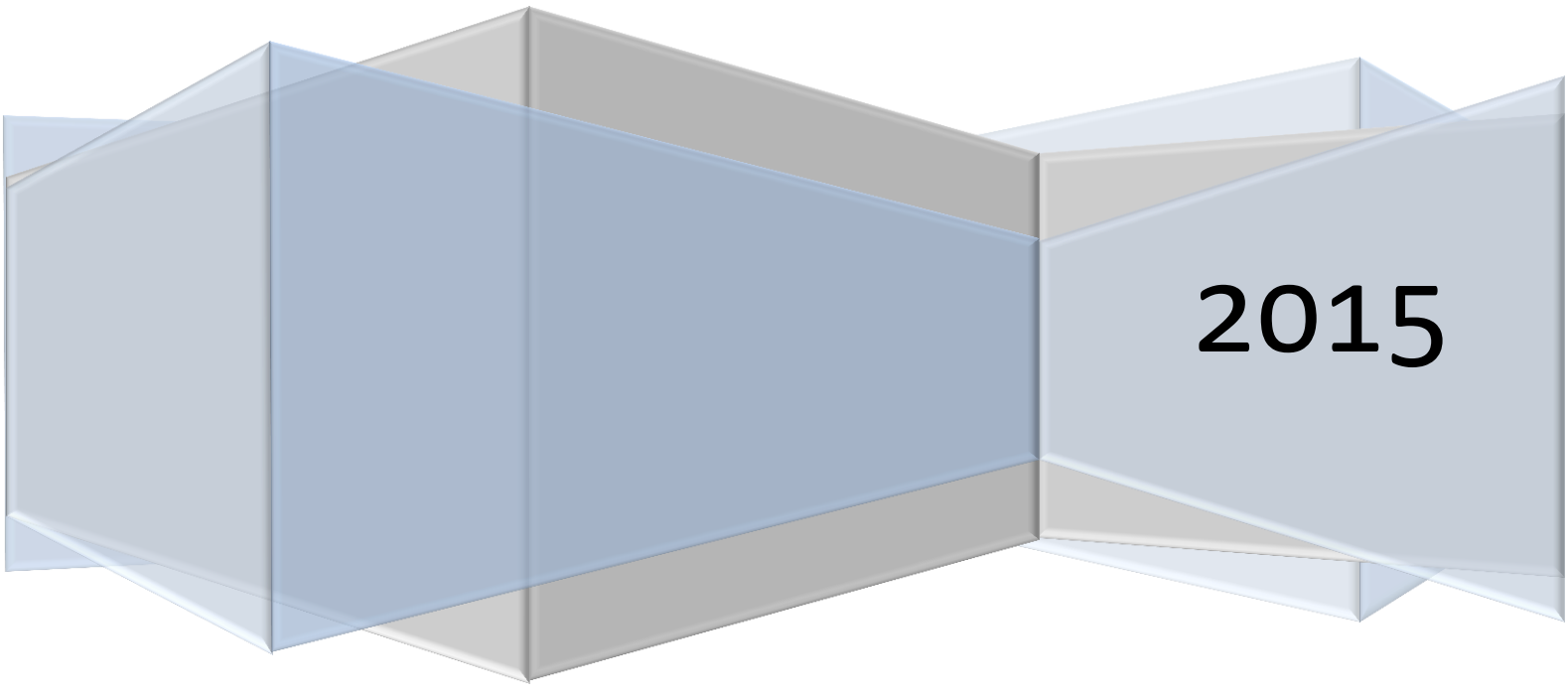
ENVItech Bohemia s.r.o.

Vyhodnocení kvality ovzduší v Zubří V. – VII. / 2015



Obsah

1 Úvod 3
2 Imisní limity 7
3 Vyhodnocení kvality ovzduší v Zubří 8
3.1 Suspendované částice PM_{10}, $PM_{2,5}$ a PM_1 8
3.2 Oxidy dusíku – NO, NO_2 a NOx 22
3.3 Benzo(a)pyren 34
3.4 Oxid siřičitý SO_2 37
3.5 Troposférický ozón O_3 41
4 Vztah k PZKO a NPSE 44
5 Závěr 45

1 Úvod

V létě roku 2015 proběhlo v Zubří již druhá kampaň měření kvality ovzduší na monitorovací stanici umístěné v lokalitě Staré Zubří (GPS: 49.4838017°N, 18.1080150°E). Tato stanice je charakterizována jako městská pozaďová stanice. Její reprezentativnost leží v řádu kilometrů až desítek kilometrů.

Obr. 1 – Stanice imisního monitoringu v Zubří

Stanice byla umístěna v lokalitě Staré Zubří (viz. orientační mapky na Obr. 2). V blízkosti se tedy nachází 3 větší města, která mohou měření ovlivňovat – Valašské Meziříčí, Rožnov pod Radhoštěm a samotné Zubří. Samotná lokalita je umístěna mimo vliv hlavního dopravního tahu spojujícího tato města rezidenční části Starého Zubří. V okolí jsou zejména rodinné domky a zahrady, lze tedy očekávat zejména vliv lokálních topenišť popř. zahradních prací (pro podzim typické pálení listí atp.).

Z hlediska významných (vyjmenovaných) zdrojů znečišťování ovzduší se v blízkosti nachází několik provozoven, které by mohly lokalitu svými emisemi ovlivnit. Asi nejvýznamnějším je DEZA a.s. ve Valašském Meziříčí, vzdálená vzdušnou čarou cca 10 km. Ta může mít vliv na měření v lokalitě Zubří při vhodném proudění větru, avšak kvantifikace ze současného měření není možná – taje možná buď výpočtem pomocí rozptylové studie (součást nově připravovaného PZKO) nebo pomocí nejmodernějších analytických metod, které v současnosti pořizuje ČHMÚ a které slouží jako vstupy pro model PMF (Positive Matrix Factorization), který je vyvíjen americkou agenturou pro ochranu životního prostředí (U.S. EPA). ČHMÚ již s U.S. EPA spolupracuju a některé filtry z oblasti Ostravska

jsou již takto analyzovány, širší využití těchto nových technologií v rámci ČR přijde až po roce 2015, kdy bude dokončena obnova sítě imisního monitoringu.

Obr. 2 – Orientační mapka umístění lokality v Zubří

Tato studie slouží jako vyhodnocení tří měsíců měření, přibližné srovnání s legislativou a dalšími monitorovacími stanicemi ve Zlínském resp. Olomouckém kraji. Pro vyhodnocení byla použita data ČHMÚ. Český hydrometeorologický ústav je akreditován dle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 jako zkušební laboratoř č. 1460. Informace o rozsahu akreditace je možné najít na stránkách Českého Institutu pro Akreditaci (www.cai.cz). Je nutné již v úvodu poznamenat, že všechna data ČHMÚ jsou pouze předběžná, konečná data budou zveřejněna na webu formou datové ročenky ČHMÚ. Navíc některé časově náročné analýzy (PAH) nejsou v době odevzdání zprávy ještě k dispozici. Ty budou k dispozici nejdříve na přelomu března a dubna 2015.

Obr. 3 - Stanice imisního monitoringu v Zubří

Obr. 4 - Stanice imisního monitoringu v Zubří

2 Imisní limity

V lokalitě Zubří byly kontinuálně měřeny následující škodliviny:

- suspendované částice PM_{10}, $PM_{2,5}$ a PM_1
- oxidy dusíku – NO, NO_2 a NOx
- oxid siřičitý – SO_2
- troposférický ozón – O_3

Dále byl odebírán a laboratorně stanoven benzo(a)pyren. Laboratorní stanovení benzo(a)pyrenu prováděl Zdravotní Ústav se sídlem v Ostravě.

Pro tyto škodliviny platí dle zákona 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší následující imisní limity.

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

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit LV	UAT	LAT	pLV
Benzo(a)pyren	1 kalendářní rok	1 $ng*m^{-3}$	0,6 $ng*m^{-3}$	0,4 $ng*m^{-3}$	
Prašný aerosol PM_{10}	24 hodin	50 $\mu g*m^{-3}$	35 $\mu g*m^{-3}$	25 $\mu g*m^{-3}$	35
Prašný aerosol PM_{10}	1 kalendářní rok	40 $\mu g*m^{-3}$	28 $\mu g*m^{-3}$	20 $\mu g*m^{-3}$	
Prašný aerosol $PM_{2,5}$	1 kalendářní rok	25 $\mu g*m^{-3}$	17 $\mu g*m^{-3}$	12 $\mu g*m^{-3}$	
Oxid dusičitý NO_2	1 hodina	200 $\mu g*m^{-3}$	140 $\mu g*m^{-3}$	100 $\mu g*m^{-3}$	18
Oxid dusičitý NO_2	1 kalendářní rok	40 $\mu g*m^{-3}$	32 $\mu g*m^{-3}$	26 $\mu g*m^{-3}$	
Oxid siřičitý SO_2	1 hodina	350 $\mu g*m^{-3}$	-	-	24
Oxid siřičitý SO_2	24 hodin	125 $\mu g*m^{-3}$	75 $\mu g*m^{-3}$	50 $\mu g*m^{-3}$	3

Tab. 2 - Cílové imisní limity pro ochranu zdraví lidí

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit	pLV
Troposférický ozón O_3	maximální denní osmihodinový klouzavý průměr	120 $\mu g*m^{-3}$	25x v průměru za 3 roky

Kromě samotných imisních limitů tabulky uvádí také přípustnou četnost překročení za kalendářní rok (pLV, je-li stanovena), horní mez pro posuzování (UAT) a dolní mez pro posuzování (LAT). Pokud jsou v území překračovány hodnoty horní meze pro posuzování, je pro hodnocení kvality ovzduší nutné koncentrace měřit stacionárním měřením. V případě, že jsou nižší než dolní mez pro posuzování, postačuje pro posuzování úrovně znečištění výpočet pomocí modelu. V případě koncentrací mezi dolní a horní mezí pro posuzování se používá kombinace měření a výpočtu. Poslední sloupec (pLV) v Tab. 1 zobrazuje maximální povolený počet překročení limitní hodnoty (LV) za kalendářní rok. To znamená, že například v případě denního limitu pro PM_{10} může být za kalendářní rok hodnota 50 $\mu g.m^{-3}$ 35krát překročena, aniž by došlo k překročení imisního limitu. Proto se často hodnotí 36. nejvyšší denní koncentrace, která pokud je vyšší než 50 $\mu g.m^{-3}$, došlo k překročení imisního limitu. V případě lokality Zubří se bude jednat pouze o odhad na základě podobnosti s dalšími stanicemi imisního monitoringu, které měří po celý rok.

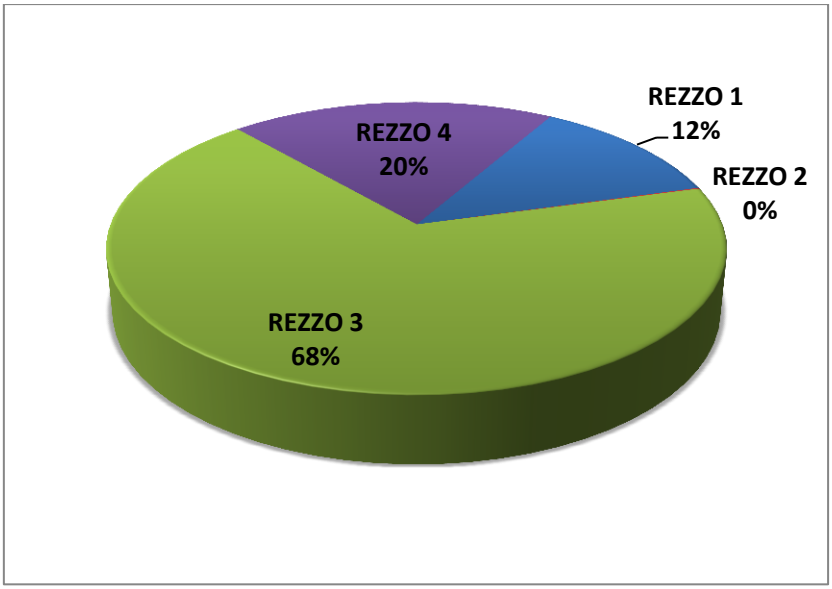
3 Vyhodnocení kvality ovzduší v Zubří

3.1 Suspendované částice PM_{10}, $PM_{2,5}$ a PM_1

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

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.

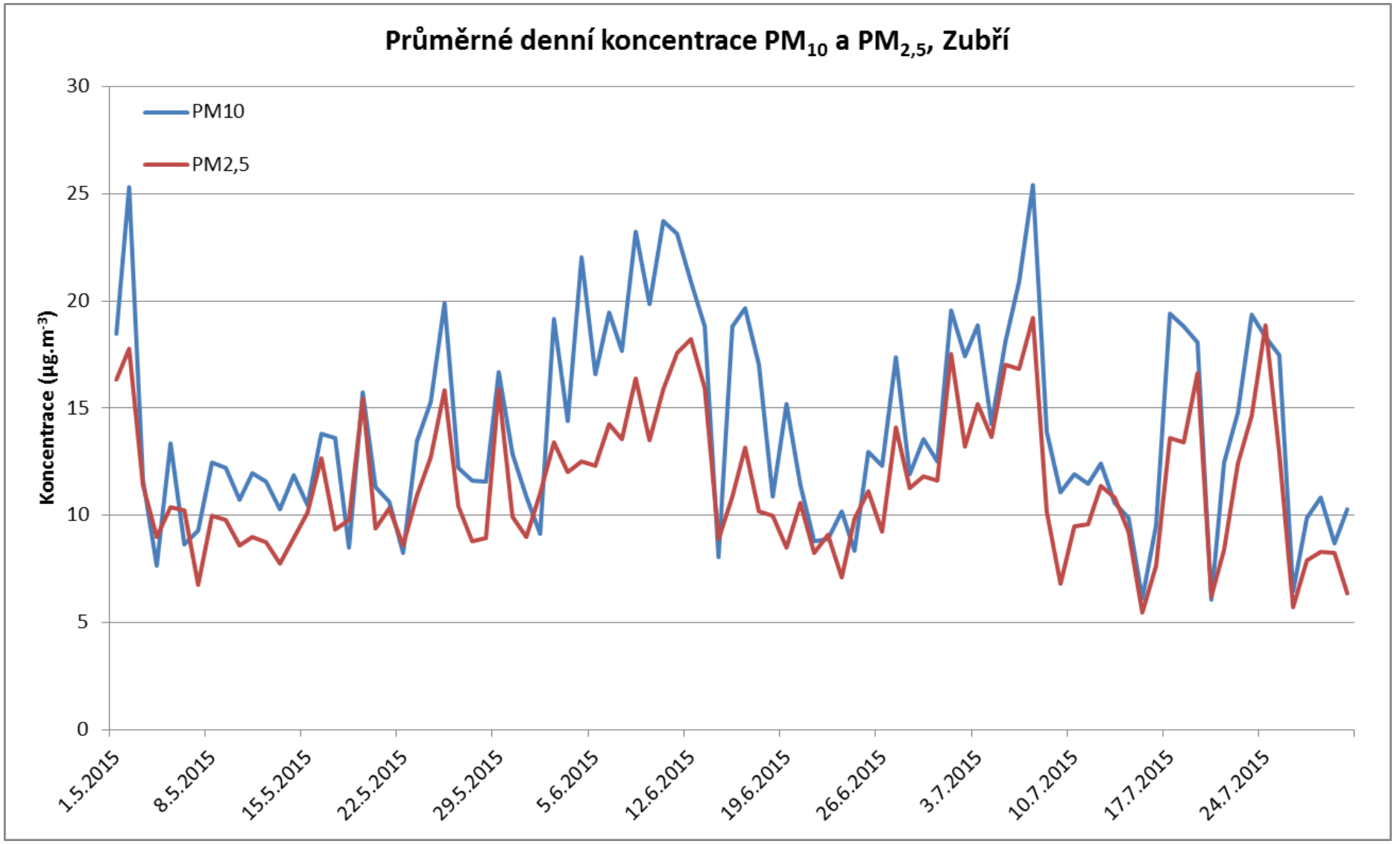
Hlavním zdrojem tuhých znečišťujících látek (TZL) ve Zlínském kraji jsou malé zdroje (REZZO 3 – zejména lokální vytápění domácností) a doprava (mobilní zdroje znečišťování – REZZO 4). Zásadní z hlediska emisí tuhých látek je tak problematika lokálních topenišť, která se odráží i v imisní situaci měřené na stanici v Zubří. Zvláště velké a velké zdroje (REZZO 1) spolu se středními zdroji (REZZO 2) produkovaly v roce 2012 méně než zhruba 12 % všech emisí. Zásadní vliv lokálních topenišť odpovídá i celorepublikové bilanci, kdy jsou lokální topeniště zodpovědné za necelých 40 % všech emisí PM_{10} a zhruba 55 % všech emisí $PM_{2,5}$ (viz. ročenka ČHMÚ[1]).



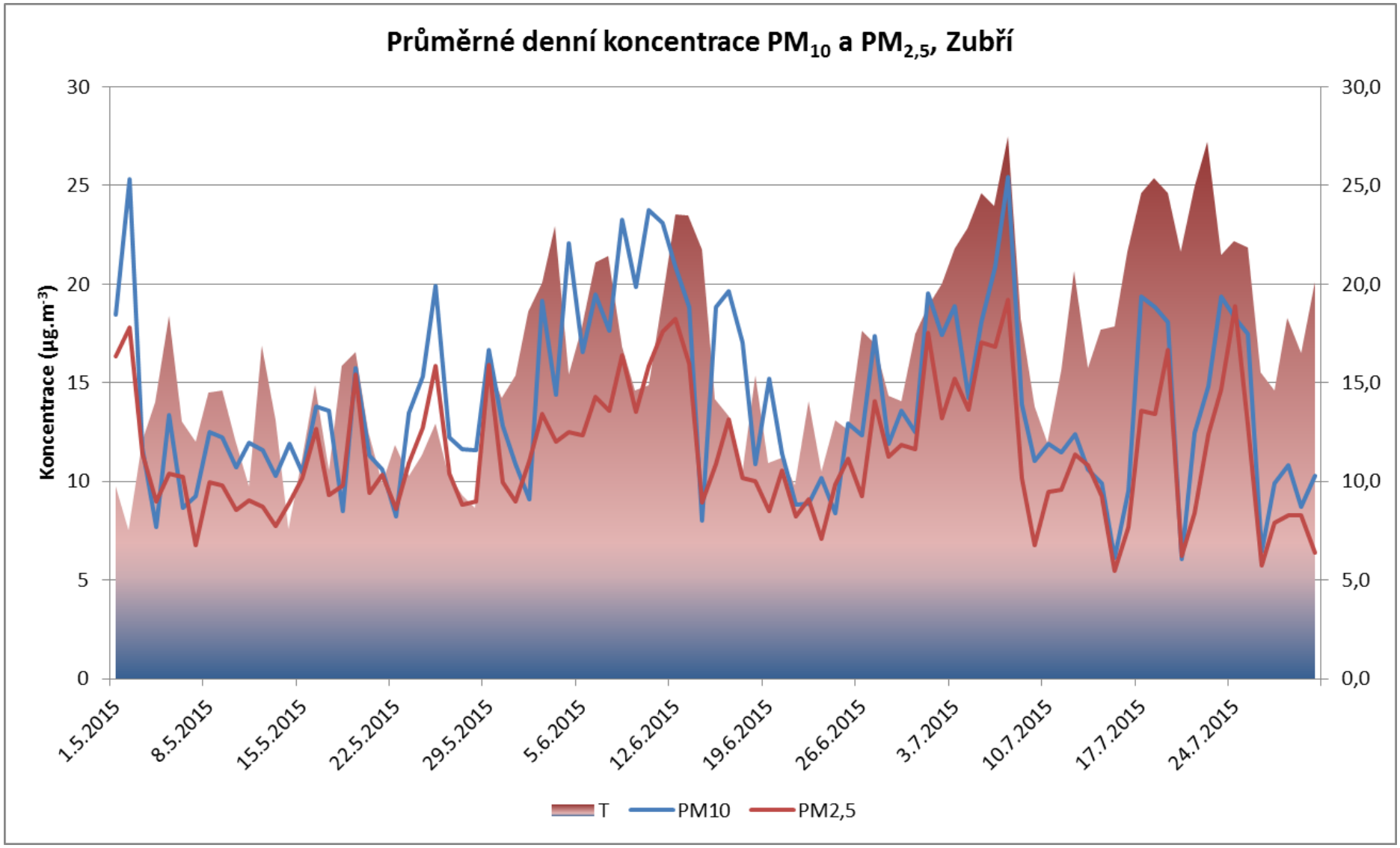
Obr. 5 - Emise TZL ve Zlínském kraji dle kategorií zdrojů (2013)

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, legislativou jsou sledovány dva imisní limity pro PM_{10} (roční a denní) a jeden pro $PM_{2,5}$ (roční). Následující Obr. 6 zobrazuje hodnoty průměrných denních koncentrací pro suspendované částice v měsících květen - červenec 2015 v lokalitě Zubří. Obr. 7 pak zobrazuje vliv teploty na koncentrace PM.

[1] Znečištění ovzduší na území České Republiky v roce 2014, Český hydrometeorologický ústav, Praha 2015, ISBN: 978-80-87577-52-3



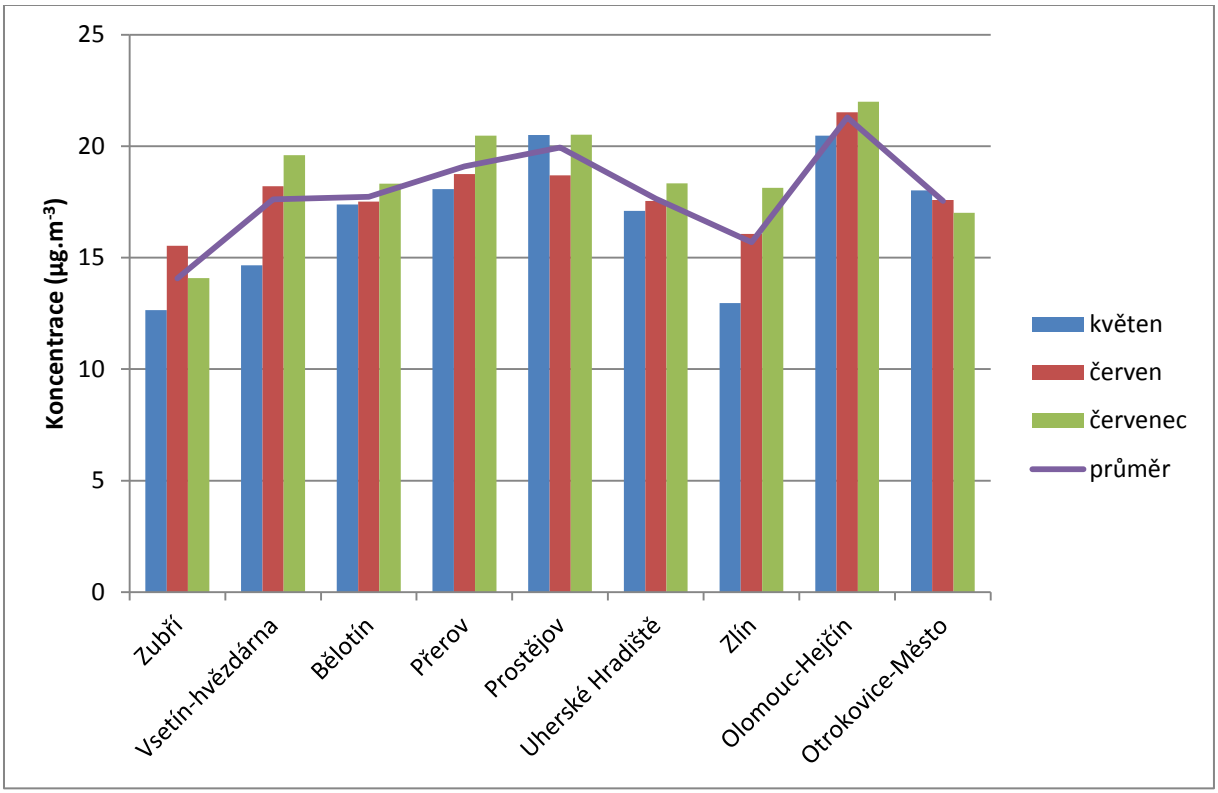
Obr. 6 - Průměrné denní koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$, Zubří



Obr. 7 - Průměrné denní koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$ v závislosti na teplotě, Zubří

Z uvedených grafů je patrné, že koncentrace se po celou dobu držely zhruba do 25 µg.m^{-3}, pouze dvakrát se koncentrace dostaly těsně nad tuto koncentraci. K překročení koncentrace 50 µg.m^{-3} (za kalendářní rok jich může být 35) tak vůbec nedošlo.

