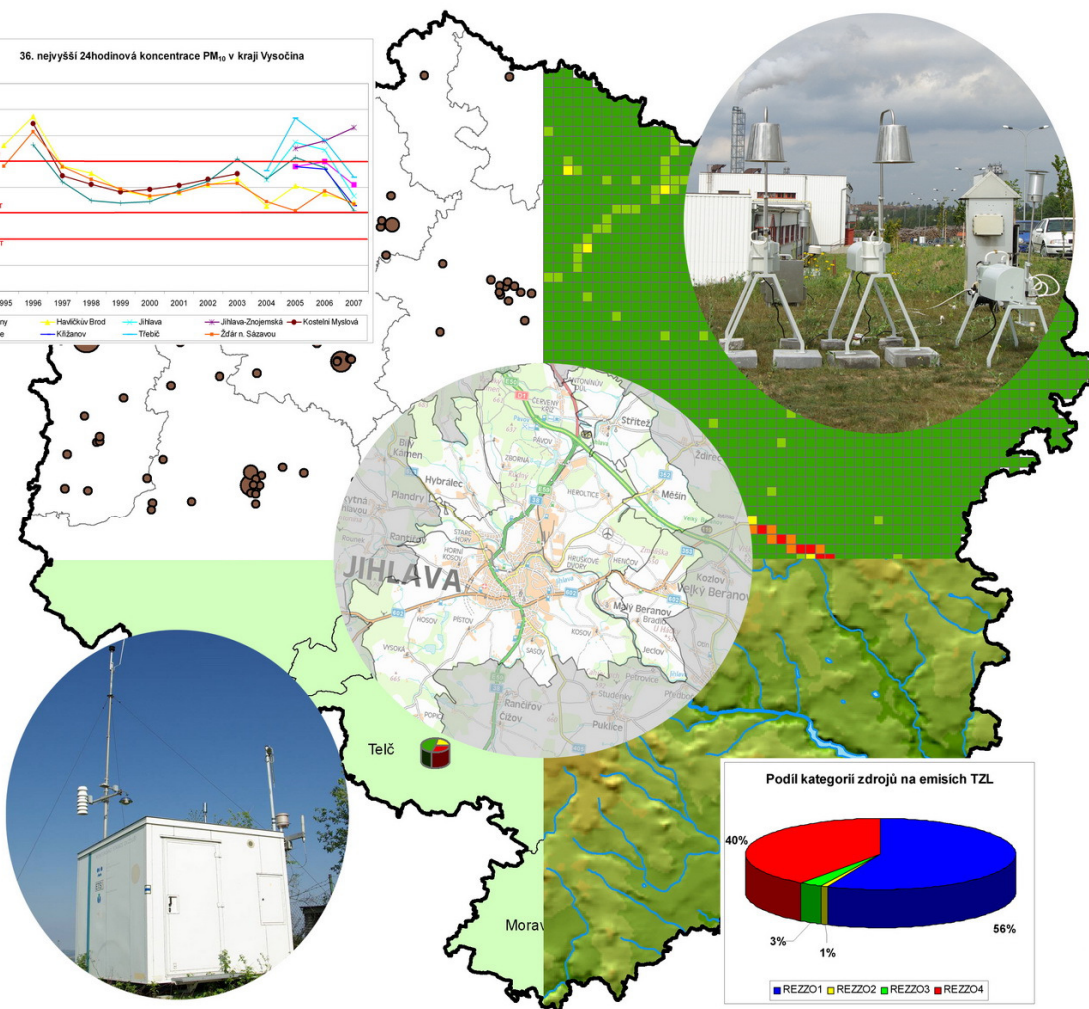
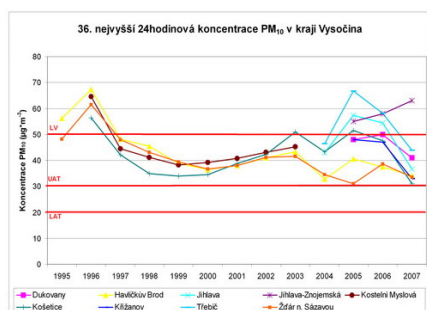


VYHODNOCENÍ KVALITY OVZDUŠÍ PRŮMYSLOVÉ ZÓNY MĚSTA JIHLAVY A Z NĚHO VYPLÝVAJÍCÍCH ZDRAVOTNÍCH RIZIK



EMISNÍ A IMISNÍ ANALÝZA

Brno, červen 2009

ÚDAJE O ZAKÁZCE

Zhotovitel:

Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 17
143 06 Praha 4
<http://www.chmi.cz/>

Ve věcech smluvních je oprávněn jednat: RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc., ředitel
pobočky Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno

Ve věcech technických je oprávněn jednat: Mgr. Robert Skeřil, Ph.D., vedoucí oddělení
čistoty ovzduší pobočky Brno

Objednatel:

Vysočina, kraj se sídlem v Jihlavě
Žižkova 57
587 33 Jihlava
zastoupen hejtmanem kraje,
zástupce pro věci technické: Rostislav Habán, úředník odboru životního prostředí

Zpracovatelé:

Mgr. Robert Skeřil, Ph.D. Ing. Zdeněk Elfenbein RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc.	ČHMÚ, pobočka Brno
RNDr. Bohumil Pokorný	ZÚ se sídlem v Brně
Mgr. Jakub Bucek	Bucek s.r.o.

Datum předání zprávy: **29. června 2009**
Počet výtisků: **4**

Seznam použitých zkratk:

AIM	automatizovaný imisní monitoring (AMS, AMS-SRS)
AMS	automatizovaná monitorovací stanice
AVG	průměr (z anglického average)
BaP	benzo(a)pyren
BTX	aromatické uhlovodíky (benzen, toluen, xylén)
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
GLRD	sluneční / globální záření (z anglického global radiation)
CHKO	chráněná krajinná oblast
CHUVE	chráněná území z hlediska limitů pro ochranu vegetace a ekosystémů
ISKO	Informační systém kvality ovzduší
KHS	Krajská hygienická stanice
LAT	dolní mez pro posuzování
LV	limitní hodnota
MAX	maximum
MT	mez tolerance
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NP	národní park
OHR	oddělení hodnocení rizik
ORP	obec s rozšířenou působností
PAH	polycyklické aromatické uhlovodíky resp. polyaromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenylly
PM ₁₀	suspendované částice frakce PM ₁₀
POPs	persistentní organické látky
PZ	průmyslová zóna
REZZO	registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší
RH	relativní vlhkost
SPM	Suma prашných částic (z anglického solid particulate matter)
T2m	teplota měřená ve 2 metrech nad zemí
TK	těžké kovy
TSP	suspendované částice (celkový prашný aerosol)
TZL	Tuhé znečišťující látky
UAT	horní mez pro posuzování
UTC	světový koordinovaný čas
VOC	těkavé organické látky

Anotace

Emisní a imisní analýza je čtvrtým dílčím plněním podlimitní veřejné zakázky na služby: „Vyhodnocení kvality ovzduší průmyslové zóny města Jihlavy a z něho vyplývajících zdravotních rizik“.

Tato část studie se skládá ze dvou základních kapitol. První z nich je rozptylová studie, tedy emisní analýza, ve které jsou statistickými modely rozptýleny jednotlivé škodliviny v zájmovém území. Z výsledků rozptylové studie graficky vynesené do mapy je možné pro každou škodlivinu vysledovat dlouhodobá i krátkodobá maxima, pravděpodobnou lokalizaci nejvyšších koncentrací v dotčeném území či vztah k imisním limitům.

Druhá kapitola se zabývá vyhodnocením monitoringu na území Jihlavy a přilehlých obcí v blízkosti průmyslové zóny. Monitoring probíhal v termínu od 1. září 2008 do 28. února 2009 na deseti lokalitách. Výsledky imisního monitoringu již byly zveřejněny v rámci třetí části této studie (analýza kvality ovzduší). V rámci imisní analýzy jsou pak tato data interpretována, postavena do prostorové souvislosti s imisním monitoringem v celém kraji Vysočina resp. v krajských městech ČR. Z prostorové analýzy jasně vyplynula kompatibilita měření jak v rámci kraje, tak v rámci krajských měst ČR, přičemž lokalita Jihlava je v kontextu krajských měst ČR hodnocena jako jedna z nejčistších.

Dále jsou tato data interpretována ve vztahu k meteorologickým podmínkám, které mají na koncentrace škodlivin značný vliv. Koncentrace byly srovnávány s teplotou, relativní vlhkostí či globálním zářením, které mají na koncentrace škodlivin přímý či nepřímý vliv. Mezi přímé vlivy lze jmenovat vliv meteorologických podmínek na chemismus atmosféry – rychlost fotochemických reakcí či tvorbu částic. Nepřímý vliv se projevuje zejména antropogenní činností, kdy např. při nízkých teplotách musí domácnosti topit, auta mají studené starty či je nutné „sypat komunikace“, čímž se také zvyšují koncentrace škodlivin v ovzduší.

V závěrečné kapitole této části studie je pak také diskutována časová kontinuita monitoringu a případný vliv hospodářské recese na kvalitu ovzduší. V této kapitole byly srovnávány dlouhodobé trendy koncentrací vybraných škodlivin na stanici ČHMÚ Jihlava v období září až únor s koncentracemi naměřenými v rámci této studie. I v tomto zhodnocení musely být zohledněny meteorologické podmínky, zejména pak výskyt inverzního charakteru počasí, protože jednotlivé roky a konkrétně zimní období nejsou stejné. Z výsledků této studie vyplynulo, že hospodářská recese mohla ovlivnit kvalitu ovzduší ve sledovaném období pouze minimálně, mnohem větší vliv na koncentrace škodlivin má počasí a charakter zimní sezóny.

Výsledky této části studie budou sloužit k výpočtu zdravotních rizik dotčeného území, jenž jsou součástí další etapy řešení veřejné zakázky.

Obsah

1	ÚVOD	7
2	EMISNÍ ANALÝZA (ROZPTYLOVÁ STUDIE)	9
2.1	PŘÍPUSTNÉ ÚROVNĚ ZNEČIŠTĚNÍ (IMISNÍ LIMITY A CÍLOVÉ IMISNÍ LIMITY)	9
2.2	ÚDAJE O REFERENČNÍCH BODECH	11
2.3	METEOROLOGICKÁ SITUACE	12
2.3.1	<i>Třídy stability</i>	13
2.3.2	<i>Třídy rychlosti větru</i>	13
2.4	METODIKA VÝPOČTU	14
2.5	ŠKODLIVINY MODELOVANÉ V JIHLAVĚ	19
2.5.1	<i>Těkavé organické látky obecně</i>	19
2.5.2	<i>VOC</i>	19
2.5.3	<i>Benzen</i>	20
2.5.4	<i>Benzo(a)Pyren</i>	21
2.5.5	<i>NO₂ (průměrné roční koncentrace)</i>	22
2.5.6	<i>NO₂ (maximální hodinové koncentrace)</i>	23
2.5.7	<i>CO (maximální 8-hod klouzavý průměr)</i>	24
2.5.8	<i>PM₁₀ (průměrné roční koncentrace)</i>	25
2.5.9	<i>PM₁₀ (průměrné denní koncentrace)</i>	26
2.5.10	<i>PM_{2,5} (průměrné roční koncentrace)</i>	27
2.5.11	<i>PM_{2,5} (průměrné denní koncentrace)</i>	27
2.5.12	<i>Arsen</i>	28
2.5.13	<i>Kadmium</i>	29
2.5.14	<i>Rtuť</i>	30
2.5.15	<i>Nikl</i>	31
2.5.16	<i>Olovo</i>	32
2.5.17	<i>Formaldehyd</i>	32
2.5.18	<i>Acetaldehyd</i>	33
2.5.19	<i>Toluen</i>	34
3	VYHODNOCENÍ KONCENTRACÍ JEDNOTLIVÝCH ŠKODLIVIN VČETNĚ VLIVU METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK	36
3.1	IMISNÍ LIMITY DLE NV 597/2006 SB	36
3.2	ČÁSTICE PM ₁₀ A PM _{2,5}	37
3.2.1	<i>Průměrná roční koncentrace</i>	39
3.2.2	<i>36. nejvyšší 24hodinová koncentrace</i>	39
3.2.3	<i>Částice PM_{2,5}</i>	40
3.2.4	<i>Vliv meteorologických podmínek na koncentraci částic</i>	42
3.2.5	<i>Vztah hodnot naměřených v Jihlavě k měřením v kraji Vysočina</i>	50
3.2.6	<i>Vztah hodnot naměřených v Jihlavě k měřením v dalších krajských městech ČR</i>	54
3.2.7	<i>Epizody zvýšených koncentrací PM₁₀</i>	58
3.3	OXID SIŘIČITÝ SO ₂	70
3.3.1	<i>Vliv teploty na koncentrace SO₂</i>	70
3.3.2	<i>Vztah hodnot naměřených v Jihlavě k měřením v dalších krajských městech ČR</i>	73
3.4	OXIDY DUSÍKU – NO, NO ₂ A NOX	75
3.4.1	<i>Vliv teploty na koncentrace NO₂</i>	76
3.4.2	<i>Hodinové koncentrace NO₂</i>	77
3.4.3	<i>Průměrná roční koncentrace NO₂</i>	78
3.4.4	<i>Vyhodnocení lokalit z hlediska koncentrací oxidů dusíku</i>	78
3.4.5	<i>Vztah hodnot naměřených v Jihlavě k měřením v dalších krajských městech ČR</i>	79
3.4.6	<i>Oxidy dusíku – prekursor troposférického ozónu</i>	81
3.5	AROMATICKÉ UHLOVODÍKY - BENZEN, TOLUEN, XYLEN A ETYLBENZEN	85
3.5.1	<i>Vliv teploty na koncentrace aromatických uhlovodíků</i>	91
3.5.2	<i>Vztah hodnot naměřených v Jihlavě k měřením v dalších krajských městech ČR</i>	92
3.6	POLYAROMATICKÉ UHLOVODÍKY (PAH)	95
3.6.1	<i>Charakteristika škodliviny</i>	95
3.6.2	<i>Identifikace hlavních zdrojů PAH</i>	97
3.6.3	<i>Profily PAH z významných emisních zdrojů</i>	98

3.6.4	Environmentální zátěž ČR.....	99
3.6.5	Toxikologické charakteristiky PAH.....	99
3.6.6	Interpretace výsledků měření imisí polyaromatických uhlovodíků.....	100
3.6.7	Výsledky dlouhodobého monitoringu polyaromatických uhlovodíků v lokalitách kraje Vysočina	101
3.6.8	Benzo(a)pyren – B(a)P.....	107
3.6.9	Vyhodnocení starších dat pro B(a)P získaných monitorováním lokality „Průmyslová zóna Jihlava“	108
3.6.10	Hodnocení imisních koncentrací B(a)P v lokalitách Vysočiny.....	108
3.6.11	Toxikologicky významné polyaromatické uhlovodíky.....	110
3.7	α - PINEN.....	113
3.8	FORMALDEHYD A ACETALDEHYD	115
3.8.1	Vliv meteorologických podmínek na koncentrace formaldehydu a acetaldehydu.....	120
3.8.2	Korelace formaldehydu a acetaldehydu se škodlivinami standardně měřenými v rámci IM	124
3.9	TĚŽKÉ KOVY	128
3.10	CHLOROVODÍK HCL	133
4	VZTAH MĚŘÍCÍ KAMPANĚ K PŘEDCHOZÍM OBDOBÍM ZÁŘÍ-ÚNOR V JIHLAVĚ	136
4.1.1	Částice PM ₁₀ a PM _{2,5}	139
4.1.2	Oxid siřičitý SO ₂	141
4.1.3	Oxid dusičitý NO ₂	142
4.1.4	Benzen	143
5	POUŽITÁ LITERATURA	144

1 ÚVOD

Kapitola emisní a imisní analýza podrobně studuje data uvedená v předchozích částech studie. Emisní analýza (rozptylová studie) vyhodnocuje kvalitu ovzduší na základě statistického modelování emisí jednotlivých zdrojů znečištění ovzduší pomocí modelu SYMOS. Tento model je uveden jako referenční v české legislativě pro zpracování rozptylových studií (zákon o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb.). Jako vstupní data slouží pro tento model údaje z databáze REZZO, do které zasílají hodnoty emisí všechny zdroje znečištění ovzduší. Tato data se uvádějí vždy za kalendářní rok, pro potřeby studie byla použita **nejaktuálnější data z roku 2007**, tedy z období **nezasaženého tzv. finanční krizí!** Data z roku 2008 měly provozovny povinnost zaslat na ČIŽP do 31.3.2009, nyní probíhá kontrola těchto dat a tedy emisní bilance pro rok 2008 bude připravena začátkem roku 2010.

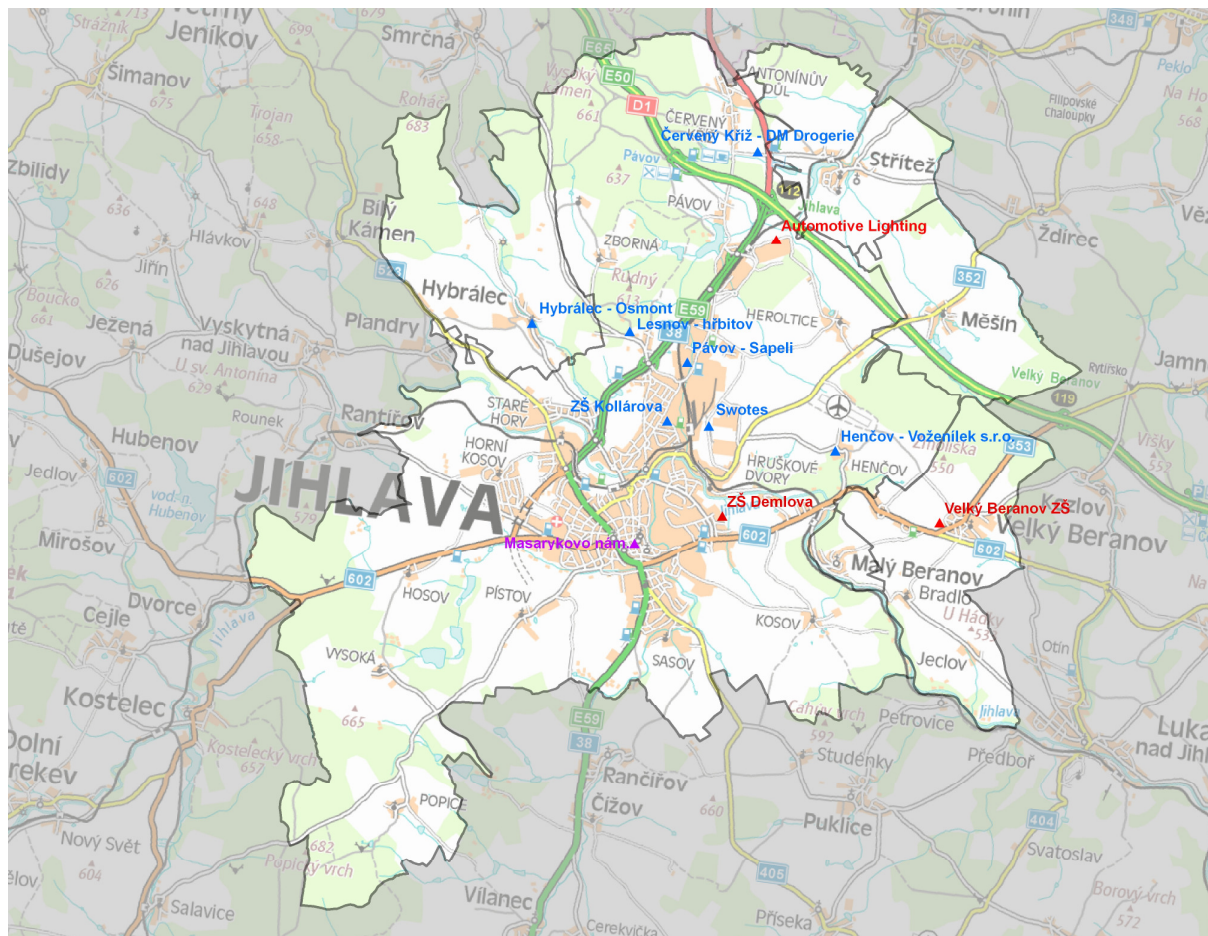
Stacionární zdroje jsou členěny podle tepelného výkonu a míry vlivu technologického procesu na znečišťování ovzduší nebo rozsahu znečišťování. Vedle bodově sledovaných stacionárních zdrojů REZZO 1 a 2 jsou v rámci REZZO 3 modelově vypočítávány emise z vytápění domácností, emise VOC z plošného použití rozpouštědel, emise NH₃ z nesledovaných chovů hospodářských zvířat a z nakládání s chlévskou mrvou a emise TZL z výše uvedených chovů zvířat.

Bilance mobilních zdrojů zahrnuje emise ze silniční, železniční, letecké a vodní dopravy a dále emise z nesilničních zdrojů (zemědělské, lesní a stavební stroje, vozidla armády, apod.). Výpočet emisí z dopravy zajišťuje dle vlastní metodiky CDV Brno. Používaný modelový výpočet využívá podkladů dopravních statistik, údajů o prodeji pohonných hmot, o skladbě vozového parku a odhadech ročních proběhů jednotlivých kategorií vozidel. Emise jsou stanoveny pomocí vypočítaného podílu na spotřebě pohonných hmot jednotlivých kategorií vozidel a příslušných emisních faktorů. Z emisí z provozu letadel jsou zahrnuty pouze emise tzv. vzletového a přistávacího cyklu, nejsou zahrnuty emise letové fáze a emise letadel pouze přelétávajících území ČR. Z podkladů energetické bilance zajišťované ČSÚ je pro výpočet emisí nesilničních zdrojů proveden odhad spotřeby nafty zemědělských a lesních strojů (ve spolupráci s VÚZT Praha), spotřeby nafty dalších vozidel a za r. 2006 poprvé také odhad spotřeby benzínu pro údržbu zeleně a těžbu dřeva.

Imisní analýza se opírá o zejména o **půlroční** měření kvality ovzduší na území zájmu této studie (Obr. 1). Hrubá data a přehled trendů koncentrací byl již odevzdán v rámci kapitoly III této studie. V této kapitole jsou naměřená data uvedena v širších souvislostech – např. ve vztahu k meteorologickým podmínkám, ostatním měřením v kraji Vysočina, ostatním krajským městům v ČR či k dlouhodobému imisnímu monitoringu ČR v Jihlavě probíhajícímu na AIM Jihlava v areálu ZŠ Demlova. K tomuto hodnocení byly využity výsledky uvedené v kapitole II této studie popř. výsledky dalších vědeckých prací na toto téma.

Výstupy z této IV. kapitoly studie poslouží jako podklady pro výpočet zdravotních rizik, které budou uvedeny v závěrečné části studie.

Obr. 1. Poloha odběrových míst imisního monitoringu v Jihlavě



Červeně jsou na mapce vyznačeny kontinuální stanice, fialově mobilní měření Horiba a modře lokality s měřením pomocí pasivní sorpce. Konkrétní popis jednotlivých lokalit je uveden na následujících stránkách v přehledných tabulkách.

2 EMISNÍ ANALÝZA (ROZPTYLOVÁ STUDIE)

2.1 PŘÍPUSTNÉ ÚROVNĚ ZNEČIŠTĚNÍ (IMISNÍ LIMITY A CÍLOVÉ IMISNÍ LIMITY)

Imisní limity a cílové imisní limity jsou dány nařízením vlády č. 597/2006 Sb., o sledování a vyhodnocování kvality ovzduší. Všechny uvedené přípustné úrovně znečištění ovzduší pro plynné znečišťující látky se vztahují na standardní podmínky (objem přepočtený na teplotu 293,15 K a normální tlak 101,325 kPa). U všech přípustných úrovní znečištění ovzduší se jedná o aritmetické průměry.

Část A

Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí a přípustné četnosti jejich překročení za kalendářní rok.

1. Imisní limity vybraných znečišťujících látek a přípustné četnosti jejich překročení

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit	Přípustná četnost překročení
Oxid siřičitý	1 hodina	350 $\mu\text{g.m}^{-3}$	24
Oxid siřičitý	24 hodin	125 $\mu\text{g.m}^{-3}$	3
Oxid uhelnatý	max. denní osmihodinový	10 mg.m^{-3}	-
PM ₁₀	24 hodin	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$	35
PM ₁₀	1 kalendářní rok	40 $\mu\text{g.m}^{-3}$	-
Olovo	1 kalendářní rok	0,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$	-

2. Imisní limity oxidu dusičitého a benzenu a přípustné četnosti jejich překročení

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit	Přípustná četnost překročení
Oxid dusičitý	1 hodina	200 $\mu\text{g.m}^{-3}$	18
Oxid dusičitý	1 kalendářní rok	40 $\mu\text{g.m}^{-3}$	-
Benzen	1 kalendářní rok	5 $\mu\text{g.m}^{-3}$	-

Část B

Imisní limity vyhlášené pro ochranu ekosystémů a vegetace

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit
Oxid siřičitý	kalendářní rok a zimní období (1. října – 31. března)	20 $\mu\text{g.m}^{-3}$
Oxidy dusíku	1 kalendářní rok	30 $\mu\text{g.m}^{-3}$

Část C

Cílové imisní limity a dlouhodobé imisní cíle

1. Cílové imisní limity vybraných znečišťujících látek vyhlášené pro ochranu zdraví lidí

Znečišťující látka	Doba průměrování	Cílový imisní limit ¹⁾
Arsen	1 kalendářní rok	6 ng.m ⁻³
Kadmium	1 kalendářní rok	5 ng.m ⁻³
Nikl	1 kalendářní rok	20 ng.m ⁻³
Benzo(a)pyren	1 kalendářní rok	1 ng.m ⁻³

Poznámka: 1) Pro celkový obsah v PM₁₀.

2. Cílové imisní limity troposférického ozonu

Účel vyhlášení	Doba průměrování	Cílový imisní limit
Ochrana zdraví	max. denní osmihodinový průměr	120 µg.m ⁻³
Ochrana vegetace	AOT40	18000 µg.m ⁻³ .h

2.2 ÚDAJE O REFERENČNÍCH BODECH

Pro výpočet imisní charakteristiky bylo vytvořeno zájmové území se sítí uzlových bodů v počtu 11952 s krokem 1 50 m (základní síť RB). A dále pak síť referenčních bodů lemující komunikaci v počtu 5688 bodů.

Tvorba sítě referenčních bodů.

Síť uzlových referenčních bodů pro potřebu výpočtu rozptylové studie je vytvářena nezávisle na zeměpisných souřadnicích dané lokality. Jejím účelem je pokrýt dané zájmové území tak, aby matematická modelace zatížení ovzduší dané lokality škodlivinami postihla v rámci zadaných dat co nejvěrněji reálný stav.

Rozsah a tvar území pokrytého sítí referenčních bodů stanovuje zpracovatel studie s ohledem na předpokládaný plošný rozsah hodnocených vlivů, obvykle ve tvaru jednoduchého geometrického obrazce libovolného tvaru. Krok jednotlivých referenčních bodů (jejich vzdálenost od sebe) je volen na základě obdobných požadavků, může být v rámci jedné sítě různý (např. v oblasti předpokládaných vyšších koncentrací škodlivin je síť hustší).

Číslování referenčních bodů se provádí tak, že jeden bod je zvolen za počátek („0“) a ostatní body se číslují čísla dle vzestupné aritmetické řady (1,2,...n). Způsob zvolení počátku i systém dalšího číslování referenčních bodů závisí na úsudku zpracovatele rozptylové studie, na úroveň výsledků studie nemá žádný vliv. Obvykle je jako počátek volen bod nacházející se v levém spodním rohu sítě tak, aby při odečítání souřadnic nebylo nutno používat záporných hodnot.

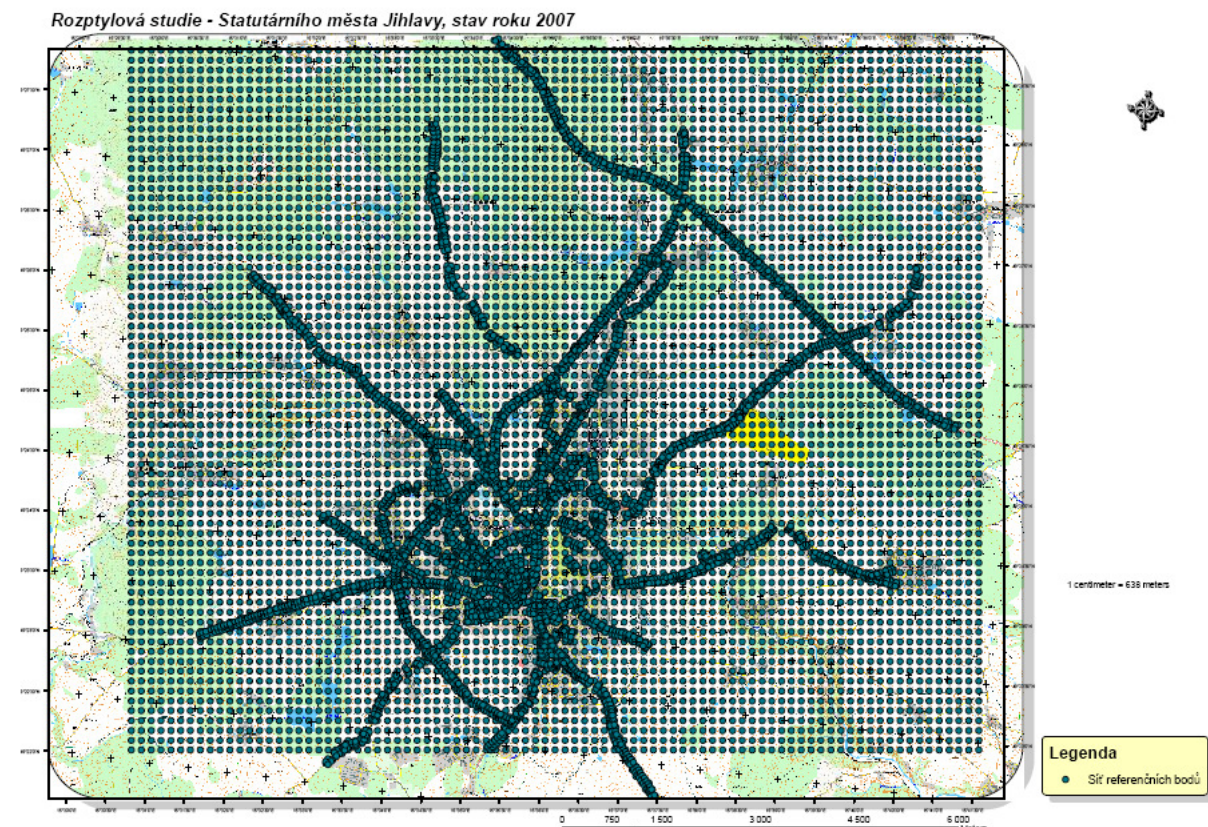
Po vytvoření sítě referenčních bodů jsou jednotlivým referenčním bodům přiřazovány souřadnice x,y,z podle následujícího systému:

- x: vzdálenost referenčního bodu od zvoleného počátku na vodorovné ose v metrech,
- y: vzdálenost referenčního bodu od zvoleného počátku na svislé ose v metrech,
- z: nadmořská výška referenčního bodu v metrech (odečítá se z vrstevnicové mapy).

Uvedené souřadnice pro jednotlivé referenční body tvoří jeden ze základních souborů vstupních dat nutných pro konstrukci rozptylové studie, neboť pro zvolené referenční body jsou počítány příslušné hodnoty znečištění. Ztotožnění posléze vzniklého obrazu s reálem se provádí např. grafickou konstrukcí isolinií znečištění pro jednotlivé škodliviny v rozsahu zvolené sítě referenčních bodů a jejich překrytím s mapovým podkladem hodnoceného zájmového území.

Pozn.: Stejným způsobem, jak je uvedeno, se konstruuje souřadnice emisních zdrojů v rámci zvolené sítě. Emisní zdroje se číslují (či označují) samostatně.

Obr. 2. Referenční body rozptylové studie



2.3 METEOROLOGICKÁ SITUACE

Z dat ČHMÚ byla převzata větrná růžice pro Jihlavu.

Větrná růžice je rozpočtena do 120 směrů větru (po 3 stupních). Označení směrů větru se provádí po směru hodinových ručiček, přičemž 0 stupňů je severní vítr, 90 stupňů východní vítr, 180 stupňů jižní vítr, 270 stupňů západní vítr. Bezvětrí (calm) je rozpočteno do první třídy rychlosti směru větru.

Pozn.: Zeměpisné značení směrů větru označuje, odkud vítr vane (severní vítr fouká od severu, jižní od jihu atd.)

Klasifikace meteorologických situací je rozdělena do pěti tříd stability a každá třída stability do jedné až tří tříd rychlosti větru.

Výpočet očekávaných imisních půlhodinových přízemních koncentrací byl proveden pro každou třídu stability a třídu rychlosti větru.

2.3.1 Třídy stability

I. třída stability (superstabilní), kdy vertikální teplotní gradient je menší než $-1,6 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ a je limitován rychlostí větrů do 2 m.s^{-1} .

II. třída stability (stabilní), zde vertikální teplotní gradient leží v uzavřeném intervalu $<-1,6,-0,7> [^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}]$ a je limitován rychlostí větrů do 3 m.s^{-1} .

III. třída stability (izotermní), zde vertikální teplotní gradient leží v uzavřeném intervalu $<-0,6,+0,5> [^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}]$ v celém rozsahu rychlostí větrů

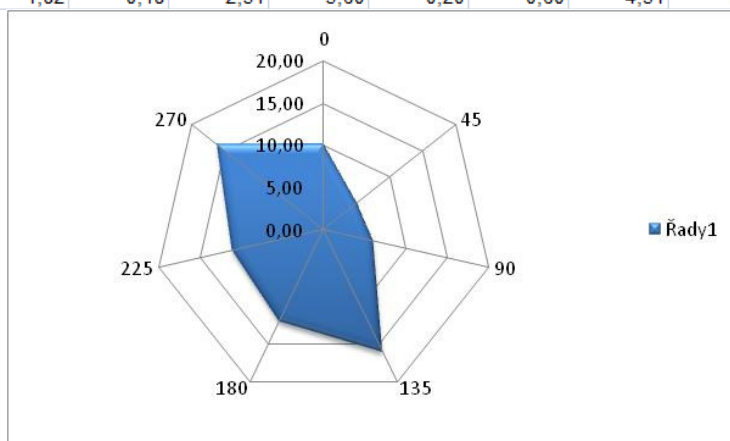
IV. třída stability (normální), pro kterou je vertikální teplotní gradient v uzavřeném intervalu $<+0,6, +0,8> [^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}]$ - společně se III. třídou stability je dominantní charakteristika stavu ovzduší ve střední Evropě.

V. třída stability (konvektivní), kdy vertikální teplotní gradient je větší než $+0,8 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ a je limitován rychlostí větrů do 5 m.s^{-1} .

2.3.2 Třídy rychlosti větru

1. třída rychlosti větru - interval $0 - 2,5 \text{ m.s}^{-1}$.
2. třída rychlosti větru - interval $2,6 - 7,5 \text{ m.s}^{-1}$.
3. třída rychlosti větru - interval nad $7,6 \text{ m.s}^{-1}$.

směr větru	C_I_1	C_II_1	C_II_2	C_III_1	C_III_2	C_III_3	C_IV_1	C_IV_2	C_IV_3	C_V_1	C_V_2
0	0,48	1,52	0,08	1,57	2,02	0,04	0,57	2,27	0,60	0,45	0,41
45	0,32	1,03	0,03	1,23	0,85	0,00	0,34	0,78	0,04	0,30	0,08
90	0,24	0,71	0,06	0,92	1,41	0,03	0,33	1,06	0,73	0,32	0,19
135	0,54	1,39	0,17	1,65	3,32	0,11	0,89	4,37	1,56	1,17	0,81
180	0,59	1,18	0,20	1,26	1,83	0,05	0,94	3,02	0,74	1,20	0,99
225	0,55	0,92	0,16	1,20	1,79	0,14	0,88	2,64	1,04	0,83	0,86
270	0,74	1,07	0,26	1,34	2,16	0,27	1,02	4,55	2,63	0,79	1,17
315	0,61	1,82	0,18	2,31	3,60	0,20	0,60	4,51	1,99	0,51	0,65



2.4 METODIKA VÝPOČTU

SYMOS 97 VERZE 2003

Výpočet krátkodobých i průměrných ročních koncentrací znečišťujících látek a doby překročení zvolených hraničních koncentrací byl proveden podle metodiky „SYMOS 97“, která byla vydána MŽP ČR v r.1998.

Tato metodika je založena na předpokladu Gaussovského profilu koncentrací na průřezu kouřové vlečky. Umožňuje počítat krátkodobé i roční průměrné koncentrace znečišťujících látek v síti referenčních bodů, dále doby překročení zvolených hraničních koncentrací (např. imisních limitů a jejich násobků) za rok, podíly jednotlivých zdrojů nebo skupin zdrojů na roční průměrné koncentraci v daném místě a maximální dosažitelné koncentrace a podmínky (třída stability ovzduší, směr a rychlost větru), za kterých se mohou vyskytovat. Metodika zahrnuje korekce na vertikální členitost terénu, počítá se stáčením a zvyšováním rychlosti větru s výškou a při výpočtu průměrných koncentrací a doby překročení hraničních koncentrací bere v úvahu rozložení četností směru a rychlosti větru. Výpočty se provádějí pro 5 tříd stability atmosféry (tj. 5 tříd schopnosti atmosféry rozptýlovat příměsi) a 3 třídy rychlosti větru. Charakteristika tříd stability a výskyt tříd rychlosti větru vyplývají z následující Tab. 1.

Tab. 1. Třída stability, rozptylové podmínky a výskyt tříd rychlosti větru

třída stability	rozptylové podmínky	výskyt tříd rychlosti větru (m/s)		
I	silné inverze, velmi špatný rozptyl	1,7		
II	inverze, špatný rozptyl	1,7	5	
III	slabé inverze nebo malý vertikální gradient teploty, mírně zhoršené rozptylové podmínky	1,7	5	11
IV	normální stav atmosféry, dobrý rozptyl	1,7	5	11
V	labilní teplotní zvrstvení, rychlý rozptyl	1,7	5	

Termická stabilita ovzduší souvisí se změnami teploty vzduchu s výškou nad zemí. Vzrůstá-li teplota s výškou, těžší studený vzduch zůstává v nižších vrstvách atmosféry a tento fakt vede k útlumu vertikálních pohybů v ovzduší a tím i k nedostatečnému rozptylu znečišťujících látek. To je právě případ inverzí, při kterých jsou rozptylové podmínky popsány pomocí tříd stability I a II.

Inverze se vyskytují převážně v zimní polovině roku, kdy se zemský povrch intenzivně vychlazuje a ochlazuje přízemní vrstvu ovzduší. V důsledku nedostatečného slunečního záření mohou trvat i nepřetržitě mnoho dní za sebou. V letní polovině roku, kdy je příkon slunečního záření vysoký, se inverze obvykle vyskytují pouze v ranních hodinách před východem slunce.

Výskyt inverzí je dále omezen pouze na dobu s menší rychlostí větru. Silný vítr vede k velké mechanické turbulenci v ovzduší, která má za následek normální pokles teploty s výškou a tedy rozrušení inverzí. Silné inverze (třída stability I) se vyskytují jen do rychlosti větru 2 m/s, běžné inverze (třída stability II) do rychlosti větru 5 m/s.

Běžně se vyskytující rozptylové podmínky představují třídy stability III a IV, kdy dochází buď k nulovému (III. třída) nebo mírnému (IV. třída) poklesu teploty s výškou. Mohou se vyskytovat za jakékoli rychlosti větru, při silném větru obvykle nastávají podmínky ve IV. třídě stability.

V. třída stability popisuje rozptylové podmínky při silném poklesu teploty s výškou. Za těchto situací dochází k silnému vertikálnímu promíchávání v atmosféře, protože lehčí teplý vzduch směřuje od země vzhůru a těžší studený klesá k zemi, což vede k rychlému rozptýlu znečišťujících látek. Výskyt těchto podmínek je omezen na letní půlrok a slunečná odpoledne, kdy v důsledku přehřátého zemského povrchu se silně zahřívá i přízemní vrstva ovzduší. Ze stejného důvodu jako u inverzí se tyto rozptylové podmínky nevyskytují při rychlosti větru nad 5 m/s.

Metodika SYMOS'97 však musela být oproti původní verzi upravena. V souvislosti s předpokládaným vstupem ČR do EU se legislativa v oboru životního prostředí přizpůsobuje platným evropským předpisům a proto v ní vznikají změny, na které musí reagovat i metodika výpočtu znečištění ovzduší, má-li vést i nadále k výsledkům snadno použitelným v běžné praxi. Tyto změny zahrnují např.:

- stanovení imisních limitů pro některé znečišťující látky jako hodinových průměrných hodnot koncentrací nebo 8-hodinových průměrných hodnot (dříve 1/2-hodinové hodnoty)
- stanovení imisních limitů pro některé znečišťující látky jako denních průměrných hodnot koncentrací
- hodnocení znečištění ovzduší oxidy dusíku také z hlediska NO₂ (dříve pouze NO_x)

Změna průměrovací doby se promítla do změny rozptylových parametrů σ_y a σ_z (viz Metodika, kap.3.2.5.1.) tak, aby popisovaly rozptyl znečišťujících látek v delším časovém intervalu. Pro NO₂, NO_x, prach (PM₁₀) a SO₂ jsou jako krátkodobé koncentrace počítané 1-hodinové průměrné hodnoty, pro CO jsou počítané 8-hodinové průměrné hodnoty.

Znečištění ovzduší oxidy dusíku se podle dosavadní praxe hodnotilo pomocí sumy oxidů dusíku ozn. NO_x. Pro tuto sumu byl stanovený imisní limit a zároveň jako NO_x byly (a dodnes jsou) udávány nejen emise oxidů dusíku, ale i emisní faktory z průmyslu, energetiky i z dopravy. Suma NO_x je přitom tvořena zejména dvěma složkami, a to NO a NO₂. Nová legislativa ponechává imisní limit pro NO_x ve vztahu k ochraně ekosystémů, ale zavádí nově imisní limit pro NO₂ ve vztahu k ochraně zdraví lidí, zřejmě proto, že pro člověka je NO₂ mnohem toxičtější než NO.

Ze zdrojů oxidů dusíku (zejména při spalovacích procesech) je společně s horkými spalinami emitován převážně NO, který teprve pod vlivem slunečního záření a ozónu oxiduje na NO₂, přičemž rychlost této reakce značně závisí na okolních podmínkách v atmosféře. Protože vstupem do výpočtu zůstaly emise NO_x, bylo nutné upravit výpočet tak, aby jednak poskytoval hodnoty koncentrací NO₂ a jednak zahrnoval rychlost konverze NO na NO₂ v závislosti na rozptylových podmínkách.

Podle dostupných informací obsahují průměrné emise NO_x pouze 10 % NO₂ a celých 90 % NO. Rychlost konverze NO na NO₂ popisuje parametr k_p , jehož hodnota závisí na třídě stability atmosféry. Zároveň platí, že i po dostatečně dlouhé době zbývá 10 % oxidů dusíku ve formě NO. Vztah pro výpočet krátkodobých koncentrací NO₂ z původních hodnot koncentrací NO_x pak má tvar

$$c = c_0 \cdot \left(0,1 + 0,8 \cdot \left(1 - \exp \left(-k_p \cdot \frac{x_L}{u_{h1}} \right) \right) \right)$$

kde c je krátkodobá koncentrace NO₂

c_0 je původní krátkodobá koncentrace NO_x

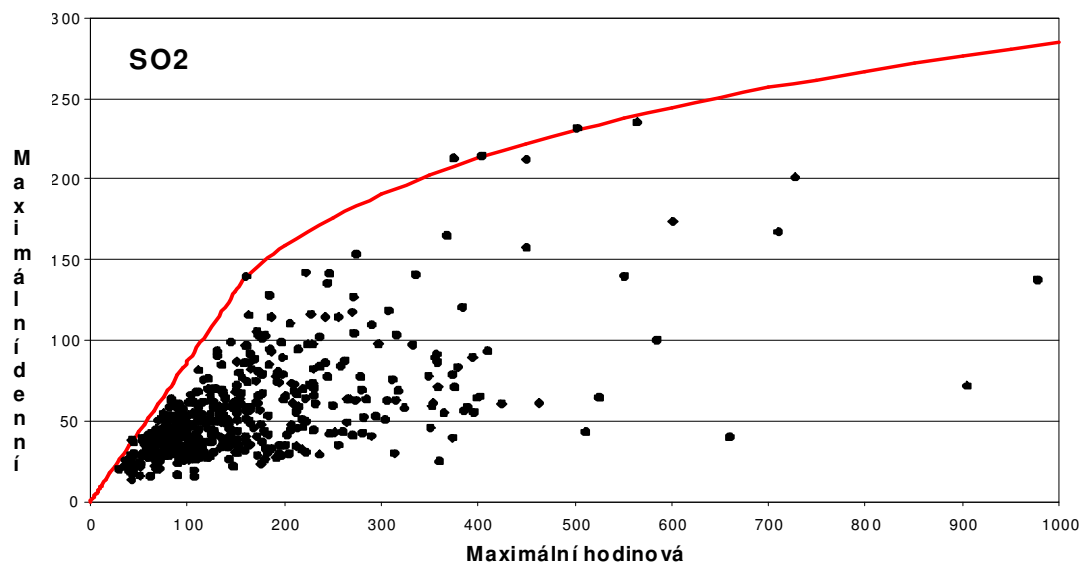
x_L je vzdálenost od zdroje

u_{h1} je rychlost větru v efektivní výšce zdroje

Výpočet průměrných denních koncentrací prachu (PM₁₀) a SO₂.

Nařízením vlády [7] byly stanovené imisní limity pro SO₂ a jemnou frakci prachu PM₁₀ jako průměrné denní hodnoty. Pro výpočet denních průměrů koncentrací však již nelze využít postup popsáný výše, protože během 24 hodin se obvykle výrazně změní rozptylové podmínky v atmosféře. Průměrné denní koncentrace je ale možné určit na základě vypočtených maximálních hodinových koncentrací, známe-li souvislost mezi nimi.

Obr. 3. Souvislost mezi naměřenými hodinovými maximy a denními průměry SO₂

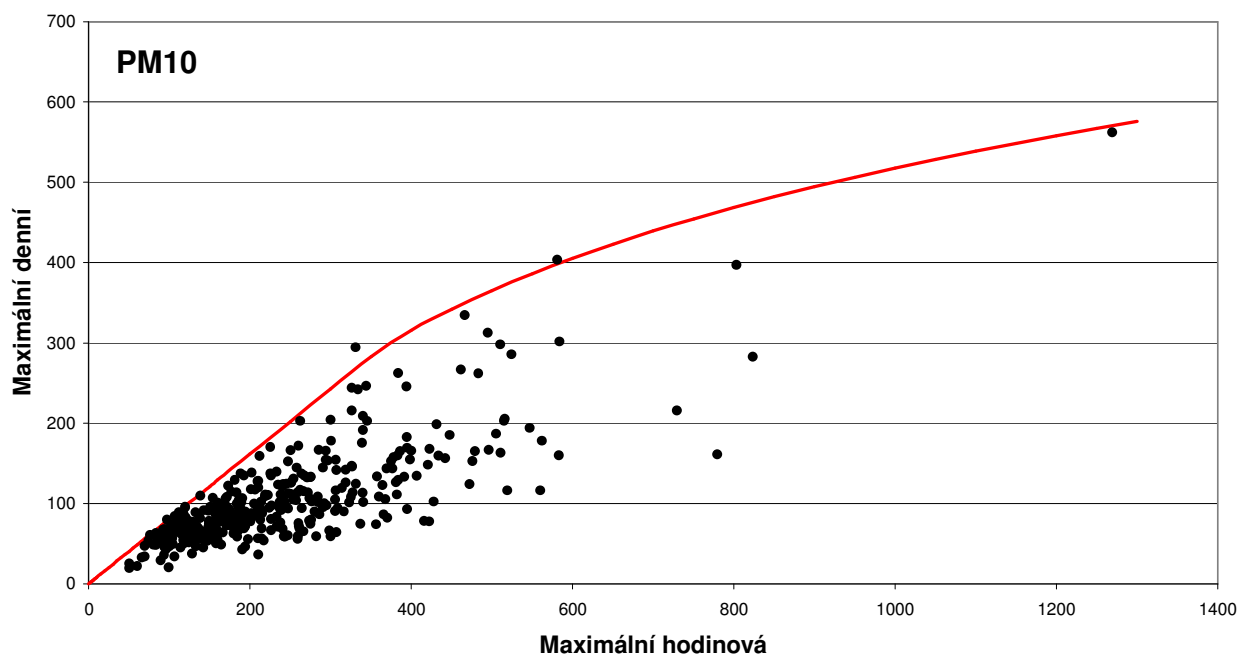


Vztah mezi průměrnými denními koncentracemi a maximálními hodinovými hodnotami koncentrací lze odvodit z výsledků měření koncentrací SO₂ a PM₁₀ na měřicích stanicích v ČR za období let 1999 - 2001. Obr. 3 a Obr. 4 ukazují souvislost mezi naměřenými hodinovými maximy a denními průměry (hodnoty jsou uvedené v $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Protože výpočtem je potřeba stanovit maximální hodnoty průměrných denních koncentrací na základě nejvyšších hodinových hodnot, byly k uvedeným souborům dat zkonstruované obalové křivky, na obrázcích jsou uvedené červenou čarou. Označíme-li Ch maximální hodinovou koncentraci a Cd nejvyšší průměrnou denní koncentraci, pak tyto křivky mají následující matematické vyjádření:

Pro SO₂:

$$(1) \quad \begin{aligned} Cd &= 0,867 \cdot Ch && \text{pro } Ch \leq 160 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3} \\ Cd &= 78,129 \cdot \ln Ch - 257,8 && \text{pro } Ch > 160 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3} \end{aligned}$$

Obr. 4. Souvislost mezi naměřenými hodinovými maximy a denními průměry PM_{10} **Pro PM_{10} :**

$$(2) \quad \begin{aligned} Cd &= 0,808 \cdot Ch && \text{pro } Ch \leq 350 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3} \\ Cd &= 220,35 \cdot \ln Ch - 1008 && \text{pro } Ch > 350 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3} \end{aligned}$$

Tyto rovnice se použijí pro výpočet denních maxim a počtu dní s denní koncentrací vyšší než stanovená hodnota následujícím způsobem:

a) Výpočet maximálních denních koncentrací

Postup je stejný jako v Metodice kap. 3.3.1. při výpočtu maximálních krátkodobých koncentrací až po načítání hodinových hodnot koncentrací od jednotlivých zdrojů pro daný směr větru, třídu stability a rychlost větru. Při tomto načítání se v každém kroku celková získaná hodinová koncentrace přepočte na denní koncentraci podle rovnic (1) nebo (2) (toto má význam pouze pro výpočet doby překročení). Přepočetním výsledné hodinové hodnoty (po načtení koncentrací od všech zdrojů připadajících pro daný azimut větru v úvahu) získáme pro každý směr větru, třídu stability a rychlost větru výslednou "denní" koncentraci $Cd_{\phi j}$, se kterou dále zacházíme stejně jako v případě hodinových hodnot. To znamená, že se z těchto hodnot vybere jednak maximální koncentrace Cd_j pro každou přípustnou kombinaci třídy stability a třídy rychlosti větru (celkem 11 hodnot) a jednak nejvyšší koncentrace Cd_{max} bez ohledu na třídu stability a rychlost větru. Tyto hodnoty budou mít význam maximálních průměrných denních koncentrací, pokud by podmínky, za kterých mohou nastat, trvaly celý den.

b) Výpočet počtu případů překročení stanovených hodnot za rok

Postup je obdobný jako v Metodice kap. 3.3.3. při výpočtu doby překročení zvolených koncentrací. Během načítání hodinových hodnot koncentrací od jednotlivých zdrojů pro daný směr větru, třídu stability a rychlost větru se v každém kroku celková získaná hodinová koncentrace přepočte na denní koncentraci podle rovnic (1) nebo (2), jak již bylo uvedeno

v předchozím odstavci. Po každém načtení a přepočtu se testuje, zda vypočtená "denní" hodnota již překročila nebo ještě nepřekročila zvolenou hodnotu c_R . Další postup je zcela shodný s výpočtem doby překročení u hodinových hodnot, pouze s tím rozdílem, že se použijí "denní" hodnoty. Výsledná doba překročení stanovených koncentrací (např. imisního limitu) bude i nadále vycházet v hodinách za rok. Je tedy nutné ji přepočíst na dny za rok, aby bylo možné výsledek srovnat s limitem pro počet výskytů denní koncentrace vyšší než imisní limit. Pokud vyjde doba překročení nižší než 24 hodin za rok, bude se předpokládat, že k výskytu nadlimitní hodnoty dojde v průměru jednou za více let, nepřímě úměrně vypočtenému počtu hodin.

