



VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ IMISÍ V PRŮMYSLOVÉ ZÓNĚ JIHLAVA V LETECH 2010 – 2017



Obsah

1	ÚVOD	2
2	PŮVOD ZNEČIŠTĚNÍ	3
2.1	EMISE TUHÝCH LÁTEK	3
2.2	EMISE OXIDŮ DUSÍKU (NO _x)	5
3	VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ V PRŮMYSLOVÉ ZÓNĚ JIHLAVA	6
3.1	ČÁSTICE PM ₁₀ A PM _{2,5}	6
3.1.1	<i>Průměrné roční koncentrace</i>	6
3.1.2	<i>Průměrné 24hodinové koncentrace</i>	9
3.1.3	<i>Vliv meteorologických podmínek na koncentrace částic</i>	18
3.2	OXIDY DUSÍKU NO, NO ₂ A NO _x	23
3.2.1	<i>Průměrné roční koncentrace</i>	23
3.2.2	<i>Průměrné 24 hodinové koncentrace oxidů dusíku</i>	26
3.2.3	<i>Hodinové koncentrace NO₂</i>	33
3.2.4	<i>Vliv meteorologických podmínek</i>	33
4	ZÁVĚR	36
5	CITOVANÁ LITERATURA	37
6	DATOVÁ ČÁST	38

1 Úvod

Stanice měřící imisní zatížení průmyslové zóny Jihlava (Automotive Lighting) leží v areálu firmy Automotive Lighting nedaleko křížení dálnice D1 a silnice první třídy I/38. Pro účely tohoto vyhodnocení byla data srovnána s výsledky automatických stanic imisního monitoringu (AIM) v Jihlavě a v Košetících. Stanice AIM Jihlava leží v areálu ZŠ Demlova a jedná se o městskou pozadovou stanici reprezentující pozadí města Jihlavy. Regionální pozadová stanice v Košetících měří pozadí kraje Vysočina s minimálním ovlivněním antropogenními zdroji. Zatímco stanice AIM Jihlava i Košetice jsou charakterizovány jako pozadové, stanice Automotive Lighting lze označit jako dopravou zatíženou stanici, přestože se nejedná přímo o dopravní stanici. V těchto lokalitách byly měřeny částice PM_{10} a $PM_{2,5}$ a oxidy dusíku (NO , NO_2 a NO_x).

V následujícím textu budou srovnána průměrná data z uvedených stanic, je však třeba brát zřetel na to, že vzhledem k termínu odevzdání zprávy budou prosincová data z AIM Jihlava a Košetice k dispozici pouze v operativní formě, verifikovaná data budou nahrána do databáze až v druhé polovině ledna. Dále pak bude probíhat kontrola nepravděpodobných hodnot nad databází ISKO za celý rok 2017 a budou probíhat případné opravy, a to až do vydání tabelární ročenky ČHMÚ za rok 2017. Do té doby mohou nastat drobné změny v datech a průměrných hodnotách.

Data budou rovněž srovnána s platnými imisními limity uvedenými v následující Tab. 1.

Tab. 1 – Platné imisní limity [1]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit	Horní mez pro posuzování	Dolní mez pro posuzování	Přípustná četnost překročení za kalendářní rok
<i>Prašný aerosol PM_{10}</i>	24 hodin	$50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	$30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	$20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	35
<i>Prašný aerosol PM_{10}</i>	1 kalendářní rok	$40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	$14 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	$10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	
<i>Prašný aerosol $PM_{2,5}$</i>	1 kalendářní rok	$25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$			
<i>Oxid dusičitý NO_2</i>	1 hodina	$200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	$140 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	$100 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	18
<i>Oxid dusičitý NO_2</i>	1 kalendářní rok	$40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	$32 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	$26 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	

2 Původ znečištění

Tato kapitola je věnována emisím tuhých znečišťujících látek a oxidů dusíku do ovzduší. Zdrojem dat je databáze REZZO (registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší) spravované ČHMÚ. Kromě zdrojů uvedených v databázi (antropogenních) však v této kapitole budou diskutovány také neantropogenní zdroje, které se také podílí na znečišťování ovzduší.

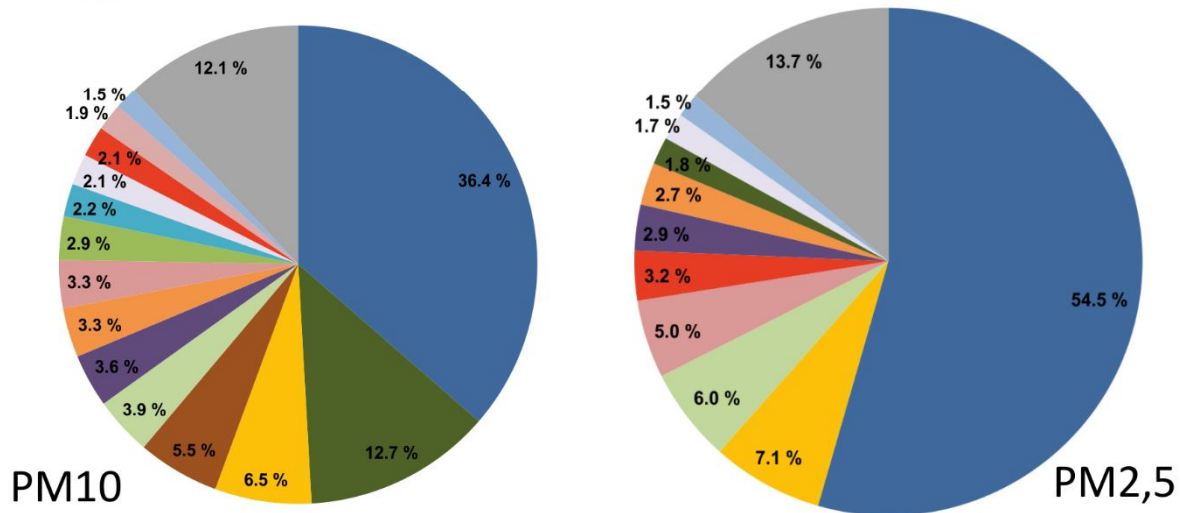
2.1 Emise tuhých látek

Částice obsažené ve vzduchu lze rozdělit na primární a sekundární. Primární částice jsou emitovány přímo do atmosféry, ať již z přírodních (např. sopečná činnost, pyl nebo mořský aerosol) nebo z antropogenních zdrojů (např. spalování paliv ve stacionárních i mobilních zdrojích, otěry pneumatik, brzd a vozovek). Sekundární částice jsou převážně antropogenního původu a vznikají v atmosféře ze svých plynných prekurzorů SO_2 , NO_x , NH_3 a VOC procesem nazývaným konverze plyn-částice. Z důvodu různorodosti emisních zdrojů mají suspendované částice různé chemické složení a různou velikost.

Emisní inventury částic PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$ prováděné podle současných metodik zahrnují pouze emise produkované primárními zdroji. Ve srovnání s emisemi jiných znečišťujících látek jsou emise PM_x vnášeny do ovzduší z velkého počtu významnějších skupin zdrojů. Kromě zdrojů, ze kterých jsou tyto látky vypouštěny řízeně komínem nebo výduchy (průmyslové zdroje, lokální topeniště, doprava), pochází významné množství emisí PM ze zdrojů fugitivních (kamenolomy, skládky prašných materiálů, operace s prašnými materiály apod.). Zahrnuty jsou rovněž emise z otěrů pneumatik, brzdového obložení a abraze vozovek vypočítávané z dopravních výkonů. Kvalitu ovzduší ovlivňuje rovněž resuspenze částic (znovuzvíření), která do standardně prováděných emisních inventur není zahrnuta.

Mezi hlavní zdroje emisí PM_x v roce 2015 patřil sektor 1A4bi-Lokální vytápění domácností, který se podílel na znečišťování ovzduší v celorepublikovém měřítku látkami PM_{10} 36,4 % a $\text{PM}_{2,5}$ 54,5 % (Obr. 1) [2]. Mezi další významné zdroje emisí PM_{10} patří 3Dc-Polní práce, kde tyto emise vznikají při zpracování půdy, sklizni a čištění zemědělských plodin. Tento sektor představoval 12,7 % emisí PM_{10} . Z hlediska účinku na lidské zdraví jsou velkým rizikem emise částic pocházející z dopravy, především ze spalování paliv ve vznětových motorech, které produkují částice o velikosti jednotek až stovek nm [3]. Sektory 1A3biii-Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 tuny a 1A3bi-Silniční doprava: Osobní automobily se na emisích PM_{10} podílely 5,4 % a na emisích $\text{PM}_{2,5}$ 8,2 %.

- 1A4bi - Lokální vytápění domácností
- 3Dc - Polní práce (orba, sklizeň apod.)
- 1A1a - Veřejná energetika a výroba tepla
- 1B1a - Fugitivní emise z pevných paliv: Těžba a manipulace s uhlím
- 1A4cii - Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje
- 1A3bvi - Silniční doprava: Otěry pneumatik a brzd
- 2A5a - Těžba nerostných surovin (mimo uhlí)
- 1A3biii - Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 tuny
- 3B4gii - Chovy hospodářských zvířat - Chov broilerů
- 3B4gi - Chovy hospodářských zvířat - Nosnice
- 1A3bvii - Silniční doprava: Abrazivní vozovky
- 1A3bi - Silniční doprava: Osobní automobily
- 3B3 - Chovy hospodářských zvířat - Chov prasat
- 2C1 - Výroba železa a oceli
- Ostatní



Obr. 1 - Podíl sektorů NFR na celkových emisích PM₁₀ (vlevo) a PM_{2,5} (vpravo) v ČR v roce 2015 [4]

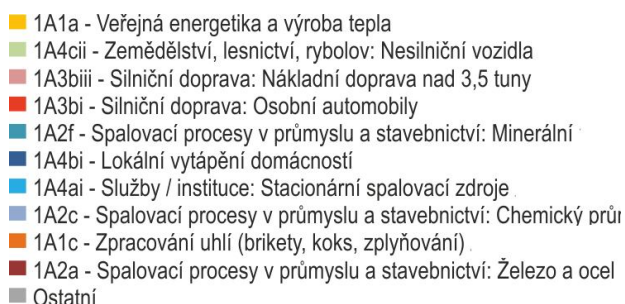
2.2 Emise oxidů dusíku (NO_x)

Více než 90 % z celkových oxidů dusíku ve venkovním ovzduší je emitováno ve formě NO. NO₂ vzniká relativně rychle reakcí NO s přízemním ozonem nebo s radikály typu HO₂, popř. RO₂ [5]. Řadou chemických reakcí se část NO_x přemění na HNO₃/NO₃⁻, které jsou z atmosféry odstraňovány suchou a mokrou atmosférickou depozicí. Pozornost je věnována NO₂ z důvodu jeho negativního vlivu na lidské zdraví. Hraje také klíčovou roli při tvorbě fotochemických oxidantů.

V Evropě vznikají emise 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. Méně než 10 % celkových emisí NO_x vzniká ze spalování přímo ve formě NO₂. Přírodní emise NO_x vznikají převážně z půdy, vulkanickou činností a při vzniku blesků. Jsou poměrně významné z globálního pohledu, z pohledu Evropy však představují méně než 10 % celkových emisí [6].

Největší množství emisí NO_x pochází z dopravy. Sektory 1A3biii-Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 t, 1A3bi-Silniční doprava: Osobní automobily a 1A4cii-Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje se na celorepublikových emisích NO_x v roce 2014 podílely 32 % (Obr. 2).

V sektoru 1A1a-Veřejná energetika a výroba tepla bylo do ovzduší vneseno 31,0 % emisí NO_x. Klesající trend emisí NO_x v období let 2007–2015 souvisí především s přirozenou obnovou vozového parku a se zavedením emisních stropů pro emise NO_x ze zdrojů v sektoru 1A1a-Veřejná energetika a výroba tepla [7], [2].



Obr. 2 - Podíl sektorů NFR na celkových emisích NO_x v ČR v roce 2015 [2]

3 Vyhodnocení kvality ovzduší v průmyslové zóně Jihlava

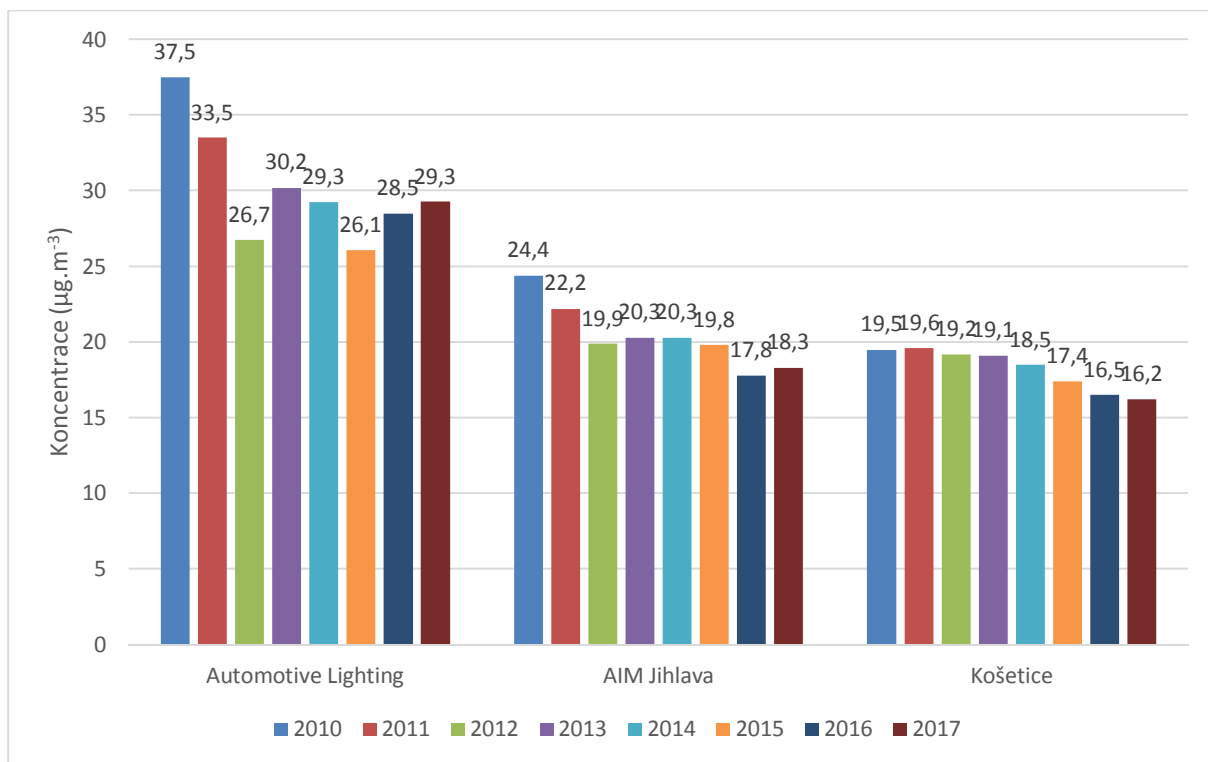
V následujících kapitolách bude hodnocena kvalita ovzduší v průmyslové zóně města Jihlavy na základě dat naměřených stanicí Automotive Lighting v letech 2010 až 2017. Tato data budou srovnána s měřením ČHMÚ na stanicích AIM Jihlava (leží v areálu ZŠ Demlova, měří pozadí města Jihlavy) a AIM Košetice (regionální pozadová lokalita, reprezentuje pozadové koncentrace kraje Vysočina a celé ČR). Data budou dále srovnána s imisními limity, budou konfrontována s meteorologickými údaji za účelem definovat vliv počasí na kvalitu ovzduší v průmyslové zóně města Jihlava, v Jihlavě a kraji Vysočina.

3.1 Částice PM₁₀ a PM_{2,5}

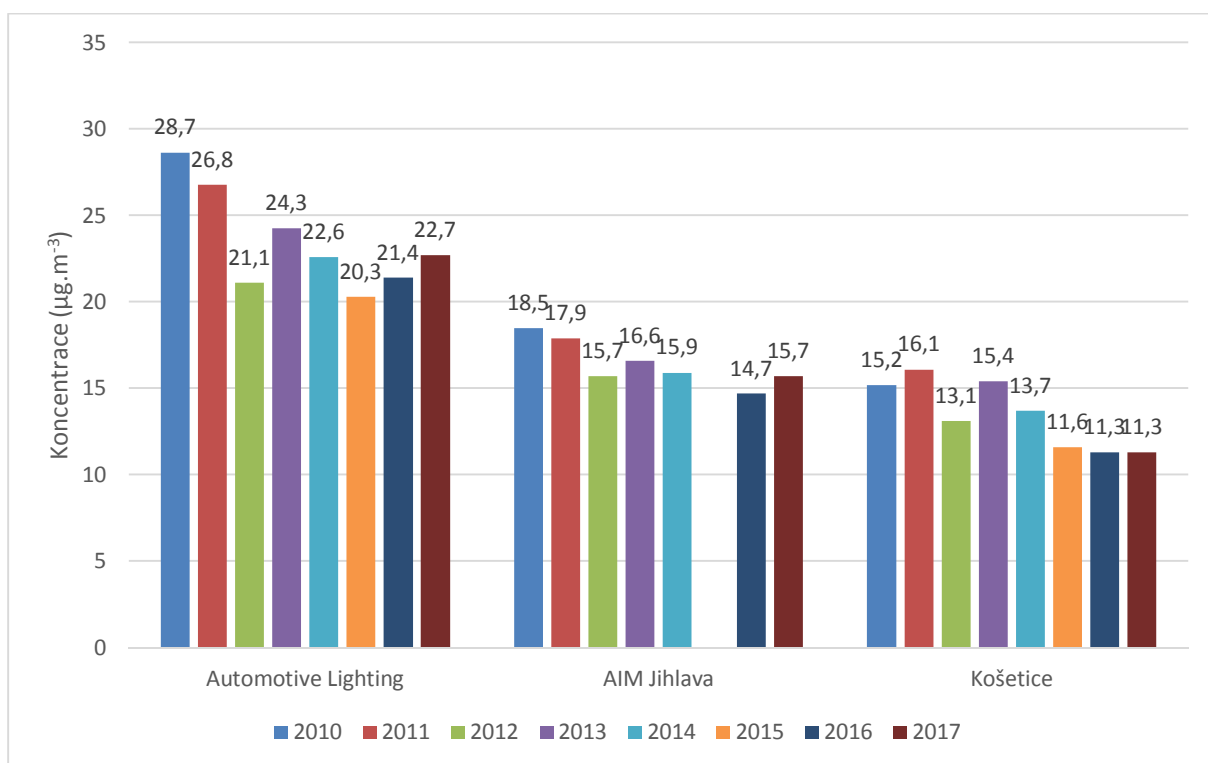
Pro částice PM₁₀ stanovuje platná legislativa dva imisní limity, a to pro průměrnou roční koncentraci a pro průměrnou 24hodinovou koncentraci. Jemnější částice PM_{2,5} mají pouze jeden imisní limit pro průměrnou roční koncentraci [1].