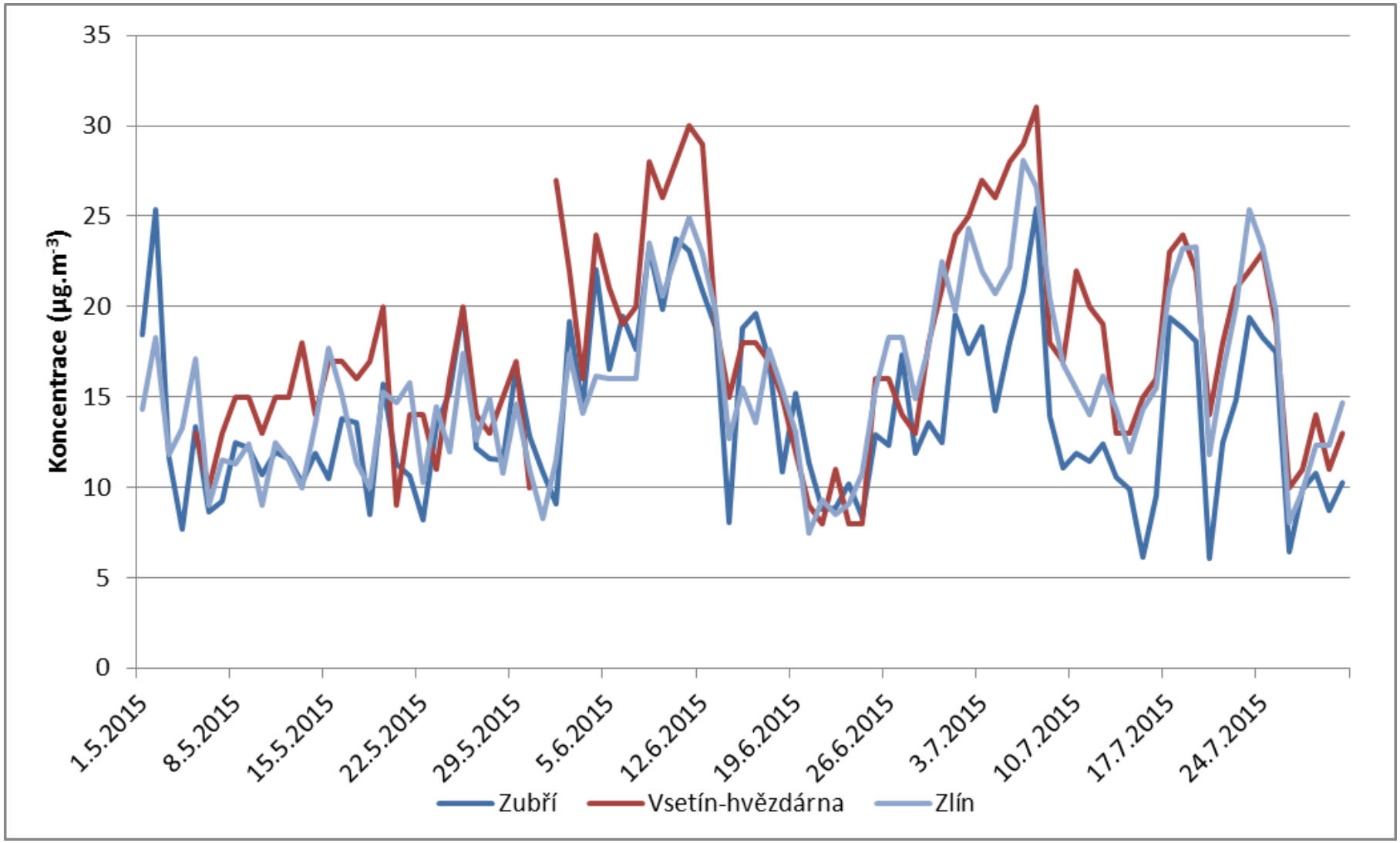
Následující Obr. 8 zobrazuje srovnání jednotlivých lokalit ve Zlínském a Olomouckém kraji z hlediska průměrných měsíčních koncentrací a celkového průměru za 3 měsíce (květen - červenec).



Obr. 8 – Průměrné měsíční koncentrace PM_{10} a celkový průměr za měřené období v Zubří na lokalitách Zlínského a Olomouckého kraje

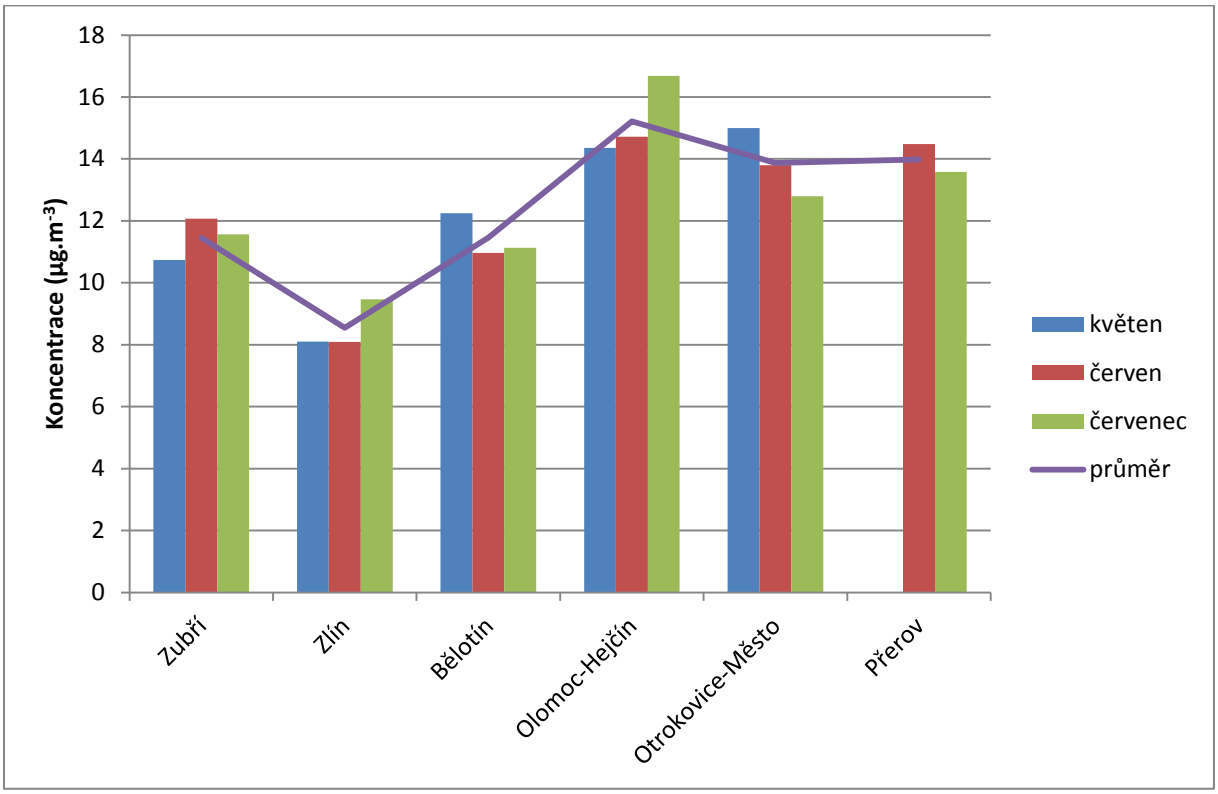
Ze srovnání vyplývá, že nejpodobněji se chová stanice Zlín. Obdobné koncentrace jsou měřeny rovněž v lokalitě Vsetín-hvězdárna. Pro detailnější srovnání na úrovni denních průměrů proto byly zvoleny právě tyto stanice (Obr. 9).

Ze srovnání vyplývá, že stanice mají velmi obdobný trend koncentrací. Vzhledem k tomu, že ani lokalita Vsetín-hvězdárna, ani lokalita Zlín nepřekročily v roce 2014 žádný imisní limit pro PM_{10}, lze předpokládat, že by nebyl překročen ani v lokalitě Zubří, kde byly koncentrace ještě nižší. Rok 2015 se pak doposud na těchto lokalitách vyvíjí rovněž příznivě, a pokud nedojde v zimních měsících k podstatnému zhoršení kvality ovzduší, neměl by být imisní limit pro PM_{10} překročen ani v tento rok. Od září roku 2015 je v provozu další stanice imisního monitoringu měřící kontinuálním způsobem PM_{10} – Valašské Meziříčí. V případě dalších kampaní bude jistě zajímavé porovnat výsledky právě s touto stanicí.

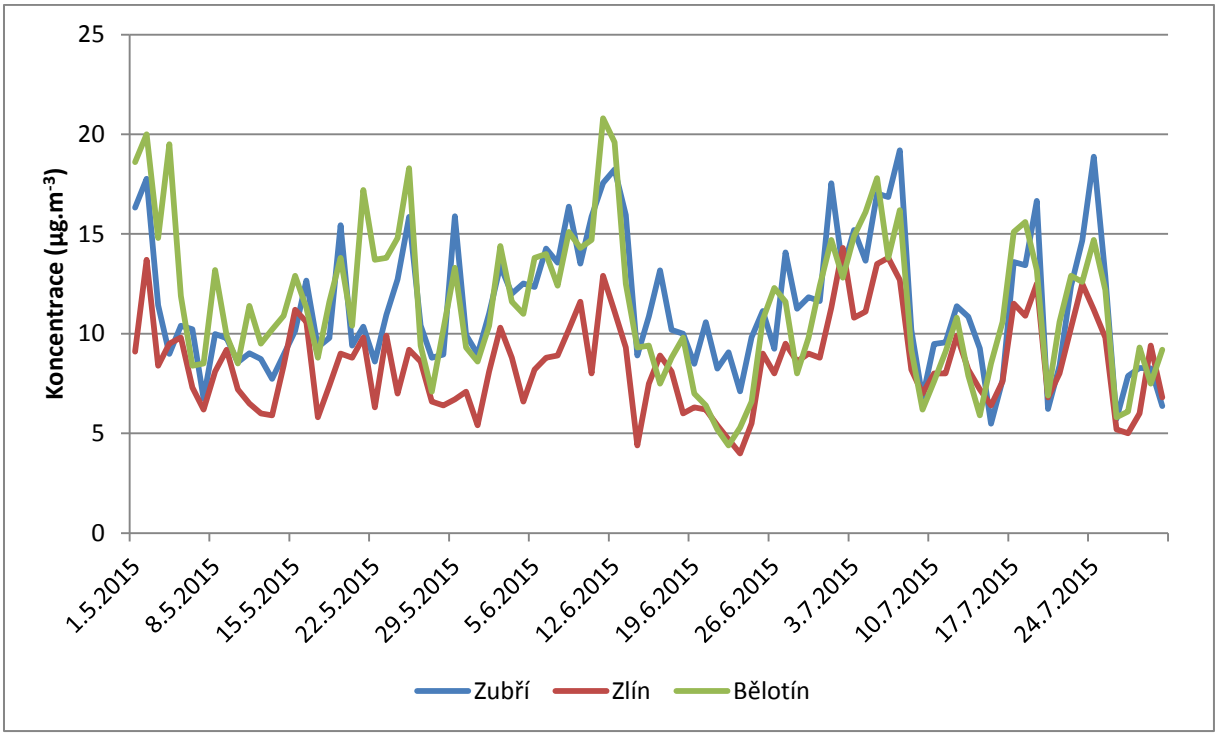


Obr. 9 – Srovnání průměrných denních koncentrací PM_{10} v lokalitách Zubří, Vsetín – hvězdárna a Zlín, 1. 9. 2015 – 30. 11. 2015

Obdobná je i situace z hlediska $PM_{2,5}$. Nejpodobněji ze stanic měřících $PM_{2,5}$ se opět chová lokalita Zlín popř. Bělotín (Obr. 10).



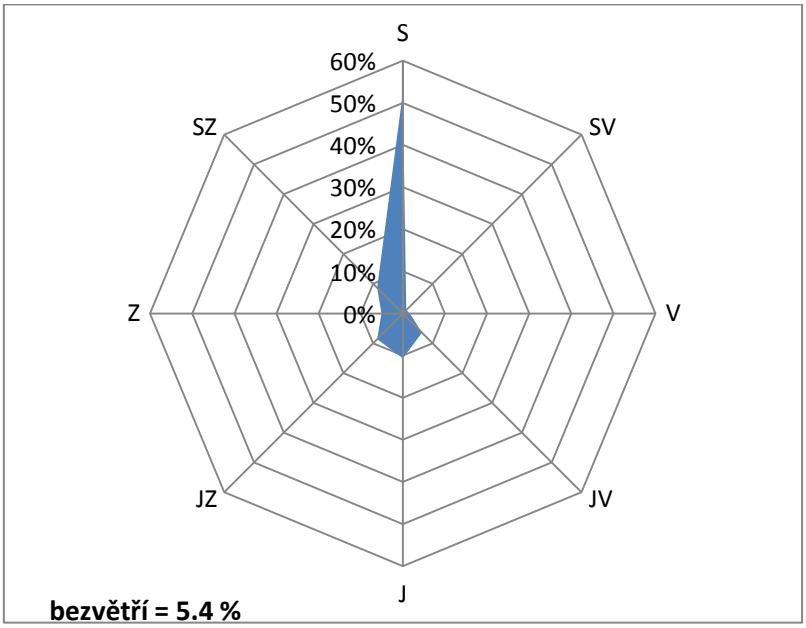
Obr. 10 - Průměrné měsíční koncentrace $PM_{2,5}$ a celkový průměr za měřené období v Zubří na lokalitách Zlínského a Olomouckého kraje



Obr. 11 - Srovnání průměrných denních koncentrací PM_{10} v lokalitách Zubří, Zlín a Bělotín, 1. 5. 2015 – 30. 7. 2015

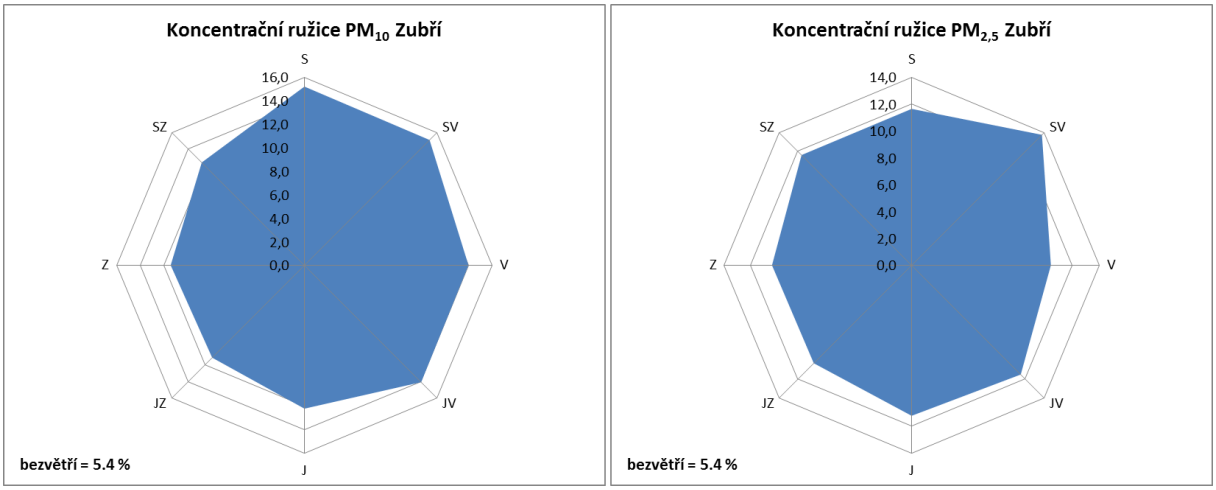
Obdobně jako v případě průměrných denních koncentrací PM_{10} spolu dobře korelují i koncentrace $PM_{2,5}$. Koncentrace v Zubří jsou mírně vyšší než v případě lokality Zlín a velmi podobné lokalitě Bělotín. Jelikož ve Zlíně v roce 2015 k překročení imisního limitu pro $PM_{2,5}$ nedošlo, s největší pravděpodobností by nepřekračovala ani lokalita Zubří.

Na následujícím Obr. 12 je zobrazena větrná ružice, která naznačuje, že v lokalitě převažuje severní proudění, doplněné o jihovýchodní, jihozápadní a jižní směry.



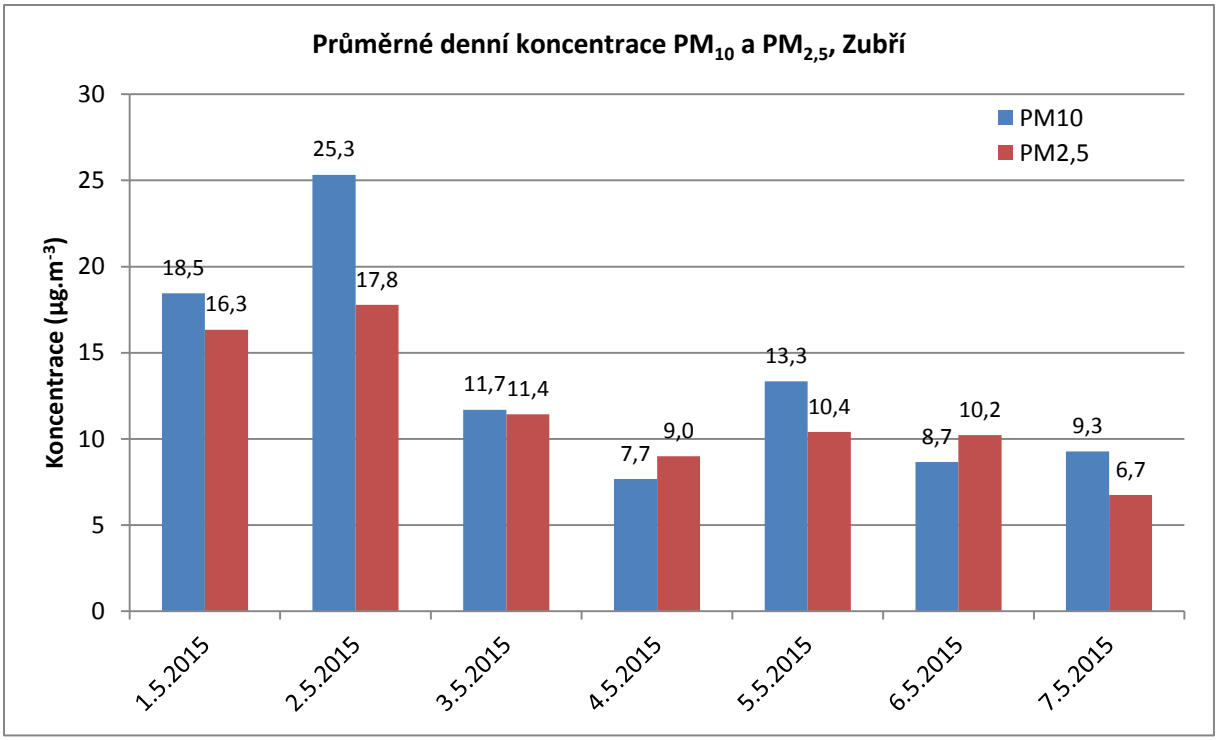
Obr. 12 - Větrná ružice pro lokalitu Zubří, 1. 5. – 30. 7. 2015

Pokud se podíváme na koncentrační ružice, tak v případě PM_{10} i $PM_{2,5}$ jsou koncentrace rozprostřeny poměrně rovnoměrně (Obr. 13). V případě PM_{10} mírně převažují severní směry, v případě $PM_{2,5}$ severovýchodní.

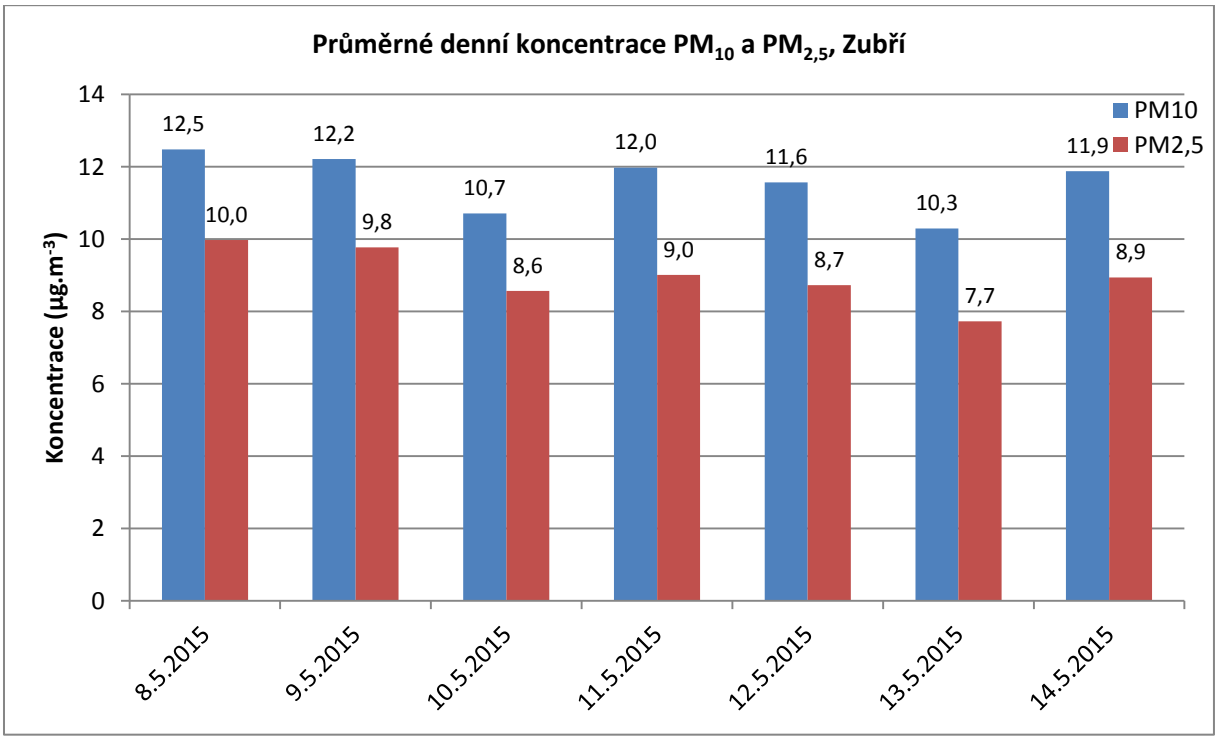


Obr. 13 – Koncentrační ružice pro PM_{10} a $PM_{2,5}$, lokalita Zubří, 1. 5. – 30. 7. 2015

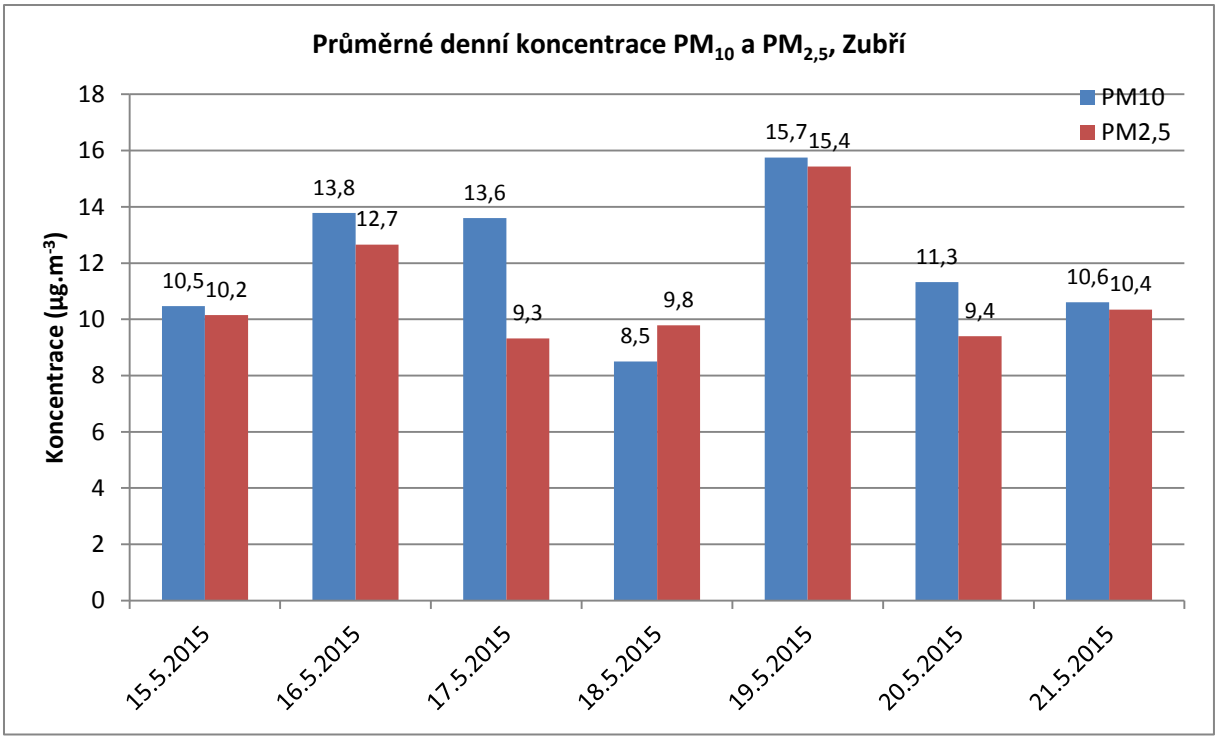
V následujících grafech jsou zobrazeny týdenní chody PM v lokalitě Zubří



