159,9	108,6	120,7	107,5
21	156,6	108,5	120,5	107,3
22	156,4	108,2	119,6	107
23	156,2	107,7	119,2	106,6
24	155,8	107,2	118,7	106
25	155,5	106,5	118,6	105,9
<b>26</b>	<b>154,3</b>	<b>106,2</b>	<b>118,3</b>	<b>105,7</b>

26. nejvyšší 8hodinový klouzavý průměr koncentrací O<sub>3</sub> za den

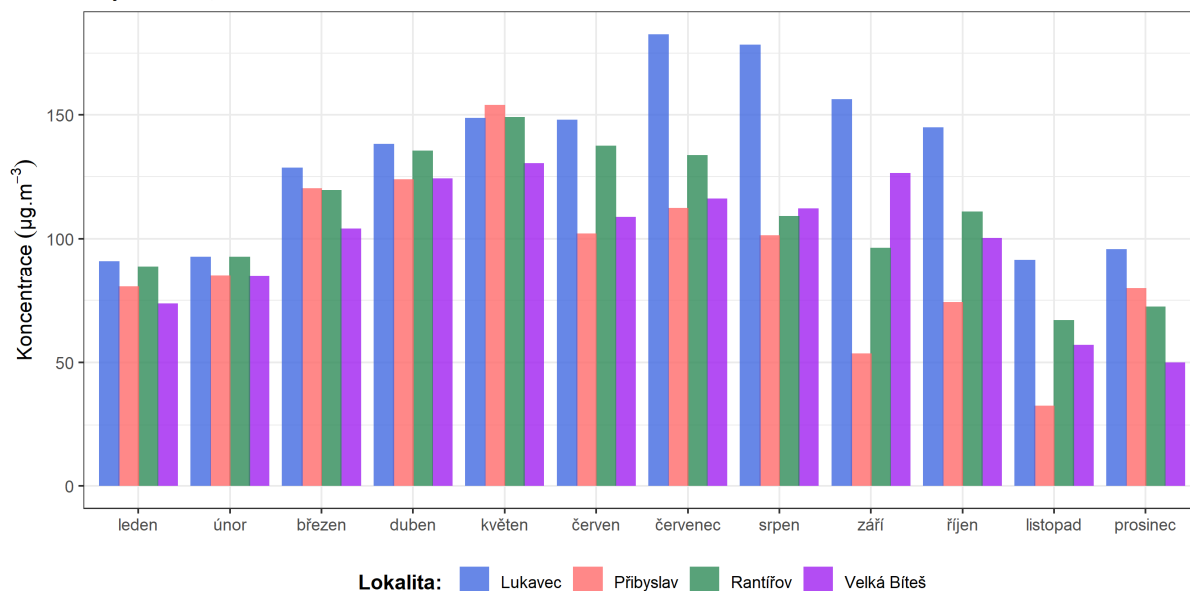
Projekt ISKOV a stanice státní sítě imisního monitoringu, rok 2018



Obr. 92 – 26. nejvyšší 8hodinový klouzavý průměr O<sub>3</sub> za den, projekt ISKOV a stanice státní sítě imisního monitoringu, rok 2018

Maximální měsíční 8hodinový klouzavý průměr koncentrací O<sub>3</sub>

Projekt ISKOV, rok 2018



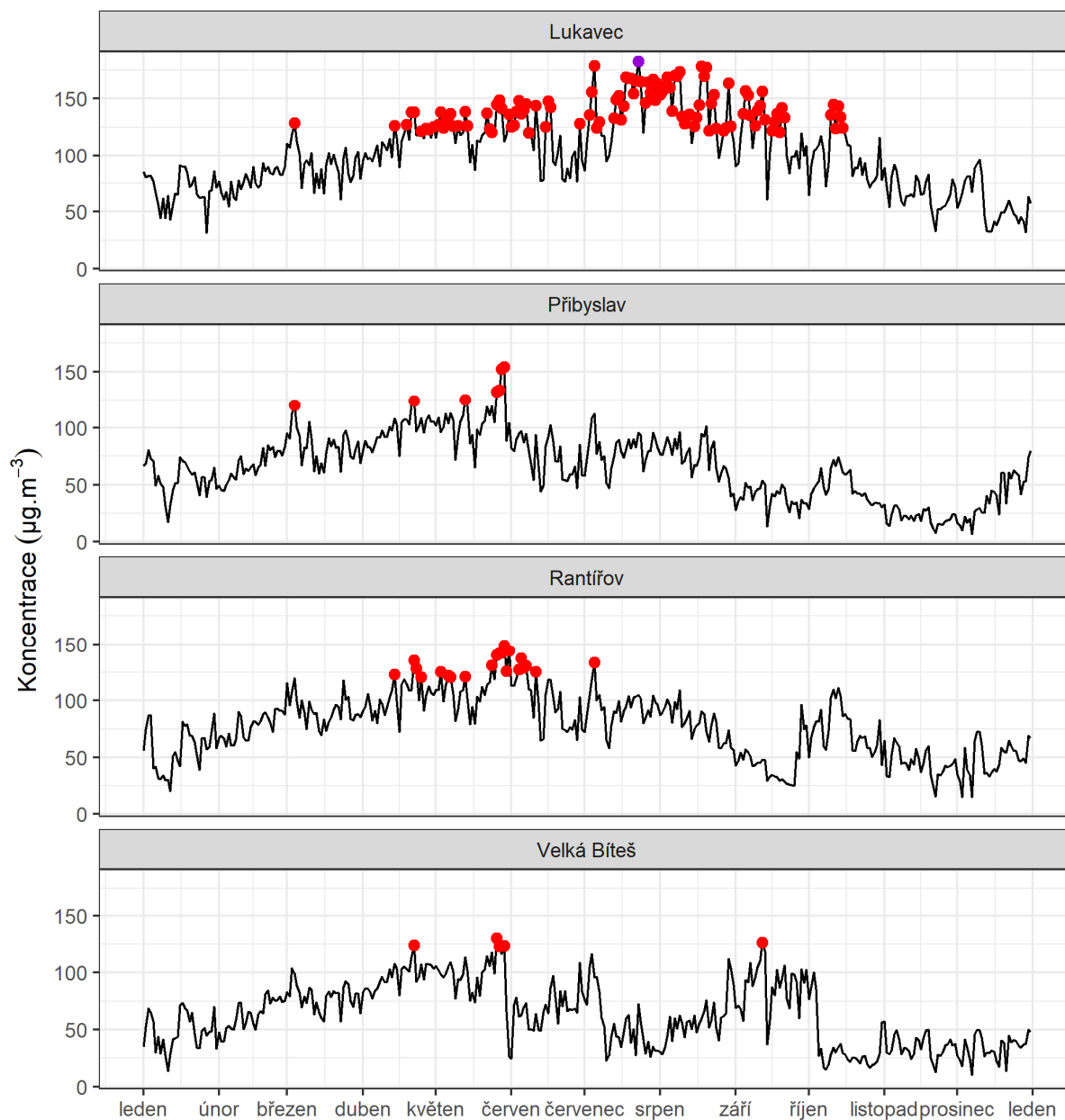
Obr. 93 – Maximální 8hodinový klouzavý průměr O<sub>3</sub> za den v jednotlivých měsících, projekt ISKOV, rok 2018

Na Obr. 95 – Obr. 97 je zobrazena závislost průměrných denních koncentrací O<sub>3</sub> na meteorologických veličinách. Je velmi dobře patrné, že vysoké koncentrace O<sub>3</sub> se vyskytují zejména při vysokých teplotách a nižších relativních vlhkostech vzduchu.

