

ČESKÝ  
HYDROMETEOROLOGICKÝ  
ÚSTAV

# MĚŘENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V MALÝCH OBCÍCH V TOPNÉ SEZÓNĚ 2015

## ODBORNÁ ZPRÁVA



Datum: 30. 11. 2015  
Pracoviště: Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno  
Zpracoval: Mgr. Robert Skeřil, Ph.D., Mgr. Šárka Antošová  
Místo: Brno

## ÚDAJE O ZAKÁZCE

### Zhotovitel:

Český hydrometeorologický ústav  
zastoupen Ing. Václavem Dvořákem, Ph.D., ředitelem ČHMÚ  
sídlo: Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4  
IČ: 00020699  
DIČ: CZ00020699, není plátce DPH  
<http://www.chmi.cz/>  
kontaktní osoba: Mgr. Robert Skeřil, Ph.D., vedoucí oddělení ochrany čistoty ovzduší, tel:  
541 421 046, e-mail: [robert.skeril@chmi.cz](mailto:robert.skeril@chmi.cz)

### Objednatel:

Jihomoravský kraj  
zastoupen: JUDr. Michalem Haškem, hejtmanem Jihomoravského kraje  
sídlo: Žerotínovo nám. 3, 601 82 Brno  
IČ: 70888337  
DIČ: CZ70888337  
kontaktní osoba: Ing. František Havíř, vedoucí odboru životního prostředí Krajského úřadu  
Jihomoravského kraje, tel.: 541 651 571, e-mail: [havir.frantisek@kr-jihomoravsky.cz](mailto:havir.frantisek@kr-jihomoravsky.cz)

### Zpracovatelé:

Mgr. Robert Skeřil, Ph.D.  
Mgr. Šárka Antošová

Datum předání zprávy:	30. 11. 2015
Počet výtisků:	2
Výtisk číslo:	2

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CHARAKTERISTIKA MĚŘICÍ KAMPANĚ .....</b>	<b>5</b>
2.1	LOKALITY MĚŘENÍ.....	5
2.1.1	Prace.....	5
2.1.2	Chudčice .....	7
2.1.3	Velké Pavlovice.....	9
2.2	MĚŘENÉ ŠKODLIVINY, IMISNÍ LIMITY .....	11
2.2.1	Suspendované částice $PM_{10}$ a $PM_{2,5}$ .....	11
2.2.2	Benzo[a]pyren .....	12
2.2.3	Oxid dusičitý .....	14
2.3	METODY MĚŘENÍ, ZAJIŠTĚNÍ KVALITY DAT (QA/QC) .....	15
2.3.1	Suspendované částice $PM_{10}$ a $PM_{2,5}$ .....	16
2.3.2	Benzo[a]pyren .....	16
2.3.3	Oxid dusičitý .....	16
2.4	HARMONOGRAM MĚŘENÍ.....	17
<b>3</b>	<b>METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY BĚHEM MĚŘICÍ KAMPANĚ .....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ .....</b>	<b>23</b>
4.1	SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE $PM_{10}$ A $PM_{2,5}$ .....	23
4.2	BENZO[A]PYREN .....	35
4.3	OXID DUSIČITÝ.....	38
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>45</b>



## 1 Úvod

Na území Jihomoravského kraje jsou pravidelně vymezovány oblasti s překročenými imisními limity, a to pro škodliviny  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ , benzo[a]pyren a v dopravu nejzatíženějších lokalitách (Brno) i  $NO_2$ . V posledních letech je z hlediska vymezení oblastí s překročenými imisními limity v Jihomoravském kraji zásadní zejména benzo[a]pyren, jehož majoritním zdrojem v ČR jsou lokální topeniště.<sup>1</sup> Přestože je Jihomoravský kraj z velké většiny (93,5 %) plynofikován, některé obce stále nejsou a jsou odkázány pouze na pevná paliva či elektřinu<sup>2</sup>. Navíc ve spoustě zejména malých obcí i přes plynofikaci stále dochází k topení pevnými palivy, a co je horší, také ke spalování odpadu.

Kromě lokálních topenišť je významným zdrojem znečištění v Jihomoravském kraji i doprava. Ta je soustředěna zejména do Brna, kde dopravní lokality dosahují pravidelně nejvyšších koncentrací suspendovaných částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ , a dále také oxidů dusíku. Jihomoravský kraj dále protínají dálnice a rychlostní silnice, v jejichž blízkosti se nachází obce, které mohou být škodlivinami z dopravy rovněž ovlivněny.

Z výše uvedených důvodů byly vybrány 3 lokality na území kraje, které reprezentují malé obce s výše uvedenými problémy. V lokalitě Prace je již plyn zaveden, přesto podstatná část obce plyn jako palivo nevyužívá. Dle statistiky RWE GasNet je v Praci 228 přípojek, z toho 154 (67,54 %) neaktivních. Obec Chudčice doposud plynofikovaná nebyla, navíc se jedná o hůře provětrávanou lokalitu. Obec Velké Pavlovice plynofikována je, plyn je z části využíván jako palivo, dle statistiky RWE GasNet je ve Velkých Pavlovicích 979 přípojek, z toho 121 (12,36 %) neaktivních. Navíc obec leží v těsné blízkosti dálnice D2 a v kombinaci s lokálními topeništi zde může docházet k překračování hodnot imisních limitů. Vybrané lokality jsou uvedeny na přehledové mapce na Obr. 1. Počty jednotlivých způsobů vytápění (dle paliv) v obcích měřicí kampaně pak uvádí Tab. 1.

Tab. 1 – Typy vytápění v obcích měřicí kampaně. Zdroj: ČHMÚ, REZZO 3

Název Obce	Dálkové topení	Uhlí	Dřevo	Kapalná paliva	Propan-butan	Zemní plyn	Tepelná čerpadla	Elektrina	Ostatní
Prace	0	39	56	1	0	33	0	137	17
Chudčice	2	60	55	0	3	0	13	120	19
Velké Pavlovice	15	7	19	0	2	889	0	53	95

Cílem projektu je objektivně poskytovat veřejnosti aktuální informace o kvalitě ovzduší mimo státní síť imisního monitoringu. Vzhledem ke skutečnosti, že je dlouhodobě sledovaná kvalita ovzduší nejhorší v zimním období, tedy v období topné sezony, která je navíc charakteristická zhoršenými rozptylovými podmínkami, proběhla kampaň měření kvality ovzduší právě během topné sezóny koncem roku 2015 (23. 10. 2015 – 20. 11. 2015).

<sup>1</sup> Znečištění ovzduší na území ČR, ČHMÚ Praha ([www.chmi.cz](http://www.chmi.cz))

<sup>2</sup> Program zlepšení kvality ovzduší Jihomoravského kraje, 2012



Naměřená data jsou doplněna daty státní sítě imisního monitoringu, díky čemuž je možné nejen srovnat jednotlivé lokality této kampaně s dlouhodobým měřením, ale rovněž je možné je na tato měření navázat a odhadnout tak vztah k imisním limitům stanoveným v legislativě.<sup>3</sup>

Výsledky dosažené v rámci této měřicí kampaně je pak možné využít jako podkladový materiál pro strategické dokumenty kraje. Jedná se zejména o podporu kotlíkových dotací, zásady územního rozvoje atp. Dále mohou výsledky sloužit jako podpůrný argument pro zakoupení a provozování měřicí techniky pro lokality, kde neměří státní síť imisního monitoringu, jako jsou právě malá neplynofikovaná sídla.



Obr. 1 – Přehled lokalit měření – Prace (1), Chudčice (2) a Velké Pavlovice (3)

<sup>3</sup> Zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.

## 2 Charakteristika měřicí kampaně

### 2.1 Lokality měření

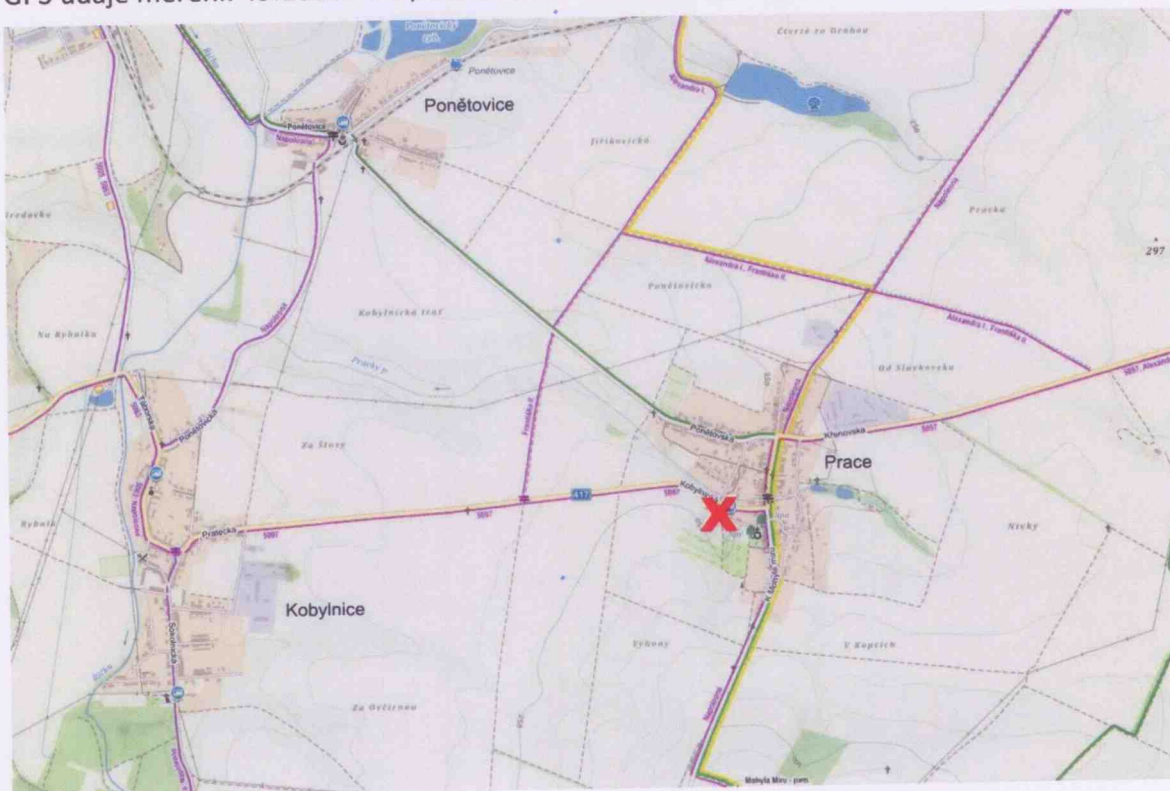
#### 2.1.1 Prace

Obec Prace leží zhruba 10 km jihovýchodně od Brna. Rozprostírá se na ploše 471 ha a žije v ní necelá tisícovka obyvatel. První historicky doložená zmínka o obci Prace pochází z roku 1274. Významné informace o počátku historie obce Prace uvádí autor Alois Ličman dle Vlastivědě moravské, II. místopis, Slavkovský okres. Ve Volného Topografii je psáno, že osada Prace vznikla na úpatí nevysokého návrší v 11. nebo 12. století. Název vesnice je pravděpodobně odvozen od slova "prát", protože tu byla původně salaš, kde se stříhaly ovce, předla a prala se tu vlna. Tento název se postupně vyvíjel od původního PRACZ přes PRACZEM, PRACZIN, PRATCE, PRACA až k dnešnímu PRACE<sup>4</sup>.

Obec Prace je především známá díky Mohyle Míru – památníku bitvy Tří Císařů z roku 1805, která se zde odehrála.

Samotné měření probíhalo od 23. 10. do 6. 11. 2015 na pozemku základní školy na ulici Kobylnická (Obr. 2 a Obr. 3).

GPS údaje měření: 49.1386747N, 16.7626397E. Nadmořská výška: 242 m.n.m.



Obr. 2 – Umístění měření v lokalitě Prace

<sup>4</sup> Web obce Prace - <http://www.praceubrna.cz/>





Obr. 3 – Lokalita Prace, měřicí vůz a odběrová zařízení, měřící kampaň 2015

V těsné blízkosti měřicí lokality jsou rodinné domky a také Pratecká palírna. Jako hlavní zdroj ovlivňující kvalitu v této oblasti jsou lokální topeniště, nárazově může jít také o vliv dopravy. V obci není žádný významnější průmyslový zdroj znečišťování ovzduší. Obec leží v drobném dolíku, provětrávaná je však dostatečně.

V lokalitě Prace probíhalo kontinuální měření pomocí měřicího vozu ( $PM_{10}$ , oxidy dusíku, oxid siřičitý, oxid uhelnatý, troposférický ozón), dále pak byly odebírány suspendované



částice  $PM_{2.5}$  na filtr s gravimetrickým stanovením a odběr benzo[a]pyrenu. Popis jednotlivých škodlivin a metod jejich stanovení je v následujících kapitolách.

### 2.1.2 Chudčice

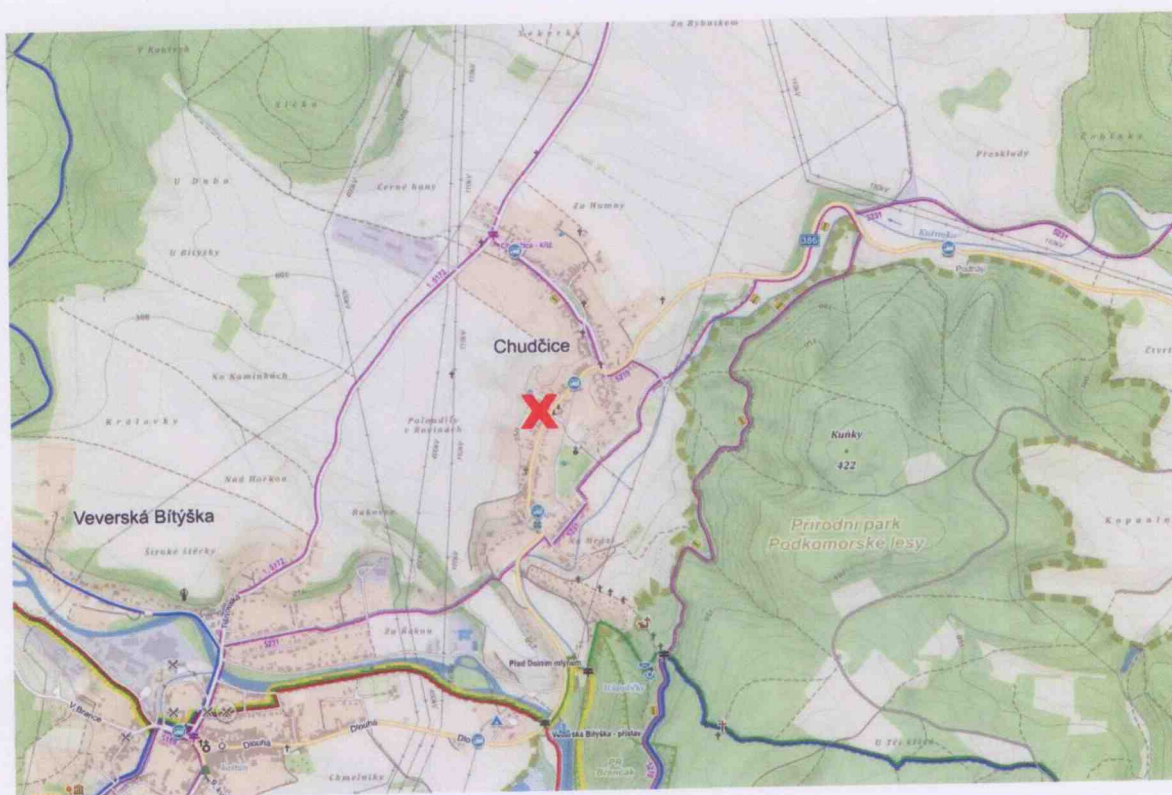
Obec Chudčice naleznete 20 km severozápadně od města Brna v mírné, příčné sníženině, geologicky dobře známé zlomové oblasti - Boskovické brázdě. S obcí jsou svázány historické poznatky o osídlování jižní Moravy, ať již Kelty, Kvády či Slovany. V jejich věku byly Chudčice rovněž součástí Velkomoravské říše.

Katastrální území obce Chudčice se rozkládá téměř výhradně v geomorfologickém okrsku Chudčická pahorkatina, který je součástí geomorfologického podcelku Oslavanská brázda.

Podél východní hranice chudčického katastrálního území protéká protáhlou sníženinou SV-JZ směru potok Kuřimka. Od údolní nivy se prudce zvedají okrajové zlomové svahy Bobravské vrchoviny s kopcem Kuňky, který dosahuje nadmořské výšky 422 m s převýšením cca 180 m.<sup>5</sup>

Obec se rozkládá na 410 ha (z čehož 35 ha tvoří lesy), k 1. 6. 2014 zde žilo 895 obyvatel. Obec není plynofikovaná. K topení se zde používají především tuhá paliva. Samotné měření probíhalo od 26. 10. do 11. 11. 2015 na pozemku před obecním úřadem v Chudčicích (Obr. 4 a Obr. 5).

GPS údaje měření: 49.2870575N, 16.4558808E. Nadmořská výška: 245 m.n.m.



Obr. 4 – Umístění měření v lokalitě Chudčice

<sup>5</sup> Web obce Chudčice - <http://www.chudcice.cz/>



Obr. 5 - Lokalita Chudčice, odběrová zařízení, měřicí kampaň 2015



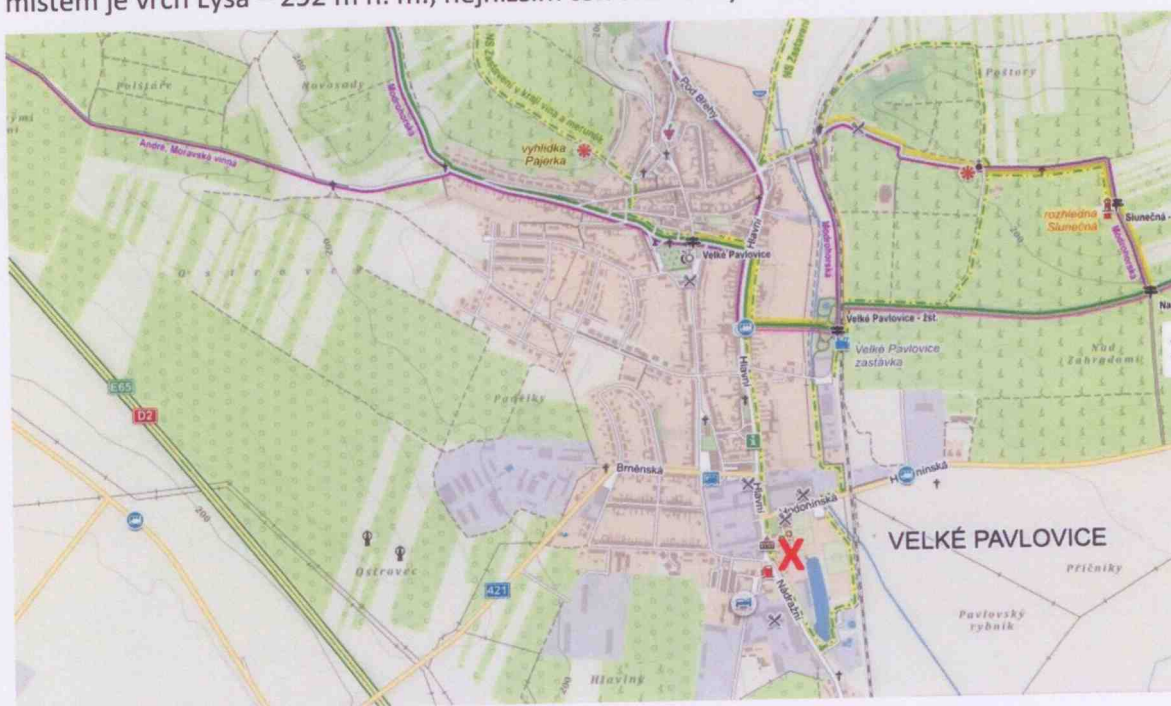
V těsné blízkosti měřicí lokality jsou rodinné domky a také obecní úřad. Jako hlavní zdroj ovlivňující kvalitu v této oblasti jsou bezesporu lokální topeniště, nárazově může jít také o vliv dopravy. V obci není žádný významnější průmyslový zdroj znečišťování ovzduší. Obec leží v dolíku Boskovické brázdy, není dostatečně provětrávána.