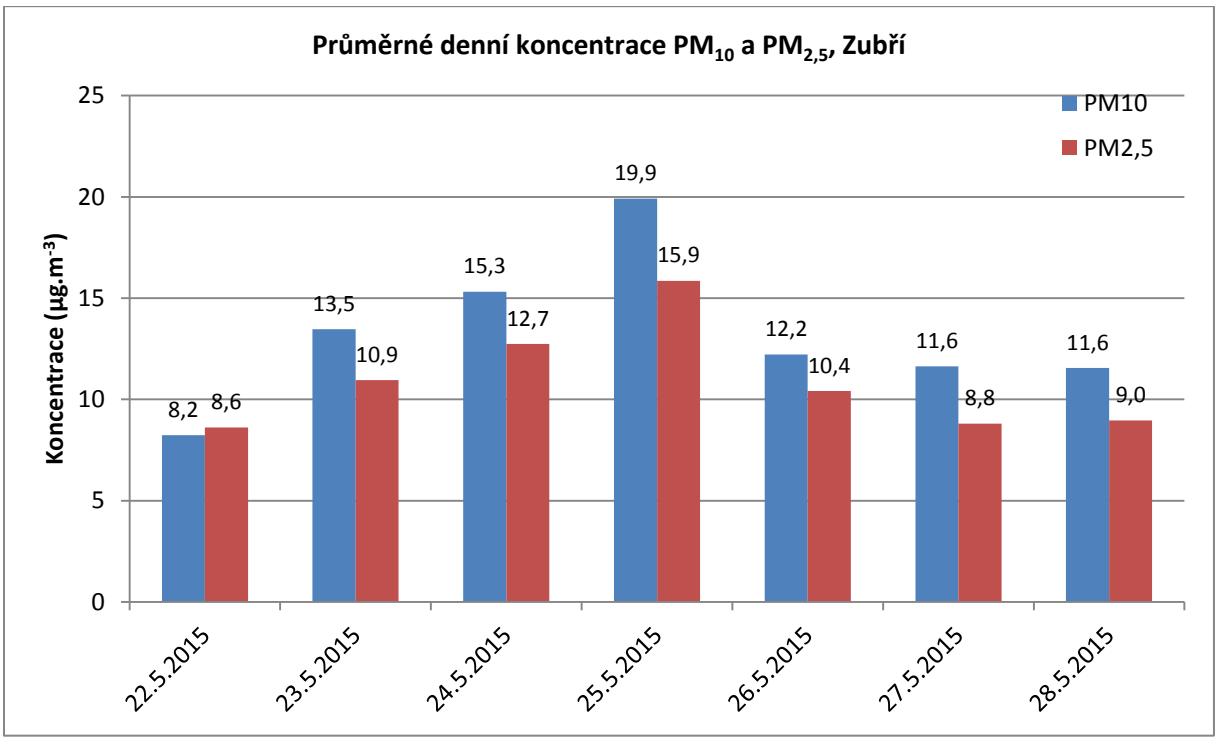
Obr. 14 – Průměrné denní koncentrace PM, Zubří, 1. – 7. 5. 2015



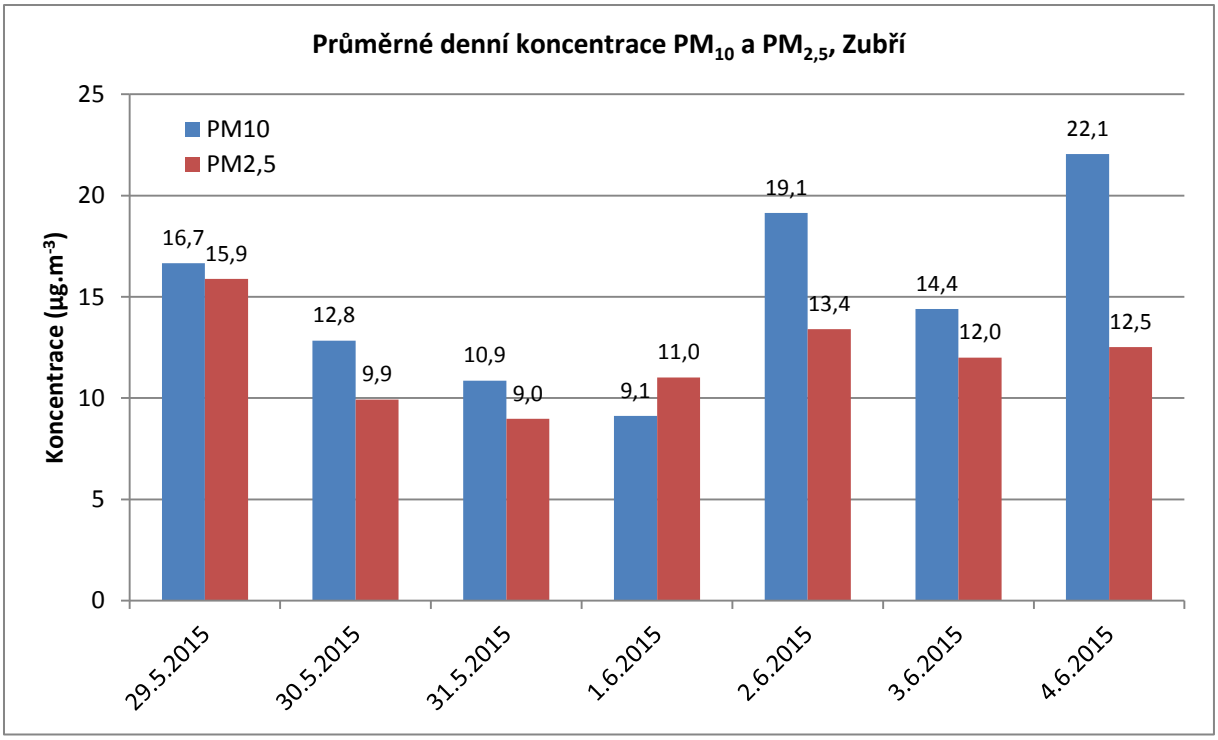
Obr. 15 – Průměrné denní koncentrace PM, Zubří, 8. – 14. 5. 2015



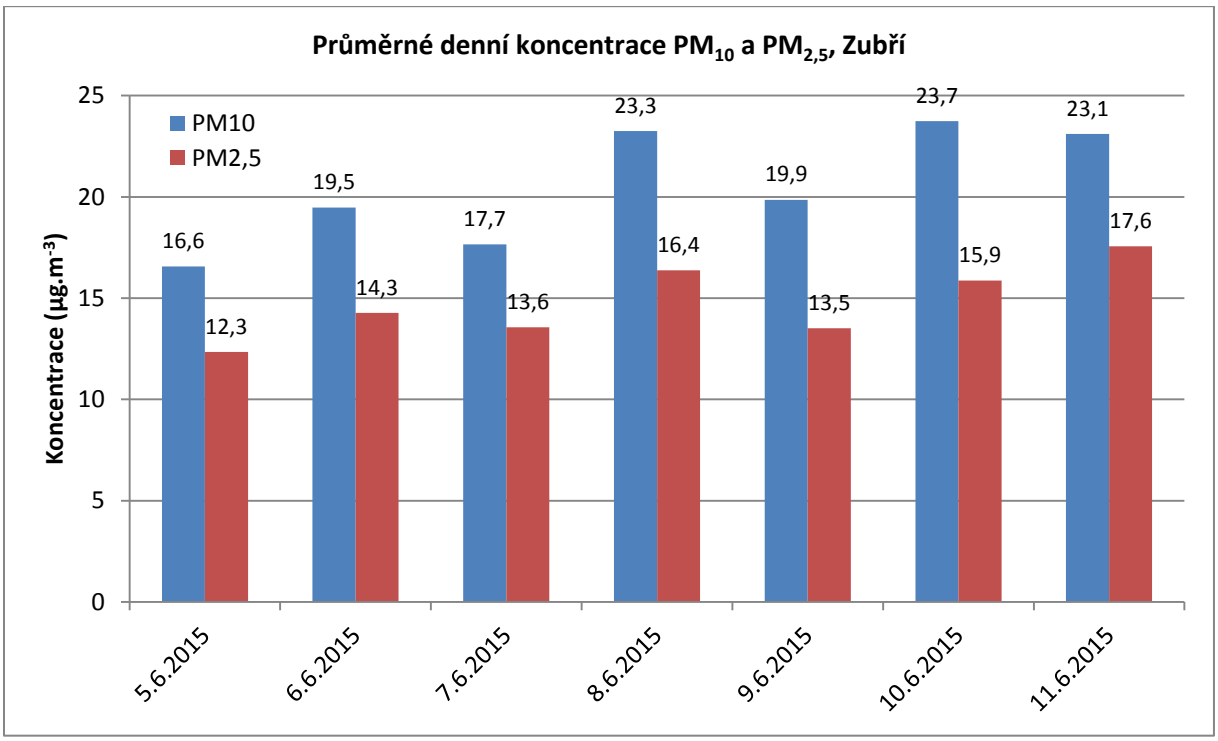
Obr. 16 – Průměrné denní koncentrace PM, Zubří, 15. – 21. 5. 2015



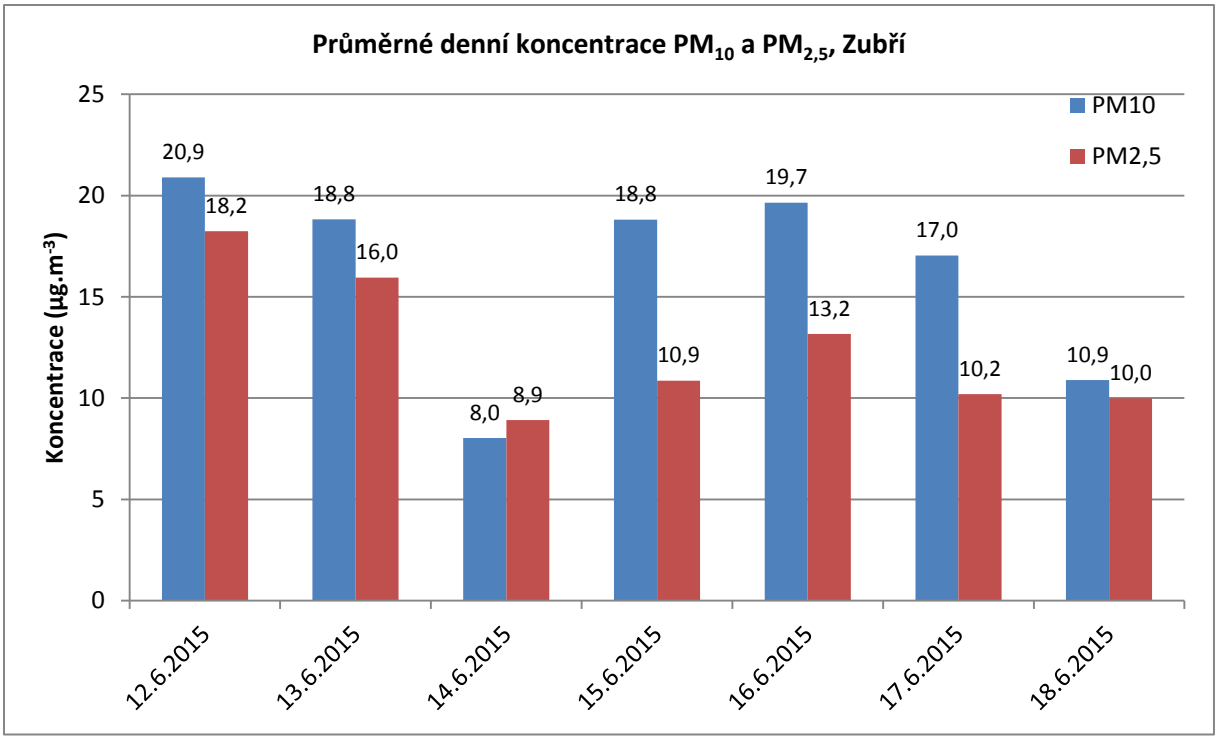
Obr. 17 – Průměrné denní koncentrace PM, Zubří, 22. – 28. 5. 2015



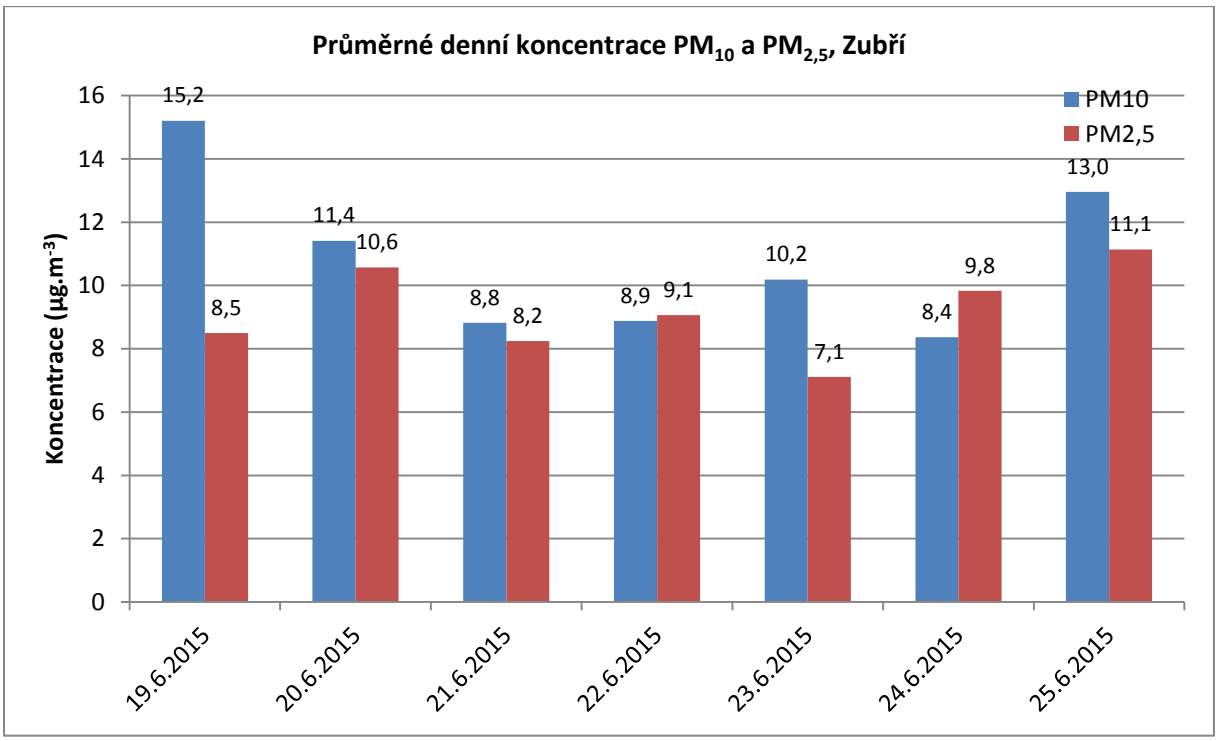
Obr. 18 – Průměrné denní koncentrace PM, Zubří, 29. 5. – 5. 6. 2015



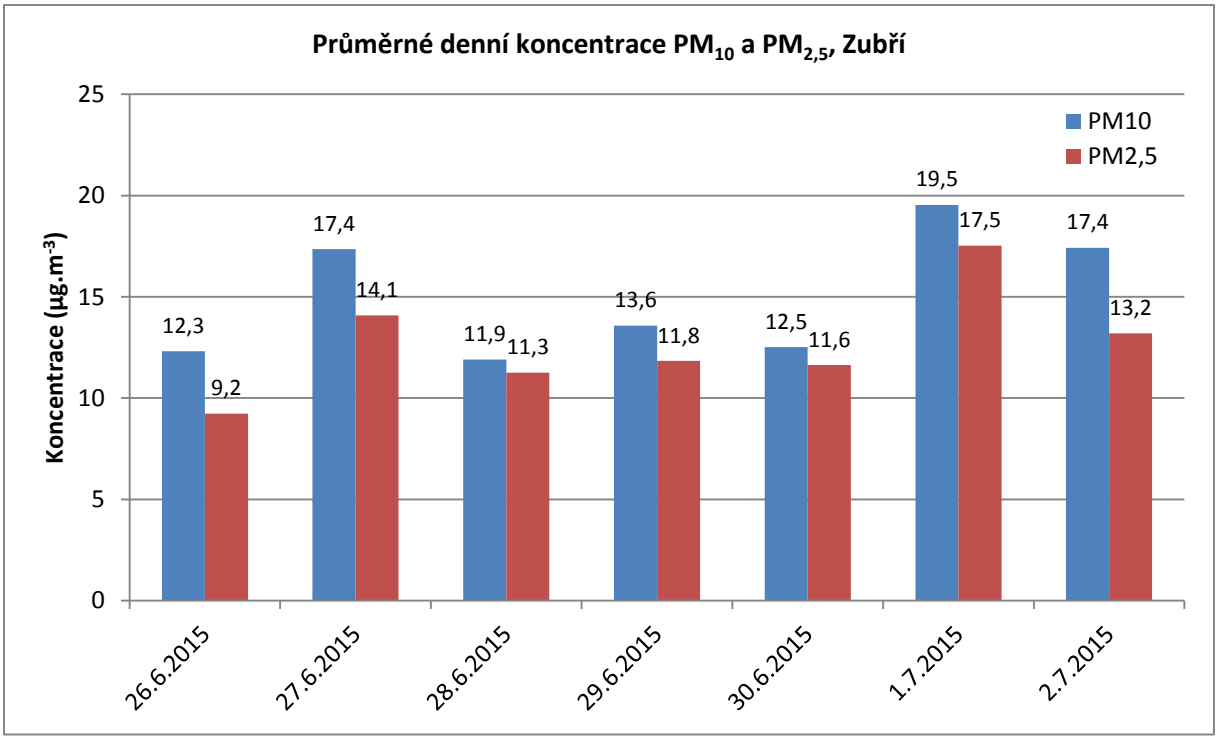
Obr. 19 – Průměrné denní koncentrace PM, Zubří, 5. – 11. 6. 2015



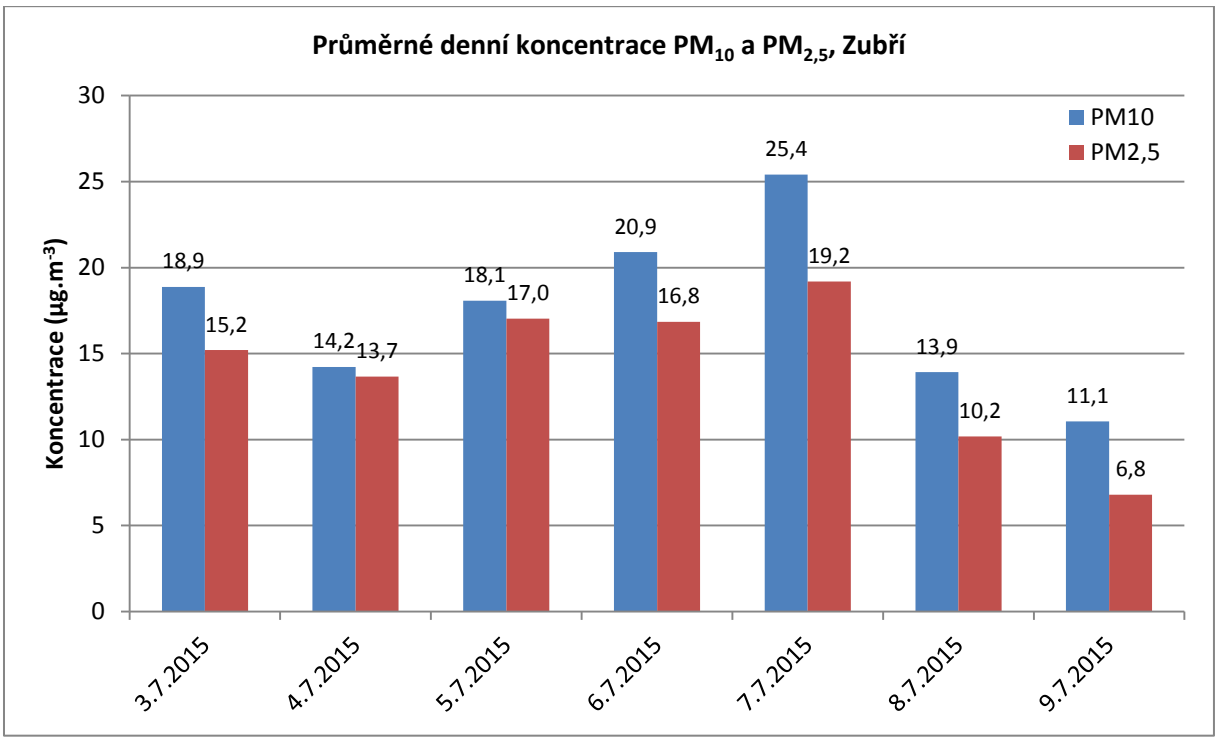
Obr. 20 – Průměrné denní koncentrace PM, Zubří, 12. – 18. 6. 2015



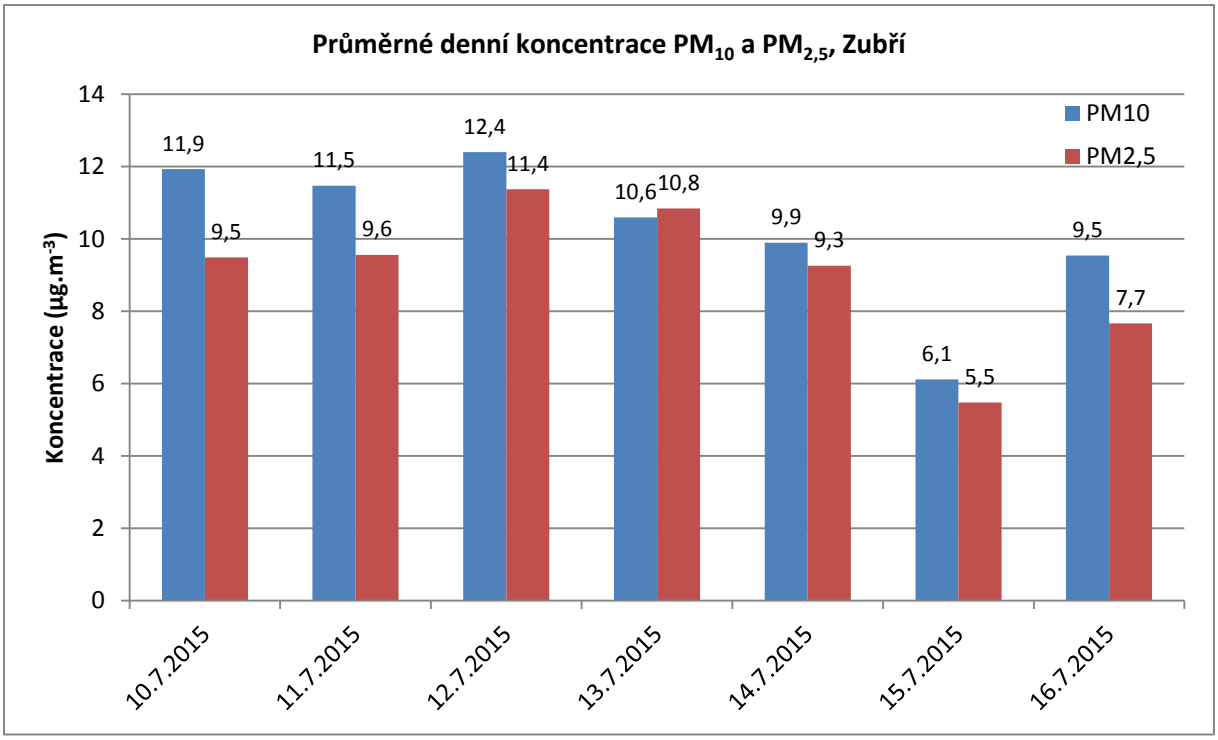
Obr. 21 – Průměrné denní koncentrace PM, Zubří, 19. – 25. 6. 2015