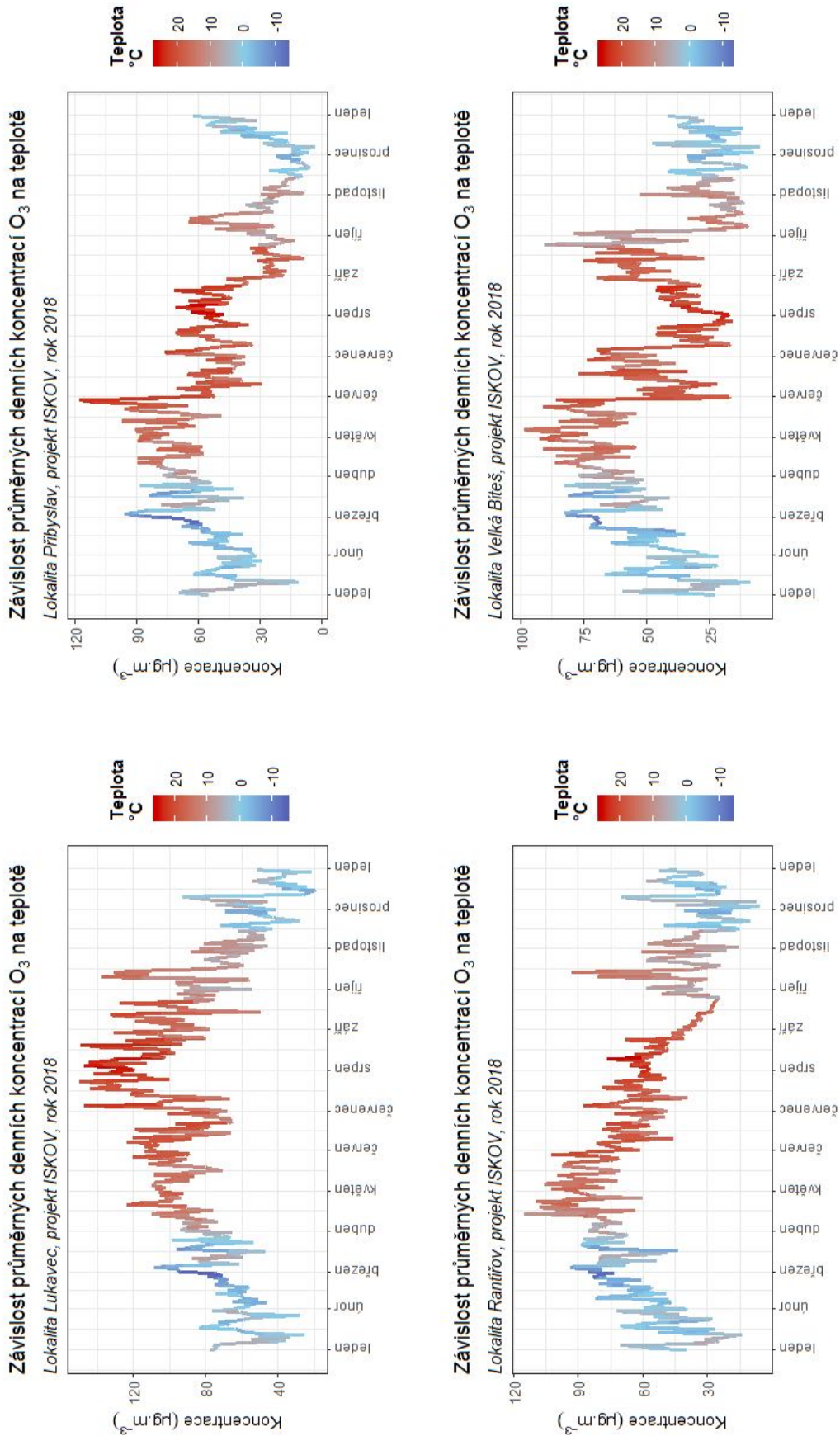


### Vývoj maximálních 8h klouzavých průměrů koncentrací O<sub>3</sub> za den

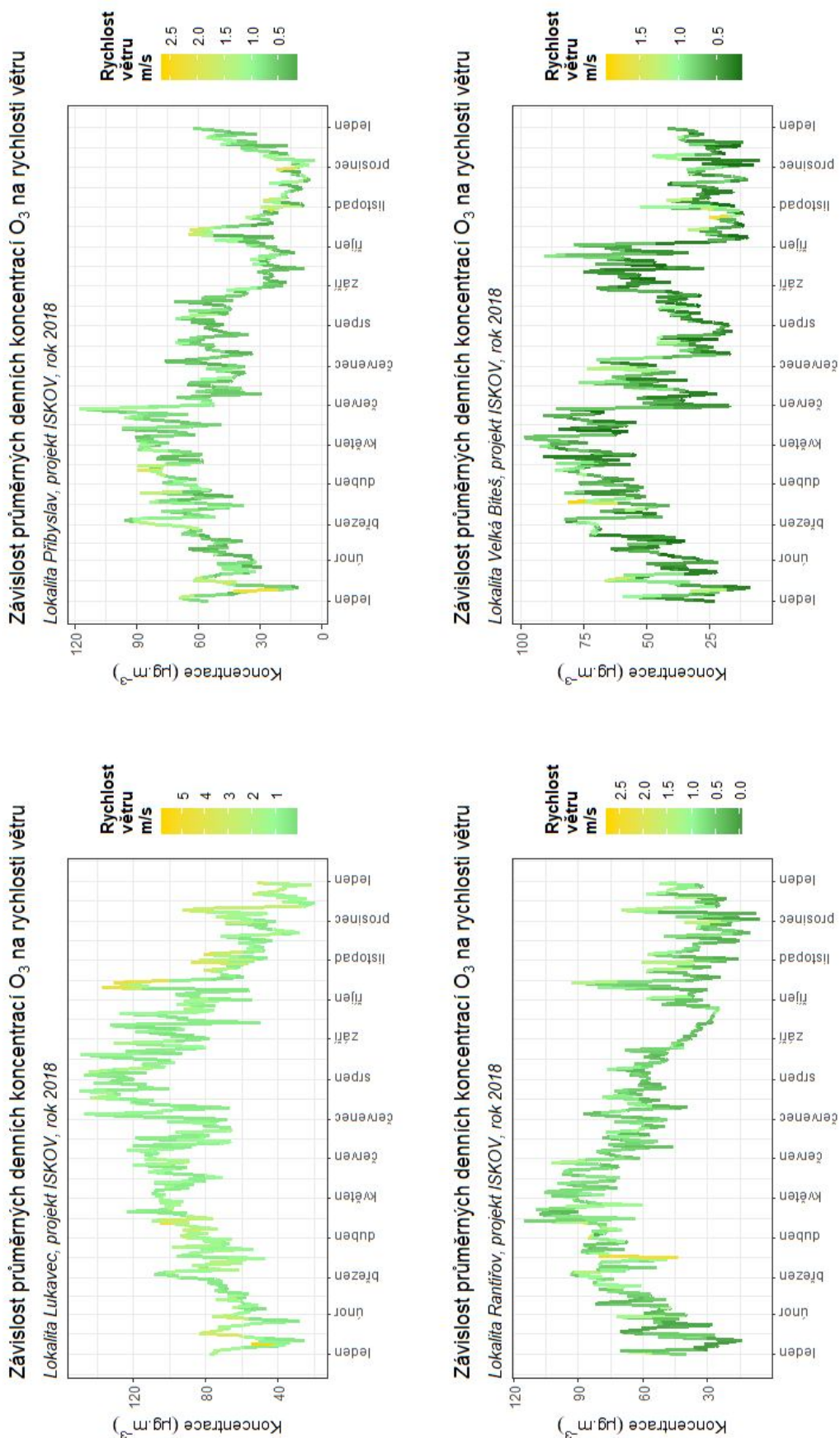
Projekt ISKOV, rok 2018



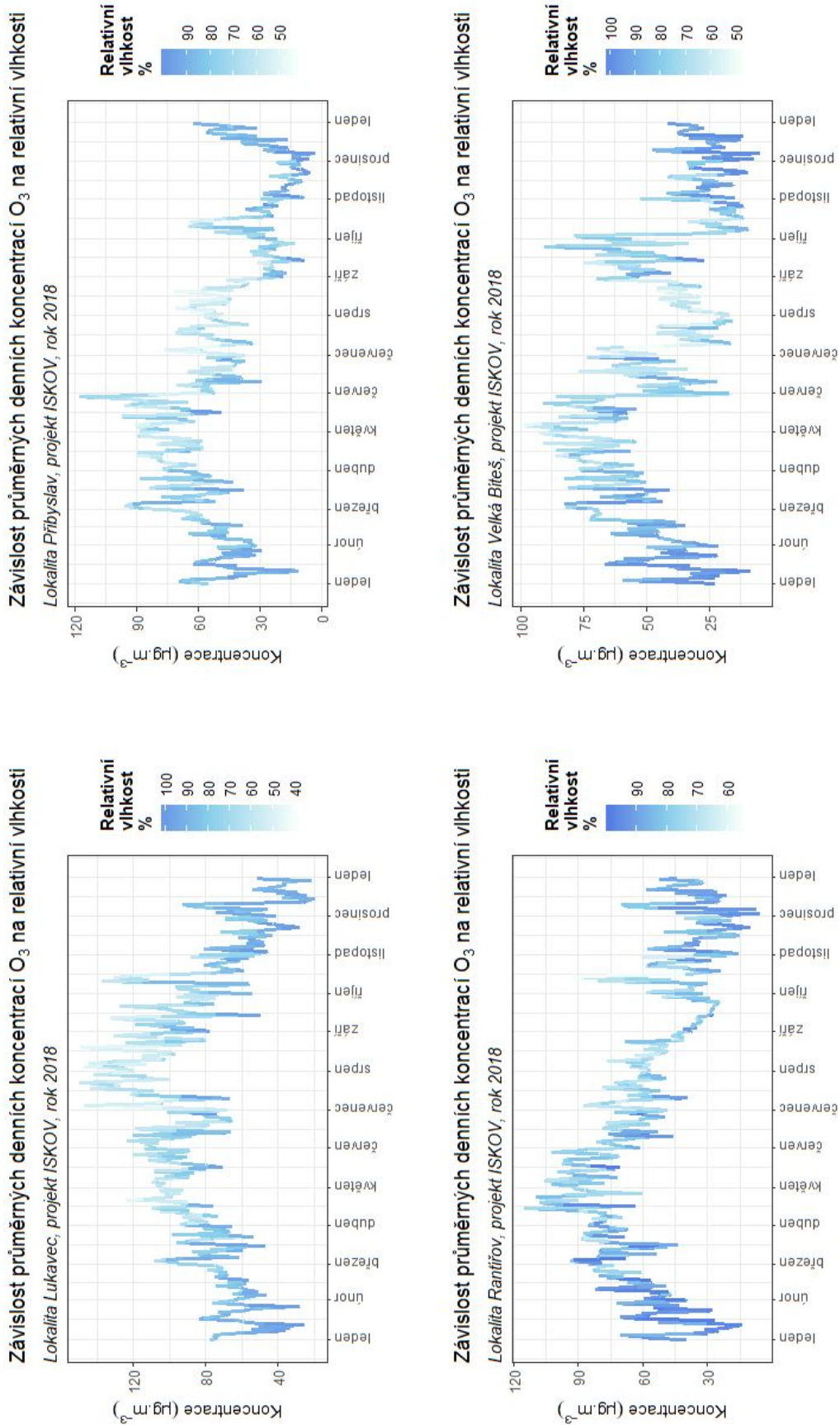
Obr. 94 – Vývoj maximálních 8hodinových klouzavých průměrů O<sub>3</sub> za den včetně vyznačení dnů s koncentracemi nad 120 µg.m<sup>-3</sup> (červeně) a nad 180 µg.m<sup>-3</sup> (fialově), projekt ISKOV, rok 2018



Obr. 95 – Vliv teploty vzduchu na průměrné denní koncentrace O<sub>3</sub>, projekt ISKOV, rok 2018



Obr. 96 – Vliv rychlosti větru na průměrné denní koncentrace  $O_3$ , projekt ISKOV, rok 2018



Obr. 97 – Vliv relativní vlhkosti vzduchu na průměrné denní koncentrace O<sub>3</sub>, projekt ISKOV, rok 2018