Třídy stability:

I. třída stability (superstabilní), kdy vertikální teplotní gradient je menší než $-1,6 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ a je limitován rychlostí větrů do $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

II. třída stability (stabilní), zde vertikální teplotní gradient leží v uzavřeném intervalu $<-1,6,-0,7> [^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}]$ a je limitován rychlostí větrů do $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

III. třída stability (izotermní), zde vertikální teplotní gradient leží v uzavřeném intervalu $<-0,6,+0,5> [^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}]$ v celém rozsahu rychlostí větrů

IV. třída stability (normální), pro kterou je vertikální teplotní gradient v uzavřeném intervalu $<+0,6, +0,8> [^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}]$ - společně se III. třídou stability je dominantní charakteristika stavu ovzduší ve střední Evropě.

V. třída stability (konvektivní), kdy vertikální teplotní gradient je větší než $+0,8 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ a je limitován rychlostí větrů do $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Třídy rychlosti větru:

1. třída rychlosti větru - interval $0 - 2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
2. třída rychlosti větru - interval $2,6 - 7,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
3. třída rychlosti větru - interval nad $7,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

AP-42 (dříve ASEM 1.02)

Na podkladě výše uvedených vstupních dat byly vypočteny emise z dopravy na předemných komunikacích města Jihlavy. Pro emisní výpočty byla použita metodika US EPA „AP-42 - Compilation of Air Pollutant Emission Factors (dříve ASEM 1.02), která obsahuje emisní faktory pro jednotlivé fáze dopravy na zpevněných a nezpevněných komunikacích. Vychází z počtu automobilů na předemných komunikacích, klimatických podmínek dané lokality a předpokládaného složení prachových částic na základě pedologických faktorů. Více na serveru US EPA.

Další zohledněné faktory v rozptylové studii

Základním faktorem, který významně ovlivnil výsledky rozptylové studie byla verifikace vstupních dat a to především pro škodlivinu PM_{10} . V databázích REZZO byly především u lomů uváděny emise TZL na základě emisního faktoru 1 kg z tuny vytěženého kameniva. Tento emisní faktor je zcela mimo reálné emise z těchto zdrojů. Proto byly uvažovány emise na základě výsledků měření emisí v obdobných lomech. Buď emisní (drtiče, třídičky, přesypy) a nebo imisní (výsledky střednědobých měření na Lomu Čertovy schody a Mokrá).

2.5 ŠKODLIVINY MODELOVANÉ V JIHLAVĚ

2.5.1 Těkavé organické látky obecně

Vzhledem k pokračujícím trendům nárůstu dopravy a spotřeby tuhých paliv v malých zdrojích bude docházet i nadále k navyšování emisního a imisního zatížení. Tento negativní trend je poněkud tlumen vývojem v oblasti automobilového průmyslu, ovšem dříve předpokládaná relativně rychlá obměna vozového parku v ČR je brzděna pomalejším růstem ekonomiky. Na navýšení emisní a následně imisní zátěže z dopravy se rovněž negativně odráží nárůst tranzitní kamionové dopravy v ČR, nedotažené zavedení kombinované (automobilní a vlakové) přepravy a nízká úroveň kvality komunikací v ČR. Vzhledem k cenám plynu dochází obecně k návratu ke spalování fosilních paliv v domácích topeništích a to především ve starších domech, kde zůstaly původní staré kotle na fosilní paliva. Díky tomuto trendu se zastavil pokles emisního zatížení v ČR a dochází opět k pozvolnému nárůstu emisí a imisního zatížení. To se znásobuje u těkavých organických látek díky nedokonalému spalování především v době, kdy kotel a komínové těleso jsou studené a nebo když je do kotle omezen přístup spalovacího vzduchu.

U organických látek (PAH, benzen, benzo(a)pyren, VOC) je dominantním zdrojem znečišťování ovzduší doprava a malé spalovací zdroje znečišťování ovzduší. Nejvyšší imisní zatížení je na významných komunikacích jednak na dálnici D1, a také na příjezdové komunikaci od dálnice a Havlíčkova Brodu do Jihlavy. Významnější vlivy na kvalitu ovzduší z hlediska těchto znečišťujících látek byly vypočteny také v okolí Pávovského rybníka. Ovšem tam jsou vysoké koncentrace způsobovány velkými zdroji znečišťování ovzduší. Lze předpokládat, že s dalším rozvojem nové automobilové dopravy dojde k zhoršení kvality ovzduší výše uvedenými znečišťujícími látkami.

2.5.2 VOC

U znečišťující látky VOC (těkavé organické látky) je dominantním zdrojem znečišťování ovzduší doprava a spalování fosilních paliv v malých zdrojích. Na území města Jihlavy a blízkého okolí jsou nejvíce zatíženy hlavní dopravní tahy, zejména dálnice D1 Brno – Praha. Dále pak především okolí nového obchvatu města, lokalita Pávovského rybníka a území v okolí kopce Rudný. Z hlediska imisního zatížení byly vypočteny hodnoty Maximálních hodinových koncentrací v rozsahu 50 až 4000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Podíl dopravy přesahuje v blízkosti hlavních komunikací 70% z celkového imisního zatížení znečišťující látkou VOC. Nicméně na většině území je dominantní podíl velkých a malých zdrojů.

Obrázek maximální hodinové koncentrace VOC, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení v jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 2. Podíl jednotlivých zdrojů znečištění na koncentracích VOC v ovzduší

KOD	NAZEV	Ref. bod	x_m	y_m	z_m	parkoviště	doprava významná	doprava nevýznamná	malé město	střední	velké	kronospan	max
K1	Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	0.06972	127.78797	16.10633	3.12299	17.75835	27.273680	61.070377	153.345566
K2	Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.03636	197.16042	14.21737	3.12415	9.56375	98.355029	55.365797	236.592505
K3	Velký Beranov ZŠ	1730	-663878	-1129730	546	0.03378	101.88628	10.51330	4.07020	11.60676	33.314167	48.820586	122.263536
P1	ZŠ Kollárova	11927	-668684	-1127980	508	0.08456	265.92712	22.73554	3.73406	10.83403	40.954171	56.613096	318.992546
P2	Svotice	2660	-667912	-1128080	505	0.04644	85.31049	14.49769	2.32911	10.28065	43.235736	141.741830	170.090196
P3	Hybřelec - Osmont	3684	-670901	-1126280	511	0.03179	88.46067	15.05246	3.59781	7.65430	34.346356	34.338263	106.152805
P4	Lesnov - Hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.02126	90.93914	18.52247	3.07719	16.23818	127.466294	206.359908	247.631890
P5	Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	0.03241	220.62443	16.57644	2.74014	7.48213	104.663396	46.964725	264.749320
P6	Heňšov - Voženík s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.04425	85.66516	17.48465	2.96393	11.11717	33.533214	53.659707	102.798191
P7	Pávov - Sapeli	3267	-668211	-1127030	501	0.18576	197.56175	16.84205	3.58836	10.83370	71.561659	105.206469	237.074094
H1	Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.08701	126.44559	18.08446	4.58380	22.55010	43.025545	66.489509	151.734712
O	Jihlava Znojemska	15968	-669135	-1130443	512	0.05113	201.70220	21.56835	3.84074	22.01090	33.270560	54.075778	242.042638

Pro tuto škodlivinu není v ČR stanoven imisní limit a proto nelze stanovit četnosti překročení limitu a nebo horní a dolní meze pro posuzování.

Obrázek roční průměrné koncentrace VOC, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Tab. 3. Podíl jednotlivých zdrojů znečištění na průměrných ročních koncentracích VOC v ovzduší

FID_1	KOD	NAZEV	Ref_bod	x_m	y_m	z_m	parkoviště	doprava významně	doprava nevýznamně	kronospan	suma
0	K1	Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	0.00011	0.26350	0.10802	0.00661	0.37824
1	K2	Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.00001	0.41038	0.07790	0.00678	0.49507
2	K3	Velký Beranov zŠ	1730	-663878	-1129730	546	0.00001	0.16846	0.04393	0.00676	0.21917
3	P1	ZŠ Kollárova	11927	-668684	-1127980	508	0.00014	0.41456	0.17599	0.00373	0.59442
4	P2	Swotes	2660	-667912	-1128080	505	0.00006	0.22624	0.09326	0.00743	0.32699
5	P3	Hybrálec - Osmont	3684	-670901	-1126280	511	0.00002	0.11019	0.10546	0.00414	0.21980
6	P4	Lesnov - hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.00002	0.15688	0.09298	0.01911	0.26898
7	P5	Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	0.00001	0.36639	0.04938	0.00471	0.42048
8	P6	Hentov - Voženilek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.00002	0.15000	0.11260	0.01377	0.27638
9	P7	Pásov - Sapeli	3267	-668211	-1127030	501	0.00010	0.41136	0.11747	0.00762	0.53655
10	H1	Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.00028	0.38554	0.19689	0.00465	0.58735
11	O	Jihlava Znojemska	15968	-669135	-1130443	512	0.00021	1.01706	0.19608	0.00397	1.21732

Pro tuto škodlivinu není v ČR stanoven imisní limit a proto nelze stanovit četnosti překročení limitu a nebo horní a dolní meze pro posuzování.

Z hlediska imisního zatížení byly vypočteny hodnoty ročních průměrných koncentrací v rozsahu 0,1 až 1,3 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Podíl dopravy přesahuje v blízkosti hlavních komunikací 90% z celkového imisního zatížení znečišťující látkou VOC. A to na drtivě většině území města.

2.5.3 Benzen

S rostoucí intenzitou automobilové dopravy roste význam sledování znečištění ovzduší aromatickými uhlovodíky. Rozhodujícím zdrojem atmosférických emisí aromatických uhlovodíků – zejména benzenu a jeho alkyl derivátů – jsou především výfukové plyny benzinových motorových vozidel. Dalším významným zdrojem emisí těchto uhlovodíků jsou ztráty vypařováním při manipulaci, skladování a distribuci benzinů. Emise z mobilních zdrojů představuje cca 85 % celkových emisí aromatických uhlovodíků, přičemž převládající část připadá na emise z výfukových plynů. Odhaduje se, že zbývajících 15 % emisí pochází ze stacionárních zdrojů emisí, přičemž rozhodující podíl připadá na procesy produkující aromatické uhlovodíky a procesy, kde se tyto sloučeniny používají k výrobě dalších chemikálií.

Výzkumy ukazují, že obsah benzenu v benzinu je kolem 1,5 %, zatímco paliva dieslových motorů obsahují relativně zanedbatelné koncentrace benzenu. Benzen obsažený ve výfukových plynech je především nespálený benzen z paliva. Dalším příspěvkem emisí benzenu z výfukových plynů je benzen vzniklý z nebenzenových aromatických uhlovodíků obsažených v palivu (70–80 % benzenu v emisích).

Pro škodlivinu benzen je stanovený následující imisní limit:

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota imisního limitu / maximální povolený počet jejího překročení za rok	Datum, do něhož musí být limit dosažen
Benzen	1 rok	5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	1.1.2010

Také u znečišťující látky benzen je dominantním zdrojem znečištění ovzduší doprava. Vypočtené hodnoty imisního zatížení se na území Města Jihlavy pohybují v rozmezí 0,15 až 5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Překročení dolní meze pro posuzování bylo vypočteno v 6999 referenčních bodech umístěných v blízkosti hlavních komunikací (jmenovitě D1 v okolí obchvatu a jiných

významných komunikací). Překročení horní meze pro posuzování bylo vypočteno v 1638 referenčních bodech.

Kromě okolí hlavních komunikací lze významnější znečištění ovzduší benzenem identifikovat v okolí všech komunikací. Ostatní zdroje (REZZO 1, REZZO2 a REZZO 3) se na imisním zatížení pohybují maximálně v desetinách procent. Vypočtené hodnoty imisního zatížení v lokalitě nepřesáhly stanovené imisní limity.

I když je vypočtené imisní zatížení na území Města Jihlavy pod úrovní platných imisních limitů, může dojít, vlivem aktuální dopravní situace, k jeho překročení zejména v okolí dálnice D1. Příčinou může být současný vývoj nárůstu dopravy spolu se sníženou propustností některých klíčových dopravních uzlů, popřípadě vznik mimořádných událostí (havárií) a následných kolon zejména na dálnicích.

Obrázek roční průměrné koncentrace benzenu, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení v jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 4. Podíl jednotlivých skupin zdrojů na imisním zatížení, benzen, Statutární město Jihlava, stav roku 2007

Ref_bod	X_m	Y_m	Z_m	parkoviště	doprava významná	doprava nevýznamná	malé mimo město	malé město	střední	velké	kronospan	suma	měření
1705	-667614	-1129730	508	0.00024	1.27208	0.52347	0.00000	0.00772	0.000000	0.074124	0.001961	1.877634	1.236446
4495	-666717	-1124930	500	0.00002	1.98114	0.37806	0.00000	0.00194	0.000000	0.064840	0.001968	2.425977	2.204545
1730	-663878	-1129730	546	0.00002	0.81325	0.21209	0.00000	0.00186	0.000000	0.047115	0.001901	1.076231	2.314545
11927	-668684	-1127980	508	0.00031	2.00133	0.84959	0.00000	0.00700	0.000000	0.062096	0.001203	2.921526	2.051429
2660	-667912	-1128080	505	0.00013	1.09221	0.45020	0.00000	0.00622	0.000000	0.094656	0.002247	1.645667	2.314167
3684	-670901	-1126280	511	0.00004	0.53193	0.50910	0.00000	0.00308	0.000000	0.051982	0.001202	1.097334	2.190833
3608	-669257	-1126430	570	0.00004	0.75736	0.44887	0.00000	0.00299	0.000000	0.144385	0.005679	1.359322	2.100000
5450	-667016	-1123280	503	0.00002	1.76876	0.23839	0.00000	0.00131	0.000000	0.038626	0.001341	2.048441	2.341111
2414	-665671	-1128530	538	0.00004	0.72413	0.54357	0.00000	0.00299	0.000000	0.085012	0.004029	1.359771	1.994000
3267	-668211	-1127030	501	0.00021	1.98588	0.56710	0.00000	0.00481	0.000000	0.130553	0.001933	2.690492	2.089167
9056	-669134	-1130080	529	0.00060	1.86121	0.95048	0.00000	0.01028	0.000000	0.114942	0.001374	2.938892	
15968	-669135	-1130443	512	0.00045	3.51323	0.94662	0.00000	0.00950	0.000000	0.080558	0.001166	4.551516	

2.5.4 Benzo(a)Pyren

Příčinou vnosu benzo(a)pyrenu do ovzduší, stejně jako ostatních polyaromatických uhlovodíků (PAH), jejichž je benzo(a)pyren hlavním představitelem, je jednak nedokonalé spalování fosilních paliv jak ve stacionárních, tak i mobilních zdrojích, ale také některé technologie jako výroba koksu a železa. Ze stacionárních zdrojů jsou to především domácí topeniště (spalování uhlí). Z mobilních zdrojů jsou to zejména vznětové motory spalující naftu. Přírodní hladina pozadí benzo(a)pyrenu může být s výjimkou výskytu lesních požárů téměř nulová.

Přibližně 80–100 % PAH s 5 a více aromatickými jádry (tedy i benzo(a)pyren) jsou navázány především na částice menší než 2,5 μm , tedy na tzv. jemnou frakci atmosférického aerosolu $\text{PM}_{2,5}$ (sorpce na povrchu částic). Tyto částice přetrvávají v atmosféře poměrně dlouhou dobu (dny až týdny), což umožňuje jejich transport na velké vzdálenosti (stovky až tisíce km).

Pro škodlivinu Benzo(a)Pyren je stanovený následující cílový imisní limit k roku 2012:

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota cílového imisního limitu ²⁾	Datum splnění limitu
Benzo(a)pyren	1 rok	1 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$	31.12.2012

Vypočtené hodnoty imisního zatížení se na území Města Jihlavy pohybují v rozmezí 0,083 až 2,2 $\text{ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Dolní mez pro posuzování je překročena v 12 250 referenčních bodech, horní mez je překročena v 8329 referenčních bodech. Jak plyne z grafického vyjádření nejvyšší imisní zatížení znečišťující látkou benzo(a)pyren je v okolí dálnice D1, a významných komunikací města Jihlavy. Obecně platí, že lze předpokládat imisní zátěž větší než limitní u

zastavěné části jakékoli obce, která není plynofikována a jsou zde spalována tuhá paliva, nebo je zde významná automobilová doprava.

Podíl zdrojů REZZO 1 se na imisním zatížení znečišťující látkou benzo(a)pyren pohybuje řádově v desetinách % až po jednotky %. Zdroje REZZO 2 mají podíl ještě menší. Oto významnější je podíl REZZO 3 a REZZO 4. Podíl REZZO 3 se pohybuje na úrovni od 8 do 96 % a podíl REZZO 4 pak na úrovni od 3 do 79%.

Podobně jako u všech znečišťujících látek, jejichž hlavním zdrojem je doprava a spalování fosilních paliv na místo plynu, lze předpokládat nárůst imisního zatížení znečišťující látkou benzo(a)pyren úměrně zvyšování intenzity dopravy a spotřeby paliv na území dotčeného území.

Obrázek roční průměrné koncentrace benzo(a)pyrenu, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení v jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 5. Podíl jednotlivých skupin zdrojů na imisním zatížení, benzo(a)pyren, Statutární město Jihlava, stav roku 2007

KOD	NAZEV	Ref. bod	x_m	y_m	z_m	doprava významně	doprava nevýznamně	malé mimo město	malé město	střední	velké	kronospan	parkoviště	suma	měření
K1	Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	0.29258	0.13037	0.00003	0.02180	0.00000	0.207686	0.000000	0.000001	0.652866	0.94200000
K2	Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.43566	0.09402	0.00003	0.00544	0.00000	0.181552	0.000000	0.000055	0.736754	1.88200000
K3	Veľký Iteňov ZŠ	1730	-665878	-1129730	546	0.18705	0.05302	0.00004	0.00520	0.00000	0.131922	0.000000	0.000051	0.377290	1.64300000
P1	ZŠ Kollárova	11927	-666864	-1127950	500	0.46031	0.21240	0.00003	0.01960	0.00000	0.172868	0.000000	0.000770	0.866975	
P2	Swates	2660	-667912	-1128080	505	0.25121	0.11255	0.00003	0.01743	0.00000	0.265036	0.000000	0.000325	0.646578	
P3	Hydrálec - Osmon	3684	-670901	-1126280	511	0.12235	0.12727	0.00004	0.00862	0.00000	0.145549	0.000000	0.000110	0.403936	
P4	Lesnov - Hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.17419	0.11222	0.00003	0.00837	0.00000	0.391332	0.000000	0.000094	0.686241	
P5	Červený kříž - DM Drogerie	5450	-667036	-1123290	503	0.40862	0.05940	0.00003	0.00366	0.00000	0.108152	0.000000	0.000038	0.578297	
P6	Hnědov - Vošnělek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.16655	0.13589	0.00003	0.00838	0.00000	0.238035	0.000000	0.000091	0.548892	
P7	Pávek - Sapeli	3267	-668211	-1127030	501	0.45675	0.14177	0.00003	0.01348	0.00000	0.375132	0.000000	0.000535	0.987700	
H1	Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.42808	0.23762	0.00004	0.02879	0.00000	0.324532	0.000000	0.001501	1.020560	
O	Jihlava Zvojemská	15968	-669135	-1130442	512	0.75523	0.23805	0.00004	0.02809	0.00000	0.225561	0.000000	0.001123	1.383487	

2.5.5 NO₂ (průměrné roční koncentrace)

Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku NO_x rozumí směs oxidu dusnatého NO a oxidu dusičitého NO₂. Imisní limit pro ochranu zdraví lidí je stanoven pro NO₂, limit pro ochranu ekosystémů a vegetace je stanoven pro 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. Řadou chemických reakcí se část NO_x přemění na HNO₃/NO₃⁻, které jsou z atmosféry odstraňovány atmosférickou depozicí (jak suchou, tak mokrou). 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.

Pro škodlivinu NO₂ je stanovený následující imisní limit:

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota imisního limitu / maximální povolený počet jejího překročení za rok	Datum, do něhož musí být limit dosažen
Oxid dusičitý	1 rok	40 µg.m ⁻³	1.1.2010

Základním a zásadním zdrojem imisního zatížení touto škodlivinou je automobilová doprava, a to především po dálnicích a rychlostních komunikacích, po kterých jezdí nejvíce automobilů

a výrazným podílem TNV. Stacionární zdroje znečišťování pro tuto škodlivinu nepředstavují výrazný problém.

Z hlediska průměrných ročních koncentrací nedochází k překračování platných imisních limitů pro tuto škodlivinu ve všech referenčních bodech na území Města Jihlavy. Dolní mez pro posuzování je překročena v 515 referenčních bodech, horní mez je překročena v 223 referenčních bodech.

Jedná se o lokality poblíž hlavních silničních tahů především dálnici D1 a významných komunikací města.

Obrázek průměrné roční koncentrace NO₂, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení v jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 6. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení NO₂, Statutární město Jihlava, stav roku 2007

Ref_bod	X_m	Y_m	Z_m	doprava významná	doprava nevýznamná	parkoviště	malé mimo město	malé město	střední	velké	kronospan	suma	měření
1705	-667614	-1129730	508	5.32045	4.53210	0.00587	0.05087	0.51379	0.459878	0.142328	0.115974	11.141056	17.90283425
4495	-666717	-1124930	500	9.05252	3.33771	0.00110	0.04079	0.21220	0.241406	0.150399	0.122773	13.171381	15.7698771
1730	-663378	-1129730	546	4.39354	2.33006	0.00091	0.05278	0.19841	0.258308	0.128124	0.138938	7.521067	20.5550220
11927	-668684	-1127980	508	7.10179	6.26346	0.00674	0.04874	0.48610	0.785332	0.121121	0.060669	14.553942	14.63600000
2660	-667912	-1128080	505	5.20606	4.15058	0.00367	0.04875	0.44473	0.468223	0.160323	0.101985	10.584320	11.48800000
3684	-670901	-1126280	511	3.19061	4.01655	0.00176	0.05159	0.28014	0.280581	0.118201	0.080505	8.019930	11.79166667
3608	-669257	-1126430	570	3.93414	3.75206	0.00123	0.04531	0.23543	0.324199	0.222945	0.279681	8.795007	11.38000000
5450	-667016	-1123280	503	8.42551	2.42432	0.00087	0.04873	0.16490	0.232132	0.177852	0.103406	11.577734	15.08076923
2414	-665671	-1128530	538	4.40452	4.26196	0.00139	0.05210	0.27454	0.281071	0.173318	0.222333	9.671230	12.46800000
3267	-668211	-1127030	501	7.38586	4.57102	0.00473	0.04925	0.37406	0.370991	0.190913	0.102123	13.048951	15.09200000
9056	-669134	-1130080	529	6.26323	6.75003	0.01168	0.05246	0.57380	1.115947	0.151540	0.090442	15.009119	
15968	-669135	-1130443	512	9.26565	6.70022	0.00922	0.05032	0.55002	0.704012	0.127898	0.080325	17.487660	

Doprava se podílí na imisním zatížení nejméně 49 % a její podíl je průměrně na úrovni 78%, malé zdroje se na imisním zatížení podílejí od 2,5 do 39 % a velké od 2 do 28 %. Podíl středních zdrojů je minoritní.

2.5.6 NO₂ (maximální hodinové koncentrace)

Pro maximální hodinové koncentrace NO₂ je stanovený následující platný imisní limit:

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota imisního limitu / maximální povolený počet jejího překročení za rok	Datum, do něhož musí být limit dosažen
Oxid dusičitý	1 hodina	200 µg.m ⁻³ / 18	1.1.2010

Pokud budeme uvažovat pouze limitní hodnotu 200 µg.m⁻³, pak na všech významnějších komunikacích (dálniční tahy a rychlostní komunikace) lze očekávat překračování této hodnoty.

Obrázek maximální hodinové koncentrace NO₂, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Pokud ale budeme uvažovat imisní limit 200 µg.m⁻³ včetně 18 hodinové tolerance překročení imisního limitu za rok, pak lze přepokládat, že imisní limit nebude překročen vůbec obdobně jako na měřicích stanicích v České Republice:

Tedy překročení pouze sporadicky na významných dálnicích a to ještě na úrovni chyby výpočtu modelu. Proto lze vypočtené koncentrace považovat celkově za podlimitní a spíš je vnímat jako potencionální riziko pro případ, že dojde k výraznému nárůstu automobilové dopravy.

Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení v jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 7. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení NO_2 , Statutární město Jihlava, stav roku 2007

KOD	NAZEV	Ref. bod	X_m	Y_m	Z_m	parkoviště	doprava nevýznamná	malé mimo město	Kronospan	malé město	střední	velké	doprava významná	maximum
K1	Jihlava ZŠ Oemlova	1705	-667614	-1129730	508	0.02274	4.01689	0.98200	0.00000	0.61280	1.106193	4.767711	77.179096	92.614915
K2	Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.02054	4.87874	1.08430	0.00000	0.91927	1.294978	4.671936	164.580566	197.976679
K3	Velký Beranov ZŠ	1730	-663878	-1129730	546	0.01790	4.28908	1.14481	0.00000	0.68530	1.309797	6.276810	120.407960	144.489552
P1	ZŠ Kollárova	11527	-666684	-1127980	508	0.02386	4.96465	1.22590	0.00000	0.76583	1.289173	8.948072	150.450536	180.540441
P2	Švotels	2660	-667912	-1128080	505	0.01609	3.93388	0.96694	0.00000	0.68176	1.399152	10.231826	78.753625	94.504350
P3	Hybrálec - Osmont	3684	-670901	-1126280	511	0.01672	5.15322	1.43516	0.00000	0.84534	1.024693	3.962340	80.975673	97.170808
P4	Lesnov - Hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.00752	4.35685	1.02668	0.00000	0.50869	0.849382	13.376023	72.880281	87.456337
P5	Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	0.02160	6.35298	1.12985	0.00000	0.99877	1.422944	4.237089	185.704384	222.454261
P6	Hemžov - Voženilek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.02032	4.63079	1.09603	0.00000	0.67262	1.346081	6.720079	113.418088	136.103769
P7	Pákov - Sapell	3267	-666211	-1127030	501	0.03775	4.62973	1.34537	0.00000	0.84227	1.217969	9.362941	114.380661	137.250678
H1	Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.02034	4.34313	1.12175	0.00000	0.47917	2.188659	5.320859	98.347000	118.016400
O	Jihlava Znojemska	15968	-669135	-1130443	512	0.01487	4.91720	1.12756	0.00000	0.56039	1.198579	4.975065	103.462016	124.154420

Doprava se podílí na imisním zatížení nejméně 40,82 % a její podíl je průměrně na úrovni 87,27%, malé zdroje se na imisním zatížení podílejí od 0,5 do 18 % a velké od 2 do 87,3 %. Podíl středních zdrojů je minoritní.

2.5.7 CO (maximální 8-hod klouzavý průměr)

Antropogenním zdrojem znečištění ovzduší oxidem uhelnatým jsou procesy, při kterých dochází k nedokonalému spalování fosilních paliv. Je to především doprava a dále stacionární zdroje, zejména domácí topeniště.

Oxid uhelnatý může způsobovat bolesti hlavy, zhoršuje koordinaci a snižuje pozornost. Váže se na hemoglobin, zvýšené koncentrace vzniklého karboxyhemoglobinu omezují kapacitu krve pro přenos kyslíku.

Pro škodlivinu CO jsou stanovené následující imisní limity:

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota imisního limitu / maximální povolený počet jejího překročení za rok	Datum, do něhož musí být limit dosažen
Oxid uhelnatý	Maximální denní osmihodinový klouzavý průměr ¹⁾	10 mg.m ⁻³	-

Pro znečišťující látku CO je dominantním zdrojem emisí doprava. Z toho se vyvíjí i imisní situace. Nejvyšší hodnoty imisního zatížení byly vypočteny u hlavních dopravních tahů. Dominantní je vliv zejména dálničních tahů, a spalování fosilních paliv v domácích topeništích v okrajových částech města, nepřipojených na CZT. Negativní vliv na zvýšení emisí a následně imisí oxidu uhelnatého bude mít lokálně celorepublikový nárůst cen elektřiny a zemního plynu a z nich plynoucí zpětný přechod domácností na vytápění pevnými palivy, zejména hnědým uhlím. Zhoršení emisní a následně imisní situace se projeví lokálně v zimním (topném) období. Negativní vlivy návratu k jsou posilovány v oblastech s nízkým provětráváním a sklonem k inverzím.

Obrázek koncentrace CO (8-hod klouzavý průměr) Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Tab. 8. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení CO, Statutární město Jihlava, stav roku 2007

KOD	NAZEV	Ref_bod	x_m	y_m	z_m	doprava významně	doprava nevýznamně	parkoviště	malé město	střední	velké	kronospan	max	měření
K1	Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	309.63075	40.85017	42.13078	10.85324	110.61930	12.356211	30.326604	371.556896	375.21873889
K2	Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	586.55396	34.58214	21.86372	9.58092	129.49782	27.613140	27.745921	703.864750	
K3	Velký Beranov ZŠ	1730	-663878	-1129730	546	255.83993	26.67979	14.02891	13.18477	130.97966	8.415672	29.388720	307.007916	
P1	ZŠ Kollárova	11927	-668684	-1127980	508	661.25472	57.72142	68.56239	12.21674	128.51733	12.521853	26.893768	793.505867	
P2	Swates	2660	-667912	-1120000	505	218.30738	35.69457	41.27984	7.84006	139.91525	15.440968	58.252248	279.968860	
P3	Hydrállec - Osmont	3684	-670901	-1126280	511	219.26078	38.05979	14.94044	11.28310	102.46933	97.702007	21.292390	263.112937	
P4	Lesnov - Hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	225.33312	45.25169	13.96159	9.03315	84.93818	23.904317	95.439848	270.639740	
P5	Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	624.72099	40.48815	17.48184	9.37664	142.29444	21.513515	24.012985	749.665191	
P6	Hendrov - Voženilek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	205.40032	42.39059	17.88757	9.48110	134.60612	10.454294	37.947983	246.480381	
P7	Pásov - Sapell	3267	-668211	-1127030	501	537.57041	41.99731	203.87483	11.42414	121.79685	23.363394	70.007403	645.584493	
H1	Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	332.13567	45.88670	41.02280	15.18507	218.86567	21.328551	33.720189	398.562307	
O	Jihlava Znojemska	15988	-669135	-1130443	512	568.97709	53.82058	33.45146	13.30764	119.85794	18.084857	28.107925	682.316508	

2.5.8 PM₁₀ (průměrné roční koncentrace)

Částice obsažené ve vzduchu lze rozdělit na primární a sekundární. Primární částice jsou emitovány přímo do atmosféry, ať již z přírodních nebo z antropogenních zdrojů. Sekundární částice jsou převážně antropogenního původu a vznikají oxidací a následnými reakcemi plyných sloučenin v atmosféře. Stejně jako v celé Evropě i v ČR tvoří většinu emise z antropogenní činnosti. Mezi hlavní antropogenní zdroje lze řadit dopravu, elektrárny, spalovací zdroje (průmyslové i domácí), fugitivní emise z průmyslu, nakládání/vykládání zboží, báňskou činnost a stavební práce. Z důvodu různorodosti emisních zdrojů mají suspendované částice různé chemické složení a různou velikost. Suspendované částice PM₁₀ vykazují významné zdravotní důsledky, které se projevují již při velmi nízkých koncentracích bez zřejmé spodní hranice bezpečné koncentrace. Zdravotní rizika částic ovlivňuje jejich koncentrace, velikost, tvar a chemické složení. Mohou se podílet na snížení imunity, mohou způsobovat zánětlivá onemocnění plicní tkáně a oxidativní stres organismu. Dále zvýšené koncentrace přispívají i ke kardiovaskulárním chorobám a akutním trombotickým komplikacím. Při chronickém působení mohou způsobovat respirační onemocnění, snižovat plicní funkce a zvyšovat úmrtnost (snižují očekávanou délku života). V poslední době se ukazuje, že nejzávažnější zdravotní dopady (včetně zvýšené úmrtnosti) mají částice frakce PM_{2,5}, popř. PM₁, které se při vdechnutí dostávají do spodních částí dýchací soustavy.

Platný imisní limit pro průměrné roční koncentrace PM₁₀ je následující:

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota imisního limitu / maximální povolený počet jejího překročení za rok	Datum, do něhož musí být limit dosažen
Suspendované částice PM ₁₀	1 rok	40 µg.m ⁻³	-

Pro průměrné roční koncentrace lze konstatovat, že model potvrdil překračování platných imisních limitů pro některé části města Jihlavy. V některých lokalitách města lze očekávat, že při tuhých zimách a zvláště pak při četnějších inverzních stavech bude docházet k překračování platných imisních limitů i v místech, kde běžně k překračování nedochází.

Obrázek průměrné roční koncentrace PM₁₀, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení v jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 9. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení PM₁₀, Statutární město Jihlava, stav roku 2007

Ref. bod	x _m	y _m	z _m	parkoviště	komunikace význa	komunikace nevýz	malé mimo město	malé město	kronspan	střední	velké	pole	resuspenze	suma	měření
1705	-667614	-1129730	508	0.00026	2.21964	0.13037	0.13541	0.06892	0.041863	0.082306	0.470126	4.478687	18.802120	26.429688	26.49864444
4495	-666717	-1124930	500	0.00002	4.98671	0.09394	0.12635	0.01704	0.033178	0.062289	0.372907	4.241571	31.186985	41.120990	45.36996806
1730	-663878	-1129730	546	0.00002	1.72876	0.05258	0.14384	0.01632	0.023546	0.064464	0.378087	6.568306	14.250935	23.226864	36.65505858
11927	-666864	-1127980	508	0.00023	3.42271	0.21233	0.12762	0.06235	0.061333	0.083669	0.333746	4.334679	29.112965	37.935029	
2660	-667912	-1126880	505	0.00014	2.09127	0.11241	0.12560	0.05551	0.124216	0.084692	0.744525	4.067294	17.630588	25.936252	
3684	-670901	-1126280	511	0.00005	1.02315	0.12754	0.16417	0.02724	0.023157	0.087016	0.324408	4.800470	9.205882	15.783086	
3608	-669257	-1126430	570	0.00004	1.51366	0.11235	0.12254	0.02663	0.080855	0.101681	1.312392	3.954756	13.008399	20.233295	
5450	-667016	-1123280	503	0.00002	4.51819	0.05931	0.13016	0.01137	0.019177	0.063770	0.268309	4.617275	30.523985	40.211555	
2424	-665671	-1128330	538	0.00004	1.50907	0.13017	0.13099	0.03646	0.057474	0.071796	0.709887	6.438475	13.442234	22.822612	
3267	-668211	-1127030	501	0.00023	4.09930	0.14205	0.12453	0.04282	0.232422	0.088363	1.060840	4.106421	29.976985	39.869598	
9056	-669134	-1130080	529	0.00064	2.95514	0.23871	0.16097	0.09219	0.025988	0.106405	0.471607	3.541407	25.555879	33.148932	
15968	-669135	-1130443	512	0.00048	5.55770	0.23773	0.14549	0.08507	0.021995	0.097638	0.346216	3.473086	31.722985	41.688393	

Doprava se podílí na imisním zatížení nejméně 0,3 % a její podíl je průměrně na úrovni 15,6%, pokud budeme uvažovat resuspenzi vlivem automobilové pak její podíl bude od 10 do 62 %. Dalším významným zdrojem imisního zatížení je resuspenze z okolních polí. Podíl této frakce je zvláště významný v suchých dnech a v době vegetačního klidu. Při vyšších rychlostech větru v kombinaci s výše uvedenými dvěma faktory má pak tato resuspenze zásadní vliv na momentální imisní situaci škodlivinou PM₁₀. Malé zdroje se na imisním zatížení podílejí od 21 do 30 % a velké od 0,4 do 21,7 % v závislosti na lokalitě. Podíl středních zdrojů je minoritní.

2.5.9 PM₁₀ (průměrné denní koncentrace)

Pro průměrné denní koncentrace platí následující imisní limit:

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota imisního limitu / maximální povolený počet jejího překročení za rok	Datum, do něhož musí být limit dosažen
Suspendované částice PM ₁₀	24 hodin	50 µg.m ⁻³ / 35	-

Znečišťující látka TZL (jako PM₁₀) překračuje imisní limit pro denní průměrnou koncentraci (50 µg.m⁻³) ve všech 17 583 referenčních bodech. Překračování bylo potvrzeno i výsledky měření imisí na měřicích stanicích AIM. U této znečišťující látky je nutno upozornit na skutečnost, že dominantní podíl na imisním zatížení TZL má druhotná prašnost, která závisí zejména na konkrétních meteorologických podmínkách a lze ji ovlivnit zvýšeným úklidem ploch a komunikací. Negativní vliv na zvýšení emisí a následně imisí TZL (PM₁₀) může mít lokálně celorepublikový nárůst cen elektřiny a zemního plynu a z nich plynoucí zpětný přechod domácností na vytápění pevnými palivy, zejména hnědým uhlím. Zhoršení emisní a následně imisní situace se projeví lokálně v zimním (topném) období. Negativní vlivy návratu k pevným palivům jsou posilovány v oblastech s nízkým provětráváním a sklonem k inverzím. Dalším významným zdrojem imisního zatížení je resuspenze z okolních polí. Podíl této frakce je zvláště významný v suchých dnech a v době vegetačního klidu. Při vyšších rychlostech větru v kombinaci s výše uvedenými dvěma faktory má pak tato resuspenze zásadní vliv na momentální imisní situaci škodlivinou PM₁₀. Ke zvyšování prašnosti dochází rovněž při polních a stavebních pracích (zejména zakládání staveb), dále vlivem důlní a skládkové činnosti.

Nicméně nedílnou složkou imisního limitu je povolená doba překračování limitní koncentrace 50 µg.m⁻³. Ta je stanovena na úrovni 35 dnů za rok. Pokud zohledníme povolenou dobu překročení, tak k překračování limitní koncentrace dochází pouze ve 618 referenčních bodech, tedy cca na ploše 3,44% rozlohy hodnoceného území.

Obrazek vymezení území s překročeným imisním limitem pro průměrné denní koncentrace PM₁₀ včetně doby jeho překročení, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení v jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 10. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení suspendovanými částicemi PM_{10} pro četnosti překročení nejvyšší denní koncentrace PM_{10}

Ref_bod	x_m	y_m	z_m	pole	parkoviště	doprava významná	doprava nevýznamná	malé mimo město	střední	velké	kronspan	malé město	resuspenze	sume
1705	-667614	-1129730	508	7.25184	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	13.245782
4495	-666717	-1124930	500	7.03266	0.00000	1.72573	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20.686511
1730	-663878	-1129730	546	9.76397	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	8.584689
11927	-668684	-1127980	508	6.93606	0.00000	0.42838	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	19.804511
2660	-667912	-1128080	505	6.68113	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	12.734987
3684	-670901	-1128280	511	8.36890	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	7.695689
3608	-669257	-1128430	570	5.75827	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.757522	0.00000	0.757522	10.299105	18.329944
5450	-667016	-1123280	503	8.94277	0.00000	1.48173	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	20.564361
2414	-665671	-1128530	538	13.56903	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	8.869589
3267	-668211	-1127030	501	5.78606	0.00000	0.49373	0.00000	0.00000	0.00000	1.547663	1.547663	1.547663	20.523781	31.396536
9056	-669134	-1130080	529	4.13569	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	18.871829
15968	-669135	-1130443	512	3.86435	0.00000	0.42425	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	21.164611

2.5.10 $PM_{2,5}$ (průměrné roční koncentrace)

Pro průměrné roční koncentrace škodliviny $PM_{2,5}$ platí víceméně totéž co pro škodlivinu PM_{10} . Jediný významný rozdíl je ve skutečnosti, že za stávajících legislativních podmínek pro tuto škodlivinu není stanovený platný imisní limit. Vypočtené koncentrace se pohybují od 60 do 90 % vypočtených koncentrací škodliviny PM_{10} , v závislosti na lokalizaci toho konkrétního referenčního bodu

Obrázek průměrné roční koncentrace $PM_{2,5}$, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení v jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 11. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení $PM_{2,5}$, Statutární město Jihlava, stav roku 2007

Ref_bod	x_m	y_m	z_m	parkoviště	doprava významná	doprava nevýznamná	malé mimo město	malé město	kronspan	střední	velké	pole	resuspenze	suma	měření
1705	-667614	-1129730	508	0.00023	1.99767	0.11784	0.08124	0.04135	0.025118	0.049384	0.282075	2.687212	10.153445	15.434765	21.4645222
4495	-666717	-1124930	500	0.00002	4.48804	0.08455	0.07581	0.01022	0.019907	0.037373	0.223744	2.544942	18.712191	26.196795	
1730	-663878	-1129730	546	0.00002	1.55389	0.94733	0.08630	0.00979	0.041128	0.038679	0.223652	3.940584	7.693505	13.415473	
11927	-668684	-1127980	508	0.00029	3.26044	0.19191	0.70537	0.03753	0.036800	0.051521	0.200247	2.600807	17.467791	23.323916	
2660	-667912	-1128080	505	0.00012	1.88215	0.10117	0.07536	0.03331	0.074529	0.050815	0.446715	2.440176	9.520518	14.625063	
3684	-670901	-1128280	511	0.00004	0.92084	0.11478	0.09850	0.01635	0.013894	0.052210	0.194645	2.880282	4.971176	9.262719	
3608	-669257	-1128430	570	0.00004	1.36230	0.10111	0.07352	0.01598	0.048513	0.061008	0.787435	2.372854	7.024536	11.847288	
5450	-667016	-1123280	503	0.00001	4.06637	0.05338	0.07899	0.00682	0.011506	0.038262	0.160985	2.770365	18.314991	25.500185	
2414	-665671	-1128530	538	0.00003	1.41218	0.12256	0.07859	0.01589	0.034485	0.043079	0.449932	3.863084	7.366807	13.366617	
3267	-668211	-1127030	501	0.00020	3.68937	0.12764	0.07472	0.02569	0.139453	0.048219	0.636504	2.463852	17.986191	25.192047	
9056	-669134	-1130080	529	0.00058	2.65962	0.21484	0.09638	0.05531	0.015593	0.063843	0.282964	2.124844	13.800175	19.314352	
15968	-669135	-1130443	512	0.00043	5.00193	0.21396	0.08730	0.05104	0.013197	0.058583	0.207730	2.083852	19.033791	26.751810	

Doprava se podílí na imisním zatížení nejméně 0,3 % a její podíl je průměrně na úrovni 15,6%, pokud budeme uvažovat resuspenzi vlivem automobilové pak její podíl bude od 10 do 62 %. Dalším významným zdrojem imisního zatížení je resuspenze z okolních polí. Podíl této frakce je zvláště významný v suchých dnech a v době vegetačního klidu. Při vyšších rychlostech větru v kombinaci s výše uvedenými dvěma faktory má pak tato resuspenze zásadní vliv na momentální imisní situaci škodlivinou $PM_{2,5}$. Malé zdroje se na imisním zatížení podílejí od 21 do 30 % a velké od 0,4 do 21,7 % v závislosti na lokalitě. Podíl středních zdrojů je minoritní.

2.5.11 $PM_{2,5}$ (průměrné denní koncentrace)

Pro průměrné roční koncentrace škodliviny $PM_{2,5}$ platí víceméně totéž jako pro škodlivinu PM_{10} . Jediný významný rozdíl je ve skutečnosti, že za stávajících legislativních podmínek pro tuto škodlivinu není stanovený platný imisní limit. Vypočtené koncentrace se pohybují od 60 do 90 % vypočtených koncentrací škodliviny PM_{10} , v závislosti na lokalizaci toho konkrétního referenčního bodu

Obrázek průměrné denní koncentrace PM_{2,5}, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení v jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 12. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení suspendovanými částicemi PM_{2,5} pro četnosti překročení nejvyšší denní koncentrace PM_{2,5}

Ref. bod	x _m	y _m	z _m	pole	parkoviště	doprava významně	doprava nevýznamně	malé mimo město	střední	velké	kronspan	malé město	resuspenze	sume
1705	-667614	-1129730	508	4.35110	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	7.947469	12.298573
4495	-666717	-1124930	500	4.21959	0.00000	1.55316	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	12.411907	18.184660
1730	-663878	-1129730	546	5.85838	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	5.150813	11.009193
11927	-668694	-1127980	508	4.16164	0.00000	0.38554	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	11.882707	16.425882
2660	-667912	-1128080	505	3.96488	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	7.640992	11.605868
3684	-670901	-1128280	511	5.02134	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	4.617413	9.638752
3608	-669257	-1128430	570	3.45496	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.454513	0.00000	0.454513	6.179463	10.997966
5450	-667016	-1123280	503	5.36566	0.00000	1.33356	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	12.338617	19.037839
2414	-665671	-1128530	538	8.14142	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	5.321753	13.463174
3267	-668211	-1127030	501	3.44163	0.00000	0.44436	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.928598	0.928598	12.314257	18.986040
9056	-669134	-1130080	529	2.49341	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	11.323098	13.816511
15968	-669135	-1130443	512	2.31861	0.00000	0.38182	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	12.698767	15.395201

2.5.12 Arsen

Arsen se vyskytuje v mnoha formách anorganických i organických sloučenin. Antropogenní činnost představuje asi tři čtvrtiny celkových emisí do ovzduší. Významné jsou hlavně spalovací procesy (hnědé uhlí, černé uhlí a těžké topné oleje), výroba železa a oceli a výroba mědi a zinku. Mezi hlavní přírodní zdroje patří v první řadě vulkanická činnost, dále pak požáry lesů, zvětvávání minerálů a činnost mikroorganismů (v mokřinách, močálech a přibřežních oblastech).

Arsen se vyskytuje převážně v částicích jemné frakce (s aerodynamickým průměrem do 2,5 µm), která může být transportována na delší vzdálenost a pronikat hlouběji do dýchací soustavy. Téměř veškerý arsen je vázán na částice s aerodynamickým průměrem do velikosti 10 µm.

Anorganický arsen může vyvolat akutní, subakutní nebo chronické účinky, které mohou být lokální nebo zasáhnout organismus celkově. Kritickým účinkem vdechování arsenu je rakovina plic.

Imisní limit pro tuto škodlivinu je uveden v následující tabulce:

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota cílového imisního limitu ²⁾	Datum splnění limitu
Arsen	1 rok	6 ng.m ⁻³	31.12.2012

Významnější výskyt imisí arzenu je v okolí Pávovského rybníka a jihovýchodně od průmyslové zóny. Podíl velkých zdrojů v okolí těchto lokalit dosahuje 98 %. Imisní limit překročen nebyl ani v jednom z referenčních bodů. Nejvyšší vypočtené koncentrace byly na úrovni cca 10 % imisního limitu.