V lokalitě Chudčice byly odebírány suspendované částice  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  na filtr s gravimetrickým stanovením a odběr benzo[a]pyrenu. Popis jednotlivých škodlivin a metod jejich stanovení je v následujících kapitolách.

### 2.1.3 Velké Pavlovice

Obec Velké Pavlovice leží zhruba 35 km jižně od Brna. Rozprostírá se na ploše 2324 ha a žije v ní 3051 obyvatel (k 1. 1. 2015). Katastr Velkých Pavlovic byl intenzivně osídlen už prvními zemědělci v neolitu a od té doby se zde různé archeologické kultury střídaly prakticky až do doby velkomoravské. Otom také svědčí archeologické nálezy z Velkých Pavlovic a okolí. Jsou zde naleziště sídlišť již z období dávno předkřesťanského<sup>6</sup>.

Katastr Velkých Pavlovic leží na rozhraní Dyjského úvalu a prvních kopců Kyjovské pahorkatiny. Reliéf krajiny se vyznačuje výraznými sníženinami, zaoblenými hřbety, mělkými sedly a výraznou nivou říčky Trkmanky. Tato krajina je ideální pro pěstování révy vinné, která zde podle písemných pramenů pěstuje již téměř osm století. Z geomorfologického hlediska patří Velké Pavlovice a okolí k Žďánickému lesu a Kyjovské pahorkatině. Nejvyšším místem je vrch Lysá – 292 m n. m., nejnižším tok Trkmanky – 168 m n. m.



Obr. 6 - Umístění měření v lokalitě Velké Pavlovice

Samotné měření probíhalo od 6. 11. do 21. 11. 2015 na pozemku Ekocentra Trkmanka (<http://www.ekocentrum-trkmanka.com/>), jak uvádí Obr. 2 a Obr. 3.

<sup>6</sup> Web obce Velké Pavlovice - <http://www.velke-pavlovice.cz/>



GPS údaje měření: 48°53'45.811"N, 16°49'11.011"E. Nadmořská výška: 175 m.n.m.



Obr. 7 - Lokalita Velké Pavlovice, měřicí vůz a odběrová zařízení, měřicí kampaň 2015

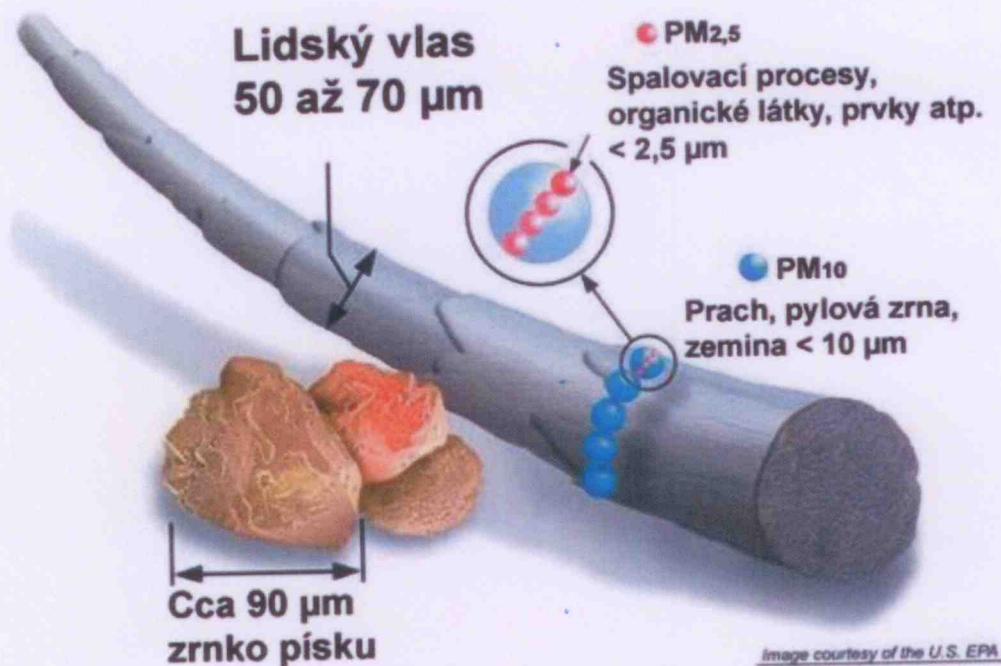
V těsné blízkosti měřicí lokality je ekocentrum Trkmanka a sportovní areál. Před ekocentrem vede ulice Nádražní. Dálnice D2 je od měřicí lokality vzdálena cca 1,3 km. Jako hlavní zdroj ovlivňující kvalitu v této oblasti jsou bezesporu lokální topeniště a vliv dopravy. V obci není žádný významnější průmyslový zdroj znečišťování ovzduší. Obec je dostatečně provětrávaná.

V lokalitě Velké Pavlovice probíhalo kontinuální měření pomocí měřicího vozu ( $PM_{10}$ , oxidy dusíku, oxid siřičitý, oxid uhelnatý, troposférický ozón), dále pak byly odebírány suspendované částice  $PM_{2,5}$  na filtr s gravimetrickým stanovením a odběr benzo[a]pyrenu. Popis jednotlivých škodlivin a metod jejich stanovení je v následujících kapitolách.

## 2.2 Měřené škodliviny, imisní limity

### 2.2.1 Suspendované částice $PM_{10}$ a $PM_{2,5}$

Suspendované částice  $PM_{10}$  jsou částice s maximální velikostí aerodynamického průměru 10  $\mu m$ , částice  $PM_{2,5}$  pak mají aerodynamický průměr maximálně 2,5  $\mu m$ . O jaké částice se velikostně jedná, ukazuje následující Obr. 8.



Obr. 8 – Srovnání velikostí částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  s zrnky písku či lidským vlasem

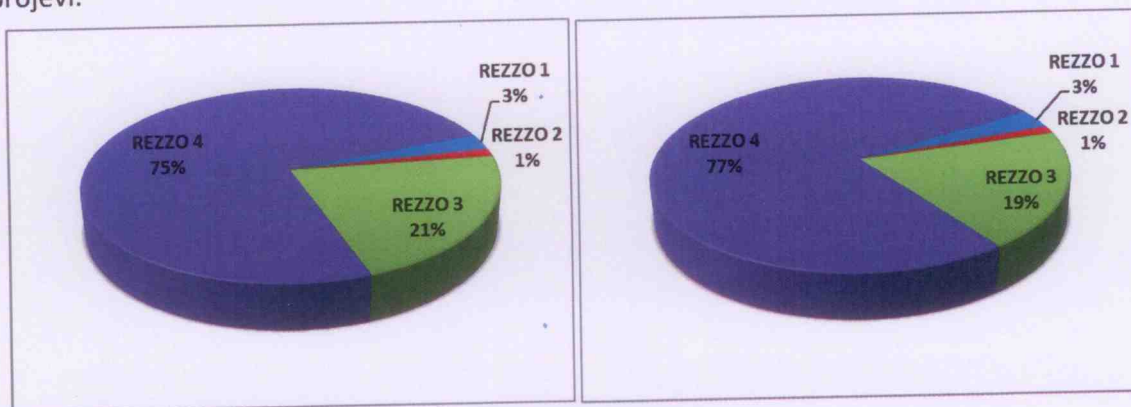
S většími částicemi si již lidské tělo umí poradit (vykašle je, popř. se zachytí na chloupkách v nose), proto se již neměří. Naopak se pozornost zaměřuje k čím dál menším částicím, protože platí, že čím menší průměr částice, tím dále se v lidském těle dostane a tím je pro člověka nebezpečnější. Negativní zdravotní účinky  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  se projevují již při velmi nízkých koncentracích bez zřejmé spodní hranice bezpečné koncentrace. Zdravotní rizika částic ovlivňuje jejich koncentrace, velikost, tvar a chemické složení. Mohou se podílet na snížení imunity, mohou způsobovat zánětlivá onemocnění plicní tkáně a oxidativní stres



organismu. Při chronickém působení mohou způsobovat respirační onemocnění a snižovat funkci plic.

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

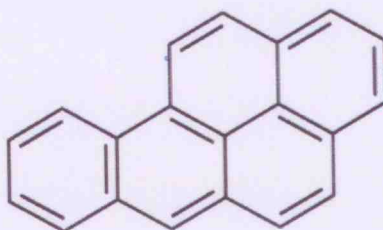
Hlavními zdrojem tuhých znečišťujících látek v Jihomoravském kraji jsou doprava a malé zdroje (lokální topeniště). Pokud se podíváme na emise jednotlivých frakcí  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ , pak je zřetelné, že zhruba tři čtvrtiny těchto suspendovaných částic produkuje doprava (REZZO 4) a zhruba 20 % pak lokální topeniště (Obr. 9). Emise z dopravy jsou soustředěny především do větších měst a podél významných dopravních tahů. V obcích jako Prácheň a Chudčice budou rozhodující lokální topeniště. Ve Velkých Pavlovicích se již doprava může stát zdrojem emisí PM projeví.



Obr. 9 – Bilance emisí  $PM_{10}$  (vlevo) a  $PM_{2,5}$  (vpravo) v Jihomoravském kraji <sup>7</sup>

### 2.2.2 Benzo[a]pyren

Benzo[a]pyren (BaP, Obr. 10) je legislativním zástupcem polyaromatických uhlovodíků. Přírodní hladina pozadí benzo[a]pyrenu může být s výjimkou výskytu lesních požárů téměř nulová. Jeho antropogenním zdrojem, stejně jako ostatních polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH), je jednak nedokonalé spalování fosilních paliv jak ve stacionárních (domácí topeniště) tak i v mobilních zdrojích (motory spalující naftu), ale také výroba koksu, železa a obalovny živičných směsí. Benzo[a]pyren, stejně jako další PAH s 5 a více aromatickými jádry, je navázán především na částice menší než  $2,5 \mu m$ .



Obr. 10 – Strukturní vzorec benzo[a]pyrenu

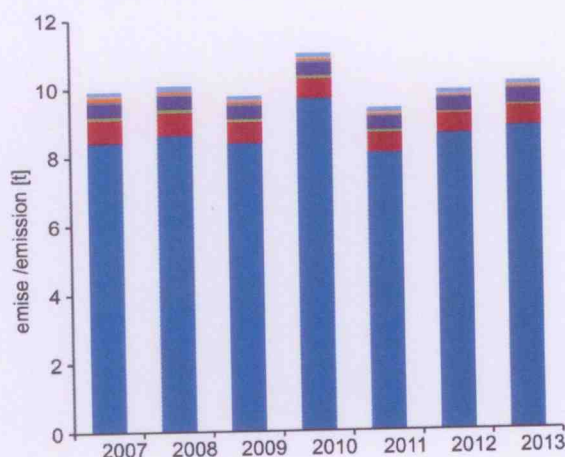
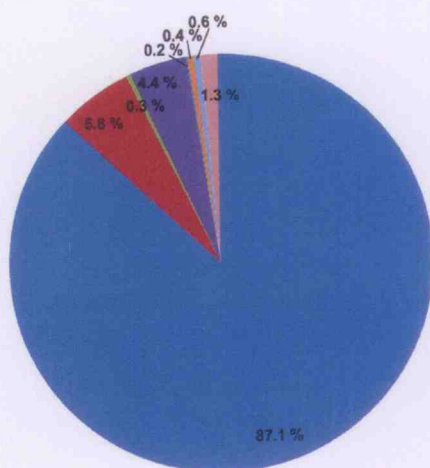
<sup>7</sup> Program zlepšování kvality ovzduší, zóna Jihovýchod (MŽP, 2015)



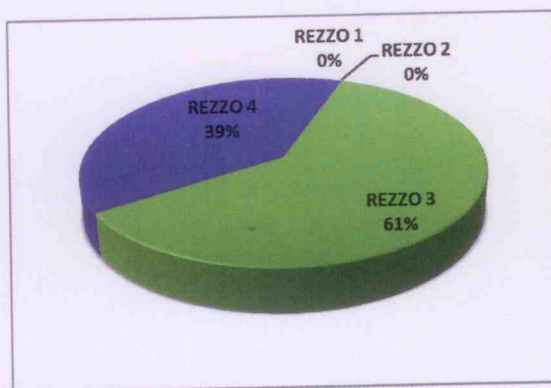
U benzo[a]pyrenu, stejně jako u některých dalších PAH, jsou prokázány karcinogenní účinky na lidský organismus<sup>8</sup>.

Hlavním zdrojem benzo[a]pyrenu v zimním období jsou v České Republice lokální topeniště (Obr. 11). Obdobná situace bude i v Jihomoravském kraji. Odlišný podíl lokálních topenišť na znečištění BaP je v aglomeraci Brno, kde je jednak centrální zásobování teplem a zároveň vysoký podíl dopravy. I tak jsou pro emise benzo[a]pyrenu rozhodující lokální topeniště (61 %), svůj vliv však má i doprava (39 %). Ale v obcích, jako jsou Prace, Chudčice a také Velké Pavlovice, bude vliv lokálních topenišť zcela rozhodující.

1A4bi - Lokální vytápění domácností / Residential: Stationary  
 1A3biii - Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 tuny / Road transport: Heavy duty vehicles and buses  
 1A2a - Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Železo a ocel / Stationary combustion in manufacturing industries and construction: Iron and steel  
 1A3bi - Silniční doprava: Osobní automobily / Road transport: Passenger cars  
 1B1b - Fugitivní emise z pevných paliv: Transformace pevných paliv / Fugitive emission from solid fuels: Solid fuel transformation  
 1A1a - Veřejná energetika a výroba tepla / Public electricity and heat production  
 1A4ai - Služby / instituce: Stacionární spalovací zdroje / Commercial/institutional: Stationary  
 Ostatní / Other



Obr. 11 - Emise benzo[a]pyrenu v České Republice dle kategorií zdrojů NFR (2013)<sup>8</sup>



Obr. 12 - Emise benzo[a]pyrenu v Jihomoravském kraji<sup>9</sup>

<sup>8</sup> ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky,“ 2015. [Online]. Available: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html).

<sup>9</sup> Program zlepšování kvality ovzduší, zóna Jihovýchod (MŽP, 2015)

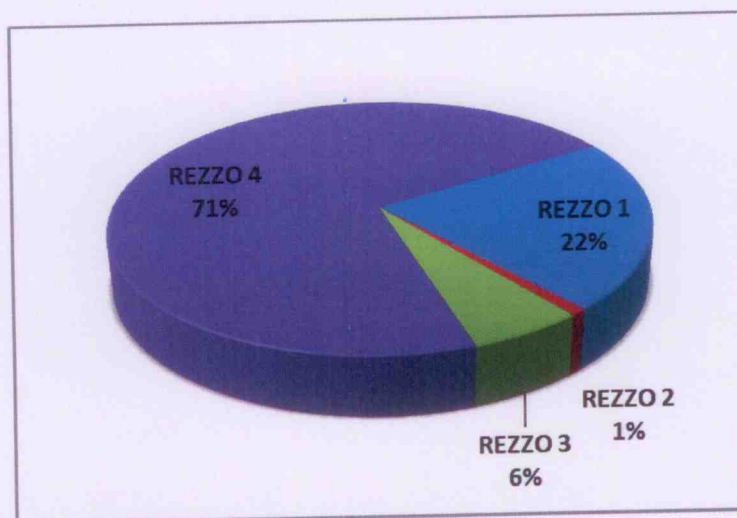
### 2.2.3 Oxid dusičitý

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

V Evropě vznikají emise oxidů dusíku (NO<sub>x</sub>) převážně z antropogenních spalovacích procesů, kde NO vzniká reakcí mezi dusíkem a kyslíkem ve spalovaném vzduchu a částečně i oxidací dusíku z paliva. Hlavní antropogenní zdroje představuje především silniční doprava (významný podíl má ovšem i doprava letecká a vodní) a dále spalovací procesy ve stacionárních zdrojích.

K překročení ročního imisního limitu NO<sub>2</sub> dochází 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.

Majoritním zdrojem emisí NO<sub>x</sub> v Jihomoravském kraji je doprava (mobilní zdroje znečišťování – REZZO 4). Zhruba 22 % oxidů dusíků produkují zvláště velké a velké zdroje, lokální topeniště produkují pouze cca 6 % všech oxidů dusíku v Jihomoravském kraji (Obr. 13).



Obr. 13 - Balance emisí NO<sub>x</sub> v Jihomoravském kraji (2013)<sup>10</sup>

<sup>10</sup> [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/13embil/index\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/13embil/index_CZ.html)



## 2.3 Metody měření, zajištění kvality dat (QA/QC)

Imisnímu monitoringu (IM) ČHMÚ bylo v roce 2005 ČIA uděleno Osvědčení o akreditaci pro zkušební laboratoř č. 1460 akreditovanou ČIA pro zkoušky a odběry uvedené v Příloze Osvědčení o akreditaci (viz [www.cai.cz](http://www.cai.cz) v sekci Seznam akreditovaných subjektů). Předmětem akreditace je monitoring imisí (venkovního ovzduší) a atmosférických srážek, včetně vzorkování. Příručka kvality a veškerá ostatní dokumentace IM byly vypracovány v souladu s normou ČSN/EN/ISO 17025, podle níž je imisní monitoring ČHMÚ akreditován. Dle této normy jsou akreditovány odběry i zkoušky pro všechny škodliviny hodnocené v rámci tohoto posudku.

V případě automatického měření je zajištěna metrologická návaznost na kalibrační laboratoř. Kontinuálně měřící automatické analyzátory sítě AIM plyných znečišťujících látek ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ) jsou vybaveny systémem kontroly rozsahu a nuly (zero-span check) a provádí se vždy po 23 hodinách. Dvakrát ročně jsou tyto kontinuální analyzátory kontrolovány pětibodovou kalibrací pomocí přenosného kalibrátoru HORIBA ASGU 364 kalibrovaného v KLI (Kalibrační laboratoř imisí ČHMÚ), která má funkci akreditované laboratoře pro měření imisí a je referenčním pracovištěm imisního monitoringu. Radiometrická měřidla pro stanovení koncentrací  $\text{PM}$  jsou na referenční metodu navázána s využitím testu ekvivalence.

V případě laboratorních analýz BaP a dalších PAH je kromě návaznosti na certifikovaný referenční materiál zajištěna QA/QC mimo jiné i mezilaboratorním porovnáním. Celý proces od vzorkování přes zpracování a vlastní stanovení je sledován jak z pohledu výtěžnosti, tak i kvality. Jsou sledovány skladovací i přepravní podmínky. Metoda a její parametry jsou každoročně verifikovány.

Odběr vzorků  $\text{PM}_{10}$  a  $\text{PM}_{2,5}$  a gravimetrické stanovení jsou prováděny dle požadavků ČSN EN 12341 a splňují i kvalitativní požadavky této normy. Nejistoty a mez detekce metody jsou každoročně verifikovány. Informace o rozsahu akreditace ČHMÚ je možné najít na stránkách Českého Institutu pro Akreditaci ([www.cai.cz](http://www.cai.cz)).