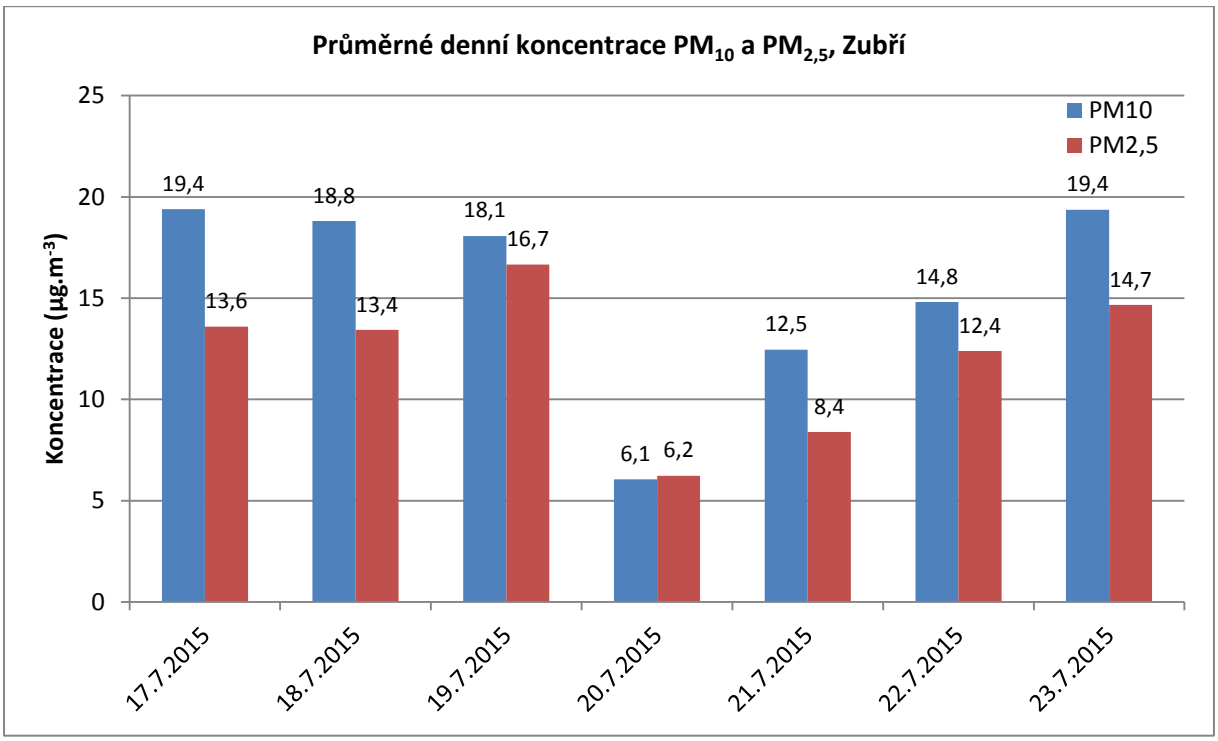
Obr. 22 – Průměrné denní koncentrace PM, Zubří, 26. 6. – 2. 7. 2015



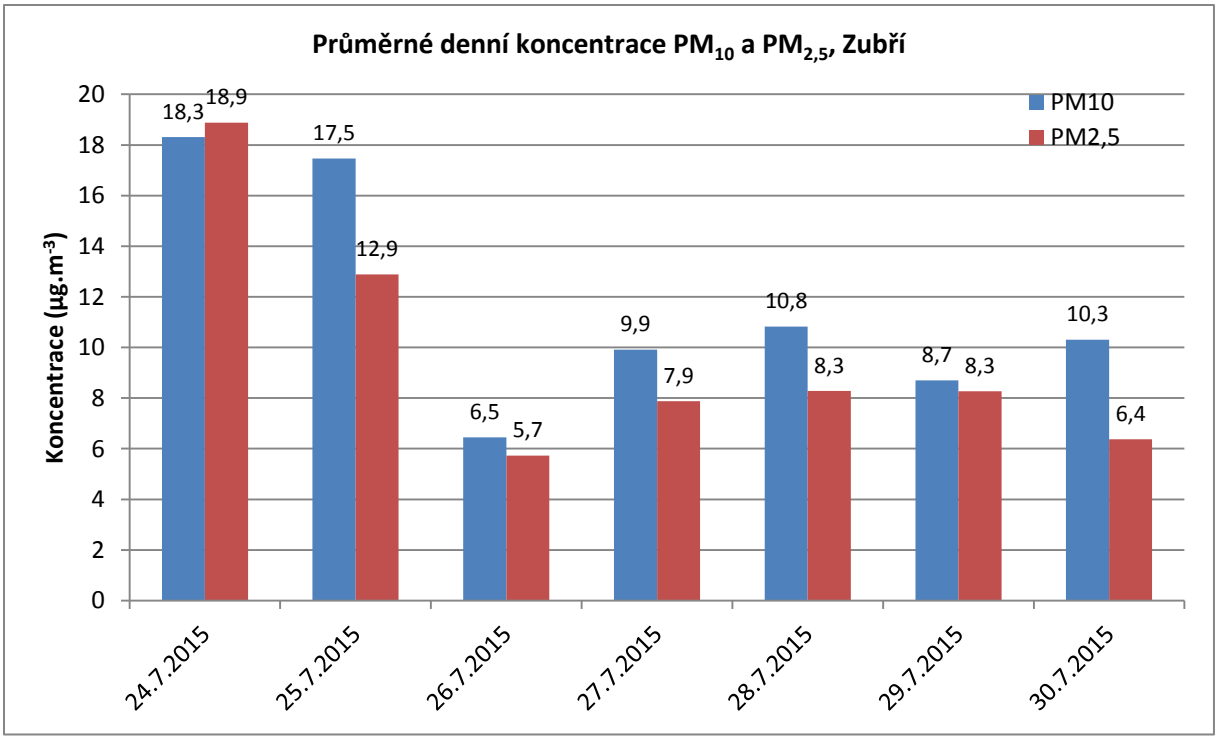
Obr. 23 – Průměrné denní koncentrace PM, Zubří, 3. – 9. 7. 2015



Obr. 24 – Průměrné denní koncentrace PM, Zubří, 10. – 16. 7. 2015

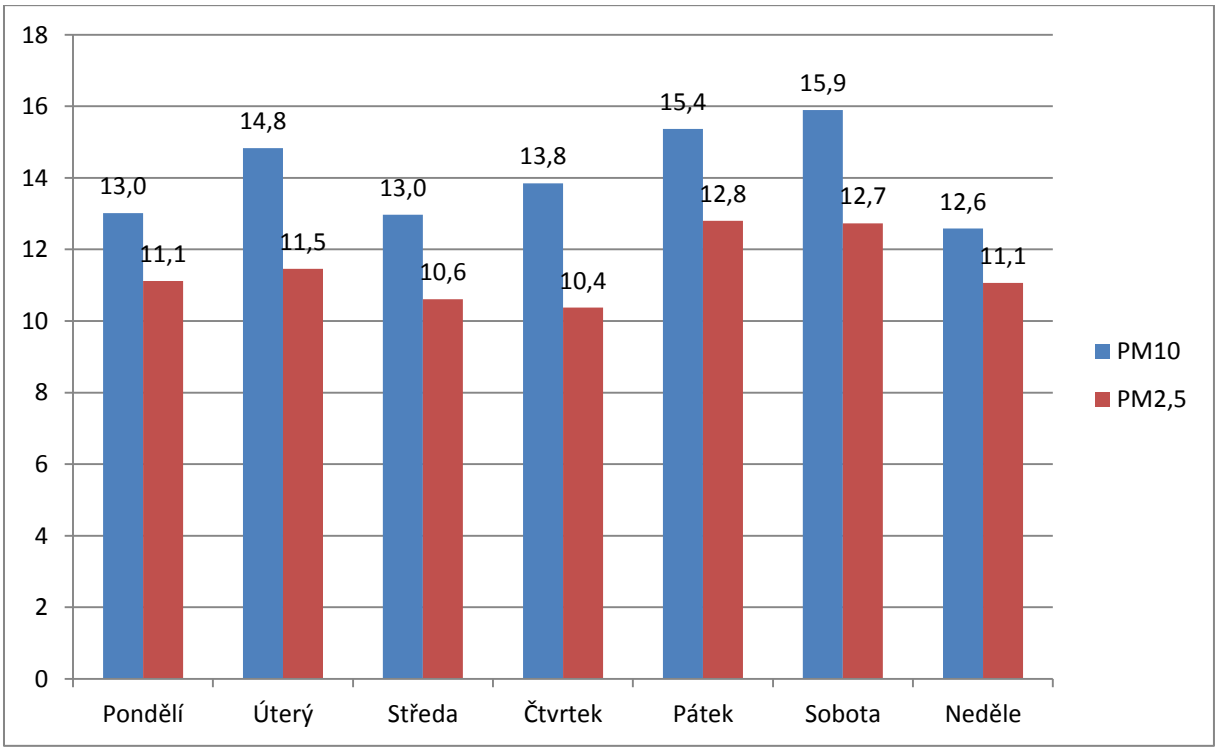


Obr. 25 – Průměrné denní koncentrace PM, Zubří, 17. – 23. 7. 2015



Obr. 26 – Průměrné denní koncentrace PM, Zubří, 24. – 30. 7. 2015

V rámci analýzy byly rovněž zhodnoceny jednotlivé dny v týdnu. Koncentrace byly zprůměrovány za uvedené období. Výsledky jsou uvedeny v následujícím Obr. 27. Z grafu je patrné, že nejvyšší koncentrace PM byly naměřeny v pátky a soboty. Tyto výsledky poukazují opět na vliv malých zdrojů, kdy v pátek a v sobotu mohou přispívat ke znečištění i lidé, co přijedou pouze na víkend, popř. jsou prováděny zahradní práce atp. V pracovní dny pondělí – čtvrtek, kdy jsou lidé přes den v práci, jsou pak koncentrace nižší.



Obr. 27 – Průměrné koncentrace PM v jednotlivých dnech v týdnu

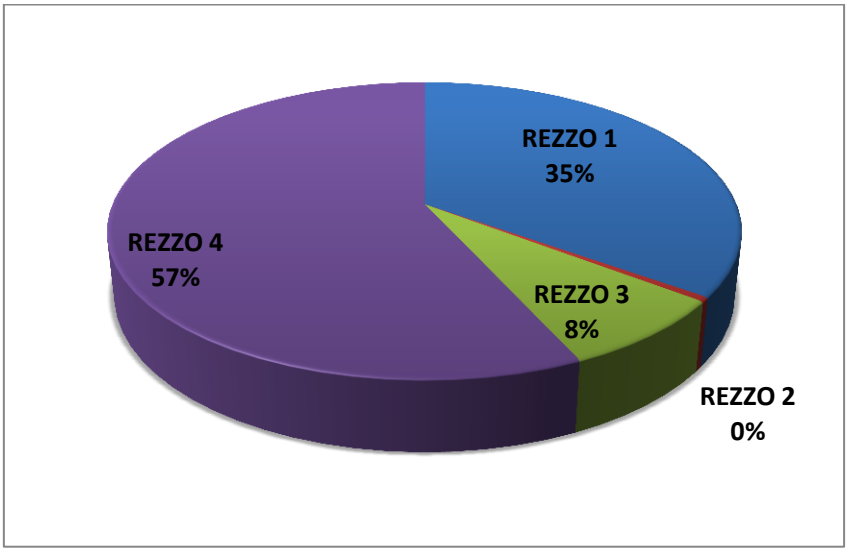
3.2 Oxidy dusíku – NO, NO_2 a NOx

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_2 vzniká relativně rychle reakcí NO s přízemním ozonem nebo s radikály typu HO_2, popř. RO_2. Řadou chemických reakcí se část NO_x přemění na HNO_3/NO_3^-, které jsou z atmosféry odstraňovány suchou a mokrou atmosférickou depozicí. Pozornost je věnována NO_2 z důvodu jeho negativního vlivu na lidské zdraví. Hraje také klíčovou roli při tvorbě fotochemických oxidantů.

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

K překročení ročního imisního limitu NO_2 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.

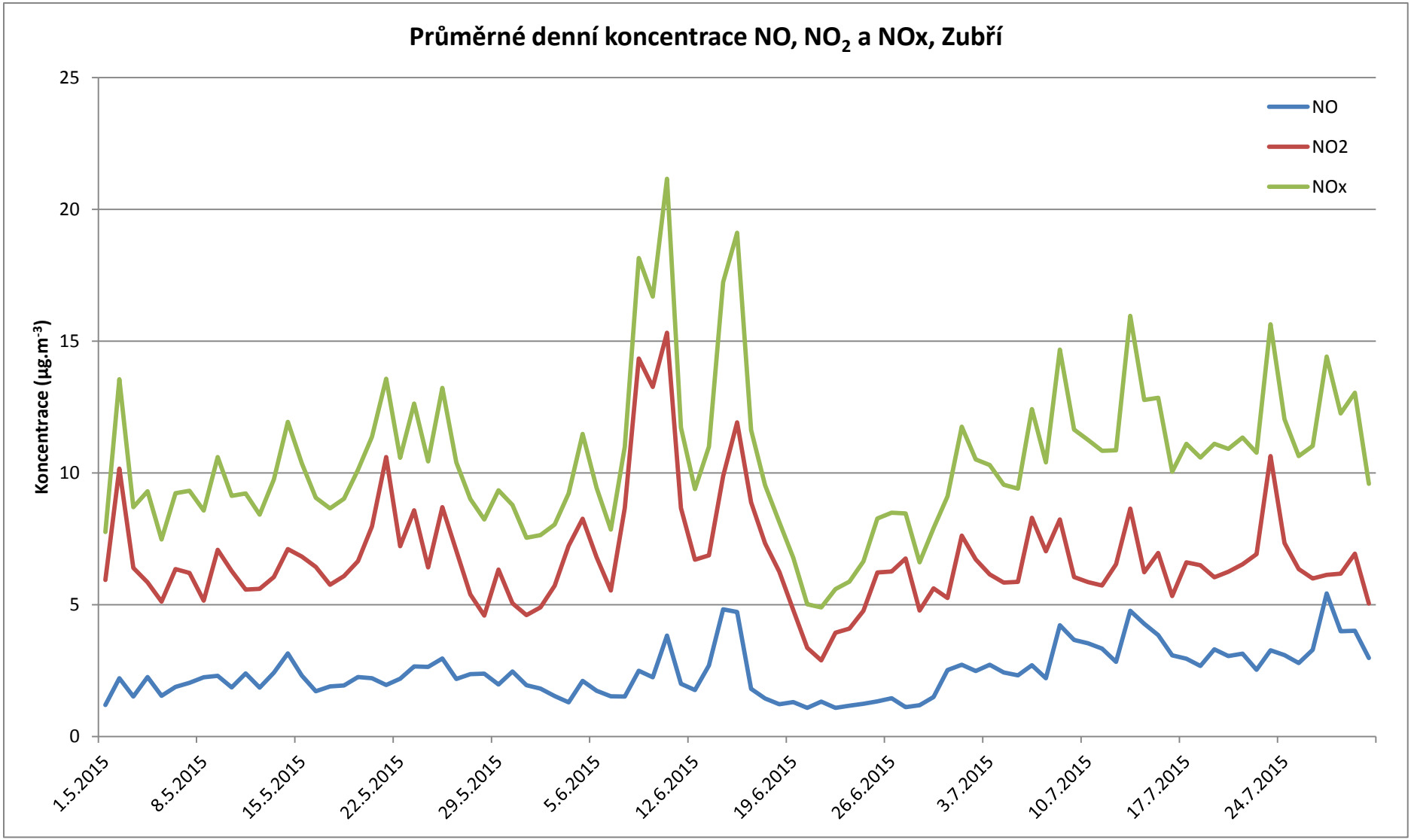
Majoritním zdrojem emisí NO_X ve Zlínském kraji je doprava (mobilní zdroje znečišťování – REZZO 4). Zvláště velké a velké zdroje znečišťování (REZZO 1) přispívají zhruba 35 % všech emisí NO_X, lokální topeniště pak necelých 10 % (Obr. 28).



Obr. 28 - Emise NOx ve Zlínském kraji dle kategorií zdrojů (2012)

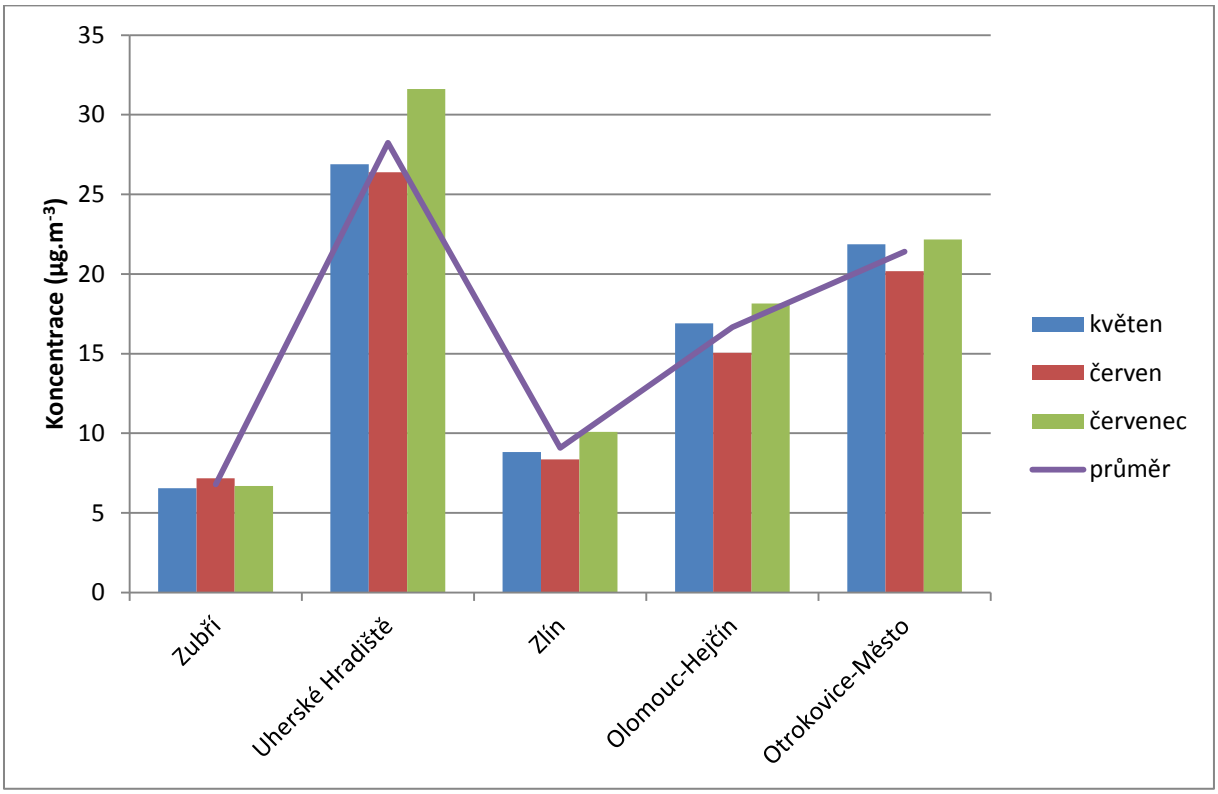
V případě oxidů dusíku se sledují dva imisní limity pro oxid dusičitý (NO_2). Jeden je pro průměrnou roční koncentraci a druhý pro hodinovou koncentraci. U hodinových koncentrací může dojít k 18 překročením, proto se hodnotí 19. nejvyšší hodinová koncentrace za kalendářní rok.

Následující graf na Obr. 29zobrazuje vývoj koncentrací oxidů dusíku (NO, NO_2 a NOx) po čas měření. Z průběhu koncentrací není zřetelný nějaký trend, koncentrace jsou nízké.



Obr. 29 - Průměrné denní koncentrace NO, NO_2 a NO_X, Zubří

Následující Obr. 30 zobrazuje srovnání jednotlivých lokalit ve Zlínském a Olomouckém kraji z hlediska průměrných měsíčních koncentrací NO_2 a celkového průměru za 3 měsíce (květen - červenec).



Obr. 30 – Průměrné měsíční koncentrace NO_2 a celkový průměr za měřené období v Zubří na lokalitách Zlínského a Olomouckého kraje

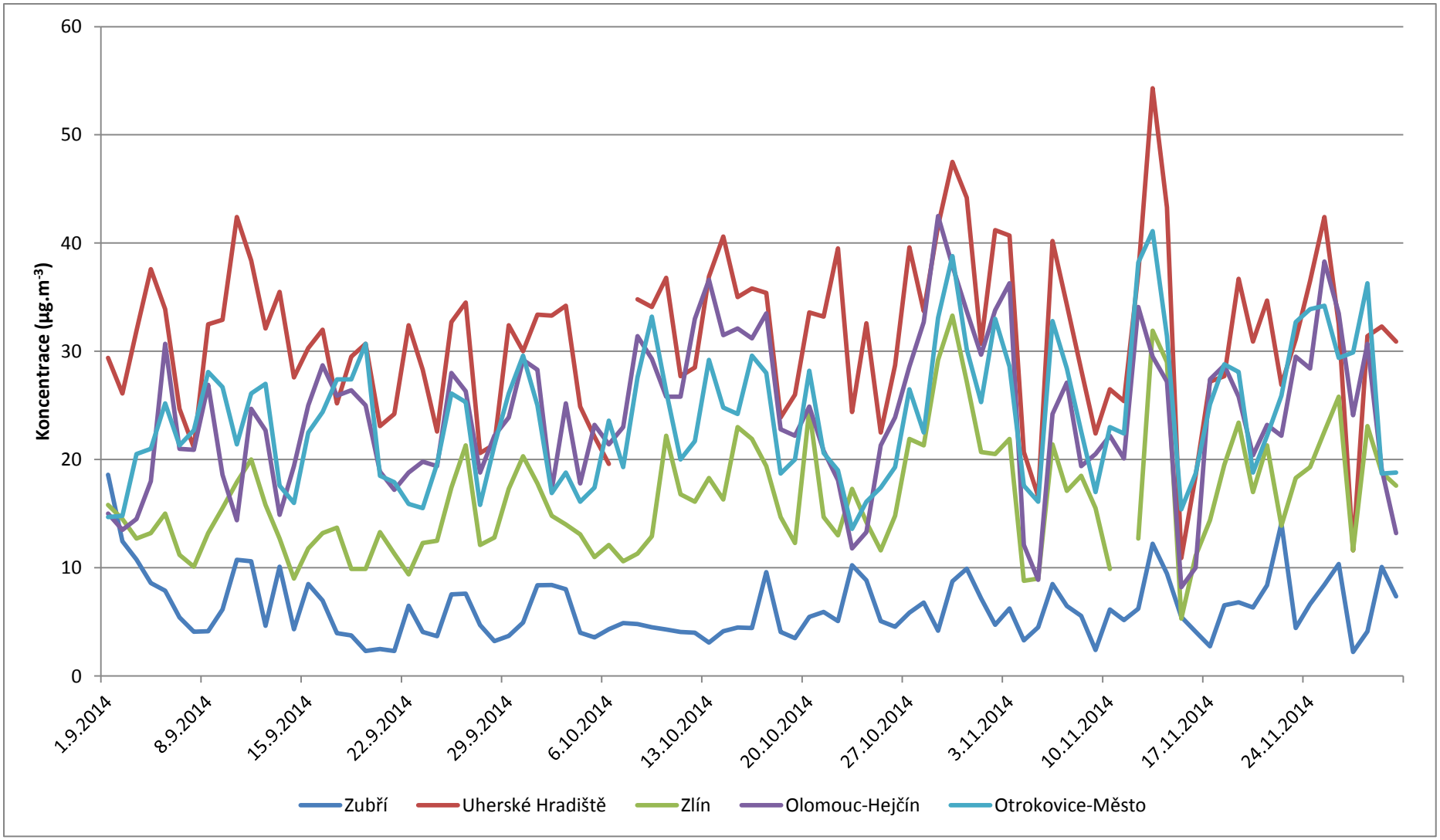
Z grafu je patrné, že v lokalitě Zubří jsou suverénně nejnižší koncentrace oxidů dusíku ve srovnání s ostatními lokalitami. Je to způsobeno tím, že ostatní lokality jsou výrazněji ovlivněny zdroji oxidů dusíku (doprava, energetika). Vzhledem k tomu, že ani ostatní lokality nepřekračují imisní limity pro NO_2 (jak roční, tak hodinový), nebude docházet k překročení imisního limitu pro tuto škodlivinu ani v lokalitě Zubří. V případě hodinových koncentrací nepřekračuje imisní limit žádná stanice v ČR.