3.1.1 Průměrné roční koncentrace

Měření v lokalitě Automotive Lighting poskytuje sedm hodnot ročního průměru v této lokalitě za roky 2010 až 2017, a to jak pro PM₁₀, tak pro PM_{2,5}. Srovnání naměřených koncentrací v lokalitě Automotive Lighting s lokalitami státní sítě imisního monitoringu ČR v Jihlavě a Košetících zobrazují Obr. 3 a Obr. 4.



Obr. 3 - Průměrné roční koncentrace PM₁₀ v letech 2010 – 2017



Obr. 4 - Průměrné roční koncentrace PM_{2,5} v letech 2010 – 2017

Z Obr. 3 je patrné, že imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{10} ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) nebyl na žádné z lokalit v letech 2010 – 2017 překročen. V lokalitě Automotive Lighting jsou měřeny vyšší koncentrace takřka všech škodlivin – projevuje se zde vliv dopravy (dálnice D1 + logistika firmy), a dále se pak na vyšších koncentracích může podílet průmyslová zóna a jednotlivé činnosti v ní prováděné. Nezanedbatelnou roli pak hrají i rozptylové podmínky, jak bude uvedeno dále. Z grafu je však rovněž patrné, že pozadová lokalita v Jihlavě (AIM Jihlava v areálu ZŠ Demlova) se svými koncentracemi příliš neliší od regionální pozadové lokality v Košetících.

Dále je z grafu na Obr. 3 patrné, že rok 2017 byl z hlediska průměrných ročních koncentrací částic PM_{10} mírně horší než předchozí 2 roky, zhruba na úrovni roku 2014. Na zvýšených koncentracích se podílel zejména začátek roku s velmi nepříznivými rozptylovými podmínkami. Košetice mají poměrně vyrovnaný trend koncentrací ve všech letech, rovněž lokalita AIM Jihlava má v posledních letech velmi podobné koncentrace. V lokalitě Automotive lighting závisí na daném roku více, přesto jsou v posledních letech koncentrace nízké.

Koncentrace $PM_{2,5}$ jsou v lokalitě Automotive Lighting opět nejvyšší a podobně jako v případě PM_{10} mají na území Jihlavy v roce 2015 své minimum. Rok 2017 je co se týče průměrných ročních koncentrací $PM_{2,5}$ podobně jako v případě PM_{10} na úrovni roku 2014. I zde došlo k mírnému zhoršení proti předchozím dvěma rokům. V případě Košetíc nejde na rozdíl od Jihlavy o trvale klesající trend. Koncentrace jsou zde poměrně vyrovnané.

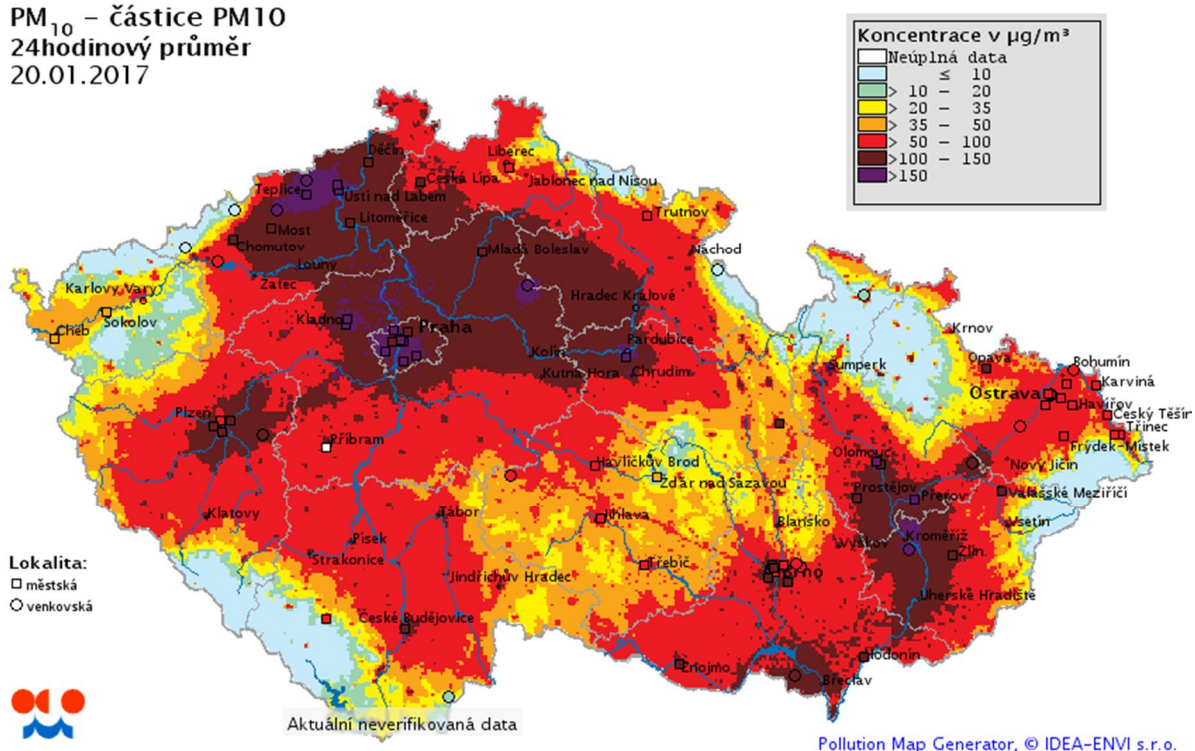
Z Obr. 4 vyplývá, že k překročení imisního limitu pro $PM_{2,5}$ by v případě jeho platnosti došlo pouze v lokalitě Automotive Lighting v letech 2010 a 2011. V roce 2012 až 2017 by již k překročení nedošlo. Zbylé dvě pozadové lokality se v celém sledovaném období pohybují hluboko pod imisním limitem pro $PM_{2,5}$. V roce 2020 však dojde ke zpřísnění imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci $PM_{2,5}$ na hodnotu $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ [8], a to by pak při současných hodnotách k překračování imisního limitu docházelo.

Doprava tedy významně ovlivňuje obě frakce PM. V dopravní lokalitě Automotive Lighting byly v roce 2017 o zhruba $11 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ vyšší koncentrace PM_{10} než je městské pozadí Jihlavy měřené v lokalitě AIM Jihlava. Koncentrace $PM_{2,5}$ byly proti lokalitě AIM Jihlava zhruba o $7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ vyšší.

3.1.2 Průměrné 24hodinové koncentrace

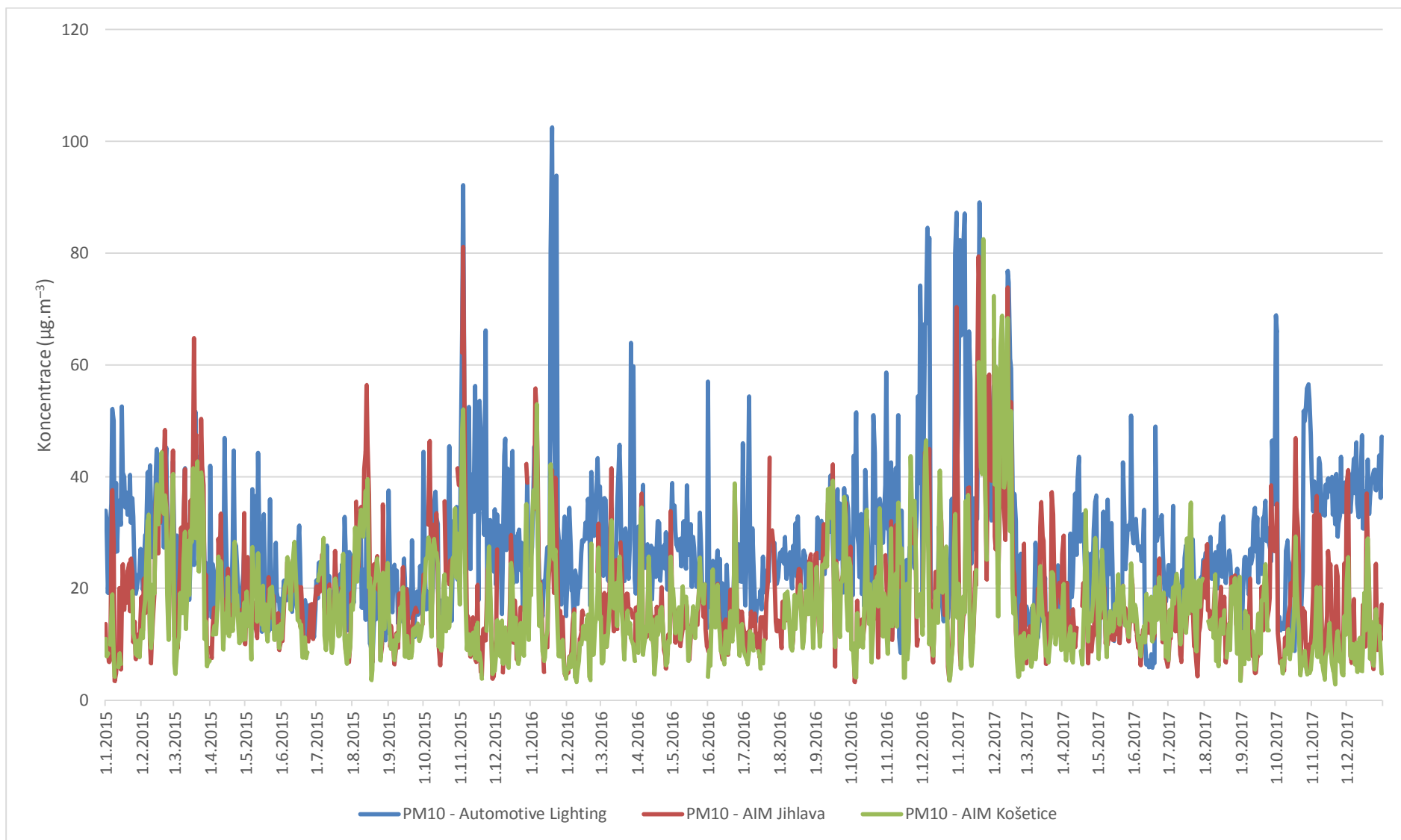
Trend průměrných 24hodinových a měsíčních koncentrací PM₁₀ a PM_{2,5} ve všech třech lokalitách zobrazují následující Obr. 6 - Obr. 11. Z grafů je patrné, že trendy jsou na všech lokalitách obdobné, nejvyšší koncentrace jsou dosahovány v zimním období, nejnižší koncentrace jsou pak v létě. Koncentrační maxima v roce 2017 se vyskytovala zejména v lednu a únoru. V lednu a únoru panovaly v celé střední Evropě zhoršené rozptylové podmínky, které vedly k plošnému nárůstu koncentrací PM₁₀ a PM_{2,5}. V lednu 2017 bylo v ČR vyhlášeno celkem 20 smogových situací a 12 regulací z důvodu vysokých koncentrací PM₁₀. Na území kraje Vysočina nebyla vyhlášena ani jedna smogová situace či regulace. V únoru 2017 bylo vyhlášeno celkem 19 smogových situací a 5 regulací z důvodu vysokých koncentrací PM₁₀. Na území kraje Vysočina nebyla vyhlášena ani jedna smogová situace či regulace. Z uvedeného vyplývá, že tyto anomální situace měly nadregionální charakter – nepostihly pouze jeden kraj, ale prakticky celou ČR, resp. střední Evropu – vysoké koncentrace byly měřeny také v Rakousku či Německu. V kraji Vysočina byly rovněž měřeny velmi vysoké koncentrace, avšak podmínka pro vyhlášení smogové situace splněna nebyla. V lokalitě Automotive Lighting byly nejvyšší koncentrace naměřeny během ledna 2017 (7. a 20. 1.), obdobně jako prakticky v celé ČR (Obr. 5). V těchto obdobích byly koncentrace PM na všech lokalitách takřka shodné – viz. Obr. 6 a Obr. 9. Přestože Vysočina patřila k nejlepším oblastem ČR, i zde byly měřeny nadlimitní koncentrace pro průměrnou denní koncentraci PM₁₀, k více překročení hodnoty imisního limitu došlo i v lokalitě Košetice (v roce 2016 bylo překročení pouze jedno). Nejvyšší průměrná denní koncentrace PM₁₀ v lokalitě Automotive Lighting byla naměřena dne 20. 1. 2017 (89,1 µg·m⁻³).

PM₁₀ – částice PM10
24hodinový průměr
20.01.2017

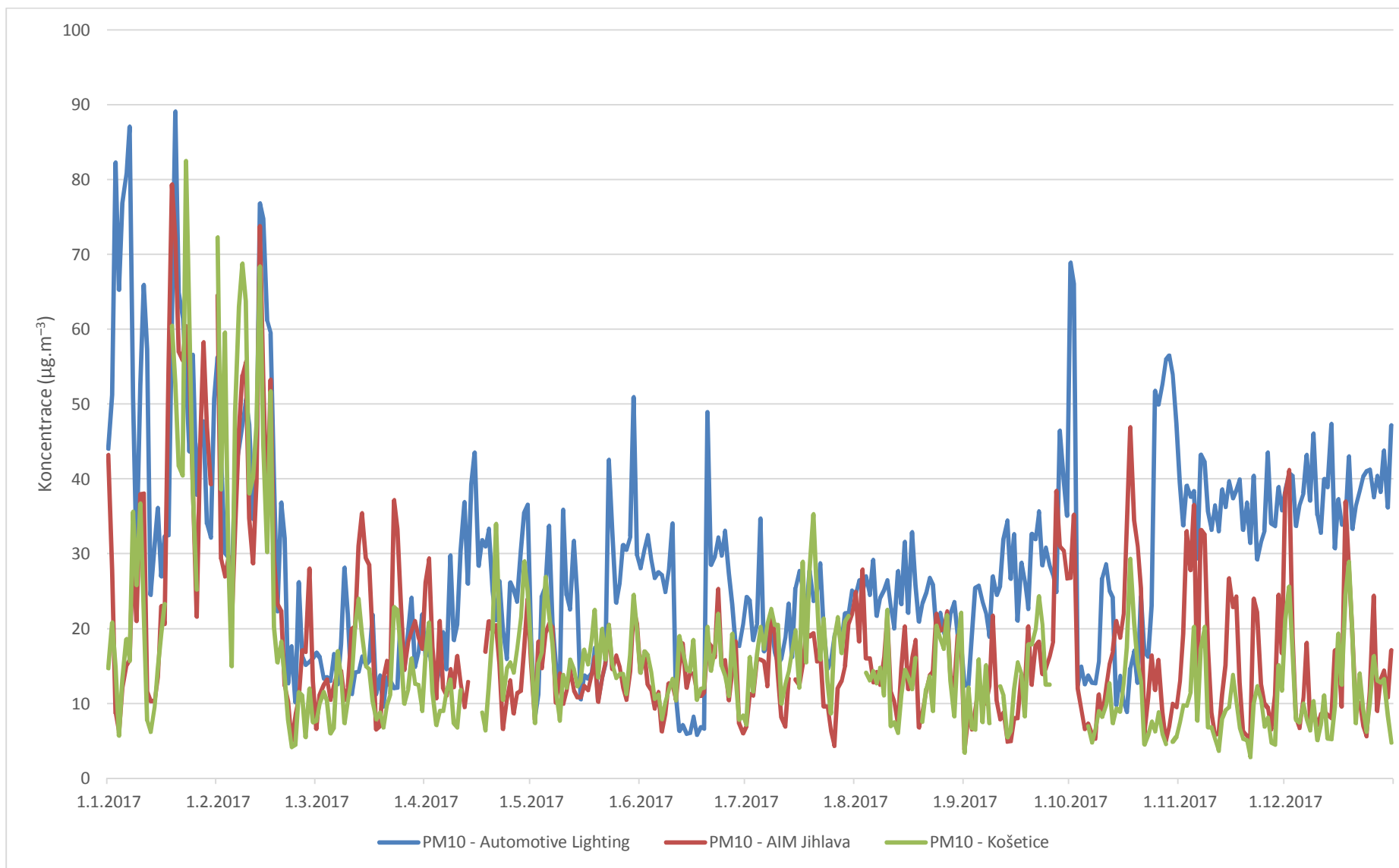


Obr. 5 - Situace se zhoršenou kvalitou ovzduší 20. 1. 2017 – model operativních dat