### 3.5.1 Růžice – detailní analýza hodinových hodnot

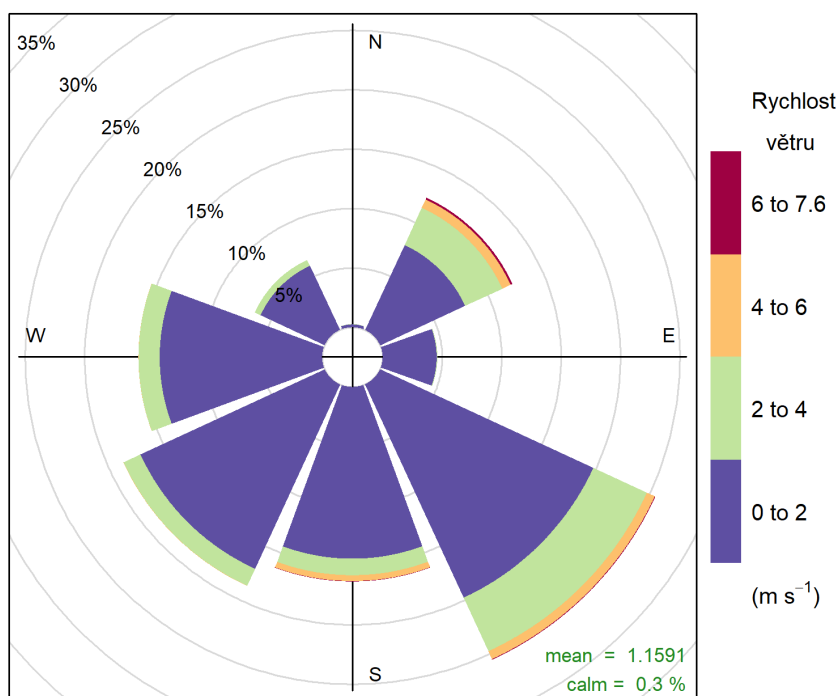
V této podkapitole budou pro všechny lokality připraveny větrné a koncentrační růžice. Větrná růžice bude kromě směrů větru členěna rovněž dle rychlostí větru, které jsou pro koncentrace škodlivin důležité.

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

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

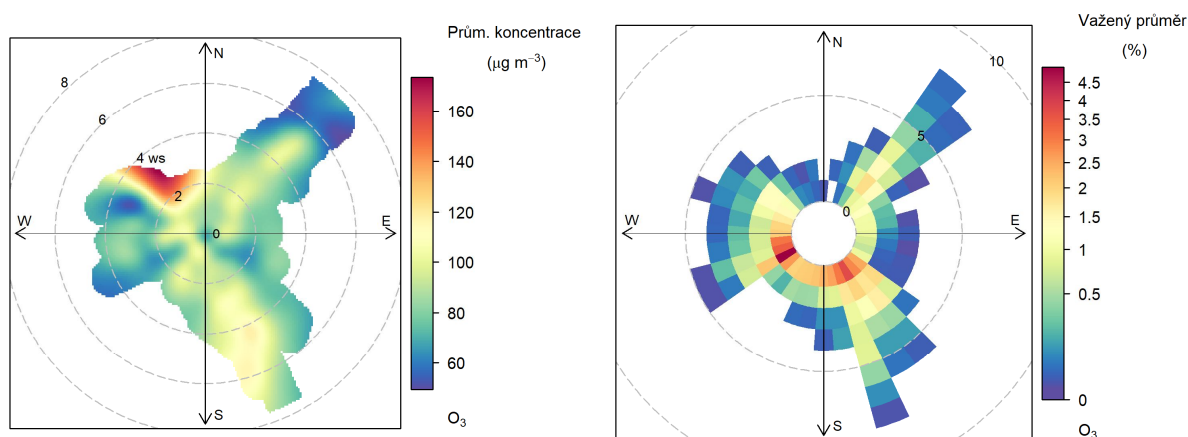
#### 3.5.1.1 Lukavec

Na Obr. 98 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu *Lukavec*. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především z jihovýchodních, jižních až západních směrů, vyšší rychlosti větru pak byly zaznamenány z jihovýchodních a severovýchodních směrů. Bezvětří panovalo zhruba v 0,3 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla  $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .



Obr. 98 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Lukavec, rok 2018

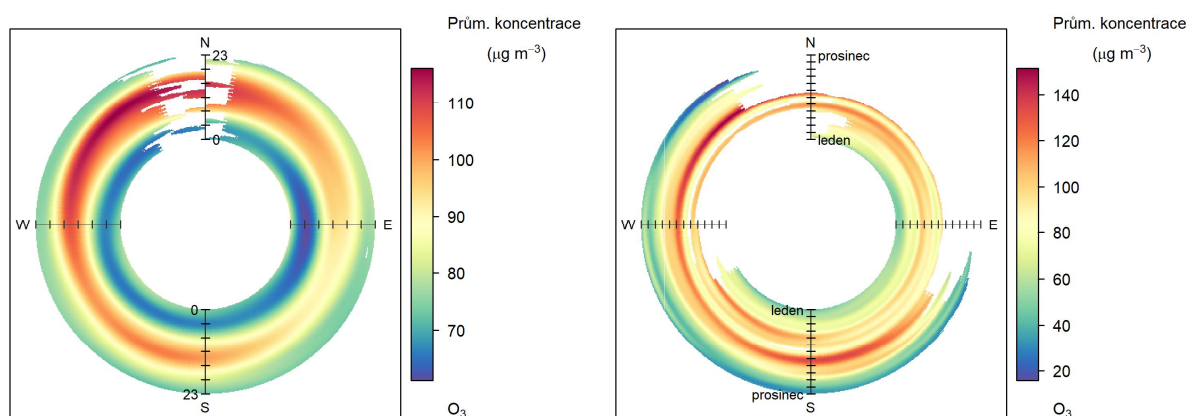
Následující Obr. 99 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro O<sub>3</sub> v lokalitě Lukavec.



Obr. 99 – Koncentrační růžice O<sub>3</sub>, lokalita Lukavec, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při proudění ze severozápadu. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění O<sub>3</sub> přišlo z jihozápadních směrů a jihovýchodních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu Lukavec je tento denní chod vynesena na Obr. 100.

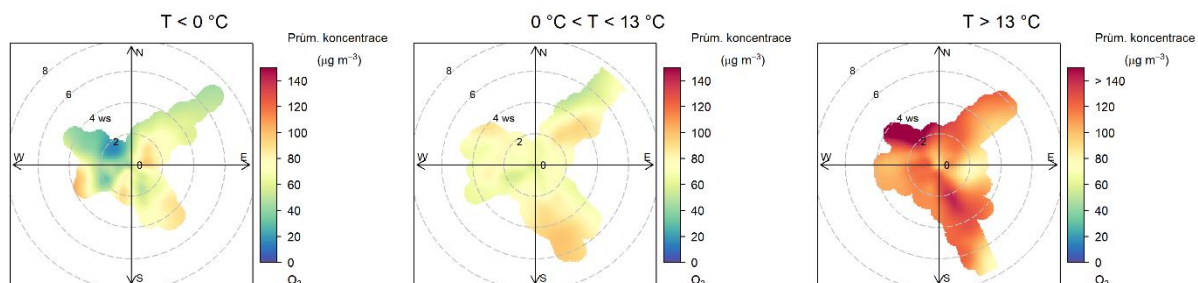


Obr. 100 – Denní a roční chod koncentrací O<sub>3</sub> členěný dle směru větru, lokalita Lukavec, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací O<sub>3</sub> je důležitý sluneční svit, vysoké koncentrace se tak vyskytují především přes den a zejména při proudění ze severozápadu. Z hlediska ročního vývoje jsou maxima měřena v letních měsících, v chladné části roku jsou koncentrace nízké.



Následující Obr. 101 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C, prostřední růžice zobrazuje koncentrace O<sub>3</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.

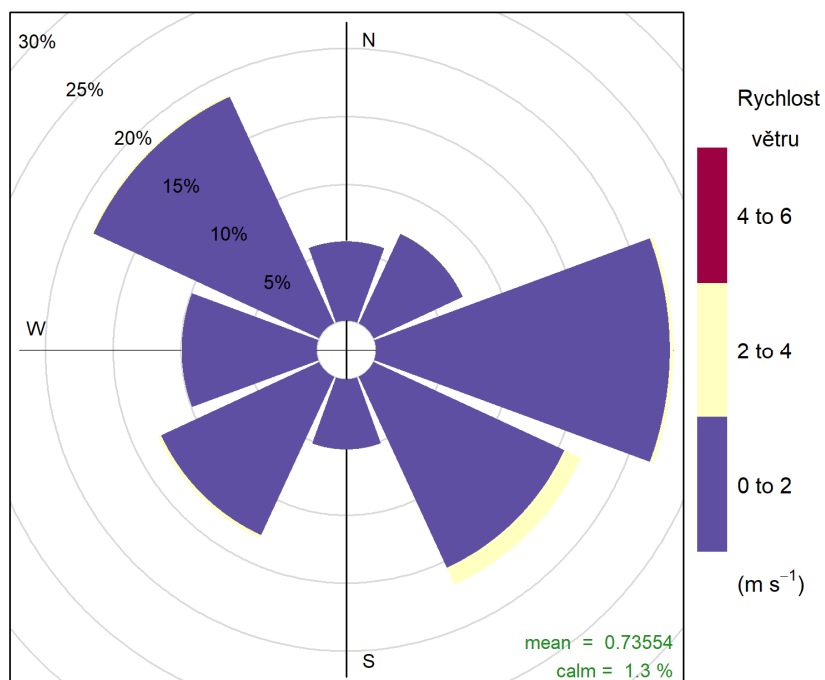


Obr. 101 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita Lukavec, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že vysoké koncentrace jsou měřeny takřka výhradně při teplotách nad 13 °C, kdy lze očekávat mimo jiné také dostatek slunečního svitu pro tvorbu přízemního ozónu.