Obrázek vymezení území s překročeným imisním limitem pro průměrné roční koncentrace Arsenu, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení v jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 13. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení arsenem v jednotlivých lokalitách města Jihlava, stav roku 2007

KOD	NAZEV	Ref_bod	X_m	Y_m	Z_m	velké	střední	malé mimo město	malé město	suma	měření
K1	Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	0.00564	0.00000	0.00000	0.00083	0.00647	2.17833333
K2	Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.00448	0.00000	0.00000	0.00020	0.00468	1.17200000
K3	Velký Beranov ZŠ	1730	-663878	-1129730	546	0.00454	0.00000	0.00000	0.00020	0.00474	2.04800000
P1	ZŠ Kollárova	11927	-668684	-1127980	508	0.00401	0.00000	0.00000	0.00075	0.00476	
P2	Švotex	2660	-667912	-1128080	505	0.00893	0.00000	0.00000	0.00067	0.00960	
P3	Hybrálec - Osmont	3684	-667901	-1126280	511	0.00389	0.00000	0.00000	0.00033	0.00422	
P4	Lesnov - Hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.01575	0.00000	0.00000	0.00032	0.01607	
P5	Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	0.00322	0.00000	0.00000	0.00014	0.00336	
P6	Henčov - Voženílek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.00900	0.00000	0.00000	0.00032	0.00932	
P7	Pávo - Sapell	3267	-668211	-1127030	501	0.01273	0.00000	0.00000	0.00051	0.01325	
H1	Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.00566	0.00000	0.00000	0.00111	0.00677	0.90000000
O	Jihlava Znojemská	15968	-669135	-1130443	512	0.00416	0.00000	0.00000	0.00102	0.00518	1.27923077

U těžkých kovů obecně platí, že podíly jednotlivých typů zdrojů jsou závislé na konkrétní lokalitě. Vypočtené podíly dosahují hodnot u velkých zdrojů na úrovni od 14 do 99%, a malých zdrojů od 0,2 do 67 %.

2.5.13 Kadmium

Antropogenní zdroje tvoří v globálním pohledu cca 90 % emisí do ovzduší. Převážně se jedná o výrobu železa, oceli, metalurgie neželezných kovů, spalování odpadů a fosilních paliv (hnědé uhlí, černé uhlí a těžké topné oleje). Méně významným zdrojem emisí je doprava. Zbylých 10 % tvoří přirozené zdroje (převážně vulkanická činnost).

Kadmium je navázáno převážně na částice jemné frakce (s aerodynamickým průměrem do 2,5 μm), která je spojena s větším rizikem negativního vlivu na lidské zdraví. Téměř veškeré kadmium je vázáno na částice do velikosti 10 μm . V částicích s aerodynamickým průměrem nad 10 μm najdeme minimální množství kadmia.

Dlouhodobá expozice kadmia ovlivňuje funkci ledvin. Kadmium je prokazatelně karcinogenní pro zvířata, důkazy pro jednoznačný závěr karcinogenity kadmia pro člověka jsou zatím omezené

Imisní limit pro tuto škodlivinu je uveden v následující tabulce:

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota cílového imisního limitu ²⁾	Datum splnění limitu
Kadmium	1 rok	5 ng.m ⁻³	31.12.2012

Významnější výskyt imisí kadmia je v okolí Pávovského rybníka a jihovýchodně od průmyslové zóny. Podíl velkých zdrojů v okolí těchto lokalit dosahuje 98 %. Imisní limit překročen nebyl ani v jednom z referenčních bodů. Nejvyšší vypočtené koncentrace byly na úrovni cca 10 % imisního limitu.

Obrázek průměrné roční koncentrace kadmia, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení v jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 14. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení kadmíem v jednotlivých lokalitách města Jihlava, stav roku 2007

KOD	NAZEV	Ref_bod	x_m	y_m	z_m	velké	střední	malé mimo město	malé město	suma	měření
K1	Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	0.00564	0.00000	0.00000	0.00083	0.00647	2.17833333
K2	Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.00448	0.00000	0.00000	0.00020	0.00468	1.17200000
K3	Velký Beranov ZŠ	1730	-663878	-1129730	546	0.00454	0.00000	0.00000	0.00020	0.00474	2.04800000
P1	ZŠ Kollárova	11927	-668684	-1127980	508	0.00401	0.00000	0.00000	0.00075	0.00476	
P2	Švotex	2660	-667912	-1128080	505	0.00893	0.00000	0.00000	0.00067	0.00960	
P3	Hybrálec - Osmont	3684	-670901	-1126280	511	0.00389	0.00000	0.00000	0.00033	0.00422	
P4	Lesnov - Hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.01575	0.00000	0.00000	0.00032	0.01607	
P5	Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	0.00322	0.00000	0.00000	0.00014	0.00336	
P6	Henčov - Voženílek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.00900	0.00000	0.00000	0.00032	0.00932	
P7	Pávoň - Sapell	3267	-668211	-1127030	501	0.01273	0.00000	0.00000	0.00051	0.01325	
H1	Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.00566	0.00000	0.00000	0.00111	0.00677	0.90000000
O	Jihlava Znojemska	15968	-669135	-1130443	512	0.00416	0.00000	0.00000	0.00102	0.00518	1.27923077

U těžkých kovů obecně platí, že podíly jednotlivých typů zdrojů jsou závislé na konkrétní lokalitě. Vypočtené podíly dosahují hodnot u velkých zdrojů na úrovni od 40 do 99%, a malých zdrojů od 0,1 do 19 %.

2.5.14 Rtut'

Mezi hlavní antropogenní zdroje patří převážně spalování fosilních paliv, průmyslová výroba chlóru a hydroxidu sodného, metalurgie, výroba cementu a spalování odpadu. Rtut' a její sloučeniny se používají v barvářství, v bateriích a v řadě měřicích a kontrolních zařízení (teploměry).

Z přírodních zdrojů (tvořících cca 60 % celkových emisí) je významné uvolňování rtuti z vodního prostředí a z vegetace, vulkanická činnost a odplyňování geologických materiálů. Dle odhadů je v Evropě emitováno ve formě plynné Hg⁰ asi 60 % antropogenních emisí, 30 % je emitováno jako dvojmocná plynná rtut' a jen 10 % rtuti je navázáno na částice. Většina emisí z přírodních zdrojů je ve formě plynné Hg⁰.

Studie pracovní expozice ukázaly, že při vysokých koncentracích plynné rtuti může docházet k ovlivňování funkce nervové soustavy a ledvin. Reálnějším problémem je fakt, že zvýšená koncentrace rtuti v ovzduší vede ke zvýšení atmosférické depozice na vodní plochy. Toto má za důsledek zvýšení koncentrace metylrtuti v těle sladkovodních ryb a její kumulace v potravních řetězcích.

Ačkoliv v současné době není stanoven imisní limit pro rtut', doporučuje česká legislativa v souladu s evropskými směrnici sledovat imisní koncentrace rtuti a hodnotit je z hlediska ročního aritmetického průměru.

Obrázek roční průměrné koncentrace rtuti, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení v jednotlivých lokalitách jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 15. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení rtutí v jednotlivých lokalitách města Jihlava, stav roku 2007

KOD	NAZEV	Ref_bod	X_m_	Y_m_	Z_m_	malé mimo město	malé město	střední	velké	suma
K1	Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	0.00108	0.00055	0.00066	0.00376	0.00605
K2	Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.00101	0.00014	0.00050	0.00298	0.00463
K3	Velký Beranov ZŠ	1730	-663878	-1129730	546	0.00115	0.00013	0.00052	0.00303	0.00482
P1	ZŠ Kollárova	11927	-668684	-1127980	508	0.00102	0.00050	0.00069	0.00267	0.00488
P2	Swotes	2660	-667912	-1128080	505	0.00101	0.00044	0.00068	0.00596	0.00808
P3	Hybrálec - Osmont	3684	-670901	-1126280	511	0.00131	0.00022	0.00070	0.00260	0.00482
P4	Lesnov - hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.00098	0.00021	0.00081	0.01050	0.01251
P5	Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	0.00104	0.00009	0.00051	0.00215	0.00379
P6	Henčov - Voženilek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.00105	0.00021	0.00057	0.00600	0.00783
P7	Pávov - Sapeli	3267	-668211	-1127030	501	0.00100	0.00034	0.00064	0.00849	0.01047
H1	Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.00129	0.00074	0.00085	0.00377	0.00665
O	Jihlava Znojemska	15968	-669135	-1130443	512	0.00116	0.00068	0.00078	0.00277	0.00540

U těžkých kovů obecně platí, že podíly jednotlivých typů zdrojů jsou závislé na konkrétní lokalitě. Vypočtené podíly dosahují hodnot u velkých zdrojů na úrovni od 27 do 98%, a malých zdrojů od 0,3 do 87,1 %.

2.5.15 Nikl

Jedná se o pátý nejhojnější prvek zemského jádra, i když v zemské kůře je jeho zastoupení nižší.

Mezi hlavní antropogenní zdroje, které v globálu tvoří asi tři čtvrtiny celkových emisí, lze řadit spalování těžkých topných olejů, těžbu niklových rud a rafinaci niklu, spalování odpadu a výrobu železa a oceli. Mezi hlavní přírodní zdroje lze řadit kontinentální prach a vulkanickou činnost.

Nikl se vyskytuje v atmosférickém aerosolu v několika chemických sloučeninách, které se liší svou toxicitou pro lidské zdraví i ekosystémy.

Asi 70 % částic obsahujících nikl tvoří frakci menší než 10 µm, tyto částice mohou být proto transportovány na delší vzdálenosti. Asi ze 30 % se nikl vyskytuje v aerosolu s aerodynamickým průměrem větším nebo rovným 10 µm, který rychle sedimentuje v blízkosti zdroje.

Ze zdravotního hlediska způsobuje alergické kožní reakce a je hodnocen jako karcinogenní látka pro člověka.

Pro tuto škodlivinu je stanovený následující imisní limit:

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota cílového imisního limitu ²⁾	Datum splnění limitu
Nikl	1 rok	20 ng.m ⁻³	31.12.2012

Vypočtené hodnoty imisního zatížení znečišťující látkou Ni nepřesahují dolní mez pro posuzování.

Obrázek roční průměrné koncentrace niklu, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Tab. 16. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení niklem v jednotlivých lokalitách města Jihlava, stav roku 2007

NAZEV	Ref_bod	X_m_	Y_m_	Z_m_	malé mimo město	malé město	střední	velké	suma	měření
Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	0.00542	0.00276	0.00000	0.01881	0.02698	14.73666667
Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.00505	0.00068	0.00000	0.01492	0.02065	3.26900000
Velký Beranov ZŠ	1730	-663878	-1129730	546	0.00575	0.00065	0.00000	0.01512	0.02153	2.97200000
ZŠ Kollárova	11927	-668684	-1127980	508	0.00511	0.00250	0.00000	0.01335	0.02096	
Swotes	2660	-667912	-1128080	505	0.00502	0.00222	0.00000	0.02978	0.03703	
Hybrálec - Osmont	3684	-670901	-1126280	511	0.00657	0.00109	0.00000	0.01298	0.02063	
Lesnov - hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.00490	0.00107	0.00000	0.05250	0.05846	
Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	0.00521	0.00046	0.00000	0.01073	0.01639	
Henčov - Voženilek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.00524	0.00106	0.00000	0.03000	0.03629	
Pávov - Sapeli	3267	-668211	-1127030	501	0.00498	0.00171	0.00000	0.04243	0.04913	
Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.00644	0.00369	0.00000	0.01886	0.02899	
Jihlava Znojemska	15968	-669135	-1130443	512	0.00582	0.00340	0.00000	0.01385	0.02307	

U těžkých kovů obecně platí, že podíly jednotlivých typů zdrojů jsou závislé na konkrétní lokalitě. Vypočtené podíly dosahují hodnot u velkých zdrojů na úrovni od 27,2 do 99,5%, a malých zdrojů od 0,4 do 61,2 %.

2.5.16 Olovo

Většina olova obsaženého v atmosféře pochází z antropogenních emisí, mezi které jsou řazeny vysokoteplotní procesy, především spalování fosilních paliv, výroba železa a oceli a metalurgie neželezných kovů. Z přirozených zdrojů je významné zvětvávání hornin a vulkanická činnost.

Olovo se v ovzduší vyskytuje ve formě jemných částic s četnostním rozdělením velikosti charakterizovaným středním aerodynamickým průměrem menším než 1 μm .

Při dlouhodobé expozici lidského organismu se projevují účinky na biosyntézu hemu (nebílkovinná složka krevního hemoglobinu), nervový systém a krevní tlak. Důkazy karcinogenity olova a jeho sloučenin pro člověka jsou klasifikovány jako nedostatečné.

Pro průměrné roční koncentrace olova jsou stanoveny následující imisní limity:

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota imisního limitu / maximální povolený počet jejího překročení za rok	Datum, do něhož musí být limit dosažen
Olovo	1 rok	0,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	-

Obrázek průměrné roční koncentrace olova, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Tab. 17. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení olovem v jednotlivých lokalitách města Jihlava, stav roku 2007

NAZEV	Ref_bod	x_m	y_m	z_m	malé mimo město	malé město	střední	velké	suma	měření
Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	0.00000	0.01378	0.00000	0.09403	0.10781	19.153
Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.00000	0.00341	0.00000	0.07458	0.07799	14.681
Velký Beranov ZŠ	1730	-663878	-1129730	546	0.00000	0.00326	0.00000	0.07562	0.07888	13.526
ZŠ Kollárova	11927	-668684	-1127980	508	0.00000	0.01251	0.00000	0.06675	0.07926	
Swotes	2660	-667912	-1128080	505	0.00000	0.01110	0.00000	0.14891	0.16001	
Hybrálec - Osmont	3684	-670901	-1126280	511	0.00000	0.00545	0.00000	0.06488	0.07033	
Lesnov - Hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.00000	0.00533	0.00000	0.26248	0.26780	
Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	0.00000	0.00228	0.00000	0.05366	0.05594	
Hentov - Voženilek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.00000	0.00530	0.00000	0.14998	0.15527	
Pávov - Sapeli	3267	-668211	-1127030	501	0.00000	0.00856	0.00000	0.21217	0.22073	
Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.00000	0.01844	0.00001	0.09432	0.11277	
Jihlava Znojemska	15968	-669135	-1130443	512	0.00000	0.01701	0.00001	0.06924	0.08626	

U těžkých kovů obecně platí, že podíly jednotlivých typů zdrojů jsou závislé na konkrétní lokalitě. Vypočtené podíly dosahují hodnot u velkých zdrojů na úrovni od 8,9 do 99,9%, a malých zdrojů od 0,1 do 50,5 %.

2.5.17 Formaldehyd

Formaldehyd je nejhojněji zastoupenou karbonylovou sloučeninou v atmosféře. Je obsažen v syntetických pryskyřicích, lepidlech a v některých mořidlech na dřevo, ale i v oblečení, čisticích prostředcích, kosmetice, dokonce i v některých nekvalitních plyšových hračkách.

Největšími antropogenními zdroji znečištění ovzduší formaldehydem jsou exhaláty dopravních prostředků (automobilová, lodní a letecká doprava) a průmyslové spalovací procesy (zpracování ropy, chemický a hutní průmysl). Dalšími zdroji znečištění ovzduší formaldehydem jsou spalovací procesy při vytápění budov, spalování odpadů a různé biochemické procesy využívané v zemědělství. Stejně jako v případě rtuti, imisní limit pro Formaldehyd není v současnosti definován v evropské ani v české legislativě.

Obrázek průměrné roční koncentrace formaldehydu, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Tab. 18. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení formaldehydem v jednotlivých lokalitách města Jihlava, stav roku 2007

NAZEV	Ref_bod	X_m	Y_m	Z_m	parkoviště	doprava významně	doprava nevýznamně	kronospan	suma	měření
Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	0.00023	0.53609	0.21976	0.01523	0.77131	9.08615385
Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.00002	0.83491	0.15848	0.01234	1.00576	9.22038462
Velký Beranov ZŠ	1730	-663878	-1129730	546	0.00002	0.34273	0.08938	0.01345	0.44557	11.23640000
ZŠ Kollárova	11927	-668684	-1127980	508	0.00029	0.84342	0.35804	0.00780	1.20955	10.62720000
Swotes	2660	-667912	-1128080	505	0.00012	0.46029	0.18973	0.01336	0.66350	10.29692308
Hybrálec - Osmont	3684	-670901	-1126280	511	0.00004	0.22417	0.21455	0.00974	0.44850	8.86192308
Lesnov - hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.00004	0.31917	0.18917	0.04243	0.55080	8.16576923
Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	0.00001	0.74541	0.10047	0.00854	0.85443	8.71230769
Henčov - Voženílek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.00003	0.30517	0.22908	0.02696	0.56124	10.64230769
Pávov - Sapeli	3267	-668211	-1127030	501	0.00020	0.83691	0.23899	0.02524	1.10134	10.83615385
Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.00057	0.78437	0.40056	0.01094	1.19643	
Jihlava Znojemska	15968	-669135	-1130443	512	0.00042	2.06919	0.39893	0.00887	2.47741	

Zásadním zdrojem imisního zatížení je automobilová doprava která se na celkovém zatížení podílí od 10 do 80 % celkového imisního zatížení. Vliv ostatních hodnocených zdrojů je minoritní.

Obrázek maximální hodinové koncentrace formaldehydu, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Tab. 19. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení formaldehydem pro maximální hodinové koncentrace v jednotlivých lokalitách města Jihlava, stav roku 2007

KOD	NAZEV	Ref_bod	X_m	Y_m	Z_m	parkoviště	doprava významně	doprava nevýznamně	kronospan	max
K1	Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	0.00823	15.07898	1.90055	1.06686	18.09478
K2	Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.00429	23.26493	1.67765	0.90841	27.91792
K3	Velký Beranov ZŠ	1730	-663878	-1129730	546	0.00399	12.02258	1.24057	1.21843	14.42710
P1	ZŠ Kollárova	11927	-668684	-1127980	508	0.00998	31.36760	2.68279	1.48241	37.64112
P2	Swotes	2660	-667912	-1128080	505	0.00548	10.06664	1.71073	2.67110	12.07997
P3	Hybrálec - Osmont	3684	-670901	-1126280	511	0.00375	10.43836	1.77619	0.75535	12.52603
P4	Lesnov - hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.00251	10.73082	2.18565	4.93353	12.87698
P5	Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	0.00382	26.03368	1.95602	0.76588	31.24042
P6	Henčov - Voženílek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.00522	10.10849	2.06319	1.29831	12.13019
P7	Pávov - Sapeli	3267	-668211	-1127030	501	0.02192	23.31229	1.98736	1.81152	27.97474
H1	Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.01027	14.92058	2.13397	1.16949	17.90470
O	Jihlava Znojemska	15968	-669135	-1130443	512	0.00603	23.80086	2.54507	0.93077	28.56103

Zásadním zdrojem imisního zatížení je automobilová doprava která se na celkovém zatížení podílí od 18 do 90 % celkového imisního zatížení. Vliv ostatních hodnocených zdrojů je minoritní.

2.5.18 Acetaldehyd

Acetaldehyd (etanal) je bezbarvá, kapalná, štiplavě páchnoucí jedovatá látka. Acetaldehyd se v přírodě vyskytuje ve zralém ovoci, kávě. Je produkován rostlinami jako součást jejich metabolismu. Používá se na výrobu syntetické kyseliny octové, plastických hmot, syntetického kaučuku, barviv a léčiv. Stejně jako v případě formaldehydu, imisní limit pro Acetaldehyd není v současnosti definován v evropské ani v české legislativě.

Obrázek průměrné roční koncentrace acetaldehydu, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Tab. 20. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení acetaldehydem v jednotlivých lokalitách města Jihlava, stav roku 2007

NAZEV	Ref_bod	X_m	Y_m	Z_m	parkoviště	doprava významná	doprava nevýznamná	kronospan	suma	měření
Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	0.00011	0.26350	0.10802	0.00661	0.37824	9.09
Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.00001	0.41038	0.07790	0.00678	0.49507	9.22
Velký Beranov ZŠ	1730	-663878	-1129730	546	0.00001	0.16846	0.04393	0.00676	0.21917	11.24
ZŠ Kollárova	11927	-668684	-1127980	508	0.00014	0.41456	0.17599	0.00373	0.59442	10.63
Swotes	2660	-667912	-1128080	505	0.00006	0.22624	0.09326	0.00743	0.32699	10.30
Hybrálec - Osmont	3684	-670901	-1126280	511	0.00002	0.11019	0.10546	0.00414	0.21980	8.86
Lesnov - hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.00002	0.15688	0.09298	0.01911	0.26898	8.17
Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	0.00001	0.36639	0.04938	0.00471	0.42048	8.71
Henčov - Vozenilek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.00002	0.15000	0.11260	0.01377	0.27638	10.64
Pávov - Sapeli	3267	-668211	-1127030	501	0.00010	0.41136	0.11747	0.00762	0.53655	10.84
Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.00028	0.38554	0.19689	0.00465	0.58735	
Jihlava Znojemska	15968	-669135	-1130443	512	0.00021	1.01706	0.19608	0.00397	1.21732	

Zásadním zdrojem imisního zatížení je automobilová doprava která se na celkovém zatížení podílí od 7 do 85 % celkového imisního zatížení. Vliv ostatních hodnocených zdrojů je minoritní.

Obrázek maximální hodinové koncentrace acetaldehydu, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Tab. 21. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení acetaldehydem pro maximální hodinové koncentrace v jednotlivých lokalitách města Jihlava, stav roku 2007

KOD	NAZEV	Ref_bod	X_m	Y_m	Z_m	parkoviště	doprava významná	doprava nevýznamná	kronospan	max
K1	Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	0.00404	7.41170	0.93417	0.41851	8.89404
K2	Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.00211	11.43530	0.82461	0.41126	13.72237
K3	Velký Beranov ZŠ	1730	-663878	-1129730	546	0.00196	5.90940	0.60977	0.62551	7.09129
P1	ZŠ Kollárova	11927	-668684	-1127980	508	0.00490	15.41797	1.31866	0.58851	18.50157
P2	Swotes	2660	-667912	-1128080	505	0.00269	4.94801	0.84087	0.83741	5.93761
P3	Hybrálec - Osmont	3684	-670901	-1126280	511	0.00184	5.13072	0.87304	0.37236	6.15686
P4	Lesnov - hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.00123	5.27447	1.07430	2.87221	6.32936
P5	Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	0.00188	12.79622	0.96143	0.33740	15.35546
P6	Henčov - Vozenilek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.00257	4.96858	1.01411	0.74424	5.96230
P7	Pávov - Sapeli	3267	-668211	-1127030	501	0.01077	11.45858	0.97684	1.47137	13.75030
H1	Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.00505	7.33384	1.04890	0.45254	8.80061
O	Jihlava Znojemska	15968	-669135	-1130443	512	0.00297	11.69873	1.25096	0.36950	14.03847

Zásadním zdrojem imisního zatížení je automobilová doprava která se na celkovém zatížení podílí od 25 do 90 % celkového imisního zatížení. Vliv ostatních hodnocených zdrojů je minoritní.

2.5.19 Toluén

Toluen je rozpouštědlo, schopné rozpouštět barvy, mnoho chemikálií, kaučuk, tiskový inkoust, adheziva (lepidla), laky. Je používán při zpracování kůže či v dezinfekčních prostředcích. Může být použit jako indikátor fullerenů.

Toluen je surovinou pro výrobu toluen-diisokyanátu (používaný ve výrobě polyuretanové pěny), fenolu a TNT.

Toluen může být používán jako oktanový posilovač v palivech benzínu používaných ve spalovacích motorech. Průmyslové použití toluenu zahrnuje i dealkylaci na benzen a disproportionaci na směs benzen a xylen. Pro tuto škodlivinu není v České ani evropské legislativě stanovený imisní limit.

Obrázek průměrné roční koncentrace toluenu, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Tab. 22. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení toluenu v jednotlivých lokalitách města Jihlava, stav roku 2007

NAZEV	Ref_bod	X_m	Y_m	Z_m	parkoviště	doprava významné	doprava nevýznam	suma
Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	0.00001	0.01817	0.00745	0.02563
Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.00000	0.02830	0.00537	0.03368
Velký Beranov ZŠ	1730	-663878	-1129730	546	0.00000	0.01162	0.00303	0.01465
ZŠ Kollárova	11927	-668684	-1127980	508	0.00001	0.02859	0.01214	0.04074
Swotes	2660	-667912	-1128080	505	0.00000	0.01560	0.00643	0.02204
Hybrálec - Osmont	3684	-670901	-1126280	511	0.00000	0.00760	0.00727	0.01487
Lesnov - hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.00000	0.01082	0.00641	0.01723
Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	0.00000	0.02527	0.00341	0.02867
Henčov - Voženílek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.00000	0.01035	0.00777	0.01811
Pávov - Sapeli	3267	-668211	-1127030	501	0.00001	0.02837	0.00810	0.03648
Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.00002	0.02659	0.01358	0.04019
Jihlava Znojemská	15968	-669135	-1130443	512	0.00001	0.07014	0.01352	0.08368

Obrázek maximální hodinové koncentrace toluenu, Statutární město Jihlava, stav roku 2007 je uveden v příloze k tomuto dokumentu.

Tab. 23. Podíly jednotlivých typů zdrojů na imisním zatížení toluenu pro maximální hodinové koncentrace v jednotlivých lokalitách města Jihlava, stav roku 2007

NAZEV	Ref_bod	X_m	Y_m	Z_m	parkoviště	doprava významné	doprava nevýznam	max
Jihlava ZŠ Demlova	1705	-667614	-1129730	508	0.00028	0.51115	0.06443	0.61338
Automotive Lighting	4495	-666717	-1124930	500	0.00015	0.78864	0.05687	0.94637
Velký Beranov ZŠ	1730	-663878	-1129730	546	0.00014	0.40755	0.04205	0.48905
ZŠ Kollárova	11927	-668684	-1127980	508	0.00034	1.06331	0.09094	1.27597
Swotes	2660	-667912	-1128080	505	0.00019	0.34124	0.05799	0.40949
Hybrálec - Osmont	3684	-670901	-1126280	511	0.00013	0.35384	0.06021	0.42461
Lesnov - hřbitov	3608	-669257	-1126430	570	0.00009	0.36376	0.07409	0.43651
Červený Kříž - DM Drogerie	5450	-667016	-1123280	503	0.00013	0.88250	0.06631	1.05900
Henčov - Voženílek s.r.o.	2414	-665671	-1128530	538	0.00018	0.34266	0.06994	0.41119
Pávov - Sapeli	3267	-668211	-1127030	501	0.00074	0.79025	0.06737	0.94830
Masarykovo nám.	9056	-669134	-1130080	529	0.00035	0.50578	0.07234	0.60694
Jihlava Znojemská	15968	-669135	-1130443	512	0.00021	0.80681	0.08627	0.96817

3 VYHODNOCENÍ KONCENTRACÍ JEDNOTLIVÝCH ŠKODLIVIN VČETNĚ VLIVU METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK

3.1 IMISNÍ LIMITY DLE NV 597/2006 SB.

Tab. 24. Imisní limity dle NV č. 597/2006 Sb.

Znečišťující látka		Doba průměrování	Imisní limit	Horní mez pro posuzování	Dolní mez pro posuzování	Přípustná četnost překročení za kalendářní rok
Imisní limit pro ochranu zdraví lidí	Oxid siřičitý SO ₂	1 hodina	350 µg*m ⁻³	-	-	24
	Oxid siřičitý SO ₂	24 hodin	125 µg*m ⁻³	75 µg*m ⁻³	50 µg*m ⁻³	3
	Oxid uhelnatý CO	maximální denní osmihodinový klouzavý průměr	10 mg*m ⁻³	7 mg*m ⁻³	5 mg*m ⁻³	
	Prašný aerosol PM ₁₀	24 hodin	50 µg*m ⁻³	30 µg*m ⁻³	20 µg*m ⁻³	35
	Prašný aerosol PM ₁₀	1 kalendářní rok	40 µg*m ⁻³	14 µg*m ⁻³	10 µg*m ⁻³	
	Olovo Pb	1 kalendářní rok	0,5 µg*m ⁻³	0,35 µg*m ⁻³	0,2 µg*m ⁻³	
	Oxid dusičitý NO ₂	1 hodina	200 µg*m ⁻³	140 µg*m ⁻³	100 µg*m ⁻³	18
	Oxid dusičitý NO ₂	1 kalendářní rok	40 µg*m ⁻³	32 µg*m ⁻³	26 µg*m ⁻³	
	Benzen	1 kalendářní rok	5 µg*m ⁻³	3,5 µg*m ⁻³	2 µg*m ⁻³	
Imisní limit pro ochranu ekosystému a vegetace	Oxid siřičitý SO ₂	kalendářní rok a zimní období (1.10.-31.3.)	20 µg*m ⁻³			
	Oxidy dusíku NO _x	1 kalendářní rok	30 µg*m ⁻³			
Cílové imisní limity pro ochranu zdraví lidí	Arsen As	1 kalendářní rok	6 ng*m ⁻³	3,6 ng*m ⁻³	2,4 ng*m ⁻³	
	Kadmium Cd	1 kalendářní rok	5 ng*m ⁻³	3 ng*m ⁻³	2 ng*m ⁻³	
	Nikl Ni	1 kalendářní rok	20 ng*m ⁻³	14 ng*m ⁻³	10 ng*m ⁻³	
	Benzo(a)pyren B(a)P	1 kalendářní rok	1 ng*m ⁻³	0,6 ng*m ⁻³	0,4 ng*m ⁻³	
Cílové imisní limity O ₃	Ochrana zdraví lidí	maximální denní osmihodinový klouzavý průměr	120 µg*m ⁻³			25x v průměru za 3 roky
	Ochrana vegetace	AOT40	18000 µg*m ⁻³ *h			
Dlouhodobé imisní cíle O ₃	Ochrana zdraví lidí	maximální denní osmihodinový klouzavý průměr	120 µg*m ⁻³			
	Ochrana vegetace	AOT40	6000 µg*m ⁻³ *h			

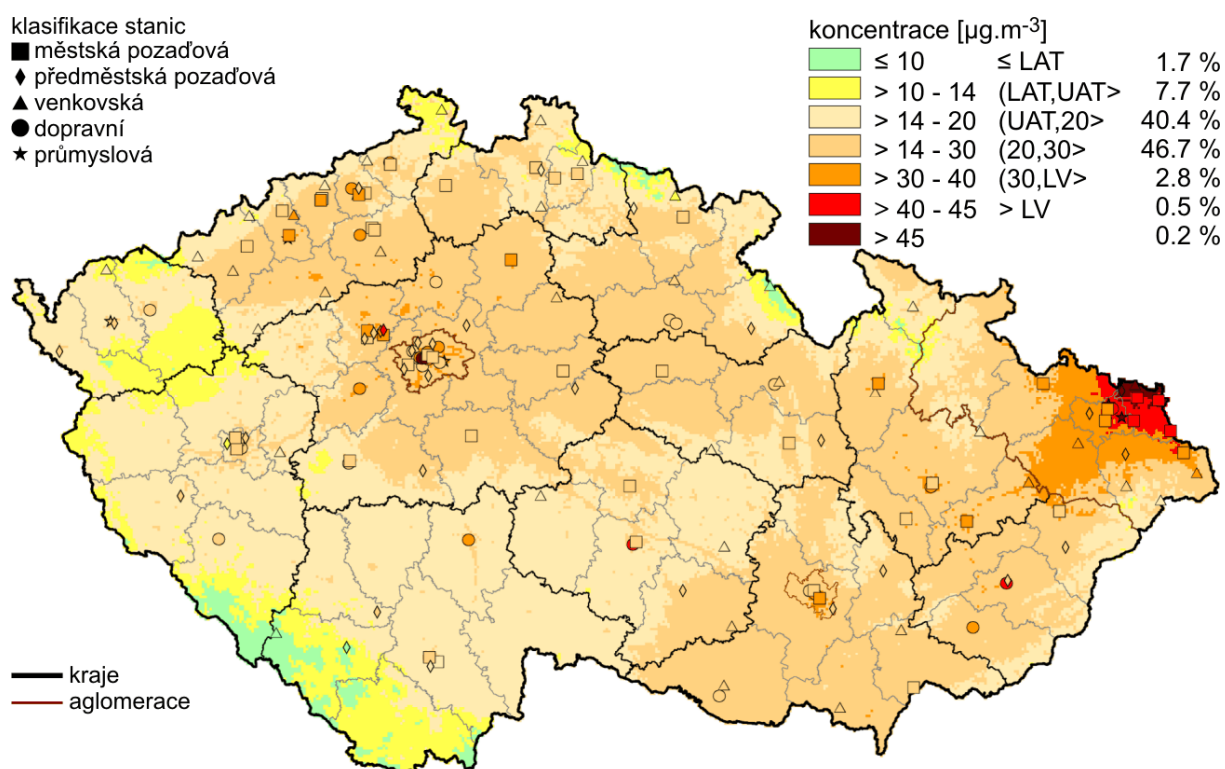
3.2 ČÁSTICE PM_{10} A $PM_{2,5}$

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.

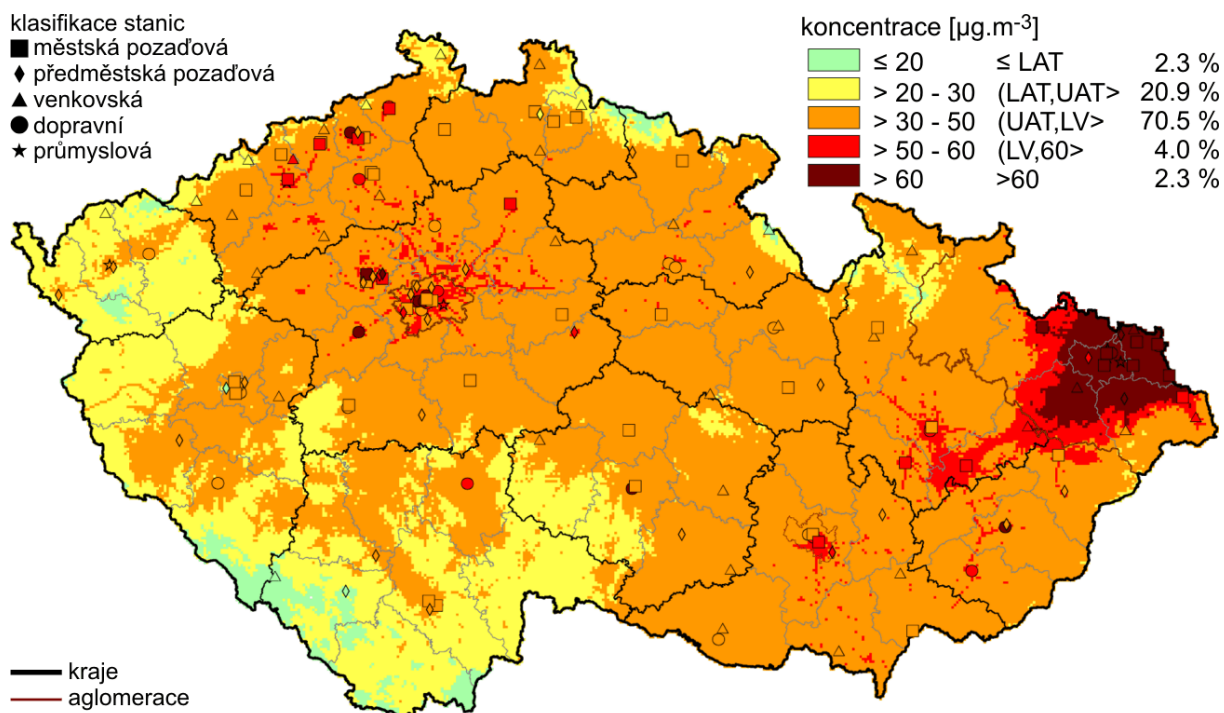
Negativní zdravotní účinky PM_{10} a $PM_{2,5}$ se projevují již při velmi nízkých koncentracích bez zřejmé spodní hranice bezpečné koncentrace. Zdravotní rizika částic ovlivňuje jejich koncentrace, velikost, tvar a chemické složení. Mohou se podílet na snížení imunity, mohou způsobovat zánětlivá onemocnění plicní tkáně a oxidativní stres organismu. Při chronickém působení mohou způsobovat respirační onemocnění a snižovat funkci plic.

Z NV č. 597/2006 vyplývá, že v případě PM_{10} se sledují dva průměry – roční (Obr. 5) a 24-hodinový – a sice jeho 36. nejvyšší hodnota (Obr. 6).

Obr. 5. Pole roční průměrné koncentrace PM_{10} v roce 2007 [2]



Obr. 6. Pole 36. nejvyšší 24hod. koncentrace PM_{10} v roce 2007 [2]



PM_{10} je v současnosti z hlediska kvality ovzduší nejzávažnější problém v celé ČR. Tzv. OZKO (oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší – území s překročením alespoň 1 imisního limitu) jsou vymezována téměř výhradně na základě překročení imisního limitu pro 24hodinovou koncentraci PM_{10} , konkrétně pak pro její 36. nejvyšší koncentraci. I z tohoto důvodu je právě částicím PM věnována největší pozornost a imisní analýza je pro ně zpracována nejpodrobněji. Důležitost částic PM dokládá i fakt, že snižování imisní zátěže suspendovanými částicemi je **Priorita 1** ve všech krajských programech ke zlepšení kvality ovzduší.

V kontextu celé ČR je Jihlava a potažmo kraj Vysočina hodnocen jako velmi čistá lokalita. Problémy může způsobovat pouze doprava (překročení imisních limitů na dopravní stanici Jihlava – Znojenská). I z tohoto důvodu byla jedna ze stanic měřící PM_{10} postavena na pozemku firmy Automotive Lighting s.r.o. v těsné blízkosti dálnice D1 a dálničního přivaděče E59. Tato lokalita reprezentuje dopravou nejvíce zatíženou oblast na území Jihlavy. Stanice AIM Jihlava, ležící v areálu ZŠ Demlova je stanicí reprezentující pozadové koncentrace škodlivin v obytných částech Jihlavy. Tato lokalita je pouze minimálně ovlivněna dopravou a dalšími zdroji znečištění. Poslední lokalita leží v nedaleké obci Velký Beranov. V této lokalitě se snoubí vliv dopravy (blízkost dálnice D1 a průtah obcí silnicí 353) spolu s vlivem lokálních topenišť.

Kromě vlivu jednotlivých typů zdrojů na kvalitu ovzduší se do naměřených koncentrací velmi významně promítají meteorologické podmínky. Významný vliv na koncentrace má teplota, relativní vlhkost, rychlost a směr větru či přítomnost srážek.

3.2.1 Průměrná roční koncentrace

Dle NV č. 597/2006 Sb. [7] je pro průměrné roční koncentrace PM_{10} stanoven imisní limit, který má hodnotu $40 \mu g \cdot m^{-3}$. Dále jsou pro průměrnou roční koncentraci stanoveny meze pro posuzování, přičemž horní mez pro posuzování má hodnotu $UAT = 14 \mu g \cdot m^{-3}$ a dolní mez pro posuzování má hodnotu $LAT = 10 \mu g \cdot m^{-3}$.

Jelikož měřicí kampaň trvala pouze 6 měsíců, navíc ve dvou kalendářních letech, není možné (mimo lokalitu Jihlava – ZŠ Demlova měřicí ve správě ČHMÚ dlouhodobě) hodnotu průměrné roční koncentrace zjistit. Následující Tab. 25 uvádí alespoň hodnotu průměrné koncentrace ve sledovaném období září 08 – únor 09.

Tab. 25. Průměrné koncentrace PM_{10} za celé sledované období září 2008 – únor 2009

	Jihlava (ZŠ Demlova)	Velký Beranov ZŠ	Automotive Lighting
Průměrná koncentrace ($\mu g \cdot m^{-3}$)	26,50	36,66	45,37

Z hlediska hodnocení této průměrné koncentrace je potřeba zdůraznit, že měření probíhalo v **nejznečištěnější části roku**, tedy v zimním období. I přesto se jak v lokalitě Jihlava (ZŠ Demlova), tak ve Velkém Beranově hodnota koncentrace nedostala přes hodnotu imisního limitu. V případě Automotive Lighting je sice koncentrace vyšší, než je imisní limit, ale jedná se o průměr za zimní období, který je podstatně vyšší než v letním období. Pro zjištění průměrné roční koncentrace (ve vztahu k imisnímu limitu) by měření muselo trvat celý kalendářní rok, avšak z např. z hodnot za sledované období v Jihlavě a z ročního průměru za rok 2008 v Jihlavě ($26,5 \mu g \cdot m^{-3}$ a $21,48 \mu g \cdot m^{-3}$) se dá poměrným způsobem usuzovat, že by se hodnota pohybovala těsně pod hranicí imisního limitu. Avšak vzhledem k významnému přispívání dopravy je tato hodnota pouze odhadem.

3.2.2 36. nejvyšší 24hodinová koncentrace

Dle NV č. 597/2006 Sb. [7] je pro průměrné 24hodinové koncentrace PM_{10} stanoven imisní limit, který má hodnotu $50 \mu g \cdot m^{-3}$. Tato koncentrace může být za kalendářní rok 35x překročena, proto se v materiálech často používá 36. nejvyšší průměrná 24hodinová koncentrace PM_{10} , která pokud překročí hranici $50 \mu g \cdot m^{-3}$, tak je překročen imisní limit.

Dále jsou pro 24hodinovou koncentraci stanoveny meze pro posuzování, přičemž horní mez pro posuzování má hodnotu $UAT = 30 \mu g \cdot m^{-3}$ a dolní mez pro posuzování má hodnotu $LAT = 20 \mu g \cdot m^{-3}$.

Jelikož měřicí kampaň trvala pouze 6 měsíců, navíc ve dvou kalendářních letech, není možné (mimo lokalitu Jihlava – ZŠ Demlova měřicí ve správě ČHMÚ dlouhodobě) hodnotu 36. nejvyšší 24hodinové koncentrace zjistit. Následující Tab. 26 uvádí počet naměřených 24hodinových koncentrací včetně úrovně znečištění a Tab. 27 uvádí hodnoty 36. nejvyšší 24hodinové ve sledovaném období září 08 – únor 09.

Tab. 26. Počet měření 24hodinové koncentrace PM_{10} za celé sledované období září 2008 – únor 2009 a vztah k úrovním koncentrací.

	Jihlava (ZŠ Demlova)		Velký Beranov ZŠ		Automotive Lighting	
Počet měření	180	100,0%	181	100,0%	181	100,0%
0 – 20 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	77	42,8%	18	9,9%	6	3,3%
20 – 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	57	31,7%	54	29,8%	16	8,8%
30 – 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	28	15,6%	82	45,3%	104	57,5%
> 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	18	10,0%	27	14,9%	55	30,4%

Tab. 27. 36. nejvyšší 24hodinová koncentrace PM_{10} za celé sledované období září 2008 – únor 2009

	Jihlava (ZŠ Demlova)		Velký Beranov ZŠ		Automotive Lighting	
	Hodnota	Průměr	Hodnota	Průměr	Hodnota	Průměr
36. MAX 24h konc. ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	35,08	26,5	45,79	36,7	57,46	45,4

Z uvedené Tab. 26 je patrné, že zatímco v Jihlavě (ZŠ Demlova) se v zimním období koncentrace pohybují převážně do 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v lokalitě Automotive Lighting převažují koncentrace nad 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Na rozdíl mezi těmito lokalitami se významně podílí vliv dopravy. Úrovně koncentrací v této tabulce byly zvoleny podle NV597/2006Sb., který však platí pro **kalendářní rok**. Aby mohl být nalezen vztah jednotlivých lokalit k imisnímu limitu, muselo by se zde měřit po celý kalendářní rok.

Nutnost měřit celý kalendářní rok doprovází i hodnoty v Tab. 27. NV 597/2006 Sb. stanovuje imisní limit pro 24hodinovou koncentraci ve vztahu ke kalendářnímu roku. Uvedené 36. nejvyšší 24hodinové koncentrace proto reprezentují pouze zimní období 2008/2009 a o překročení imisního limitu lze pouze spekulovat. Proto hodnotu 36. nejvyšší 24hodinové koncentrace v roce 2008 můžeme určit pouze pro lokalitu Jihlava (ZŠ Demlova), která má hodnotu 35 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

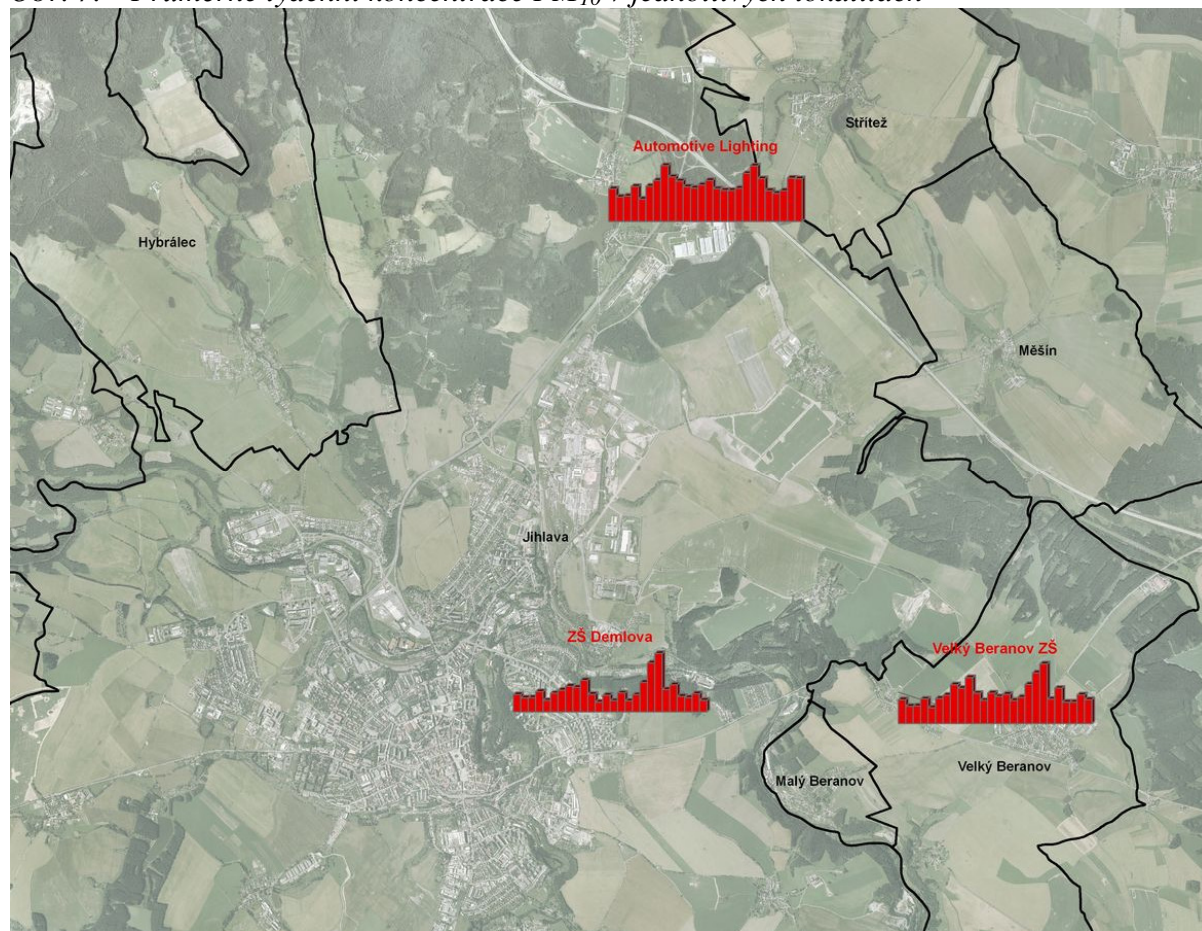
Z hodnot uvedených v tabulce je patrné, že nejhorší kvalita ovzduší z hlediska 24hodinových průměrných koncentrací PM_{10} je poblíž významných liniových zdrojů, tedy dopravy. Zvýšené koncentrace se vyskytují i v lokalitě, která nevyužívá plně CZT či vytápění plynem, ale spaluje či spaluje tuhá paliva, v horším případě odpad. Nejlepší kvalita ovzduší se tak nachází přímo v Jihlavě v oblastech napojených na CZT bez významného ovlivnění dopravou či jiných zdrojů TZL.

Následující Obr. 7 zobrazuje přehledně v mapce vývoj průměrných týdenních koncentrací PM_{10} v jednotlivých lokalitách (září 2008 – únor 2009).