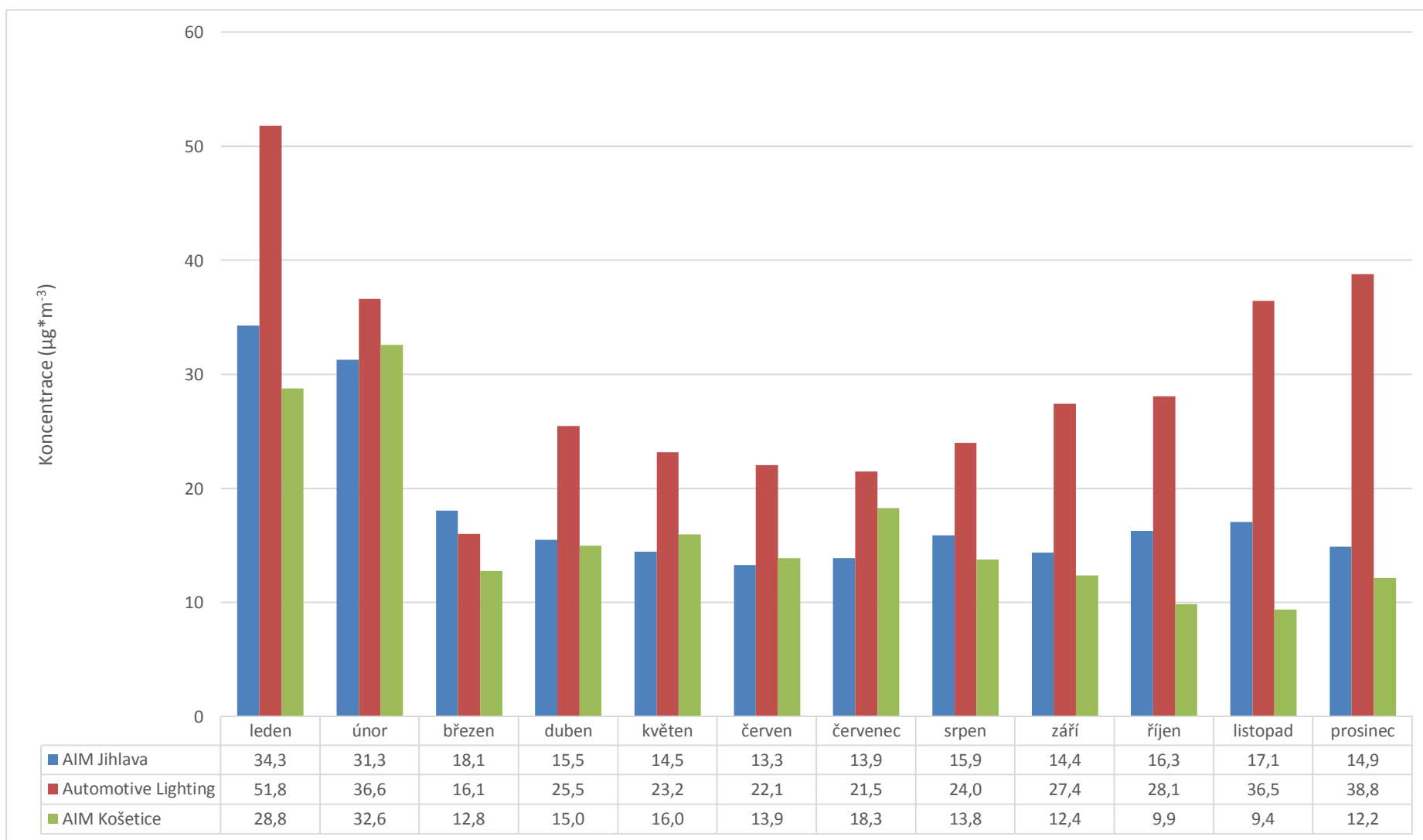
Z obrázku je patrné, že zhoršené rozptylové podmínky měly nadregionální charakter a zasáhly v podstatě celé území ČR včetně venkovských a regionálních pozadových lokalit jako jsou třeba Košetice.



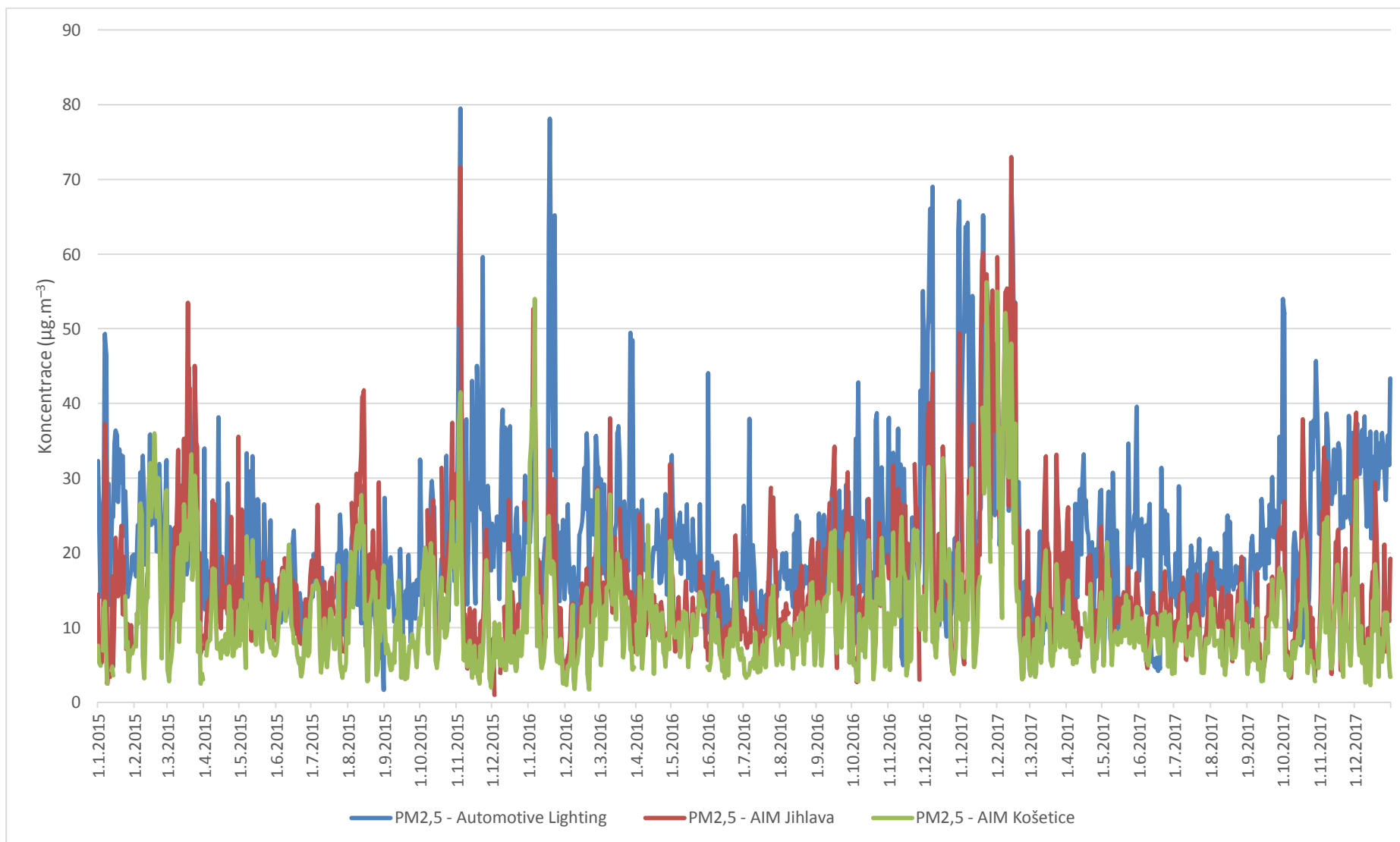
Obr. 6 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací PM₁₀, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2015 – 2017



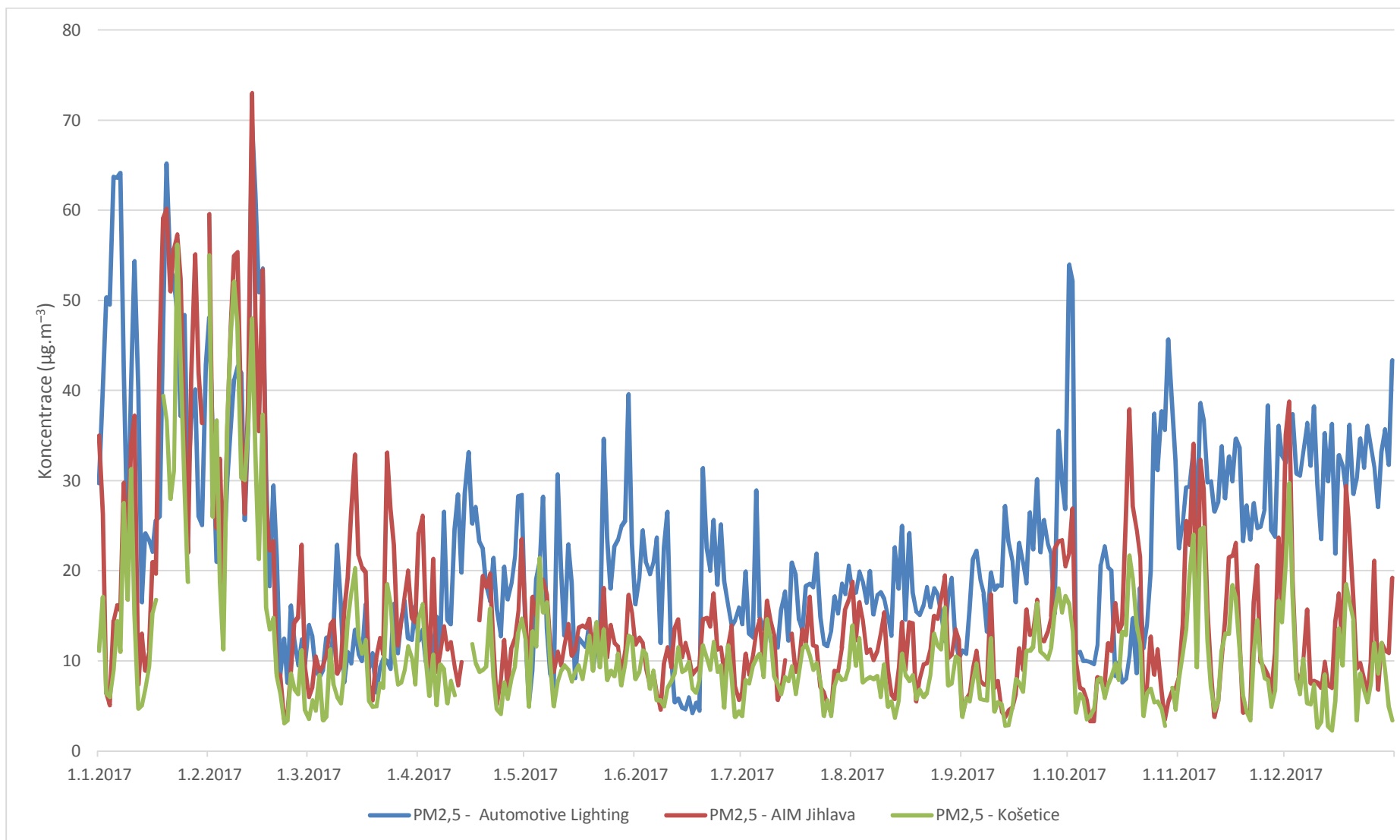
Obr. 7 – Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací PM₁₀ naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2017



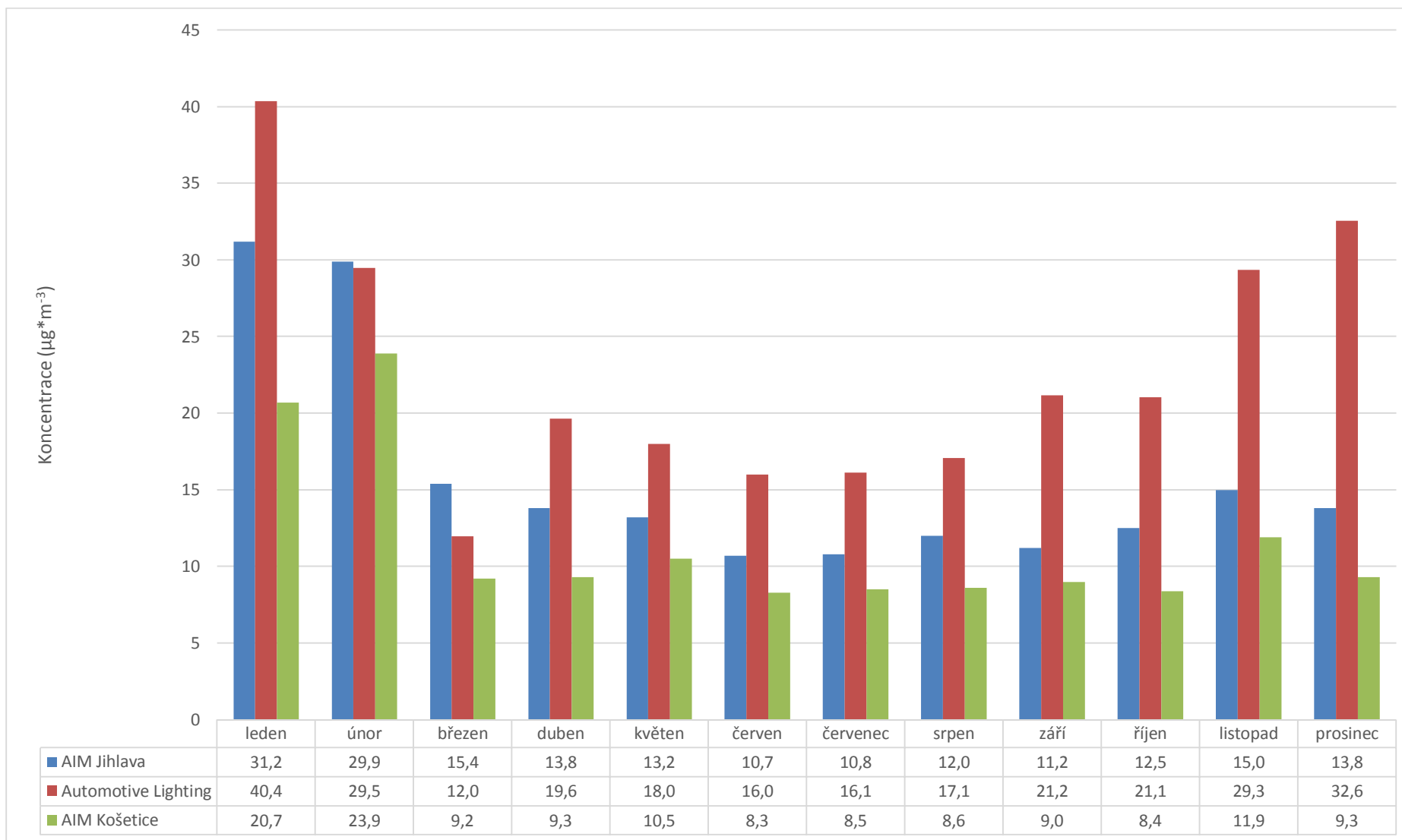
Obr. 8 - Průměrné měsíční koncentrace PM₁₀ na stanicích AIM Jihlava, Automotive Lighting a Košetice, rok 2017



Obr. 9 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací PM_{2,5}, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2014 – 2017

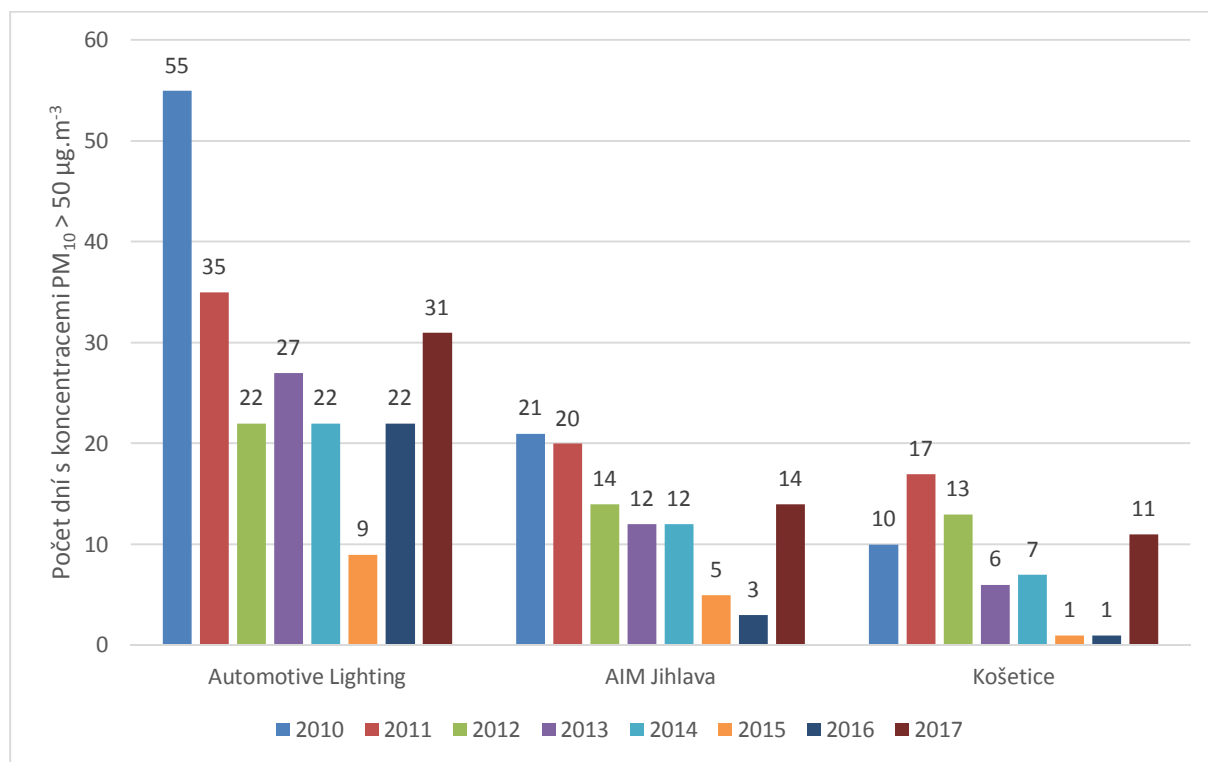


Obr. 10 - Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací PM_{2,5} naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2017