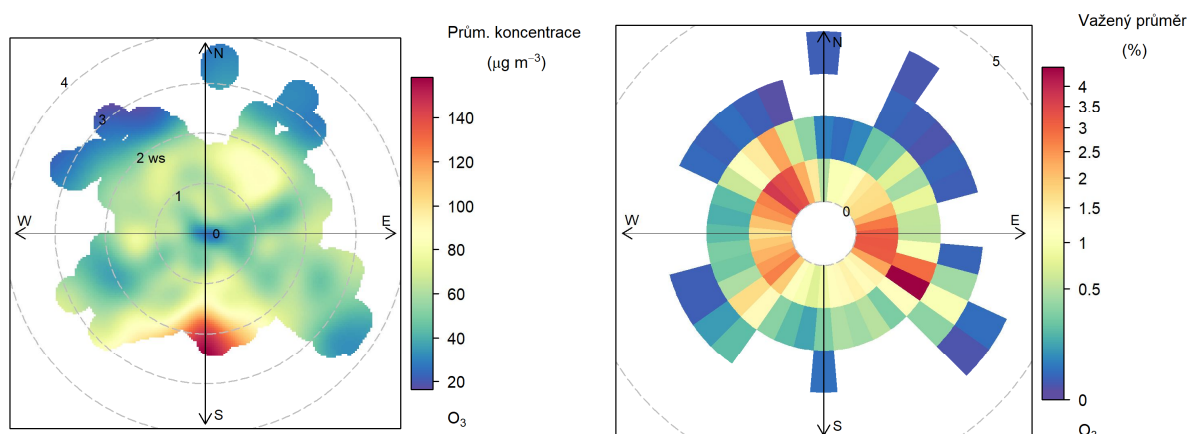
### 3.5.1.2 Příbyslav

Na Obr. 102 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Příbyslav. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především z východních, jihovýchodních, a severozápadních směrů, vyšší rychlosti větru než 2 m·s<sup>-1</sup> pak byly zaznamenány pouze z jihovýchodních a východních směrů. Bezvětrí panovalo zhruba v 1,3 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla 0,7 m·s<sup>-1</sup>.



Obr. 102 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Příbyslav, rok 2018

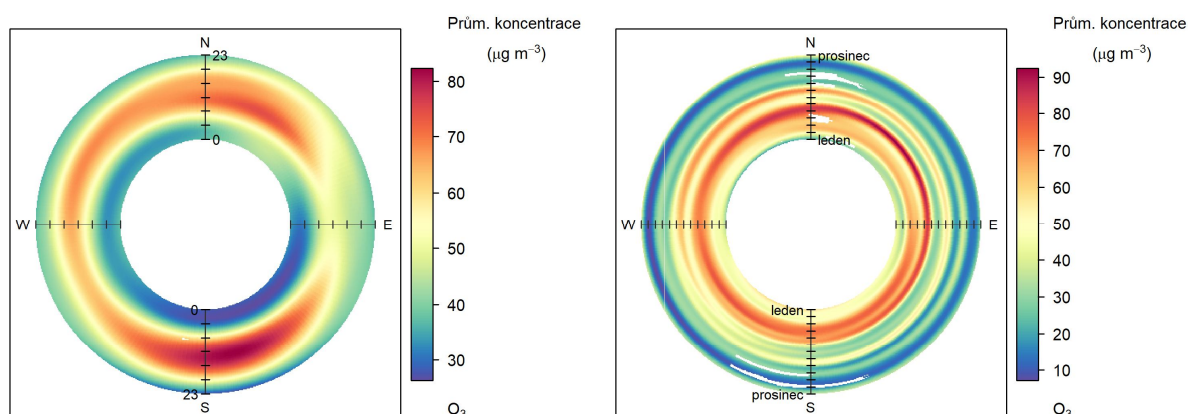
Následující Obr. 103 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro  $O_3$  v lokalitě Přebyslav.



Obr. 103 – Koncentrační růžice  $O_3$ , lokalita Přebyslav, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při proudění z jihu. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění  $O_3$  přišlo z východních a jihovýchodních směrů a částečně také ze severozápadních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

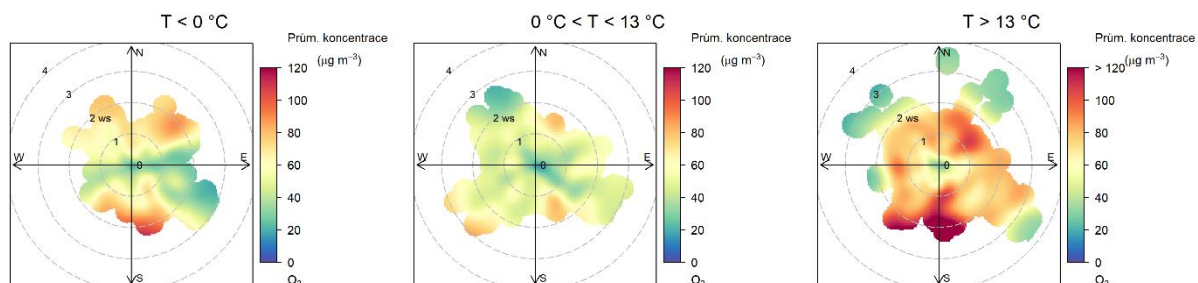
Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu Přebyslav je tento denní chod vynesena na Obr. 104.



Obr. 104 – Denní a roční chod koncentrací  $O_3$  členěný dle směru větru, lokalita Přebyslav, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací  $O_3$  je důležitý sluneční svit, vysoké koncentrace se tak vyskytují především přes den a zejména při proudění z jihu. Z hlediska ročního vývoje jsou maxima měřena v letních měsících, v chladné části roku jsou koncentrace nízké.

Následující Obr. 105 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C, prostřední růžice zobrazuje koncentrace O<sub>3</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.

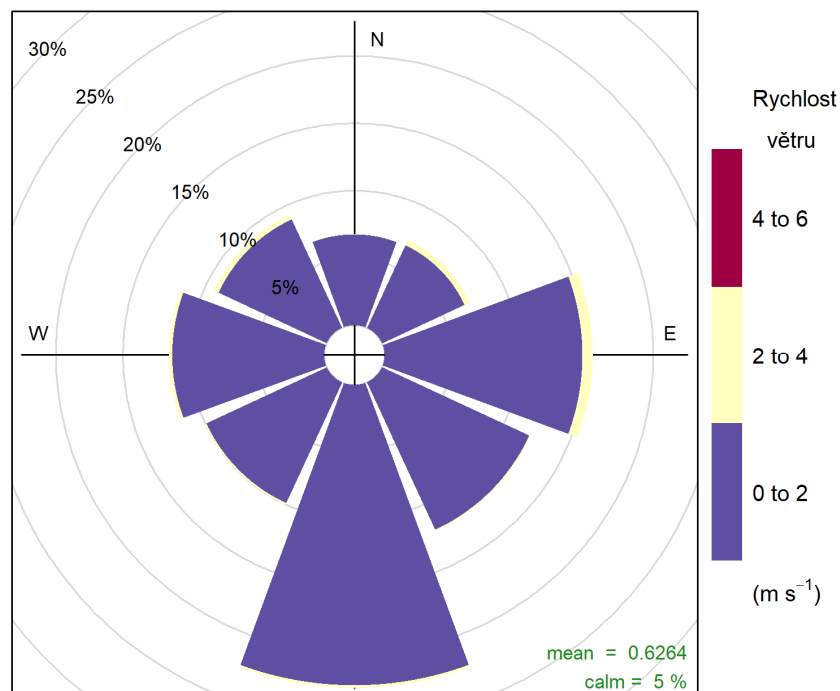


Obr. 105 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita Přibyslav, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že vysoké koncentrace jsou měřeny takřka výhradně při teplotách nad 13 °C, kdy lze očekávat mimo jiné také dostatek slunečního svitu pro tvorbu přízemního ozónu.

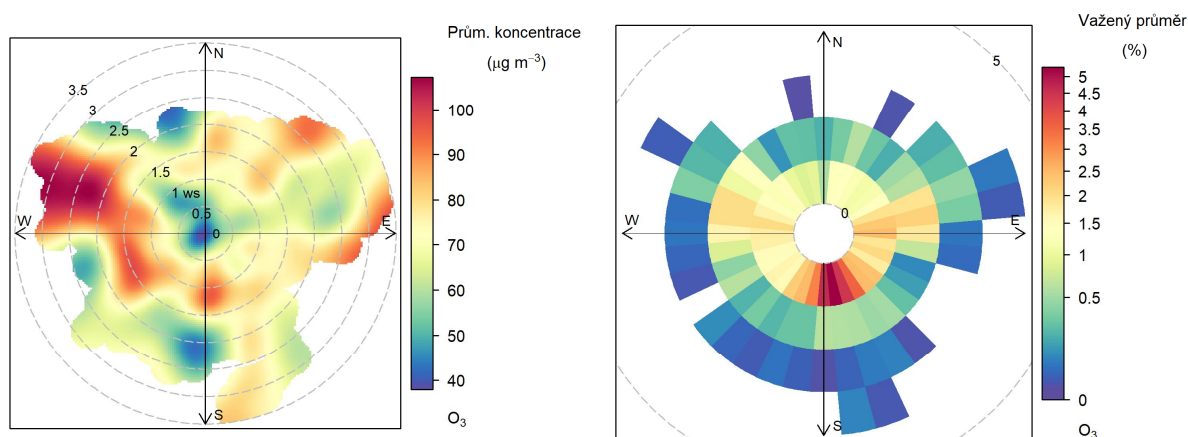
### 3.5.1.3 Rantířov

Na Obr. 106 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Rantířov. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především z jižních a východních směrů, vyšší rychlosti větru než 2 m·s<sup>-1</sup> pak byly zaznamenány převážně z východních směrů. Bezvětrí panovalo zhruba v 5 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla 0,6 m·s<sup>-1</sup>.



Obr. 106 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Rantířov, rok 2018

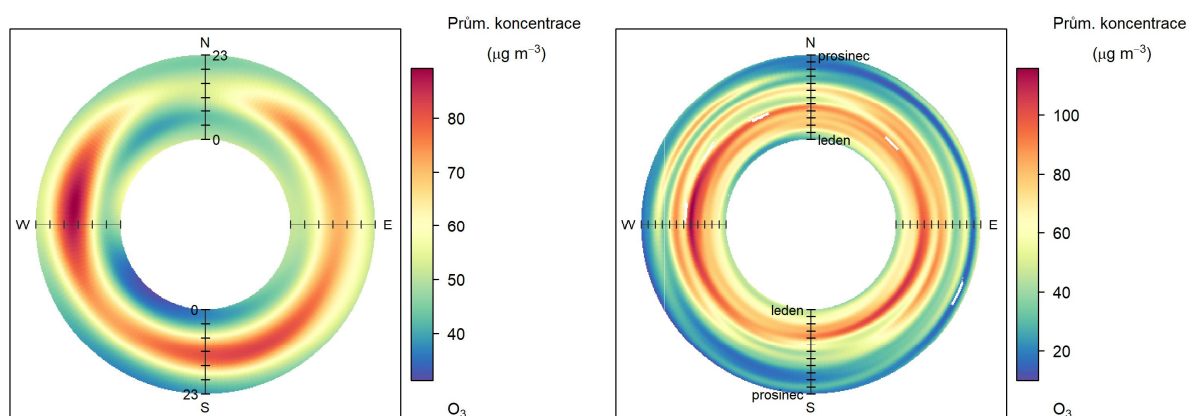
Následující Obr. 107 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro O<sub>3</sub> v lokalitě Rantířov.