Míru ovlivnění dopravou (jak se doprava podílí na celkových koncentracích oxidů dusíku) dobře dokumentuje poměr koncentrací NO / NO_2. Doprava primárně emituje právě NO, proto čím je poměr vyšší, tím zatíženější je lokalita dopravou. Z Tab. 3 je patrné, že nejzatíženější jsou Uherské Hradiště a Otrokovice, nicméně i velká část oxidů dusíku v letní sezóně v lokalitě Zubří zřejmě pochází z dopravy.

Tab. 3 – Míra zatížení dopravou vyjádřená poměrem [NO] / [NO_2]

	Zubří	Uherské Hradiště	Zlín	Olomouc-Hejčín	Otrokovice-Město
NO	2,43	13,52	1,44	2,96	8,67
NO2	6,80	28,24	9,09	16,67	21,41
[NO]/[NO2]	0,36	0,48	0,16	0,18	0,40

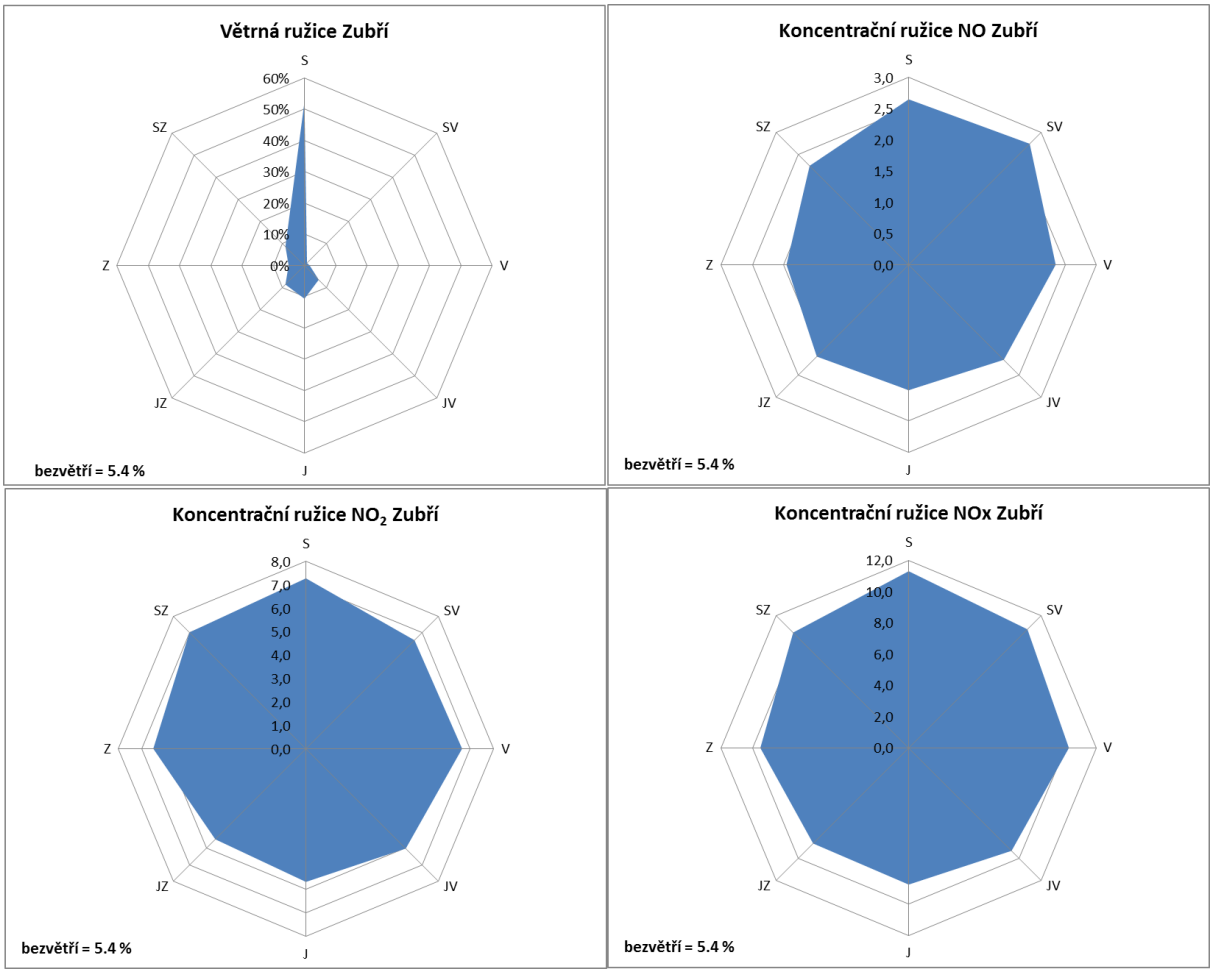
Následující Obr. 31 zobrazuje srovnání průměrných denních koncentrací v lokalitě Zubří s ostatními lokalitami Zlínského a Olomouckého kraje. Výrazně nižší koncentrace jsou patrné i zde.



Obr. 31 – Průměrné denní koncentrace NO_2, Zubří a lokality Zlínského a Olomouckého kraje, 1. 5. – 30. 7. 2015

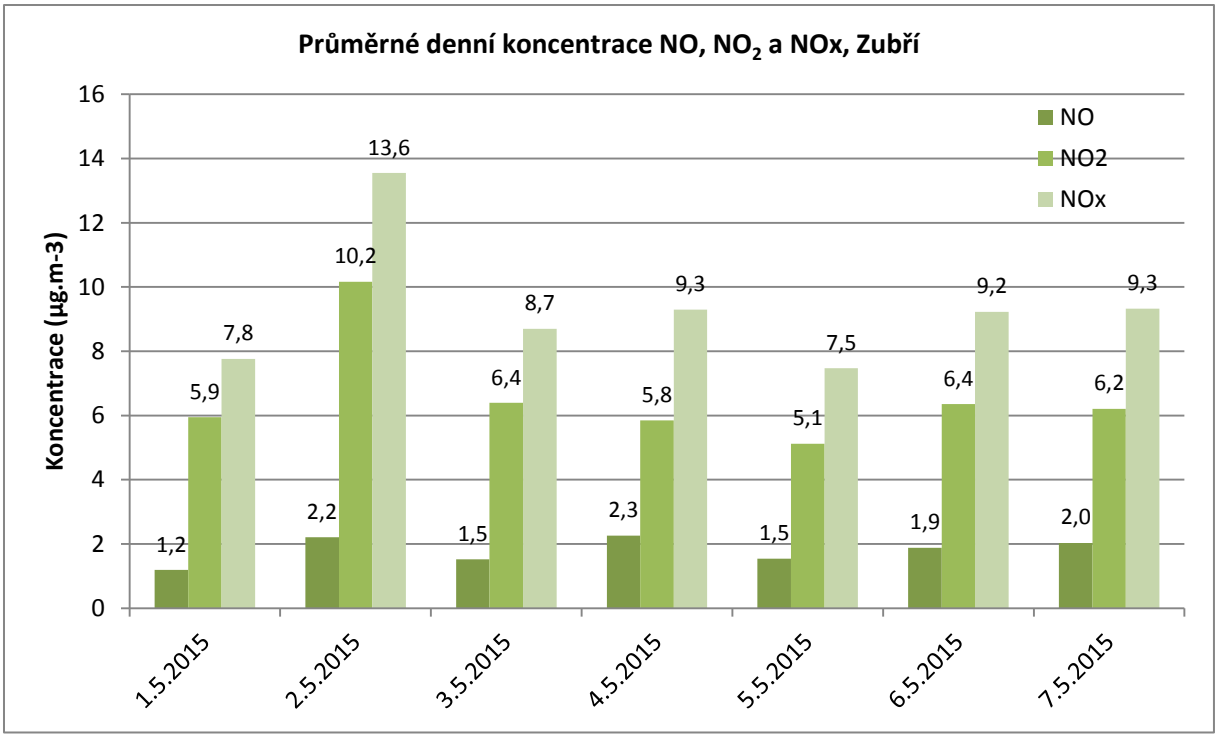
Na následujícím Obr. 32 je zobrazena větrná ružice (vlevo nahoře), která naznačuje, že v lokalitě převažuje severní proudění doplněné jihovýchodními, jihozápadními a jižními směry.

Pokud se podíváme na koncentrační ružice, tak se téměř neliší od ružic pro suspendované částice, žádný směr není nějak výrazněji preferován. V případě převládajících směrů proudění lze konstatovat, že vyšší koncentrace jsou měřeny při severním či jižním proudění, při jihovýchodním jsou nižší.

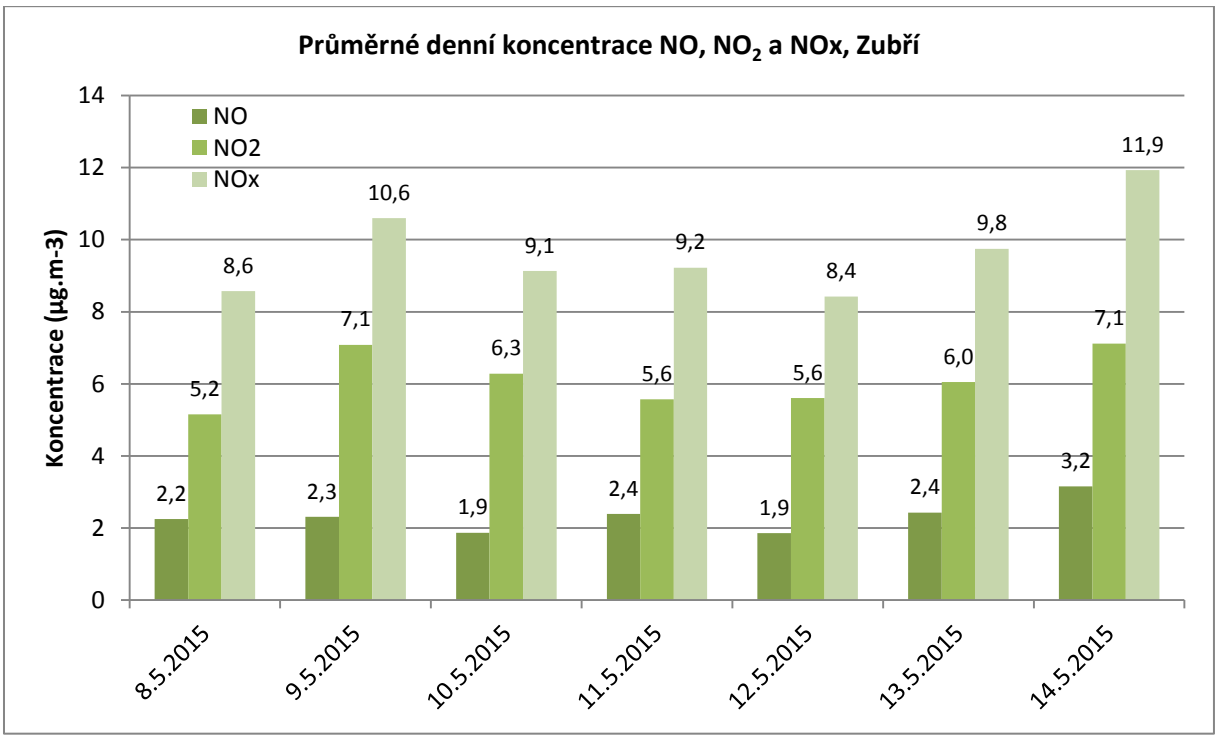


Obr. 32 - Větrná ružice (vlevo nahoře) a koncentrační ružice pro NO (vpravo nahoře), NO_2 (vlevo dole) a NOx (vpravo dole)

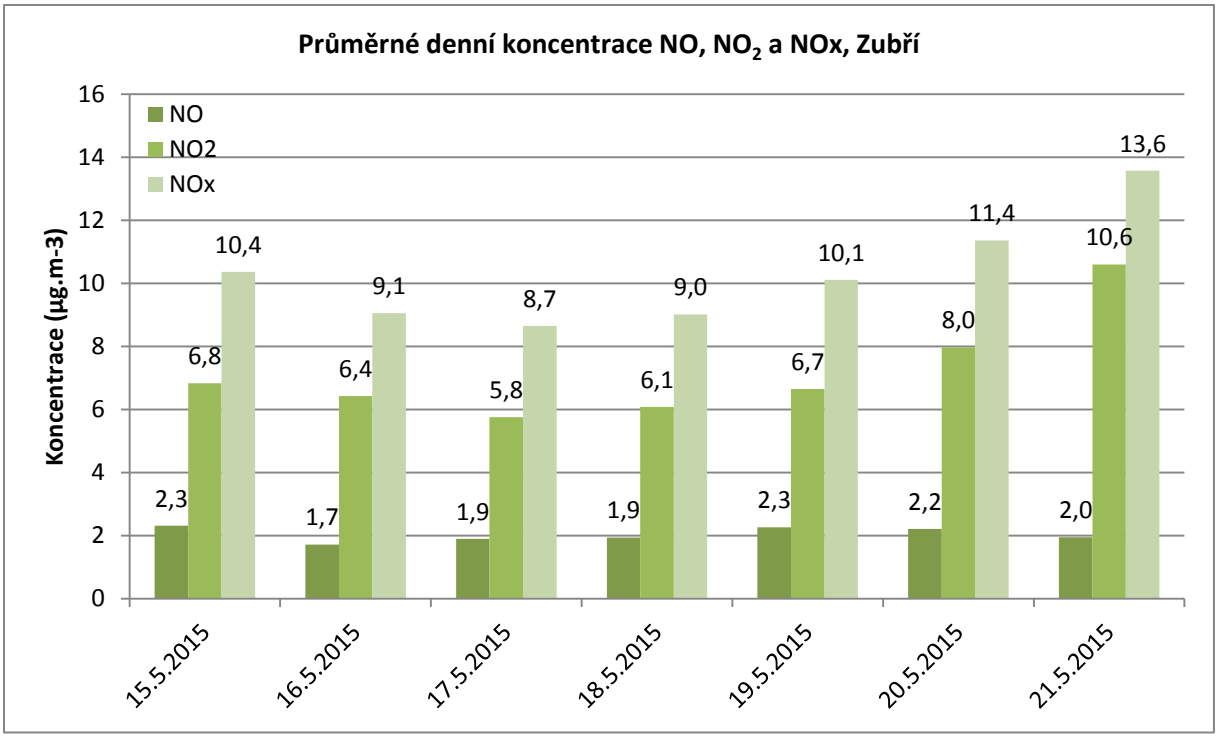
V následujících grafech jsou zobrazeny týdenní chody NOx v lokalitě Zubří



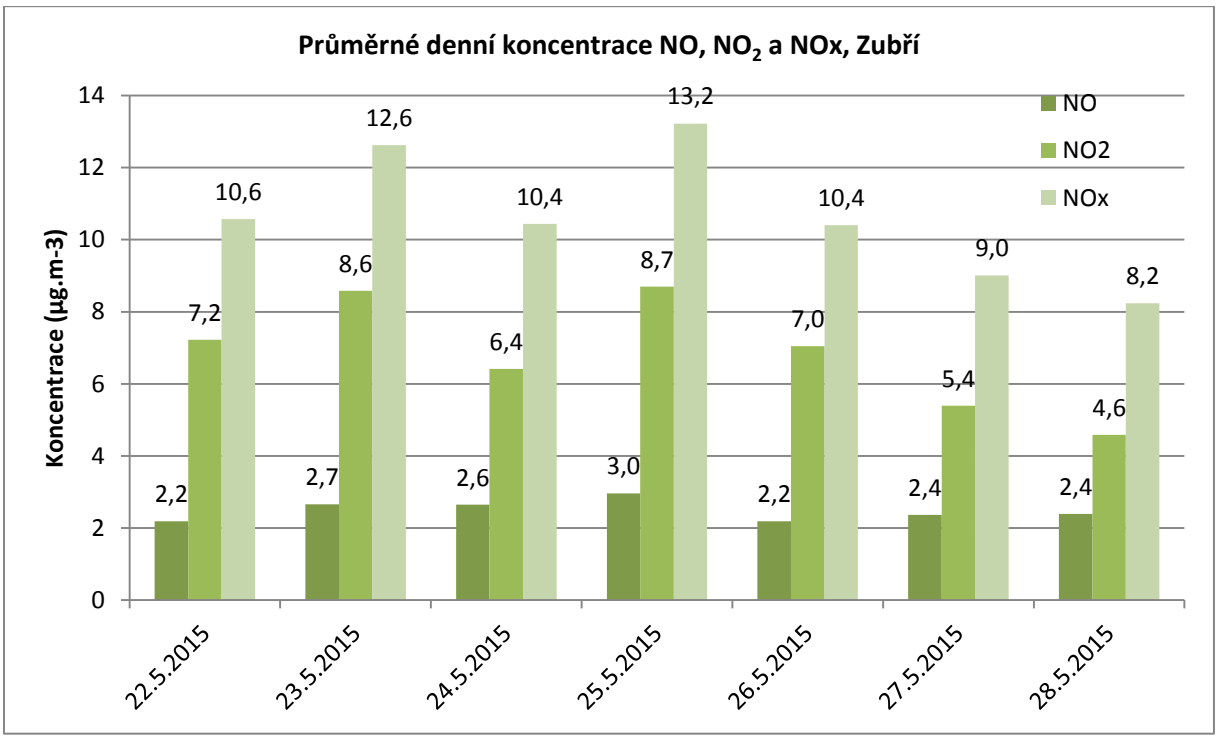
Obr. 33 – Průměrné denní koncentrace NOx, Zubří, 1. – 7. 9. 2015



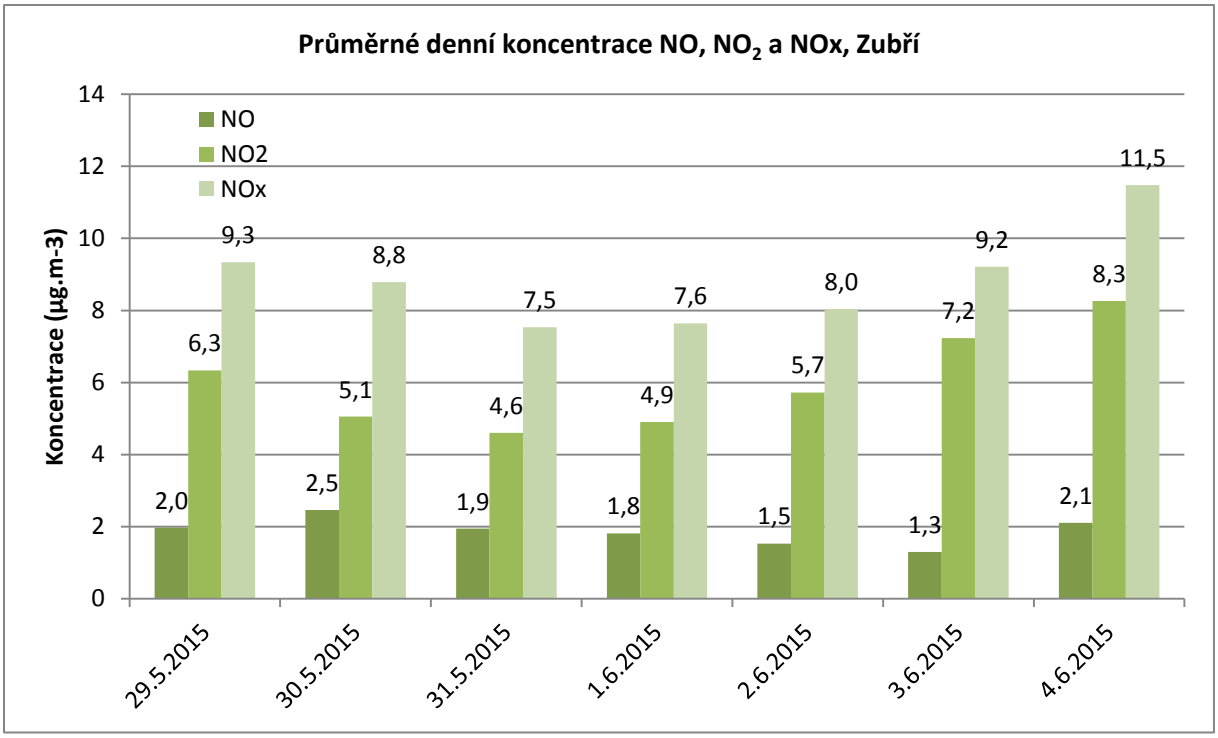
Obr. 34 – Průměrné denní koncentrace NOx, Zubří, 8. – 14. 9. 2015



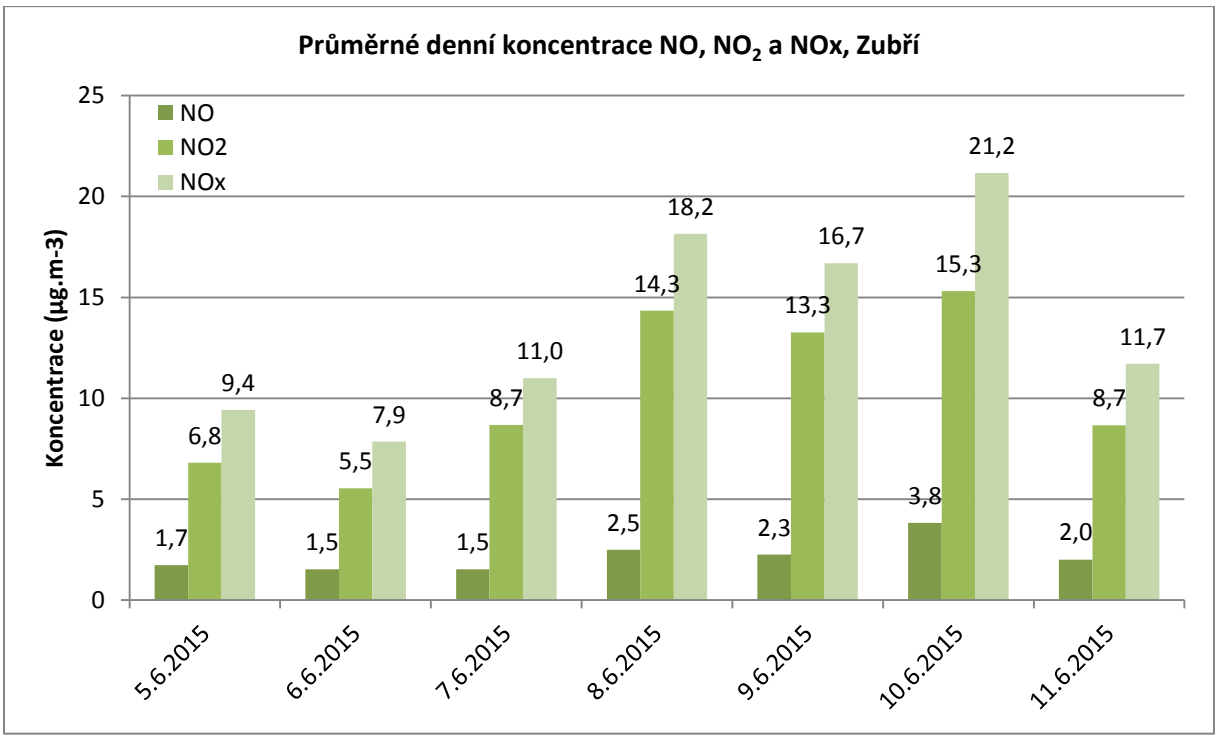
Obr. 35 – Průměrné denní koncentrace NOx, Zubří, 15. – 21. 9. 2015



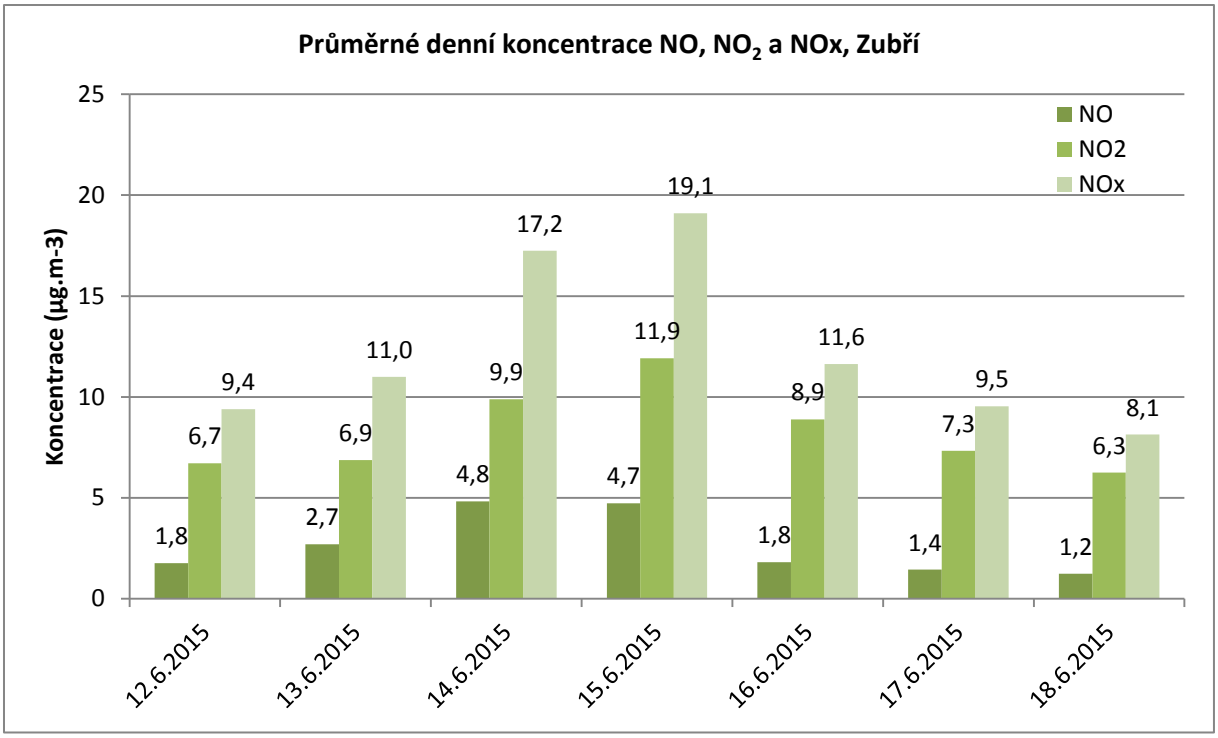
Obr. 36 – Průměrné denní koncentrace NOx, Zubří, 22. – 28. 9. 2015