Obr. 11 - Průměrné měsíční koncentrace PM_{2,5} na stanicích AIM Jihlava, Automotive Lighting a Košetice, rok 2017

Z hlediska průměrných 24hodinových koncentrací legislativa povoluje 35x překročit koncentraci $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za 1 kalendářní rok, čili sleduje se počet překročení této koncentrace, nebo se vyhodnotí 36. nejvyšší 24hodinová koncentrace, která pokud je vyšší než $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tak byl překročen imisní limit. Na Obr. 12 je zobrazen počet překročení na jednotlivých lokalitách v letech 2010 – 2017. V roce 2011 překročila lokalita Automotive Lighting právě 35x koncentraci $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, k překročení imisního limitu tedy nedošlo. V roce 2012 pak došlo pouze k 22 překročením, imisní limit tedy nebyl překročen se značnou rezervou. V roce 2013 pak došlo k mírnému zhoršení a rok 2014 se vrátil na úroveň roku 2012 – pouze 22 překročení. V roce 2015 došlo k dramatickému poklesu počtu překročení na všech lokalitách díky velmi příznivým rozptylovým podmínkám během celého roku. Došlo pouze k 9 překročením, v případě AIM Jihlava došlo k 5 překročením a lokalita Košetice pouze jednou překročila hodnotu $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V roce 2016 došlo v lokalitě Automotive Lighting ke zhoršení na úroveň roku 2014 a 2012, což potvrzuje výjimečnost roku 2015. V roce 2017 pak vlivem zhoršených rozptylových podmínek v lednu a únoru došlo k nárůstu počtu překročení v lokalitě Automotive Lighting na 31. Výrazný nárůst je však možné sledovat i na zbylých dvou lokalitách – v rezidenční části Jihlavy (AIM Jihlava) došlo k nárůstu z 3 překročení v roce 2016 na 14 překročení v roce 2017, obdobně pak v Košetících z 1 překročení na 11. Opět je tedy patrné, že šlo o plošné nadregionální zatížení.



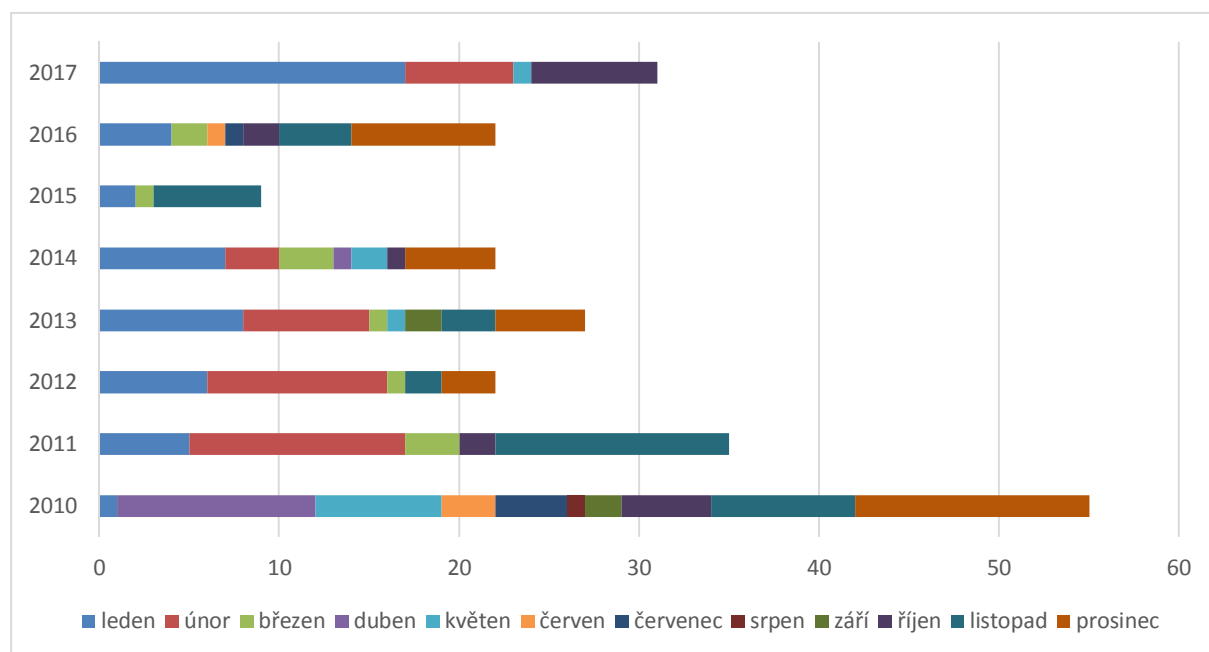
Obr. 12 - Počet dní s koncentracemi $\text{PM}_{10} > 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v letech 2010 – 2017

Vyšší počet překročení v lokalitě Automotive Lighting je nutné přičíst zejména vlivu dopravy jednak z logistiky průmyslové zóny a také z dálnice D1. V roce 2010 byla rovněž stanice často ovlivněna stojícími kamiony v blízkosti stanice s nastartovanými dieselovými motory, které v trendu koncentrací udělaly mnoho špiček a zvýšily počty překročení v roce 2010. Toto ovlivnění se ukázalo zejména v letních měsících, kdy byly měřeny vyšší koncentrace. Pro vyšší reprezentativnost byla stanice trochu posunuta mimo vliv stojících kamionů, což se projevilo zejména tím, že nedocházelo k překračování v letních měsících (viz. Obr. 13). Vliv dopravy oproti lokalitě AIM Jihlava je však stále znatelný, proto stále v této lokalitě dochází k nejvíce překročením. Avšak v letech 2011 - 2017 je již patrná návaznost

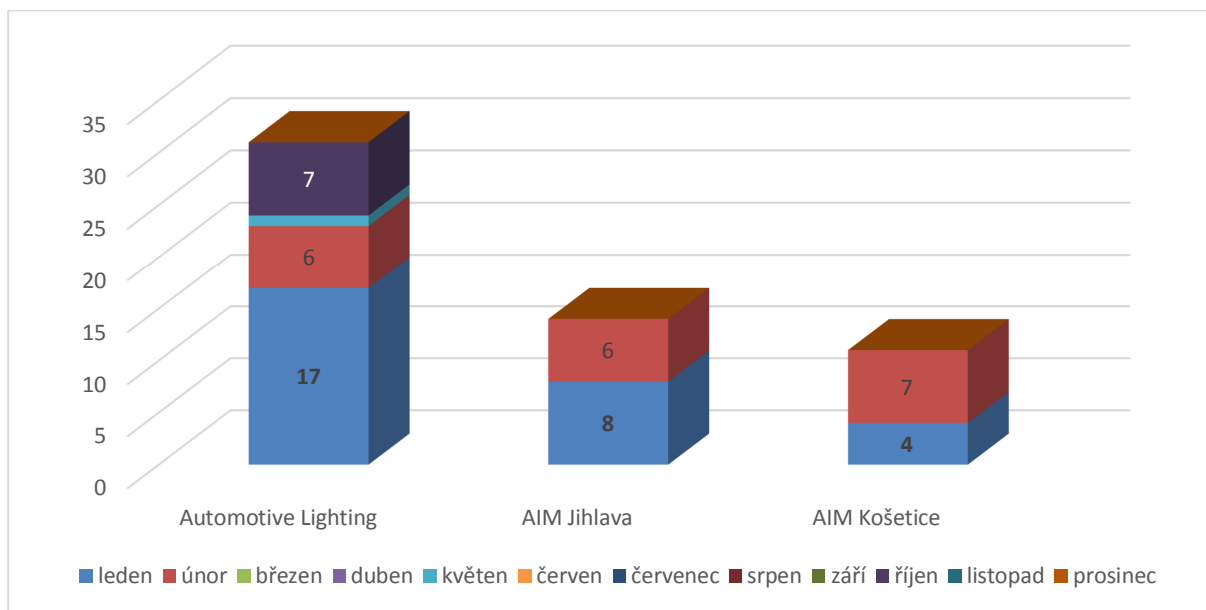
na pozadřové koncentrace – pokud jsou tyto zvýšené, snáze pak příspěvek z dopravy pomůže překročit hranici $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Zvýšené pozadřové koncentrace jsou v chladné časti roku, v těchto měsících překračují i pozadřové lokality nebo se blíží ke koncentraci $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, což v případě dopravní stanice Automotive Lighting často znamená překročení. Avšak stejně jako pozadřových stanic v Jihlavě či Košetících docházelo k překračování pouze v zimním období během topné sezóny a špatných rozptylových podmínek (říjen – březen). V letních měsících k překračování nedocházelo, jak ukazuje Tab. 2 a Obr. 13.

Tab. 2 – Počet dní s koncentracemi $\text{PM}_{10} > 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v jednotlivých měsících, 2010 – 2017

Měsíc	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
leden	1	5	6	8	7	2	4	17
únor	0	12	10	7	3	0	0	6
březen	0	3	1	1	3	1	2	0
duben	11	0	0	0	1	0	0	0
květen	7	0	0	1	2	0	0	1
červen	3	0	0	0	0	0	1	0
červenec	4	0	0	0	0	0	1	0
srpen	1	0	0	0	0	0	0	0
září	2	0	0	2	0	0	0	0
říjen	5	2	0	0	1	0	2	7
listopad	8	13	2	3	0	6	4	0
prosinec	13	0	3	5	5	0	8	0



Obr. 13 - Počet dní s koncentracemi $\text{PM}_{10} > 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v jednotlivých měsících, 2010 – 2017



Obr. 14 - Počet překročení PM₁₀ v jednotlivých lokalitách a měsících roku 2017

Z Obr. 14 je patrné, že nejhorším měsícem byl v lokalitě Automotive Lighting leden. Dále následovaly únor a říjen. V lednu a únoru byly během epizody špatných rozptylových podmínek naměřena všechna překročení v lokalitách Jihlava AIM a Košetice. V lokalitě Automotive Lighting tedy zřejmě došlo v říjnu k lokálnímu ovlivnění, které se projevilo i v dnech s koncentracemi PM₁₀ nad 50 µg·m⁻³.

3.1.3 Vliv meteorologických podmínek na koncentrace částic

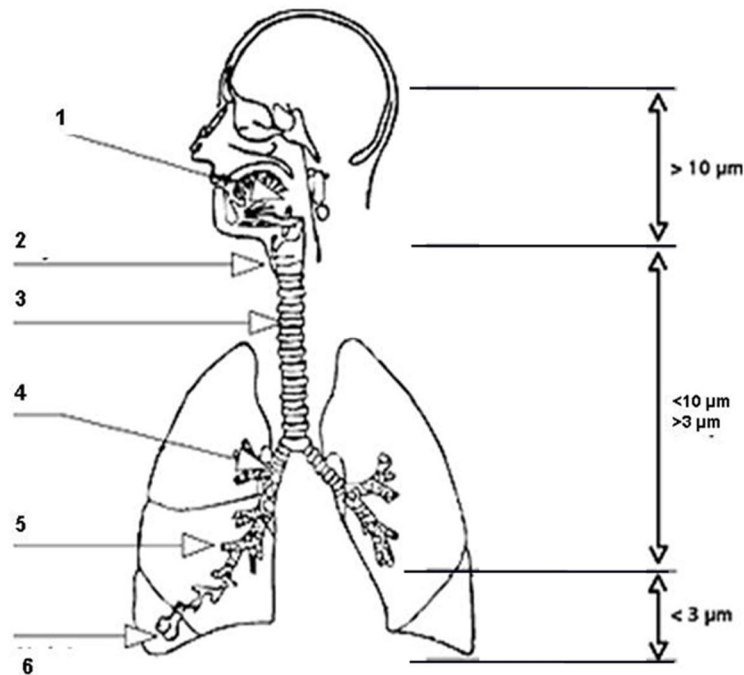
Jak již bylo uvedeno výše a je patrné z grafu na Obr. 14, k překračování dochází na pozadových lokalitách pouze a na dopravních převážně v chladné části roku (leden-březen, říjen-prosinec), kdy zvýšené koncentrace způsobují 2 faktory – meteorologické podmínky.

Meteorologické podmínky v zimě vlivem častějších a především silnějších teplotních inverzí napomáhají horším rozptylovým podmínkám – během teplotní inverze se v atmosféře vytvoří vrstva připomínající pokličku, pod kterou je stabilní atmosféra tzn., že je téměř bezvětří nebo pouze nízké rychlosti větru a nedochází tedy k dostatečnému rozptylu škodlivin. Škodliviny se pak pod touto vrstvou kumulují a jejich koncentrace roste.

Významným faktorem, ovlivňujícím koncentrace a distribuci velikostních frakcí je teplota vzduchu. V dlouhodobém trendu platí, že s klesající teplotou rostou koncentrace částic v ovzduší (Obr. 16), přičemž je více zastoupená jemnější frakce (Obr. 17) a naopak s rostoucí teplotou koncentrace klesají a je výrazněji zastoupená hrubší frakce částic. Teplota však spolu se slunečním zářením má vliv i na tvorbu částic z plynných prekurzorů tzv. nukleací.

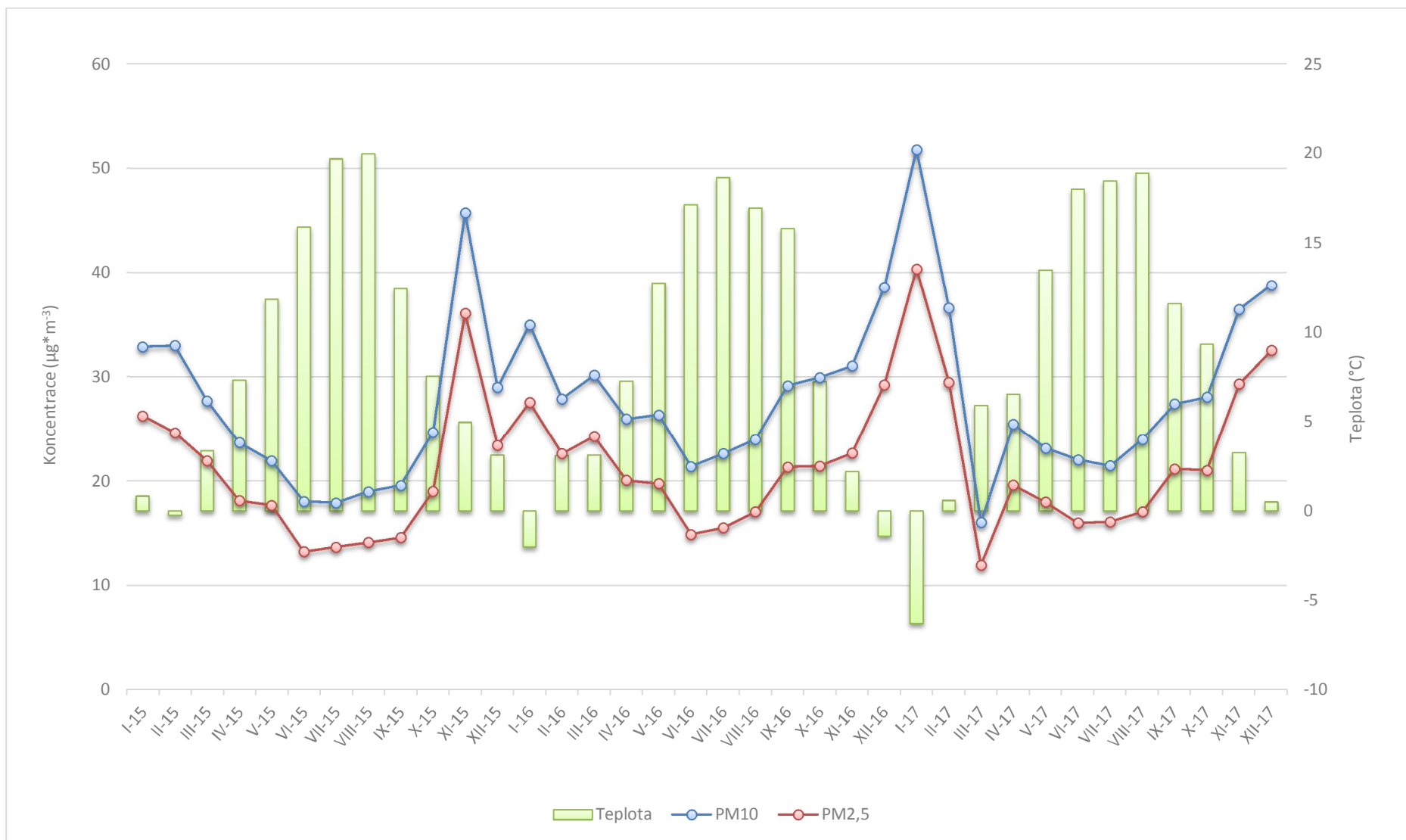
Jak je patrné z Obr. 16, nejvyšších hodnot koncentrací PM je dosahováno v zimních měsících s nejnižšími teplotami. Hodně závisí také na tom, jestli je inverzní charakter počasí s nízkými rychlostmi proudění větru, to jsou pak koncentrace zpravidla ještě vyšší. Zároveň je také z grafu na Obr. 17 patrné, že právě v těchto měsících je zastoupení jemnější frakce PM_{2,5} v PM₁₀ nejvyšší – činí až 81 % v měsíčním průměru, ve vybraných dnech se téměř blíží 100 %, což znamená, že

téměř veškerá PM_{10} je složena z $PM_{2,5}$. Toto je významné především ze zdravotního hlediska, jelikož čím je částice jemnější, tím „hlouběji“ do organismu se dokáže dostat a znamená tak pro lidské zdraví větší riziko. Názorně to zobrazuje Obr. 15 – částice s průměrem větším než $10\ \mu m$ jsou zpravidla zachyceny již v ústní dutině či v nose a jsou zpětně vykašlány ven. Tyto částice jsou pro člověka minimálně nebezpečné, proto jsou v rámci imisního monitoringu sledovány částice s nižším průměrem. Frakce s průměrem částic od $2,5\ \mu m$ do $10\ \mu m$ se již usazují v lidském těle, a to zpravidla v hltanu (1), hrtanu (2), průdušnici (3) a průduškách (4). Jemnější frakce do $2,5\ \mu m$ průměru pak sedimentují až průdušinkách (5) či plicních sklípcích (6), skrz které mohou ty nejjemnější částice (průměr menší než $1\ \mu m$) prostupovat do krevního oběhu.