Tab. 2 – Meze detekce a nejistoty měření pro kontinuální měření

Škodlivina	Mez detekce ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )	Nejistota (%)
$\text{PM}_{10}$ (radiometrie)	2	20
$\text{NO}$	1,5	8
$\text{NO}_2$ a $\text{NO}_x$	2	10

Tab. 3 - Detekční limity a vyjádření nejistoty – suspendované částice  $\text{PM}_{10}$  a  $\text{PM}_{2,5}$  (gravimetrie)

Stanovení (metoda)	NEJISTOTY		Mez detekce [ $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ]	Koncentrační úroveň [ $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ]
	Standardní Rozšířená [ $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ]	Relativní Rozšířená [%]		
$\text{PM}_{10}$ , $\text{PM}_{2,5}$ (s odběrem)	3.9	21	1.6	bez udání
	7.6	76		do 14
	5.6	29		14–25
	5.9	16		nad 25
	5.1	21		na 25
	6.9	14		na 50



Tab. 4 - Detekční limity a vyjádření nejistoty – benzo[a]pyren

Škodlivina	Mez detekce ( $\text{ng} \cdot \text{m}^{-3}$ )	Kombinovaná rozšíř. nejistota včetně odběru (%)
Benzo[a]pyren (GC-MS)	0,016	17,6

### 2.3.1 Suspendované částice $\text{PM}_{10}$ a $\text{PM}_{2,5}$

Referenční metodou pro stanovení koncentrací PM je gravimetrická metoda. Vzorek se odebírá spojitou filtrací venkovního ovzduší přes vybraný filtrační materiál (membránové filtry z derivátů celulózy či teflonu s odpovídající velikostí pórů nebo ze skleněných vláken; účinnost zachytu > 99,5 %). Celkovou hmotnost aerosolových částic zachycených na filtr (v  $\mu\text{g}$ ) získáme z rozdílu hmotností filtru po a před expozicí. Požadovanou atmosférickou koncentraci (v  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ) získáme výpočtem z celkové hmotnosti částic zachycených na filtr a objemu vzduchu prosátého přes daný filtr vztaženého na okolní podmínky. Stanovení probíhá dle ČSN EN 12341 - Kvalita ovzduší – Referenční gravimetrická metoda stanovení hmotnostní koncentrace frakcí aerosolových částic  $\text{PM}_{10}$  a  $\text{PM}_{2,5}$ . Odběr PM byl prováděn na sekvenčních vzorkovačích MCZ PNS-LVS a FH-95 SEQ.

Automatická radiometrická metoda (použitá v měřicím voze) je metodou ekvivalentní, pomocí testu ekvivalence je zajištěna návaznost na referenční metodu gravimetrickou. Metoda je založena na absorpci beta záření ve vzorku zachyceném na filtračním materiálu. Z rozdílu absorpce beta záření mezi exponovaným a neexponovaným filtračním materiálem, který je úměrný hmotnosti zachycených částic aerosolu, je odvozen údaj o jeho koncentraci. V měřicím voze ČHMÚ se používá analyzátor FH62IR Thermo ESM Andersen.

### 2.3.2 Benzo[a]pyren

Odběr vzorku se provádí na quartzový filtr pomocí vzorkovače FH-95 KF. Koncentrace benzo[a]pyrenu v [ $\text{ng} \cdot \text{m}^{-3}$ ] a dalších polyaromatických látek je stanovována plynovou chromatografií s hmotnostní detekcí po předchozí extrakci vzorku, jeho vyčištění a zakoncentrování. Stanovení probíhá dle ČSN EN 15549 – Kvalita ovzduší – Normovaná metoda stanovení benzo[a]pyrenu ve venkovním ovzduší

### 2.3.3 Oxid dusičitý

Chemiluminiscenční metoda, použitá v měřicím voze, je metodou referenční. Dochází k excitaci molekul dusíku ozonem. Při přechodu molekul z excitovaného do základního energetického stavu dochází k uvolnění záření ve formě chemiluminiscence, které je detekováno fotonásobičem. V měřicím voze ČHMÚ se používá analyzátor Thermo Environmental Instruments 42 C. Stanovení probíhá dle ČSN EN 14211 - Kvalita ovzduší - Normovaná metoda stanovení oxidu dusičitého a oxidu dusnatého chemiluminiscencí.

## 2.4 Harmonogram měření

Datum	Prace	Chudčice	Velké Pavlovice
23. 10. 2015			
24. 10. 2015			
25. 10. 2015	BaP		
26. 10. 2015			
27. 10. 2015			
28. 10. 2015	BaP		
29. 10. 2015			
30. 10. 2015			
31. 10. 2015	BaP	BaP	
1. 11. 2015			
2. 11. 2015			
3. 11. 2015	BaP	BaP	
4. 11. 2015			
5. 11. 2015			
6. 11. 2015		BaP	BaP
7. 11. 2015			
8. 11. 2015			
9. 11. 2015		BaP	BaP
10. 11. 2015			
11. 11. 2015			
12. 11. 2015			BaP
13. 11. 2015			
14. 11. 2015			
15. 11. 2015			
16. 11. 2015			
17. 11. 2015			
18. 11. 2015			BaP
19. 11. 2015			
20. 11. 2015			



### 3 Meteorologické podmínky během měřicí kampaně

Začátkem měřicí kampaně postupovala přes Evropu tlaková výše směrem k severovýchodu. Po zadní straně tlakové výše nad východní Evropou k nám proudil, zejména ve vyšších vrstvách atmosféry, teplý vzduch od jihu až jihovýchodu. Tlaková výše postupně mohutněla nad východní Evropou a příliv teplého vzduchu od jihu zejména ve vyšších vrstvách atmosféry pokračoval.

Začátkem listopadu počasí u nás ovlivňovala slábnoucí tlaková výše, jejíž střed se zvolna přesunoval z Maďarska k východu. Kolem ní k nám ve vyšších vrstvách atmosféry stále pokračoval příliv teplého vzduchu od jihu. Počasí mělo inverzní charakter (viz. dále). Koncem prvního listopadového týdne přes střední Evropu postupovala slábnoucí okluzní fronta dále k východu a v oblasti vyššího tlaku vzduchu se rozpadala. V sobotu 7. listopadu po severní straně tlakové výše nad jižní Evropou postupoval přes Německo a Polsko k východu frontální systém a částečně ovlivnil i počasí u nás. Následující den k nám kolem tlakové výše nad jihozápadní a jižní Evropou proudil teplý vzduch. V těchto dnech byly naměřeny na některých stanicích teplotní rekordy, např. v Kobylí až 20,7 °C.

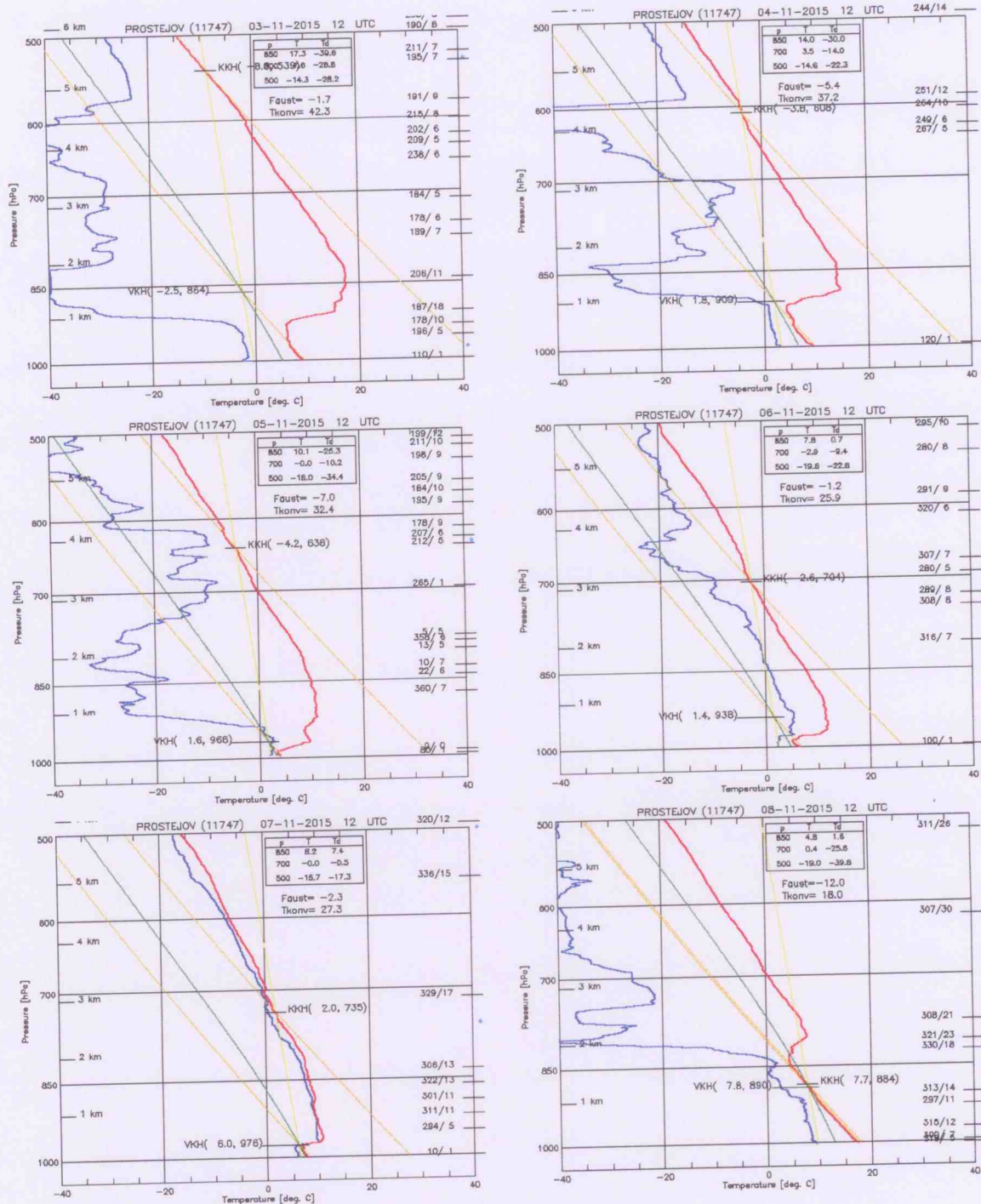
Začátkem následujícího týdne přes naše území postupoval v čerstvém západním proudění frontální systém k východu. Naše území se nacházelo v teplém západním proudění. Koncem týdne k nám kolem rozsáhlé tlakové výše nad jihozápadní a jižní Evropou postupoval z Atlantiku frontální systém. Za ním k nám pronikl chladný oceánský vzduch.

Začátkem posledního týdne měřicí kampaně přes střední Evropu postupovala zvolna k východu zvlněná teplá fronta. Za ní k nám proudil teplý vzduch od západu. Ve středu 18. 11. přes naše území postupoval v čerstvém západním proudění frontální systém. Za ním k nám proudil oceánský vzduch. Následující den v silném západním proudění postupovala do střední Evropy frontální vlna.

Po čas měřicí kampaně došlo rovněž k epizodě se zhoršenými rozptylovými podmínkami a v návaznosti na to i k epizodě s vysokými koncentracemi zejména suspendovaných částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>. V aglomeraci Brno byla dokonce kvůli vysokým koncentracím PM<sub>10</sub> vyhlášena smogová situace.

Grafy na následujícím Obr. 14 zobrazují vývoj meteorologických charakteristik ze sondážního měření. Důležitá je zejména červená křivka – vertikální profil teploty. Již 3. 11. je vidět zlom v oblasti zhruba 1 km, kdy dochází k inverznímu jevu – s rostoucí nadmořskou výškou teplota roste (při normálním chování teplota s nadmořskou výškou klesá). Svůj vliv na této situaci měl příliv teplého vzduchu od jihu zejména ve vyšších vrstvách atmosféry. Výška teplotní inverze tedy byla okolo 1 km. S postupujícími dny však neustále klesala. Atmosféra pod hranicí teplotní inverze byla stabilní, rychlosti proudění větru byly nízké a nedocházelo k rozptylu škodlivin. Zároveň neustále klesaly zejména minimální teploty, což mělo za následek vyšší míru topení a tedy produkci více škodlivin, které nebyly rozptylovány. Koncentrace tak neustále rostly až do 7. 11., kdy byla teplotní inverze rozrušena a navíc téměř po celém území kraje docházelo ke srážkám, což pomohlo vyčistit atmosféru a došlo tak k razantnímu poklesu koncentrací škodlivin v ovzduší. Poslední graf na Obr. 14 z 8. 11.

2015 tak již zobrazuje pokles teploty s rostoucí nadmořskou výškou až do cca 2 km, kde dochází k mírnému inverznímu jevu. Přesto již byly rozptylové podmínky dobré.



Obr. 14 – Vývoj teplotní inverze ve dnech 3. 11. 2015 – 8. 11. 2015

Na následujících grafech jsou zobrazeny meteorologické podmínky měření na meteorologických stanicích ČHMÚ v blízkosti obcí, kde probíhala měřicí kampaň. Jednalo se



o stanice Brno-Tuřany (pro lokalitu Prace), Brno-Žabovřesky (pro lokalitu Chudčice) a Kobylí (pro lokalitu Velké Pavlovice).

První graf pro každou lokalitu je vždy pro teplotu (průměrná, maximální a minimální). Druhý graf zobrazuje úhrn srážek za den (SRA) a hodiny slunečního svitu (SSV). Poslední graf pak zobrazuje průměrnou a maximální rychlost proudění větru.



Obr. 15 – Meteorologické charakteristiky v lokalitě Brno-Tuřany po čas měřící kampaně v lokalitě Prace

Z grafů na Obr. 15 je patrné, že po čas měření v Praci panovala dlouhá bezesrážková epizoda. Z počátku kampaně byly rychlosti větru dostatečné, aby se látky v ovzduší dobře rozptylovaly. Postupně však rychlosti větru klesaly i v návaznosti na inverzní charakter počasí zmíněný dříve v této kapitole. Patrný je rovněž pokles teplot ke konci měřící kampaně značící zvýšenou nutnost topit.

Rovněž během měřicí kampaně v Chudčicích nebyly zaznamenány téměř žádné srážky – první přišly až 7. 11. 2015 a pomohly vyčistit atmosféru po epizodě se zhoršenými rozptylovými podmínkami a vysokými koncentracemi suspendovaných částic. Během této epizody byly měřeny nejnižší teploty, které ke konci epizody opět mírně začaly stoupat.

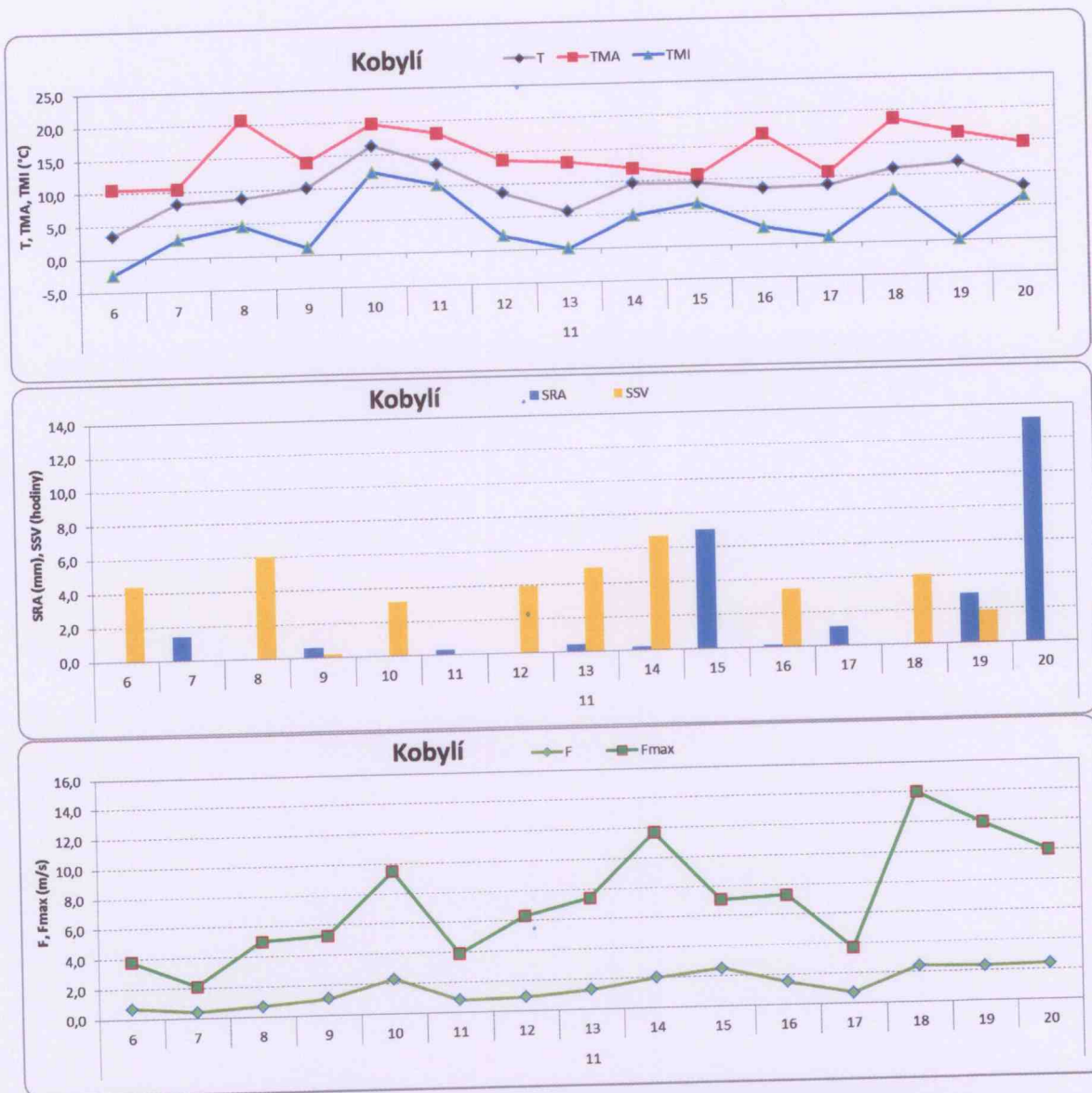
Průměrné rychlosti větru byly vyšší pouze začátkem měřicí kampaně, poté byly nízké, což způsobovalo horší rozptyl škodlivin v atmosféře. Ke konci měřicí kampaně se situace mírně zlepšila.



Obr. 16 - Meteorologické charakteristiky v lokalitě Brno-Žabovřesky po čas měřicí kampaně v lokalitě Chudčice

V lokalitě Velké Pavlovice se začalo měřit během epizody se zhoršenými rozptylovými podmínkami. Hned v první den byly naměřeny nejnižší teploty za celou 14-ti denní kampaň. Během této kampaně již byly vydatnější srážky, což se projevilo i v měřených koncentracích.