Obr. 107 – Koncentrační růžice O<sub>3</sub>, lokalita Rantířov, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při proudění ze západu až severozápadu. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění O<sub>3</sub> přišlo z jižních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

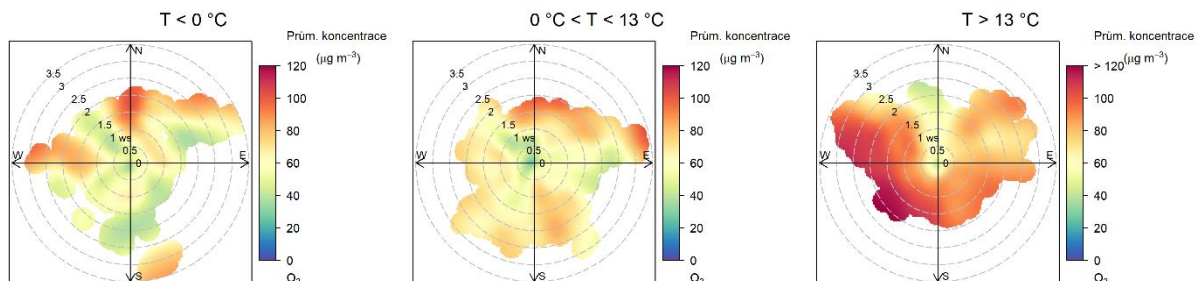
Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu Rantířov je tento denní chod vynesena na Obr. 108.



Obr. 108 – Denní a roční chod koncentrací O<sub>3</sub> členěný dle směru větru, lokalita Rantířov, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací O<sub>3</sub> je důležitý sluneční svit, vysoké koncentrace se tak vyskytují především přes den a zejména při proudění ze západu a jihu. Z hlediska ročního vývoje jsou maxima měřena v letních měsících, v chladné části roku jsou koncentrace nízké.

Následující Obr. 109 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C, prostřední růžice zobrazuje koncentrace O<sub>3</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.

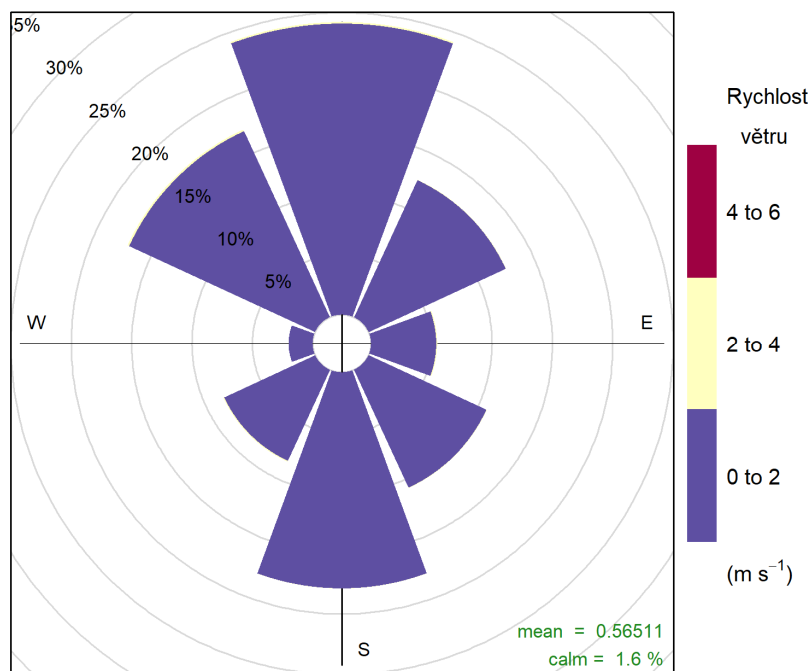


Obr. 109 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita Rantířov, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že vysoké koncentrace jsou měřeny takřka výhradně při teplotách nad 13 °C, kdy lze očekávat mimo jiné také dostatek slunečního svitu pro tvorbu přízemního ozónu.

### 3.5.1.4 Velká Bíteš

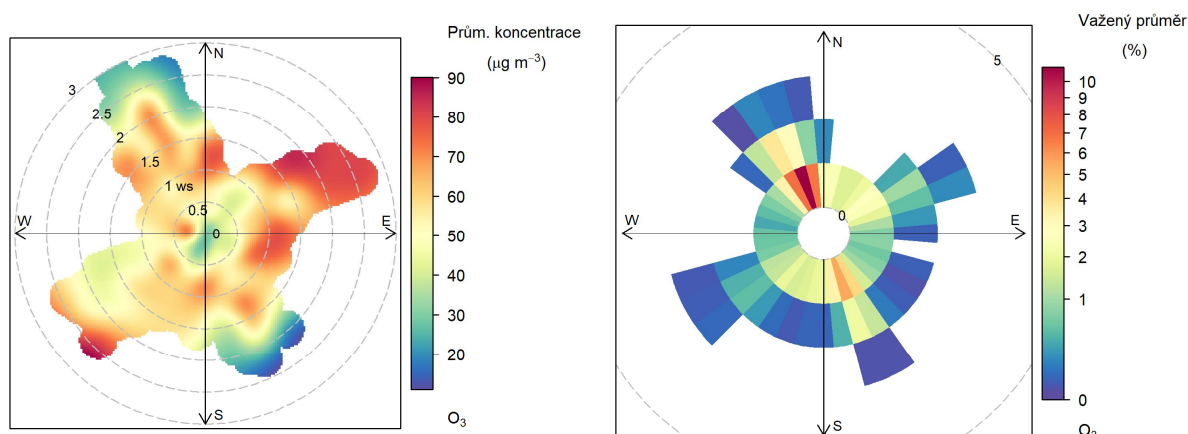
Na Obr. 110 je zobrazena větrná růžice pro lokalitu Velká Bíteš. Z růžice je patrné, že v lokalitě fouká především ze severních a jižních směrů, vyšší rychlosti větru než 2 m·s<sup>-1</sup> takřka nebyly zaznamenány. Bezvětrí panovalo zhruba v 1,6 % času měření. Průměrná rychlost proudění větru byla 0,6 m·s<sup>-1</sup>.



Obr. 110 – Větrná růžice členěná dle rychlosti větru, lokalita Velká Bíteš, rok 2018



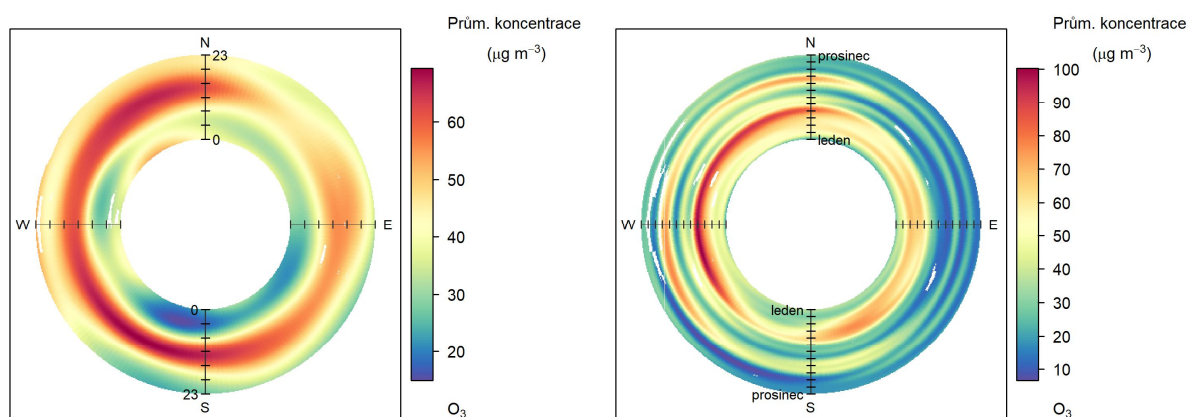
Následující Obr. 111 zobrazuje koncentrační a váženou koncentrační růžici pro O<sub>3</sub> v lokalitě Velká Bíteš.



Obr. 111 – Koncentrační růžice O<sub>3</sub>, lokalita Velká Bíteš, rok 2018

Z koncentrační růžice je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou v průměru měřeny při severovýchodním proudění a vyšších rychlostech větru. Vážená koncentrační růžice pak ukazuje, že nejvíce znečištění O<sub>3</sub> přišlo ze severních až severozápadních směrů – z těchto směrů foukalo nejčastěji.

Kromě členění koncentrační růžice dle směru a rychlosti větru je možné vynášet do polárních souřadnic průměrné koncentrace v závislosti na směru větru a denní, popř. roční době. Vznikne tak směrově závislý denní chod koncentrací, kdy ve středu kruhu je vynášen čas 0:00 a na okraji je pak 23:00, resp. ve středu kruhu je začátek roku (leden) a na konci konec roku (prosinec). Pro lokalitu Velká Bíteš je tento denní chod vynesena na Obr. 112.