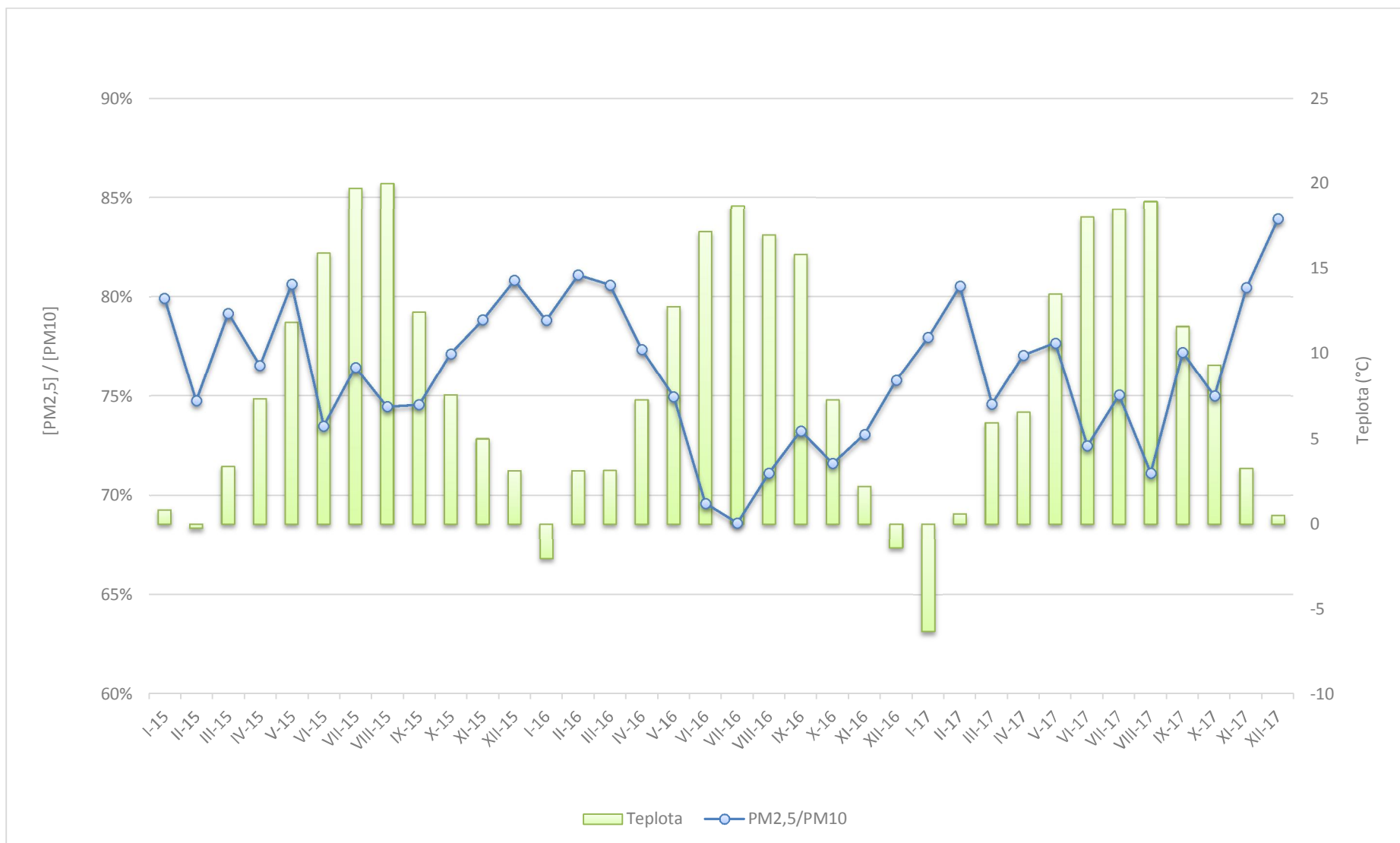


Obr. 15 - Prostupnost jednotlivých frakcí částic dýchacím traktem člověka

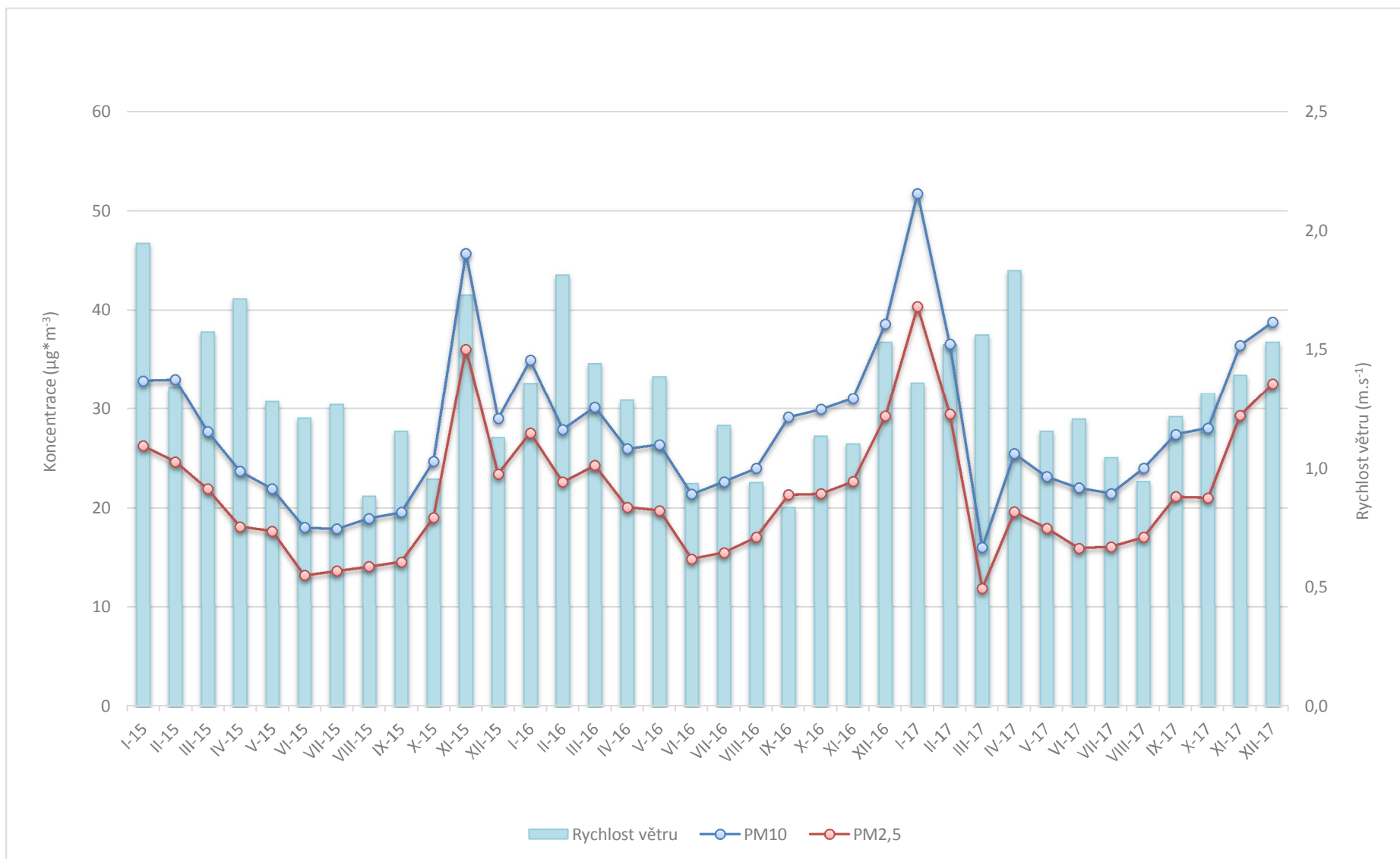
Dalším významným faktorem, ovlivňujícím koncentrace částic v ovzduší je rychlost větru. Meteorologické podmínky v chladné části roku vlivem častějších, a především silnějších teplotních inverzí napomáhají horším rozptylovým podmínkám – během teplotní inverze se v atmosféře vytvoří vrstva připomínající pokličku, pod kterou je stabilní atmosféra tzn., že je téměř bezvětří nebo pouze nízké rychlosti větru a nedochází tedy k dostatečnému rozptylu škodlivin. Škodliviny se pak pod touto vrstvou kumulují a jejich koncentrace roste. Pokud jsou rychlosti velmi nízké nebo panuje bezvětří, jsou zpravidla koncentrace škodlivin (zejména suspendovaných částic) vysoké. Naopak při vyšších rychlostech větru dochází k dobrému rozptylu, na druhou stranu může rovněž docházet i k resuspenzi suspendovaných částic, kdy dochází k opětovnému vznosu již jednou sedimentovaných částic. Příkladem takové resuspenze může být např. větrná eroze, kdy vlivem větru je strhávána půda z polí do vzduchu a podílí se tak na nárůstu koncentrací suspendovaných částic v ovzduší. Vliv rychlosti větru na koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$ zobrazuje Obr. 18.



Obr. 16 - Korelace koncentrací PM s teplotou, lokalita Automotive Lighting, 2015 – 2017



Obr. 17 - Korelace relativního zastoupení PM_{2,5} v PM₁₀ s teplotou, lokalita Automotive Lighting, 2015 – 2017



Obr. 18 - Korelace průměrných měsíčních koncentrací PM s průměrnou rychlostí větru, lokalita Automotive Lighting, 2013 – 2017

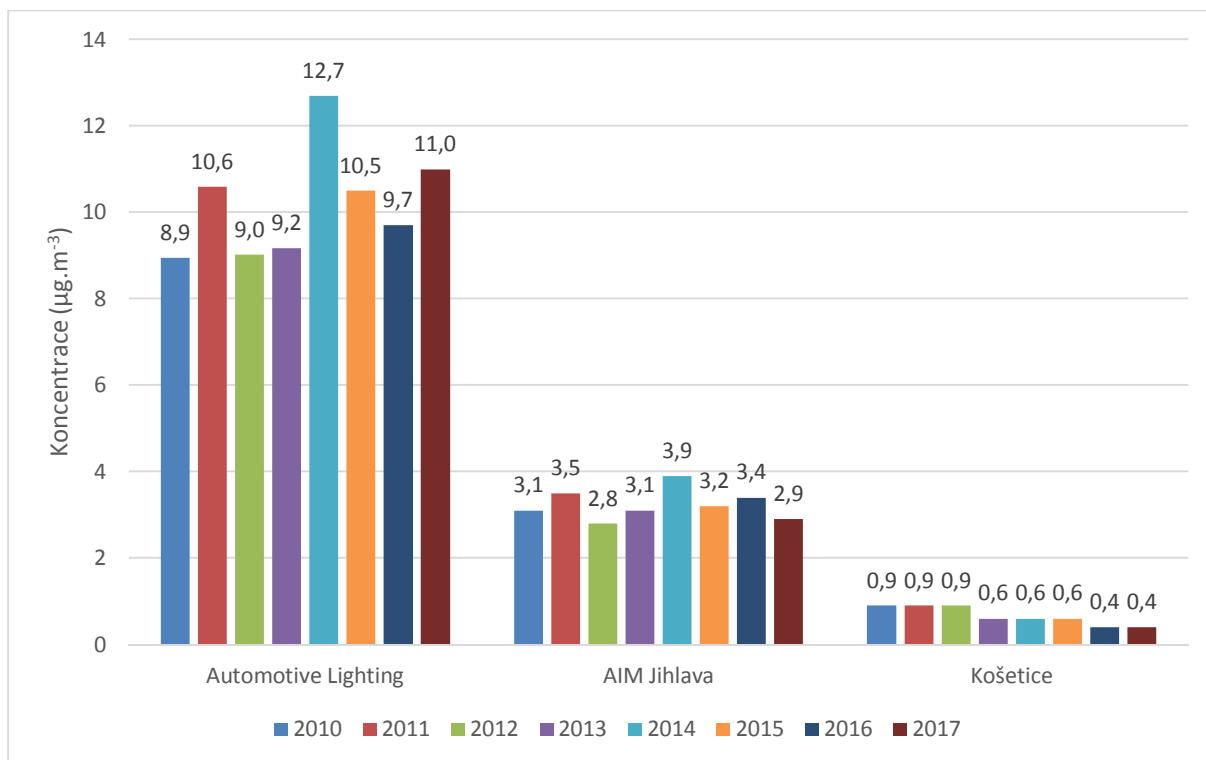
3.2 Oxidy dusíku NO, NO₂ a NO_x

3.2.1 Průměrné roční koncentrace

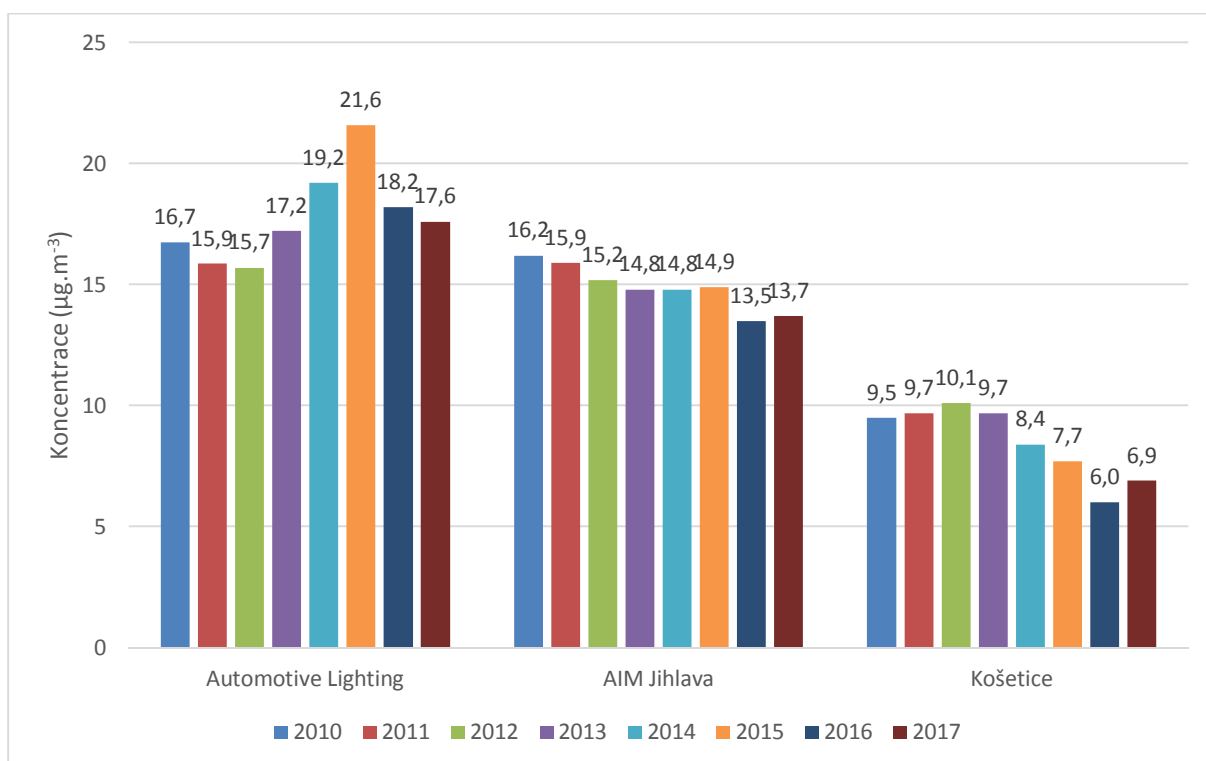
Na následujících Obr. 19, Obr. 20 a Obr. 21 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace NO, NO₂ a NO_x v lokalitách Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice. Z obrázků je patrné, že nejvyšší koncentrace jsou měřeny v lokalitě Automotive Lighting a nejnižší v Košetících. Důvodem je výrazné ovlivnění lokality Automotive Lighting mobilními zdroji, které jsou majoritním zdrojem oxidů dusíku (viz. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**), konkrétně pak NO. Proto je nejvýraznější rozdíl v naměřených koncentracích mezi jednotlivými lokalitami právě v případě NO (Obr. 19). Vliv dopravy se pak projevuje rovněž v koncentracích NO_x (Obr. 21), což je vlastně součet NO a NO₂. NO je pak v atmosféře postupně oxidován na NO₂, proto jsou nejvyšší koncentrace NO měřeny v dopravou zatížených lokalitách, ve větší vzdálenosti od dopravního zdroje se měří nižší koncentrace NO. Míru zatížení lokality dopravou tak lze vyjádřit poměrem koncentrací $[NO] / [NO_2]$. Čím vyšší má tento poměr hodnotu, tím více je lokalita zatížena dopravou (Obr. 22). Obrázek dokladuje, že lokalitu Automotive Lighting lze považovat za dopravní, AIM Jihlava a Košetice jsou lokality pozad'ové, přičemž AIM Jihlava je více ovlivněna dopravou.