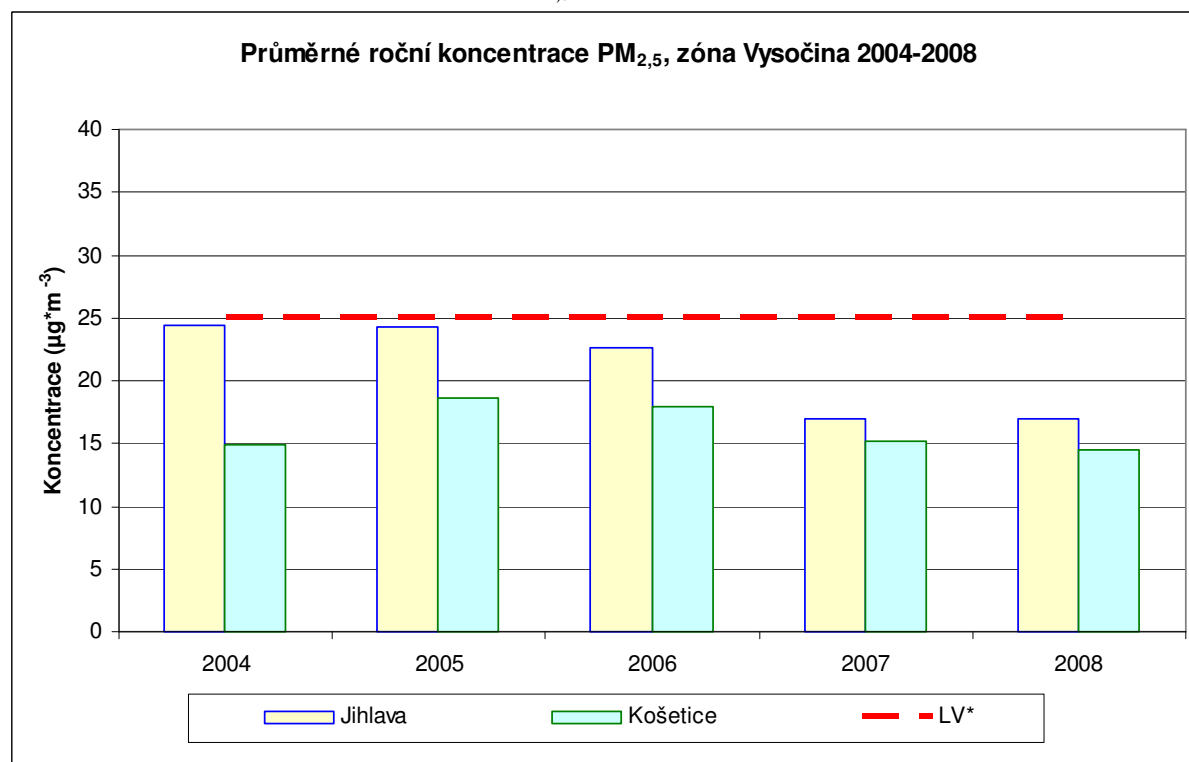
3.2.3 Částice $PM_{2,5}$

Pro částice $PM_{2,5}$ se chystá imisní limit v novém zákonu o ochraně ovzduší, který by dle MŽP měl vyjít příští rok. V evropské legislativě – konkrétně v směrnici Evropské komise 2008/50/ES [8] již imisní limit figuruje – jedná se o průměrnou hodnotu za **kalendářní rok** a má hodnotu 25 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V Jihlavě se $PM_{2,5}$ měří pouze v lokalitě Jihlava (ZŠ Demlova) a průměrné roční koncentrace se pohybují v rozmezí 17 – 24 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tedy pod hodnotou imisního limitu. Následující Obr. 8 zobrazuje vývoj koncentrací $PM_{2,5}$ v Jihlavě a v Košeticích ve vztahu k připravovanému imisnímu limitu.

Obr. 7. Průměrné týdenní koncentrace PM_{10} v jednotlivých lokalitách



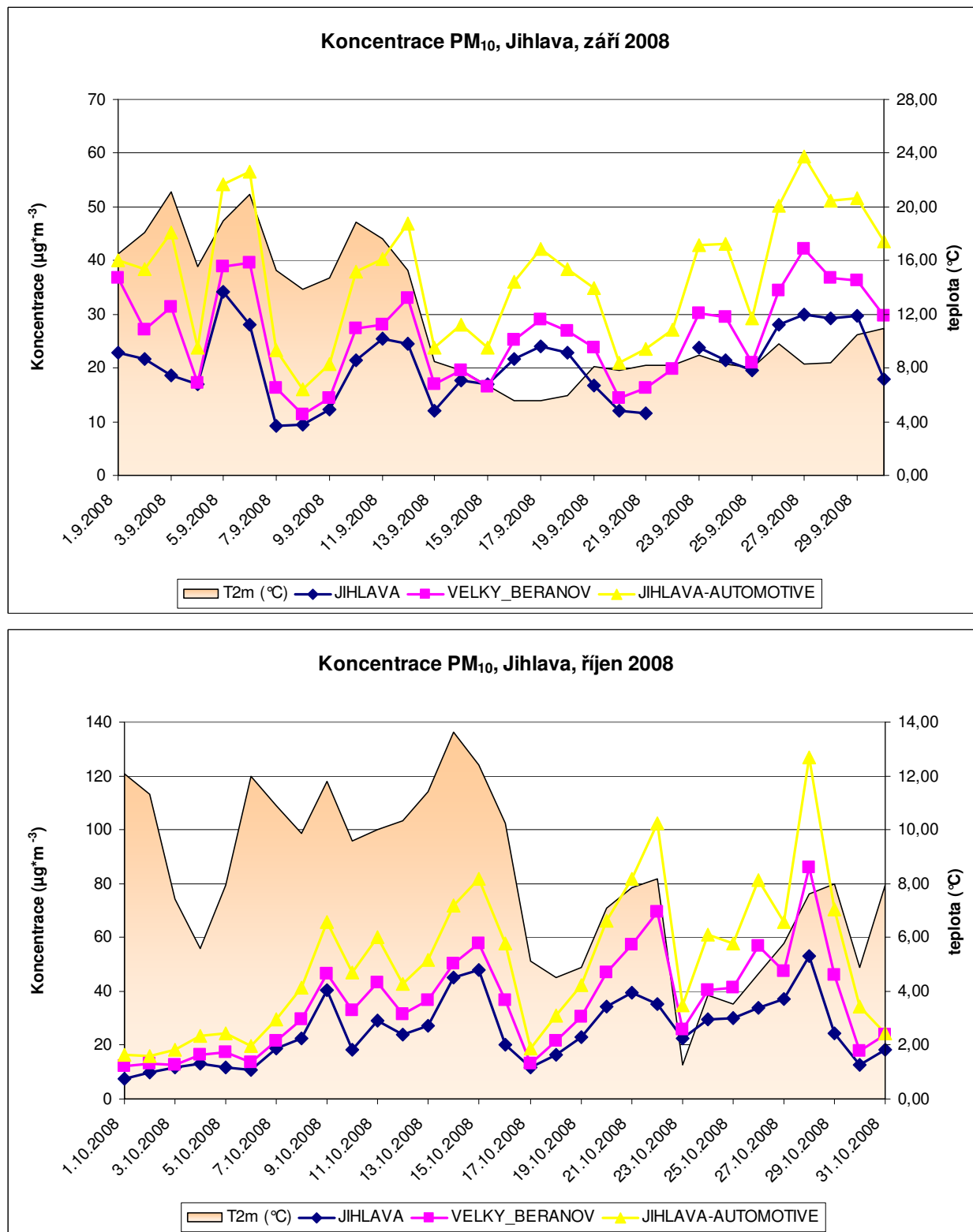
Obr. 8. Průměrné roční koncentrace $PM_{2,5}$ v Jihlavě a v Košeticích



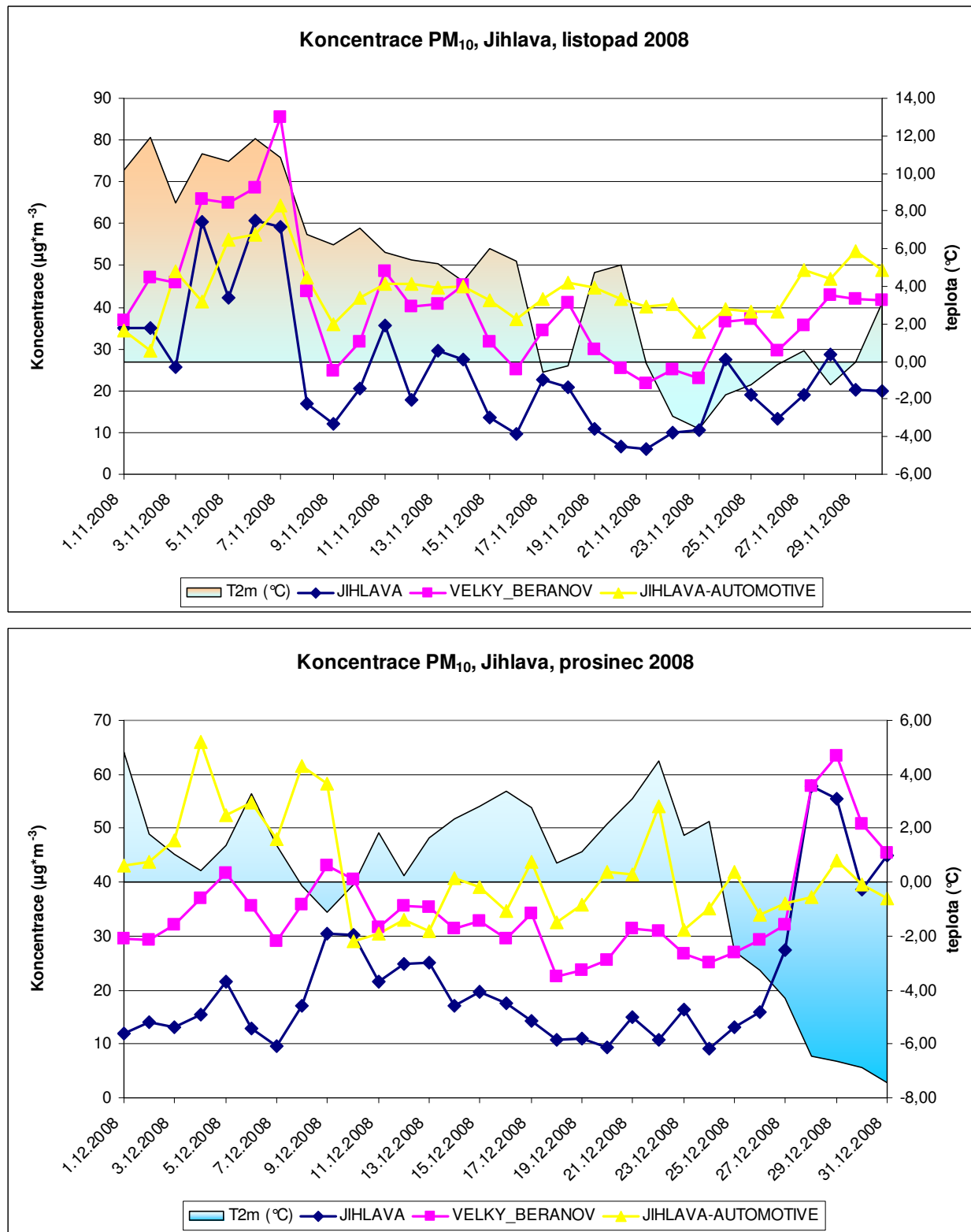
3.2.4 Vliv meteorologických podmínek na koncentraci částic

Na následujících obrázcích jsou uvedeny 24hodinové koncentrace částic PM_{10} a jejich vztah k teplotě, resp. relativní vlhkosti.

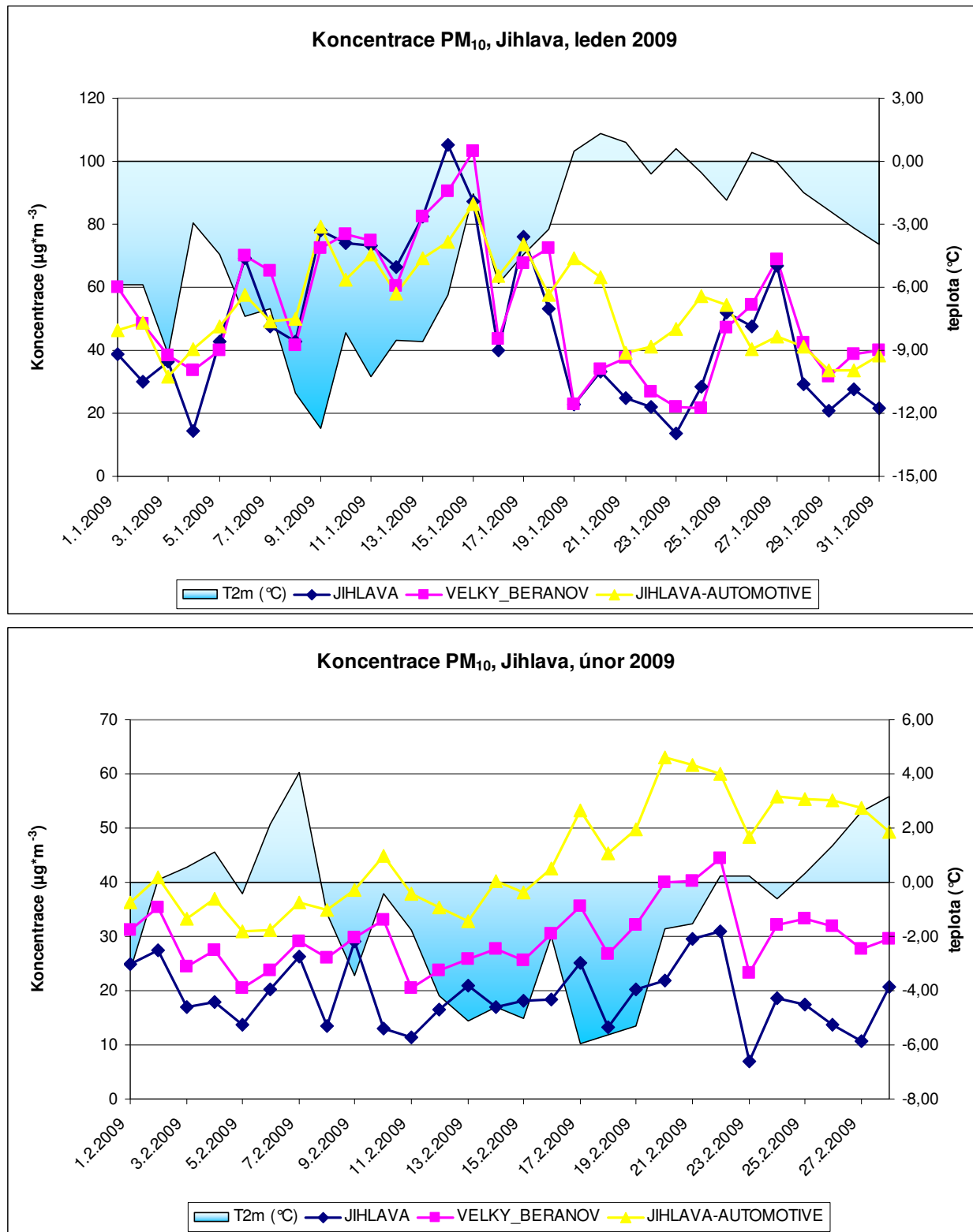
Obr. 9. Vztah koncentrace PM_{10} a teploty v Jihlavě, září – říjen 2008



Obr. 10. Vztah koncentrace PM_{10} a teploty v Jihlavě, listopad – prosinec 2008



Obr. 11. Vztah koncentrace PM_{10} a teploty v Jihlavě, leden – únor 2009



Z výše uvedených obrázků je patrné, že teplota výrazně ovlivňuje koncentrace částic. Mechanismy ovlivnění jsou dva – primární (při tvorbě sekundárních atmosférických aerosolů SAA) a sekundární (zejména antropogenní činnost – při nízkých teplotách topení, sypaní cest, studené starty vozidel atp.).

Primární vliv teploty je patrný zejména v teplejším období a má přímou závislost s koncentracemi PM_{10} . S narůstající teplotou rostou koncentrace PM_{10} . Ta významně ovlivňuje tvorbu sekundárních částic, které mohou za určitých podmínek tvořit až 50% všech částic v ovzduší. Teplé období je pro názornost v grafech odlišeno načervenalou barvou – jedná se tedy zejména o září, říjen a začátek listopadu, kdy ještě dostatečně dochází k tvorbě sekundárních částic.

Ultrajemné částice (do $0,1\ \mu m$) jsou formovány často až fyzikálními pochody v atmosféře, nejčastěji pak nukleací. Částice nukleačního modu vznikají zejména jako důsledek vysokoteplotních procesů (hoření, tavení rud, kovů, svařování) a **fotochemických reakcí**. Takovéto částice mají velikost pouhých několik nanometrů, ale mohou postupně růst až do velikosti cca $1\ \mu m$ buď kondenzací nebo koagulací. Při kondenzaci v atmosféře přítomný plyn za určitých fyzikálních podmínek kondenzuje na povrchu částice, zatímco při procesu koagulace se dvě nebo více primárních částic spojují za tvorby částice větší.

V posledních několika málo letech se objevuje rostoucí počet prací zabývajících se popisem distribuce pevných částic v atmosféře na různých místech ve světě. V mnoha případech, v nichž jsou uváděny údaje o distribucích pevných částic je dokazováno, že dominantní frakcí (v počtu částic) tvoří ultrajemné částice (menší než $0,1\ \mu m$). Počty částic v $1\ cm^3$ urbanizovaného prostředí jsou nalézány v široké škále od několika tisíc po 200000 částic. V blízkosti komunikací a v tunelech dosahují tyto koncentrace hodnot překračujících řád 10^5 v $1\ cm^3$. Okamžitá koncentrace těchto částic závisí jednak na dopravních podmínkách, ale také na podmínkách meteorologických a topografii terénu, v němž se částice tvoří a rozptylují.

Sekundární pevné částice jsou tvořeny třemi hlavními částmi.

První jsou sírany, které se objevují v atmosféře postupnou oxidací plynného oxidu siřičitého, která vede ke tvorbě oxidu sírového, a ten následně rychle kondenzuje s atmosférickou vlhkostí za tvorby kyseliny sírové. V regionech s nízkou imisní koncentrací amonných iontů zůstává kyselina sírová hlavní formou síranového iontu. Ve většině lokalit je ovšem v atmosféře dostatek plynného amoniaku, který kyselinu sírovou neutralizuje za vzniku krystalizačních jader síranu amonného.

Stejně je oxidován v atmosféře i oxid dusičitý NO_2 tvořící druhý zdroj sekundárních částic (většinou s rychlejší kinetikou než je oxidace SO_2), a to za tvorby kyseliny dusičné, která je v ovzduší přítomna v plynné formě. Kyselina dusičná má však tendenci rychle reagovat s amoniakem přítomným v ovzduší, případně i s dalšími sloučeninami jako například $CaCO_3$ nebo $NaCl$, což vede k rychlé tvorbě pevných dusičnanových částic. Tvorba dusičnanu amonného je však reakcí reverzibilní, protože při vysoké teplotě a nízké relativní vlhkosti dochází v atmosféře k disociaci dusičnanu amonného a ke zpětné tvorbě kyseliny dusičné a volného amoniaku. Tento proces je vysvětlením denních a sezónních změn v koncentracích dusičnanu amonného, jenž jsou monitorovány stanicemi imisní sítě ČHMÚ.

Třetím zdrojem tvorby sekundárních částic je sekundární organický aerosol (SOA). Ten obsahuje oxidované organické sloučeniny, které se tvoří ve volném ovzduší reakcemi s VOC. Například biogenní VOC jako je α -pinen emitovaný stále zelenými rostlinami (jehličnaté stromy) je velice reaktivní a v lokalitách s jeho vyššími koncentracemi (lesnaté lokality)

poskytuje významný zdroj SOA. Neméně důležité jsou i antropogenní zdroje VOC schopné atmosférické oxidace, přičemž se vytváří částice s nižší volatilitou schopné kondenzace jenž formují typické SOA v průmyslových oblastech. Tvorba těchto SOA je pomalejší vyžadující zpravidla 24 hod a více.

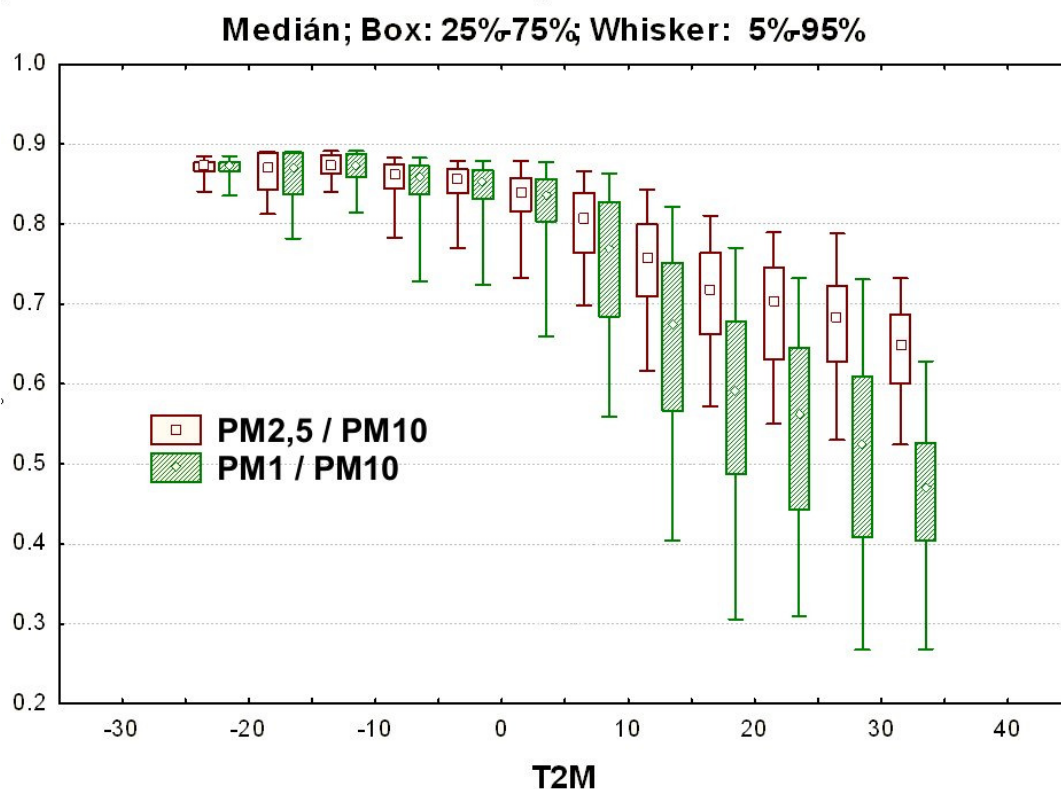
Koncentrace sekundárních částic, jako jsou např. sírany či další anorganické soli ve volném ovzduší, tak mají tendenci vytvářet velice podobné imisní koncentrace ve velkých oblastech atmosféry, mohou-li být tyto oblasti definovány podobnými meteorologickými podmínkami, které jsou pro jejich tvorbu (mimo dostatek „základních stavebních prvků“) určující.

Sekundární vliv se projevuje zejména v chladném období – v grafech je pro názornost teplota vynášena modrou barvou. Oproti primárnímu vlivu se jedná o úměru nepřímou – tedy se snižující se teplotou rostou koncentrace PM. Při nižších teplotách vzniká nutnost vytápět domácnosti. Emise v oblasti tedy významně narostou na rozdíl od letního období, kdy se malé zdroje na emisích nepodílejí. Vzhledem k tomu, že emise z malých zdrojů jsou po dopravě nejvýznamnějším zdrojem emisí tuhých látek do ovzduší (zhruba 1/3 všech emisí TZL, v provozu nejsou po celý rok na rozdíl od ostatních zdrojů) v kraji Vysočina, musí se tento nárůst emisí projevit i zvýšenými koncentracemi PM v ovzduší. Dalším doprovodným jevem jsou tzv. studené starty. S nárůstem množství motorových vozidel roste i počet vozidel parkujících mimo garáže v otevřeném prostoru. Prochladlý motor pak po dobu než se „zahřeje“ produkuje větší množství emisí. Vzhledem k majoritnímu podílu dopravy na emisích TZL nemusí být ani tento nárůst nepodstatný. Pokud se při nízkých teplotách vyskytují srážky, dojde navíc na tzv. sypaní ulic a chodníků, popř. solení. To jsou další zdroje pevných částic. Zejména po vyschnutí silnic pak vlivem víření (z dopravy) a proudění tyto částice resuspendují do ovzduší a zvyšují koncentrace PM. Z tohoto hlediska je velmi důležité zejména po skončení zimní sezóny vyčistit silnice a chodníky, aby se resuspenzi co nejvíce zabránilo. Dalším doprovodným jevem nízkých teplot a sněhové pokrývky je vznik teplotních inverzí. Ty s sebou přináší nedostatečné provětrávání atmosféry, která se tak chová jako hrnec přikrytý pokličkou (na hranici teplotní inverze), ve kterém se kumulují všechny emise. Silné teplotní inverze např. významně ovlivnily začátek roku 2006, kdy jak v lednu tak v únoru došlo k výskytu inverzí a současně došlo k nárůstu koncentrací PM₁₀ a překročení imisního limitu.

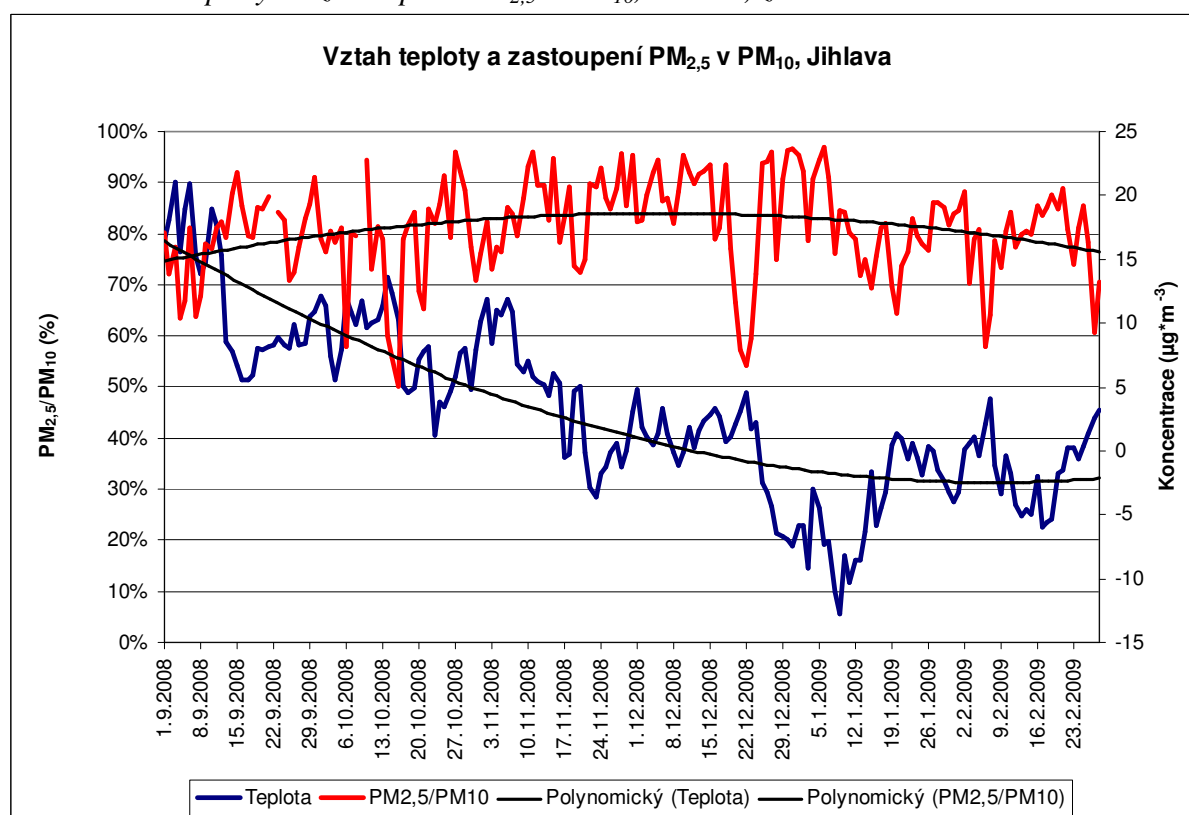
Sekundární vliv byl během měření v Jihlavě velmi dobře zachycen koncem roku 2008 a dále pak v průběhu ledna a února 2009. Ochlazením z 2°C (24.12.2008) na -7,5°C (31.12.2008) znamenalo zvýšení koncentrací PM₁₀ z 10 µg*m⁻³ na až k hranici 60 µg*m⁻³ (Jihlava, ZŠ Demlova). A naopak během lednové epizody zvýšených koncentrací (až 100 µg*m⁻³) přesáhly teploty -10°C a nad územím se vyskytovala mírná teplotní inverze. Poté přešla nad územím okluzní fronta, atmosféra se pročistila, zvedly se teploty až nad 0°C a koncentrace PM₁₀ poklesly k 20 µg*m⁻³ [14].

Teplota má kromě vlivu na koncentrace částic rovněž vliv na jejich velikostní distribuci. Při poklesu teploty stále více dominuje frakce PM_{2,5} a PM₁ (Obr. 12), tedy částice, které jsou zvláště nebezpečné z hlediska ochrany zdraví [17]. Obrázek jasně ukazuje, že při nízkých teplotách blížících se -30°C se PM₁₀ skládá z 90% z PM₁ a naopak při vysokých teplotách se zastoupení PM₁ pohybuje pod 50% PM₁₀. Z toho vyplývá, že v chladném období, kdy jsou měřeny nejvyšší koncentrace PM₁₀ je zároveň nejvyšší zastoupení jemné frakce a tedy z hlediska zdravotních rizik nejnebezpečnější typ částic. To potvrzují i výsledky měření v Jihlavě.

Obr. 12. Zastoupení frakce PM_1 a $PM_{2,5}$ v PM_{10} v závislosti na teplotě.

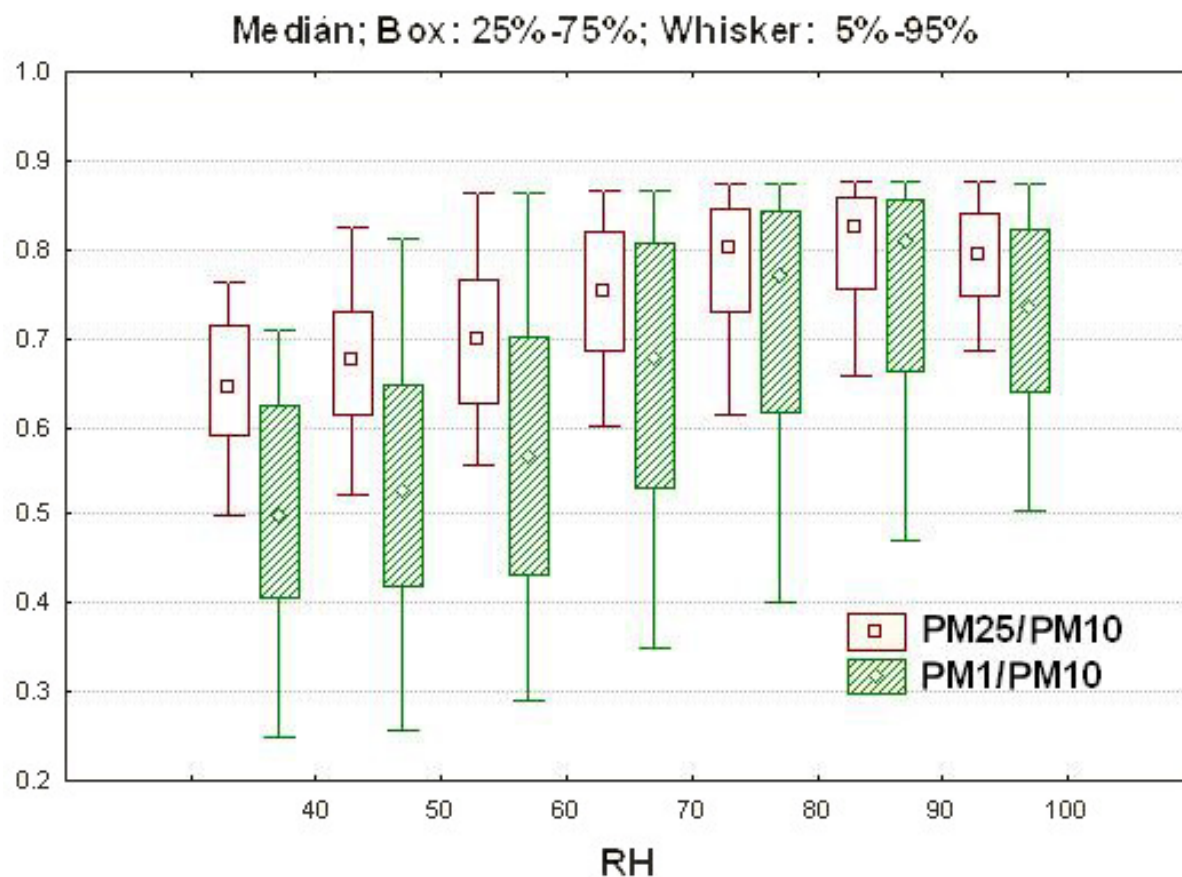


Obr. 13. Vliv teploty na zastoupení $PM_{2,5}$ v PM_{10} , Jihlava, září 2008 – únor 2009



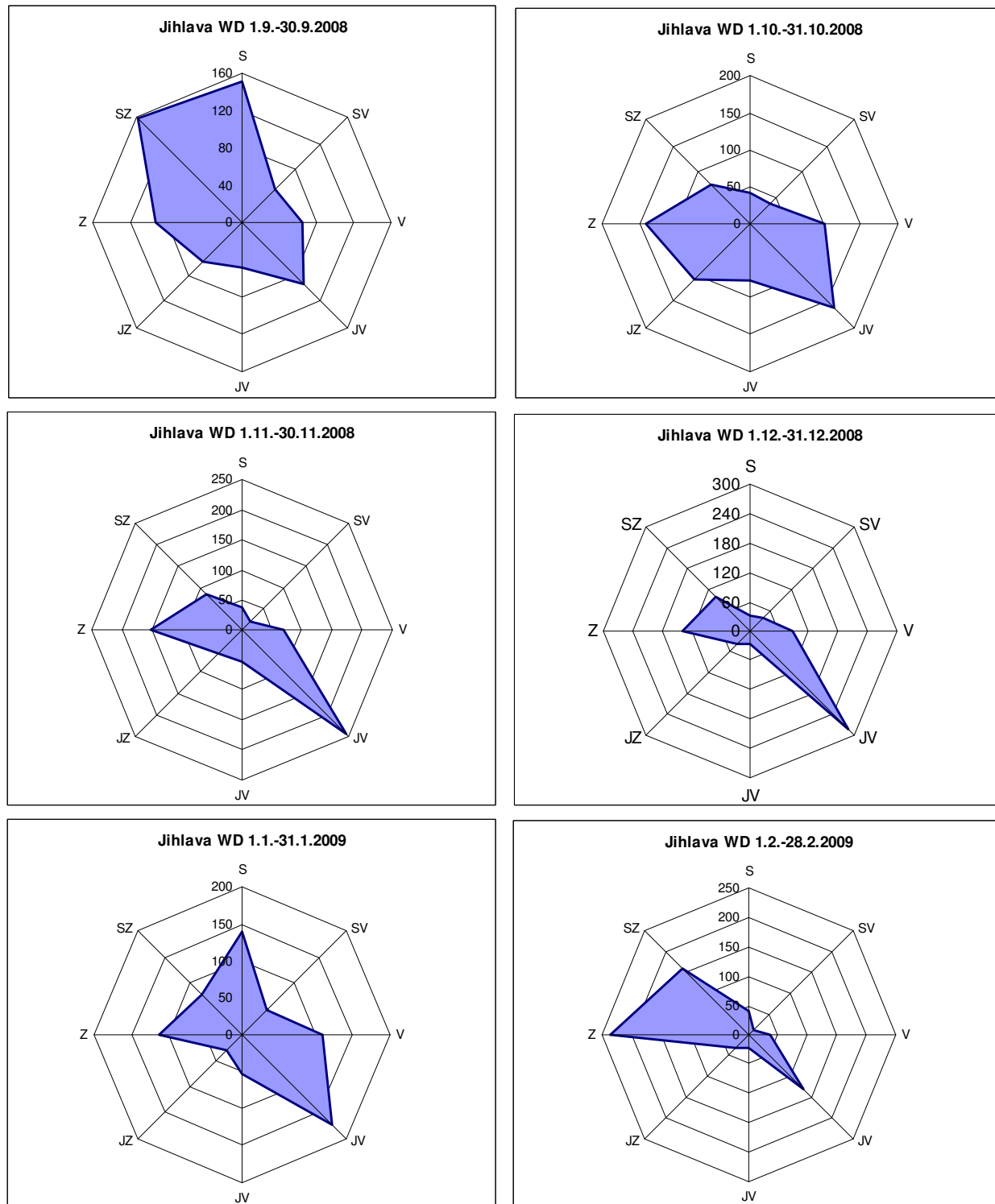
Částečně ovlivňuje koncentrace PM i relativní vlhkost vzduchu, zejména v denním chodu. Kromě koncentrací se relativní vlhkost podílí také na velikostní distribuci částic, přičemž platí, že s narůstající relativní vlhkostí roste podíl jemnější frakce [17]. Vliv relativní vlhkosti na velikostní distribuci částic je uveden na Obr. 14.

Obr. 14. Vliv relativní vlhkosti na velikostní distribuci částic



Transport škodlivin v atmosféře zajišťuje proudění, jehož směr do značné míry určuje, jak se budou škodliviny šířit. Zastoupení jednotlivých směrů proudění vyjadřuje tzv. větrná růžice, která statisticky vyhodnocuje směry proudění. V následujícím Obr. 15 jsou uvedeny větrné růžice pro jednotlivé měsíce měření.

Obr. 15. Větrné růžice, Jihlava, září 2008 – únor 2009



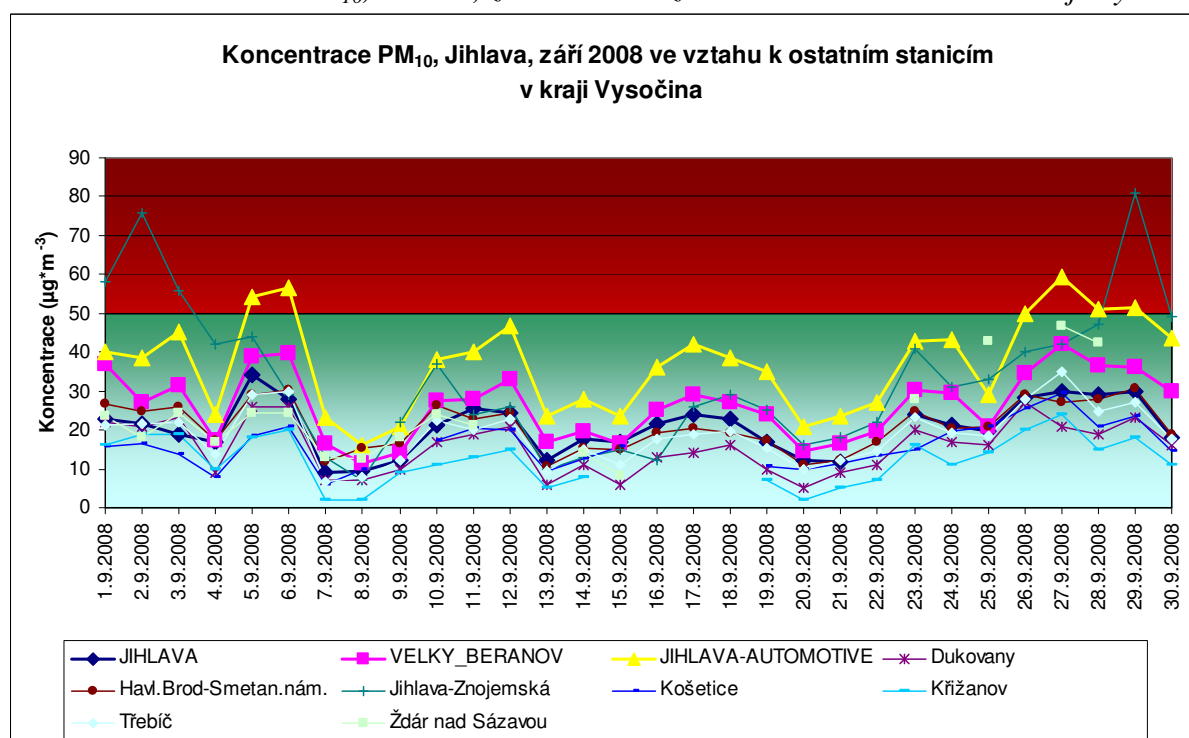
Z uvedených větrných růžic je patrné, že v září převládalo proudění ze severu až severozápadu. Od října začíná převládat proudění od jihovýchodu. V říjnu se na proudění

podílí ještě i proudění od západu, v listopadu a v prosinci však již jasně dominuje proudění od jihovýchodu. V lednu se k nejvýznamnějšímu proudění od jihovýchodu přidává ještě proudění od severu a západu. V únoru pak dominuje proudění od západu.

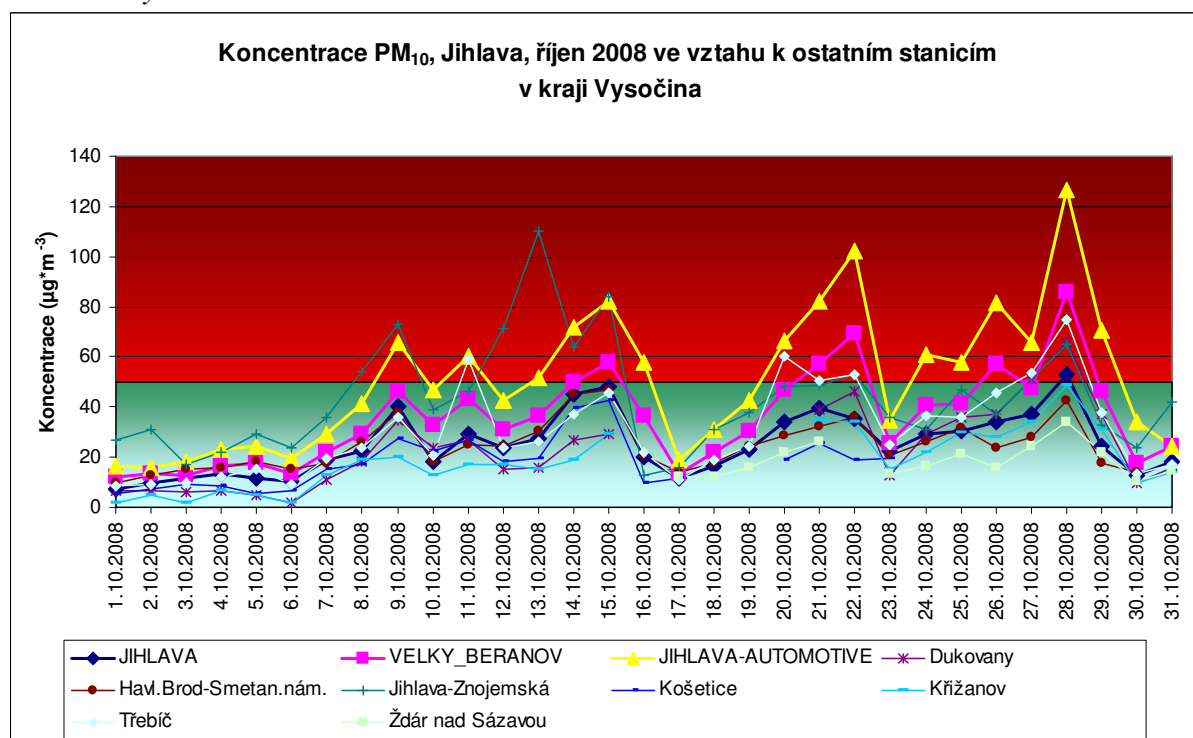
3.2.5 Vztah hodnot naměřených v Jihlavě k měřením v kraji Vysočina

K lepšímu pochopení stavu ovzduší v Jihlavě z hlediska částic PM_{10} jsou v této kapitole porovnány výsledky měření z období září 2008 – únor 2009 s měřeními PM_{10} v ostatních lokalitách kraje Vysočina v totožném období. Graficky jsou výsledky vyneseny po jednotlivých měsících v následujících Obr. 16 - Obr. 21. Barva pozadí vymezuje koncentraci $50 \mu g \cdot m^{-3}$, která když je za kalendářní rok překročena více než 35x, tak je překročen imisní limit pro 24hodinovou koncentraci PM_{10} .