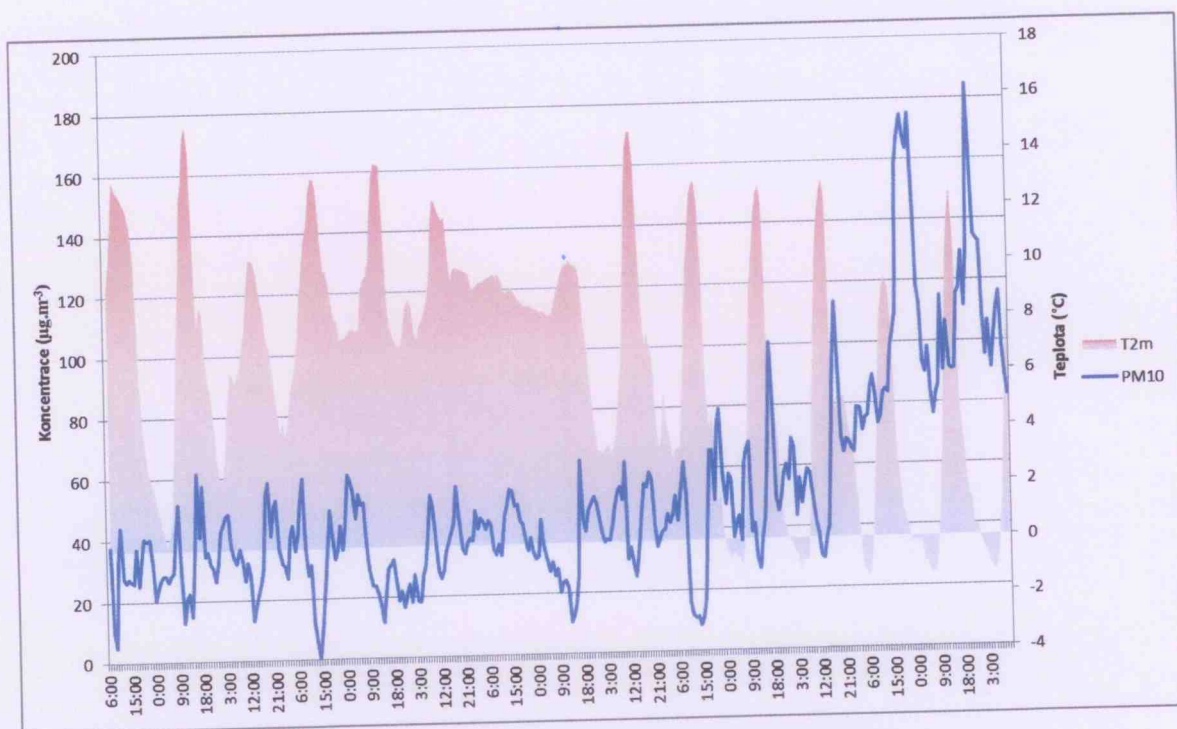
Obr. 17 - Meteorologické charakteristiky v lokalitě Kobylí po čas měřicí kampaně v lokalitě Velké Pavlovice

## 4 Vyhodnocení kvality ovzduší

### 4.1 Suspendované částice PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>

Jak již bylo uvedeno dříve, suspendované částice PM<sub>10</sub> se měřily všude, avšak pouze v Praci a Velkých Pavlovicích kontinuálně. Proto jsou pro tyto dvě lokality dostupná i hodinová data, pro Chudčice jsou dostupné pouze denní hodnoty. V případě suspendovaných částic PM<sub>2,5</sub> je situace na všech lokalitách stejná – jsou dostupná pouze denní data.

První grafy jsou tedy věnovány hodinovým koncentracím PM<sub>10</sub> v lokalitách Prace a Velké Pavlovice. Data jsou doplněna o meteorologické prvky ovlivňující aktuální koncentrace suspendovaných částic – teplota a rychlost proudění větru. Z hodinových hodnot byla rovněž konstruována větrná ružice a koncentrační ružice pro PM<sub>10</sub>.

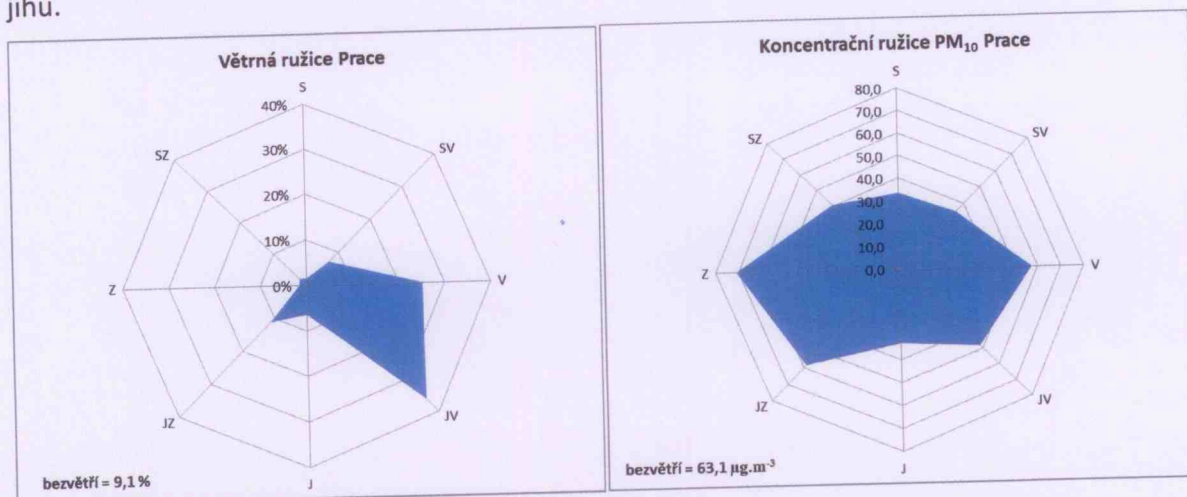


Obr. 18 - Průměrné hodinové koncentrace PM<sub>10</sub> v závislosti na teplotě vzduchu, lokalita Prace

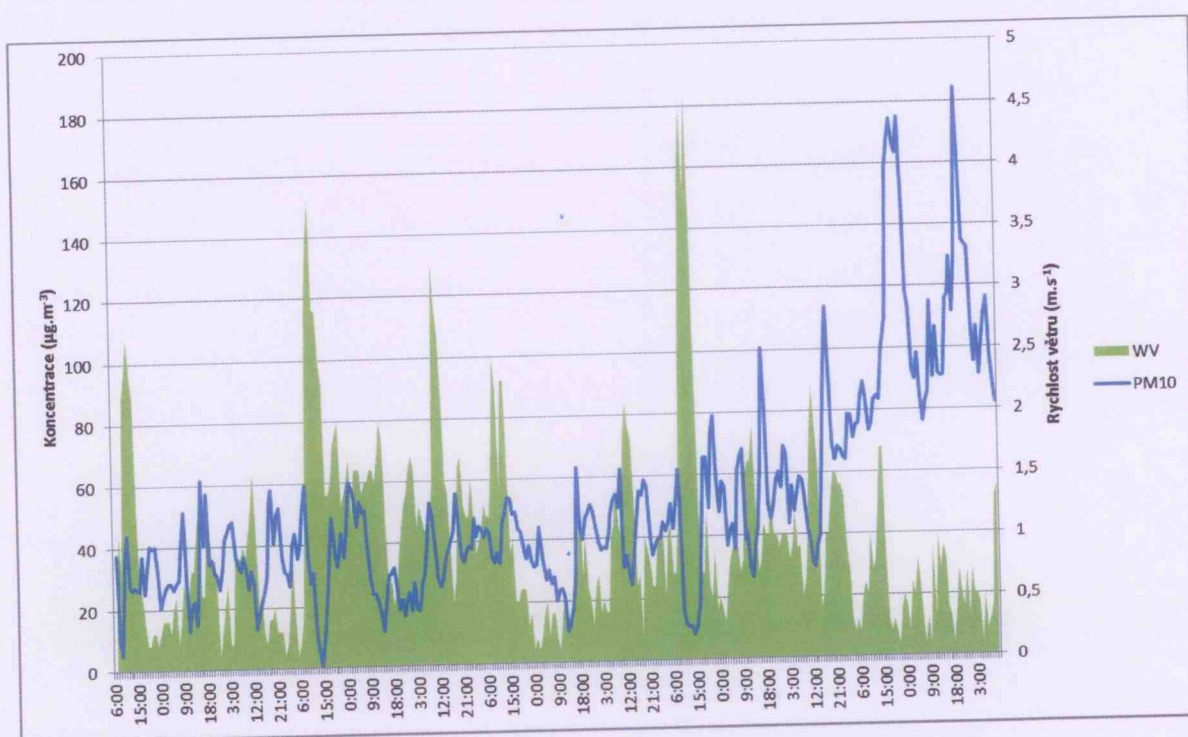
Z grafu na Obr. 18 je patrné, že pokud byly teploty vyšší a ani v noci neklesaly pod 0°C, koncentrace PM<sub>10</sub> se držely relativně nízko. Koncem měřicí kampaně však začaly teploty klesat níže a níže, což se projevilo nárůstem koncentrací. Koncentračních maxim bylo dosaženo v nočních hodinách, kdy byly nejnižší teploty a lidé tudíž museli nejvíce topit. Již tento graf poukazuje na významný vliv lokálních topenišť v lokalitě Prace na koncentrace suspendovaných částic. Obdobně je pak z grafu na Obr. 20 patrné, že s klesajícími rychlostmi větru rostou koncentrace PM<sub>10</sub> kvůli snížené možnosti rozptýlu. Patrné je to zejména koncem měřicí kampaně, kdy z důvodu teplotní inverze významně poklesly rychlosti proudění větru a naopak vzrostly koncentrace suspendovaných částic. Z větrné ružice vyplývá, že převládalo východní a jihovýchodní proudění, zhruba v 9,1 % času vládlo bezvětří.



A právě během bezvětří byly měřeny velmi vysoké koncentrace  $PM_{10}$  – v průměru zhruba  $63,1 \mu g \cdot m^{-3}$ . Vyšší průměr mělo pouze západní proudění, které však panovalo pouze v 1,5 % času kampaně. Nejnižší koncentrace byly měřeny při proudění ze severu, severovýchodu a jihu.

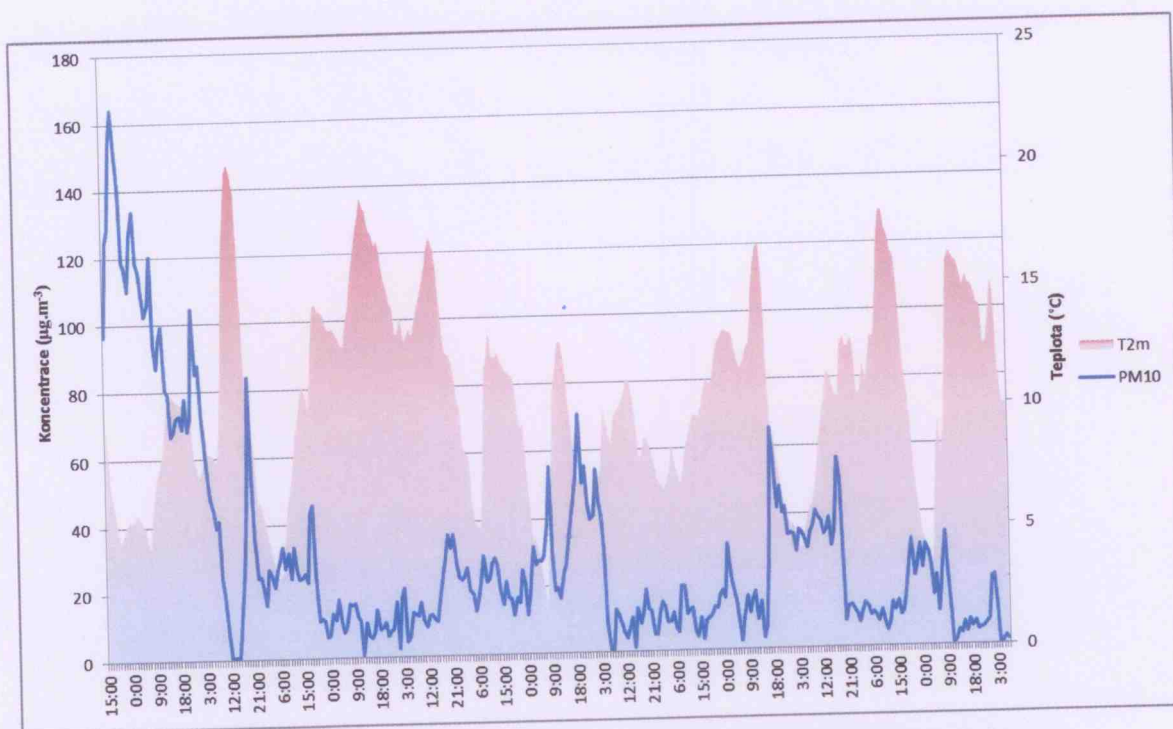


Obr. 19 – Větrná a koncentrační ružice pro  $PM_{10}$ , lokalita Prace

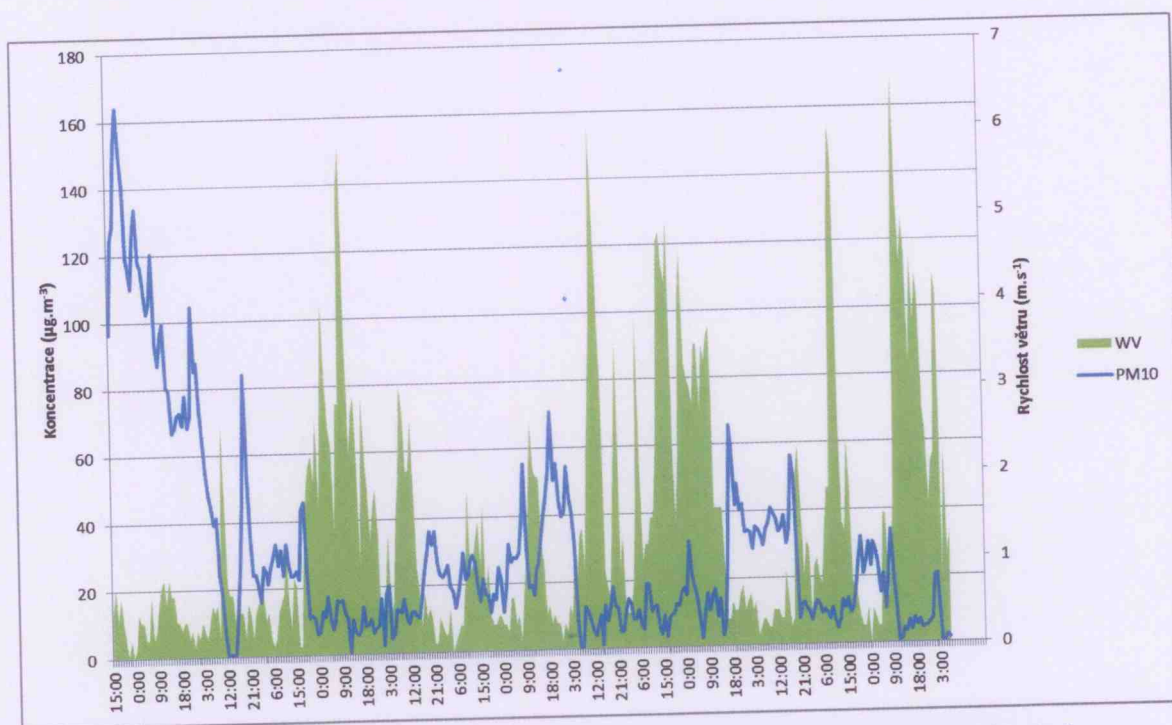


Obr. 20 – Průměrné hodinové koncentrace  $PM_{10}$  v závislosti na rychlosti proudění větru, lokalita Prace

Obdobně byla hodnocena i lokalita Velké Pavlovice. Zde již teploty pod  $0^{\circ}C$  neklesaly (Obr. 21) a rychlost proudění větru kromě začátku kampaně s doznívající inverzí nikdy významněji neklesly. I tak bylo patrné, že v některých dnech při poklesu rychlosti proudění vzrostly koncentrace suspendovaných částic. A naopak při vyšších rychlostech větru koncentrace částic klesly (Obr. 22).

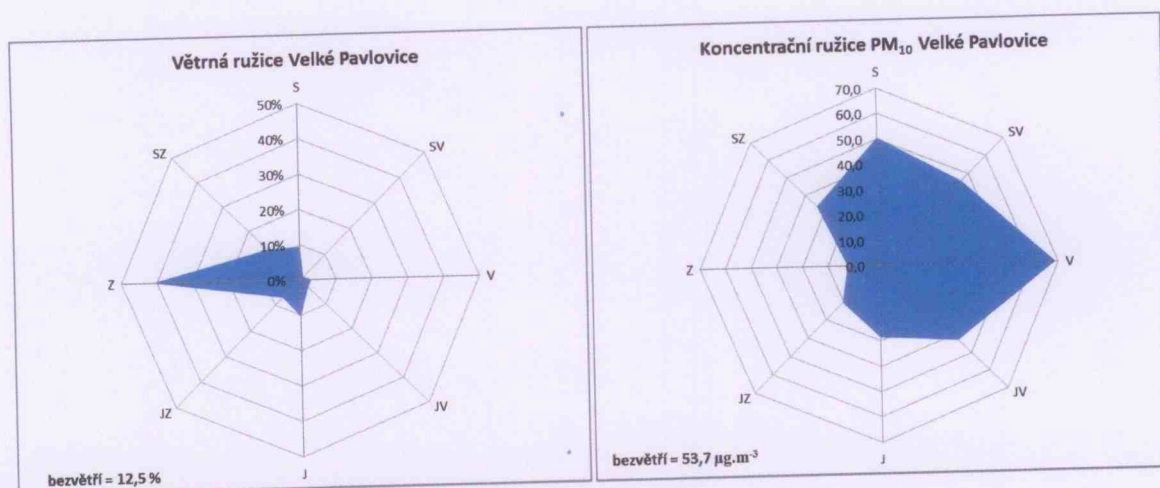


Obr. 21 - Průměrné hodinové koncentrace PM<sub>10</sub> v závislosti na teplotě vzduchu, lokalita Velké Pavlovice



Obr. 22 - Průměrné hodinové koncentrace PM<sub>10</sub> v závislosti na rychlosti proudění větru, lokalita Velké Pavlovice

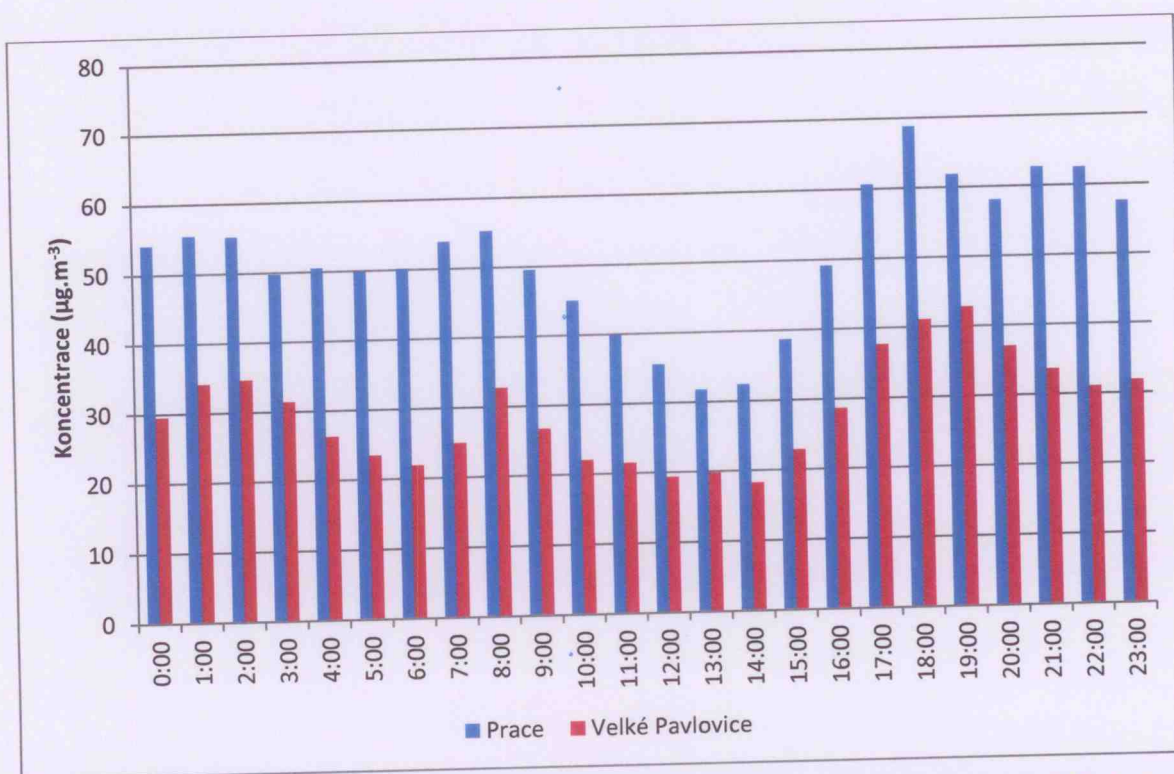




Obr. 23 - Větrná a koncentrační růžice pro PM<sub>10</sub>, lokalita Velké Pavlovce

Z větrné růžice vyplývá, že převažovalo západní proudění, přesto maxima koncentrací bylo dosaženo při východních směrech, které však byly zastoupeny jen 3 % času kampaně. Výrazněji bylo zastoupeno také bezvětří (rychlost proudění větru nižší než 0,2 m.s<sup>-1</sup>), během něhož docházelo rovněž ke zvýšeným koncentracím – v průměru 53,7 µg.m<sup>-3</sup>.