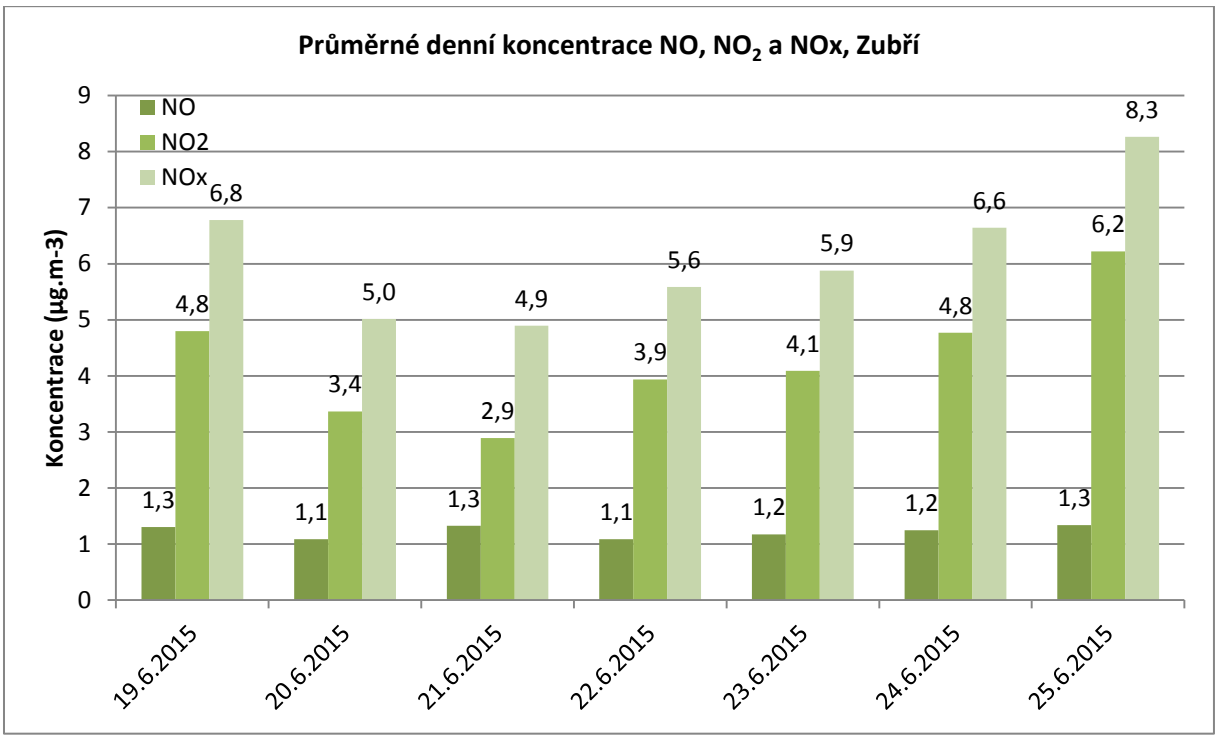
Obr. 37 – Průměrné denní koncentrace NOx, Zubří, 29. 9. – 5. 10. 2015



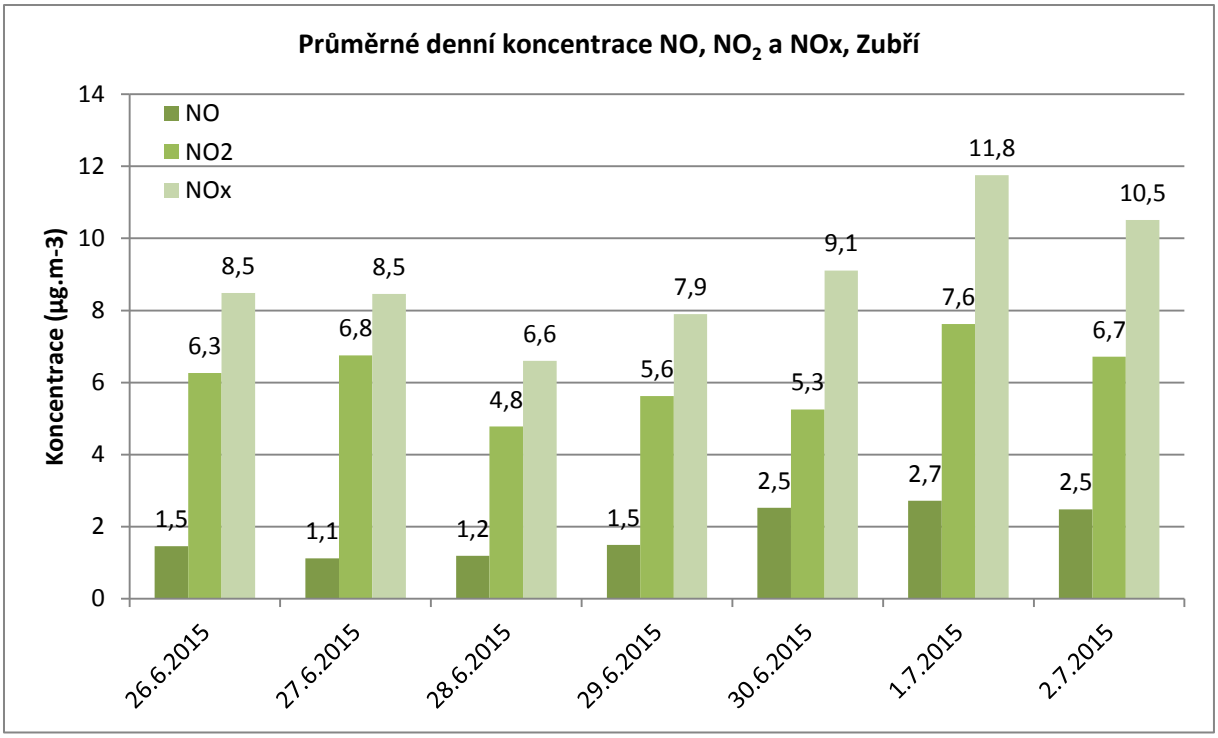
Obr. 38 – Průměrné denní koncentrace NOx, Zubří, 6. – 12. 10. 2015



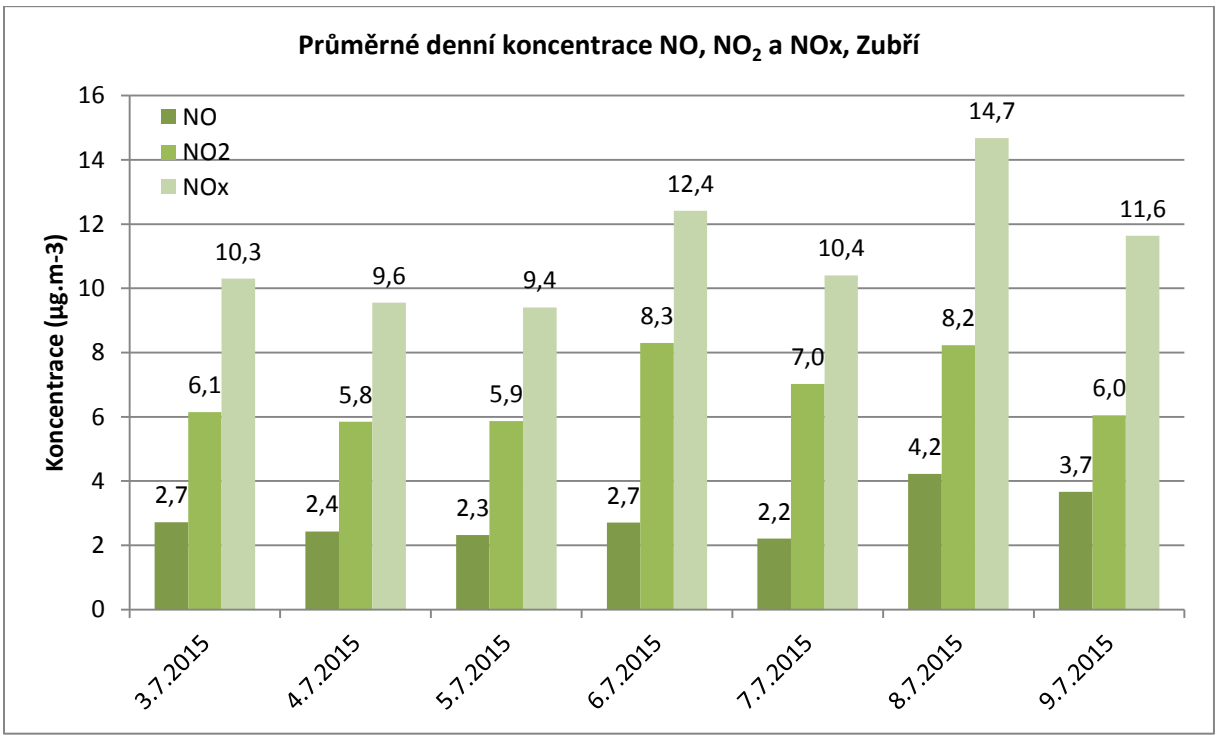
Obr. 39 – Průměrné denní koncentrace NOx, Zubří, 13. – 19. 10. 2015



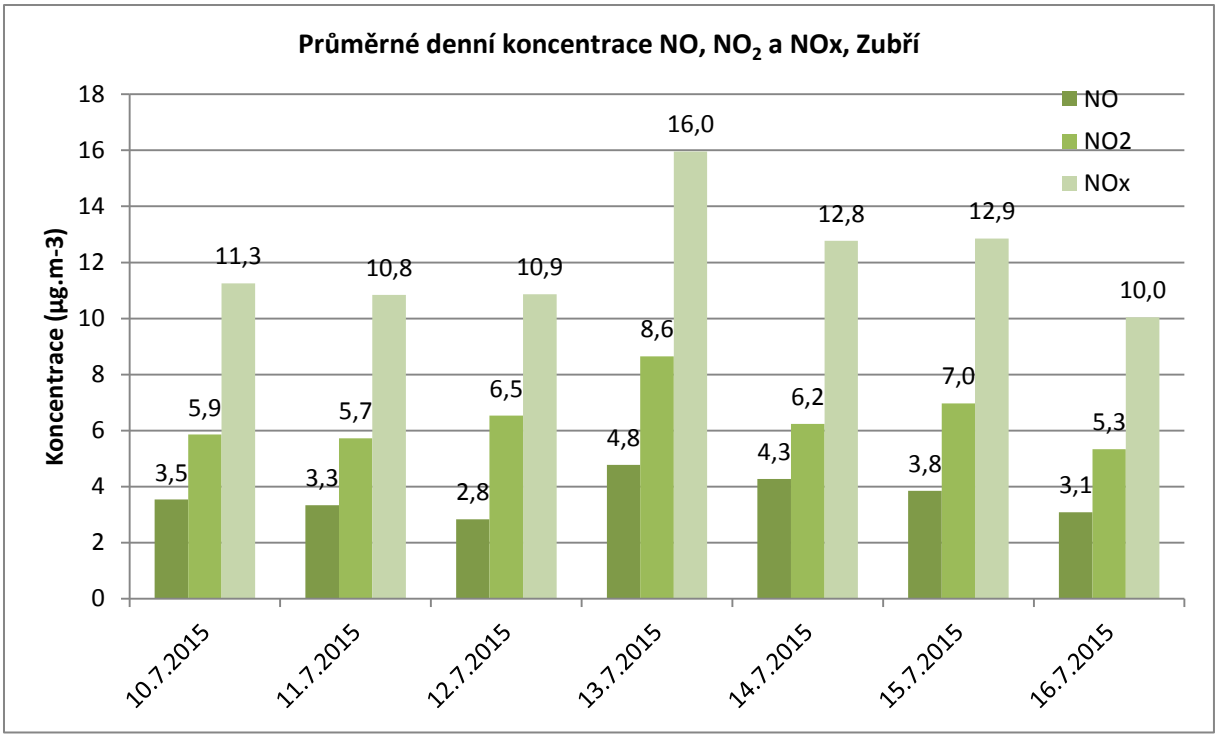
Obr. 40 – Průměrné denní koncentrace NOx, Zubří, 20. – 26. 10. 2015



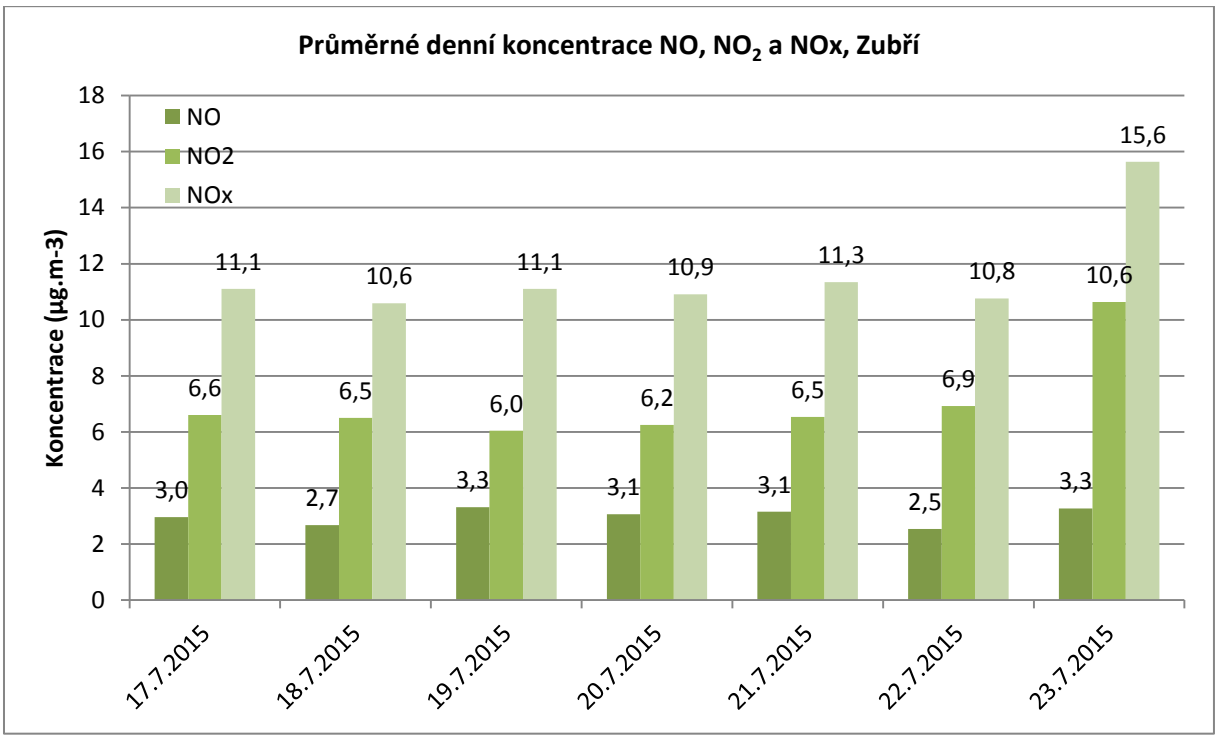
Obr. 41 – Průměrné denní koncentrace NOx, Zubří, 27. 10. – 2. 11. 2015



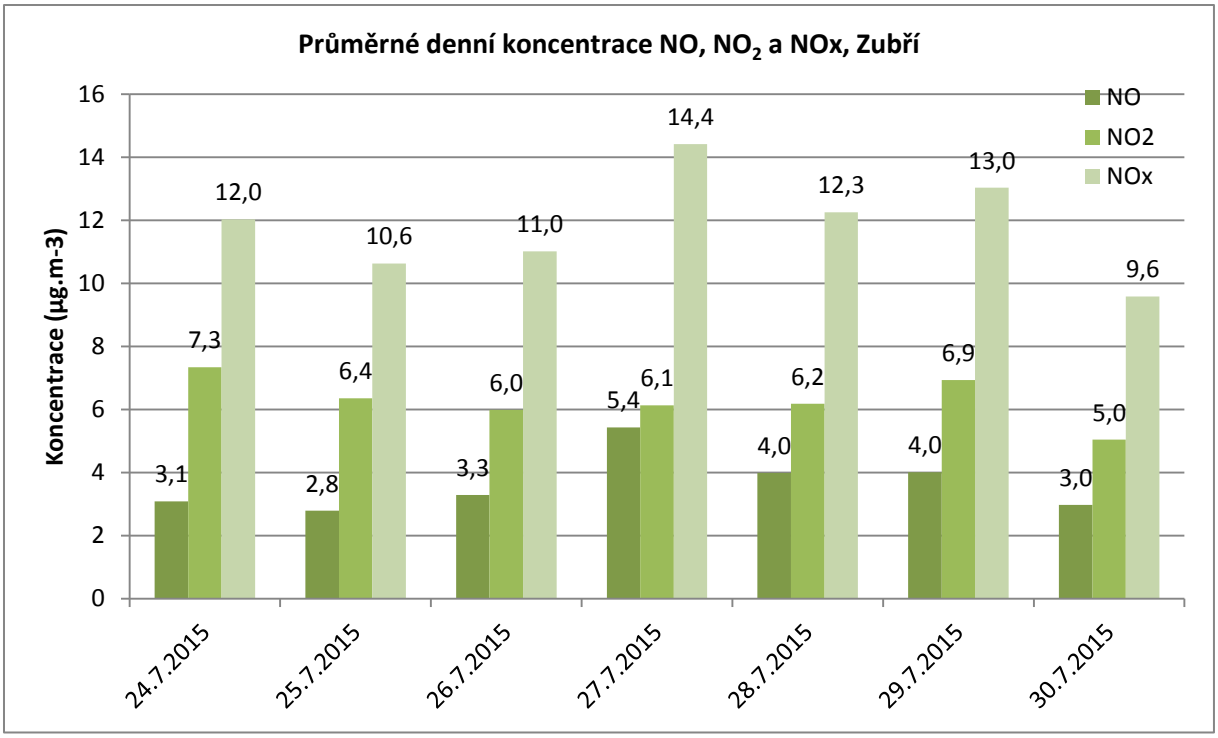
Obr. 42 – Průměrné denní koncentrace NOx, Zubří, 3. – 9. 11. 2015



Obr. 43 – Průměrné denní koncentrace NOx, Zubří, 10. – 16. 11. 2015

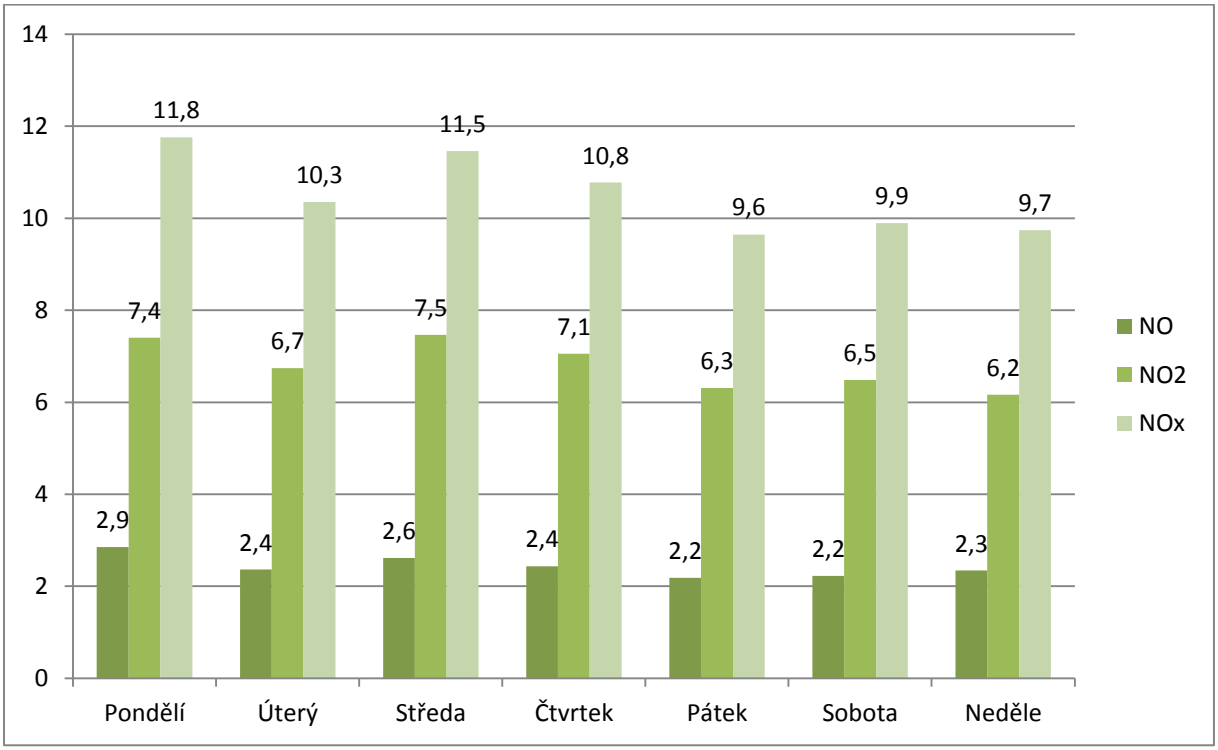


Obr. 44 – Průměrné denní koncentrace NOx, Zubří, 17. – 23. 11. 2015



Obr. 45 – Průměrné denní koncentrace NOx, Zubří, 24. – 30. 11. 2015

V rámci analýzy byly rovněž zhodnoceny jednotlivé dny v týdnu. Koncentrace byly zprůměrovány za uvedené období. Výsledky jsou uvedeny v následujícím Obr. 46. Z grafu je patrné, že koncentrace se téměř neliší (rozdíl se pohybuje na úrovni nejistoty měření), nelze vysledovat žádná větší odchylka.



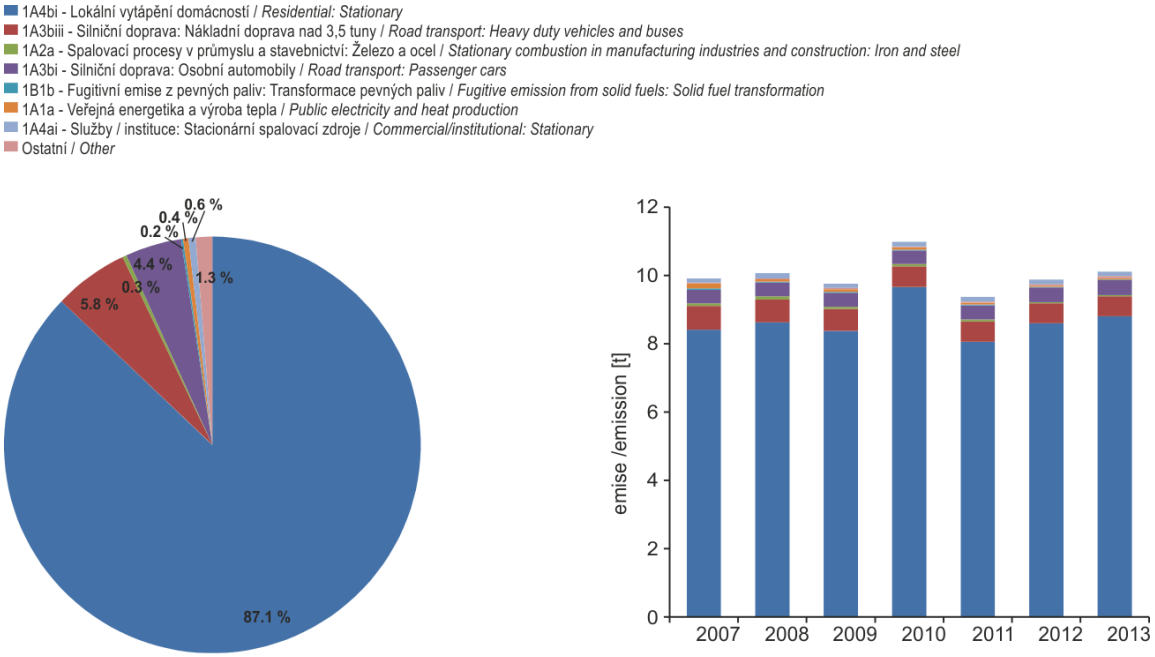
Obr. 46 – Průměrné denní koncentrace NOx v jednotlivé dny v týdnu

3.3 Benzo(a)pyren

Benzo(a)pyren je legislativním zástupcem polyaromatických uhlovodíků. Přírodní hladina pozadí benzo(a)pyrenu muže být s výjimkou výskytu lesních požárů téměř nulová. Jeho antropogenním zdrojem, stejně jako ostatních polycyklických aromatických uhlovodíku (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 µm.