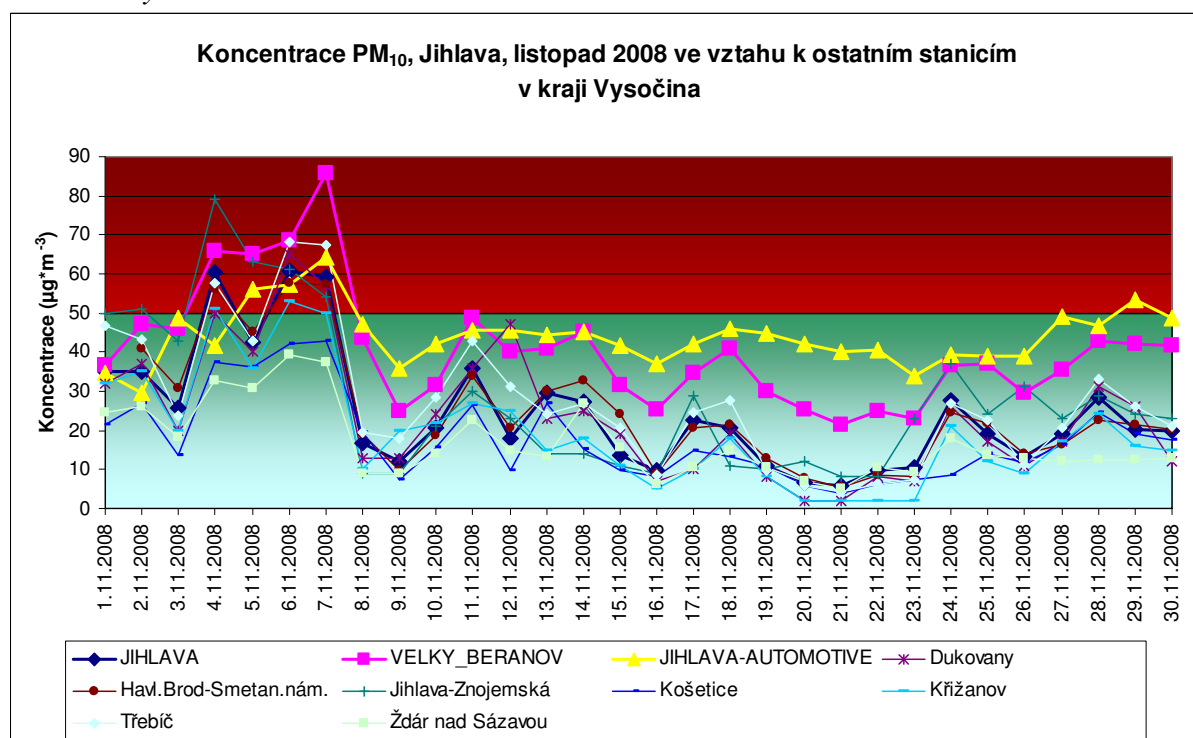
Obr. 16. Koncentrace PM_{10} , Jihlava, září 2008 ve vztahu k ostatním stanicím v kraji Vysočina



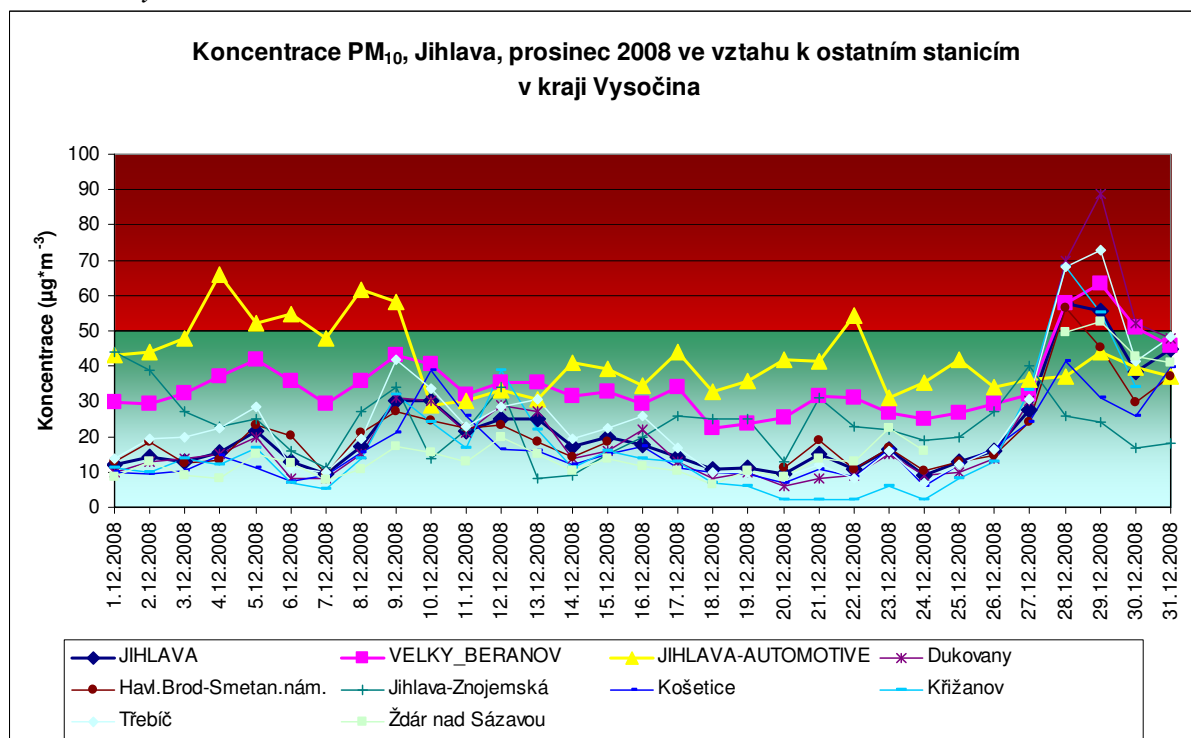
Obr. 17. Koncentrace PM_{10} , Jihlava, říjen 2008 ve vztahu k ostatním stanicím v kraji Vysočina



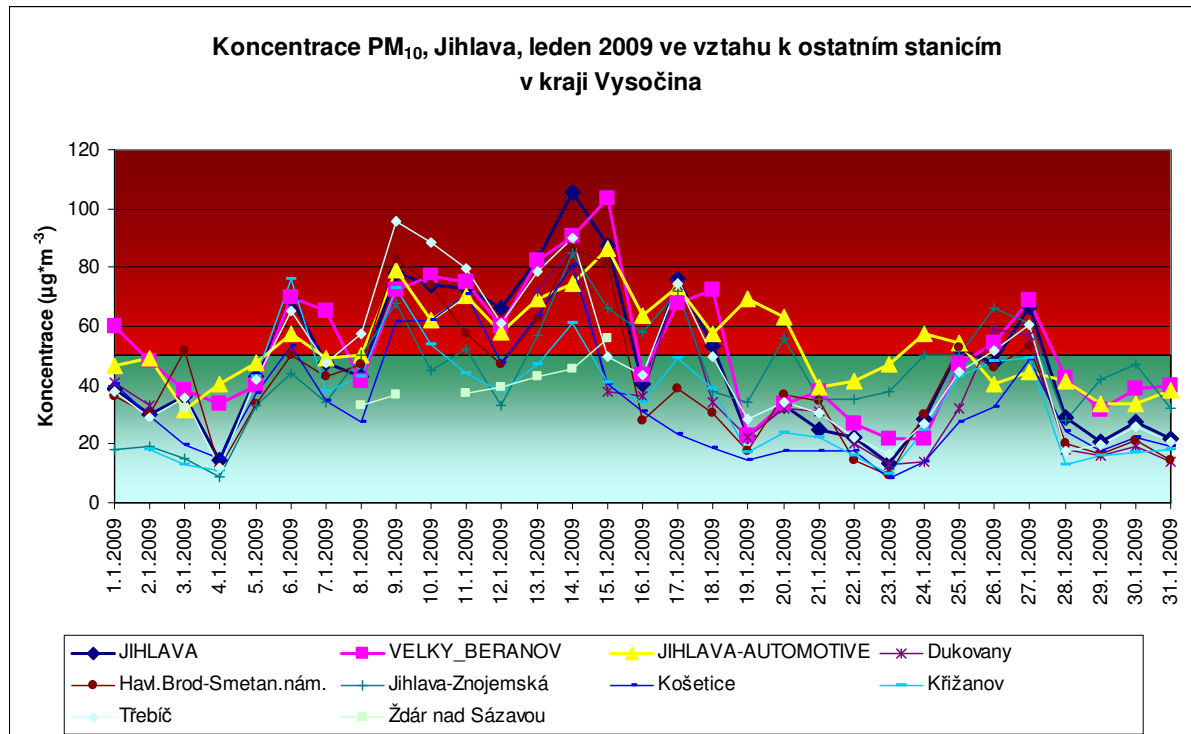
Obr. 18. Koncentrace PM_{10} , Jihlava, listopad 2008 ve vztahu k ostatním stanicím v kraji Vysočina



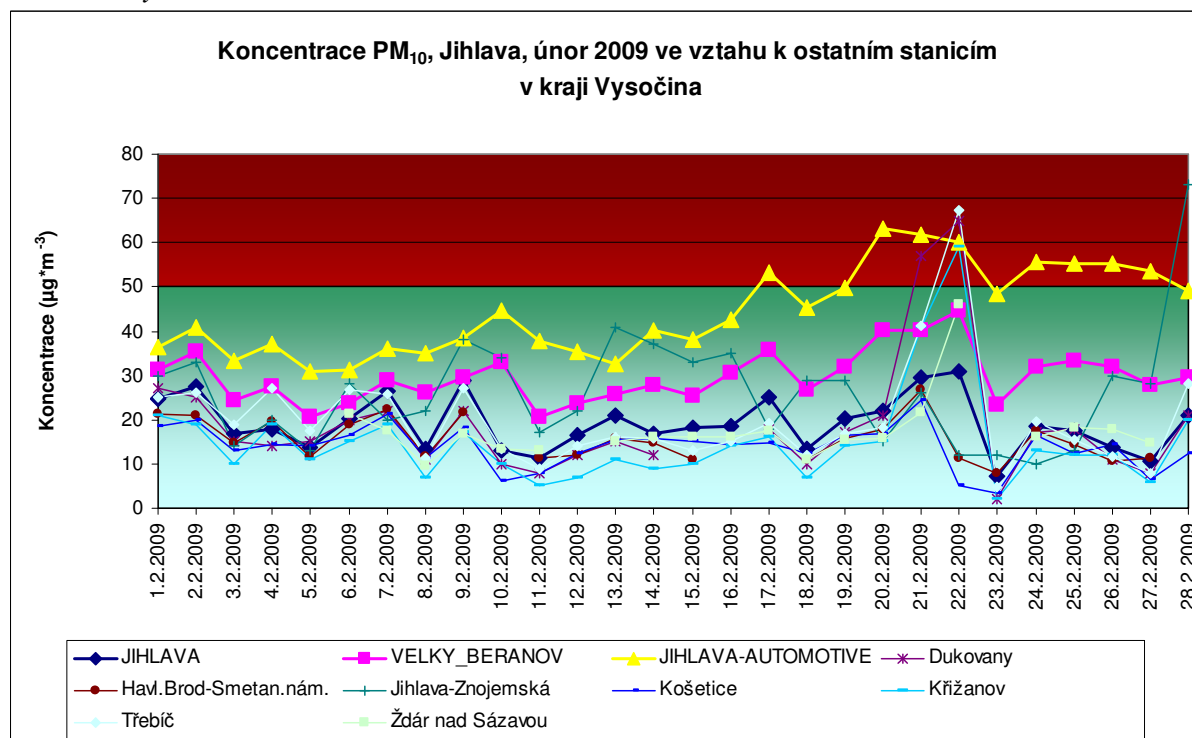
Obr. 19. Koncentrace PM_{10} , Jihlava, prosinec 2008 ve vztahu k ostatním stanicím v kraji Vysočina



Obr. 20. Koncentrace PM_{10} , Jihlava, leden 2009 ve vztahu k ostatním stanicím v kraji Vysočina



Obr. 21. Koncentrace PM_{10} , Jihlava, únor 2009 ve vztahu k ostatním stanicím v kraji Vysočina

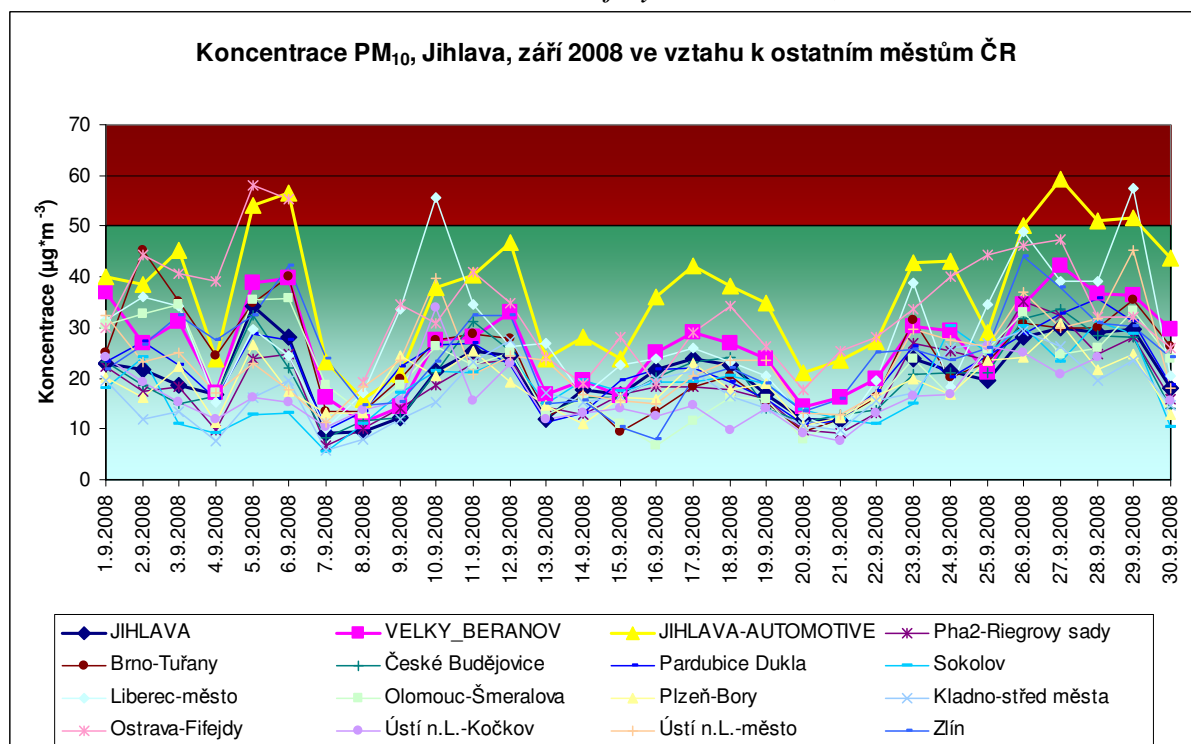


Z grafů uvedených na Obr. 16 - Obr. 21 je patrné, že měření v Jihlavě se nevymyká celkovému kontextu imisního monitoringu v kraji Vysočina. Měření v lokalitě Automotive Lighting poskytuje často nejvyšší koncentrace PM_{10} v kraji, je třeba si však uvědomit, že tato lokalita je jako jediná v blízkosti nejvýznamnějšího liniového zdroje v kraji (dálnice D1) a jak vyplývá z emisní analýzy, doprava je největším producentem tuhých látek v kraji Vysočina. Z výsledků je rovněž patrné, že lokalitu Automotive Lighting často doplňuje vysokými koncentracemi lokalita Jihlava – Znojemská, která je také považována za dopravní stanici, avšak leží na dopravou méně zatížené lokalitě. Nejnížší koncentrace jsou pak měřeny v Košetcích či v Křižanově – v dopravou nezatížených lokalitách, nízké koncentrace jsou rovněž měřeny v Dukovanech a v Jihlavě (AIM v areálu ZŠ Demlova).

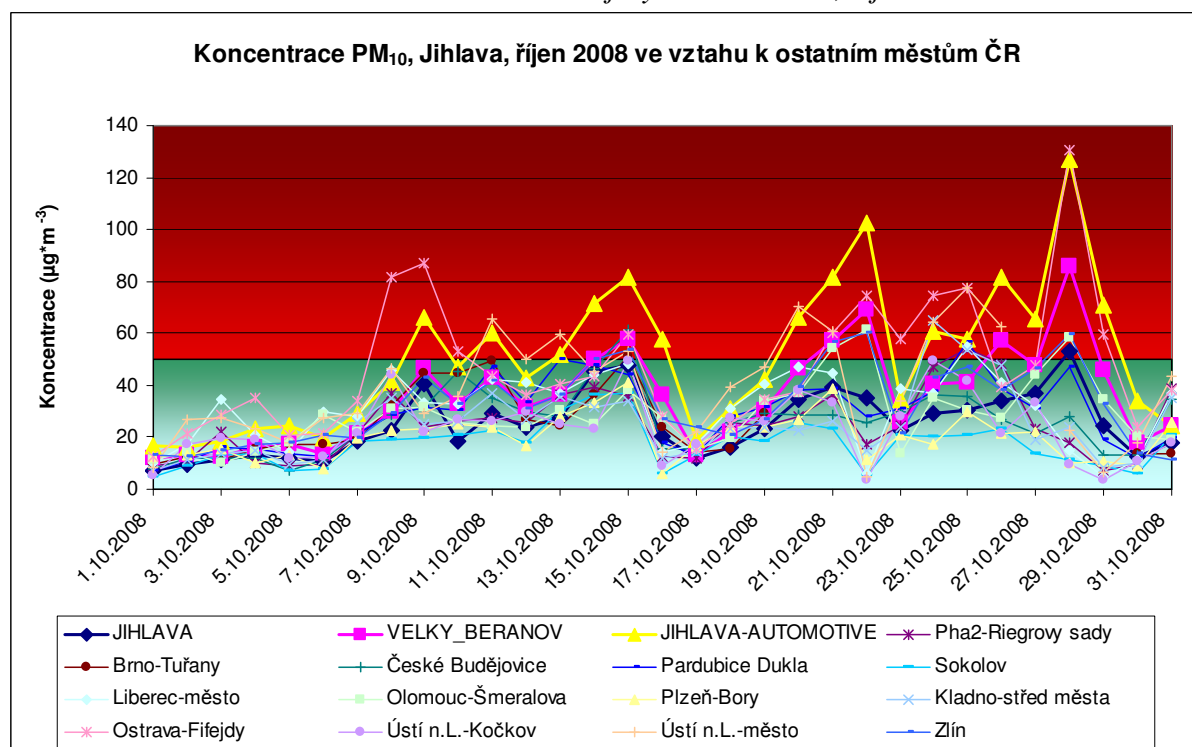
3.2.6 Vztah hodnot naměřených v Jihlavě k měřením v dalších krajských městech ČR

V následujících grafech je uveden vztah měření v Jihlavě (září 08 – únor 09) k ostatním krajským městům vybraným v rámci kapitoly II této studie – Charakteristika imisního pozadí. Ve výběru byly použity **pozadíové stanice** (obdobně jako je AIM Jihlava) všech krajských měst s výjimkou Hradce Králové, kde se nepodařilo najít stanici s charakteristikou podobnou té Jihlavské. Rovněž v případě Karlových Varů nebyla nalezena odpovídající stanice, proto byla použita stanice z nedalekého Sokolova pro alespoň částečné dokreslení situace.

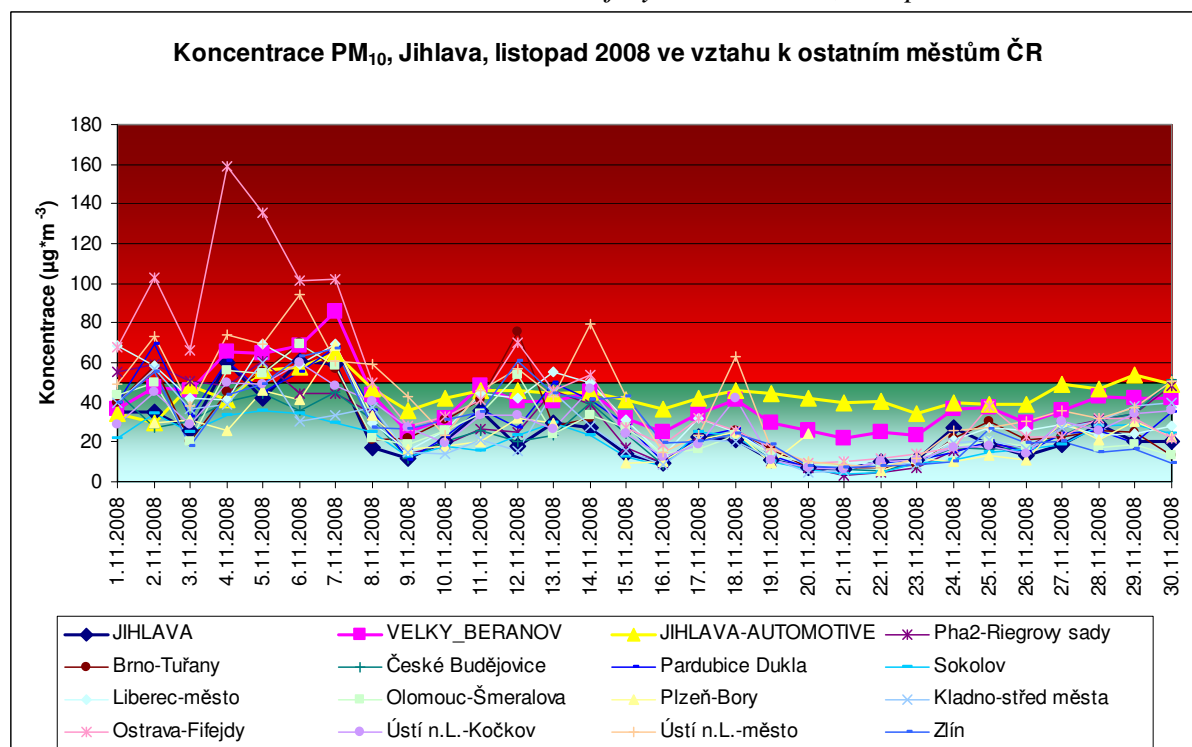
Obr. 22. Vztah měření v Jihlavě k ostatním krajským městům ČR, září 2008



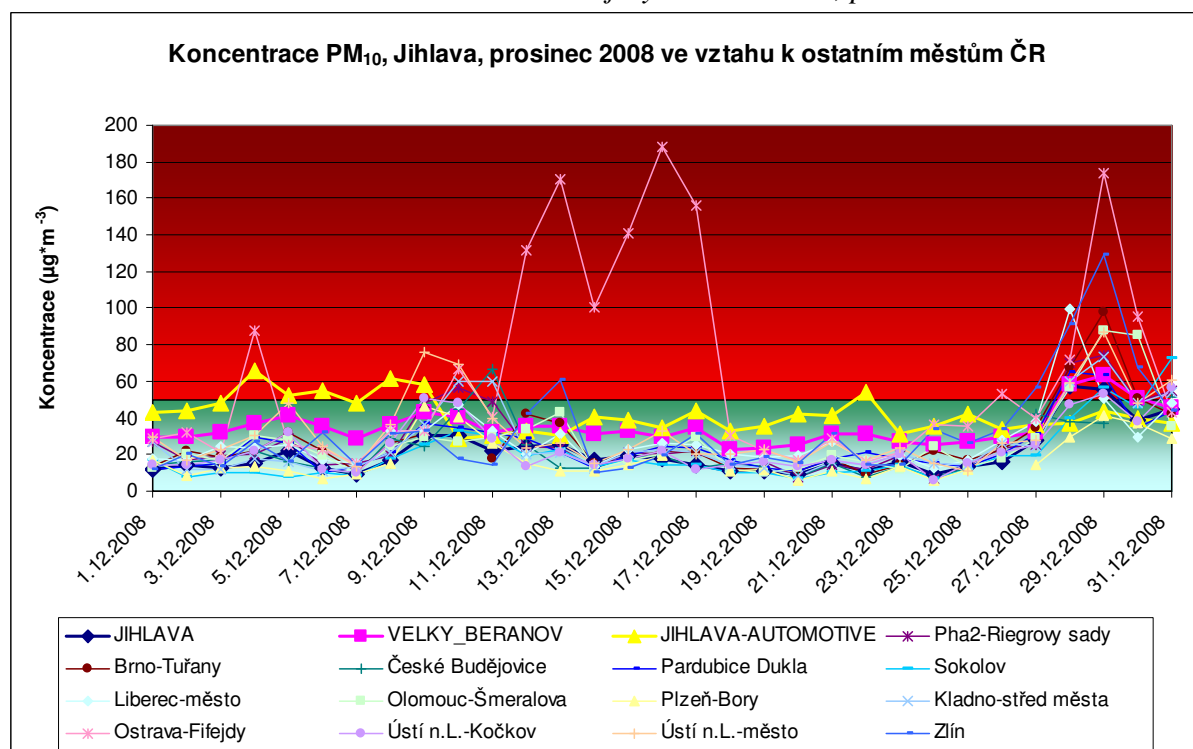
Obr. 23. Vztah měření v Jihlavě k ostatním krajským městům ČR, říjen 2008



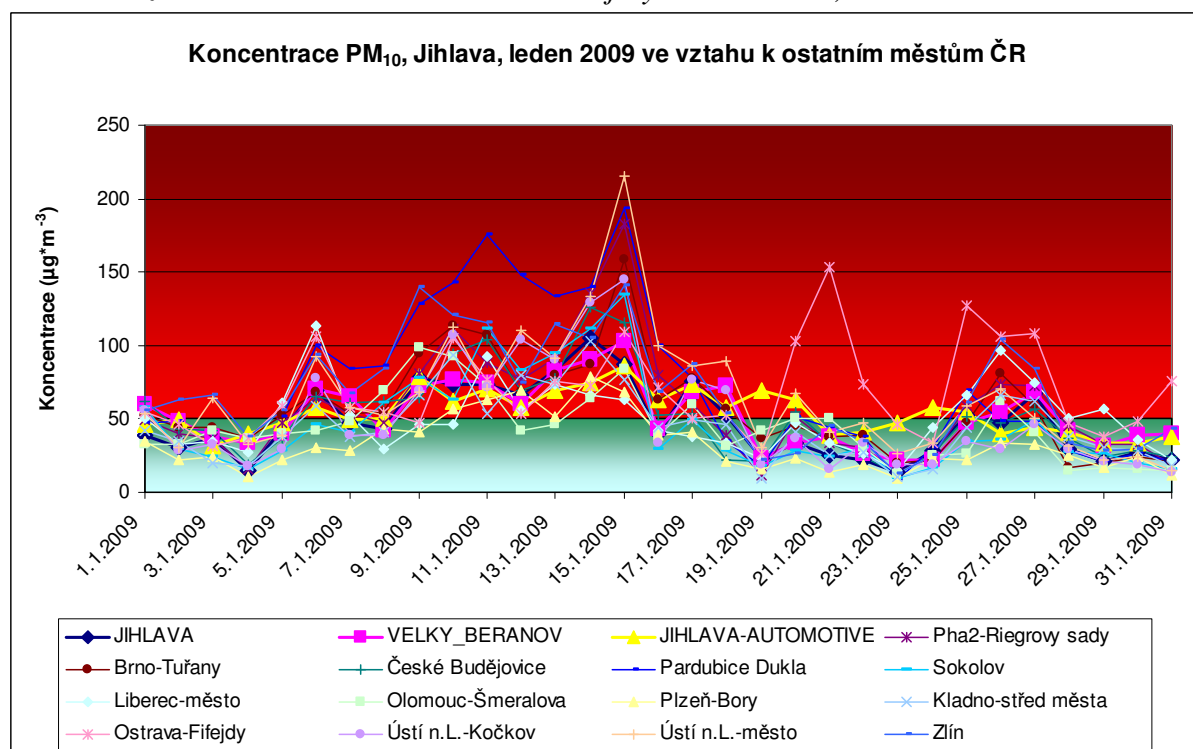
Obr. 24. Vztah měření v Jihlavě k ostatním krajským městům ČR, listopad 2008



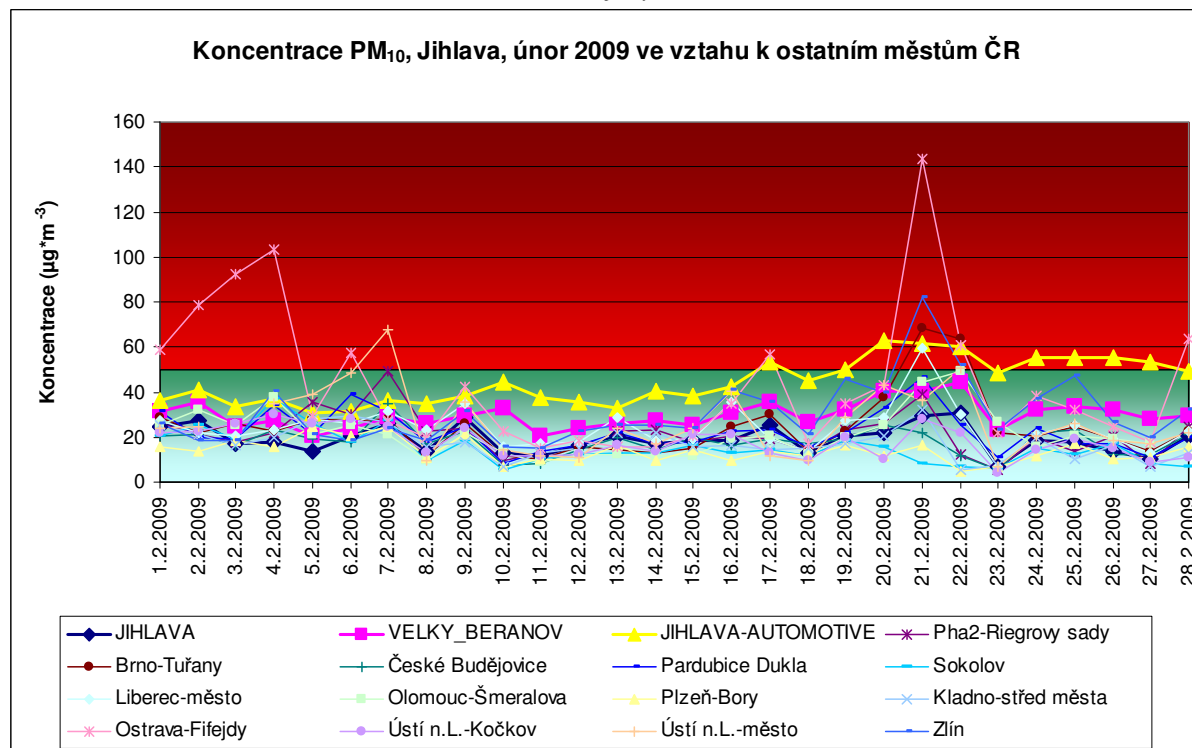
Obr. 25. Vztah měření v Jihlavě k ostatním krajským městům ČR, prosinec 2008



Obr. 26. Vztah měření v Jihlavě k ostatním krajským městům ČR, leden 2009



Obr. 27. Vztah měření v Jihlavě k ostatním krajským městům ČR, únor 2009



Z grafů uvedených na Obr. 22 - Obr. 27 je patrné, že z hlediska trendů koncentrací PM₁₀ je měření v Jihlavě plně kompatibilní s vývojem koncentrací v celé ČR. Je důležité vnímat, že se jedná o pozadňové lokality v místech plně napojených na CZT. Tyto stanice byly vybírány pro srovnání s měřením stanice AIM Jihlava (v areálu ZŠ Demlova).

Z grafů vyplývá, že lokalita Jihlava (ZŠ Demlova) dosahuje jedny z nejnižších koncentrací PM₁₀ ze všech krajských měst ČR. Velký Beranov, přestože není napojen na CZT a právě v zimním období se tedy dají očekávat zvýšené emise TZL z lokálních topenišť, dosahuje průměrných koncentrací PM₁₀ v rámci srovnání koncentrací v krajských městech ČR.

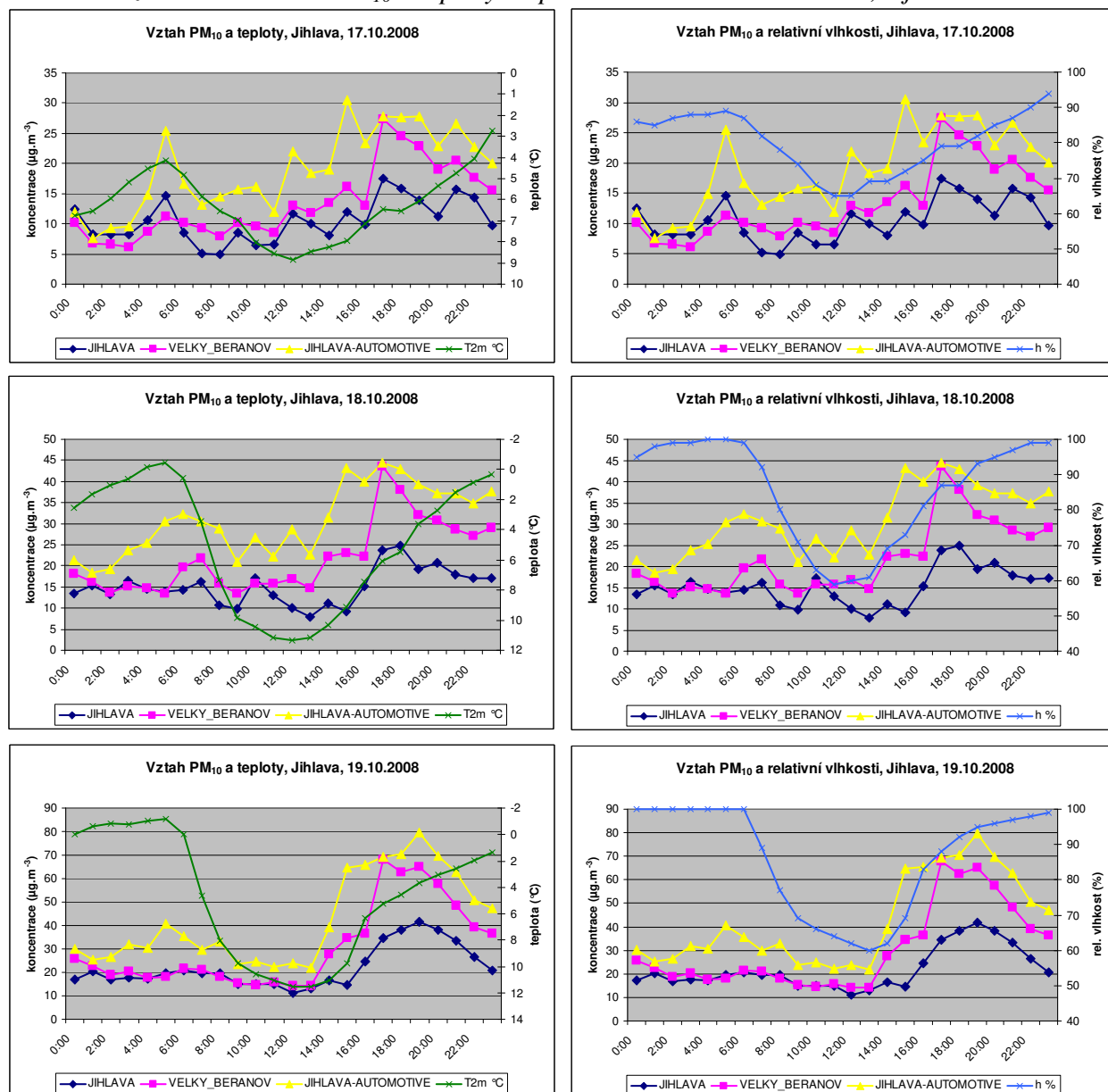
Lokalita Automotive Lighting dosahuje jedněch z nejvyšších koncentrací PM₁₀ ze všech srovnávaných měst, avšak vzhledem k umístění a charakteru stanice (dopravní) se to dalo očekávat. I z těchto grafů je však patrné, že nejvyšších koncentrací dosahuje ostravská pozadňová stanice Ostrava – Fifejdy. Tato stanice leží uprostřed hustě osídleného sídliště plně napojeného na CZT, lokalita není přímo ovlivněna dopravou, avšak vysoké pozadí PM₁₀ v Ostravě způsobuje, že lidé v této oblasti dýchají horší vzduch než kdyby bydleli v průmyslové zóně města Jihlavy nedaleko dálnice D1.

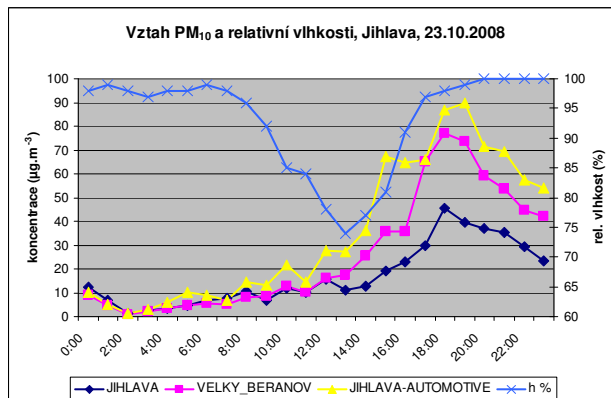
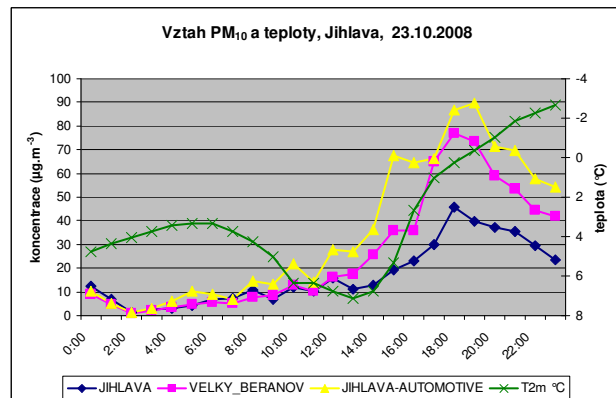
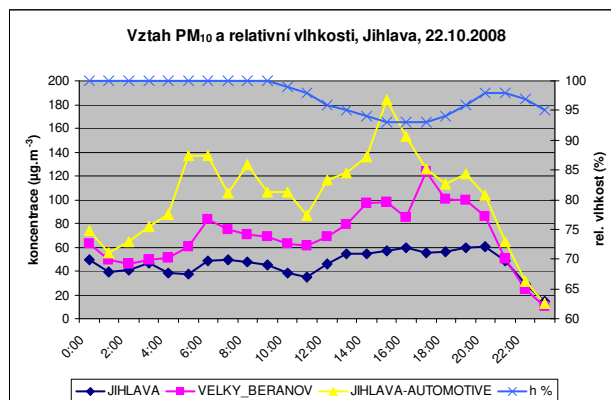
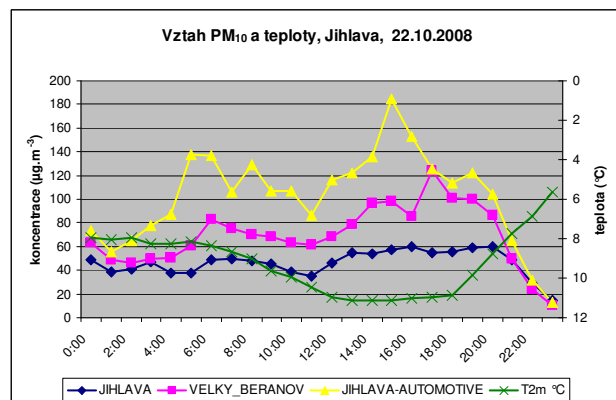
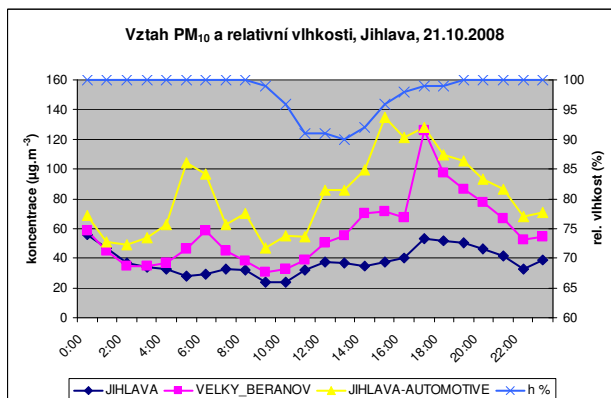
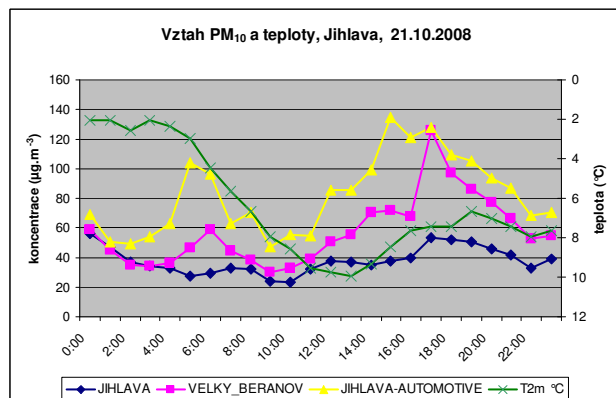
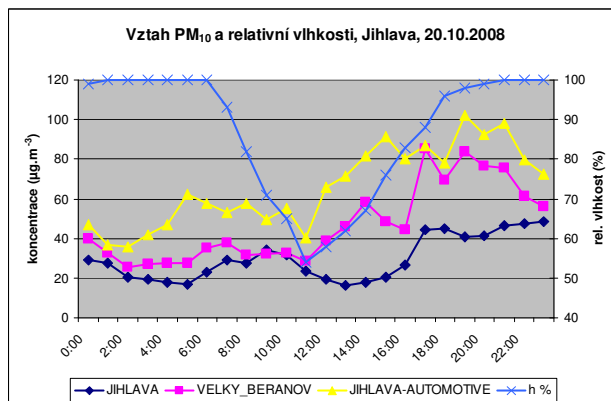
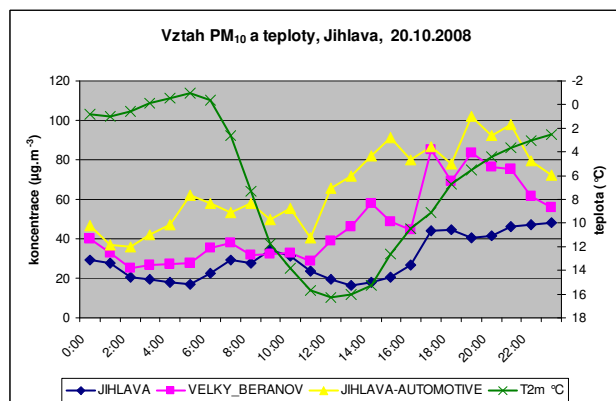
3.2.7 Epizody zvýšených koncentrací PM₁₀

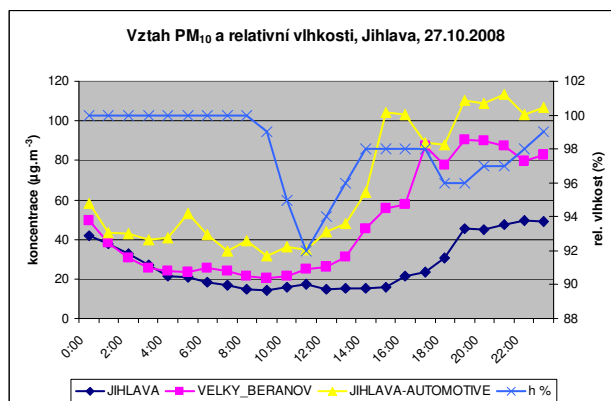
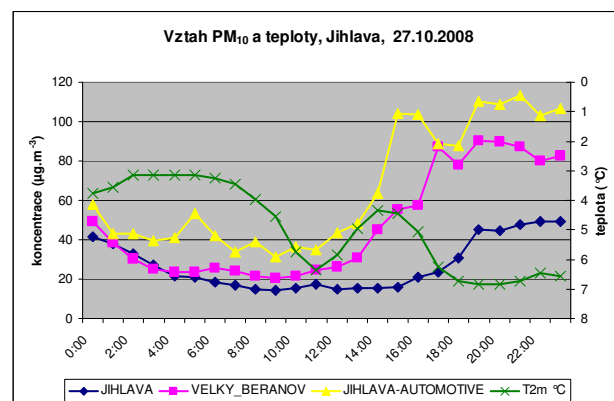
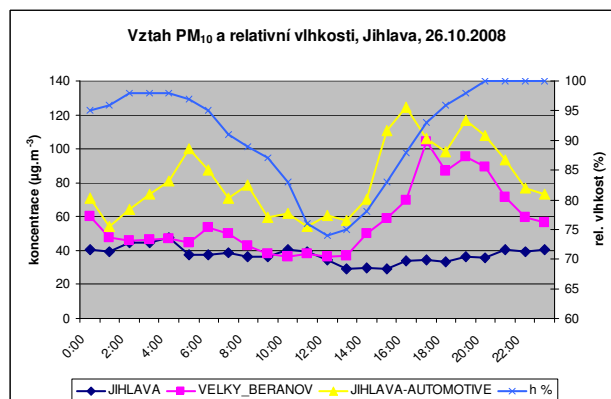
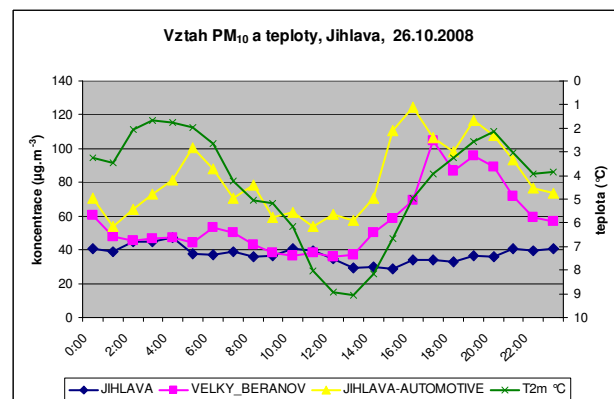
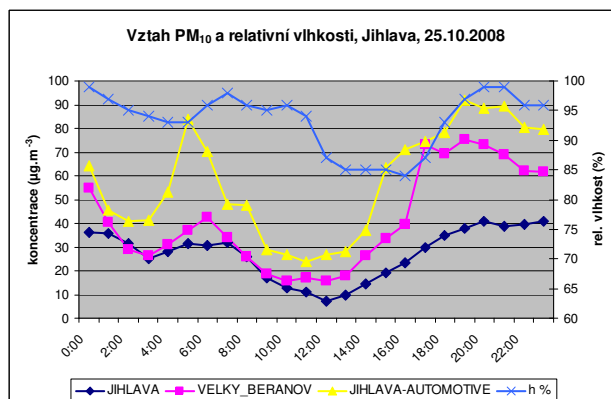
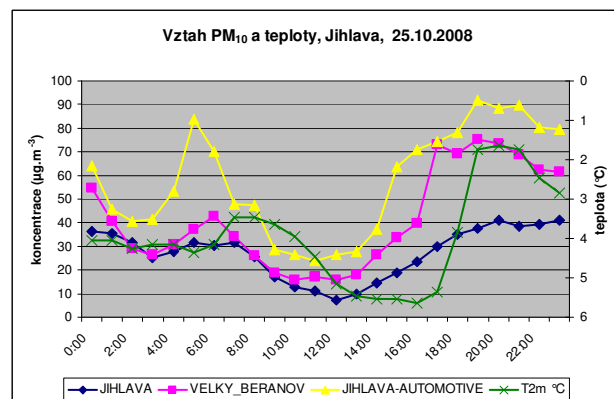
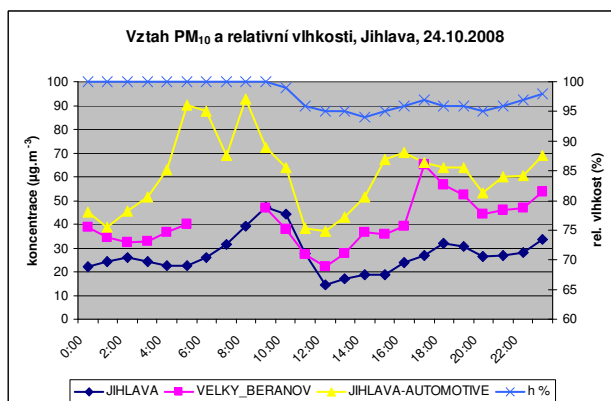
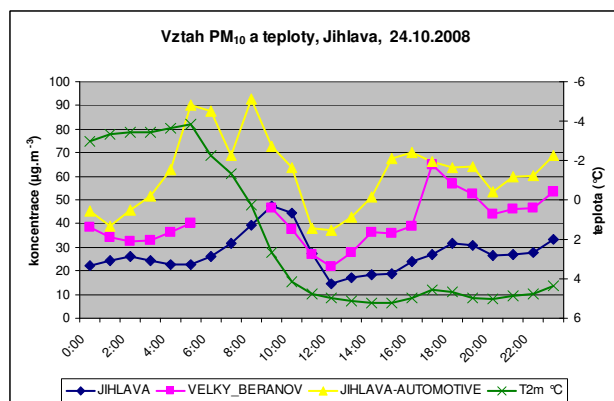
V rámci této studie budou podrobně zkoumány 2 epizody zvýšených koncentrací PM₁₀. Jedná se o epizodu v období 17.-31.10.2008 a dále pak 5.-20.1.2009. V těchto obdobích byly naměřeny nejvyšší koncentrace PM₁₀ na všech třech lokalitách Jihlavy.

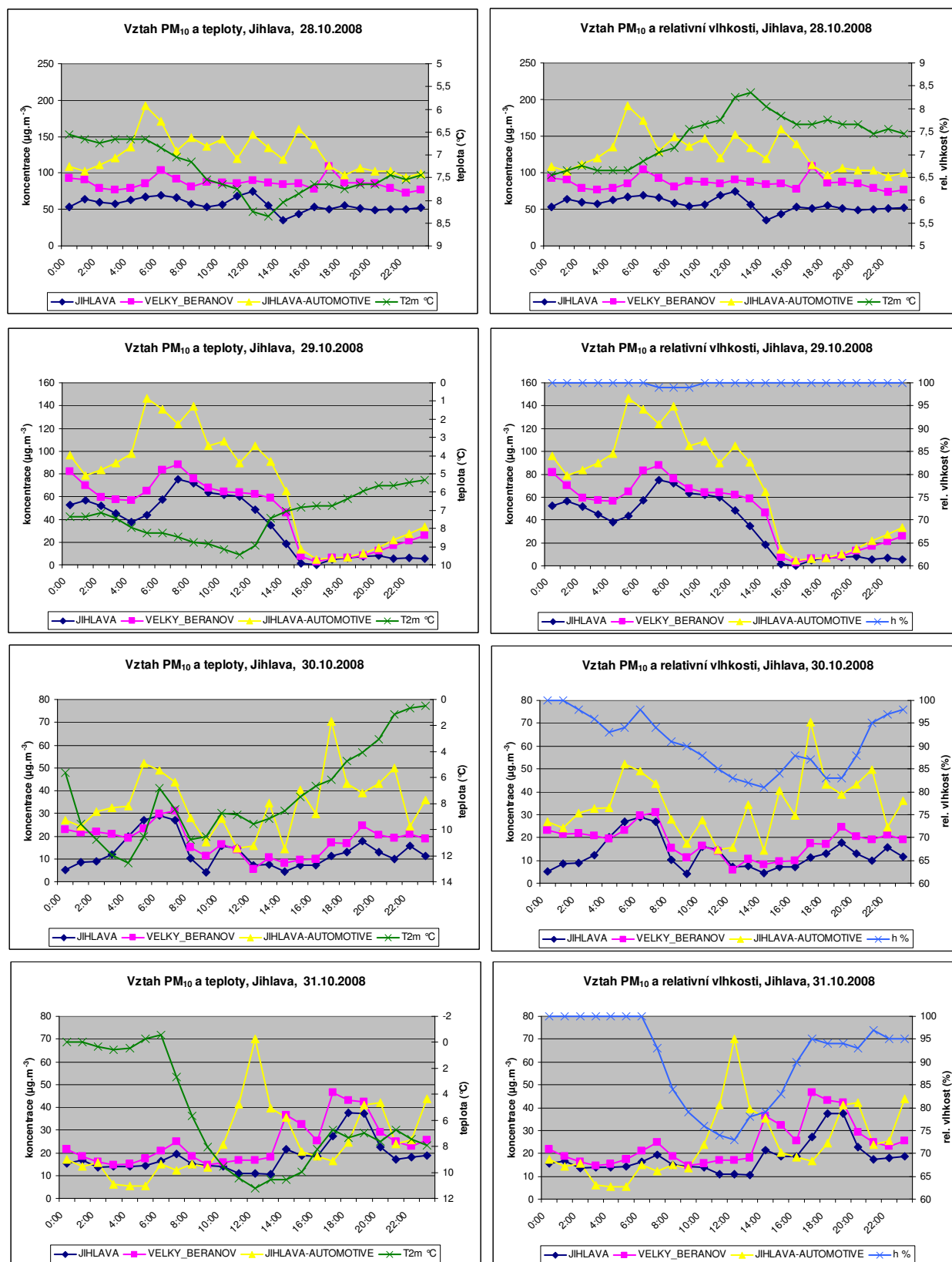
Z tohoto důvodu byly tyto epizody zkoumány až na úroveň hodinových koncentrací. Pro názornost byly vybrány epizody s nejvyššími koncentracemi PM₁₀ v říjnu a lednu. Současně byl analyzován i vliv teploty v těchto epizodách.