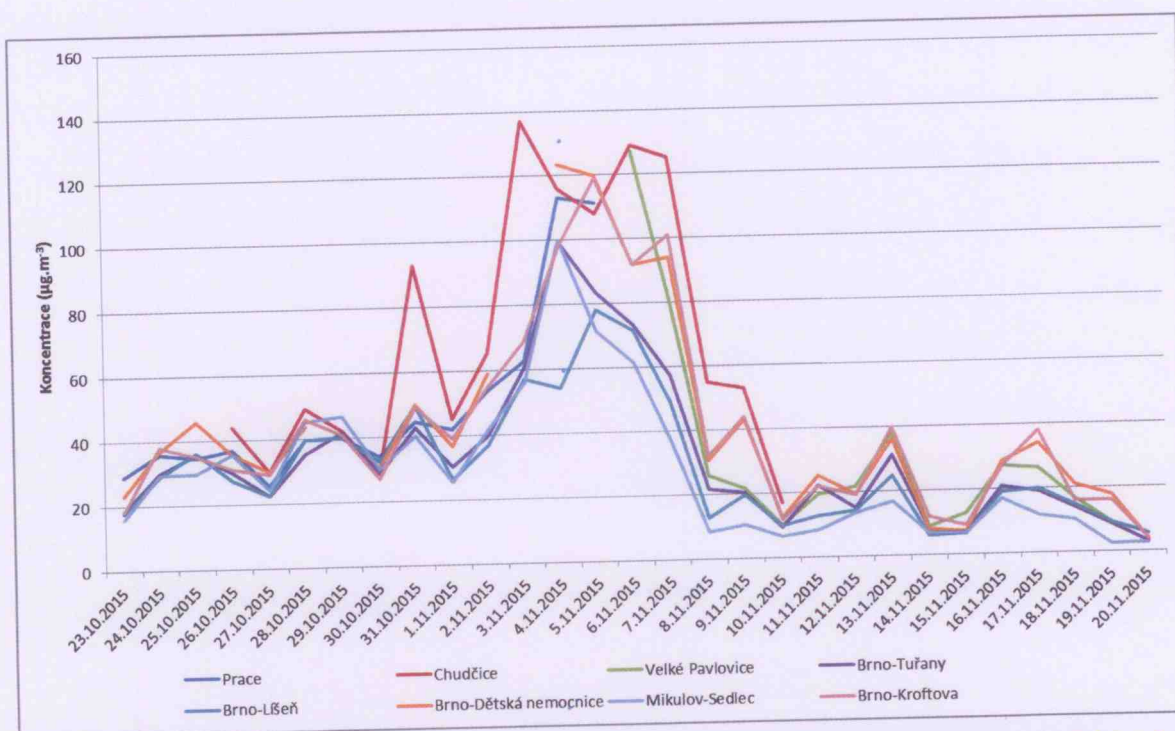
Graf na Obr. 24 zobrazuje zprůměrované koncentrace po čas kampaně v jednotlivých hodinách. V obou lokalitách je zřetelný největší nárůst koncentrací mezi 15:00 a 19:00 – v době, kdy se lidé vrací z práce a zatápějí, svůj díl bude hrát i doprava a meteorologické podmínky. Koncentrace v Praze jsou dlouhodobě vyšší než ve Velkých Pavlovicích, na což však měla významný vliv epizoda se zhoršenými rozptylovými podmínkami.



Obr. 24 – Průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> v jednotlivou denní dobu po čas měřicí kampaně, lokality Prace a Velké Pavlovce

Avšak vliv lokálních topenišť bude zřejmě nejdůležitější, koncentrace jsou dvojnásobné oproti 13. resp. 14. hodině, kdy jsou v obou lokalitách minimální. Ve Velkých Pavlovicích je mírně zřetelnější i ranní špička, avšak večerních koncentrací nedosahuje.

Z hlediska 24hodinových koncentrací již mohou být hodnoceny i Chudčice. Pro zasazení měření do kontextu státní sítě imisního monitoringu byla využita i data ze stanic ČHMÚ, a to Brno-Tuřany (předměstská pozadová lokalita vzdálená od lokality Prace cca 5 km vzdušnou čarou), Brno-Dětská nemocnice (městská pozadová lokalita v centru Brna), Brno – Líšeň (městská pozadová lokalita v rezidenční části Brna, napojené na CZT), Brno-Kroftova (městská dopravní lokalita v Brně-Žabovřeskách) a Mikulov-Sedlec (regionální pozadová lokalita umístěná mimo obec a bez dopravního ovlivnění).



Obr. 25 – Srovnání průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> na měřicích lokalitách kampaně a vybraných lokalitách státní sítě imisního monitoringu

Z grafu na Obr. 25 je patrné, že všechny lokality sledují obdobný trend, který je závislý zejména na meteorologických podmínkách a nadregionálních vlivech. Minimální koncentrace byly dlouhodobě měřeny v lokalitě Mikulov-Sedlec, tuto stanici lze považovat za regionální pozadí Jihomoravského kraje (lokalita je téměř bez lokálního ovlivnění).

Nízké koncentrace byly dále měřeny na městské pozadové stanici Brno-Líšeň, ležící v sídlišti se zhruba 30.000 obyvateli, které je však napojeno na centrální zásobování teplem a leží v dobře provětrávané lokalitě.

Graf naznačuje, že vysoké koncentrace byly měřeny v lokalitě Chudčice, kde se rovněž vyskytují píky, které nejsou u ostatních lokalit. To poukazuje na lokální ovlivnění, s největší pravděpodobností na zvýšený vliv lokálních topenišť v některé dny. Hodnoty průměrných denních koncentrací zobrazuje Tab. 5.



Tab. 5 - Srovnání průměrných denních koncentrací PM<sub>10</sub> na měřicích lokalitách kampaně a vybraných lokalitách státní sítě imisního monitoringu

Datum	Prace	Chudčice	Velké Pavlovice	Brno-Tuřany	Brno-Líšeň	Brno-Dětská nemocnice	Mikulov-Sedlec	Brno-Kroftova
23.10.2015	28,9			18,3	17,4	23,1	15,6	18
24.10.2015	35,7			29,9	28,8	36,9	29,3	38
25.10.2015	34,6			35,5	36,1	45,9	29,5	35
26.10.2015	36,9	44,1		30,0	27,3	35,5	35,4	31
27.10.2015	25,6	29,9		22,3	22,4	29,9	24,2	29
28.10.2015	39,7	49,3		35,4	39,7	43,7	45,4	46
29.10.2015	39,9	42,3		41,7	40,1		46,6	41
30.10.2015	34,0	29,1		28,5	32,4	30,5	30,1	27
31.10.2015	44,5	93,0		42,8	49,7	49,8	40,3	49
1.11.2015	41,9	45,3		30,3	26,3	36,7	25,6	39
2.11.2015	53,8	65,5		39,9	36,8	59,2	41,6	55
3.11.2015	62,8	137,0		60,7	57,0		55,7	69
4.11.2015	113,0	116,0		99,5	54,1	123,3	99,9	98
5.11.2015	111,1	108,0		83,5	78,1	119,7	71,3	119
6.11.2015		129,0	127,1	73,2	71,5	91,9	61,5	92
7.11.2015		125,0	81,2	57,2	48,8	94,1	37,1	101
8.11.2015		55,0	25,9	21,5	12,5	30,8	8,3	32
9.11.2015		53,0	21,7	20,3	19,6	43,2	10,3	44
10.11.2015		44,1	10,0	9,2	9,8	12,4	6,4	12
11.11.2015			19,4	22,1	12,6	25,2	8,3	22
12.11.2015			21,5	15,0	14,2	19,5	13,4	19
13.11.2015			37,9	31,0	24,8	36,3	16,7	40
14.11.2015			8,8	8,0	5,9	7,9	6,8	12
15.11.2015			12,7	7,0	6,4	7,3	6,8	9
16.11.2015			27,3	20,8	19,1	28,5	17,0	27
17.11.2015			26,2	19,2	20,0	34,1	11,8	38
18.11.2015			16,7	14,0	14,8	21,1	10,2	16
19.11.2015			9,1	8,6	9,0	17,8	2,5	16

Tab. 6 – Průměrné koncentrace PM<sub>10</sub> během jednotlivých kampaní na jednotlivých lokalitách

	Prace	Chudčice	Velké Pavlovice	Brno-Tuřany	Brno-Líšeň	Brno-Dětská nemocnice	Mikulov-Sedlec	Brno-Kroftova
Kampaň Prace	50,2	69,0	--	42,7	39,0	52,9	42,2	49,6
Kampaň Chudčice	54,8	71,2	--	43,5	39,1	57,2	40,0	55,3
Kampaň Velké Pavlovice	--	--	31,8	23,4	20,6	33,6	15,5	50,5

Tab. 6 zobrazuje průměrné koncentrace  $PM_{10}$  za jednotlivé kampaně na jednotlivých lokalitách. Z tabulky je patrné, že nejvyšší koncentrace byly měřeny v lokalitě Chudčice, avšak během této kampaně se nejvíce projevila epizoda se zhoršenými rozptylovými podmínkami a vyhlášením smogové situace pro aglomeraci Brno. Proto jsou v následující Tab. 7 vyjádřeny koncentrace v lokalitách měřící kampaně relativně proti hodnotám státní sítě imisního monitoringu. Celkově byly nejhorší výsledky naměřeny v Chudčicích, které dosahovaly vyšších koncentrací oproti všem lokalitám. Zajímavostí je pouze srovnání s regionální pozadovou stanicí Mikulov – Sedlec, kdy ještě hůř než Chudčice dopadly Velké Pavlovice, ale zde to bylo zapříčiněno zejména velmi nízkými koncentracemi v době měřící kampaně na stanici Mikulov-Sedlec.

Tab. 7 – Relativní vyjádření průměrných koncentrací v lokalitách měřící kampaně proti lokalitám státní sítě imisního monitoringu

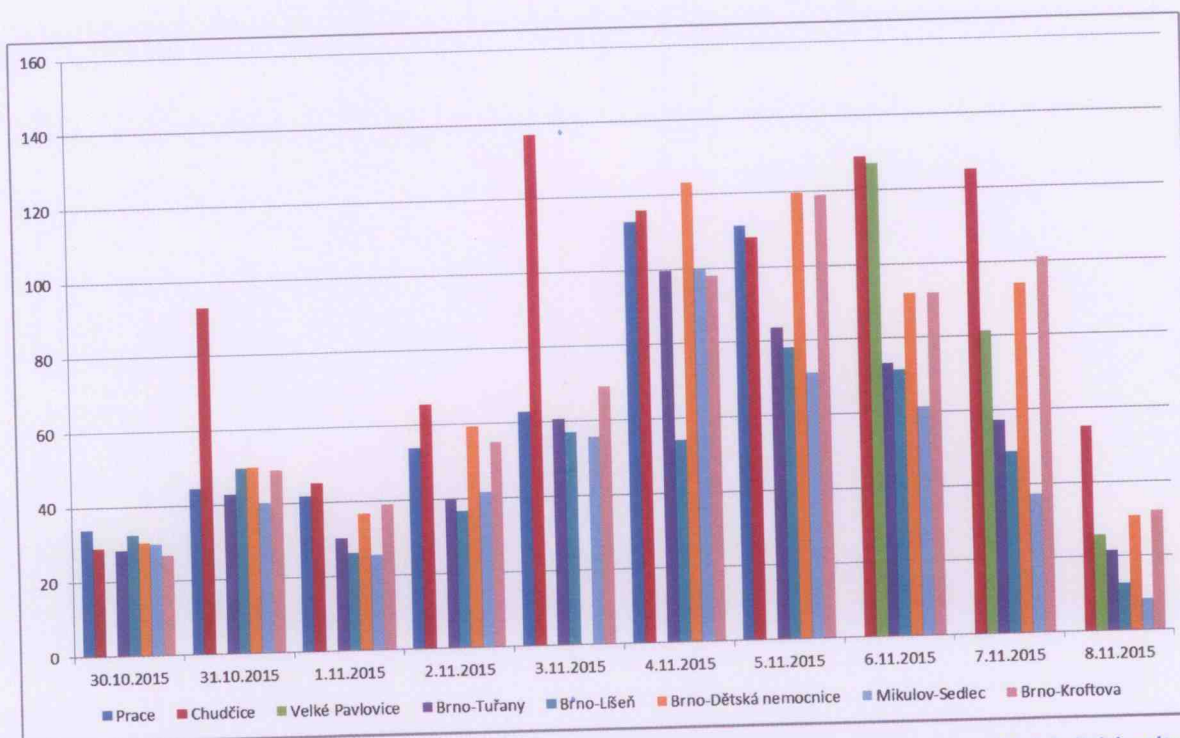
	Brno-Tuřany	Brno-Líšeň	Brno-Dětská nemocnice	Mikulov-Sedlec	Brno-Kroftova
Prace	117%	129%	95%	119%	101%
Chudčice	164%	182%	124%	178%	129%
Velké Pavlovice	136%	154%	95%	205%	63%

Lze tedy konstatovat, že během měřící kampaně se lokalita Prace a Velké Pavlovice chovaly koncentračně podobně, jako centrum města Brna (Brno-Dětská nemocnice, Brno-Kroftova). Oproti rezidenční části Brna (Brno-Líšeň) jsou koncentrace o 30 % (Prace) a 50 % (Velké Pavlovice) vyšší. Srovnání s předměstskou lokalitou Brno-Tuřany, která již může být ovlivněna lokálními topeništi z okolních obcí (Šlapanicko) vychází 5 km vzdálená lokalita Prace o 20 % hůř, Velké Pavlovice pak zhruba o 35 % hůř. Proti regionální pozadové lokalitě Mikulov Sedlec vychází lokalita Prace pouze o 20 % horší, naproti tomu lokalita Velké Pavlovice byly dvojnásobně horší, zejména díky tomu, že průměrná koncentrace v lokalitě Mikulov-Sedlec za tuto kampaň byla pouze  $15,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Naproti tomu lokalita Chudčice vychází o 20 – 30 % hůř i oproti centru města Brna, oproti rezidenční části v Brně-Lišni je to již o 80 % horší, což je podobná hodnota jako v případě regionální pozadové lokality Mikulov-Sedlec.

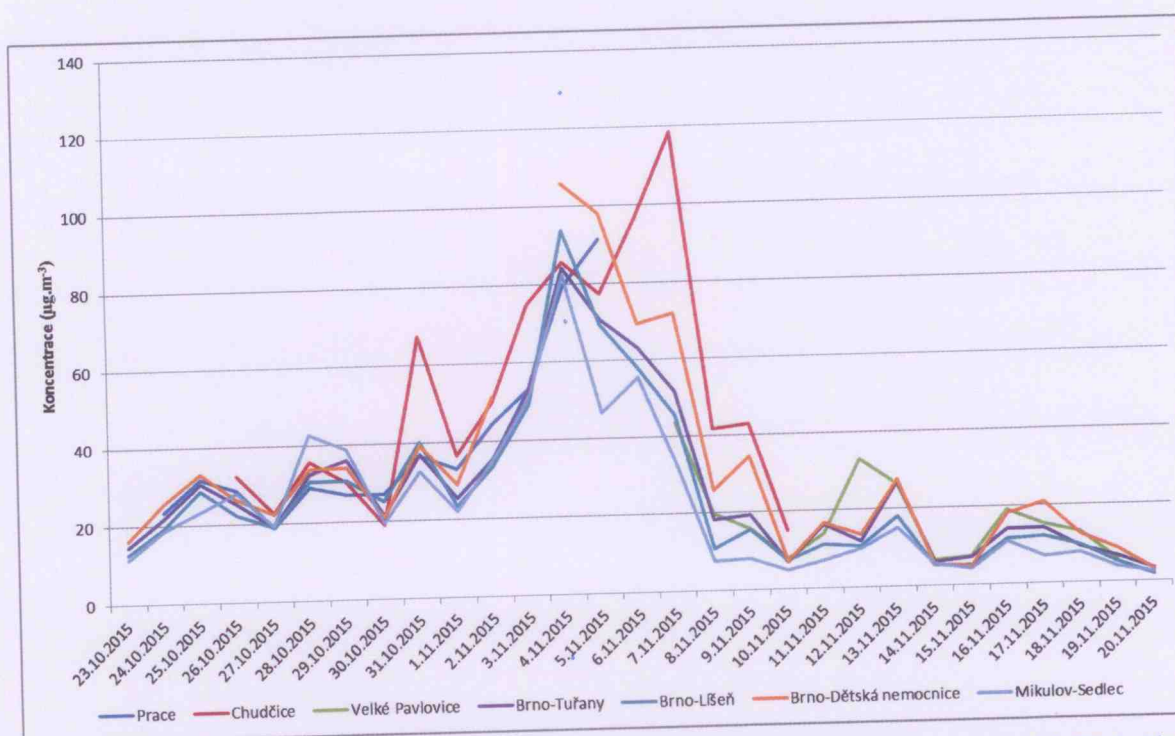
Jak již bylo uvedeno, během měřící kampaně byla zaznamenána epizoda se zhoršenými rozptylovými podmínkami, která vyústila až ve vyhlášení smogové situace pro aglomeraci Brno. Příčiny této epizody byly vysvětleny v kapitole 3 - Meteorologické podmínky během měřící kampaně. Koncentrace během této epizody jsou detailněji zobrazeny v grafu na Obr. 26. Je patrné, že velmi často jsou nejvyšší koncentrace měřeny v lokalitě Chudčice. V době nejvyšších koncentrací (4. – 6. 11. 2015) byly nejvyšší koncentrace měřeny právě v lokalitách měřící kampaně. Sekundovat jim mohly pouze lokality v centru města (Brno-Dětská nemocnice, Brno-Kroftova), kde však působí podstatně více vlivů – doprava, průmyslové zdroje v Brně atp. Rozdíl mezi lokalitou Chudčice a regionální pozadovou lokalitou Mikulov-Sedlec činil 5. 11. 2015 necelých  $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  a 6. 11. 2015 dokonce necelých  $70 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Lokalita Prace se od nedaleké lokality Brno-Tuřany lišila dne 5. 11. 2015 o necelých  $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ .





Obr. 26 - Srovnání průměrných denních koncentrací  $PM_{10}$  na měřicích lokalitách kampaně a vybraných lokalitách státní sítě imisního monitoringu během epizody se zhoršenými rozptylovými podmínkami

Obdobně jako průměrné denní koncentrace  $PM_{10}$  byly hodnoceny i koncentrace  $PM_{2,5}$ .



Obr. 27 - Srovnání průměrných denních koncentrací  $PM_{2,5}$  na měřicích lokalitách kampaně a vybraných lokalitách státní sítě imisního monitoringu

Z grafu na Obr. 27 je patrný obdobný vývoj koncentrací jako v případě  $PM_{10}$ . Do hodnot koncentrací se velmi výrazně promítla epizoda se zhoršenými rozptylovými podmínkami, po které však došlo k velmi výraznému poklesu koncentrací. Již z grafu je patrné, že nejvyšší hodnoty byly opět měřeny především v lokalitě Chudčice. Hodnoty průměrných denních koncentrací  $PM_{2,5}$  jsou uvedeny v Tab. 8.