U benzo(a)pyrenu, stejně jako u některých dalších PAH, jsou prokázány karcinogenní účinky na lidský organismus.

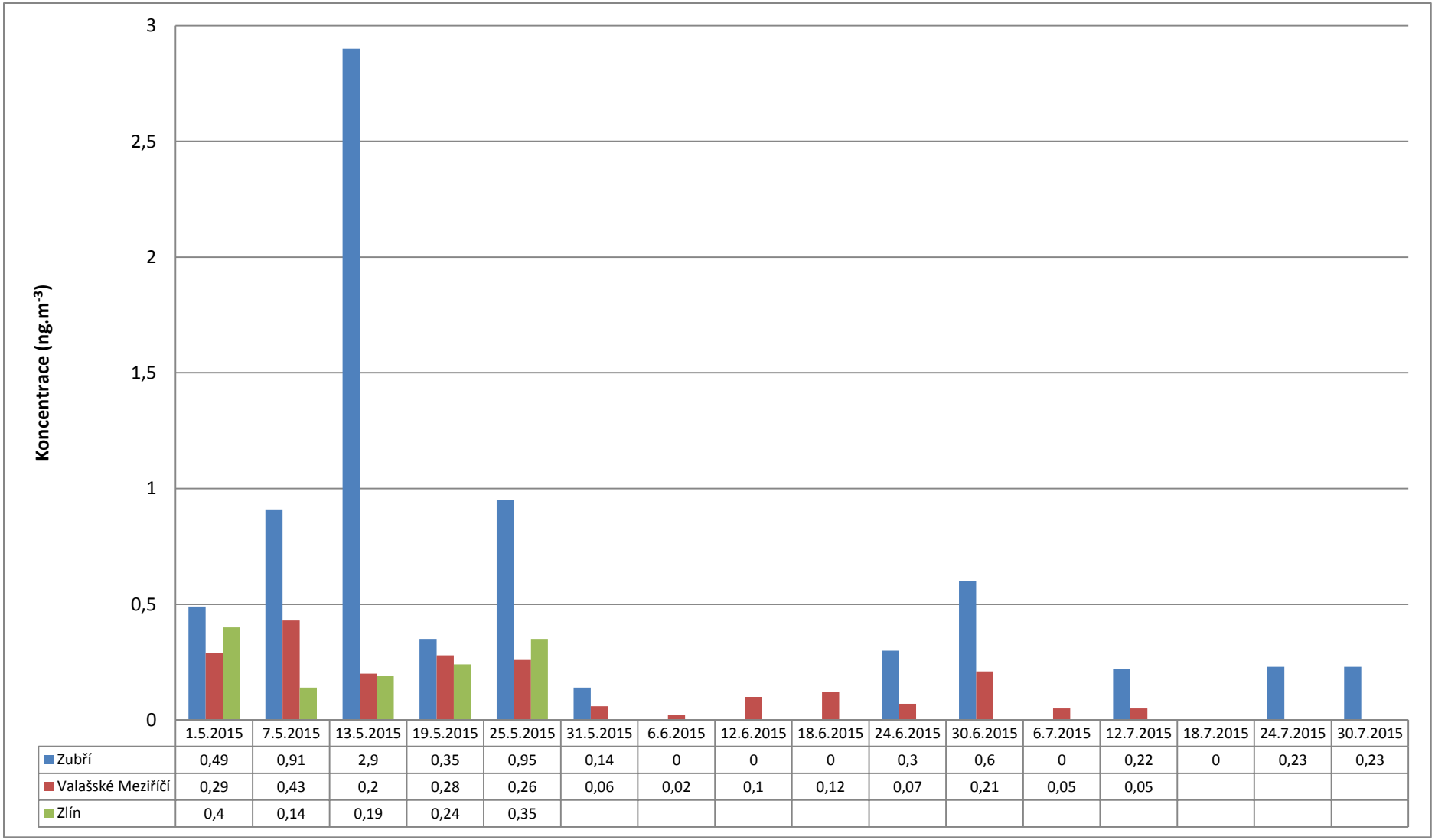
Emise PAH, zastoupených v oblasti sledování kvality ovzduší benzo(a)pyrenem, jsou produkovány téměř výhradně spalovacími procesy, při nichž nedochází k dostatečné oxidaci přítomných organických spalitelných látek. Benzo(a)pyren je produktem nedokonalého spalování při teplotách 300 až 600 °C. Proto se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



Obr. 47 - Emise benzo(a)pyrenu dle sektorů NFR, ČR (2012)

Sektor lokální vytápění domácností se na emisích benzo(a)pyrenu v roce 2012 podílel 87 % (Obr. 47). Hlavní příčinou takto vysokého podílu je spalování pevných paliv, především uhlí, v kotlích starších typů (odhořívací, prohořívací). Podle odborných odhadů tvoří odhořívací a prohořívací kotle až 85 % všech zařízení na spalování pevných paliv v domácnostech. Vliv osobní automobilové dopravy a nákladní dopravy nad 3,5 t je odhadován na 6,5 %. Ostatní významnější zdroje emisí benzo(a)pyrenu se nacházejí v sektorech výroby železa a oceli.

V lokalitě Zubří probíhal odběr benzo(a)pyrenu každý 6. den. Výsledky včetně srovnání se státní sítí imisního monitoringu uvádí následující graf na Obr. 48. Hodnoty 0 v tabulce značí, že koncentrace se pohybovaly pod mezí detekce metody.

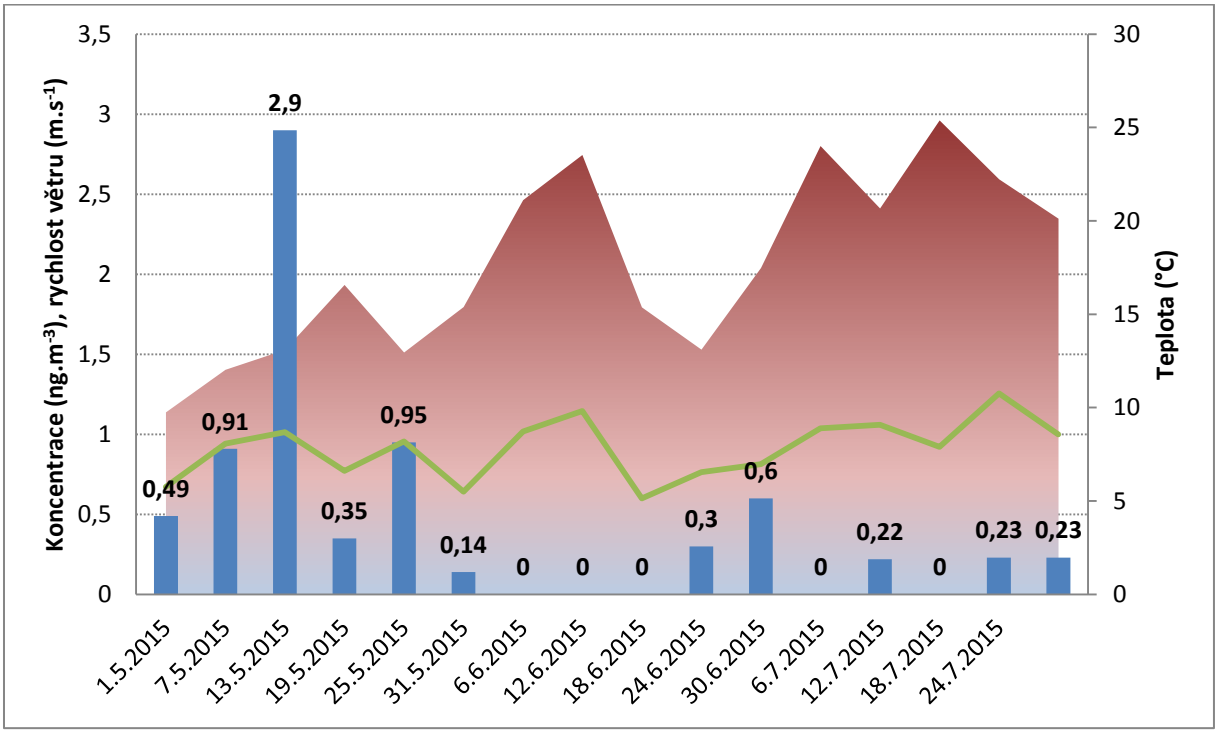


	1.5.2015	7.5.2015	13.5.2015	19.5.2015	25.5.2015	31.5.2015	6.6.2015	12.6.2015	18.6.2015	24.6.2015	30.6.2015	6.7.2015	12.7.2015	18.7.2015	24.7.2015	30.7.2015
Zubří	0,49	0,91	2,9	0,35	0,95	0,14	0	0	0	0,3	0,6	0	0,22	0	0,23	0,23
Valašské Meziříčí	0,29	0,43	0,2	0,28	0,26	0,06	0,02	0,1	0,12	0,07	0,21	0,05	0,05			
Zlín	0,4	0,14	0,19	0,24	0,35											

Obr. 48 – Koncentrace benzo(a)pyrenu (24. hodinový odběr), lokality Zubří, Valašské Meziříčí a Zlín. Symbol 0 značí „Pod mezí detekce“.

Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci benzo(a)pyrenu je 1 ng.m^{-3}. V letních měsících jsou koncentrace nízké. Kromě 13. 5. 2015, kdy zřejmě došlo k nějakému lokálnímu ovlivnění, byly koncentrace benzo(a)pyrenu nízké a nepřesáhly 1 ng.m^{-3}. Zejména v druhé polovině kampaně často nepřesáhly ani mez detekce přístroje. Velmi podobně jsou na tom i lokality státní sítě imisního monitoringu ve Valašském Meziříčí a Zlíně. Koncentrace v Zubří jsou zpravidla mírně vyšší, ale nijak dramaticky. Pro lokalitu Zlín doposud nejsou vyhodnoceny vzorky z druhé poloviny kampaně. Bohužel data o koncentracích benzo(a)pyrenu ve Zlíně v červnu a červenci, resp. ve Valašském Meziříčí v červenci doposud nejsou k dispozici, a tak není možné úplné srovnání. Lze však předpokládat, že v těchto letních měsících budou koncentrace velmi nízké, blížící se nule.

Následující graf na Obr. 49 doplňuje koncentrace benzo(a)pyrenu u meteorologické prvky – teplotu a rychlost proudění větru. Z grafu je patrné, že při vyšších teplotách byly koncentrace benzo(a)pyrenu pod mezí detekce metody nebo jen těsně nad ní.

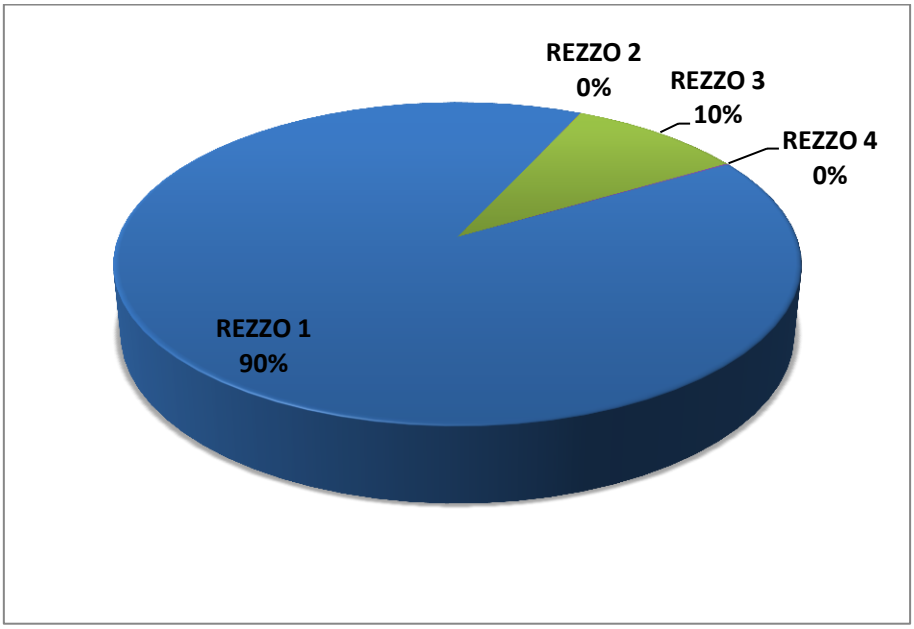


Obr. 49 – Vztah koncentrací benzo(a)pyrenu, teploty a rychlosti větru v lokalitě Zubří

3.4 Oxid siřičitý SO_2

Hlavním antropogenním zdrojem oxidu siřičitého (SO_2) je spalování fosilních paliv (uhlí a těžkých olejů) a tavení rud s obsahem síry. V atmosféře je SO_2 oxidován na sírany a kyselinu sírovou vytvářející aerosol jak ve formě kapiček, tak i pevných částic širokého rozsahu velikostí. SO_2 a látky z něj vznikající jsou z atmosféry odstraňovány mokrou a suchou depozicí. SO_2 má dráždivé účinky, při vysokých koncentracích může způsobit zhoršení plicních funkcí a změnu plicní kapacity.

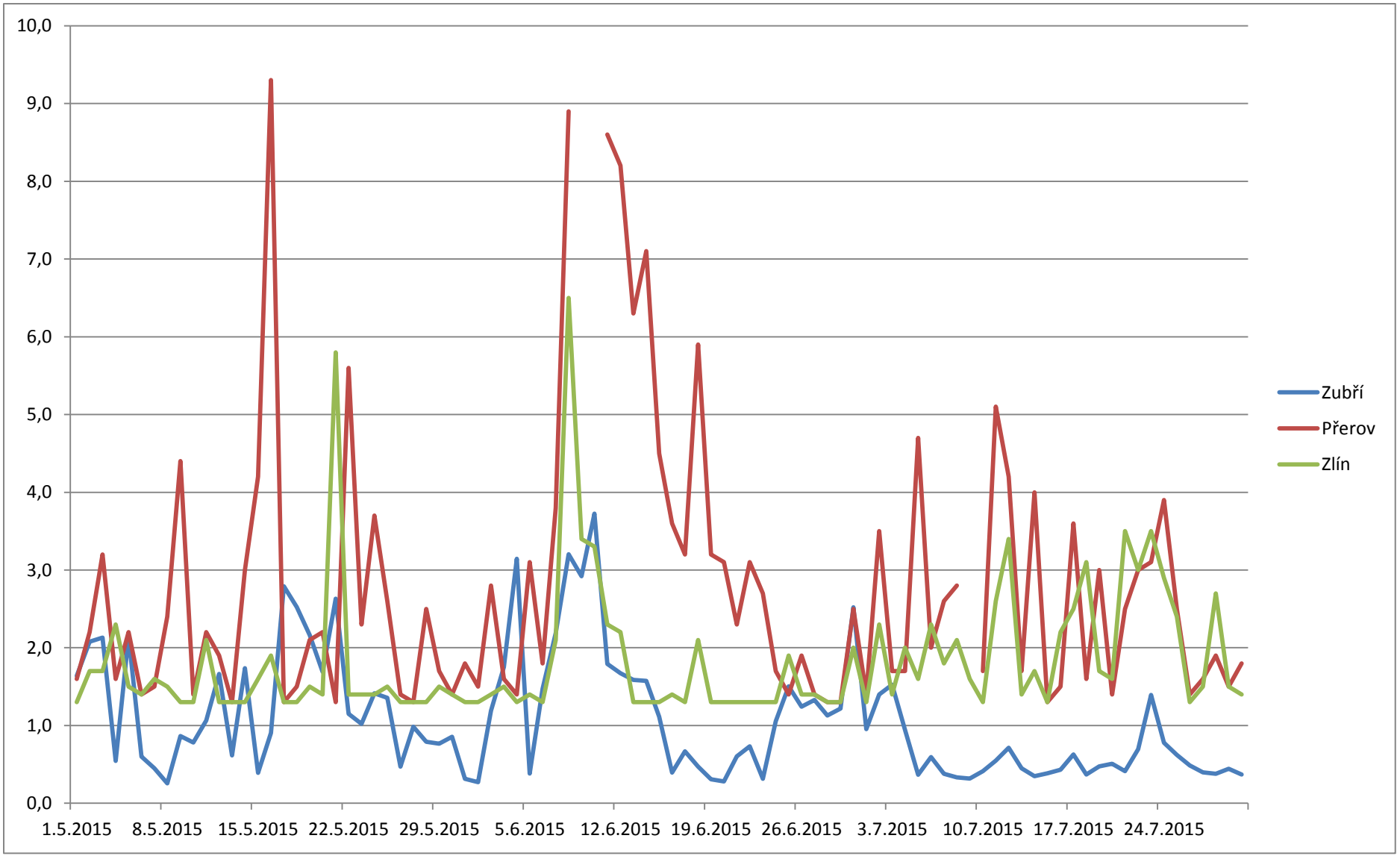
Nejdůležitějším zdrojem SO_2 ve Zlínském kraji jsou zvláště velké a velké zdroje, zbytek emisí (10 %) je produkován lokálními topeništi (Obr. 50).



Obr. 50 - Emise SO_2 ve Zlínském kraji dle kategorií zdrojů (2012)

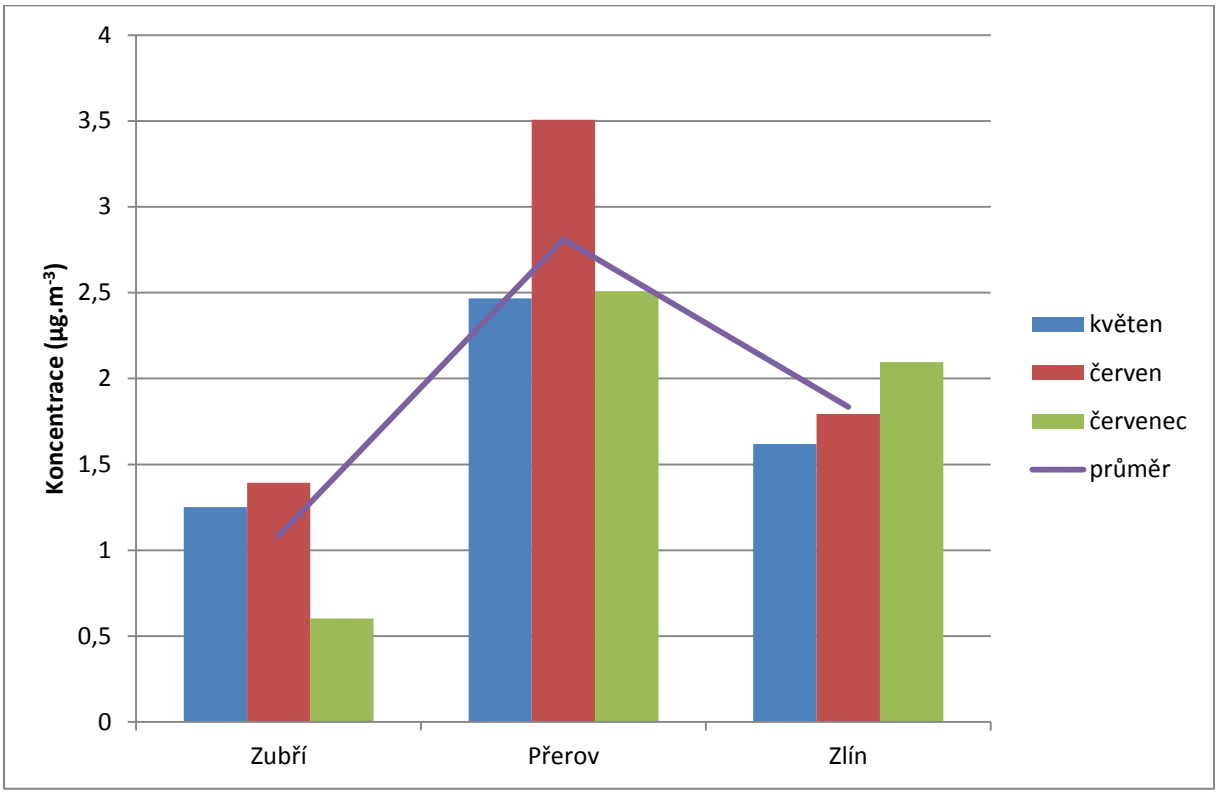
V případě oxidů dusíku se sledují dva imisní limity pro oxid siřičitý (SO_2). Jeden je pro průměrnou denní koncentraci, konkrétně pro její 4. nejvyšší hodnotu za kalendářní rok. Druhý je pak pro hodinovou koncentraci. U hodinových koncentrací může dojít k 24 překročením, proto se hodnotí 25. nejvyšší hodinová koncentrace za kalendářní rok.

Následující graf na Obr. 51 zobrazuje vývoj koncentrací oxidu siřičitého v lokalitách Zubří, Přerov a Zlín. Z grafu je patrné, že koncentrace v Zubří jsou nejnižší, pohybující se mezi 1 a 4 $\mu g.m^{-3}$. Koncentrace ve Zlíně a Přerově jsou o něco vyšší, i tak ani v jednom případě nepřesáhly 10 $\mu g.m^{-3}$, což je hluboko pod imisním limitem pro denní koncentraci SO_2 (125 $\mu g.m^{-3}$).



Obr. 51 - Průměrné denní koncentrace SO_2, lokality Zubří, Přerov a Zlín

Následující Obr. 52 zobrazuje srovnání jednotlivých lokalit ve Zlínském a Olomouckém kraji z hlediska průměrných měsíčních koncentrací SO_2 a celkového průměru za 3 měsíce (květen - červenec).

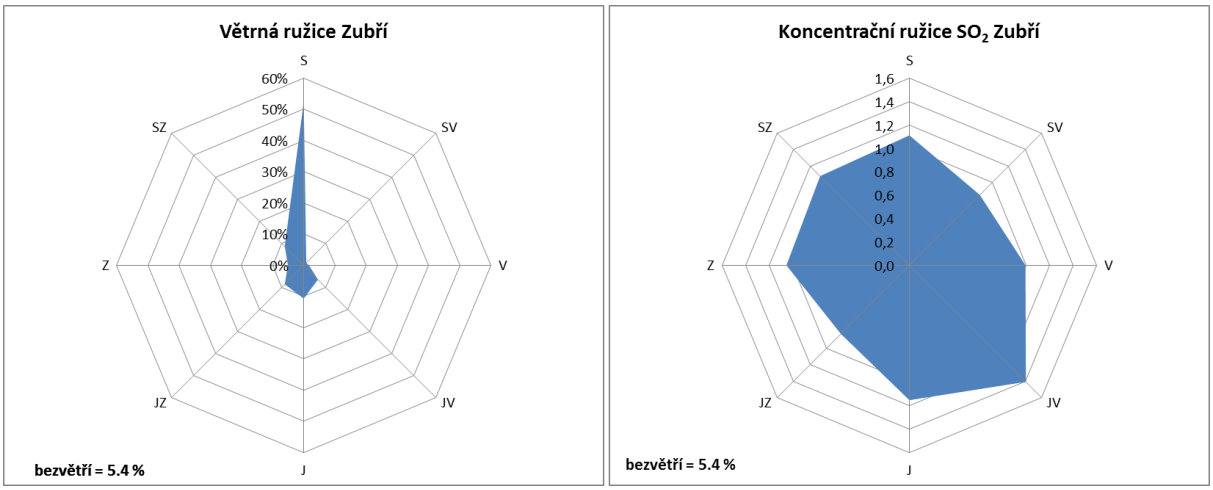


Obr. 52 – Průměrné měsíční koncentrace SO_2 a celkový průměr za měřené období v Zubří na lokalitách Zlínského a Olomouckého kraje

Z grafu je patrné, že v lokalitě Zubří jsou suverénně nejnižší koncentrace oxidu siřičitého ve srovnání s ostatními lokalitami. Všechny koncentrace jsou však velmi nízké, hluboko pod imisním limitem pro denní koncentraci SO_2. V případě hodinových koncentrací nepřekračuje imisní limit žádná stanice v ČR.