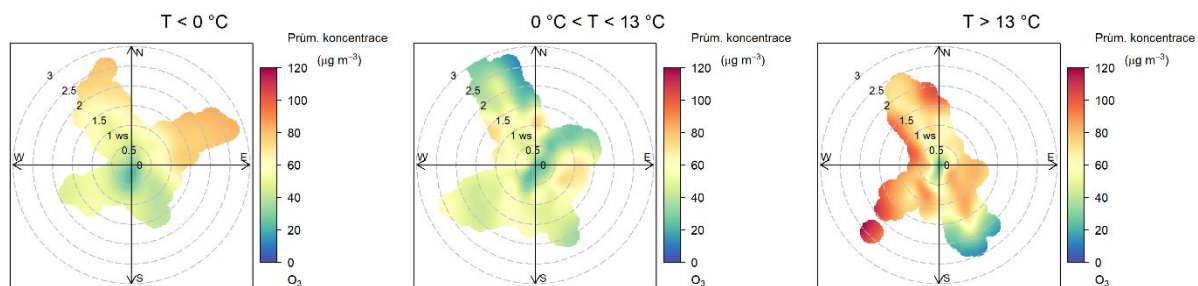


Obr. 112 – Denní a roční chod koncentrací O<sub>3</sub> členěný dle směru větru, lokalita Velká Bíteš, rok 2018

Z obrázku je opět patrné, že z hlediska vysokých koncentrací O<sub>3</sub> je důležitý sluneční svit, vysoké koncentrace se tak vyskytují především přes den a zejména při proudění jihu, jihozápadu, západu a severozápadu. Z hlediska ročního vývoje jsou maxima měřena v letních měsících, v chladné části roku jsou koncentrace nízké.



Následující Obr. 113 uvádí opět koncentrační růžici, která je ale dále členěna dle teploty vzduchu. Úplně vlevo je koncentrační růžice při teplotách vzduchu nižších, než je 0 °C, prostřední růžice zobrazuje koncentrace O<sub>3</sub> při teplotách v intervalu od 0 do 13 °C, a vpravo je pak koncentrační růžice pro teploty vyšší než 13 °C.

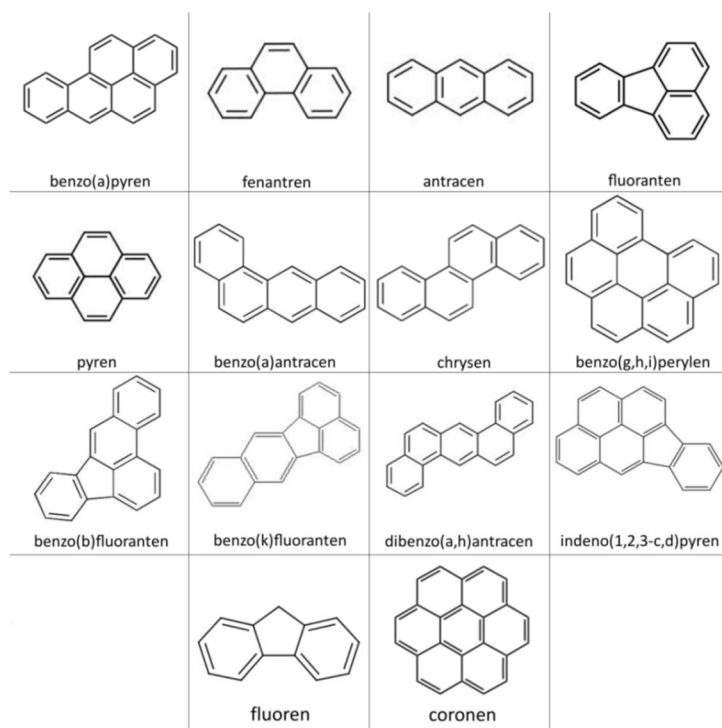


Obr. 113 – Teplotně členěná koncentrační růžice, lokalita Velká Bíteš, rok 2018

Z koncentračních růžic vyplývá, že vysoké koncentrace jsou měřeny takřka výhradně při teplotách nad 13 °C, kdy lze očekávat mimo jiné také dostatek slunečního svitu pro tvorbu přízemního ozónu.

### 3.6 BENZO[A]PYREN

Benzo[a]pyren je legislativním zástupcem polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH, Obr. 114). Přírodní hladina pozadí benzo[a]pyrenu může být s výjimkou výskytu lesních požárů téměř nulová. Jeho antropogenním zdrojem, stejně jako ostatních PAH, je jednak nedokonalé spalování fosilních paliv jak ve stacionárních (domácí topeniště – zcela majoritní zdroj emisí) tak i v mobilních zdrojích (motory spalující naftu), ale také průmyslová výroba (výroba koksu a oceli).



Obr. 114 - Polycyklické aromatické uhlovodíky rutinně stanovované v imisích

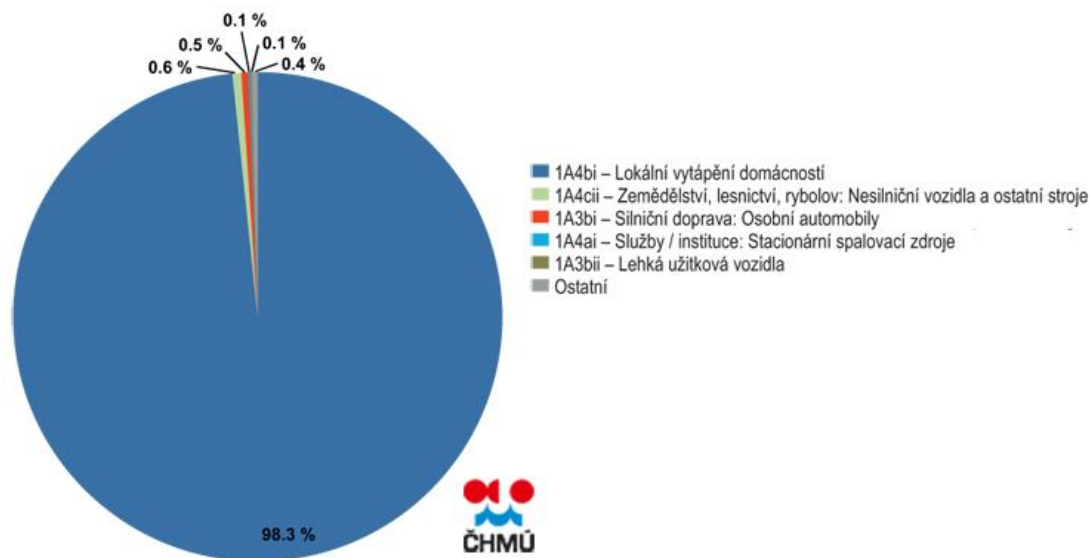
Přibližně 80–100 % PAH s pěti a více aromatickými jádry (tedy i benzo[a]pyren) je navázáno především na částice menší než 2,5  $\mu\text{m}$ , tedy na tzv. jemnou frakci atmosférického aerosolu  $\text{PM}_{2,5}$  (sorpce na povrchu částic). Tyto částice přetrvávají v atmosféře poměrně dlouhou dobu, což umožňuje jejich transport na velké vzdálenosti (stovky km) [16].

U benzo[a]pyrenu, stejně jako u některých dalších PAH, jsou prokázány karcinogenní účinky na lidský organismus [17].

Emise PAH, zastoupených v oblasti sledování kvality ovzduší benzo[a]pyrenem, jsou produkovány téměř výhradně spalovacími procesy, při nichž nedochází k dostatečné oxidaci přítomných organických spalitelných látek. Benzo[a]pyren je produktem nedokonalého spalování při teplotách 300 až 600  $^{\circ}\text{C}$ . Proto se mezi nejvýznamnější zdroje řadí spalování pevných paliv v kotlích nižších výkonů, především v domácích topeništích, a doprava.

Sektor 1A4bi – Lokální vytápění domácností se na emisích benzo[a]pyrenu v roce 2016 v celorepublikovém měřítku podílel 98,4 %. Hlavní příčinou takto vysokého podílu je spalování pevných paliv, především uhlí, v kotlích starších typů (odhořivací, prohořivací). Podle výsledků statistického šetření ENERGO představovaly v roce 2015 odhořivací a prohořivací kotle až 79

% všech kotlů na spalování pevných paliv v domácnostech ČR. Vliv sektoru dopravy je odhadován na 1,3 % (Obr. 115).



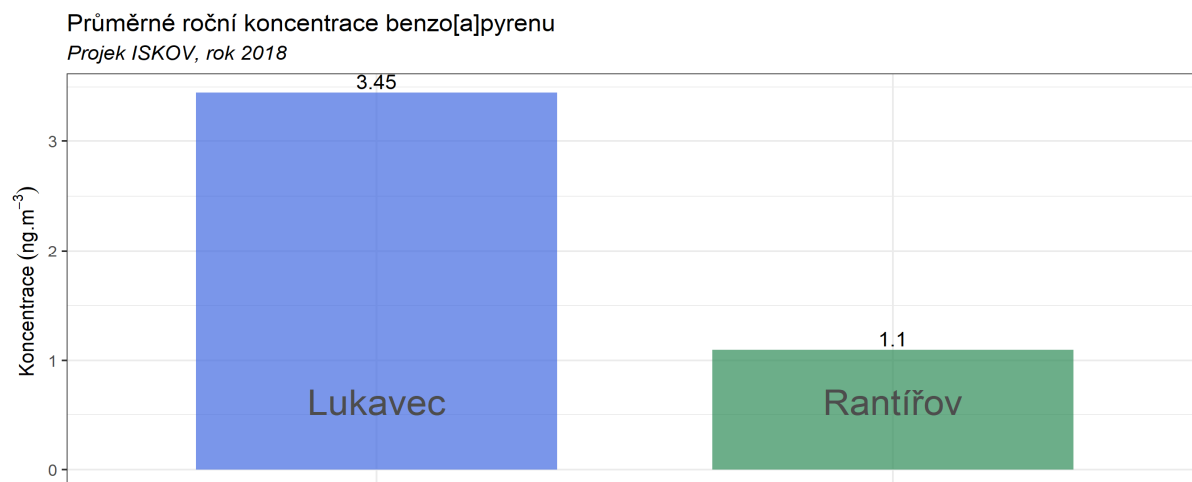
Obr. 115 – Podíl sektorů NFR na celkových emisích benzo[a]pyrenu v ČR, rok 2016 [8]

### 3.6.1 Průměrná roční koncentrace benzo[a]pyrenu

Vzhledem k nízkému počtu odběrů zaměřených na topnou sezónu je vyhodnocení vůči imisnímu limitu pouze orientační. Průměrné roční koncentrace, naměřené v jednotlivých lokalitách, zobrazuje následující Tab. 12, graficky je pak znázorňuje Obr. 116.