Tab. 8 - Srovnání průměrných denních koncentrací  $PM_{2,5}$  na měřicích lokalitách kampaně a vybraných lokalitách státní sítě imisního monitoringu

Datum	Prace	Chudčice	Velké Pavlovice	Brno-Tuřany	Brno-Líšeň	Brno-Dětská nemocnice	Mikulov-Sedlec
23.10.2015				14,6	12,7	16,4	11,5
24.10.2015	23,5			21,8	19,3	25,6	18,8
25.10.2015	31,6			30,7	28,6	33,2	23,3
26.10.2015	28,7	32,5		25,3	22,3	26,3	28,0
27.10.2015	18,9	22,8		19,2	19,2	22,6	19,3
28.10.2015	29,1	35,7		32,5	30,7	33,8	42,8
29.10.2015	27,0	30,3		36,0	30,5	34,0	38,6
30.10.2015	26,9	19,2		21,5	25,1	21,0	19,6
31.10.2015	36,6	67,4		37,0	40,2	39,3	32,6
1.11.2015	32,9	36,5		25,5	23,3	29,0	22,1
2.11.2015	44,5	50,2		35,3	33,4	51,4	35,0
3.11.2015	53,2	74,8		53,3	49,1		51,0
4.11.2015	79,2	85,4		84,1	93,7	105,8	82,4
5.11.2015	91,4	77,1		70,5	69,3	97,9	46,6
6.11.2015		96,9		63,3	57,9	69,4	55,5
7.11.2015		118,2	43,5	51,8	45,5	71,9	33,5
8.11.2015		41,9	19,7	18,3	10,9	25,9	7,6
9.11.2015		43,0	15,7	19,3	15,5	34,5	8,1
10.11.2015		15,0	7,8	7,0	7,5	7,3	5,0
11.11.2015			14,0	16,3	11,3	16,9	7,3
12.11.2015			32,9	11,9	10,6	13,6	9,9
13.11.2015			26,5	27,0	18,2	27,6	15,1
14.11.2015			6,5	6,1	5,3	5,5	5,8
15.11.2015			7,4	7,2	5,0	4,9	4,1
16.11.2015			19,1	14,3	11,6	18,3	11,1
17.11.2015			15,2	14,3	12,1	21,1	7,0
18.11.2015			13,2	9,3	9,8	12,5	7,9
19.11.2015			5,8	6,8	5,3	8,8	3,9

Obdobně jako v případě  $PM_{10}$  byla i pro  $PM_{2,5}$  připravena Tab. 9, která zobrazuje průměrné koncentrace  $PM_{10}$  za jednotlivé kampaně na jednotlivých lokalitách. Z tabulky je patrné, že nejvyšší koncentrace byly měřeny v lokalitě Chudčice, avšak během této kampaně se nejvíce



projevila epizoda se zhoršenými rozptylovými podmínkami a vyhlášením smogové situace pro aglomeraci Brno.

Tab. 9 - Průměrné koncentrace  $PM_{2,5}$  během jednotlivých kampaní na jednotlivých lokalitách

	Prace	Chudčice	Velké Pavlovice	Brno-Tuřany	Brno-Líšeň	Brno-Dětská nemocnice	Mikulov-Sedlec
Kampaň Prace	40,3	48,4	1,0	37,9	37,3	43,3	35,4
Kampaň Chudčice	42,6	52,9	1,0	37,5	35,9	44,7	33,0
Kampaň Velké Pavlovice	1	1	17,5	16,1	13,0	20,7	9,7

Proto jsou v následující Tab. 10 vyjádřeny koncentrace v lokalitách měřicí kampaně relativně proti hodnotám státní sítě imisního monitoringu. Celkově byly nejhorší výsledky naměřeny v Chudčicích, které dosahovaly vyšších koncentrací oproti všem lokalitám. Zajímavostí je pouze srovnání s regionální pozadovou stanicí Mikulov – Sedlec, kdy mírně hůř než Chudčice dopadly Velké Pavlovice, ale zde to bylo zapříčiněno zejména velmi nízkými koncentracemi v době měřicí kampaně na stanici Mikulov-Sedlec.

Tab. 10 - Relativní vyjádření průměrných koncentrací v lokalitách měřicí kampaně proti lokalitám státní sítě imisního monitoringu

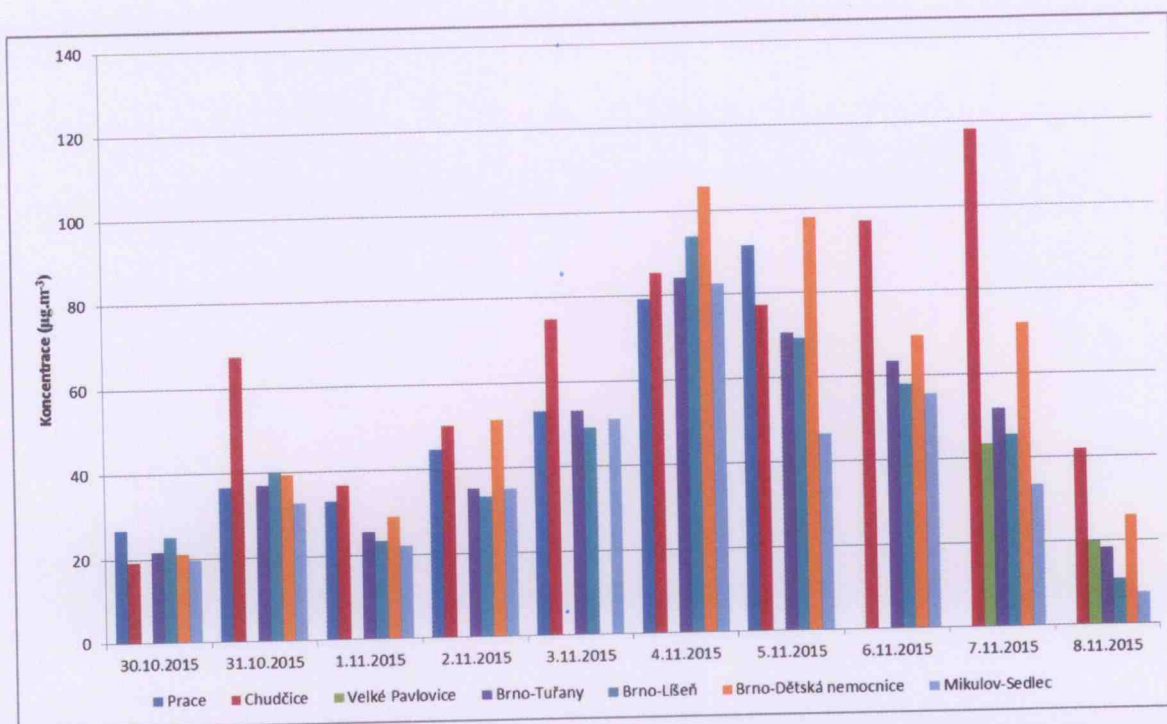
	Brno-Tuřany	Brno-Líšeň	Brno-Dětská nemocnice	Mikulov-Sedlec
Prace	106%	108%	93%	114%
Chudčice	141%	148%	119%	161%
Velké Pavlovice	108%	135%	85%	180%

Lze tedy konstatovat, že během měřicí kampaně se lokalita Prace a Velké Pavlovice chovaly koncentračně podobně, jako centrum města Brna (Brno-Dětská nemocnice). Oproti rezidenční části Brna (Brno-Líšeň) jsou koncentrace o zhruba 10 % (Prace) a 35 % (Velké Pavlovice) vyšší. Srovnání s předměstskou lokalitou Brno-Tuřany, která již může být ovlivněna lokálními topeništi z okolních obcí (Šlapanicko) vychází 5 km vzdálená lokalita Prace jen o 6 % hůř, Velké Pavlovice pak zhruba o 8 % hůř. Proti regionální pozadové lokalitě Mikulov Sedlec vychází lokalita Prace pouze o 14 % horší, naproti tomu lokalita Velké Pavlovice byly o 80 % horší, zejména díky tomu, že průměrná koncentrace v lokalitě Mikulov-Sedlec za tuto kampaň byla pouze  $9,7 \mu\text{g.m}^{-3}$ .

Naproti tomu lokalita Chudčice vychází o 20 % hůř i oproti centru města Brna, oproti rezidenční části v Brně-Lišni je to již o 50 % horší, což je podobná hodnota jako v případě regionální pozadové lokality Mikulov-Sedlec.

Jak již bylo uvedeno, během měřicí kampaně byla zaznamenána epizoda se zhoršenými rozptylovými podmínkami, která vyústila až ve vyhlášení smogové situace pro aglomeraci Brno. Příčiny této epizody byly vysvětleny v kapitole 3 - Meteorologické podmínky během měřicí kampaně. Koncentrace během této epizody jsou detailněji zobrazeny v grafu na Obr. 28. Je patrné, že velmi často jsou nejvyšší koncentrace měřeny v lokalitě Chudčice. V době nejvyšších koncentrací byly nejvyšší koncentrace měřeny právě v lokalitách měřicí kampaně. Sekundovat jim mohly pouze lokality v centru města (Brno-Dětská nemocnice), kde však

působí podstatně více vlivů – doprava, průmyslové zdroje v Brně atp. Rozdíl mezi lokalitou Chudčice a regionální pozadovou lokalitou Mikulov-Sedlec činil 5. 11. 2015 zhruba  $30 \mu\text{g.m}^{-3}$  a 6. 11. 2015 dokonce více než  $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ . Lokalita Prace se od nedaleké lokality Brno-Tuřany lišila dne 5. 11. 2015 o zhruba  $20 \mu\text{g.m}^{-3}$ . Z celkového hlediska jsou koncentrace  $\text{PM}_{2,5}$  vyrovnanější, než v případě  $\text{PM}_{10}$ . Zřejmě díky snazšímu transportu je pole koncentrací  $\text{PM}_{2,5}$  podstatně homogennější, než v případě hrubší frakce.



Obr. 28 - Srovnání průměrných denních koncentrací  $\text{PM}_{2,5}$  na měřicích lokalitách kampaně a vybraných lokalitách státní sítě imisního monitoringu během epizody se zhoršenými rozptylovými podmínkami

Zastoupení jemnější frakce  $\text{PM}_{2,5}$  v hrubší frakci  $\text{PM}_{10}$  se na jednotlivých lokalitách mírně lišilo, jak ukazují data v Tab. 11. Během kampaní v Praci a Chudčicích měla nejvyšší zastoupení jemné frakce lokalita Brno-Tuřany, během poslední kampaně ve Velkých Pavlovicích pak lokalita Mikulov – Sedlec. Lokality Prace, Chudčice i Velké Pavlovice měly velmi podobné zastoupení  $\text{PM}_{2,5}$  v  $\text{PM}_{10}$  a nejvíce se blížily lokalitě v centru Brna (Brno-Dětská nemocnice). Toto opět může souviset se snazším transportem  $\text{PM}_{2,5}$ , která se dostane na delší vzdálenost i do lokalit, kam se již  $\text{PM}_{10}$  nedostane a zvýší se tak podíl jemnější frakce v těchto lokalitách (Mikulov-Sedlec, Brno-Tuřany ale i Brno-Líšeň).

Tab. 11 – Průměrné zastoupení  $\text{PM}_{2,5}$  v  $\text{PM}_{10}$  během jednotlivých kampaní na měřicích lokalitách

	Prace	Chudčice	Velké Pavlovice	Brno-Tuřany	Brno-Líšeň	Brno-Dětská nemocnice	Mikulov-Sedlec
Kampaň Prace	77,7%			84,6%	81,7%	77,3%	79,6%
Kampaň Chudčice		75,3%		85,9%	83,4%	77,3%	82,5%
Kampaň Velké Pavlovice			75,3%	81,2%	76,0%	67,8%	84,1%



Vztah k imisním limitům jde na základě 14-ti denního měření jen velmi těžko odhadnout. Mimo topnou sezónu nebudou koncentrace PM stejné nebo horší než v centru Brna, pravděpodobně budou nižší. Pro lepší odhad by bylo vhodné provést orientační měření více krát ročně v různých ročních obdobích. Přesto alespoň přibližný odhad je možný.

Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci  $PM_{10}$  by s největší pravděpodobností nebyl překročen na žádné z lokalit. I lokalita Chudčice, která byla během kampaně o zhruba 24 % horší než lokalita Brno-Dětská nemocnice by nepřekročila hodnotu  $40 \mu g \cdot m^{-3}$ , a to i za předpokladu že by dosahovala o 24 % vyšších koncentrací po celý rok, což je nepravděpodobné.

Jiná by však mohla být situace v případě imisního limitu pro průměrné denní koncentrace  $PM_{10}$ . Zejména lokalita Chudčice by mohla imisní limit překračovat. Během 14-ti denní kampaně bylo 9 dní s koncentracemi vyššími než  $50 \mu g \cdot m^{-3}$ . Tyto koncentrace sice byly významně ovlivněny zhoršenými rozptylovými podmínkami, avšak v této lokalitě byly naměřeny zvýšené koncentrace i ve dnech, kdy ostatní lokality hodnotu  $50 \mu g \cdot m^{-3}$  nepřekračovaly. V této lokalitě je tedy nejvyšší riziko, že by mohl být imisní limit pro průměrnou denní koncentraci překračován. Ve zbylých lokalitách (Prace a Velké Pavlovice) bude s největší pravděpodobností záviset na topné sezóně a meteorologických podmínkách. Pokud bude delší topná sezóna (např. jako v roce 2010) nebo budou po delší dobu panovat zhoršené rozptylové podmínky (např. delší epizody s inverzním charakterem počasí, jako tomu bylo v roce 2005 či 2006), dojde pravděpodobně i v těchto lokalitách k překročení imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci  $PM_{10}$ . Pokud budou v topné sezóně příznivé podmínky, jako tomu bylo např. v posledních třech letech, imisní limit by pravděpodobně překročen nebyl.

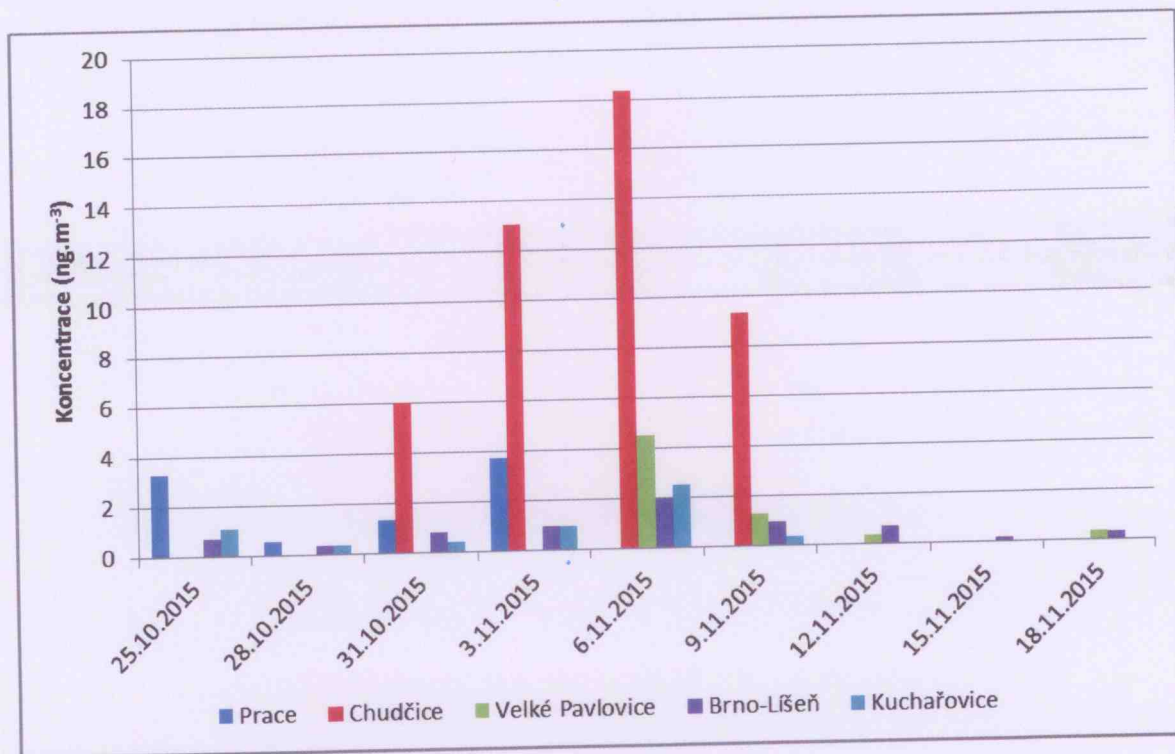
V případě imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci  $PM_{2,5}$  je situace složitější. Jednak je ve státní síti imisního monitoringu méně dostupných měření s ročním průměrem a navíc se lokality pohybují v blízkosti imisního limitu. Opět platí, že koncentrace mimo topnou sezónu by byly podstatně nižší a odhad jeň na základě topné sezóny bude nadhodnocený. Pokud by data byla vztažena k lokalitě Brno – Tuřany, kde je nejdelší řada měření  $PM_{2,5}$  v Jihomoravském kraji, pak by v lokalitách Prace a Velké Pavlovice imisní limit překročen nebyl. V Chudčicích by hodně záleželo na koncentracích mimo topnou sezónu, koncentrace se pohybují v těsné blízkosti imisního limitu. Pokud by byly oproti lokalitě Brno-Tuřany stejně zvýšené jako v topné sezóně po celý rok, pak by imisní limit byl překročen. Avšak pravděpodobně budou koncentrace mimo topnou sezónu nižší a o překročení či nepřekročení imisního limitu nelze rozhodnout bez dalšího dlouhodobějšího měření.

## 4.2 Benzo[a]pyren

Benzo[a]pyren byl odebírán vždy 4x na každé lokalitě a vždy v den, kdy probíhal odběr i ve státní síti imisního monitoringu, aby data mohla být srovnána. Koncentrace benzo[a]pyrenu v ovzduší uvádí Tab. 12 a graf na Obr. 29.