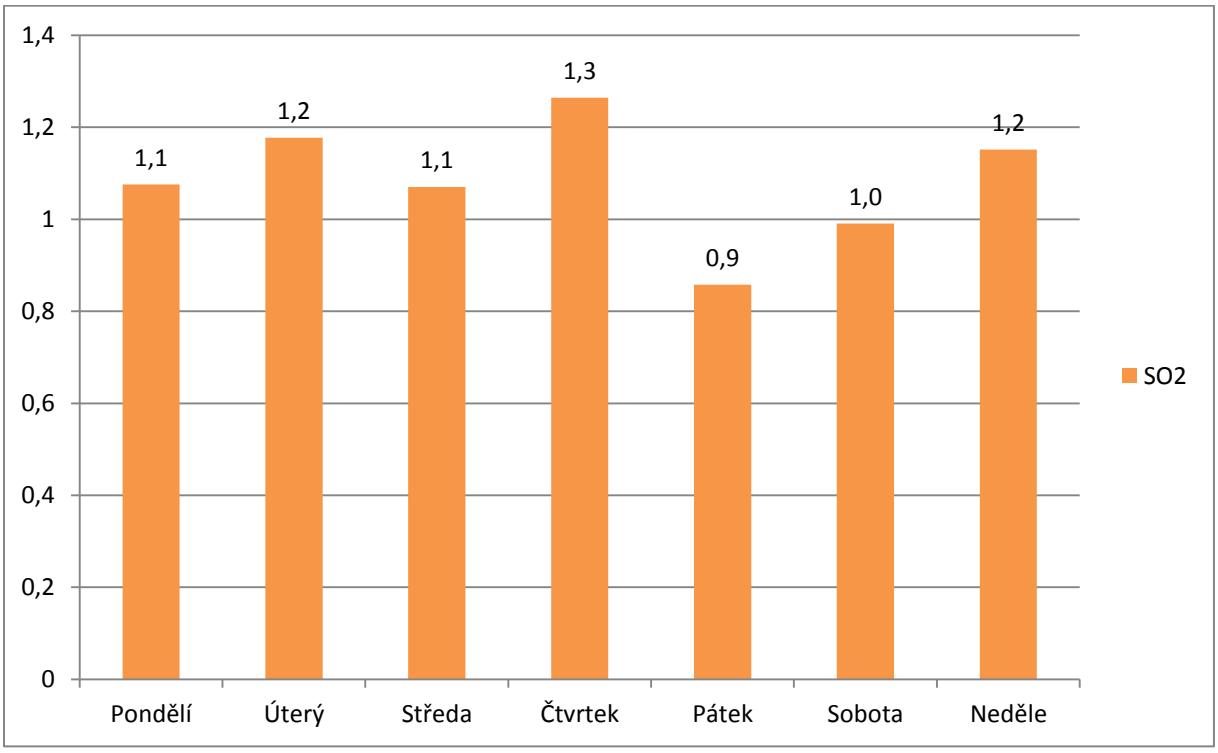
Na následujícím Obr. 53 je zobrazena větrná ružice (vlevo nahoře), která naznačuje, že v lokalitě převažuje severní proudění doplněné jihovýchodními, jihozápadními a jižními směry.

Pokud se podíváme na koncentrační ružice, tak se od předchozích mírně liší. Maximální koncentrace jsou měřeny při jihovýchodním prouděním. Avšak to je třeba brát s rezervou, neboť rozdíly mezi jednotlivými směry jsou v desetinách mikrogramu, což je méně než nejistota metody.



Obr. 53 - Větrná ružice (vlevo) a koncentrační ružice pro SO_2 (vpravo)

V rámci analýzy byly rovněž zhodnoceny jednotlivé dny v týdnu. Koncentrace byly zprůměrovány za uvedené období. Výsledky jsou uvedeny v následujícím Obr. 54. Z grafu je patrné, že koncentrace se téměř neliší (rozdíl se pohybuje na úrovni nejistoty měření), nelze vysledovat žádná větší odchylka.



Obr. 54 – Průměrné denní koncentrace SO_2 v jednotlivé dny v týdnu

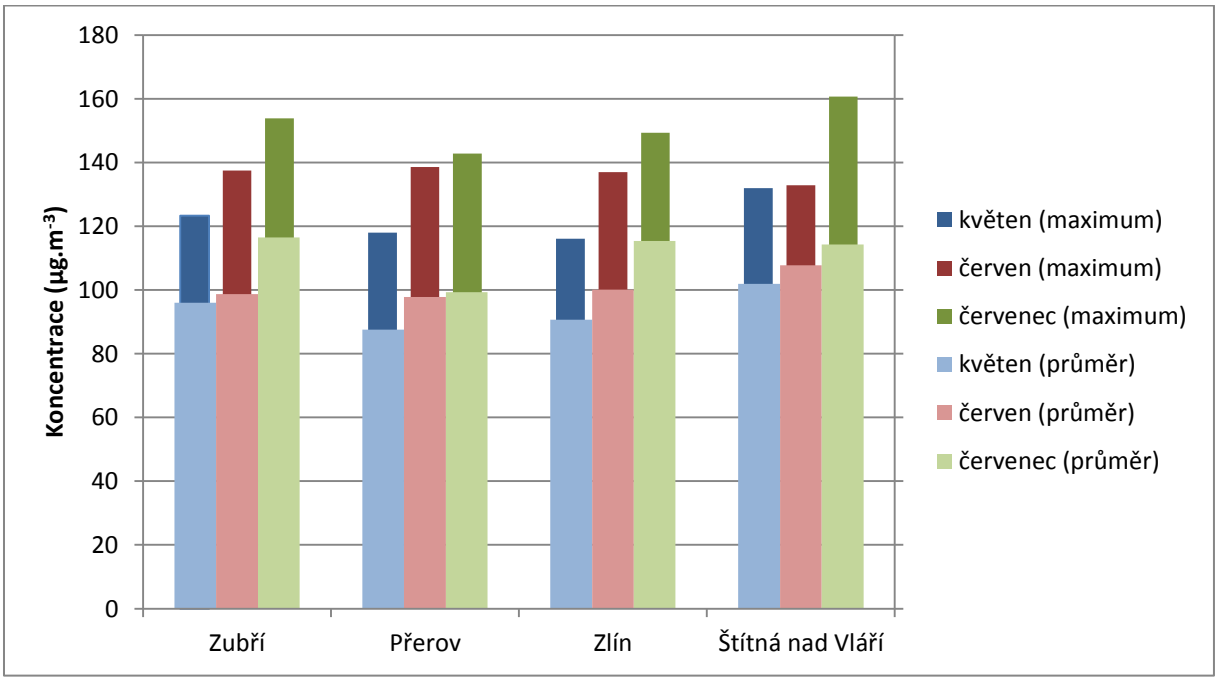
3.5 Troposférický ozón O_3

Přízemní ozon je sekundární znečišťující látkou v ovzduší, která nemá vlastní významný emisní zdroj. Vzniká za účinku slunečního záření soustavou fotochemických reakcí zejména mezi oxidy dusíku (NOx), těkavými organickými látkami (VOC) a dalšími složkami atmosféry. Ozon je velmi účinným oxidantem. Poškozuje převážně dýchací soustavu, způsobuje podráždění, morfologické, biochemické a funkční změny a snižuje obranyschopnost organismu. Je prokazatelně toxický i pro vegetaci.

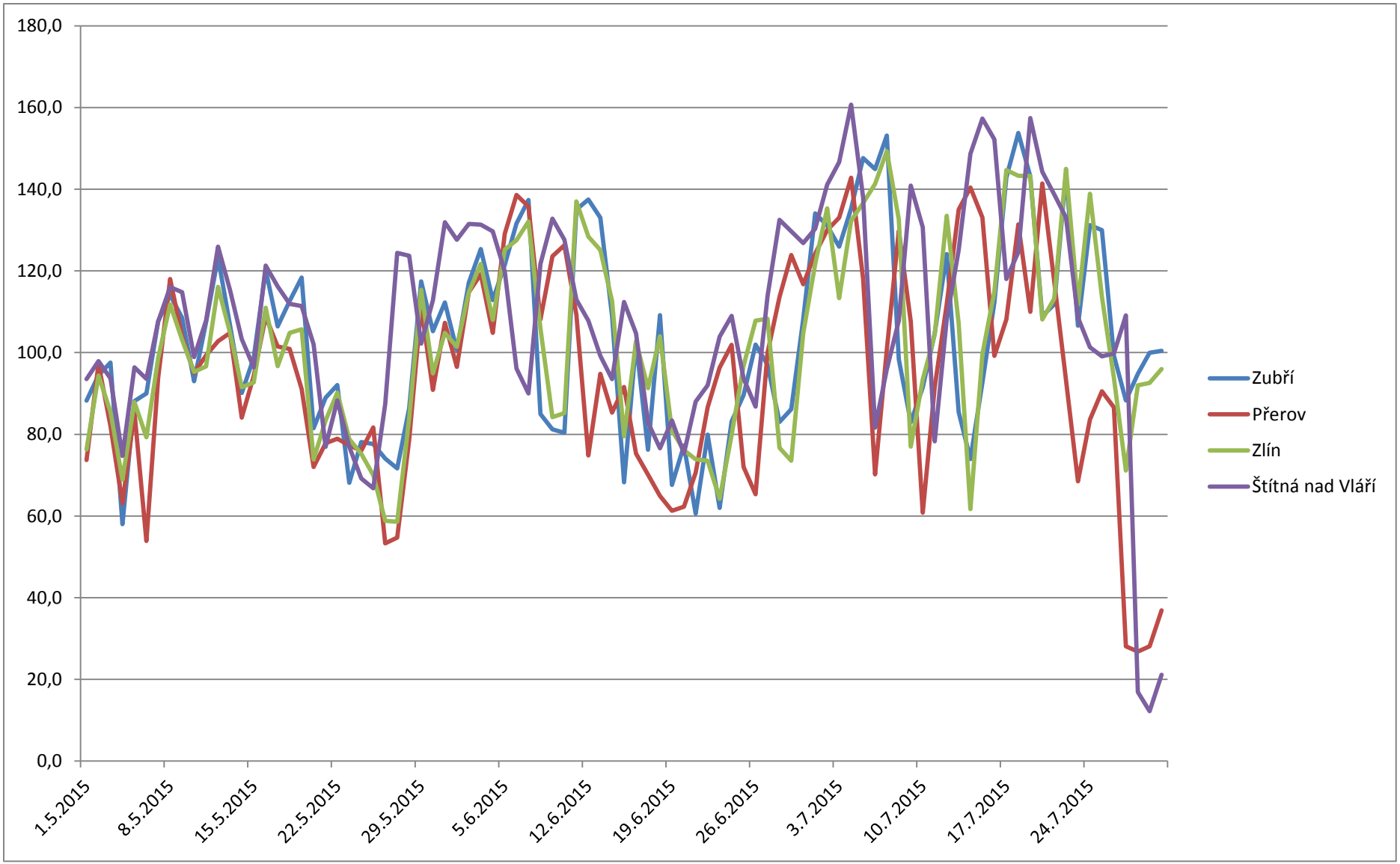
Zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., požaduje hodnocení koncentrace ozonu ve vztahu k ochraně lidského zdraví provádět jako průměr za poslední tři roky. Pokud nejsou tři roky k dispozici, je brán průměr za dva roky, popř. jeden rok v souladu s požadavky nařízení vlády.

Graf na Obr. 56 zobrazuje vývoj 8hodinových klouzavých průměrů troposférického v lokalitách Zubří, Přerov, Zlín a Štítná nad Vláří. Z grafu je patrné, že koncentrace jsou na všech lokalitách velmi podobné a sledují shodné trendy, které odpovídají meteorologickým podmínkám ovlivňujícím tvorbu troposférického ozónu (zejména sluneční záření).

Následující Obr. 55 zobrazuje srovnání jednotlivých lokalit ve Zlínském a Olomouckém kraji z hlediska průměrných měsíčních koncentrací O_3 a maximálního 8hodinového klouzavého průměru za měsíc. Na všech lokalitách bylo nejvyšších hodnot dosaženo v červenci, hodnoty v Zubří se pohybovaly mezi Zlínem a Štítnou nad Vláří, což naznačuje, že by v této lokalitě mohlo dojít k překročení imisního limitu.



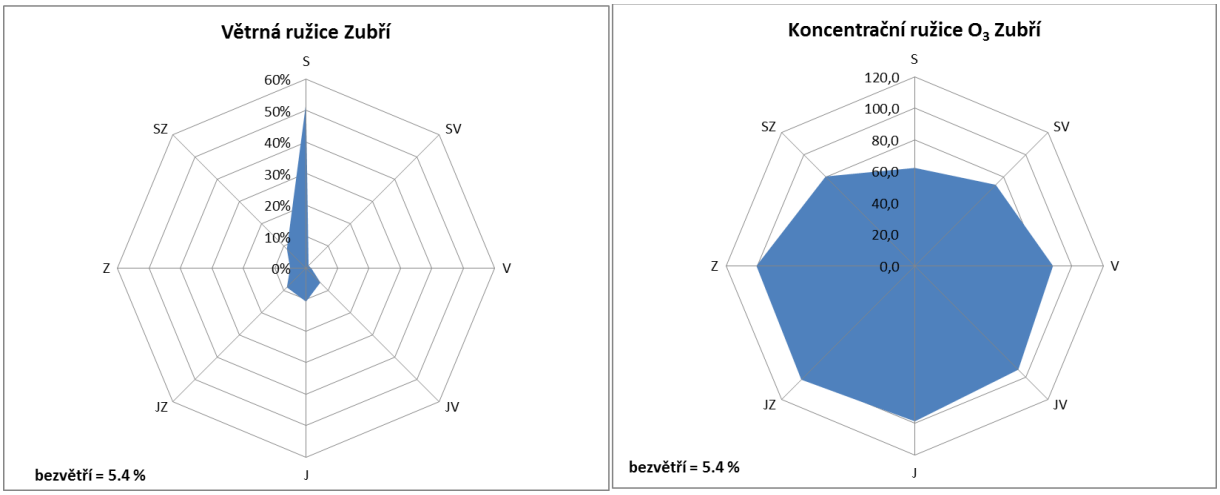
Obr. 55 – Průměrné měsíční koncentrace O_3 a maximální 8hodinový klouzavý průměr za měsíc v lokalitách Zlínského a Olomouckého kraje



Obr. 56 – 8hodinové klouzavé průměry O_3, lokality Zubří, Přerov, Zlín a Štítná nad Vláří

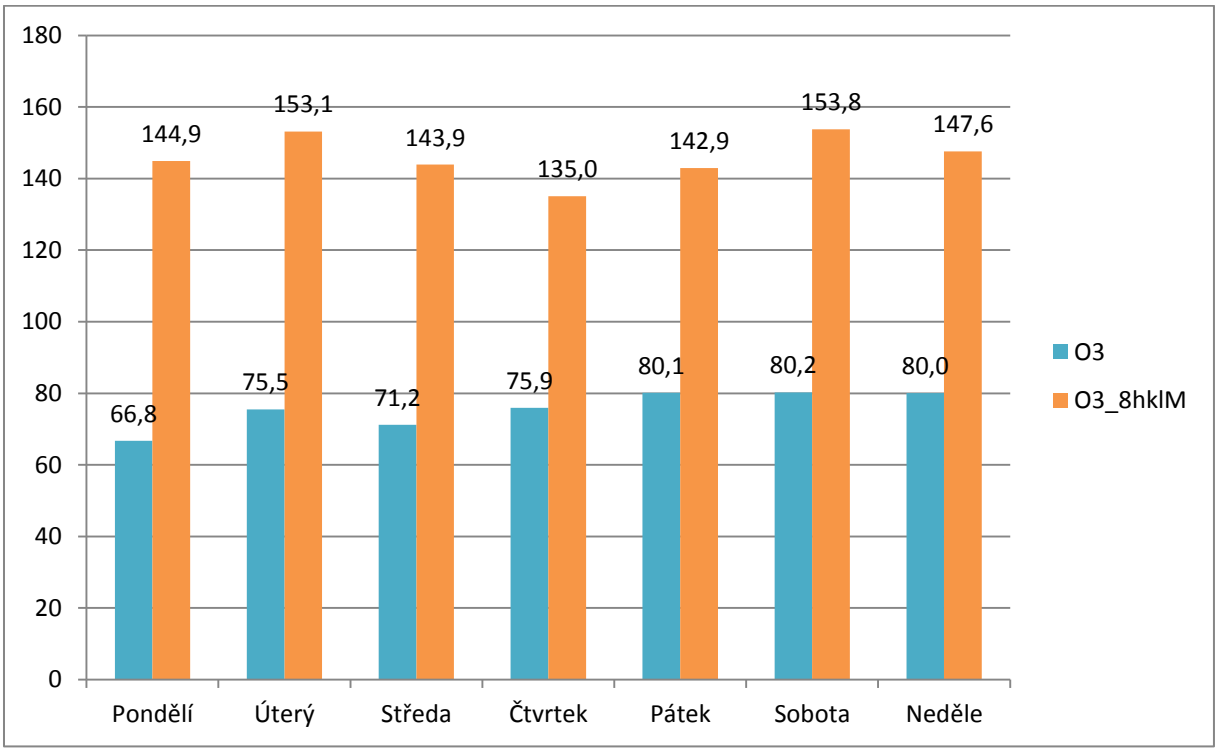
Na následujícím Obr. 57 je zobrazena větrná ružice (vlevo nahoře), která naznačuje, že v lokalitě převažuje severní proudění doplněné jihovýchodními, jihozápadními a jižními směry.

Jelikož troposférický ozón nemá antropogenní zdroj, je koncentrační ružice pouze ilustrativní. Přesto je patrné, že vyšší koncentrace jsou při jižním a jihovýchodním proudění, což by mohlo souviset s teplým a slunečným počasím vhodným pro tvorbu ozónu.



Obr. 57 - Větrná ružice (vlevo) a koncentrační ružice pro O_3 (vpravo)

V rámci analýzy byly rovněž zhodnoceny jednotlivé dny v týdnu. Koncentrace byly zprůměrovány za uvedené období. Výsledky jsou uvedeny v následujícím Obr. 58. Z grafu je patrné, že koncentrace se téměř neliší, a to ani co se týče průměrných hodnot, ani co se týče maximálních 8hodinových klouzavých průměrů. Nejvyšší koncentrace byly naměřeny v sobotu.



Obr. 58 – Průměrné denní koncentrace a maximální 8hodinové klouzavé průměry O_3 v jednotlivé dny v týdnu

4 Vztah k PZKO a NPSE

Národní program snižování emisí (NPSE) i programy ke zlepšení kvality ovzduší (PZKO) byly dle platného zákona o ovzduší (201/2012 Sb.) připravovány v letech 2013 a 2015. Zatímco NPSE je směřován na celorepublikové problémy, stanovuje emisní stropy a jejich dosažitelnost, PZKO jsou určeny pro jednotlivé zóny a aglomerace a je zaměřen na regionální a lokální problémy. Lokalita Zubří by tedy měla být navázána na PZKO pro zónu Střední Morava.

V rámci programu jsou řešeny zejména lokality, kde dochází k překračování jednoho či více imisních limitů. Podobná měření jako ta v Zubří jsou velmi vhodná, protože mohou upřesnit situaci v dané lokalitě, která je jinak pokryta pouze modelem. To se pak odrazí i v lepším zacílení jednotlivých opatření na danou lokalitu.

Pro lokalitu Zubří by tedy dle naměřených výsledků byly důležitá zejména opatření zacílená na snížení koncentrací benzo(a)pyrenu. Již v předchozí podzimní kampani byly naměřeny vysoké koncentrace a rovněž v létě byly koncentrace vyšší než např. ve Zlíně, přičemž i lokalita Zlín překračuje imisní limit. Vzhledem k tomu, že zcela majoritním zdrojem benzo(a)pyrenu v ČR jsou lokální topeniště, bylo by vhodné pro lokalitu Zubří aplikovat ta opatření, která cílí na lokální topeniště.

Pro přesnější stanovení míry znečištění by však bylo vhodné proměřit v této lokalitě i další roční období. I z tohoto důvodu je velmi vhodné podpořit dále monitoring v této obci, což je rovněž součástí opatření PZKO. Dlouhodobějším měřením a svázáním s lokalitou Valašské Meziříčí (spadající do státní sítě imisního monitoringu a měřící kromě PAH nově také automaticky PM_{10}, $PM_{2,5}$ a benzen od 1. 9. 2015) by bylo možné rozhodnout lépe, zda je limit překročen a dle toho aplikovat opatření.

Pro ostatní škodliviny výsledky naznačují, že k překročení imisních limitů by nemělo dojít, a v rámci této lokality by tedy bylo vhodné aplikovat „udržovací“ opatření, aby nedocházelo ke zhoršení kvality ovzduší pro škodliviny PM_{10}, $PM_{2,5}$ a NO_2.

5 Závěr

V Zubří by pravděpodobně nedošlo k překročení žádného imisního limitu pro PM_{10}, $PM_{2,5}$, NO_2 či SO_2. V případě benzo(a)pyrenu by k překročení dojít mohlo vzhledem k některým vysokým naměřeným koncentracím v předešlé podzimní kampani a zvýšeným koncentracím v některých dnech po čas letní kampaně. Je nutno dodat, že se jednalo o mimořádně příznivý rok z hlediska kvality ovzduší. Je tedy možné, že by mohlo docházet k překročení imisního limitu pro průměrné denní koncentrace PM_{10}. Toto vychází z paralely s lokalitou Zlín, která měřila obdobně nízké koncentrace jako lokalita Zubří, avšak např. v roce 2010, kdy byla nejdelší topná sezóna v posledních letech či hned v následujícím roce 2011, kdy byly delší epizody s nepříznivými rozptylovými podmínkami, tato lokalita imisní limit pro průměrnou denní koncentraci PM_{10} překračovala.

Není rovněž zcela jisté, zda by došlo k překročení imisního limitu pro troposférický ozón. Léto 2015 bylo extrémní s vysokými koncentracemi ozónu. Koncentrace se pohybovaly mezi hodnotami naměřenými v lokalitě Zlín, která obvykle limit nepřekračuje, a v lokalitě Štítná nad Vláří, která naopak imisní limit pro troposférický ozón překračuje pravidelně.

Z tříměsíčního měření vyplývá, že v blízkosti není významný lokální zdroj, který by se objevil v koncentrační ružici. Koncentrace jsou rovnoměrně rozloženy do všech směrů.

Koncentrace oxidů dusíku imisní limit nepřekračují, oproti dopravním lokalitám či lokalitám ve větších městech zatížených dopravou jsou podstatně nižší. Zatímco v zimě byl podíl NO/NO_2 nízký, v letní kampani mírně narostl, což naznačuje podstatnější vliv dopravy. V zimě se zřejmě na koncentracích více podílí další spalovací zdroje – zejména energetika a vytápění.

V případě koncentrací benzo(a)pyrenu byly měřeny nízké koncentrace , avšak v některých dnech byly mírně zvýšené. Navíc koncentrace měřené v rámci státní sítě imisního monitoringu jsou nižší než v případě lokality Zubří. Vzhledem k tomu, že lokalita Zlín i Valašské Meziříčí imisní limit překračuje, je pravděpodobné, že i lokalita Zubří bude měřit nadlimitní koncentrace. Avšak míru znečištění by bylo možné stanovit pouze na základě celoročního měření.

Kvalita ovzduší v Zubří v létě roku 2015 byla dobrá, imisní limity s výjimkou benzo(a)pyrenu by zde pravděpodobně překročeny nebyly. Mezi zdroje, které mohou významněji ovlivnit kvalitu ovzduší, patří zejména lokální topeniště a pak sezónní práce (pálení listí atp.). I v tomto směru by tedy měly být aplikovány opatření z PZKO – zejména použít ta směřující na lokální topeniště a zejména na snížení emisí benzo(a)pyrenu. V tomto ohledu je samozřejmě nejlepší přechod celé obce na vytápění plynem. V případě ostatních opatření lze využít zejména tzv. „udržovací“ opatření, tudíž ta, která zabrání zvyšování emisí v lokalitě a udrží koncentrace škodlivin pod jejich imisními limity.

Z měření však rovněž vyplývá, že by bylo vhodné lokalitu podrobněji proměřit a na základě většího množství dat se pokusit o korelaci s ostatními lokalitami. V září 2015 byla ve Valašském Meziříčí instalována automatizovaná stanice státní sítě imisního monitoringu, která doplní dosavadní měření polyaromatických uhlovodíků o kontinuální měření PM_{10} a $PM_{2,5}$ a benzenu. Výsledky bude tedy možné srovnat s blízkou stanicí a obě lokality provázat.