Tab. 12 – Průměrná roční koncentrace benzo[a]pyrenu, projekt ISKOV, rok 2018

LOKALITA	PRŮMĚRNÁ ROČNÍ KONCENTRACE BAP (ng·m <sup>-3</sup> )
LUKAVEC	3,45
RANTÍŘOV	1,1



Obr. 116 – Průměrná roční koncentrace benzo[a]pyrenu, projekt ISKOV, rok 2018

Z uvedeného vyplývá, že vyšší průměrná roční koncentrace benzo[*a*]pyrenu byla naměřena v lokalitě Lukavec. **V obou lokalitách došlo k překročení imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci benzo[*a*]pyrenu (1 ng·m<sup>-3</sup>).** Avšak zatímco v Lukavci bylo překročení významné, v Rantířově pouze minimální.

### 3.6.2 Měřené denní koncentrace

V lokalitách Lukavec a Rantířov proběhlo v roce 2018 vždy 18 jednodenních odběrů PAH, jejich koncentrace pak byly stanoveny laboratorně. Výsledky jsou uvedeny v následujících Tab. 13 a Tab. 14. Hodnoty uvozené znaménkem < značí, že koncentrace byly nižší, než je mez detekce metody (uvedená hodnota). V grafickém zpracování (Obr. 117 a Obr. 118) jsou tyto hodnoty nahrazeny polovinou meze detekce.

Tab. 13 – Měřené denní koncentrace PAH, lokalita Lukavec, projekt ISKOV, rok 2018

DATUM ODBĚRU OD	BENZO(A)ANTHRACEN	CHRYSEN	BENZO(B)FLUORANTEN	BENZO(K)FLUORANTEN	BENZO(A)PYREN	BENZO(GHI)PERYLEN	DIBENZO(AH)ANTHRACEN	INDENO(1,2,3-CD)PYREN	BENZO(J)FLUORANTEN
4.1.2018	2,9	1,7	2,1	0,91	1,7	0,99	<0,20	1,4	1,0
11.1.2018	9,7	5,6	5,1	2,9	5,8	3,9	<0,20	3,2	2,2
19.2.2018	12	7,9	8,4	3,5	7,9	4,9	0,74	4,6	0,78
26.2.2018	6,9	5,0	4,4	3,6	7,8	9,0	1,3	5,8	0,47
6.3.2018	36	14	7,0	6,0	12	4,5	0,36	5,8	0,81
15.3.2018	16	6,9	4,9	3,9	7,7	6,1	0,52	3,5	0,11
20.4.2018	0,14	0,082	0,23	0,12	0,22	0,24	<0,20	0,20	<0,10
9.5.2018	0,13	<0,070	0,11	0,043	0,080	0,23	<0,20	<0,10	0,18
6.6.2018	0,065	<0,070	<0,070	<0,030	0,032	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10
9.7.2018	<0,050	<0,070	<0,070	<0,030	<0,030	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10
29.8.2018	0,071	<0,070	0,083	0,046	0,074	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10
29.9.2018	0,62	0,34	0,55	0,31	0,7	<0,10	<0,20	0,56	<0,10
9.10.2018	2,3	1,3	2,1	1,2	2,4	1,1	<0,20	1,8	0,15
23.10.2018	0,47	0,18	0,36	0,17	0,31	0,15	<0,20	0,26	<0,10
7.11.2018	2,2	1,6	2	1,2	2,2	0,84	<0,20	1,7	<0,10
14.11.2018	23	6,6	7,6	3	7,6	1,8	<0,20	3,7	<0,10
1.12.2018	4,2	1,5	1,9	0,84	1,8	0,57	<0,20	1,3	<0,10
5.12.2018	12	4,3	3,0	1,9	3,8	1,2	<0,20	2,5	<0,10

Tab. 14 – Měřené denní koncentrace PAH, lokalita Rantířov, projekt ISKOV, rok 2018

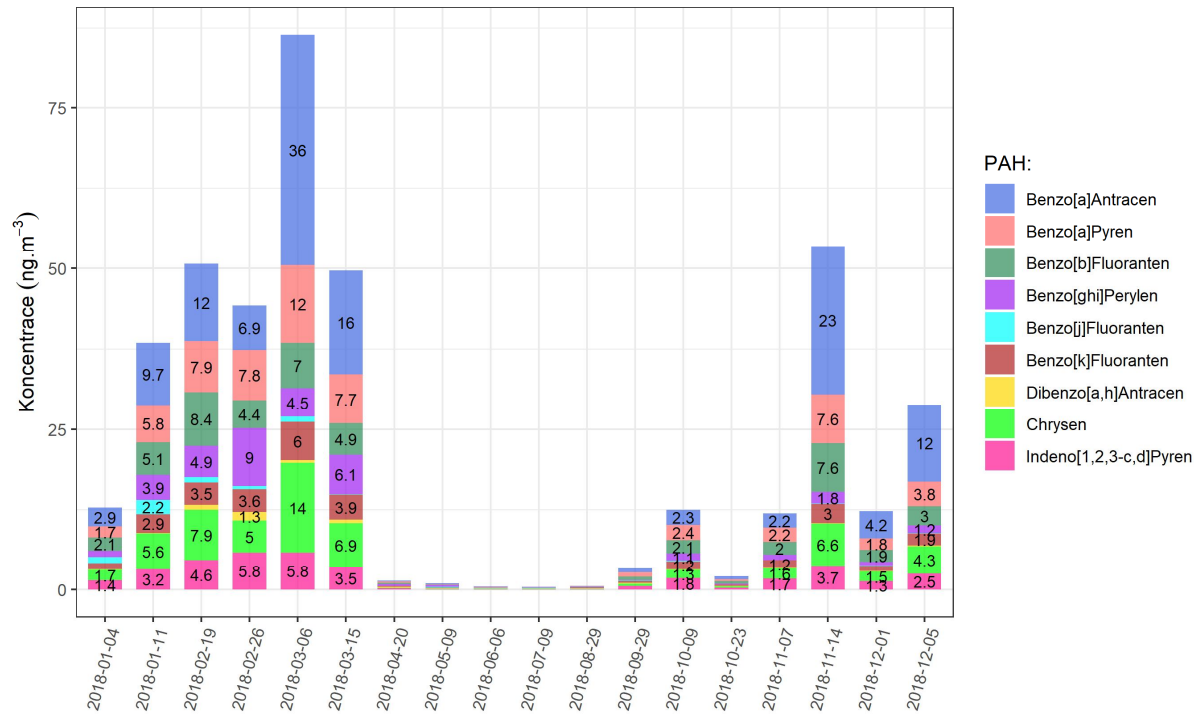
DATUM ODBĚRU OD	BENZO(A)ANTHRACEN	CHRYSEN	BENZO(B)FLUORANTEN	BENZO(K)FLUORANTEN	BENZO(A)PYREN	BENZO(GHI)PERYLEN	DIBENZO(AH)ANTHRACEN	INDENO(1,2,3-CD)PYREN	BENZO(J)FLUORANTEN
18.1.2018	2,0	1,3	1,1	0,56	1,3	0,49	<0,20	0,68	0,26
25.1.2018	1,8	1,2	1,7	0,83	1,3	1,4	<0,20	0,97	0,75
6.2.2018	2,9	2,2	2,1	0,98	2,0	0,85	0,33	0,62	0,28
14.2.2018	1,9	1,1	1,0	0,52	0,92	0,61	<0,20	0,44	0,11
19.3.2018	3,8	2,2	1,5	1,1	1,3	1,7	0,26	1,1	<0,10
26.3.2018	2,7	1,6	1,1	0,91	1,4	0,97	<0,20	0,96	0,11
11.4.2018	0,51	0,26	0,35	0,19	0,35	0,32	<0,20	0,28	<0,10
2.5.2018	0,91	0,39	0,73	0,44	1,0	1,2	<0,20	0,72	0,26
5.6.2018	<0,050	<0,070	<0,070	<0,030	<0,030	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10
9.7.2018	<0,050	<0,070	<0,070	<0,030	<0,030	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10
8.8.2018	<0,050	<0,070	<0,070	<0,030	0,030	<0,10	<0,20	<0,10	<0,10
29.9.2018	1,8	0,93	1,6	0,66	1,3	0,58	<0,20	1,1	<0,10
9.10.2018	0,59	0,35	0,63	0,40	1,0	0,34	<0,20	0,84	<0,10
23.10.2018	0,25	0,11	0,17	0,079	0,16	<0,10	<0,20	0,14	<0,10
7.11.2018	0,60	0,27	0,52	0,27	0,44	0,21	<0,20	0,42	<0,10
13.11.2018	1,0	0,42	0,91	0,49	0,88	0,44	<0,20	0,68	<0,10
5.12.2018	3,4	1,6	1,4	0,76	1,2	0,44	<0,20	0,91	<0,10
1.12.2018	13	5,0	4,0	2,0	4,4	0,98	0,36	2,8	0,16

Z naměřených hodnot je patrné, že vysoké koncentrace PAH se vyskytují takřka výhradně v topné sezóně. Vzhledem k tomu, že zcela majoritním zdrojem jsou lokální topeniště, jsou tyto výsledky pochopitelné. V letních měsících jsou koncentrace PAH takřka nulové, a to i v Lukavci, kde se v topné sezóně vyskytují velmi vysoké hodnoty koncentrací PAH.