Tab. 12 – Koncentrace benzo[a]pyrenu ( $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ ) v jednotlivých lokalitách

Datum	Prace	Chudčice	Velké Pavlovice	Brno-Líšeň	Kuchařovice
25.10.2015	3,28			0,68	1,08
28.10.2015	0,58			0,34	0,34
31.10.2015	1,34	6,05		0,81	0,39
3.11.2015	3,73	13,06		0,97	0,95
6.11.2015		18,37	4,54	1,98	2,51
9.11.2015		9,36	1,27	0,94	0,35
12.11.2015			0,35	0,69	
15.11.2015				0,16	
18.11.2015			0,38	0,31	



Obr. 29 - Koncentrace benzo[a]pyrenu ( $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$ ) v jednotlivých lokalitách

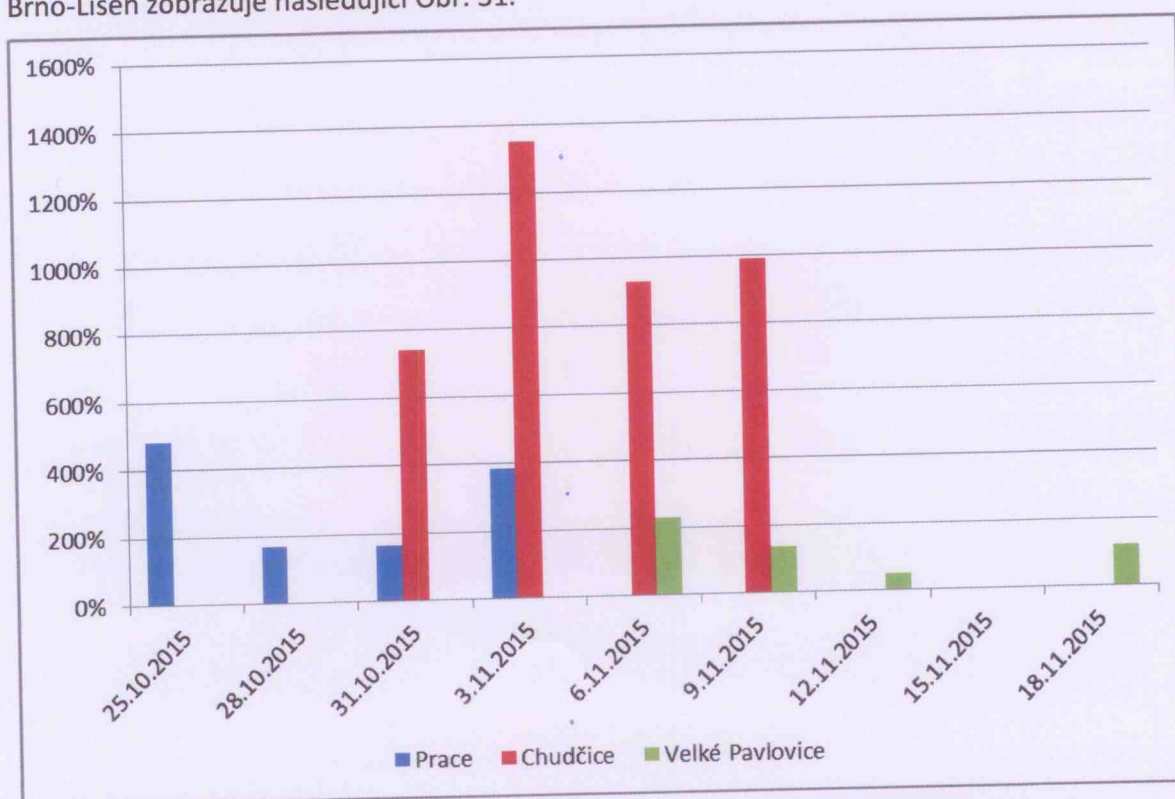
Z uvedeného vyplývá jasná dominance koncentrací benzo[a]pyrenu v Chudčicích. Pravdou je, že tato lokalita byla nejvíce ovlivněna epizodou zhoršených rozptylových podmínek, avšak i tak jsou koncentrace oproti rezidenční části Brna velmi vysoké. Hlavním zdrojem koncentrací benzo[a]pyrenu v Chudčicích jsou lokální topeniště. Vysokým koncentracím pak nahrává terén a horší provětrávanost této lokality.





Obr. 30 – Lokalita Chudčice, ovlivnění lokálními topeništi během měřicí kampaně

Koncentrace benzo[a]pyrenu v jednotlivých lokalitách měřicí kampaně, srovnané s lokalitou Brno-Líšeň zobrazuje následující Obr. 31.



Obr. 31 – Srovnání koncentrací benzo[a]pyrenu jednotlivých lokalit měřicí kampaně s koncentracemi v lokalitě Brno-Líšeň

Zatímco koncentrace ve Velkých Pavlovicích byly více než dvojnásobné pouze v doznívající epizodě zhoršených rozptylových podmínek (6. 11. 2015) a dne 12. 11. 2015 dokonce zhruba poloviční, ostatní lokality na tom byly podstatně hůře. V případě lokality Prace již byla situace horší, oproti koncentracím benzo[a]pyrenu v Brně-Líšni byly 2x naměřeny 1,5 krát vyšší koncentrace, jednou téměř 4x vyšší a jednou téměř 5x vyšší. Nejhorší situace však byla v již zmíněných Chudčicích, kde v nejlepším případě byly koncentrace benzo[a]pyrenu 7,5 krát vyšší než v Brně-Líšni a v nejhorším případě 13,5 krát vyšší.

Z uvedeného se potvrzuje, jak moc lokální topeniště mohou ovlivnit koncentrace benzo[a]pyrenu v ovzduší. Koncentrace v Brně-Líšni jsou jimi ovlivněny málo, pouze z dálkového přenosu, jelikož sídliště v Líšni je napojeno na CZT. Rovněž Velké Pavlovice, které jsou plynofikované a mají pouze 12,4 % neaktivních přípojek, jsou na tom relativně dobře. Vysoké koncentrace byly měřeny pouze při epizodě zhoršených rozptylových podmínek, kdy byly koncentrace škodlivin v ovzduší zvýšeny plošně. Po pominutí této epizody zde byly měřeny nízké koncentrace, srovnatelné s lokalitou Brno-Líšeň.

V případě lokality Prace, kde je dle statistik 67,5 % plynových přípojek neaktivních, je již situace horší. Pokud panovaly dobré rozptylové podmínky, byly koncentrace jen cca 60 – 70 % horší než v Brně-Líšni. Avšak při zhoršených rozptylových podmínkách či při nutnosti více topit koncentrace vzrostly na čtyř až pětinašobek koncentrací benzo[a]pyrenu v lokalitě Brno-Líšeň.

Nejhorší situace panovala v Chudčicích, které kromě toho, že nejsou plynofikované a lidé zde topí pevnými palivy, jsou navíc hůř provětrávané díky své poloze v údolí. Před epizodou zhoršených rozptylových podmínek dosahovaly koncentrace benzo[a]pyrenu v Chudčicích více než sedminásobku koncentrací v lokalitě Brno – Líšeň. Po čas epizody zhoršených rozptylových podmínek dosáhly koncentrace až 13,5 krát vyšších hodnot. A i po skončení této epizody, kdy již např. ve Velkých Pavlovicích byly koncentrace srovnatelné s lokalitou Brno-Líšeň, byly v Chudčicích měřeny téměř desetinásobné koncentrace oproti lokalitě Brno-Líšeň.



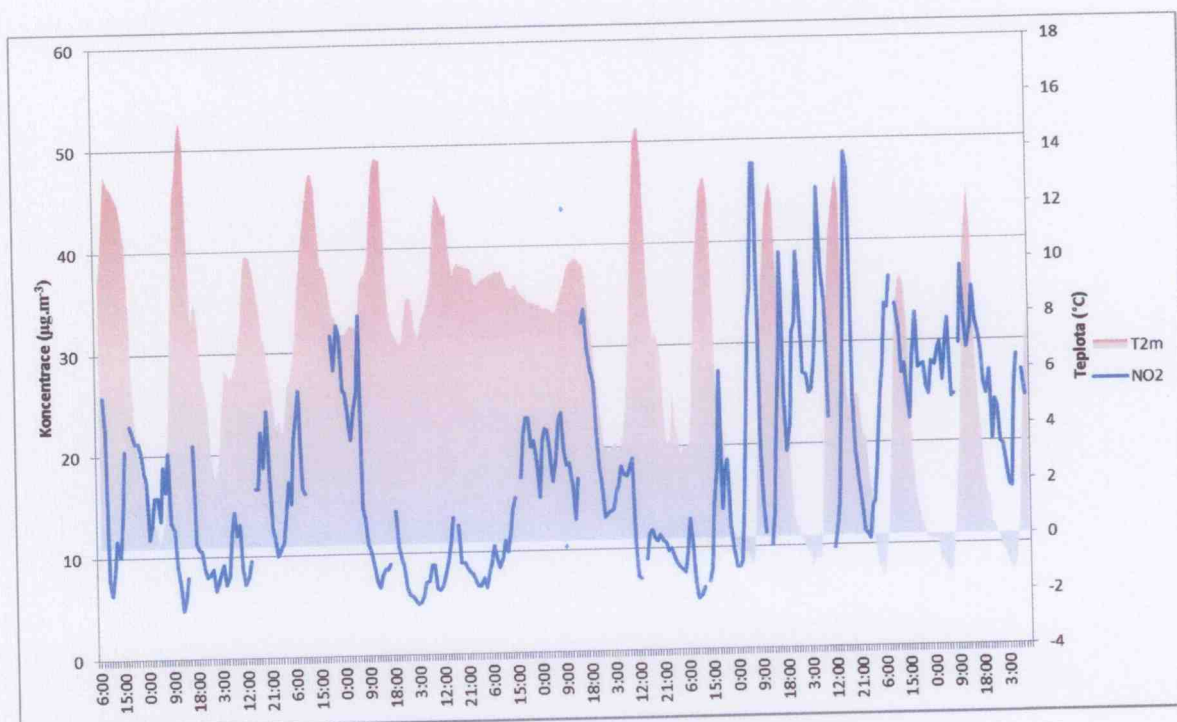
### 4.3 Oxid dusičitý

Jak již bylo uvedeno dříve, oxid dusičitý  $\text{NO}_2$  se měřil pouze v Praci a Velkých Pavlovicích, a to kontinuálně. Proto jsou pro tyto dvě lokality dostupná i hodinová data.

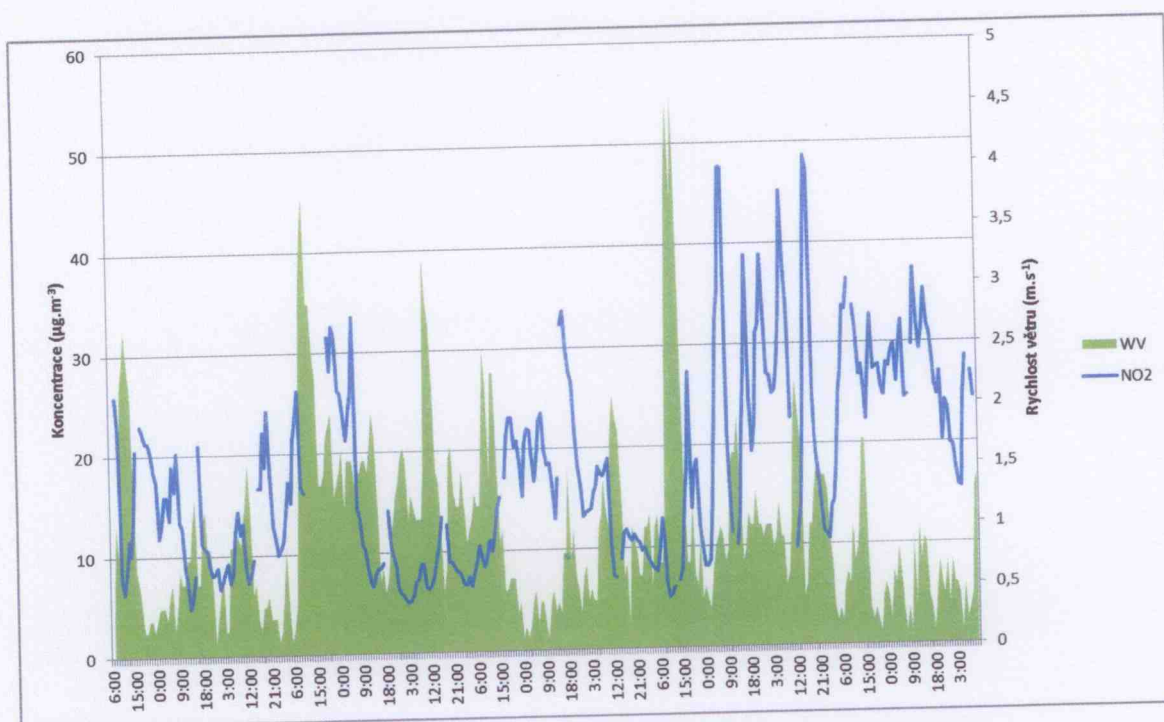
První grafy jsou tedy věnovány hodinovým koncentracím  $\text{NO}_2$  v lokalitách Prace a Velké Pavlovice. Data jsou doplněna o meteorologické prvky ovlivňující aktuální koncentrace oxidu dusičitého – teplota a rychlost proudění větru. Z hodinových hodnot byla rovněž konstruována větrná ružice a koncentrační ružice pro  $\text{NO}_2$ .

Z grafů je patrné, že v obou lokalitách byly koncentrace oxidu dusičitého (plyn) hodně závislé na rychlostech proudění větru – při poklesu rychlosti větru vždy rostou koncentrace  $\text{NO}_2$  a nejvíce se to projevilo právě během epizody se zhoršenými rozptylovými podmínkami (konec kampaně v Praci a začátek ve Velkých Pavlovicích), kdy byly průměrné rychlosti větru velmi nízké a koncentrace naopak zvýšené.

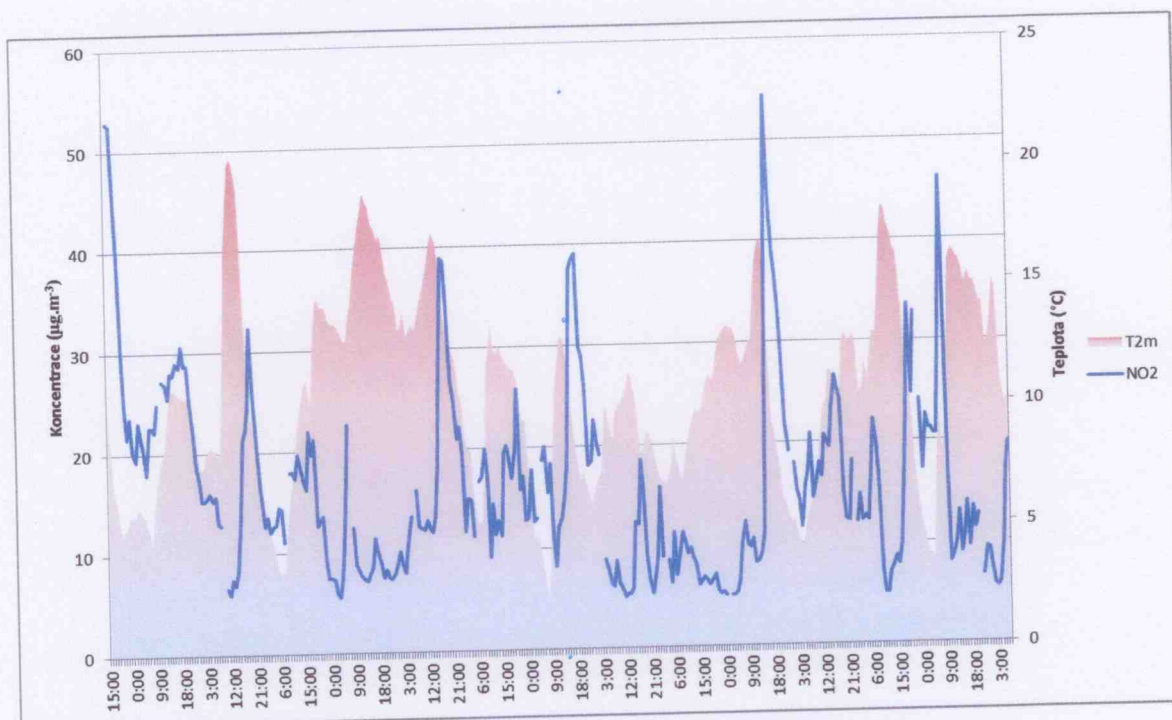
Teploty a sluneční svit rovněž promlouvají do koncentrací  $\text{NO}_2$  – jednotlivé oxidy dusíku vznikají při každém hoření (vzduch má 78 % dusíku a hoření je oxidace – vznik zejména  $\text{NO}$ , který je pak dále oxidován na  $\text{NO}_2$ ). Proto při nižších teplotách, kdy bylo potřeba více topit, vzniká více oxidů dusíku. Dále jsou koncentrace vyšší, pokud je lokalita výrazněji ovlivněna dopravou.



Obr. 32 - Průměrné hodinové koncentrace  $\text{NO}_2$  v závislosti na teplotě vzduchu, lokalita Prace

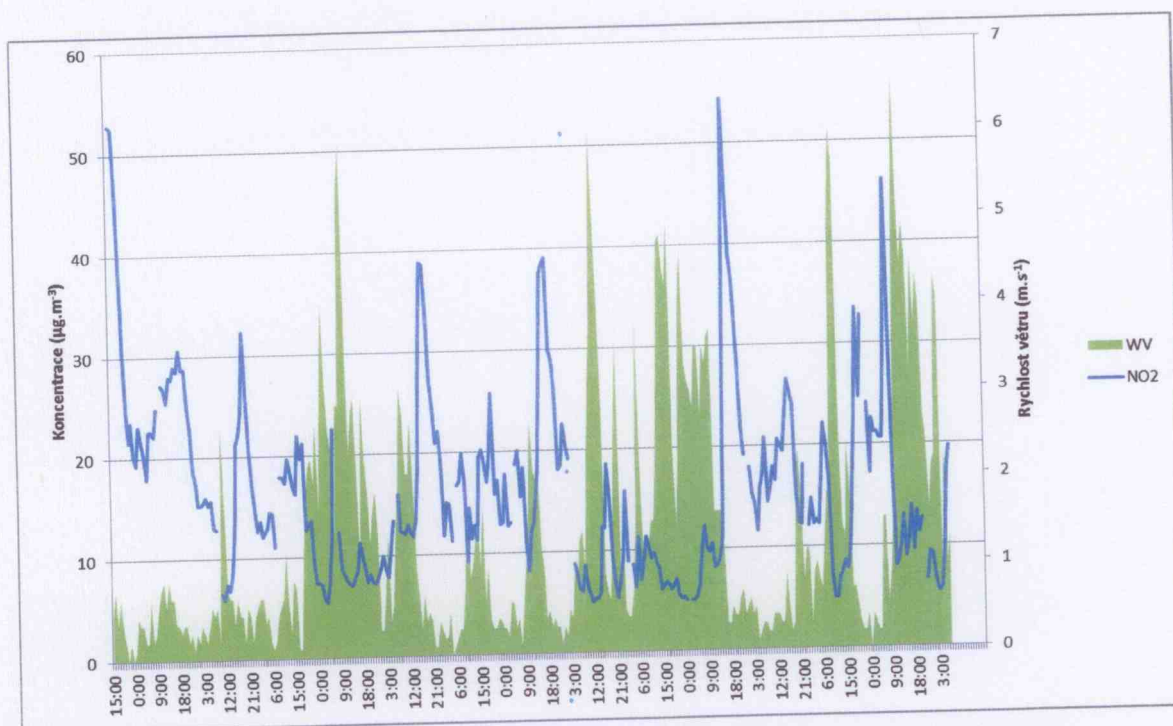


Obr. 33 - Průměrné hodinové koncentrace  $\text{NO}_2$  v závislosti na rychlosti proudění větru, lokalita Prace



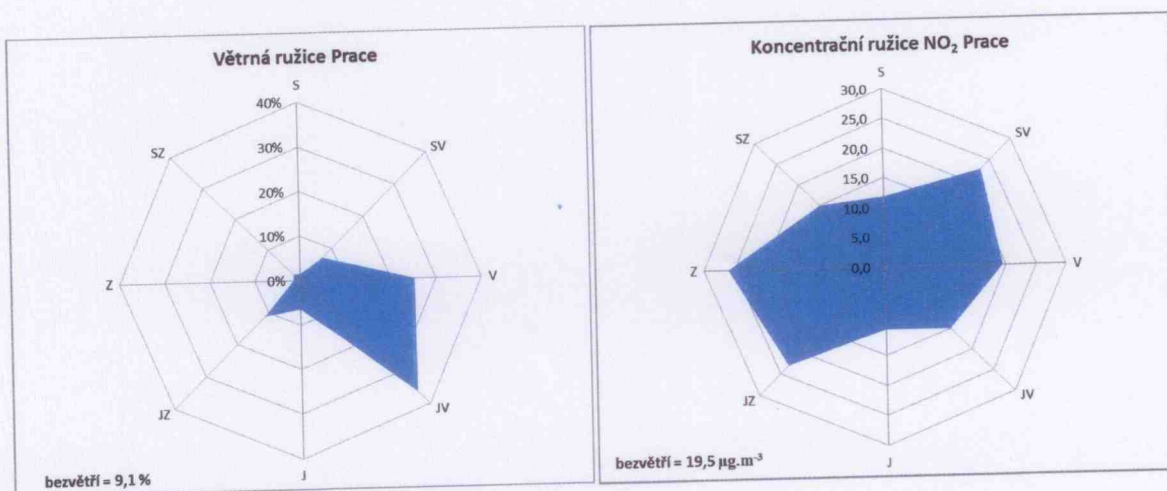
Obr. 34 - Průměrné hodinové koncentrace  $\text{NO}_2$  v závislosti na teplotě vzduchu, lokalita Velké Pavlovice





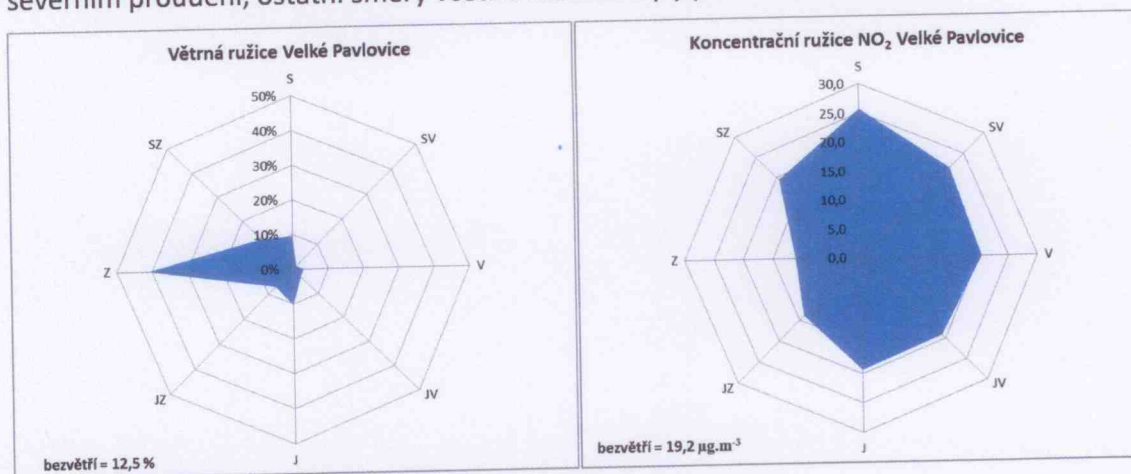
Obr. 35 - Průměrné hodinové koncentrace  $\text{NO}_2$  v závislosti na rychlosti proudění větru, lokalita Velké Pavlovice

Na následujících Obr. 36 a Obr. 37 jsou zobrazeny větrné a koncentrační ružice v obou lokalitách. V lokalitě Prace převládá jihovýchodní a východní proudění. Z hlediska koncentrací  $\text{NO}_2$  pak bylo v průměru dosahováno nejvyšších koncentrací při západním proudění, které však panovalo pouze v 1,5 % času kampaně. Významný je zejména vliv východního proudění a bezvětří, které již panovaly v 25 % resp. 9 % času kampaně.