Obr. 28. Vztah koncentrace PM₁₀ a teploty resp. relativní vlhkosti v Jihlavě, říjen 2008

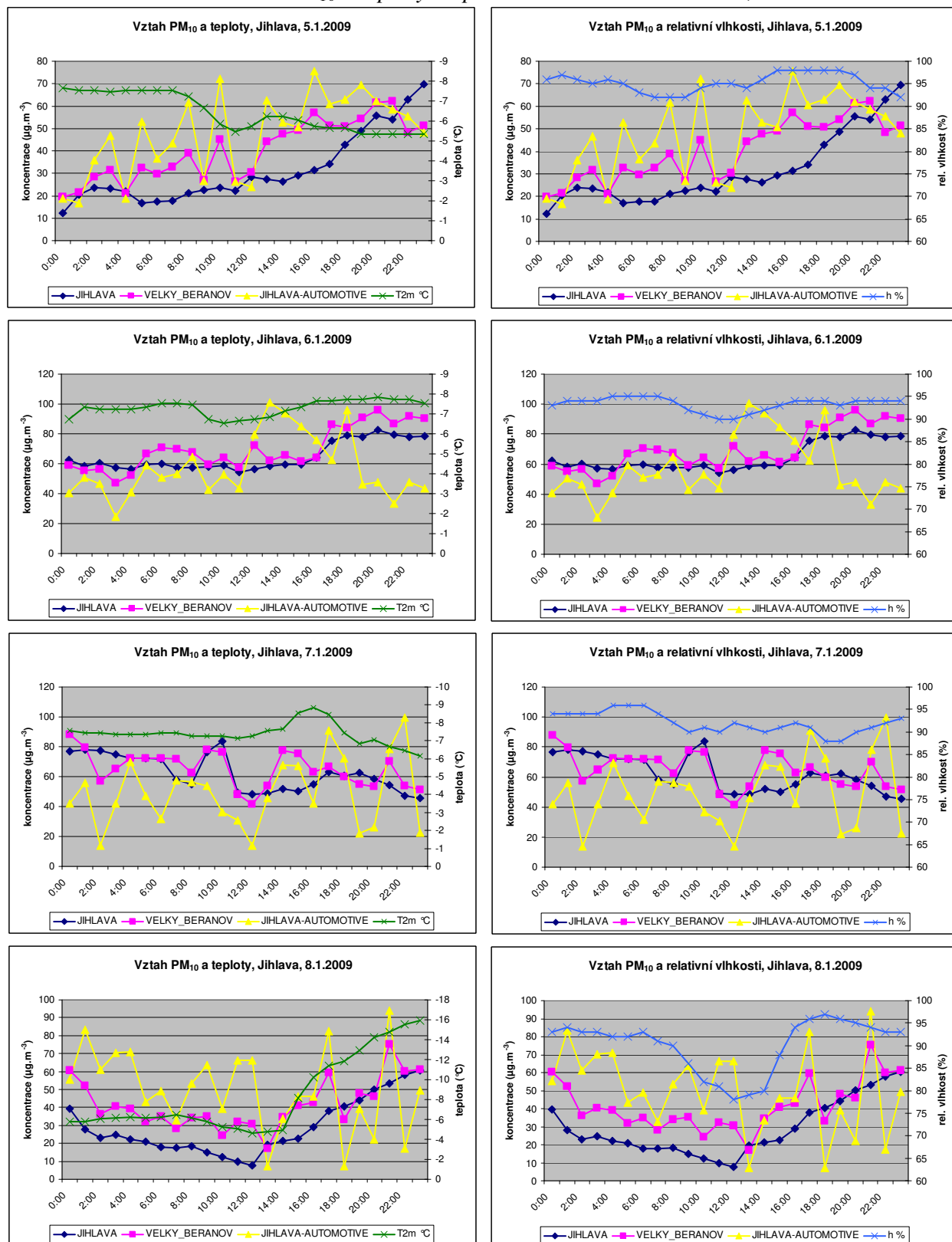


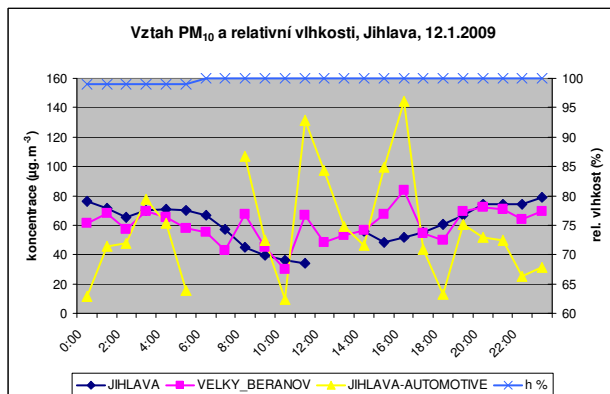
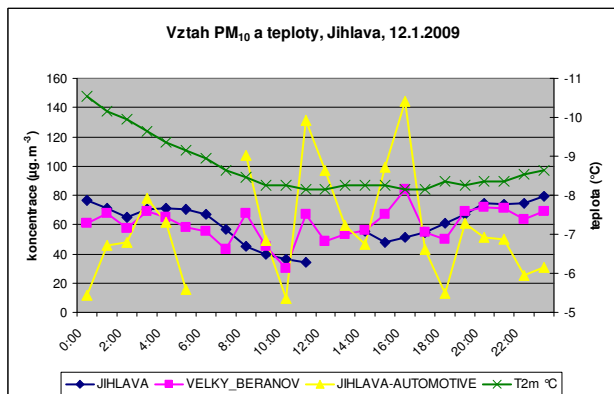
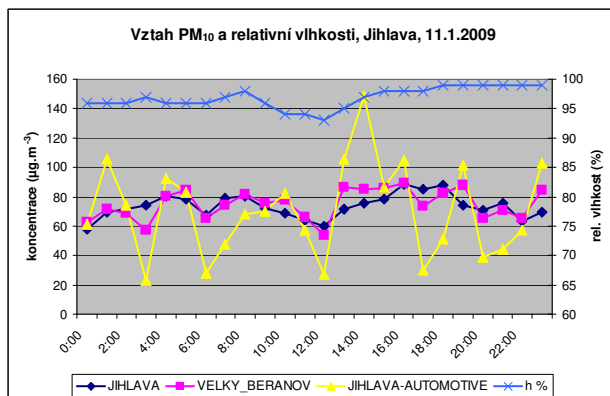
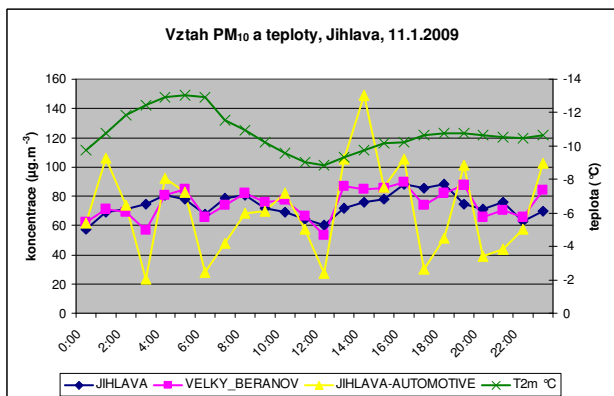
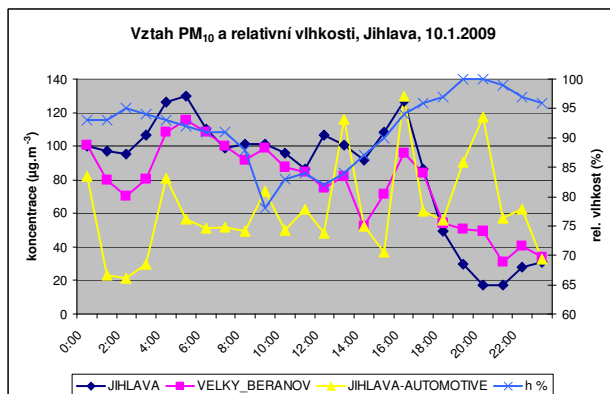
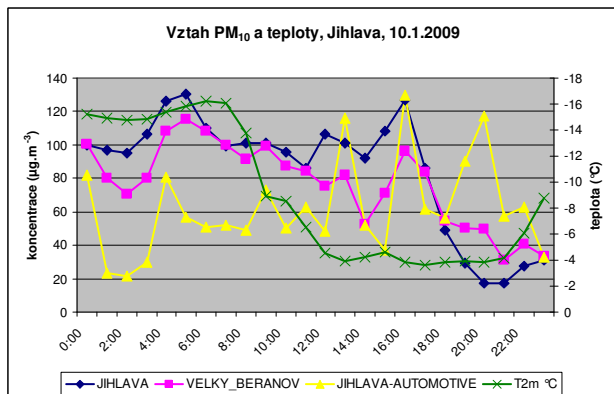
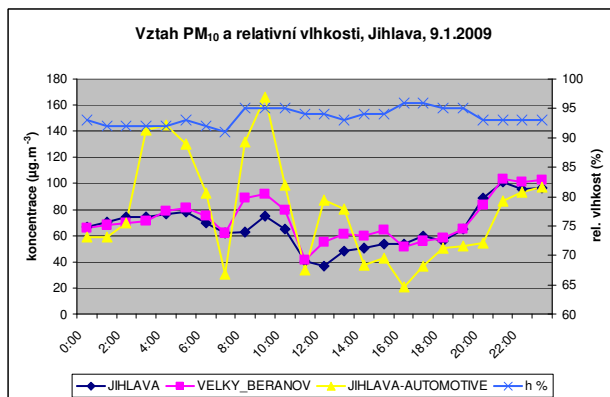
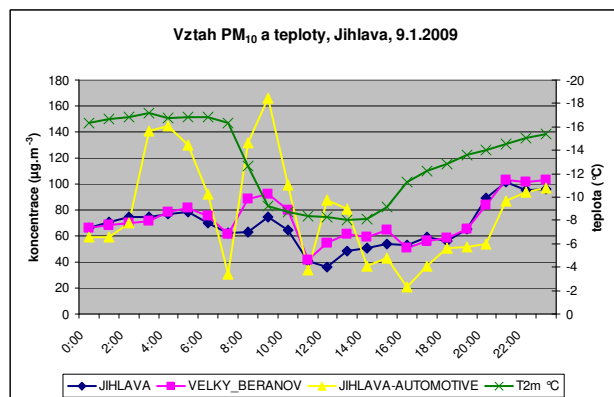


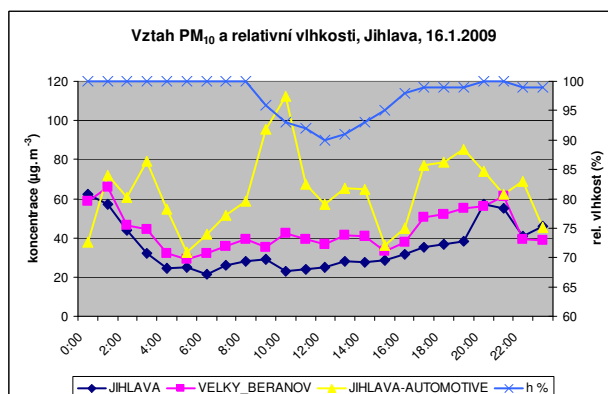
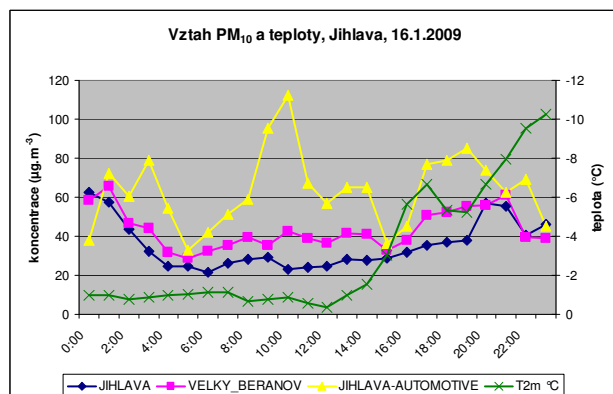
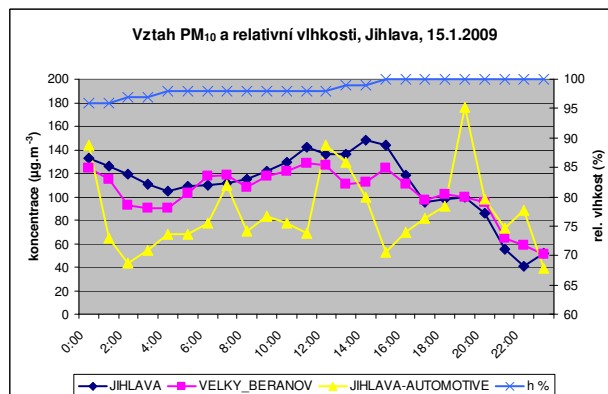
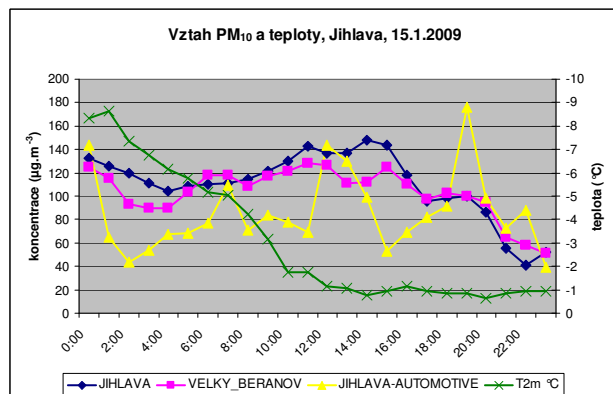
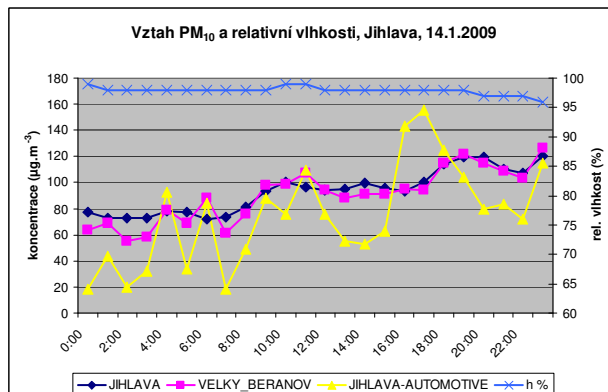
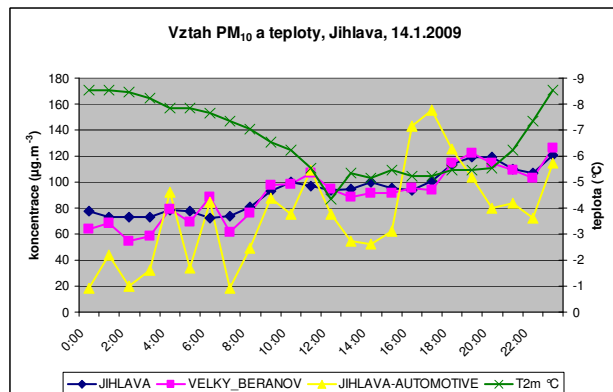
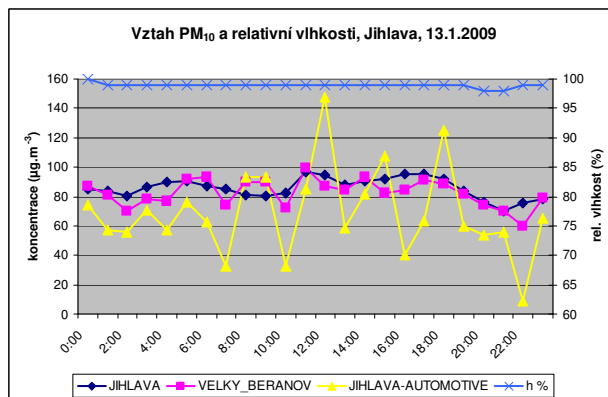
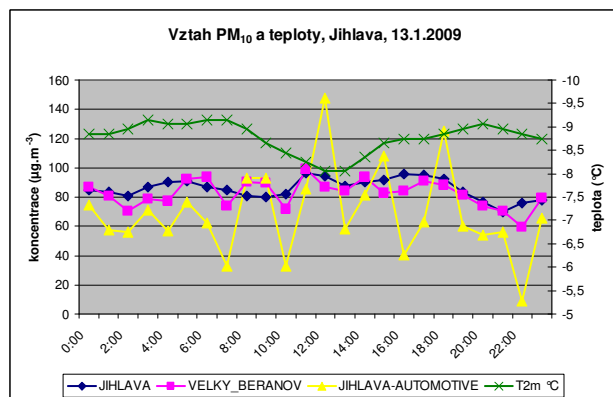


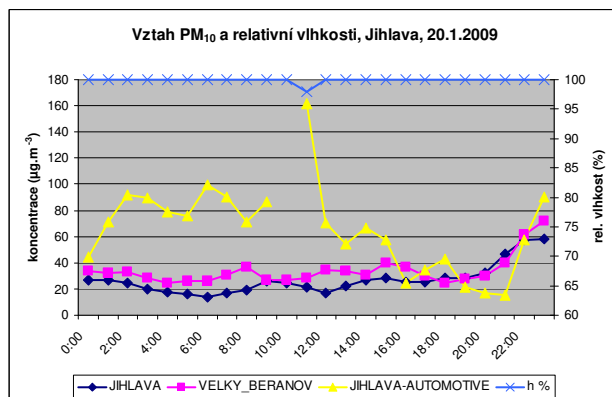
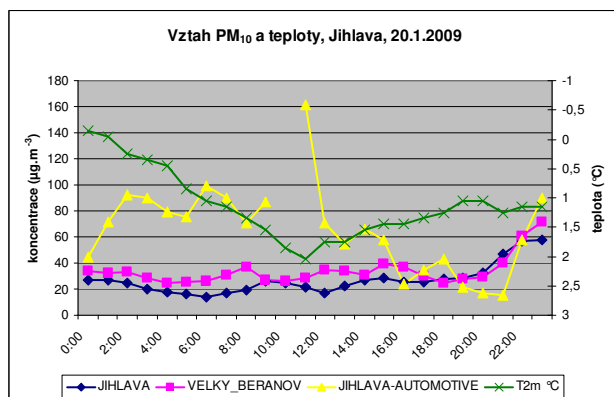
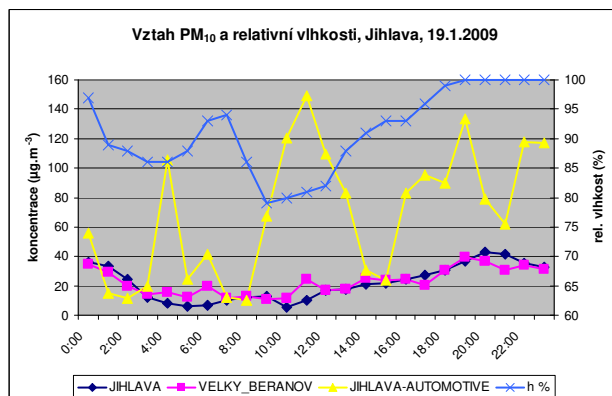
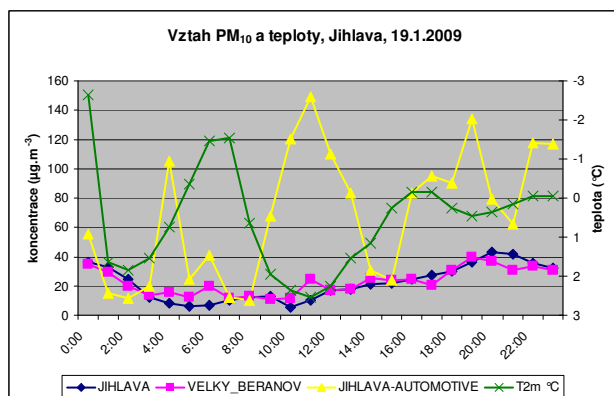
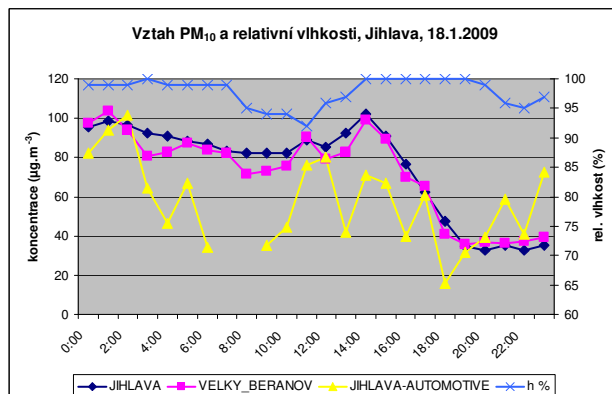
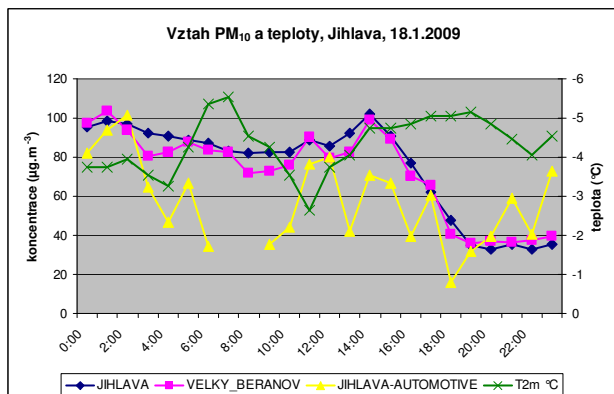
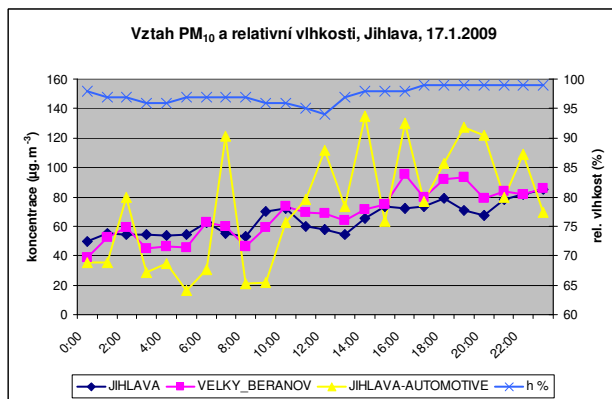
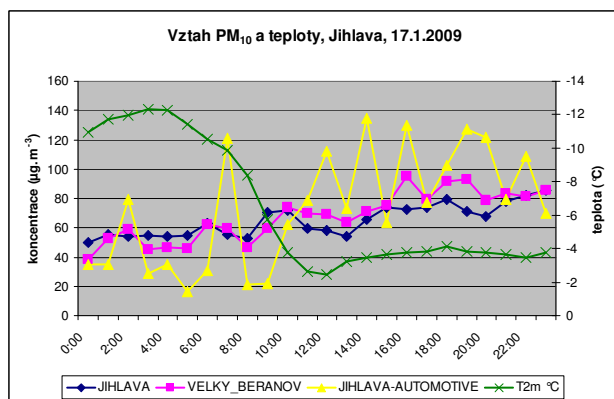


Obr. 29. Vztah koncentrace PM_{10} a teploty resp. relativní vlhkosti v Jihlavě, leden 2009







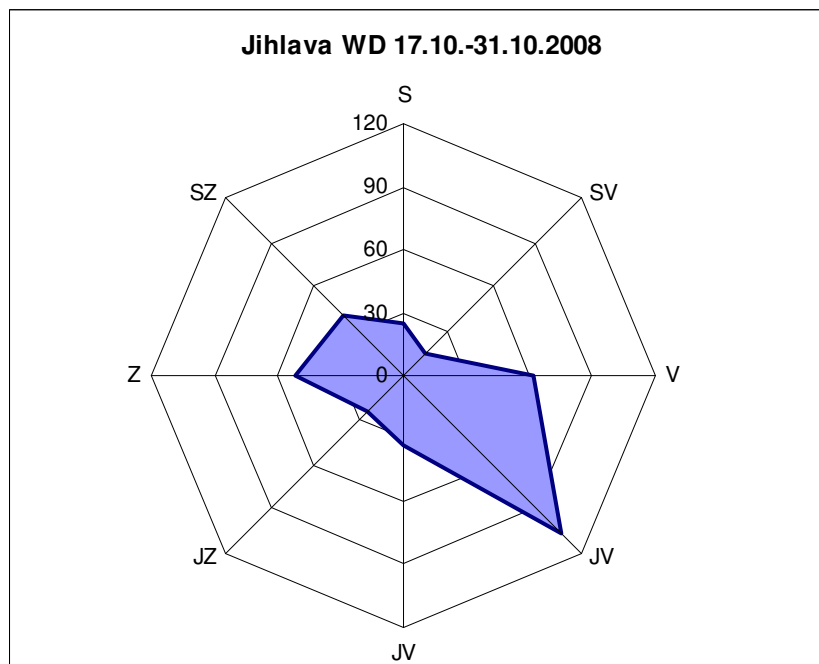


Z výsledků uvedených v grafech na Obr. 28 a Obr. 29 je patrný vliv teploty a relativní vlhkosti v rámci denního chodu koncentrací. Zejména v případě říjnových koncentrací lze pozorovat při snížení teplot k 0°C značný nárůst koncentrací po 16. hodině. To je způsobeno zejména lokálními topeništi – domácnostmi – kdy se po návratu ze zaměstnání zatápí. Tento jev je nejlépe patrný ve dnech 19.10. a 21.10. 2008. Dalším jevem, projevujícím se zejména na dopravních stanicích (v případě měření v Jihlavě je to Automotive Lighting) jsou píky zvýšených koncentrací v ranních a odpoledních hodinách. Jde o ranní a odpolední špičky, kdy je doprava nejintenzivnější a má značný vliv na koncentrace vybraných škodlivin včetně PM₁₀. Tento jev je např. velmi dobře pozorovatelný 25. a 26.10., kdy zejména ranní špička je dobře patrná, ta odpolední je částečně „maskovaná“ vytápěním domácností.

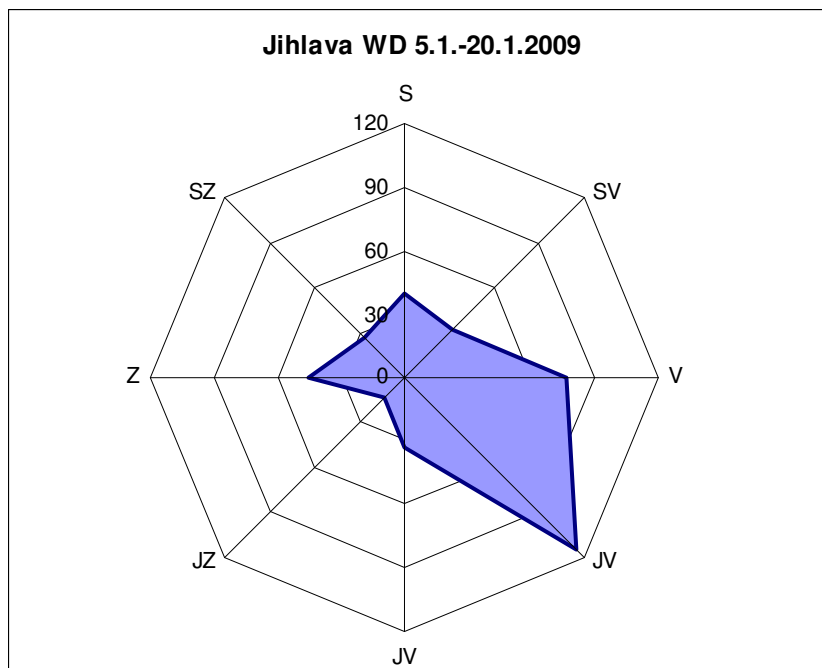
V říjnovém i lednovém období se na zvýšených koncentracích podílel i inverzní charakter počasí. Mnohem silnější byl během lednových zvýšených koncentrací, kdy se denní chod do značné míry vytrácí vlivem špatného provětrávání atmosféry a plošného zvýšení koncentrací PM₁₀. Toto je patrné zejména u lokalit Velký Beranov a Jihlava (ZŠ Demlova), kdy tyto stanice i v hodinovém chodu vykazují takřka totožné koncentrace. Jiná je situace na stanici Automotive Lighting, kdy zřejmě vlivem proměnlivosti intenzity dopravy a směru proudění větru dochází i k větším výkyvům v naměřených koncentracích PM₁₀.

Velmi zajímavým jevem, spojujícím obě epizody, je převládající směr proudění. Pro obě epizody byly zvlášť připraveny větrné růžice, které jak ukazují následující Obr. 30 a Obr. 31 se velmi dobře shodují. V obou případech naprosto převládá proudění od jihovýchodu a dále pak od východu.

Obr. 30. Větrná růžice v lokalitě Jihlava, 17. – 31. října 2008

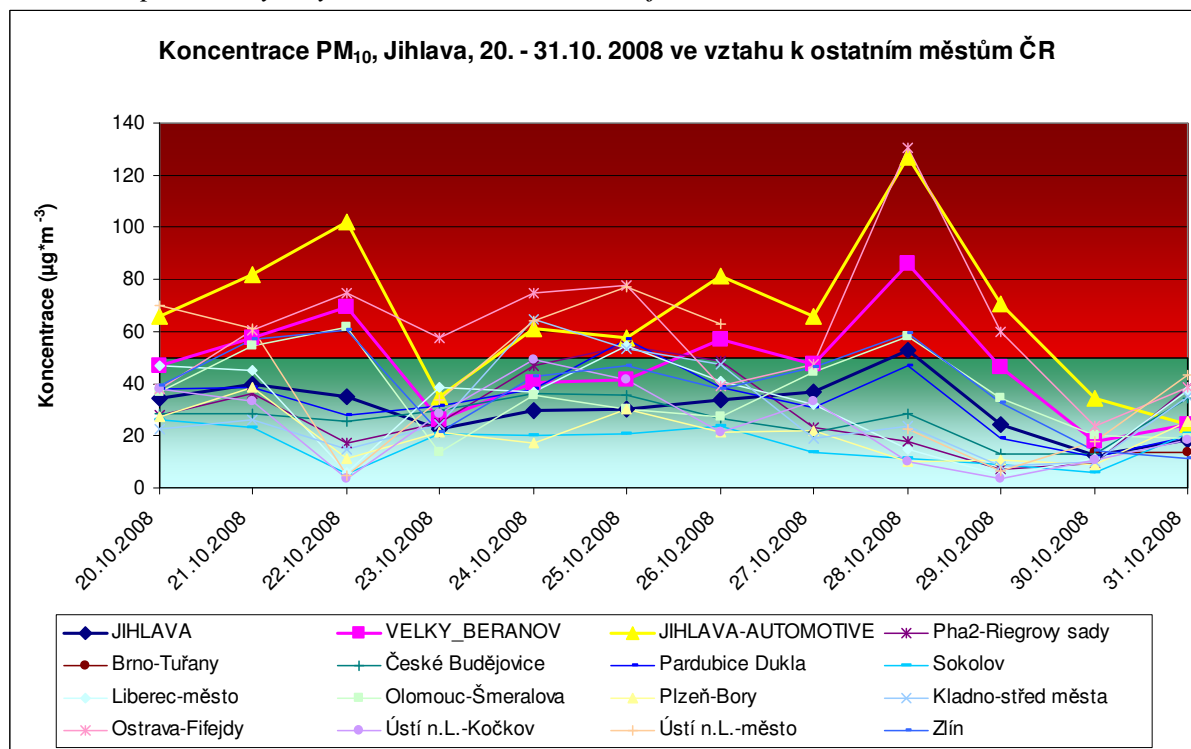


Obr. 31. Větrná růžice v lokalitě Jihlava, 5. – 20. ledna 2009

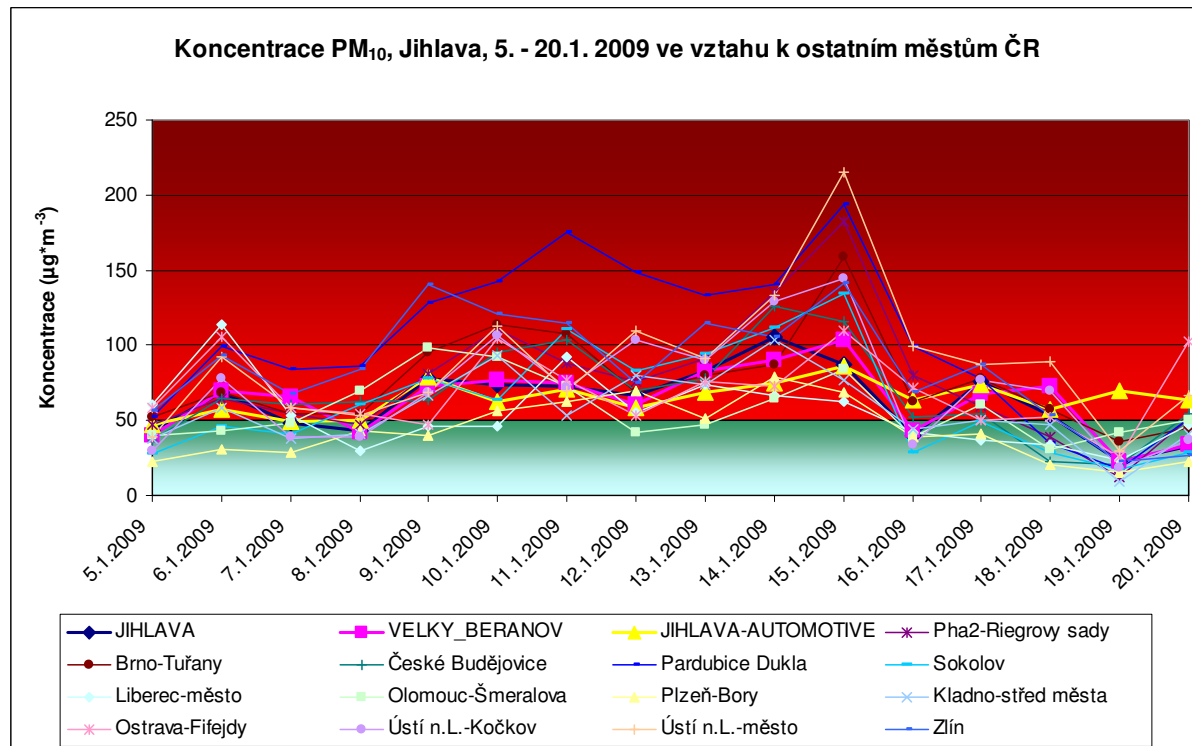


Zvýšené koncentrace PM_{10} se však v inkriminovaných termínech vyskytly nejen v Jihlavě, ale na mnohem větším území. Částečně to zobrazují grafy na Obr. 17 a Obr. 20 v rámci kraje Vysočina a Obr. 23 a Obr. 27 z hlediska celé ČR. V následujících grafech na Obr. 32 a na Obr. 33 jsou tyto epizody zvýšených koncentrací PM_{10} zobrazeny detailněji.

Obr. 32. Epizoda zvýšených koncentrací PM_{10} v říjnu 2008



Obr. 33. Epizoda zvýšených koncentrací PM_{10} v lednu 2009



Detailnější pohled odhalí rozdíl v uvedených epizodách zvýšené prašnosti. Na Obr. 32 je patrné, že na části stanic došlo dne 22.10. a 28.10. k výraznému nárůstu koncentrací, zatímco u ostatních došlo k poklesu resp. vyrovnaným hodnotám. Dle územně-správních celků jde stanice přibližně rozdělit na moravské (zvýšená koncentrace) a české (setrvalý stav či mírný pokles). Jako hraniční stanice se zvýšenými koncentracemi lze označit Jihlavu a Pardubice. Vysvětlení rozdílných trendů koncentrací lze najít v rozdílných meteorologických podmínkách. Dne 22.10. přecházela přes Čechy zvlněná studená fronta, která jen velmi zvolna směřovala k východu, přičemž před sebou „tlačila“ znečištěné ovzduší. V Čechách došlo vlivem fronty k provětrání atmosféry spolu s vymytím znečištění srážkami. Na Moravu dorazila tato zvlněná studená fronta až o den později, kdy významně snížila koncentrace na všech stanicích. Avšak během celé říjnové epizody nebyly příznivé rozptylové podmínky (inverzní charakter počasí, časté mlhy, nízké teploty [14]), a tak vyčištění atmosféry nemělo delšího trvání. V úterý 28.10. počasí u nás ovlivňovalo zvlněné frontální rozhraní, které se udržovalo nad střední Evropou. Bylo zataženo, na většině území s občasným deštěm nebo mrholením, ojediněle s mlhami (Vysočina). Tlaková níže, která se vytvořila na frontálním rozhraní, pak postupovala přes naše území k severu. Z toho lze opět vypožorovat rozdílné chování počasí při této situaci v Čechách a na Moravě a s tím související rozdílné znečištění ovzduší.

Naproti tomu lednová epizoda zvýšených koncentrací PM_{10} postihla území celé ČR bez výjimky. Během této epizody se nad střední a jihovýchodní Evropou udržovala rozsáhlá tlaková výše. Ve **vyšších vrstvách atmosféry** začal nad naše území proudit teplejší vzduch od jihozápadu. Naproti tomu v nižších polohách bylo velmi chladno, v údolích se teploty pohybovaly až kolem -20°C . Celé území bylo zataženo nízkou oblačností. Tento inverzní charakter počasí, zabraňující provětrávání atmosféry, vytvořil „ideální“ podmínky pro kumulaci škodlivin pod hranicí teplotní inverze jako v „hrnci pod pokličkou“, což se projevilo postupným zvyšováním koncentrací škodlivin v ovzduší. Jak ukazují výsledky v grafu na Obr. 33, zasaženo bylo celé území ČR, přičemž všechna měření v Jihlavě se pohybovala ve spodní třetině všech naměřených hodnot. Nejvyšší koncentrace pak byly zaznamenány v Ústí nad

Labem (město), Pardubicích a Praze. Velmi zajímavý je rozdíl mezi dvěma stanicemi v Ústí nad Labem – jedna (Ústí n.L. – město) leží v centru města v nadmořské výšce 147 m.n.m. a druhá – Ústí n.L.-Kočkov – na periferii (nadmořská výška 367 m.n.m.). Tento rozdíl 220 m v nadmořské výšce se odrazil i v naměřených koncentracích – v den s nejvyššími naměřenými koncentracemi (15.1.2009) byl rozdíl v průměrných 24hodinových koncentracích $70 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (UnL město = $215 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, UnL Kočkov = $144,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Zde se naplno projevil efekt údolí, kde se kumulují škodliviny – lokalita ÚnL město leží nedaleko Labe v údolí, lokalita Kočkov naopak na kopci, v mnohem otevřenější a tedy i provětrávanější lokalitě města. Vzhledem k většímu počtu zejména mobilních zdrojů v údolním centru města a inverznímu charakteru počasí pak nutně muselo dojít ke značnému rozdílu mezi dvěma lokalitami v rámci jednoho města.

Stanice Jihlava (ZŠ Demlova) naměřila v tento den (15.1.2009) „pouze“ $87,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, obdobná koncentrace byla naměřena i v lokalitě Automotive Lighting ($86,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Nejvyšší koncentraci v zájmovém území naměřila lokalita Velký Beranov ($103,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), kde mohly ke zvýšeným koncentracím přispět domácnosti vytápěním v lokálních topeništích s nízkými výdychy.

Vzhledem k velmi špatným meteorologickým podmínkám připomněl vývoj v lednu 2009 vývoj kvality ovzduší v roce 2006. V tomto roce byla nad územím ČR, zejména pak nad Moravou silná teplotní inverze, která si vyžádala spoustu překročení hranice $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V Jihlavě na stanici AIM Jihlava (areál ZŠ Demlova) to bylo 17 překročení za leden, tedy zhruba polovina povolených překročení za celý kalendářní rok, v roce 2009 to bylo 12 překročení. Avšak na rozdíl od roku 2006 se v únoru pročistila atmosféra, a tak zatímco v roce 2006 došlo v únoru k dalším 11-ti překročením, v únoru 2009 na stanici AIM Jihlava již k žádnému překročení nedošlo. V roce 2006 došlo k 36. a tedy již nepovolenému překročení dne 20.3. a z tohoto důvodu byly vymezeny na území kraje Vysočina OZKO. V roce 2007 ani v roce 2008 OZKO na území celého kraje Vysočina vymezeny nebudou. Rok 2009 sice začal několika překročeními, ale díky příznivé meteorologické situaci během února a března by ani v roce 2009 nemuselo dojít k překročení imisního limitu pro 24hodinovou koncentraci PM_{10} .

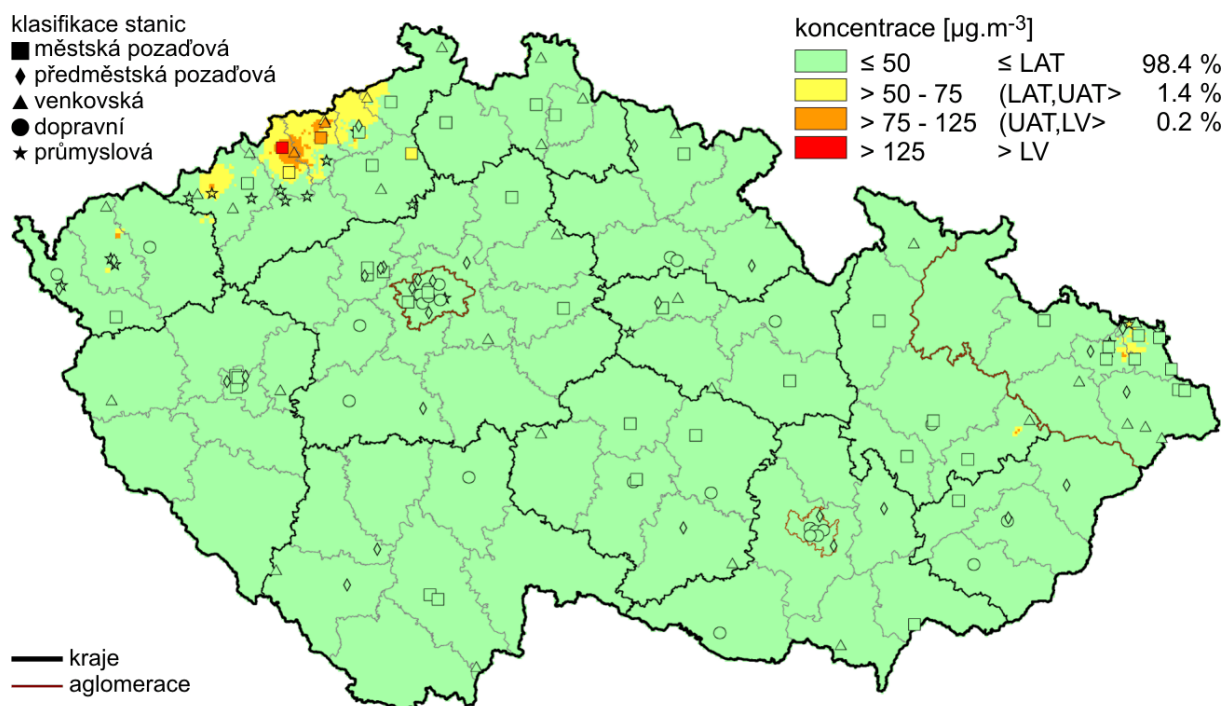
3.3 OXID SIŘIČITÝ SO₂

Oxid siřičitý (SO₂) je dráždivá látka, která způsobuje zhoršení plicních funkcí a změnu plicní kapacity.

Stanovený imisní limit pro ochranu zdraví pro 24-hodinovou koncentraci SO₂ nebyl v roce 2007 na území kraje Vysočina překročen.

Pouze na 1,6 % území ČR přesahovaly koncentrace SO₂ dolní mez pro posuzování (LAT). Na žádném měřicím místě nebyl překročen hodinový imisní limit 350 µg.m⁻³ (Obr. 34). Z hlediska kraje Vysočina nebyla dolní mez pro posuzování překročena nikde.

Obr. 34. Pole 4. nejvyšší 24hod. koncentrace SO₂ v roce 2007 [2]



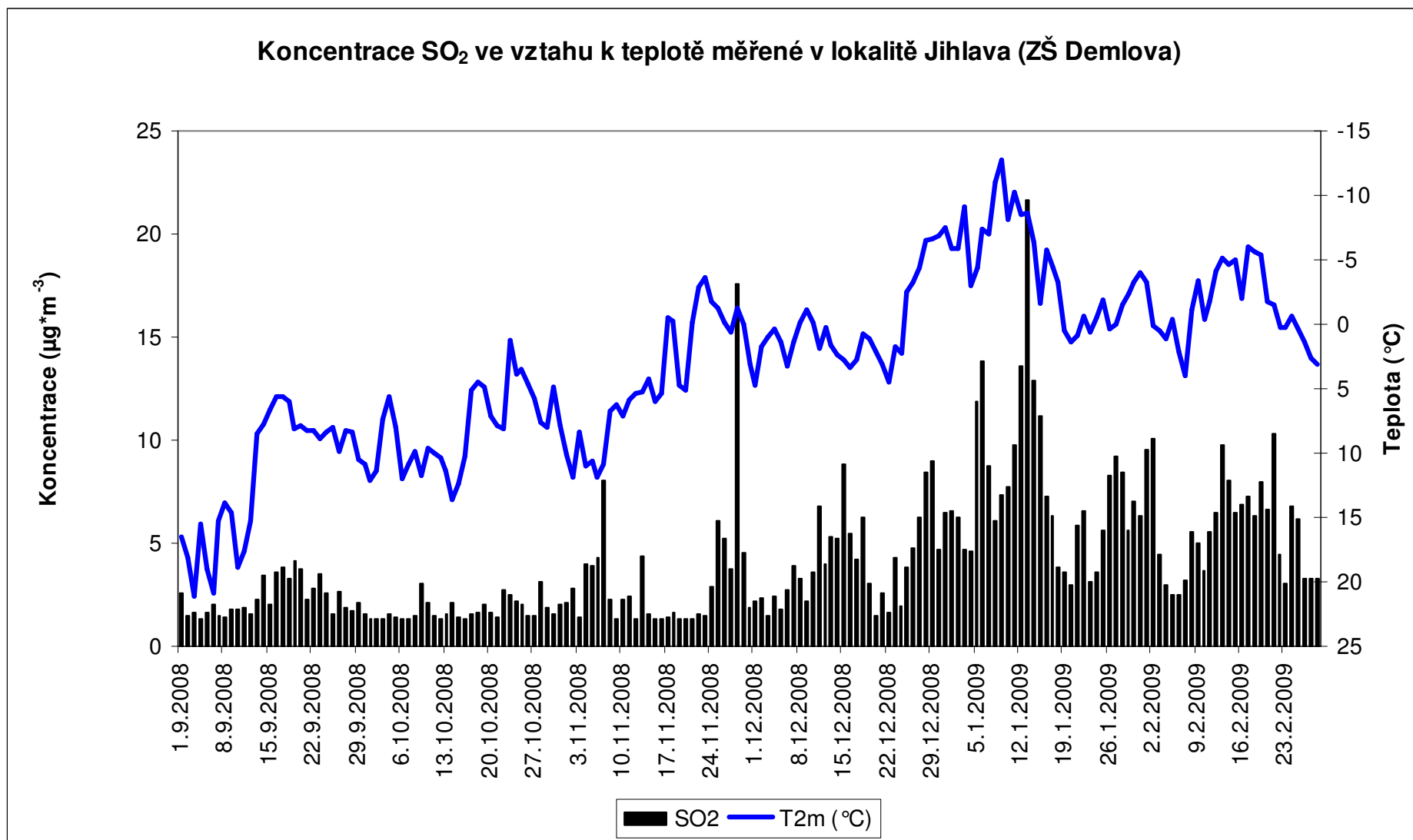
Kontinuálně pomocí UV fluorescenční metody (referenční metoda) se oxid siřičitý měřil pouze v lokalitě Jihlava (ZŠ Demlova). Koncentrace oxidu siřičitého (jak ostatně ukazuje i mapa na Obr. 34) nepřekračuje v celém kraji vysočina ani dolní mez pro posuzování, z čehož vyplývá, že pro vyhodnocení kvality ovzduší stačí minimální počet měřicích stanic a výsledky jsou dále počítačově modelovány. Navíc dle emisních bilancí kraj Vysočina splňuje závazný emisní strop pro rok 2010, kdy množství emisí v roce 2007 nedosahuje ani 50% hodnoty emisního stropu. Z tohoto vyplývá, že problém se škodlivinou, kvůli které v sedmdesátých letech měření znečištění započalo, je již vyřešen.

3.3.1 Vliv teploty na koncentrace SO₂

Vliv teploty na koncentrace SO₂ je nepřímo úměrný – s klesající teplotou rostou koncentrace SO₂, jak ukazuje Obr. 35, kde je vynášena koncentrace SO₂ proti inverzně vynášené teplotě. Vzhledem k tomu, že LAT = 50 µg.m⁻³, je patrné, že přestože se měřilo v „nejznečištěnější“ části roku, tak koncentrace nedosáhly ani poloviny této hodnoty.

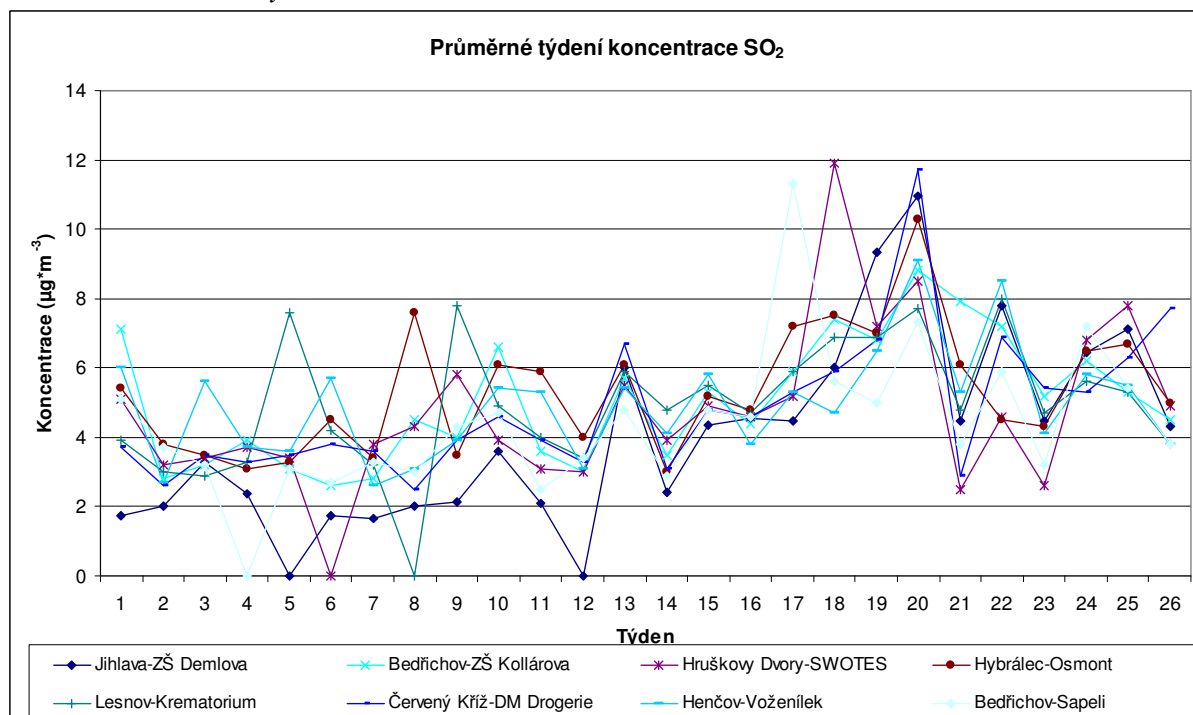
Vliv teploty na koncentrace SO₂ je s nejvyšší pravděpodobností sekundární, podobně jako v případě částic. S klesající teplotou se začíná topit v lokálních topeništích. V případě pevných paliv pak dochází k emisím SO₂.