Z grafů je rovněž patrné, že maximální hodnota sumy PAH byla naměřena dne 6. 3. 2018 v Lukavci. Koncentrace benzo[a]pyrenu dosáhla v tento den hodnoty  $12 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu

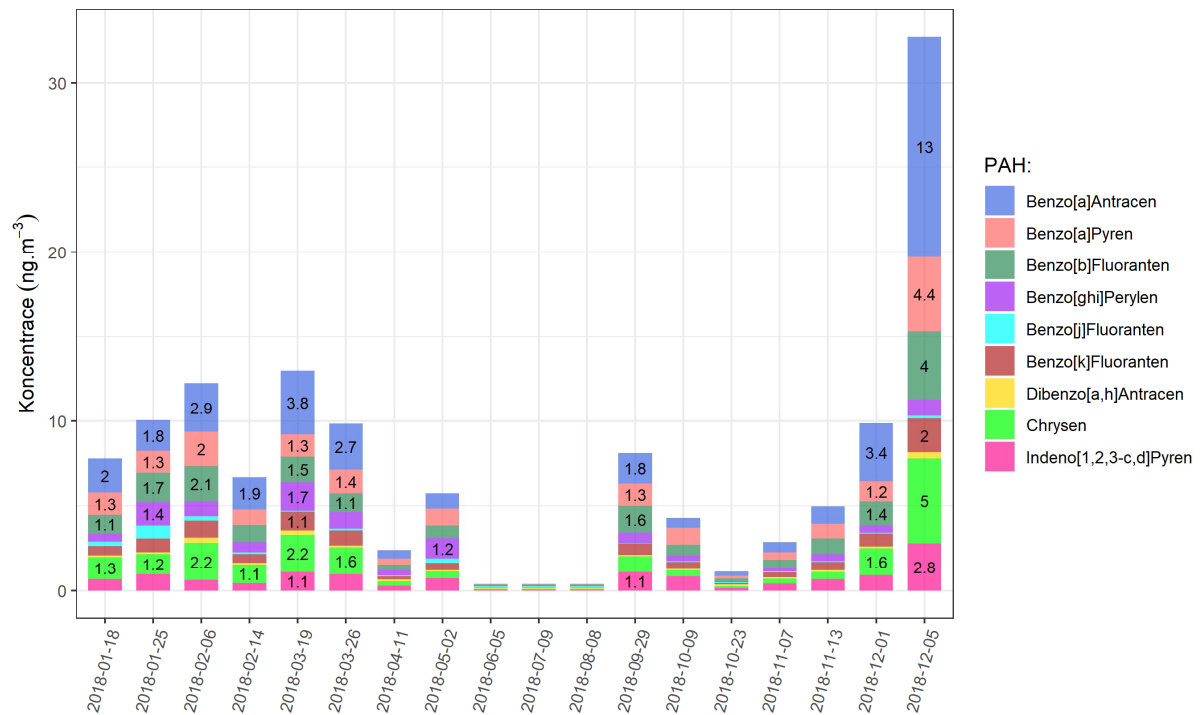
Lokalita Lukavec, Projek ISKOV, rok 2018



Obr. 117 – Měřené denní koncentrace PAH, lokalita Lukavec, projekt ISKOV, rok 2018

Průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu

Lokalita Rantířov, Projek ISKOV, rok 2018



Obr. 118 – Měřené denní koncentrace PAH, lokalita Rantířov, projekt ISKOV, rok 2018



## 4 ZÁVĚRY

---

- V roce 2018 probíhalo sledování kvality ovzduší ve 4 obcích kraje Vysočina. Jednalo se o obce Lukavec, Přibyslav, Rantířov a Velká Bíteš.
- Ve všech lokalitách probíhalo kontinuální sledování kvality ovzduší z hlediska suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, oxidů dusíku NO, NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>, a přízemního ozónu O<sub>3</sub>. V lokalitách Lukavec a Rantířov dále probíhal odběr a následné laboratorní stanovení koncentrací polycyklických aromatických uhlovodíků.
- Průměrné roční koncentrace PM<sub>10</sub> nepřekročily na žádné z lokalit imisní limit. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v lokalitě Rantířov, nejnižší v lokalitě Velká Bíteš.
- Z hlediska imisního limitu pro denní koncentraci PM<sub>10</sub> rovněž nedošlo na žádné z lokalit k překročení imisního limitu. Legislativa povoluje pro denní průměry koncentrací PM<sub>10</sub> maximálně 35x za kalendářní rok překročit hodnotu imisního limitu 50 μg·m<sup>-3</sup>. Nejvyšší počet těchto překročení byl zaznamenán v lokalitě Lukavec, a to 21.
- Průměrné roční koncentrace PM<sub>2,5</sub> nepřekročily na žádné z lokalit imisní limit. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v lokalitě Rantířov, avšak velmi podobné hodnoty naměřily také lokality Lukavec a Přibyslav. Nejnižší koncentrace byly naměřeny v lokalitě Velká Bíteš.
- Průměrné roční koncentrace NO<sub>2</sub> nepřekročily na žádné z lokalit imisní limit. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v lokalitě Jihlava ZÚ, následovala lokalita ISKOV Velká Bíteš. Maximální hodnota však dosáhla pouze poloviny hodnoty imisního limitu.
- Hodinová koncentrace NO<sub>2</sub> rovněž nebyla na žádné z lokalit překročena, obdobně jako tomu je ve zbytku ČR.
- Nejvyšší 8hodinový klouzavý průměr koncentrací ozónu byl naměřen v lokalitě Lukavec. V této lokalitě také došlo k překročení imisního limitu pro ochranu zdraví obyvatel. Ve zbylých lokalitách byl imisní limit dodržen.
- Koncentrace benzo[*a*]pyrenu byly sledovány pouze ve dvou lokalitách. V Lukavci i Rantířově byl 18x za rok odebrán vzorek ovzduší a laboratorně analyzován. Vzhledem k nízkému počtu odběrů zaměřených na topnou sezónu je vyhodnocení vůči imisnímu limitu pouze orientační. V obou lokalitách došlo k překročení imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci benzo[*a*]pyrenu (1 ng·m<sup>-3</sup>). Zatímco lokalita Rantířov překročila limit pouze těsně, v lokalitě Lukavec byl imisní limit překročen výrazně.
- Z výsledků vyplývá, že koncentrace škodlivin jsou významně ovlivněny meteorologickými podmínkami a s nimi souvisejícími zdroji škodlivin. Vysoké koncentrace prašnosti, oxidů dusíku a PAH byly měřeny takřka výhradně při nízkých teplotách – v topné sezóně. Lokální topeniště jsou nejvýznamnějším zdrojem prašnosti PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>, a také benzo[*a*]pyrenu na území ČR. Naopak nejvyšší koncentrace přízemního ozónu byly naměřeny v letních měsících, kdy bylo dostatek slunečního svitu a tepla, potřebného pro fotochemický vznik této látky v atmosféře.

## 5 CITOVANÁ LITERATURA

---

- [1] T. Radim a kol., „Rok 2018 v Česku,“ ČHMÚ, [Online]. Available: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1547039890>.
- [2] ČHMÚ, „Kvalita ovzduší a rozptylové podmínky na území ČR, rok 2017,“ 04 04 2018. [Online]. Available: [http://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/mes\\_zpravy/PROSINEC\\_2017.pdf](http://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/mes_zpravy/PROSINEC_2017.pdf).
- [3] *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší*, 2012.
- [4] *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší ve znění pozdějších předpisů, 2012 - 2017*, MŽP, 2012.
- [5] U. EPA, „Particulate Matter (PM) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/pm-pollution>.
- [6] J. Keder, „Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátoru Grimm,“ v *Ovzduší 2007*, Brno, 2007.
- [7] M. VOJTÍŠEK, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkováných v městských aglomeracích,“ *Konference ČAS 2010. Sborník konference.*, č. ISBN: 978-80-86186-25-2, 2010.
- [8] ČHMÚ, kolektiv autorů, „Grafická ročenka 2017,“ Český hydrometeorologický ústav, 2018. [Online]. Available: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Obsah\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Obsah_CZ.html).
- [9] USEPA, „Nitrogen Dioxide (NO<sub>2</sub>) Pollution,“ [Online]. Available: <https://www.epa.gov/no2-pollution>.
- [10] P. WARNECK, *Chemistry of the natural atmosphere*, San Diego: Academic Press: ISBN 0-12-735632-0, 2000.
- [11] European Commission, „Position paper on air quality: nitrogen dioxide,“ 1997.
- [12] WHO, „Air quality guidelines for Europe, Second Edition,“ *WHO Regional Publications, European Series*, sv. No. 91, 2000.
- [13] J. H. Seinfeld a S. N. Pandis, *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*, New York: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-471-72017-1, 2006.
- [14] J. Fiala a D. Závodský, „Chemické aspekty znečištěného ovzduší – troposférický ozon,“ v *Kompendium ochrany kvality ovzduší*, Praha, 2003.

- [15] I. Colbeck a A. R. Mackenzie, „Air Pollution by photochemical oxidants,“ *Air Quality Monographs*, č. Elsevier. ISBN 0-444-88542-0, 1994.
- [16] EEA, „Air quality in Europe — 2016 report,“ 2016. [Online]. Available: [https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016/at\\_download/file](https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016/at_download/file).
- [17] IARC, „List of classifications by alphabetical order. Agents Classified by the IARC Monographs,“ [Online]. Available: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>.
- [18] MŽP, „Zákon č. 369/2016 Sb., kterým se mění zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů,“ 2016. [Online]. Available: <https://www.sbirka.cz/POSL4TYD/NOVE/16-369.htm>.
- [19] *Vyhláška č. 330/2012 Sb. o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích*, Praha, 2012.
- [20] P. THUNIS , B. DEGRAEUWE a E. PEDUZZI , „Urban PM2.5 Atlas: Air Quality in European cities,“ 10 2017. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/urban-pm25-atlas-air-quality-european-cities>.

## 6 SEZNAM ZKRATEK POUŽITÝCH V DOKUMENTU

BaP, B(a)P	benzo[ <i>a</i> ]pyren, legislativní zástupce polycyklických aromatických uhlovodíků
CZT	centrální zásobování teplem
Eol	Klasifikace stanic vycházející z Rozhodnutí Rady 97/101/EC o výměně informací a kritérií pro Evropskou síť kvality ovzduší.
ISKOV	Informační systém kvality ovzduší kraje Vysočina
LV	limitní hodnota
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NO <sub>2</sub>	oxid dusičitý
NO <sub>x</sub>	oxidy dusíku, součet NO a NO <sub>2</sub> (v ppb)
O <sub>3</sub>	přízemní ozón
ORP	obec s rozšířenou působností
PAH	polycyklické aromatické uhlovodíky
PM <sub>2,5</sub>	suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 2,5 μm
PM <sub>10</sub>	suspendované částice venkovního ovzduší s aerodynamickým průměrem do 10 μm
SSIM	státní síť imisního monitoringu
UTC	světový koordinovaný čas

Příloha č. 1: Hodnocení zdravotních rizik „Projekt ISKOV, etapa 2018“