Koncentrace NO₂ pak charakterizují oblast z hlediska spalovacích procesů. NO₂ vzniká při jakémkoli hoření (oxidaci), kde je přítomný vzduch (zastoupení dusíku ve vzduchu činí zhruba 78%, při oxidaci – reakci s kyslíkem – vzniká NO a dále NO₂). Z hlediska koncentrací NO₂ je patrné, že lokality Automotive Lighting a AIM Jihlava jsou na tom velmi podobně a koncentrace jsou vyšší než v Košetících. Přesto leží průměrné roční koncentrace NO₂ v obou letech na všech lokalitách **pod dolní mezí pro posuzování** a situace v Jihlavě je tedy z hlediska koncentrací NO₂ velmi dobrá.

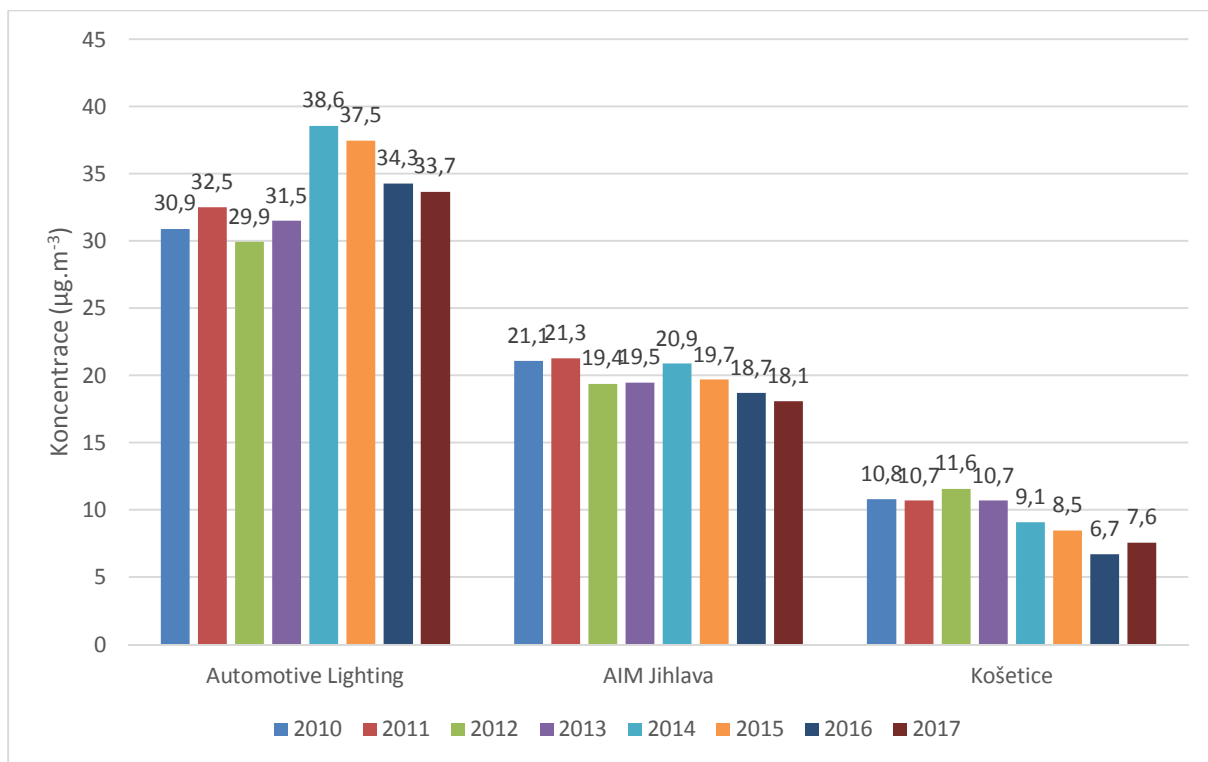
V roce 2017 došlo v lokalitě Automotive Lighting k poklesu průměrných ročních koncentrací NO₂ a k mírnému nárůstu koncentrací NO. Koncentrace NO_x mírně poklesly. Tyto výsledky naznačují významnější ovlivnění dopravou než v předchozím roce. Naopak v rezidenční části Jihlavy (Jihlava AIM) došlo k mírnému poklesu NO a mírnému nárůstu NO₂. Obdobně tomu bylo i v Košetících, jedná se zřejmě o nadregionální vliv na pozad'ové koncentrace. Při srovnání dvou Jihlavských lokalit je patrný zejména rozdíl v koncentracích NO. Na úrovni průměrných ročních koncentrací v roce 2017 byly koncentrace NO v lokalitě Automotive Lighting o 8,1 μg·m⁻³ (378 %) vyšší než v případě lokality AIM Jihlava v areálu ZŠ Demlova. Naproti tomu v případě průměrných ročních koncentrací NO₂ jsou koncentrace v lokalitě Automotive Lighting vyšší pouze o 3,9 μg·m⁻³ (128 %). Toto srovnání významně poukazuje na ovlivnění lokality Automotive Lighting mobilními zdroji.



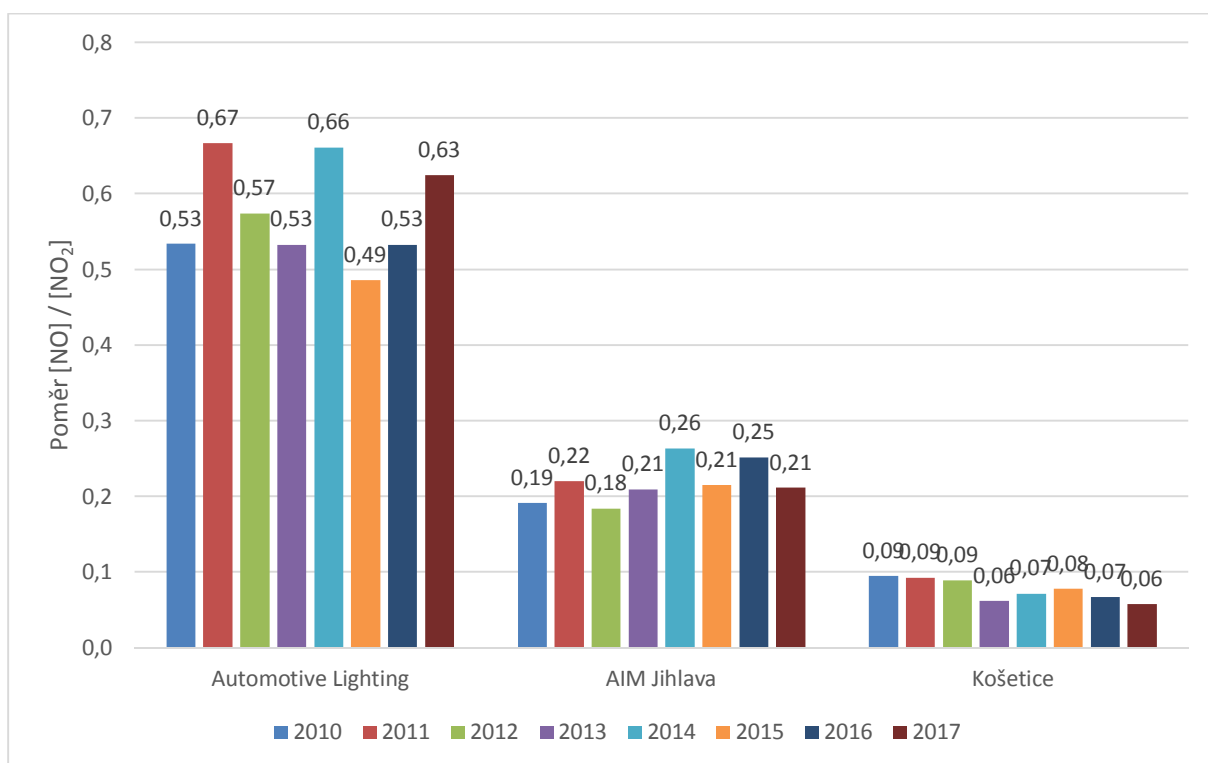
Obr. 19 - Průměrné roční koncentrace NO v letech 2010 – 2017



Obr. 20 - Průměrné roční koncentrace NO₂ v letech 2010 – 2017



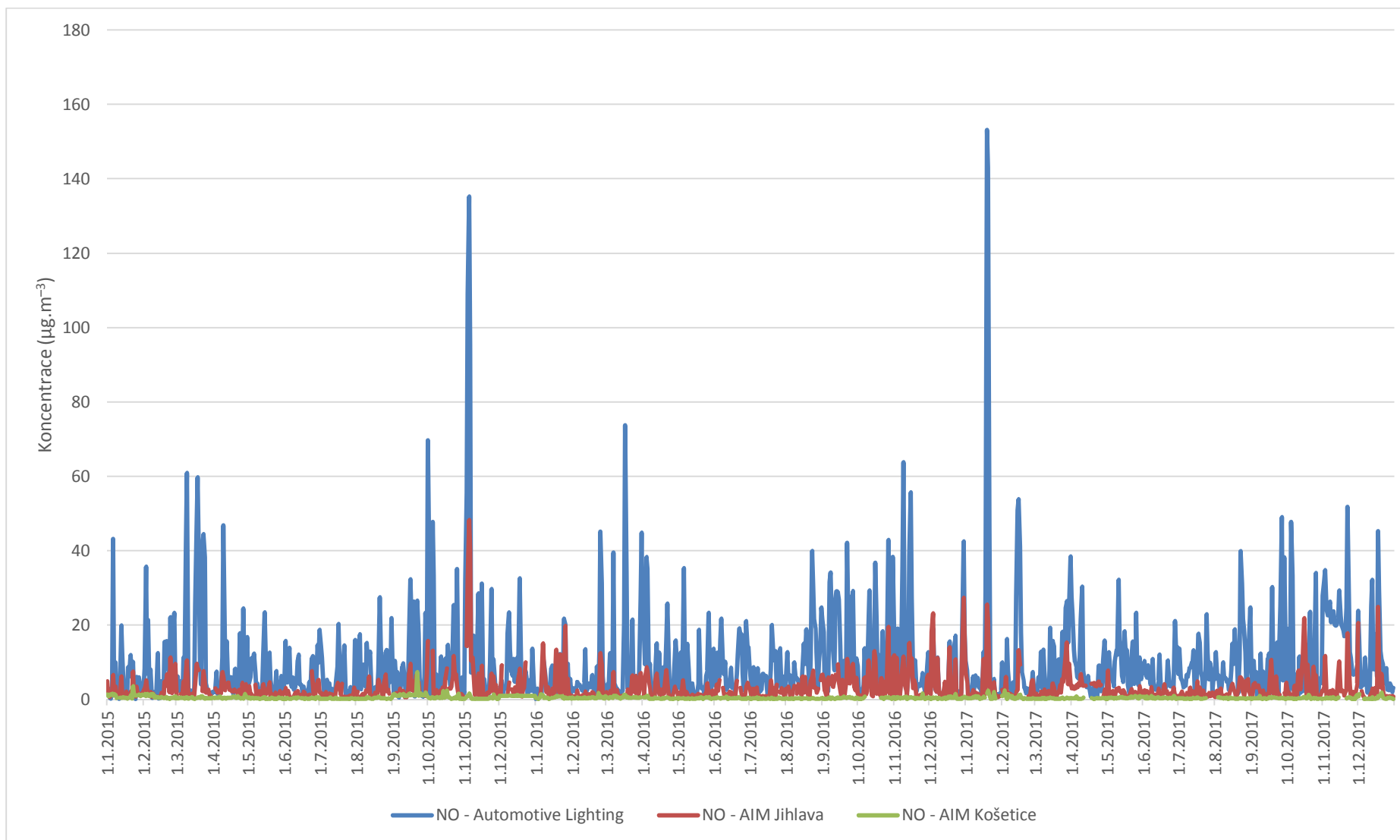
Obr. 21 - Průměrné roční koncentrace NOx v letech 2010 – 2017



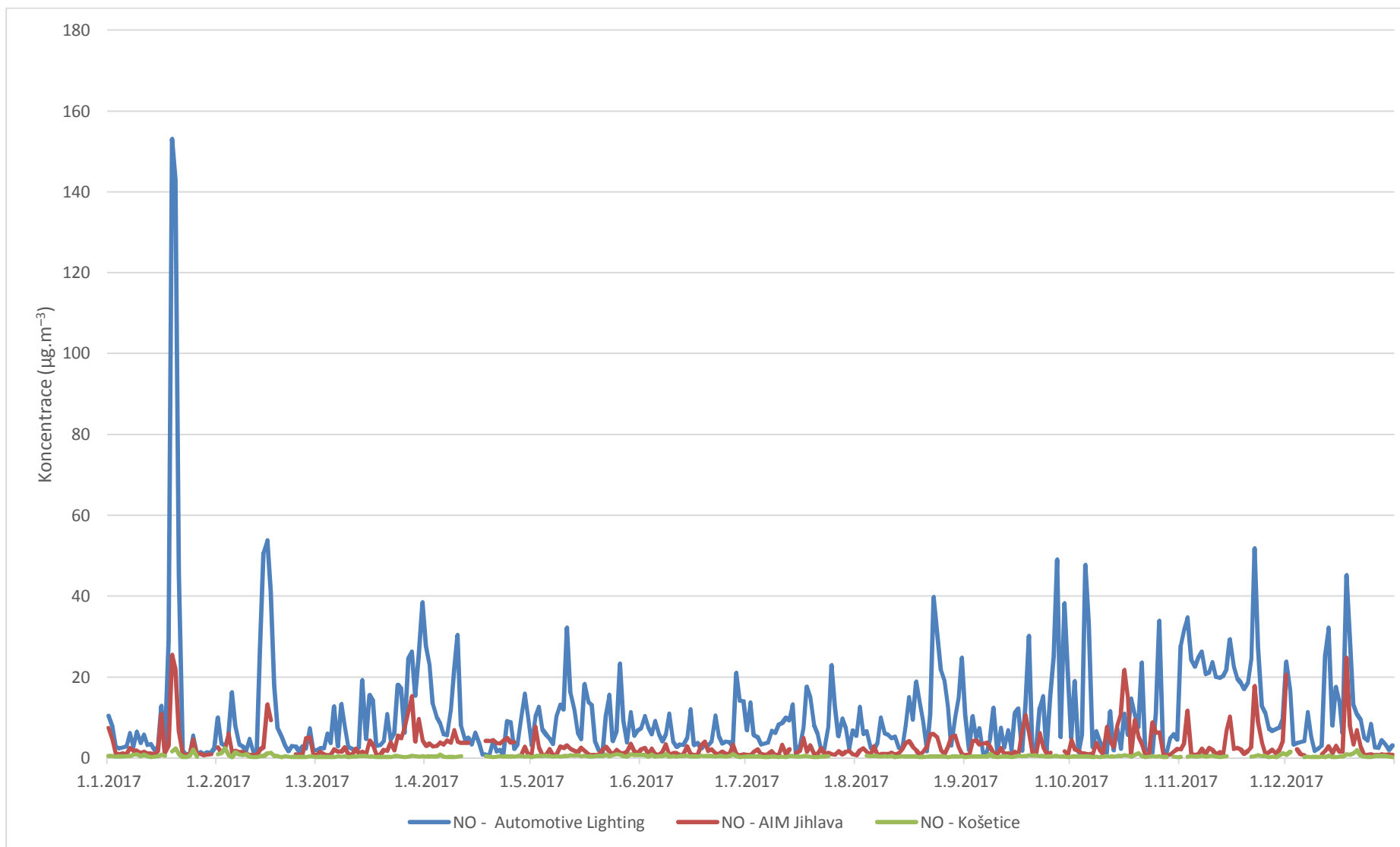
Obr. 22 - Poměr koncentrací NO / NO₂ v letech 2010 – 2017