Obr. 35. Vliv teploty na koncentrace SO_2 v Jihlavě, září 2008 – únor 2009



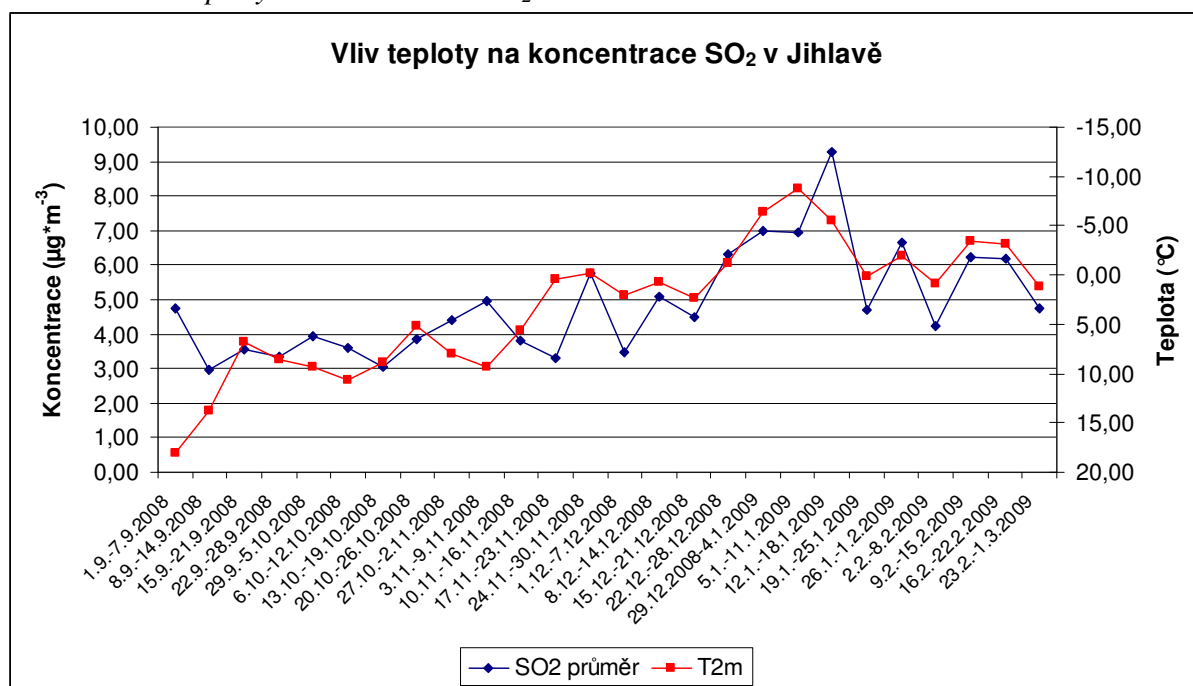
Jak ukazuje graf na Obr. 36, jsou průměrné týdenní koncentrace (7 denní odběr SO_2 pomocí pasivních dozimetrů) ve všech lokalitách takřka stejné. Průměrné koncentrace za celou kampaň zobrazuje nad ortofotomapou Obr. 38.

Obr. 36. Průměrná týdenní koncentrace SO_2 , Jihlava, září 2008 – únor 2009



Proto byly všechny hodnoty zprůměrovány a vyneseny vůči inverzně zobrazené teplotě (Obr. 37).

Obr. 37. Vliv teploty na koncentrace SO_2



Z grafu na Obr. 37 je velmi dobře patrná korelace koncentrací SO_2 s teplotou.

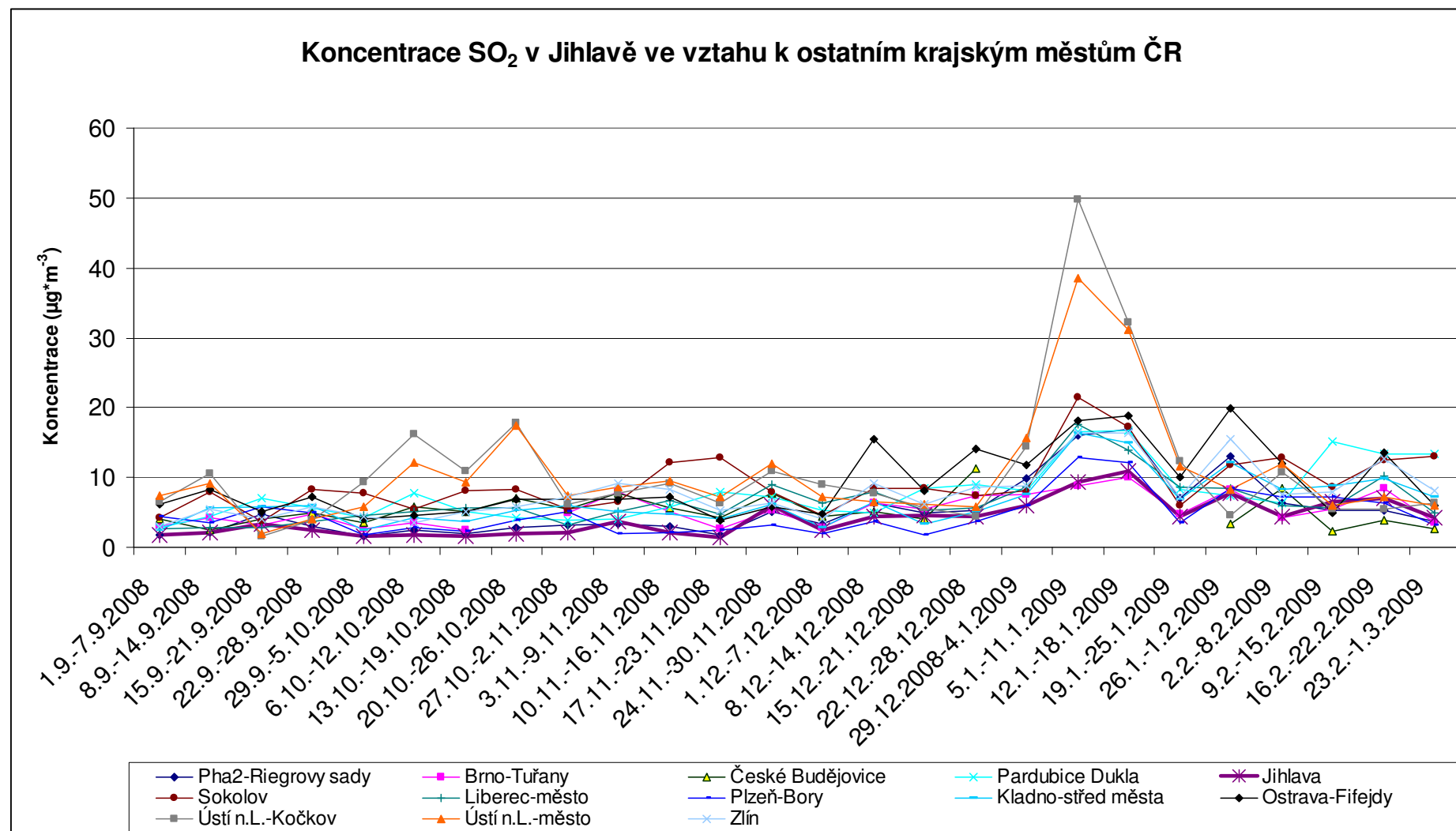
Obr. 38. Průměrné koncentrace SO_2 za období září 2008 – únor 2009



3.3.2 Vztah hodnot naměřených v Jihlavě k měřením v dalších krajských městech ČR

V grafu na Obr. 39 je zobrazen trend koncentrací SO_2 (týdenní průměrná hodnota) v krajských městech ČR. Z uvedeného obrázku je patrné, že Jihlava patří k nejčistším krajským městům z hlediska SO_2 v ČR. K těm nejhorším patří zejména Ústí nad Labem, kde byly naměřeny nejvyšší koncentrace SO_2 .

Obr. 39. Vztah hodnot koncentrací SO_2 naměřených v Jihlavě k měřením v dalších krajských městech ČR



3.4 OXIDY DUSÍKU – NO, NO₂ A NO_x

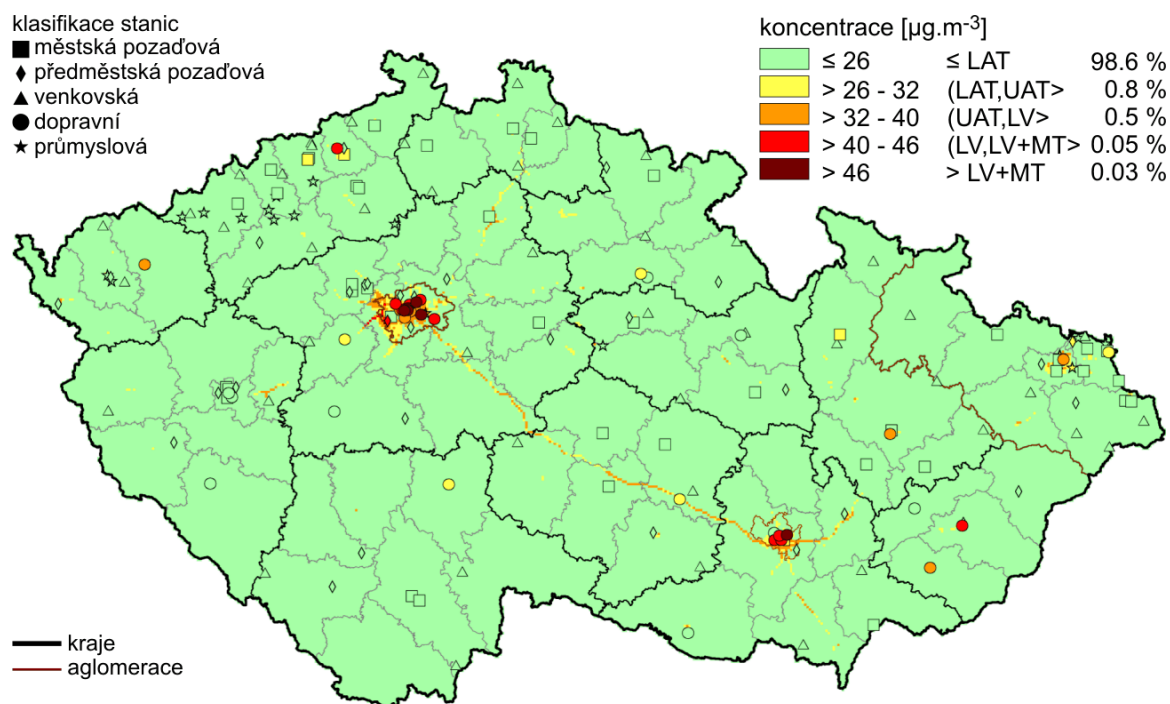
Z hlediska zákona o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb. je důležitý oxid dusičitý NO₂ (imisní limit pro ochranu zdraví obyvatelstva) a suma oxidů dusíku NO_x (imisní limit pro ochranu vegetace a ekosystému). Oxid dusnatý je důležitý při identifikaci kategorií zdrojů znečištění, protože jeho zvýšený výskyt na úkor NO₂ signalizuje lokalitu významně ovlivněnou dopravou.

Zdraví nejnebezpečnější je NO₂. Expozice zvýšeným koncentracím oxidu dusičitého ovlivňuje plicní funkce a způsobuje snížení imunity.

K překročení ročního imisního limitu oxidu dusičitého pro zdraví lidí (40 µg.m⁻³) dochází pouze na omezeném počtu stanic, a to na dopravně exponovaných lokalitách aglomerací a velkých měst (Obr. 40). Z celkového počtu 182 lokalit, kde byl v roce 2007 monitorován oxid dusičitý, došlo k překročení ročního imisního limitu na 17 stanicích. Imisní limit včetně meze tolerance (46 µg.m⁻³) byl překročen na 6 lokalitách. Hodinový imisní limit (200 µg.m⁻³) s mezí tolerance (240 µg.m⁻³) byl překročen na silně dopravně zatížené stanici Praha 2-Legerova.

Lze předpokládat, že k překročení imisních limitů může docházet i na dalších dopravně exponovaných lokalitách, kde není prováděno měření. Imisních limitů pro NO₂ je třeba závazně dosáhnout k 31.12.2009.

Obr. 40. Pole roční průměrné koncentrace oxidu dusičitého v roce 2007 [2]



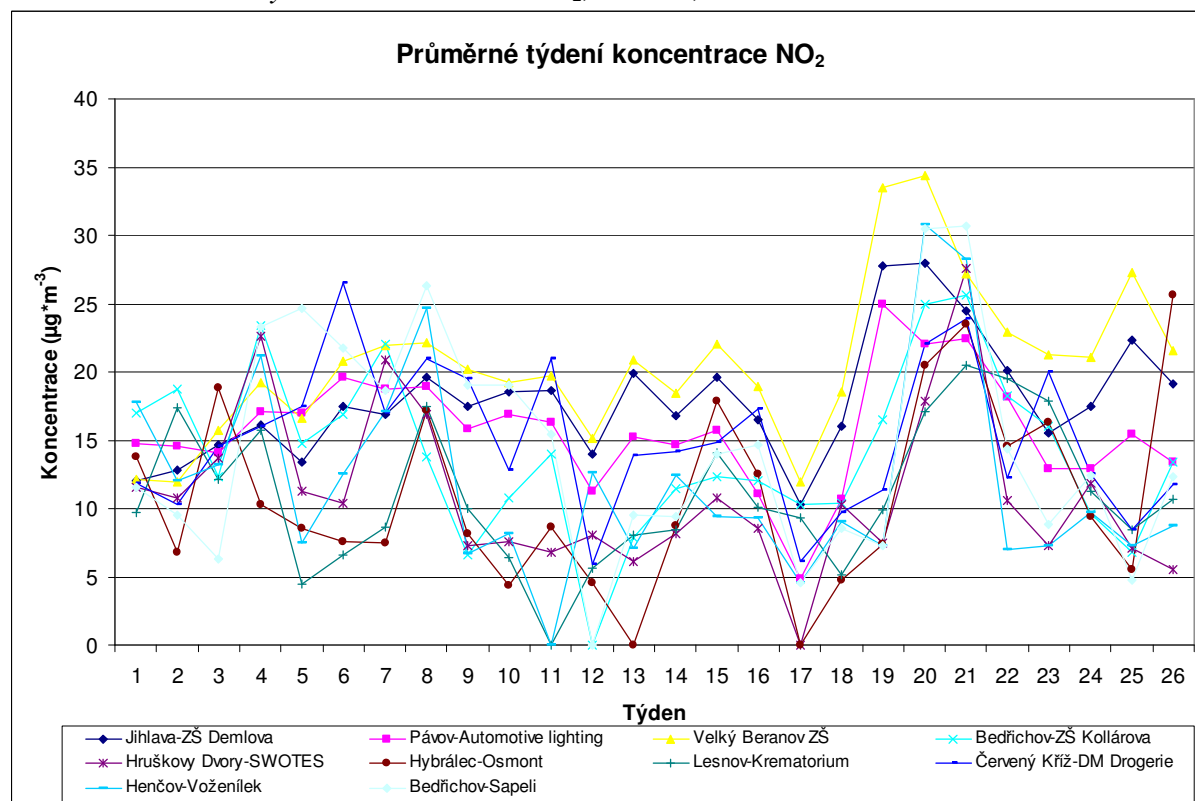
Kontinuálně pomocí chemiluminiscenční metody (referenční metoda) se všechny oxidy dusíku měřily na třech stanicích – AIM Jihlava (areál ZŠ Demlova), Velký Beranov a Automotive Lighting. Výsledky těchto měření byly uvedeny v kapitole III této studie – analýza kvality ovzduší. Na delších 7 lokalitách byl odebírán pouze NO₂ v 7 denním cyklu pomocí pasivních dozimetřů.

3.4.1 Vliv teploty na koncentrace NO₂

Obdobně jako v předchozích případech je i v případě koncentrací NO₂ patrný sekundární, tedy nepřímý vliv teploty. Avšak v případě NO₂ hraje podstatnou roli umístění lokality. NO₂ vzniká zejména při spalovacích procesech, lze jej tedy očekávat v obydlených oblastech, i těch vytápěných plynem. Navíc NO₂ snadno vzniká oxidací NO (z dopravy) vzdušným kyslíkem ($2 \text{ NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ NO}_2$). Pokud je tedy stanice postavena na dopravou ovlivněné lokalitě, dají se očekávat rovněž zvýšené koncentrace NO₂.

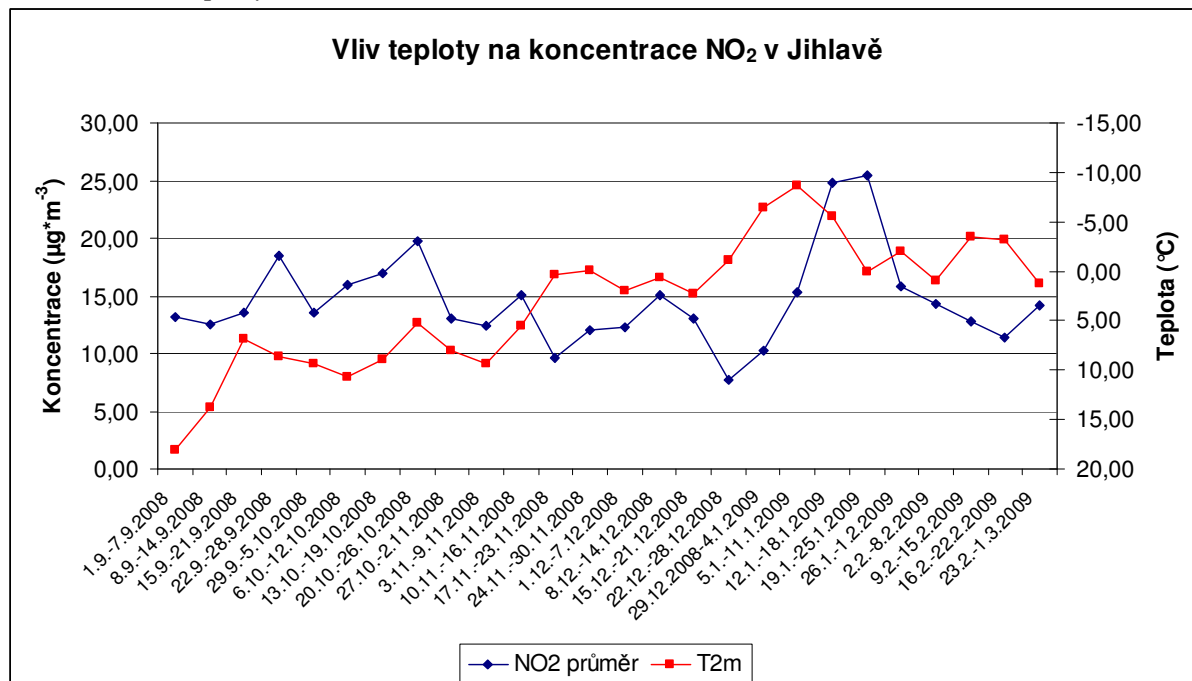
Z výše uvedených důvodů nemají všechny naměřené koncentrace obdobnou hodnotu či trend. Svou roli hraje také způsob odběru a citlivost při analytické koncovce. Z tohoto pohledu je nejlepší referenční metoda – chemiluminiscence, která má nejvyšší citlivost a nejmenší nejistotu. V následujícím Obr. 41 jsou uvedeny zprůměrované koncentrace z kontinuálních měření na týdenní průměr a hodnoty z pasivních dozimetru.

Obr. 41. Průměrné týdenní koncentrace NO₂, Jihlava, září 2008 – únor 2009



Zprůměrované hodnoty jsou pak zobrazeny proti inverzně vynášené teplotě na Obr. 42.

Obr. 42. Vliv teploty na koncentrace NO₂, Jihlava, září 2008 – únor 2009



Graf ukazuje velmi zajímavou věc. Koncentrace byly poměrně vyrovnané, přičemž nejnižší koncentrace byly naměřeny ve „vánočním týdnu“ od 22.12. do 28.12. V tuto dobu významně poklesla intenzita dopravy (z důvodu vánočních svátků), což se odrazilo i v koncentracích NO₂ (koncentrace se pohybovaly okolo 7 µg·m⁻³). Po novém roku se intenzita dopravy vrátila do normálu a poté co se přidaly velmi špatné podmínky (viz. kapitola 3.2.7) vzrostly koncentrace až na hodnoty 25 µg·m⁻³. Koncentrace se tak během jednoho měsíce dostaly ze svého půlročního minima na maximum – z hlediska absolutních hodnot se více než ztrojnásobily.

3.4.2 Hodinové koncentrace NO₂

Dle NV č. 597/2006 Sb. [7] je pro hodinové koncentrace NO₂ stanoven imisní limit, který má hodnotu 200 µg·m⁻³. Tato koncentrace může být za kalendářní rok 18x překročena. Dále jsou pro hodinovou koncentraci NO₂ stanoveny meze pro posuzování, přičemž horní mez pro posuzování má hodnotu UAT = 140 µg·m⁻³ a dolní mez pro posuzování má hodnotu LAT = 100 µg·m⁻³.

Hodinové koncentrace NO₂ jsou schopny měřit pouze lokality měřící kontinuálně, a proto jsou v následující Tab. 28 uvedeny pouze lokality Jihlava (v areálu ZŠ Demlova), Velký Beranov a Automotive Lighting.

Tab. 28. Počet měření hodinové koncentrace NO₂ za celé sledované období září 2008 – únor 2009 a vztah k úrovním koncentrací.

	Jihlava (ZŠ Demlova)		Velký Beranov ZŠ		Automotive Lighting	
Počet měření	4120	100,0%	4300	100,0%	4343	100,0%
< 100 µg·m ⁻³	4120	100,0%	4300	100,0%	4343	100,0%
100 – 140 µg·m ⁻³	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
140 – 200 µg·m ⁻³	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
> 200 µg·m ⁻³	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%

Z Tab. 28 vyplývá, že přestože se měřilo v nejhorší části roku (v zimním období), tak všechny hodinové koncentrace (Jihlava-4120, Velký Beranov-4300, Automotive Lighting – 4343) na všech lokalitách nepřekračují dolní mez pro posuzování.

Přestože pro závazné konstatování by bylo nutné měřit celý kalendářní rok, dá se předpokládat, že NO_2 na území zájmové oblasti nepřekračuje dolní mez pro posuzování. Toto lze tvrdit pouze v případě stanice AIM Jihlava (v areálu ZŠ Demlova), jejíž 19. nejvyšší hodinová koncentrace NO_2 v roce 2008 byla $58,15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tedy na cca 60% LAT.

3.4.3 Průměrná roční koncentrace NO_2

Dle NV č. 597/2006 Sb. [7] je pro průměrné roční koncentrace NO_2 stanoven imisní limit, který má hodnotu $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Dále jsou pro průměrnou roční koncentraci stanoveny meze pro posuzování, přičemž horní mez pro posuzování má hodnotu $\text{UAT} = 32 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a dolní mez pro posuzování má hodnotu $\text{LAT} = 26 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Jelikož měřicí kampaň trvala pouze 6 měsíců, navíc ve dvou kalendářních letech, není možné (mimo lokalitu Jihlava – ZŠ Demlova měřící ve správě ČHMÚ dlouhodobě) hodnotu průměrné roční koncentrace zjistit. Následující Tab. 29 uvádí alespoň hodnotu průměrné koncentrace ve sledovaném období září 08 – únor 09.

Tab. 29. Průměrné koncentrace NO_2 za celé sledované období září 2008 – únor 2009

	Jihlava (ZŠ Demlova)	Velký Beranov ZŠ	Automotive Lighting
Průměrná koncentrace ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	17,9	20,56	15,77

Z hlediska hodnocení této průměrné koncentrace je potřeba zdůraznit, že měření probíhalo v **nejznečištěnější části roku**, tedy v zimním období. I přesto se jak v žádné lokalitě hodnota koncentrace nedostala přes hodnotu dolní meze pro posuzování. Pro zjištění průměrné roční koncentrace (ve vztahu k imisnímu limitu) by měření muselo trvat celý kalendářní rok, avšak z např. z hodnot za sledované období v Jihlavě a z ročního průměru za rok 2008 v Jihlavě ($17,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ a $15,65 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) se dá poměrným způsobem usuzovat, že by se hodnota pohybovala na všech lokalitách pod hranicí dolní meze pro posuzování. Průměrné koncentrace za celou kampaň zobrazuje nad ortofotomapou Obr. 43.

3.4.4 Vyhodnocení lokalit z hlediska koncentrací oxidů dusíku

Poměr zastoupení jednotlivých oxidů dusíku je na každé lokalitě trochu jiný. V lokalitách, kde se NO - NO_2 - NO_x měřilo byly nalezeny následující vztahy.

Tab. 30. Průměrné koncentrace oxidů dusíku a jejich vztah

	Jihlava (ZŠ Demlova)	Velký Beranov ZŠ	Automotive Lighting
Průměrné koncentrace	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
Oxid dusnatý NO	3,99	7,03	11,33
Oxid dusičitý NO_2	17,90	20,56	15,77
Oxidy dusíku NO_x	24,23	27,58	27,06
Poměr $\text{NO}:\text{NO}_2$	22,27%	34,19%	71,86%

Z uvedeného je patrné, že lokalita Automotive Lighting je jasně dopravní lokalitou.

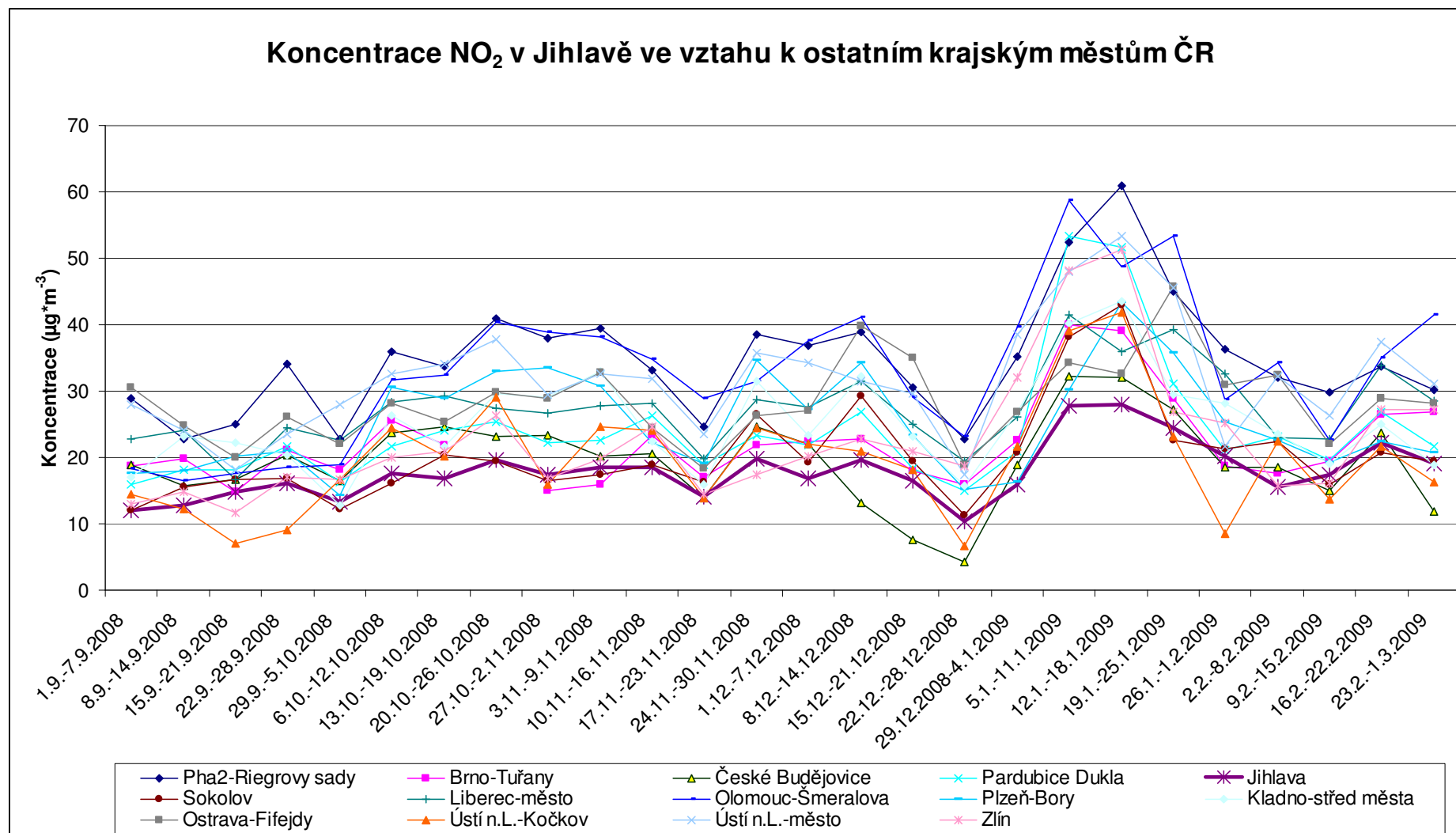
Obr. 43. Průměrné koncentrace NO_2 za období září 2008 – únor 2009



3.4.5 Vztah hodnot naměřených v Jihlavě k měřením v dalších krajských městech ČR

V grafu na Obr. 44 je zobrazen trend koncentrací NO_2 (týdenní průměrná hodnota) v krajských městech ČR. Z uvedeného obrázku je patrné, že Jihlava patří k nejčistším krajským městům z hlediska NO_2 v ČR.

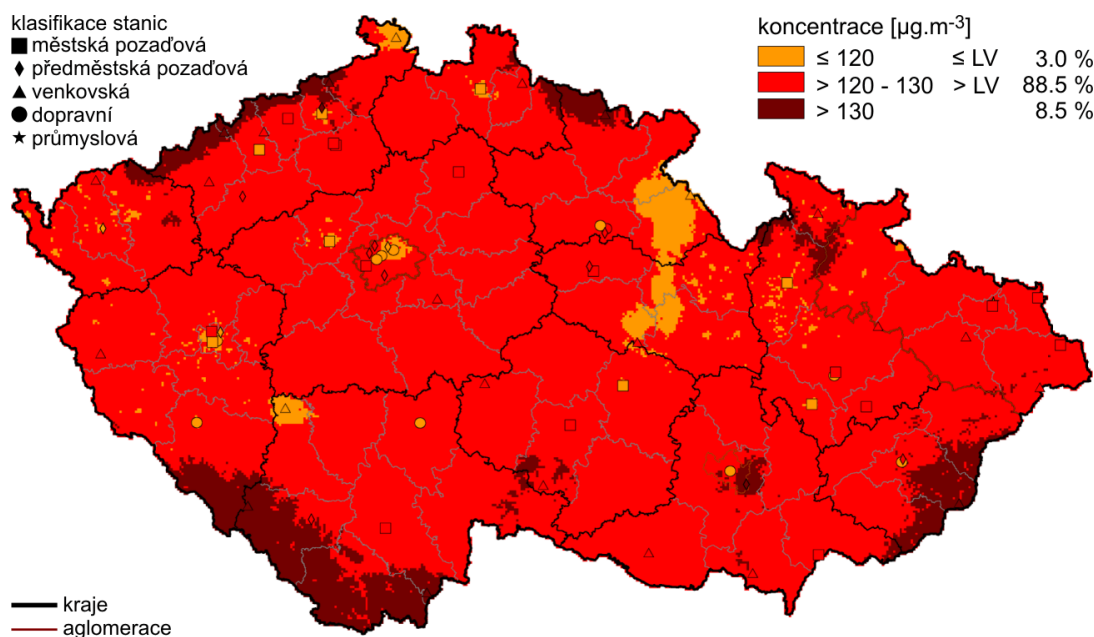
Obr. 44. Vztah hodnot koncentrací NO₂ naměřených v Jihlavě k měřením v dalších krajských městech ČR



3.4.6 Oxidy dusíku – prekurzor troposférického ozónu

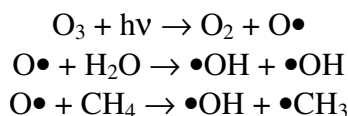
Oxidy dusíku jsou spolu s těkavými (volatilními) organickými sloučeninami prekurzory tvorby troposférického ozónu. Jelikož je cílový imisní limit pro troposférický ozón překračován prakticky na celém území kraje Vysočina (Obr. 45), je potřeba se emisemi NO_x, VOC a koncentracemi oxidů dusíku zabývat.

Obr. 45. Pole 26. nejvyššího maximálního denního 8hodinového klouzavého průměru koncentrace ozónu v průměru za 3 roky, 2005–2007 (zdroj ČHMÚ)

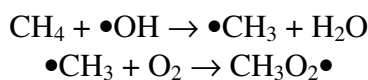


Troposférický ozón nebyl během období září 2008 – únor 2009 měřen, protože v zimním období jsou jeho koncentrace nevýznamné. Pro vznik troposférického ozónu je důležité sluneční záření ($h\nu$), které je důležité pro průběh reakcí vedoucích k tvorbě troposférického ozónu Obr. 116.[15], Obr. 116.[16].

Prvním krokem k tvorbě troposférického ozónu je vznik hydroxylového radikálu fotolýzou ozónu a reakcí kyslíkového atomu s vodou či metanem.

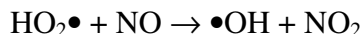
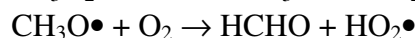
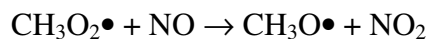


Hydroxylový radikál následně reaguje s VOC (v tomto případě je uveden pro jednoduchost metan, jehož zastoupení v troposféře činí cca 1500 ppb).



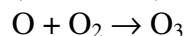
Z metanu je hydroxylovým radikálem odtržen proton za vzniku metylového radikálu, který reaguje s kyslíkem na metylperoxylový radikál. Tento pak reaguje s oxidem dusnatým NO na oxid dusičitý NO₂ za vzniku metoxylového radikálu, který reaguje s kyslíkem za vzniku

formaldehydu a hydrogenperoxy radikálu. Ten pak reaguje s další molekulou oxidu dusnatého za vzniku oxidu dusičitého a regenerace hydroxylového radikálu, čímž se uzavře kruh reakcí této reagens.



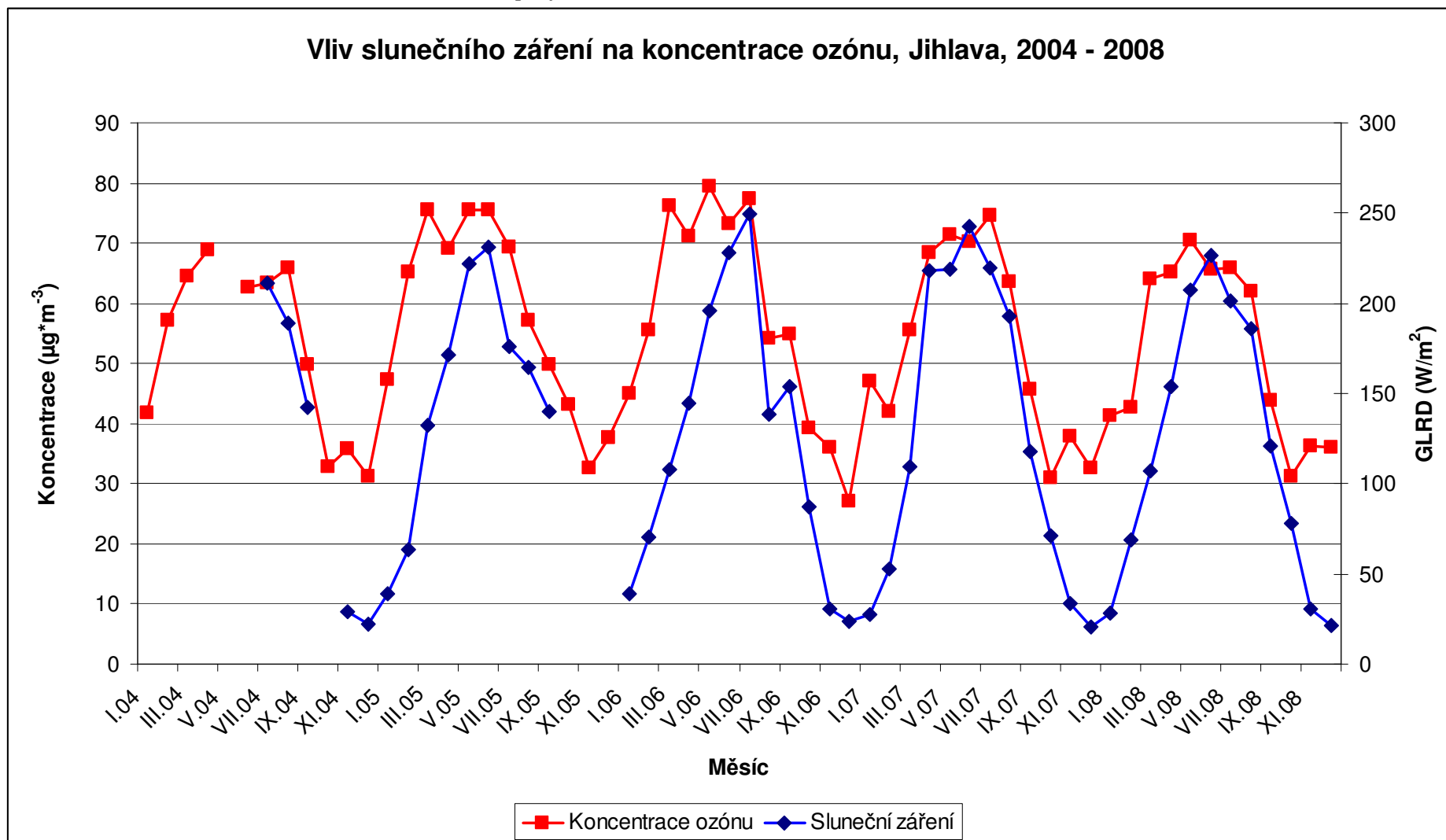
Tím, že závěrečnou reakcí vzniká opět hydroxylový radikál, který může opět vstupovat do reakce s VOC a tedy stačí jen malé množství hydroxylového radikálu vzniklého fotolýzou ozónu aby se rozběhly následné reakce. Hydroxylový radikál lze z tohoto důvodu považovat za katalyzátor.

V rámci těchto reakcí vznikly 2 molekuly oxidu dusičitého NO_2 . Ty mohou být ve dne (pomocí slunečního záření $h\nu$) fotolýzovány za vzniku atomu kyslíku, který následně s molekulárním kyslíkem za vzniku molekuly ozónu.

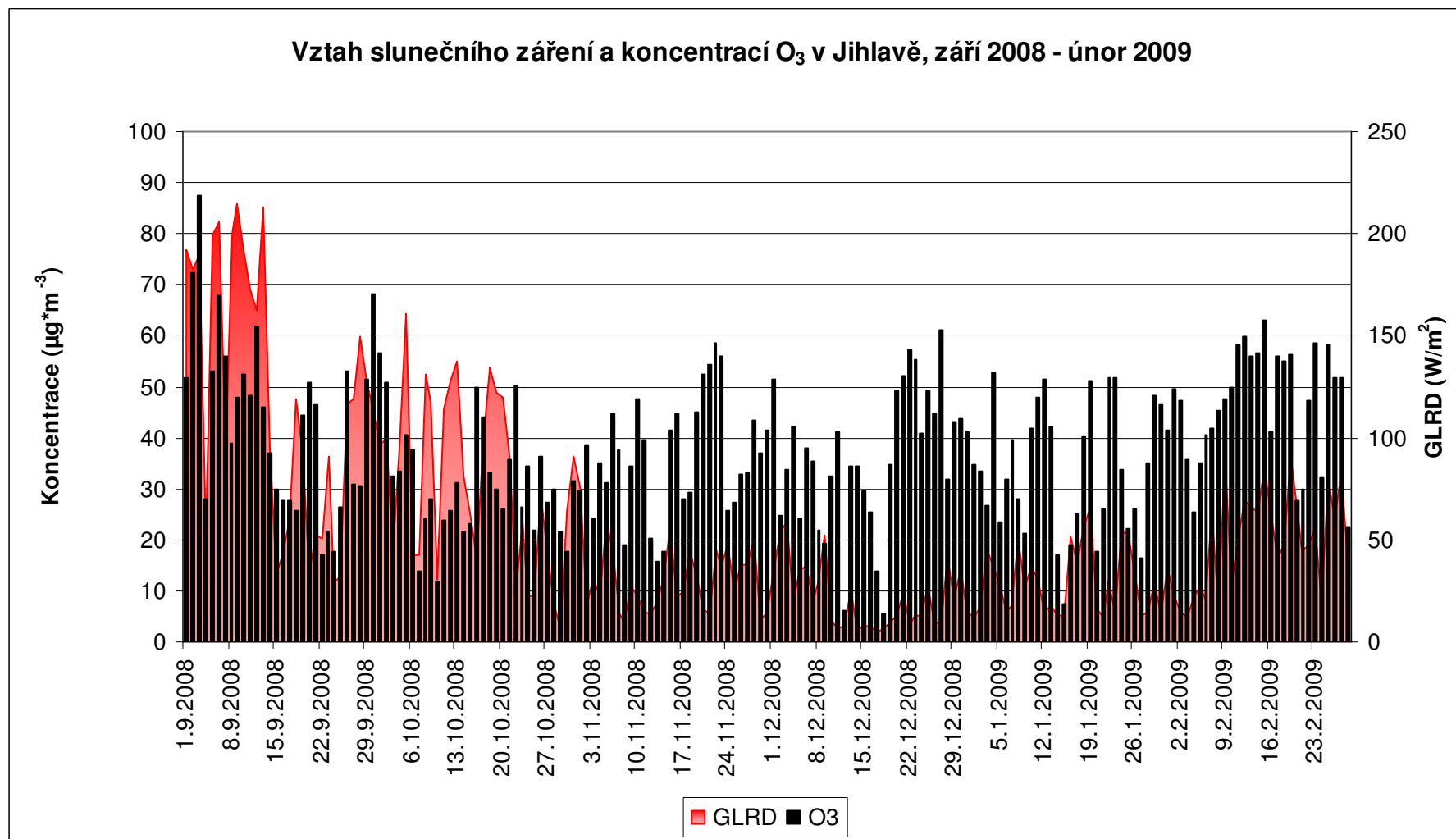


Vzhledem k tomu, že ozón je velmi reaktivní a může např. s oxidem dusnatým NO reagovat na oxid dusičitý a kyslík, tak velmi závisí na okolních podmínkách (teplota, sluneční svit), které ovlivňují rychlost reakcí. Maximální koncentrace ozónu se tak dají očekávat za slunných teplých letních dnů. Přehled vlivu slunečního záření (GLRD) na koncentrace ozónu v Jihlavě v letech 2004 – 2008 (průměrné měsíční hodnoty) a dále během kampaně září 2008 – únor 2009 (24hodinové hodnoty) je zobrazeno na Obr. 46 a na Obr. 47. Zejména graf na Obr. 47 velmi dobře ukazuje nejvyšší koncentrace v letním období (s nejvyšší hodnotou sluneční radiace) potvrzující výše uvedený text.

Obr. 46. Vztah slunečního záření a koncentrací troposférického ozónu, Jihlava 2004 - 2008



Obr. 47. Vztah slunečního záření a koncentrací troposférického ozónu, Jihlava září 2008 – únor 2009



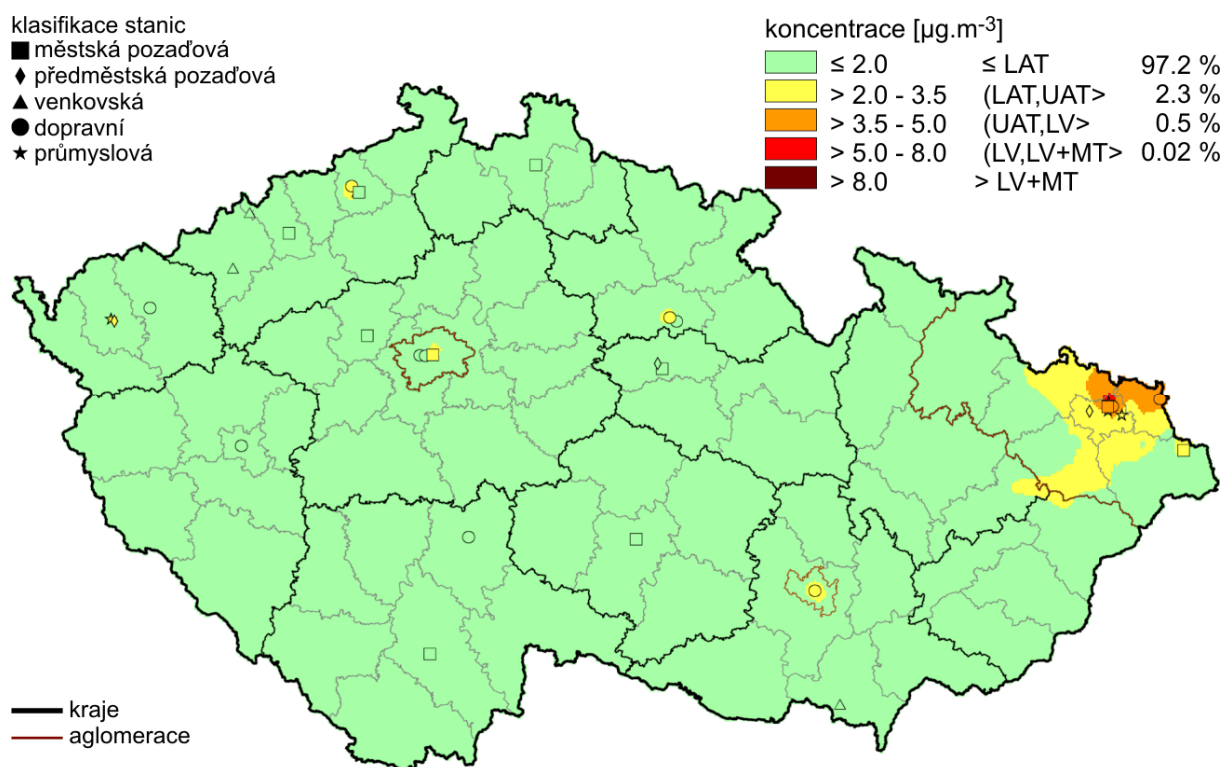
3.5 AROMATICKÉ UHLOVODÍKY - BENZEN, TOLUEN, XYLEN A ETYLBENZEN

Ze skupiny aromatických uhlovodíků benzen, toluen, xylen (o,m,p) a etylbenzen existuje imisní limit pouze pro prvního jmenovaného, tedy pro benzen.

S rostoucí intenzitou automobilové dopravy roste význam sledování znečištění ovzduší aromatickými uhlovodíky. Rozhodujícím zdrojem atmosférických emisí aromatických uhlovodíků – zejména benzenu a jeho derivátů – jsou především výfukové plyny benzinových motorových vozidel. Emise z mobilních zdrojů představuje cca 85 % celkových emisí aromatických uhlovodíků. Dalším významným zdrojem emisí těchto uhlovodíků jsou ztráty vypařováním při manipulaci, skladování a distribuci benzinu.

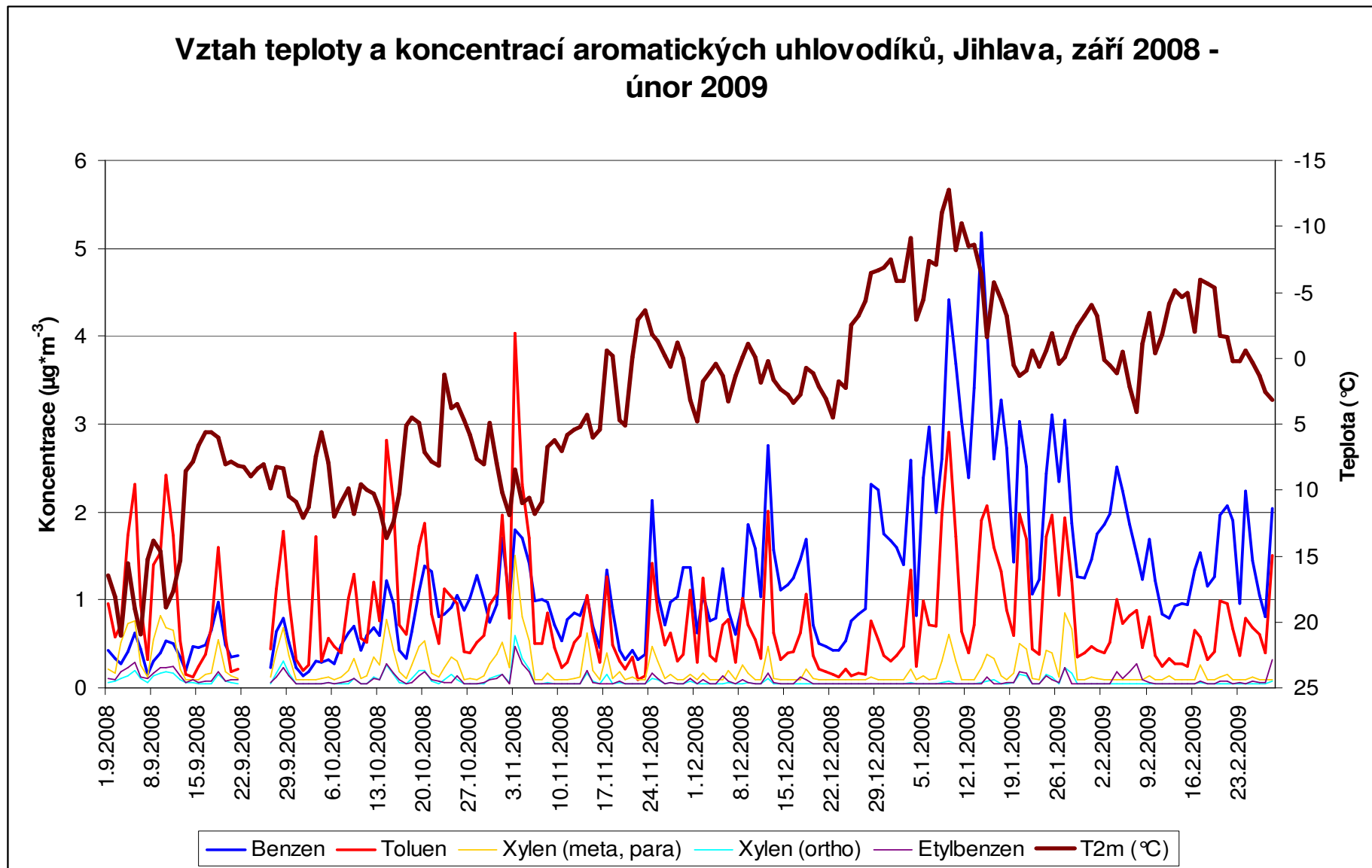
K nejvýznamnějším škodlivým efektům expozice benzenu patří poškození krevtvorby a dále jeho karcinogenní účinky.