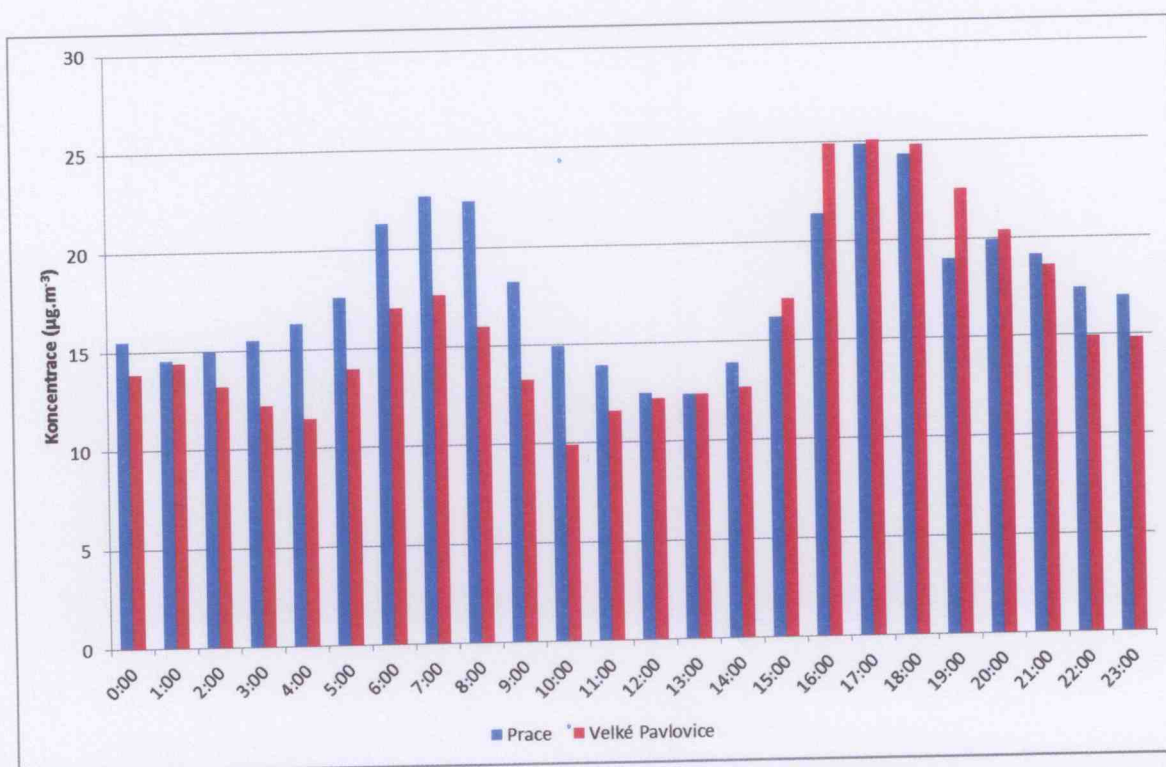


Obr. 36 - Větrná a koncentrační ružice pro  $\text{NO}_2$ , lokalita Prace

V případě Velkých Pavlovic naopak převládalo západní proudění, při kterém však nebylo dosahováno vysokých koncentrací. Nejvyšších koncentrací bylo v průměru dosaženo při severním proudění, ostatní směry včetně bezvětří byly poměrně vyrovnané.



Obr. 37 - Větrná a koncentrační růžice pro NO<sub>2</sub>, lokalita Velké Pavlovce



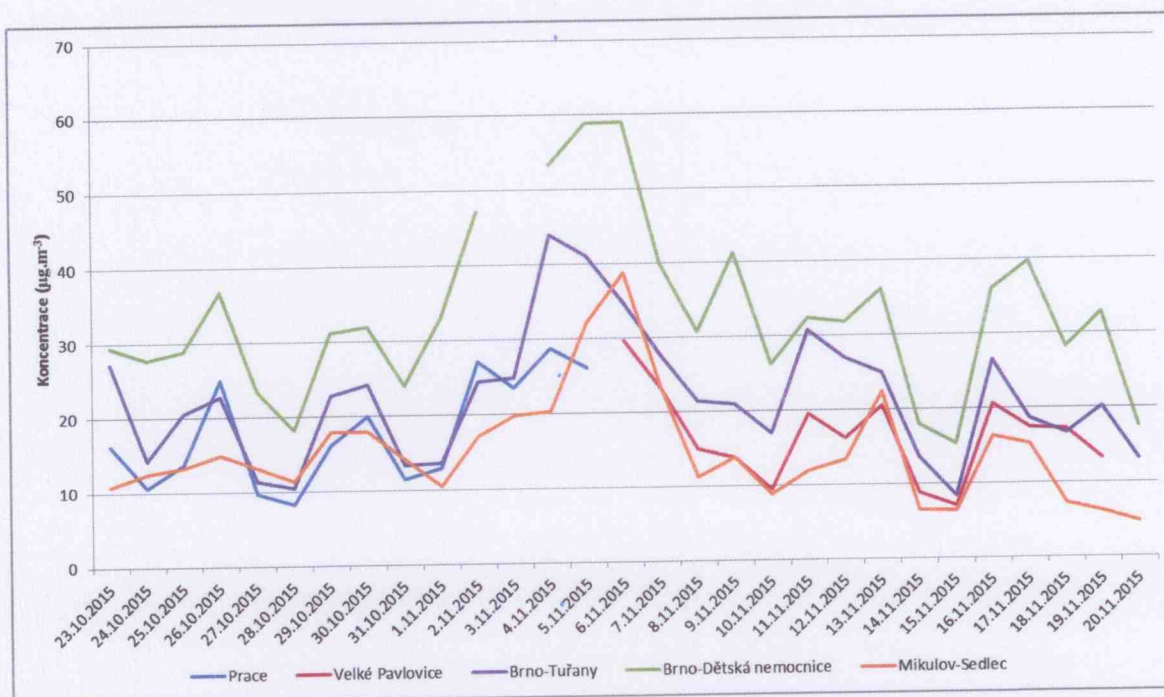
Obr. 38 - Průměrné koncentrace NO<sub>2</sub> v jednotlivou denní dobu po čas měřicí kampaně, lokality Prace a Velké Pavlovce

Graf na Obr. 38 zobrazuje zprůměrované koncentrace po čas kampaně v jednotlivých hodinách. V obou lokalitách je zřetelný obdobný trend. Jsou zde dobře identifikovatelné ranní a dopravní špička, kdy se na zvýšených koncentracích podílí zejména doprava. Odpolední resp. večerní špička dosahuje vyšších hodnot, protože kromě dopravy se na koncentracích mohou podílet i lokální topeniště (zatápění při příchodu z práce). Koncentrace



v Praci jsou vyšší než ve Velkých Pavlovicích, na což však měla významný vliv epizoda se zhoršenými rozptylovými podmínkami. Avšak rozdíl není tak významný jako v případě PM<sub>10</sub> a ve večerních hodinách se koncentrace prakticky srovnávají.

Pro zasazení měření do kontextu státní sítě imisního monitoringu byla pro další hodnocení koncentrací NO<sub>2</sub> využita i data ze stanic ČHMÚ, a to Brno-Tuřany (předměstská pozadová lokalita vzdálená od lokality Prace cca 5 km vzdušnou čarou), Brno-Dětská nemocnice (městská pozadová lokalita v centru Brna) a Mikulov-Sedlec (regionální pozadová lokalita umístěná mimo obec a bez dopravního ovlivnění).



Obr. 39 - Srovnání průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> na měřicích lokalitách kampaně a vybraných lokalitách státní sítě imisního monitoringu

Z grafu na Obr. 39 je patrné, že všechny lokality sledují obdobný trend, který je závislý zejména na meteorologických podmínkách a nadregionálních vlivech. Minimální koncentrace byly dlouhodobě měřeny v lokalitě Mikulov-Sedlec, tuto stanici lze považovat za regionální pozadí Jihomoravského kraje (lokalita je téměř bez lokálního ovlivnění). I v případě koncentrací NO<sub>2</sub> je možné sledovat ovlivnění koncentrací epizodou se zhoršenými rozptylovými podmínkami.

Graf naznačuje, že vysoké koncentrace byly měřeny v lokalitě Brno-Dětská nemocnice, ležící v centru Brna. Tato lokalita je nejvíce ovlivněna dopravou (není to však dopravní lokalita – na dopravních stanicích jsou měřeny ještě vyšší koncentrace NO<sub>2</sub>). Hodnoty průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> zobrazuje Tab. 13.

Tab. 13 - Srovnání průměrných denních koncentrací NO<sub>2</sub> na měřicích lokalitách kampaně a vybraných lokalitách státní sítě imisního monitoringu

Datum	Prace	Velké Pavlovice	Brno-Tuřany	Brno-Dětská nemocnice	Mikulov-Sedlec
23.10.2015	16,2		27,2	29,5	10,8
24.10.2015	10,6		14,3	27,7	12,5
25.10.2015	13,6		20,5	28,9	13,2
26.10.2015	24,9		22,8	36,8	14,8
27.10.2015	9,6		11,4	23,4	13,1
28.10.2015	8,3		10,4	18,2	11,3
29.10.2015	16,1		22,8	31,2	17,9
30.10.2015	20,0		24,2	31,9	17,9
31.10.2015	11,4		13,3	24,0	14,2
1.11.2015	12,9		13,6	33,1	10,4
2.11.2015	27,1		24,5	47,2	17,1
3.11.2015	23,6		24,9		19,8
4.11.2015	28,8		44,0	53,3	20,4
5.11.2015	26,1		41,1	58,8	32,2
6.11.2015		29,6	34,8	59,0	38,8
7.11.2015		23,2	27,6	40,0	23,3
8.11.2015		15,1	21,5	30,8	11,2
9.11.2015		13,7	21,0	41,3	13,7
10.11.2015		9,5	17,0	26,2	8,8
11.11.2015		19,6	30,8	32,4	11,9
12.11.2015		16,2	27,0	31,9	13,3
13.11.2015		20,6	24,9	36,2	22,4
14.11.2015		8,8	13,6	18,0	6,5
15.11.2015		7,1	8,3	15,4	6,4
16.11.2015		20,6	26,5	36,0	16,4
17.11.2015		17,5	18,7	39,7	15,3
18.11.2015		17,2	16,7	28,1	7,2
19.11.2015		13,3	20,3	32,9	6,1
20.11.2015			13,2	17,6	4,7

Tab. 14 – Průměrné koncentrace NO<sub>2</sub> během jednotlivých kampaní na jednotlivých lokalitách

	Prace	Velké Pavlovice	Brno-Tuřany	Brno-Dětská nemocnice	Mikulov-Sedlec
Kampaň Prace	17,8	1,0	22,5	34,2	16,1
Kampaň Velké Pavlovice	1	16,6	22,0	33,4	14,4

Tab. 14 zobrazuje průměrné koncentrace NO<sub>2</sub> za jednotlivé kampaně na jednotlivých lokalitách. Z tabulky je patrné, že nejvyšší koncentrace byly měřeny v lokalitě Brno-Dětská nemocnice, která je svou polohou v centru Brna nejvíce zatížena vlivem dopravy coby



majoritního zdroje oxidů dusíku v Jihomoravském kraji. V následující Tab. 15 jsou pak vyjádřeny koncentrace v lokalitách měřicí kampaně relativně proti hodnotám státní sítě imisního monitoringu. Z dat je patrné, že se lokality měřicí kampaně pohybují mezi lokalitou Mikulov-Sedlec a Brno-Tuřany. Oproti lokalitě Mikulov-Sedlec jsou měřené koncentrace během kampaně o 10 – 15 % vyšší, oproti lokalitě Brno-Tuřany však dosahují pouze 75 – 80 % hodnot této předměstské brněnské lokality. Koncentrace v centru Brna na pozadřové lokalitě Brno-Dětská nemocnice jsou zhruba 2x vyšší.

Tab. 15 – Relativní vyjádření průměrných koncentrací v lokalitách měřicí kampaně proti lokalitám státní sítě imisního monitoringu

	Brno-Tuřany	Brno-Dětská nemocnice	Mikulov-Sedlec
<b>Prace</b>	79,1%	52,1%	110,4%
<b>Velké Pavlovice</b>	75,1%	49,5%	115,2%

Lze tedy konstatovat, že koncentrace NO<sub>2</sub> v obou lokalitách měřicí kampaně jsou velmi nízké a příliš se neliší od koncentrací regionální pozadřové lokality Mikulov-Sedlec, a to i přes to, že v blízkosti Velkých Pavlovic je dálnice D2.

Z hlediska vztahu k imisním limitům vyplývá, že v žádné z obou proměřovaných lokalit by nedošlo k překročení imisního limitu, a to ani pro průměrnou roční koncentraci, ani pro hodinovou koncentraci.

## 5 Závěr

- V rámci měřicí kampaně proběhlo ve 3 obcích (Prace, Chudčice a Velké Pavlovice) měření trvající vždy 14 dní. Byly sledovány škodliviny  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a benzo[a]pyren. V Praci a Velkých Pavlovicích proběhlo rovněž měření  $NO_2$ .
- Měření probíhalo v topné sezóně v malých obcích, které nejsou napojeny na centrální zásobování teplem. Obec Chudčice není plynofikována vůbec, obec Prace je, ale většina přípojek je mrtvých, pouze ve Velkých Pavlovicích je topení plynem dostatečně využíváno.
- Během měření se vyskytla epizoda zhoršených rozptylových podmínek, která velmi významně ovlivnila měření. Avšak tento vliv se projevil i na lokalitách státní sítě imisního monitoringu, v aglomeraci Brno dokonce vedla k vyhlášení smogové situace.
- Výsledky z lokalit měřicí kampaně byly srovnány a hodnoceny s lokalitami státní sítě imisního monitoringu v Jihomoravském kraji.
- Z hlediska koncentrací  $PM_{10}$  byly nejvyšší koncentrace měřeny v lokalitě Chudčice. I ve srovnání s koncentracemi měřenými v centru Brna (Brno-Dětská nemocnice) vyšla tato lokalita hůře. Lokality Prace a Velké Pavlovice svými koncentracemi dosahovaly obdobných koncentrací jako centrum Brna, oproti rezidenční části Brna (Brno-Líšeň) či regionální pozadové stanici Jihomoravského kraje (Mikulov-Sedlec) však dosahovaly vyšších koncentrací. Imisní limit pro průměrné roční koncentrace  $PM_{10}$  by zřejmě na žádné lokalitě překročeny nebyly, avšak je vysoká pravděpodobnost, že v Chudčicích by mohlo docházet k překročení imisního limitu pro průměrnou denní koncentraci  $PM_{10}$ . V letech s delšími epizodami s nepříznivými rozptylovými podmínkami nebo v letech s delší topnou sezónou by pravděpodobně tento limit překročily i zbylé dvě lokality.
- Obdobná situace panuje i v případě koncentrací  $PM_{2,5}$ . Rozdíly však již nebyly tak velké jako v případě  $PM_{10}$ . Lokalita Prace a Velké Pavlovice dosahovaly nižších koncentrací než centrum Brna a blížily se spíše rezidenční části či předměstské lokalitě v Tuřanech. Lokalita Chudčice byla i v tomto případě horší než centrum Brna a výrazně horší než rezidenční část Brna.
- Benzo[a]pyren byl odebírán vždy 4x na každé lokalitě v souladu s odběrovým kalendářem ČHMÚ. Suverénně nejhůře vyšla lokalita Chudčice, kde byly měřeny dlouhodobě nejvyšší koncentrace benzo[a]pyrenu. Ve srovnání s lokalitou Brno-Líšeň dosahovala lokalita Chudčice 7,5 – 13,5 krát vyšších koncentrací. Naproti tomu lokalita Velké Pavlovice dosahovala obdobných koncentrací jako lokalita Brno-Líšeň kromě prvního odběru, který byl ještě ovlivněn epizodou se zhoršenými rozptylovými podmínkami. Z výsledků vyplývá, že koncentrace benzo[a]pyrenu jsou velmi ovlivněny lokálními topeništi a typem paliva – plynofikované Velké Pavlovice dosahují mnohem nižších koncentrací než neplynofikované Chudčice. Plynofikované Prace, kde je však více než 2/3 přípojek neaktivních, měří mírně zhoršené koncentrace.
- Koncentrace oxidu dusičitého byly na obou proměřovaných lokalitách nízké. Koncentračně se pohybovaly mezi regionální pozadovou lokalitou v Mikulově Sedlci a předměstskou lokalitou Brno-Tuřany. Vliv dálnice D2 na koncentrace  $NO_2$  ve Velkých Pavlovicích se neprojevil, koncentrace byly velmi podobné těm měřeným v lokalitě Prace. V denním chodu se však na obou lokalitách projevil zvýšené koncentrace po



čas ranní a odpolední dopravní špičky. Z hlediska vztahu k imisním limitům vyplývá, že v žádné z obou proměřovaných lokalit by nedošlo k překročení imisního limitu, a to ani pro průměrnou roční koncentraci, ani pro hodinovou koncentraci.