3.2.2 Průměrné 24 hodinové koncentrace oxidů dusíku

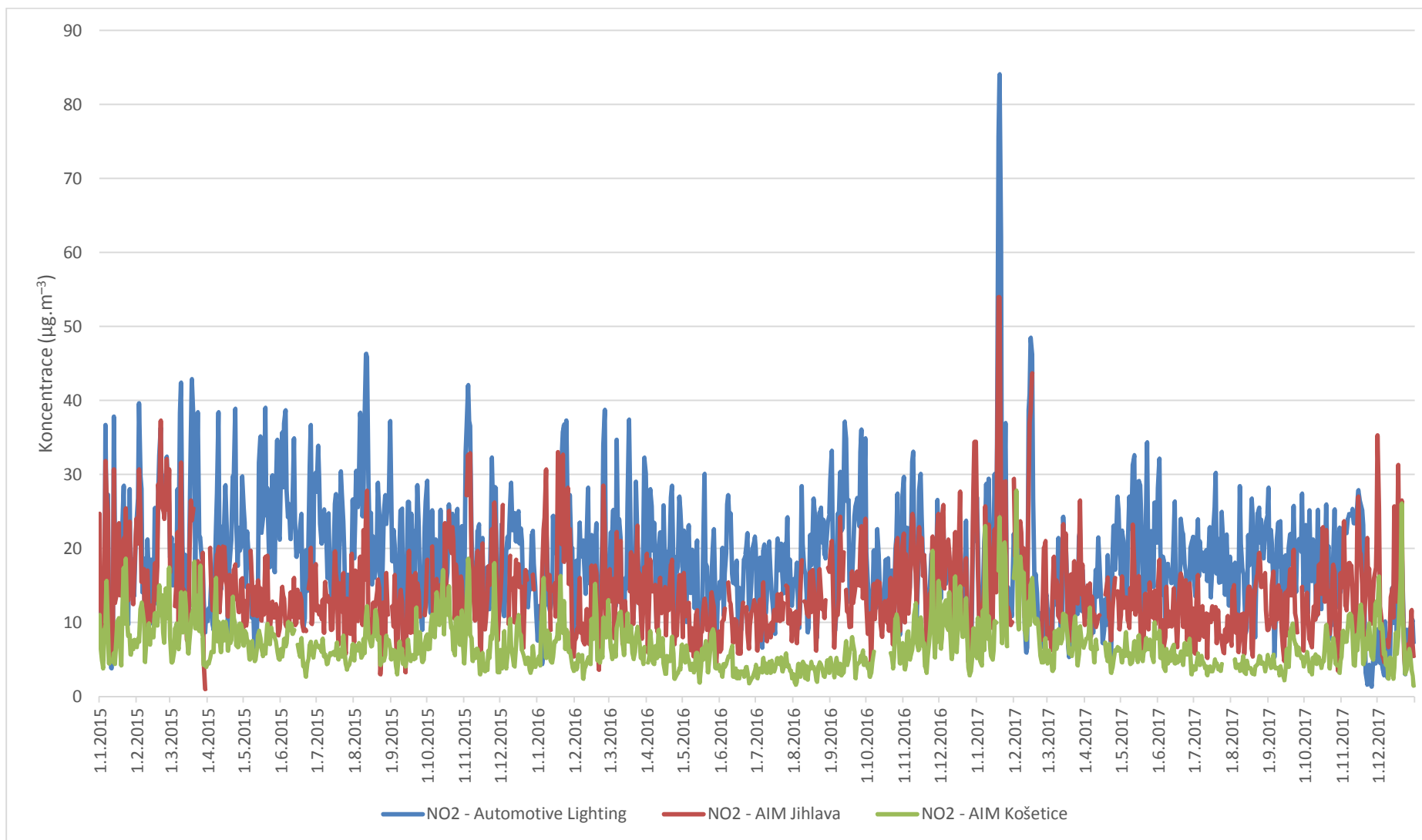
Průměrné 24hodinové koncentrace nemají v legislativě ukotven imisní limit, slouží spíš pro charakterizaci trendů. Z grafu na Obr. 23 jsou patrné píky vysokých koncentrací NO odpovídající vyššímu zatížení ze strany dopravy v lokalitě Automotive Lighting – jednak mohlo docházet k déletrvajícím prouděním od dálnice D1, nebo v areálu průmyslové zóny docházelo k většímu pohybu logistiky. V případě NO₂ na Obr. 25 je vidět vyrovnaný trend na všech lokalitách ovlivněný zejména roční dobou a meteorologickými podmínkami. V případě NO_x jde opět o součet NO + NO₂ a tudíž jsou na Obr. 27 patrné charakteristické píky vysokých koncentrací NO.



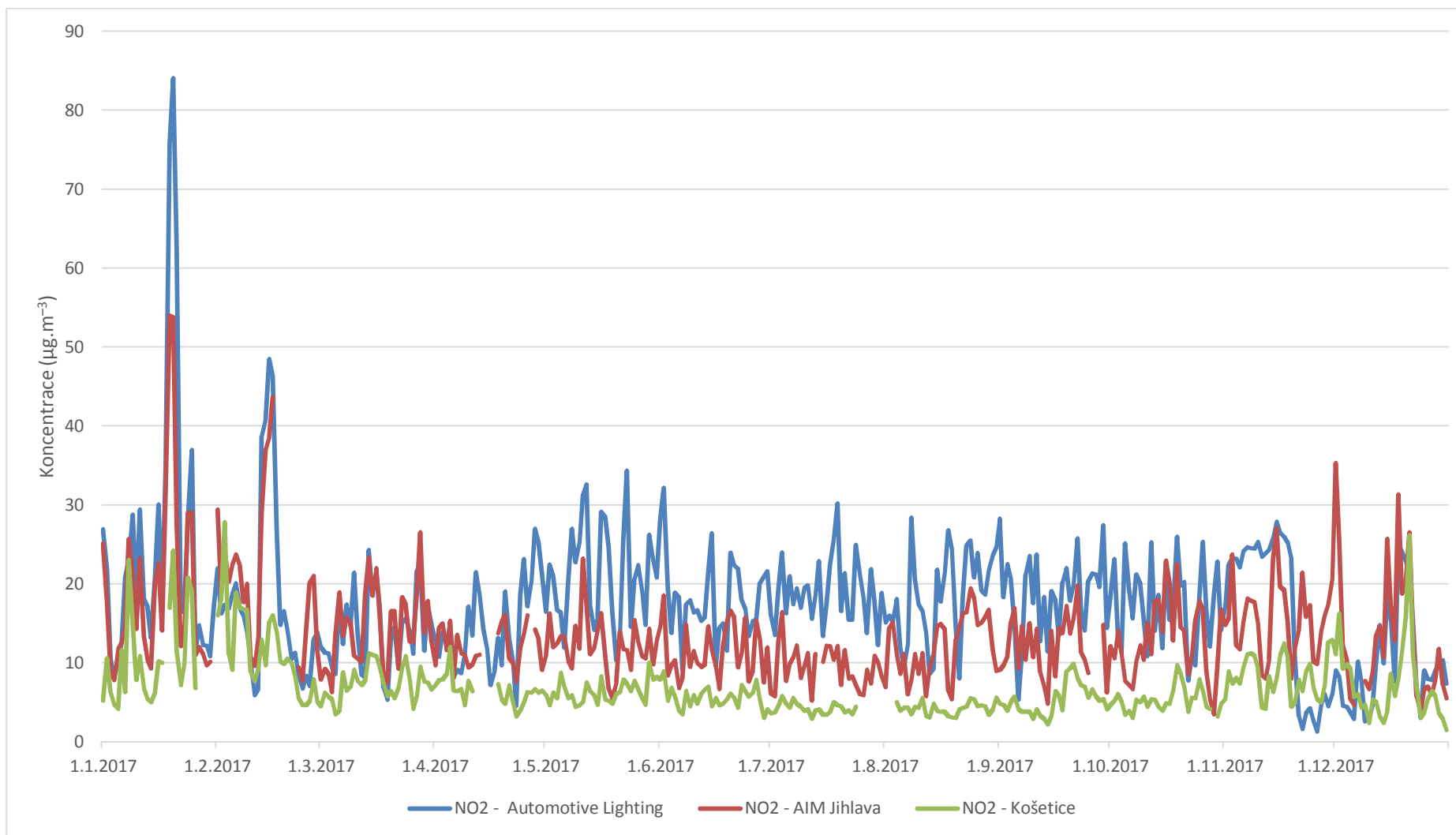
Obr. 23 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací NO, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2015 – 2017



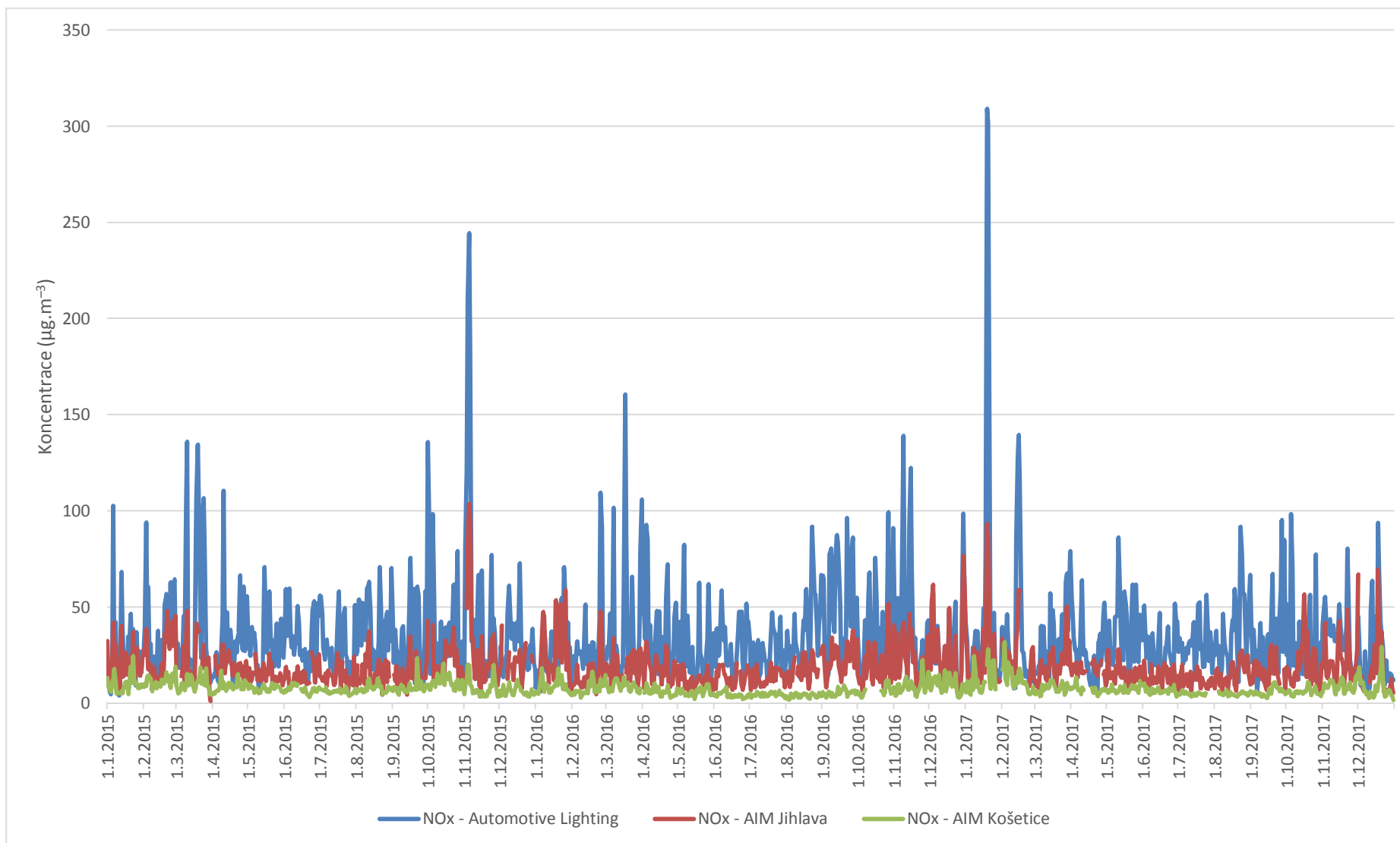
Obr. 24 - Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací NO naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2017



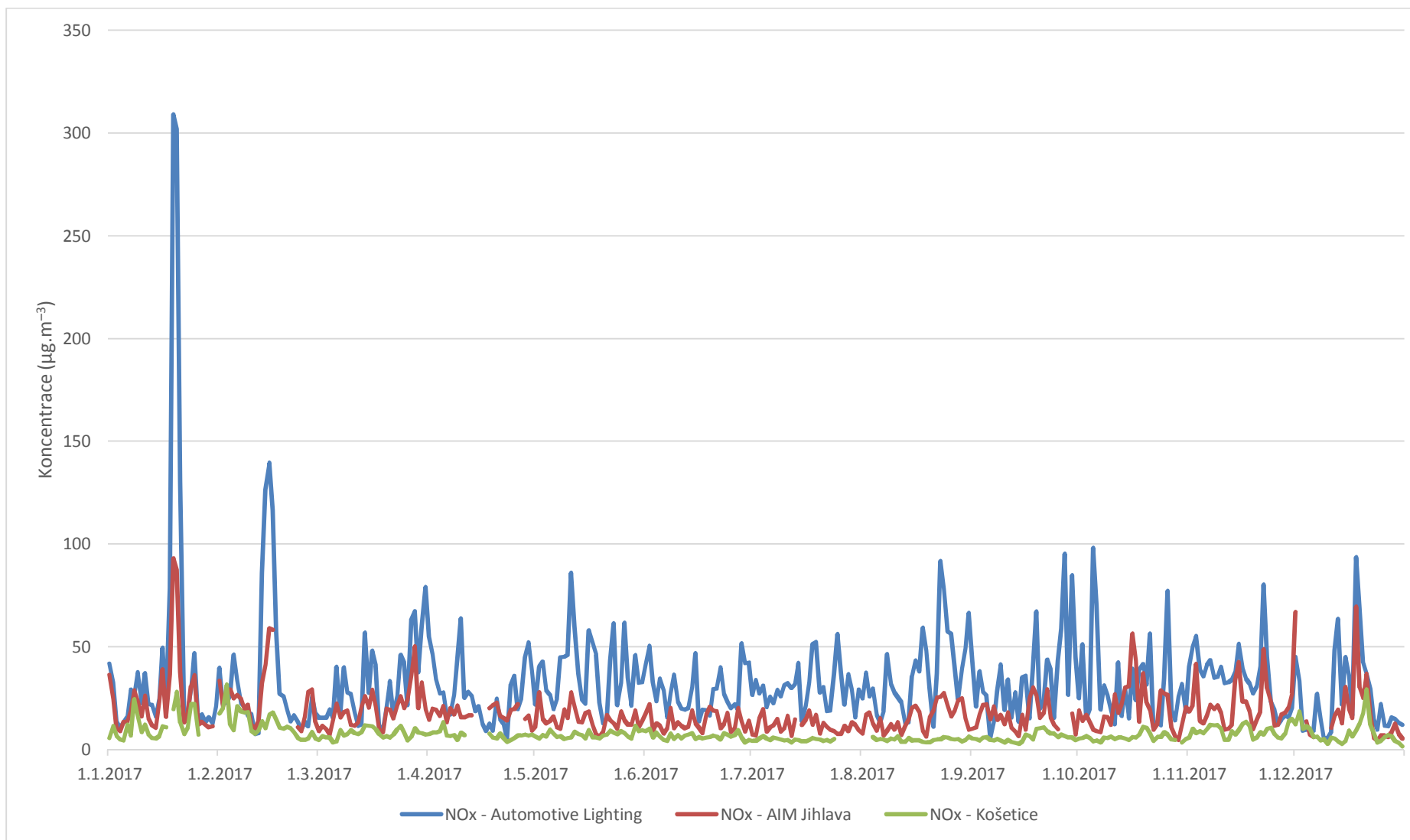
Obr. 25 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací NO₂, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2015 – 2017



Obr. 26 - Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací NO₂ naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2017



Obr. 27 - Trendy průměrných 24hodinových koncentrací NOx, lokality Automotive Lighting, AIM Jihlava a AIM Košetice, 2015 – 2017

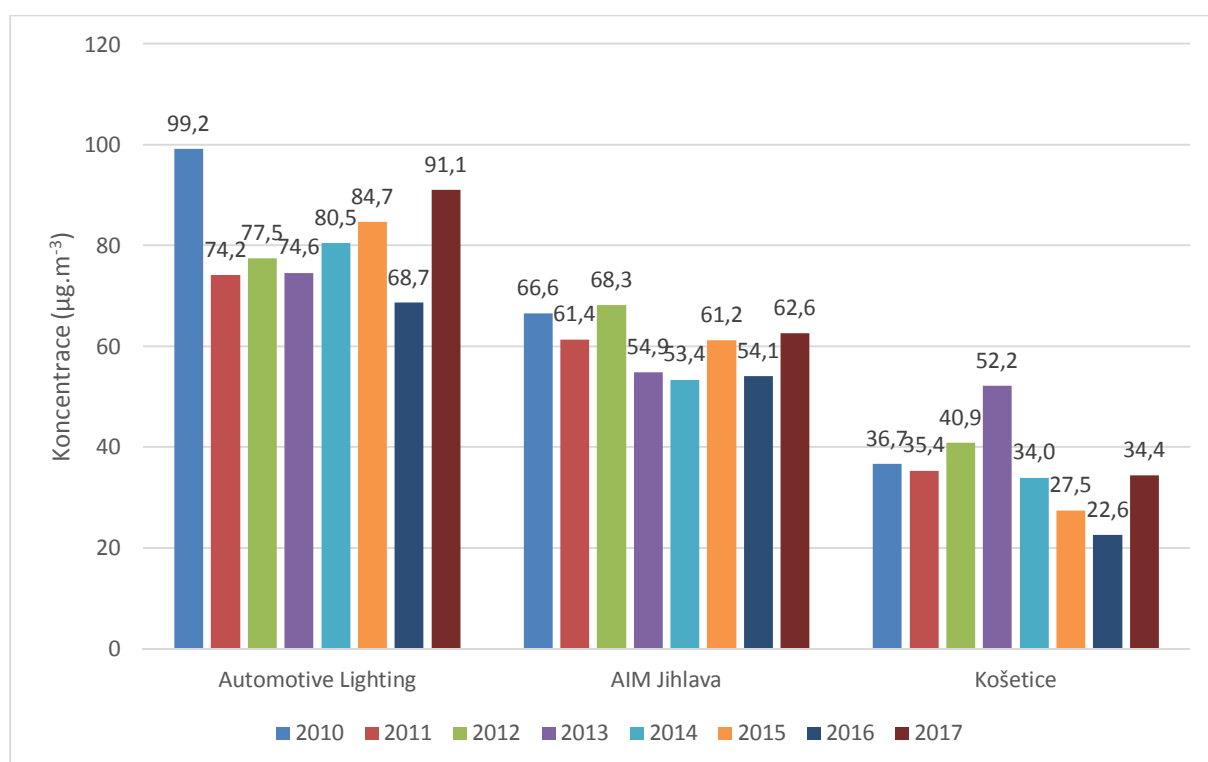


Obr. 28 - Srovnání průměrných 24hodinových koncentrací NOx naměřených v lokalitě Automotive Lighting, AIM Jihlava a Košetice, rok 2017

3.2.3 Hodinové koncentrace NO₂

Pro NO₂ platí imisní limit i pro hodinové koncentrace. Jeho hodnota je 200 µg·m⁻³ a může být za kalendářní rok 18x překročen, tudíž se vyhodnocuje 19. nejvyšší 1h koncentrace NO₂ a je-li vyšší než 200 µg·m⁻³, tak byl překročen imisní limit.

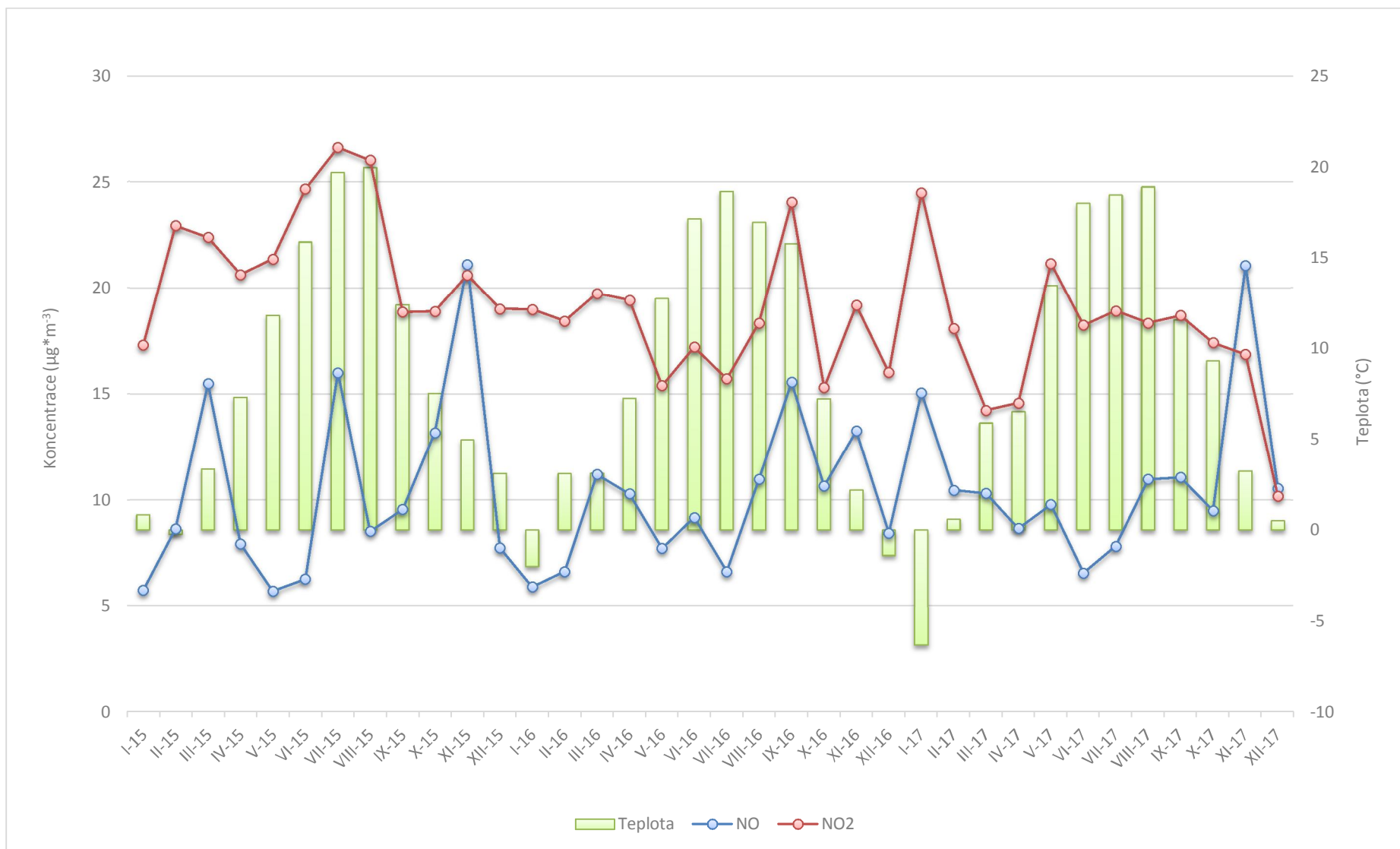
Vyšší koncentrace jsou pravidelně měřeny v lokalitě Automotive Lighting, naopak nízké jsou v Košetících. V roce 2013 jsou v Košetících zvýšené koncentrace pravděpodobně z důvodu výstavby meteorologického stožáru v těsné blízkosti observatoře. V roce 2014 již opět poklesly na původní nízké koncentrace. **V roce 2017 došlo k nárůstu této charakteristiky na všech lokalitách.** Pravděpodobně se jedná o důsledek zvýšených koncentrací ze začátku roku, způsobených velmi nepříznivými rozptylovými podmínkami. Imisní limit však žádná lokalita nepřekročila, nepřesáhla ani ½ hodnoty imisního limitu.



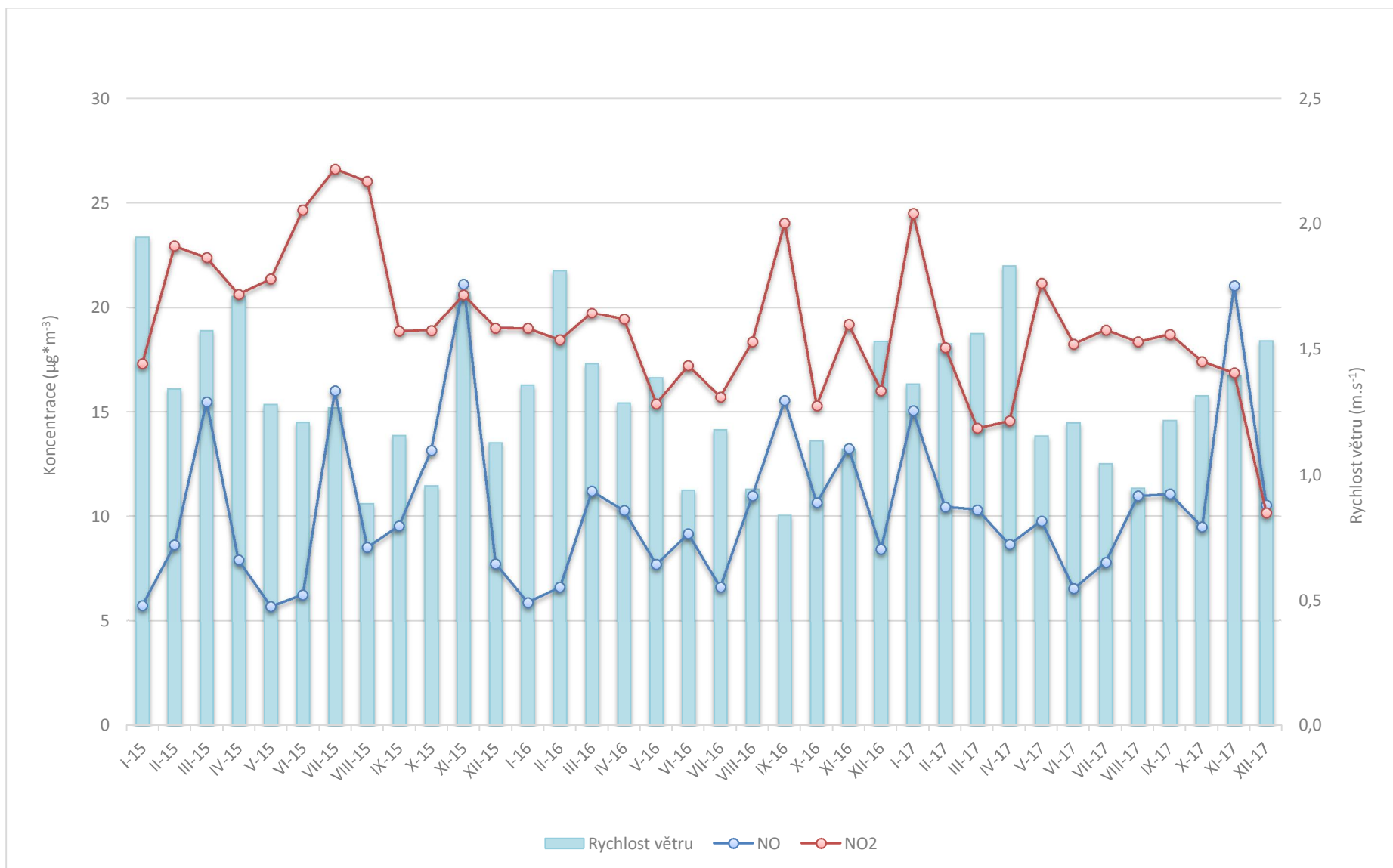
Obr. 29 - 19. nejvyšší hodinová koncentrace NO₂, 2010 – 2017

3.2.4 Vliv meteorologických podmínek

Vliv meteorologických podmínek se odráží zejména v koncentracích NO₂. Koncentrace NO jsou zejména odvislé od aktuálního zatížení dopravou. Z grafu na Obr. 30 a Obr. 31 je patrné, že jistou korelaci lze najít mezi teplotou a koncentracemi NO₂ – s rostoucí teplotou koncentrace NO₂ klesá – zejména díky fotochemickým reakcím, kdy za příznivých podmínek a slunečního svitu reaguje NO₂ spolu s VOC na troposférický ozón. Srážky se na ovlivnění koncentrací příliš nepodílí.



Obr. 30 - Korelace koncentrací NO a NO₂ s teplotou



Obr. 31 - Korelace koncentrací NO a NO₂ s průměrnou rychlostí větru

4 Závěr

Závěrem lze tedy konstatovat, že imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{10} nebyl ani na jedné z lokalit překročen. V případě imisního limitu pro průměrnou 24hodinovou koncentraci PM_{10} rovněž nedošlo na žádné lokalitě k překročení imisního limitu, nicméně v roce 2010 limit překročen byl a v roce 2011 se počet překročení zastavil těsně pod hranicí pro překročení imisního limitu. Proti roku 2016 došlo z hlediska počtu dnů s koncentracemi $PM_{10} > 50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v roce 2017 ke zhoršení. Hlavním důvodem byly velmi nepříznivé rozptylové podmínky v lednu a únoru 2017, které se odrazily na vysokých koncentracích PM_{10} a $PM_{2,5}$ v celé střední Evropě. Přesto byly koncentrace PM v lokalitě Automotive Lighting vyšší, než v ostatních lokalitách. Hlavní podíl na vyšších koncentracích PM_{10} v lokalitě Automotive Lighting lze přičítat zatížení emisemi z dopravy (z blízkých dopravních tepen – zejména dálnice D1 - i z logistiky průmyslové zóny). Značné ovlivnění dopravou potvrzuje i analýza poměru koncentrací NO / NO_2 . K jistému lokálnímu ovlivnění došlo zřejmě především v říjnu, kdy se koncentrace proti pozadové lokalitě více liší.

Ovšem je třeba vzít v úvahu i fakt, že se v roce 2011 - 2017 téměř veškerá překročení na všech lokalitách vyskytují pouze v zimním období (říjen-březen), kdy jsou v provozu tzv. malé zdroje – vytápění domácností. Ty zvednou plošně zatížení celého regionu, a to i na pozadových lokalitách, jako jsou např. Košetice, takže i zde dochází k překročením koncentrace $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Tím, že se zvednou pozadové koncentrace celého regionu, pak pochopitelně nejvíce trpí dopravní lokality, kde je významný i příspěvek emisí z mobilních zdrojů a dochází tak častěji k překročení koncentrace $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ než v pozadových lokalitách (viz. srovnání Automotive Lighting a AIM Jihlava).

Doprava tedy významně ovlivňuje obě frakce PM . V dopravní lokalitě Automotive Lighting byly v roce 2017 o cca $11 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ vyšší koncentrace PM_{10} než je městské pozadí Jihlavy měřené v lokalitě AIM Jihlava. Koncentrace $PM_{2,5}$ byly vyšší o cca $7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Velmi důležitým faktorem jsou pak rozptylové podmínky v chladné části roku. Velmi dobře je to patrné z úvodu roku 2017 – panovaly zhoršené rozptylové podmínky způsobené teplotními inverzemi. Koncentrace PM_{10} nedosahovaly vysokých hodnot (nejvyšší koncentrace $89,1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ naměřena 20. 1. 2017). Ve většině krajů ČR byly vyhlášeny smogové situace či regulace, v kraji Vysočina nebyly splněny podmínky pro vyhlášení těchto zvláštních stavů.

Vliv dopravy se projevil rovněž v koncentracích NO , které byly v průměru více než 3 – 4 x vyšší než v lokalitě AIM Jihlava. Koncentrace NO_2 byly v obou lokalitách srovnatelné, k překročení imisních limitů pro NO_2 nedošlo ani na jedné ze stanic – naopak koncentrace se pohybují pod dolní mezí pro posuzování.

Z uvedených dat vyplývá, že v rezidenčních částech Jihlavy je velmi dobrá kvalita ovzduší, blíží se regionálním pozadovým hodnotám. V oblasti průmyslové zóny sousedící s dálnicí D1 je ovzduší horší, ale zdaleka ne tolik, jako například v dopravních lokalitách větších aglomerací (Praha, Brno).

5 Citovaná literatura

- [1] *Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší*, 2012.
- [2] ČHMÚ, „Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší,“ 2010-2015. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance_CZ.html.
- [3] M. VOJTÍŠEK, „O provozu vznětových motorů a aerosolech jimi produkováných v městských aglomeracích,“ *Konference ČAS 2010. Sborník konference.*, č. ISBN: 978-80-86186-25-2, 2010.
- [4] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky,“ 1996 - 2015. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.
- [5] P. WARNECK, *Chemistry of the natural atmosphere*, San Diego: Academic Press: ISBN 0-12-735632-0, 2000.
- [6] European Commission, „Position paper on air quality: nitrogen dioxide,“ 1997.
- [7] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky 1996 - 2015,“ 1 12 2016. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.
- [8] MŽP, „Zákon č. 369/2016 Sb., kterým se mění zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů,“ 2016. [Online]. Available: <https://www.sbirka.cz/POSL4TYD/NOVE/16-369.htm>.
- [9] J. Bednář, „Kompndium ochrany kvality ovzduší, část 1: Meteorologie,“ *Ochrana ovzduší 2/2003*, 2003.
- [10] ČHMÚ, „Portál ČHMÚ,“ ČHMÚ, [Online]. Available: <http://www.chmi.cz/>.
- [11] M. ž. prostředí, „Program zlepšování kvality ovzduší zóna Jihovýchod - CZ06Z,“ 2016. [Online]. Available: http://www.mzp.cz/cz/kvalita_ovzdusi_jihovychod_2016.
- [12] ČHMÚ, „Znečištění ovzduší na území České Republiky,“ 2016. [Online]. Available: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/grafroc_CZ.html.

6 Datová část

Datová část obsahuje následující kapitoly:

I. ROČNÍ PŘEHLED PRŮMĚRNÝCH MĚSÍČNÍCH KONCENTRACÍ MĚŘENÝCH ŠKODLIVIN

II. PŘEHLED VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ IMISNÍHO MONITORINGU:

- PRŮMĚRNÉ 24-HODINOVÉ KONCENTRACE ŠKODLIVIN,
- STATISTIKA MĚŘENÍ,
- GRAFICKÉ VYJÁDŘENÍ.

III. KLIMATOLOGICKÉ ÚDAJE ZA SLEDOVANÉ OBDOBÍ