Obr. 48. Pole roční průměrné koncentrace benzenu v roce 2007 (zdroj ČHMÚ)



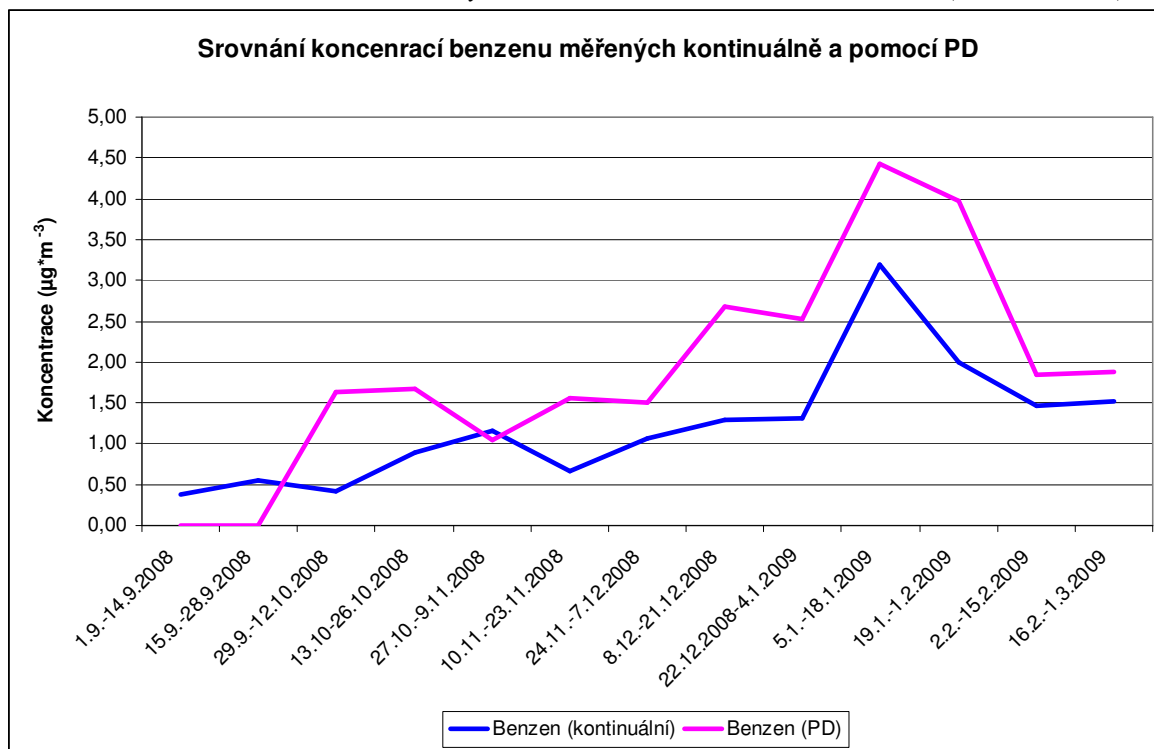
Benzen, toluen, xylen i etylbenzen jsou v Jihlavě dlouhodobě na stanici AIM (ZŠ Demlova). Jak je patrné z mapy na Obr. 48, v celém kraji Vysočina nedochází k překročení dolní meze pro posuzování pro benzen, čili průměrné roční koncentrace benzenu jsou nižší než $2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Obr. 49. Vliv teploty na koncentrace aromatických uhlovodíků, Jihlava, září 2008 – únor 2009

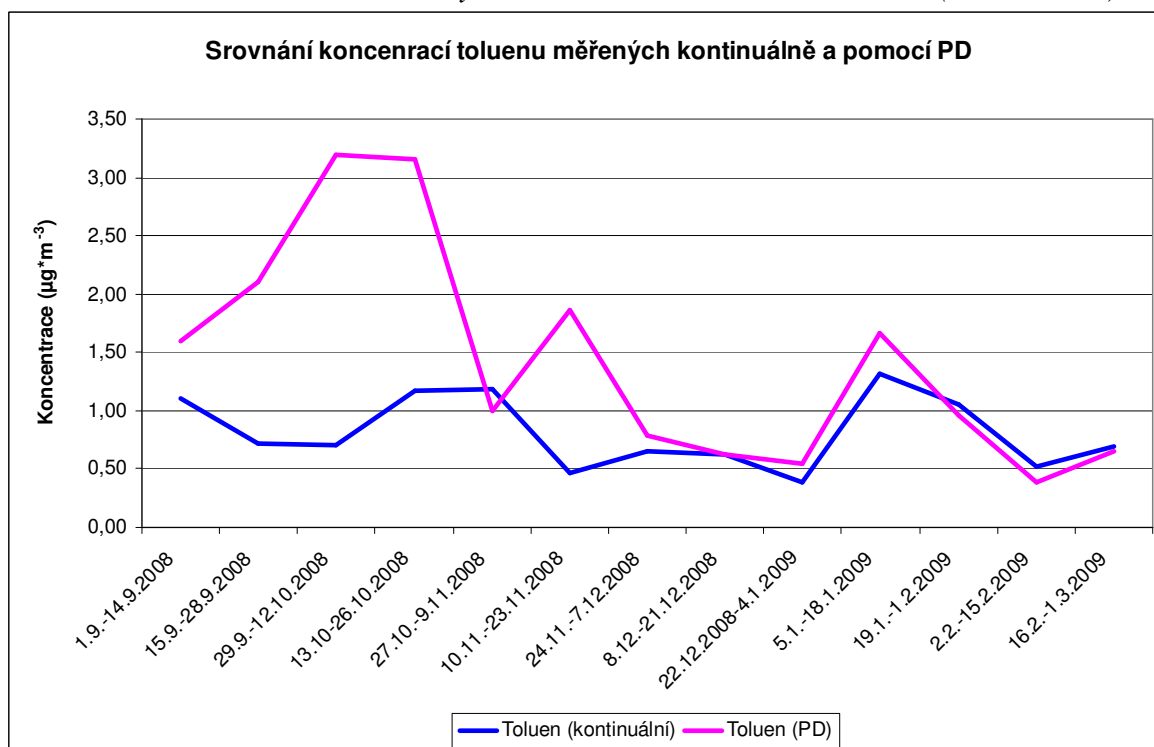


Kromě této kontinuální metody byly v Jihlavě použity i pasivní dozimetry. V lokalitě Jihlava byly aromatické uhlovodíky měřeny kontinuální referenční metodou i pasivní dozimetrem. Data z kontinuálního monitoringu byly zprůměrovány na 14-ti denní průměr a srovnány s výsledky měření pomocí PD. Pro názornost jsou uvedeny výsledky srovnání benzenu (Obr. 50) a toluenu (Obr. 51) metodou kontinuální a PD.

Obr. 50. Koncentrace benzenu měřeny kontinuální a PD metodou, Jihlava (ZŠ Demlova)



Obr. 51. Koncentrace toluenu měřeny kontinuální a PD metodou, Jihlava (ZŠ Demlova)



Z výsledků srovnání je patrné, že ač se n v absolutních hodnotách nepatrně liší, trend je zachycen a výsledky měřené v lokalitách pomocí PD jsou reprezentativní. Průměrné koncentrace jednotlivých aromatických uhlovodíků za celou kampaň zobrazují nad ortofotomapou Obr. 52 - Obr. 55.

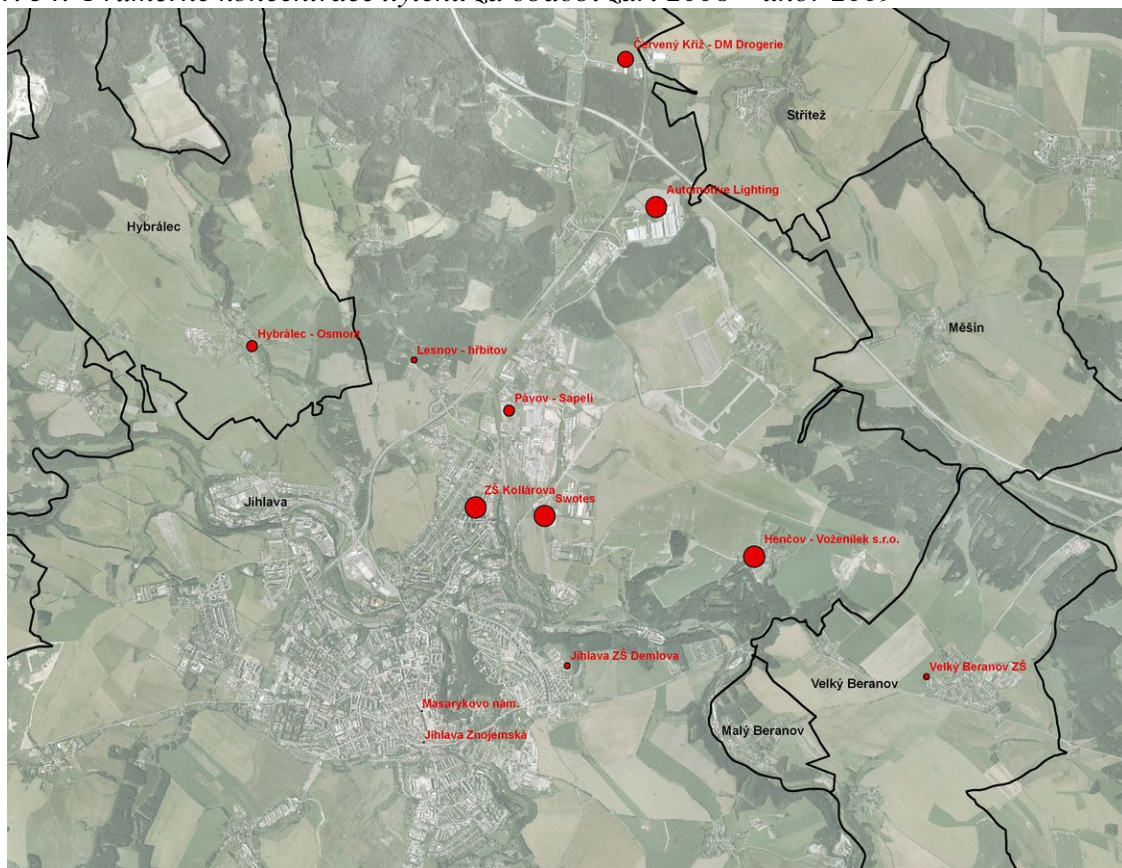
Obr. 52. Průměrné koncentrace benzenu za období září 2008 – únor 2009



Obr. 53. Průměrné koncentrace toluenu za období září 2008 – únor 2009



Obr. 54. Průměrné koncentrace xylenu za období září 2008 – únor 2009



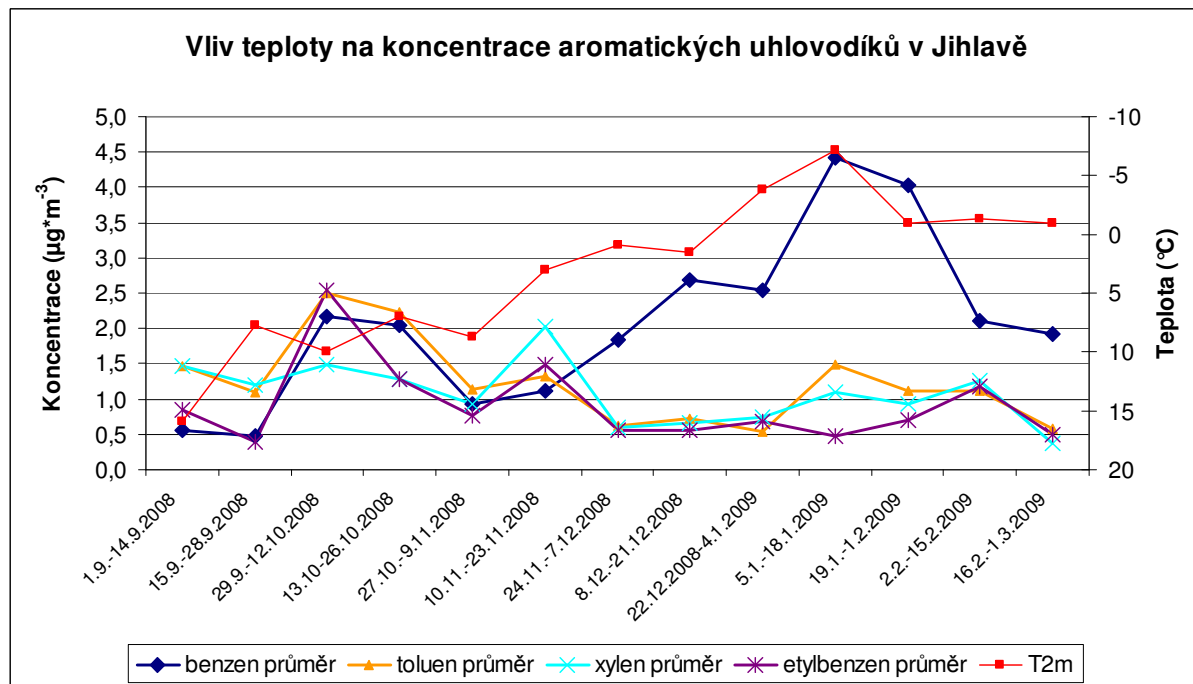
Obr. 55. Průměrné koncentrace etylbenzenu za období září 2008 – únor 2009



3.5.1 Vliv teploty na koncentrace aromatických uhlovodíků

Grafy na následujících obrázcích zobrazují vztah koncentrací aromatických uhlovodíků k teplotě, resp. relativní vlhkosti.

Obr. 56. Vliv teploty na koncentrace aromatických uhlovodíků, Jihlava, září 2008 – únor 2009



Obr. 57. Vliv relativní vlhkosti na koncentrace aromatických uhlovodíků, Jihlava, září 2008 – únor 2009



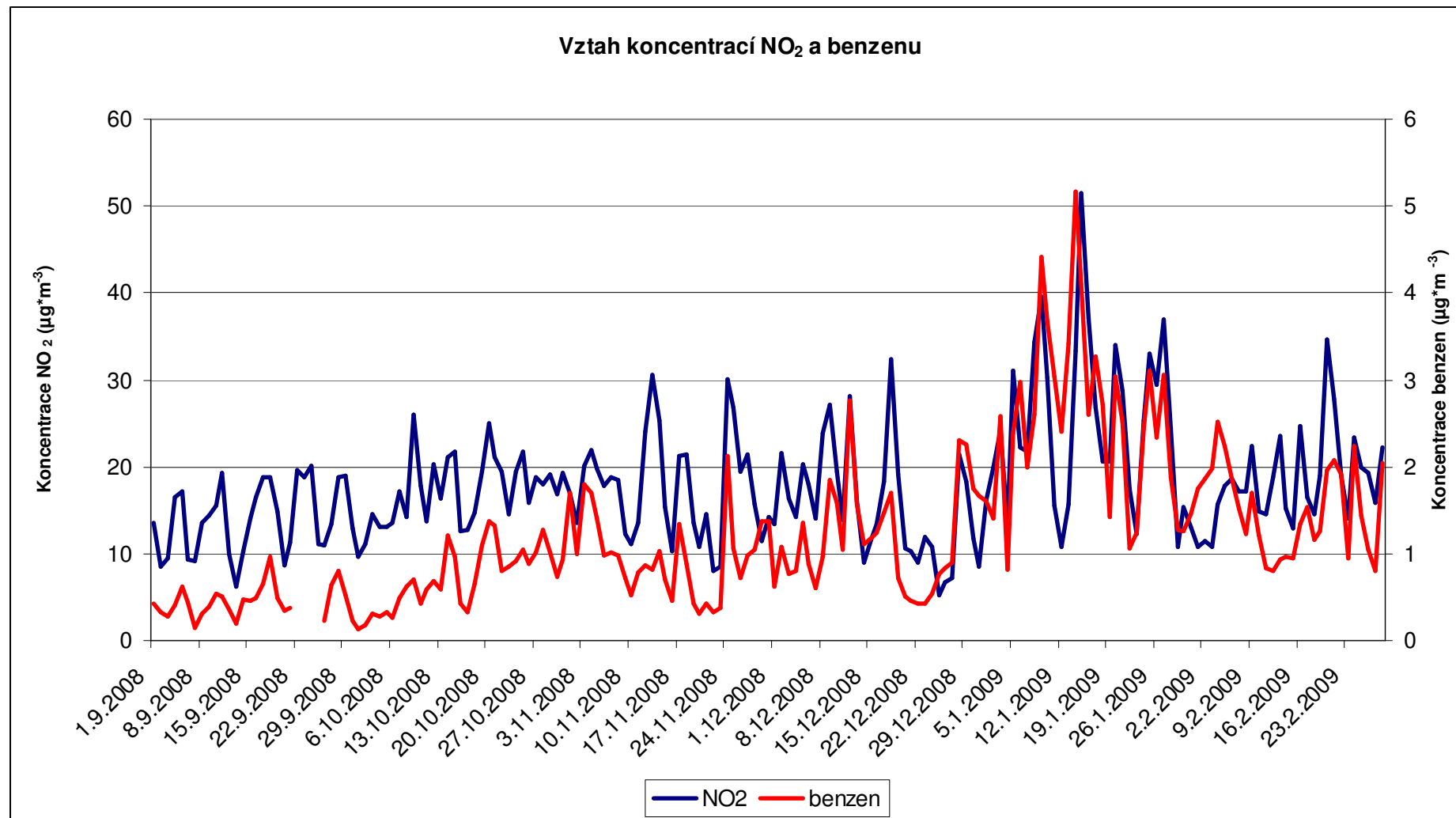
Z výše uvedených grafů vyplývá, že obzvláště koncentrace benzenu velmi dobře koreluje s teplotou. Nejvyšší koncentrace benzenu byly naměřeny během ledna, kdy byly na území celé ČR velmi špatné rozptylové podmínky způsobené teplotní inverzí. Obdobně byly nejvyšší koncentrace nalezeny i v případě NO_2 , SO_2 či částic.

Stanice AIM Jihlava (v areálu ZŠ Demlova) měří kontinuálně koncentrace benzenu i NO_2 a vzhledem k obdobným zdrojům těchto škodlivin se nabízí možná korelace. V následujícím grafu na Obr. 58 jsou zobrazeny trendy 24hodinových koncentrací NO_2 (modrá linie) a benzenu (červená linie). Jelikož v absolutních hodnotách koncentrace nejsou totožné, jsou pro každou škodlivinu zvlášť vyneseny osy y (levá pro NO_2 a pravá pro benzen). Z Obr. 58 je patrné, že korelace je velmi dobrá obzvláště v zimních měsících, přičemž absolutní hodnoty koncentrací benzenu jsou desetinové oproti koncentracím NO_2 .

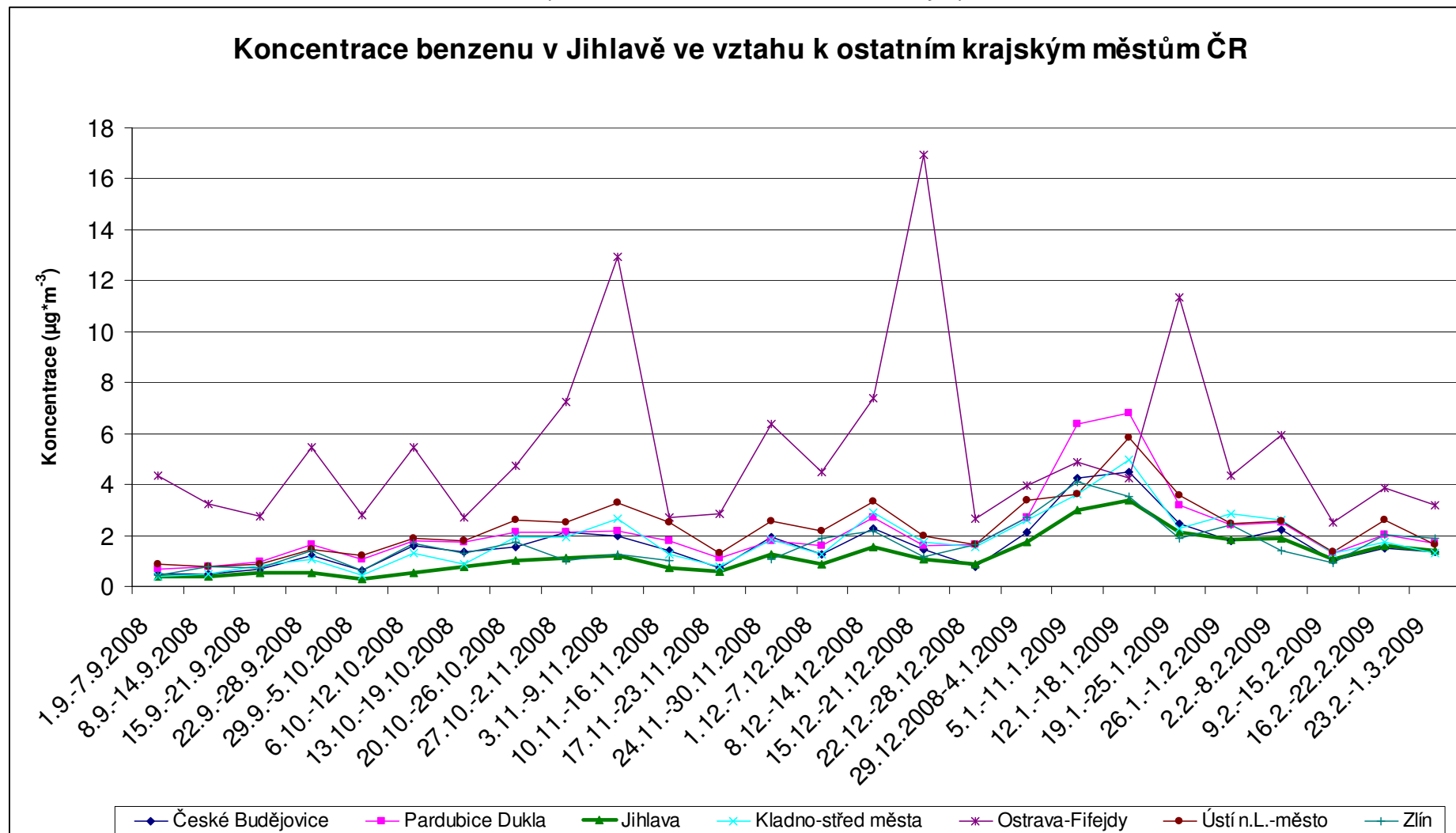
3.5.2 Vztah hodnot naměřených v Jihlavě k měřením v dalších krajských městech ČR

V grafu na Obr. 59 je zobrazen trend koncentrací benzenu (týdenní průměrná hodnota) v krajských městech ČR. Z uvedeného obrázku je patrné, že Jihlava je nejčistší z uvedených krajských měst z hlediska benzenu v ČR. Benzen neměří všechna krajská města resp. neměří je na pozadových lokalitách srovnatelných s tou v Jihlavě. Proto je v grafu uvedeno méně lokalit tak, aby srovnání bylo možné.

Obr. 58. Korelace 24hodinových koncentrací NO_2 a benzenu, AIM Jihlava, září 2008 – únor 2009



Obr. 59. Vztah hodnot koncentrací benzenu naměřených v Jihlavě k měřením v dalších krajských městech ČR



3.6 POLYAROMATICKÉ UHLOVODÍKY (PAH)

3.6.1 Charakteristika škodliviny

Polycyklické aromatické sloučeniny (polyaromatic hydrocarbons, polyaromatické uhlovodíky, PAH, PAU) jsou sloučeniny s konjugovanými dvěma a více benzenovými jádry s velice rozmanitými rizikovými vlastnostmi. Řada z nich jsou potenciálními karcinogeny a mutageny, mnohé mají toxické vlastnosti. Představují dnes největší skupinu chemických karcinogenů produkovaných během spalování, pyrolýzy a pyrosyntézy organické hmoty. Jsou tedy obsaženy typicky ve zplodinách spalovacích motorů, v tabákovém kouři, ale i v potravinách (zvláště uzených a připravovaných na otevřeném ohni). Toxicita jednotlivých kongenerů závisí na jejich struktuře. Karcinogenita se vzrůstajícím počtem jader stoupá, maximum dosahuje pro PAH s pěti benzenovými jádry. Za nejlépe prostudovaný karcinogen s jednou z nejvýznamnějších karcinogenních potencií ze skupiny PAH je považován benzo(a)pyren.

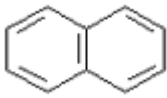
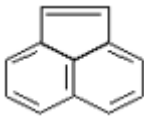
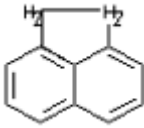
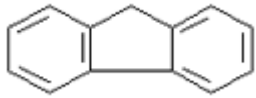
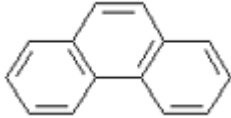
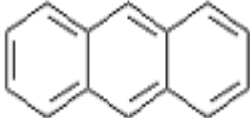
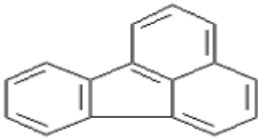
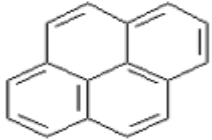
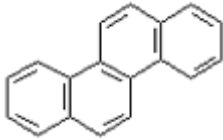
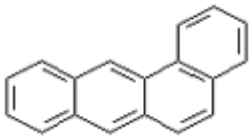
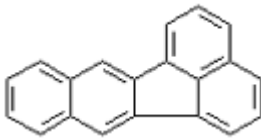
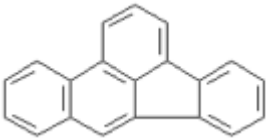
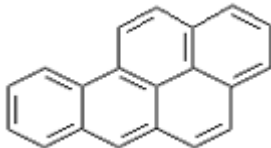
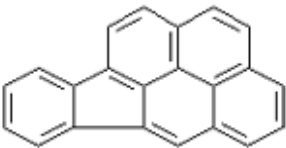
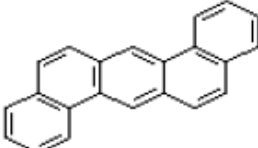
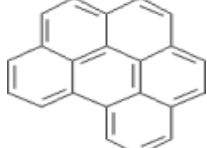
Do lidského organismu se PAH dostávají z ovzduší, potravou, z vody i průnikem přes pokožku. Jejich celkový příjem se může pohybovat v rozmezí 25 – 300 $\mu\text{g} \cdot \text{den}^{-1}$. Odhaduje se, že z celkového množství přijatých PAH pochází 3% z ovzduší, až 97% z potravy, zatímco expozice z vody je považována za malou až zanedbatelnou (cca 0,04%).

Americká agentura pro životní prostředí US EPA definovala skupinu šestnácti PAH, environmentálně rozšířenou, která se dlouhodobě monitoruje ve složkách životního prostředí a slouží jako jakýsi modelový zástupce, pomocí něhož lze stupeň zatížení životního prostředí stanovit. Jejich strukturní vzorce a názvy jsou uvedeny na Obr. 60. Za těkavé se považují PAH s molekulovou hmotností menší než 200, které jsou významně obsaženy také v plynné fázi (označené symbolem * v Tab. 31), zatímco PAH s vyšší molekulovou hmotností (od BaA – označené v tabulce symbolem **), jsou považovány za netěkavé.

Tab. 31. Bod varu a molekulová hmotnost PAH16

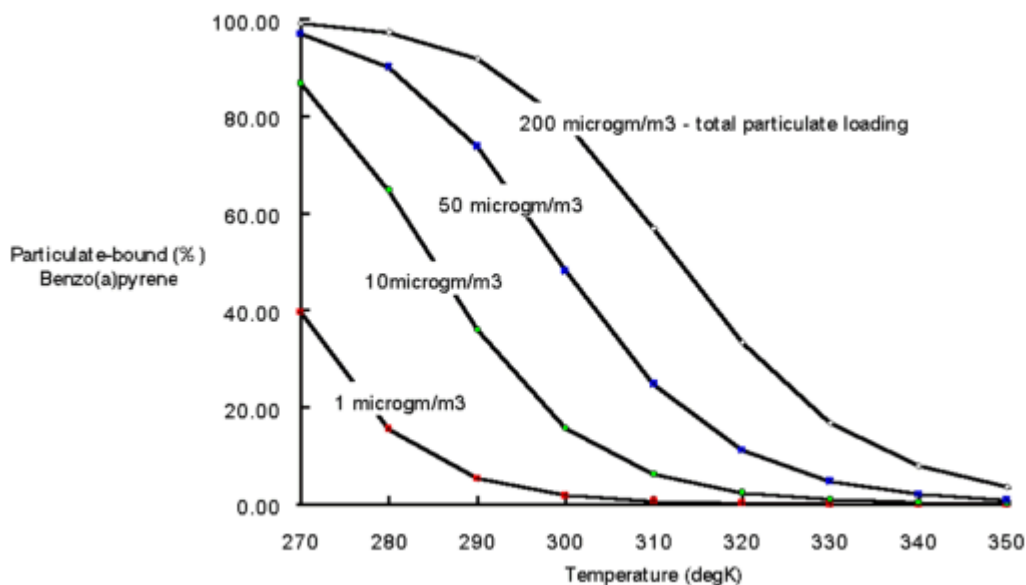
Název látky	Molekulová hmotnost
Naftalen*- NPH	128
Acenaftylen* - ACN	152
Acenaften – AC	154
Fluoren* - FLN	166
Fenantren* - PHN	178
Antracen* - ANT	178
Fluoranthén – FLU	202
Pyren - PYR	202
Chrysen** - CHR	228
Benz[a]anthracen** - BaA	228
Benzo(b)fluoranten** - BbF	252
Benzo(k)fluoranten** - BkF	252
Benzo(a)pyren** - BaP, B(a)P	252
Indeno(1,2,3-cd)pyren** - IPY	276
Dibenz(a,h)antracen - DBA	278
Benzo(ghi)perylene** - BPE	276

Obr. 60. Názvy a strukturní vzorce homologů skupiny PAH 16 podle US EPA Obr. 116.[18]

			
Naftalen	Acenaftylen	Acenaften	Fluoren
			
Fenantren	Antracen	Fluoranten	Pyren
			
Chrysen	Benzo(a)antracen	Benzo(k)fluoranten	Benzo(b)fluoranten
			
Benzo(a)pyren	Indeno(1,2,3cd)pyren	Dibenzo(a,h)antracen	Benzo(g,h,i)perylen

Netěkavé PAH jsou díky jejich vysokému bodu varu významně adsorbovány na pevných částicích. Poměr vázané frakce v závislosti na teplotě je uveden v následujícím Obr. 61. Z něho je zřejmé, že například benzo(a)pyren je za normálních atmosférických teplot vázán na částice PM₁₀ z 50-80ti % [19].

Obr. 61. Vliv teploty a rozměru PM na podíl sorbovaného B(a)P



3.6.2 Identifikace hlavních zdrojů PAH

Jedním z obtížných úkolů je identifikace potenciálních zdrojů PAH z výsledků imisních analýz. Pro takový identifikační postup se nabízí využít poměrně pevných koncentračních poměrů některých polyaromátů charakteristických pro příslušné technologie.

Harrison se spolupracovníky [20] v roce 1996 na základě dlouhodobého měření v oblasti Chicaga (USA) odvodil některé obecně platné závislosti poměrů významných PAH ve volném ovzduší.

1. Chrysen a benzo(k)fluoranthren jsou markery spalování uhlí
2. Benzo(g,h,i)pyren, coronen a fenantren jsou markery emisí motorových vozidel
3. Fenantren, fluoranthren a pyren jsou spojovány se sorpcí na částicích solí uplatněných pro zimní posyp komunikací
4. Pyren, fluoranten a fenanthren jsou markery spalovacích procesů
5. Energetické spalování olejů je spojováno s vysokou produkcí více volatilních PAH (fluoren, fluoranten a pyren), částečně také s produkcí některých výševroucích PAH (benzo(b)fluoranten and indeno(1,2,3-c,d)pyren).

Mobilní zdroje (diesel i benzinové) produkují poměrně nízký poměr B(a)P k BPE, zatímco pro stacionární zdroje jsou charakteristické vyšší hodnoty poměru B(a)P/BPE (Tab. 32) [21].

Tab. 32. Dělení statických a mobilních zdrojů PAH

Zdroj PAH	B(a)P/BPE ^a
Mobilní zdroje	0.2 – 0.6
Stacionární zdroje	>0.8

a – emisní koncentrační poměr benzo(a)pyren/benzo(g,h,i)perylene

3.6.3 Profily PAH z významných emisních zdrojů

Khalili se spolupracovníky [22] v roce 1995 na základě dlouhodobého měření v oblasti Chicaga (USA) odvodil některé obecně platné závislosti poměrů významných PAH ve volném ovzduší. Zjistili také, že 80-90% celkové koncentrace PAH z emisí stacionárních i mobilních zdrojů tvoří dvou až tří-jaderné PAH, zatímco šestijaderné polyaromáty a BPE byly detekovány pouze ze vzorků dopravních emisí (Tab. 33).

Tab. 33. Poměry emisí PAH z různých emisních zdrojů

Typ PAH	Dieselový motor	Benzinový motor	Spalování uhlí	Spalování dřeva
2-jaderné PAH	9	55	89	11
3-jaderné PAH	56	18	9	69
4-jaderné PAH	10	12	1	6
5-jaderné PAH	18	13	0,2	13
6-jaderné PAH	5	<0,1	< 0,1	PMS

PMS – pod mezí stanovitelnosti

2-jaderné : naftalen

3-jaderné : acenaften, acenaftylen, fluoren, fenetren, antracen

4-jaderné : fluoranten, pyren, BaA, chrysen,

5-jaderné : BkF, BbF, BaP, DBA

6-jaderné : IPY, BPE

Z tohoto dělení je zřejmé, že přítomnost šestijaderných PAH v imisích je možno přičítat s vysokou pravděpodobností automobilovému provozu, zatímco vysoká koncentrace dvou a tříjaderných PAH mohou být spojovány převážně se stacionárními spalovacími procesy.

3.6.4 Environmentální zátěž ČR

Emise perzistentních organických látek (POPs), vykazovaných podle požadavků Protokolů k Úmluvě CLRTAP, jsou zpracovány do emisní bilance vycházející z podkladů databází REZZO a s využitím statistických údajů (spotřeby paliv a pohonných hmot, údaje o produkci vybraných technologií) dosahují podle statistické ročenky MŽP hodnoty pro PAH v roce 2005 24,2 t/rok.

Nejvýznamnější dotací PAH do atmosféry se v posledních letech stává doprava. Roční množství emisí PAH v ČR z dopravy dosahovalo na přelomu tisíciletí hodnot kolem 15 tun/rok. Tyto hodnoty se však v posledních letech dramaticky zvyšují a pro konec první dekády 21.století je odhadována emise ve výši 30 t PAH/rok. V kategoriích benzínových vozidel splňujících emisní limity EURO a naftových vozidel jsou emise PAH tvořeny převážně nekarcinogenním naftalenem. U starších benzínových vozidel, které nesplňují normy EURO, převažuje fenantren, který tvoří okolo 50 %, naftalen zde naopak tvoří méně než 10%.

Tab. 34. Odhad a prognóza dopravních emisí PAH v ČR (t/rok)

Rok	1990	2000	2010	2015
dopravní emise PAH	< 10	16,2	29,7	30,2

3.6.5 Toxikologické charakteristiky PAH

US EPA provedla v roce 1994 základní roztřídění skupiny environmentálně rozšířených PAH podle jejich karcinogenního potenciálu. Jednotlivé homology PAH16 byly zařazeny podle schématu EPA do skupin D – neklasifikován jako lidský karcinogen a skupiny B2 – pravděpodobný lidský karcinogen [23].

Tab. 35. Zařazení do skupiny s rizikem karcinogeneze (podle US EPA)

Název PAH16	CP*
ACN	D
AC	D
FLN	D
PHN	D
ANT	D
FLU	D
PYR	D
BaA	B2
CHR	B2
BbF	B2
BkF	B2
BaP	B2
IPY	B2
DBA	B2
BPE	D

*CP - Karcinogenní potenciál (podle EPA)

Kvantitativní výpočet rizika karcinogenního potenciálu (CPS) pro B(a)P byl stanoven na hodnotu $7,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{den}^{-1}$. Z něho potom byly Nisbetem a La Goeyem v roce 1992 odhadnuty relativní karcinogenní potenciály pro další ze skupiny polyaromátů. Pomocí jimi definovaných toxických faktorů můžeme kvalitativně vyhodnotit karcinogenní potenciál libovolné směsi detekovaných PAH tak, že nalezenou koncentraci látky násobíme hodnotou TEF faktoru a výsledné hodnoty poté sečteme. Výsledkem je hodnota toxického ekvivalentu TEQ, jenž udává souhrnné riziko karcinogenního potenciálu nalezené směsi polyaromatických uhlovodíků v dané složce životního prostředí. V následující Tab. 36 jsou hodnoty TEF uvedeny.

Tab. 36. Hodnoty TEF podle Nisbeta a Le Goye [24]

Název PAH16	TEF
NPH	0,001
ACN	0,001
AC	0,001
FLN	0,001
PHN	0,001
ANT	0,01
FLU	0,001
PYR	0,001
BaA	0,1
CHR	0,01
BbF	0,1
BkF	0,1
BaP	1
IPY	0,1
DBA	5
BPE	0,01

3.6.6 Interpretace výsledků měření imisí polyaromatických uhlovodíků

Získávání laboratorních výsledků imisí z hlediska zátěže ovzduší polyaromáty je neobyčejně pracná, ekonomicky náročná úloha. Z těchto důvodů je v ČR systematicky tato činnost organizována teprve v posledním desetiletí, a to pouze na několika místech standardního imisního monitoringu.

Již vlastní odběr poměrně komplikované směsi látek, lišících se svými fyzikálními vlastnostmi a vyskytujícími se v koncentracích, jenž jsou prakticky o tři řády nižší než koncentrace běžných (standardních) imisních škodlivin, je činnost náročná na přesnost a kvalitu práce.

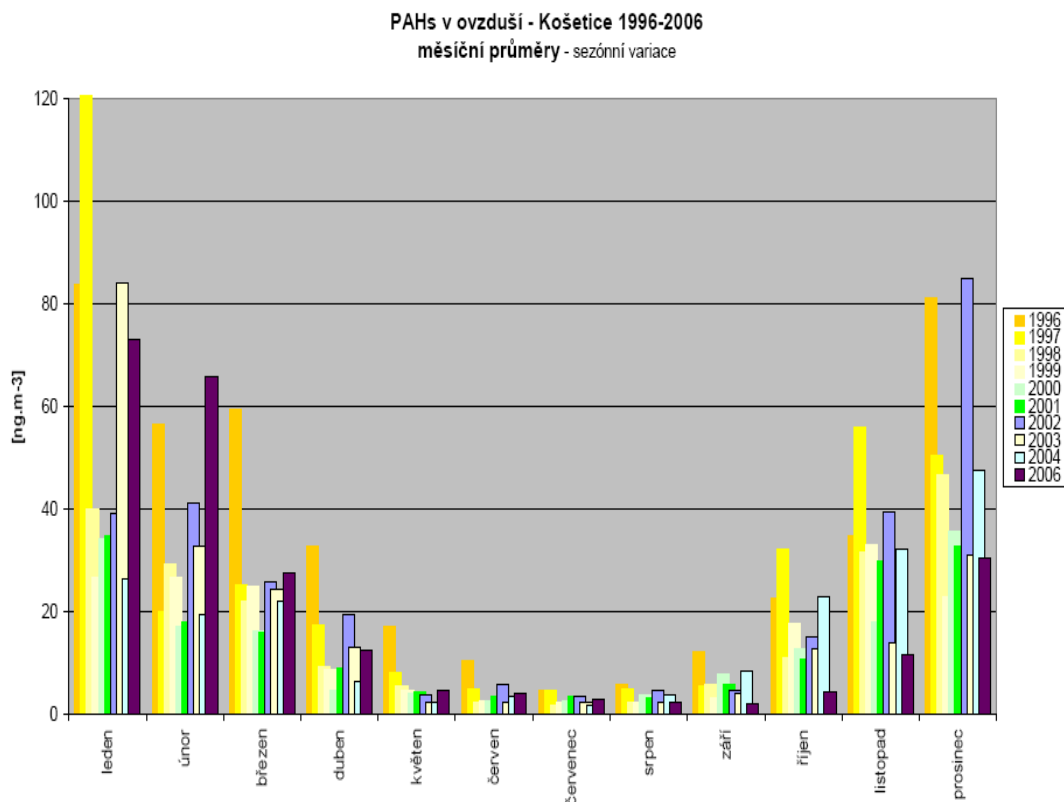
Pro hodnocení imisní zátěže polyaromatickými uhlovodíky byly tedy pro tento projekt použity jednak výsledky vlastních měření monitoringu okolí průmyslové zóny, které byly realizovány (s ohledem na jejich náročnost jak časovou, tak i ekonomickou) pouze v měsících lednu a únoru roku 2009, doplněné údaji z delších časových řad imisních analýz, které jsou realizovány v této oblasti ve dvou lokalitách: 1) městská stanice Žďár nad Sázavou, 2) požadová stanice GEMS Košetice. V Jihlavě ani v jejím blízkém okolí nejsou systematicky tyto analýzy prováděny.

3.6.7 Výsledky dlouhodobého monitoringu polyaromatických uhlovodíků v lokalitách kraje Vysočina

Na Obr. 62 jsou uvedeny výsledky dlouhodobého monitoringu imisí na pozad'ové lokalitě GEMS ČR Košetice. Tato stanice je zařazena v kontextu evropské sítě měření imisí jako stanice stanovující celkovou hladinu pozadí koncentrací.

Z obrázku je zřejmý základní aspekt charakteristický pro imisní zátěž polyaromatickými uhlovodíky. Jedná se o „konkávní“ charakter ročního průběhu imisí s minimy v letních měsících, které dosahují pro čistou lokalitu hodnot jednotek nanogramů v krychlovém metru vzdušiny, lemované maximy v zimním období, v nichž naopak hodnoty dosahují v maximech desítky ng.m^{-3} [25].

Obr. 62. Suma PAH dlouhodobé profily na stanici GEMS Košetice



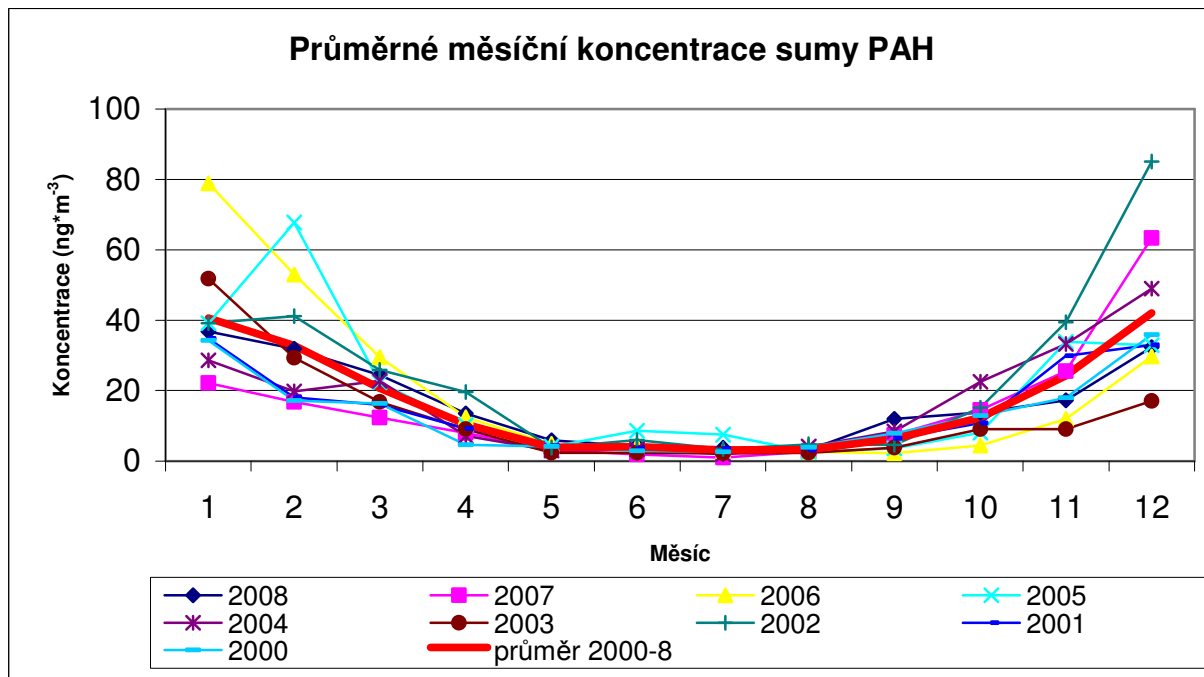
V následující Tab. 37 jsou souhrnně uvedeny hodnoty měsíčních průměrů PAH16 naměřené od roku 2000 na stanicích Košetice a Žďár nad Sázavou.

Tab. 37. Data imisních měření PAH v letech 2000 - 2008

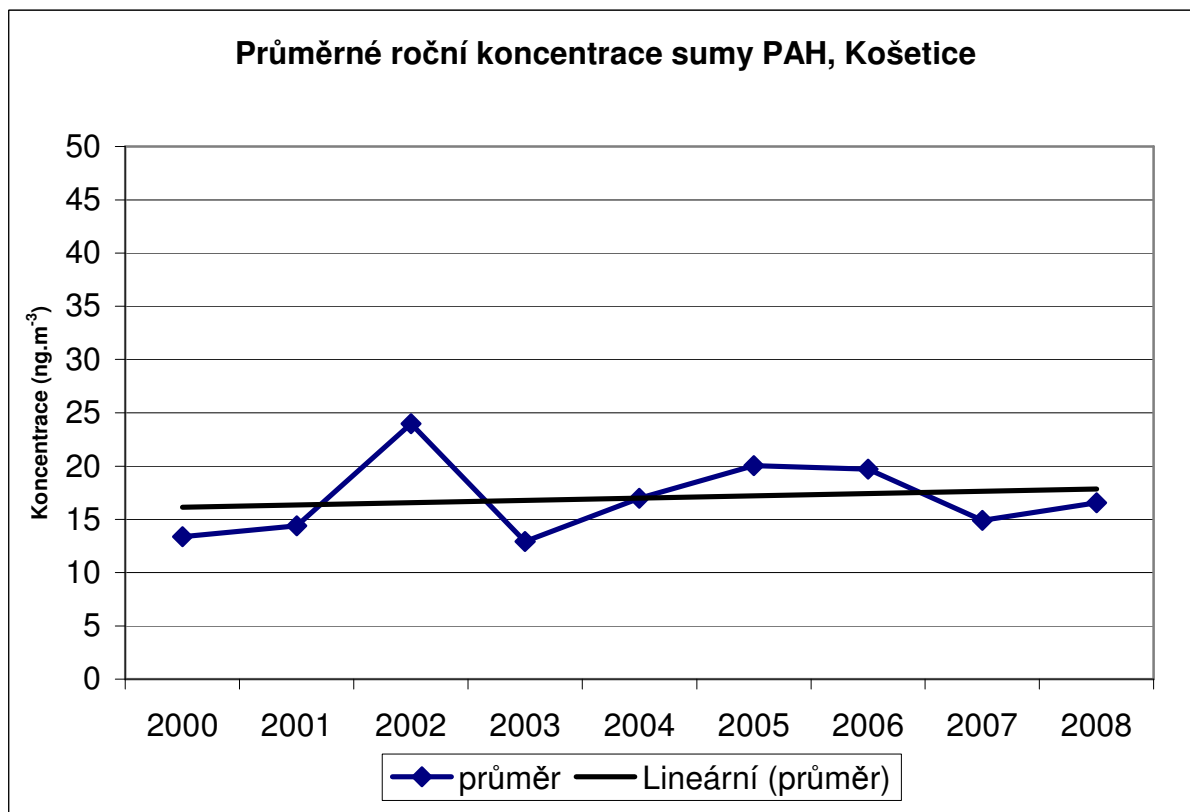
Rok/měsíc	Měsíční koncentrace v ng*m ⁻³ , Košetice												Roční průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2008	36,76	31,88	24,42	13,46	5,82	4,26	3,69	3,16	11,93	13,76	17,18	32,38	16,56
2007	22,10	16,80	12,30	7,90	3,20	1,90	1,00	2,70	7,40	14,50	25,50	63,40	14,89
2006	78,90	53,00	29,50	12,40	4,80	4,20	2,80	2,60	2,30	4,50	11,90	29,70	19,72
2005	39,20	67,80	22,30	10,20	4,10	8,60	7,50	2,60	3,60	8,00	33,90	32,90	20,06
2004	28,60	19,80	22,80	7,10	3,00	3,40	2,00	4,10	8,40	22,50	33,20	49,00	16,99
2003	51,80	29,30	16,80	9,00	2,40	2,40	2,20	2,40	3,80	9,00	9,00	17,00	12,93
2002	39,20	41,20	25,90	19,60	3,80	5,90	3,50	4,70	4,60	15,10	39,40	85,10	24,00
2001	34,76	18,03	15,93	9,23	4,37	3,56	3,59	3,22	6,33	10,77	29,84	33,00	14,39
2000	34,23	17,10	16,31	4,63	4,16	2,87	2,66	3,89	7,85	12,81	17,94	35,89	13,36
průměr 2000-8	40,62	32,77	20,70	10,39	3,96	4,12	3,22	3,26	6,25	12,33	24,21	42,04	16,99

Rok/měsíc	Měsíční koncentrace v ng*m ⁻³ , Žďár nad Sázavou												Roční průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2008	25,78	47,38	41,17	20,80	9,89	11,03	9,02	5,81	5,99	12,17	6,81	17,98	17,82
2007	41,60	23,00	27,50	16,50	10,90	21,70	15,00	7,50	13,50	29,50	25,90	53,20	23,82
2006	NS	113,00	58,10	27,60	10,40	11,50	12,90	19,50	23,10	47,10	70,30	34,00	35,63
2005	NS	NS	NS	27,90	14,10	NS	NS	NS	20,30	34,60	54,30	55,90	34,52
2004	117,20	61,20	69,90	33,40	16,60	17,90	10,90	11,30	28,30	28,80	NS	60,80	41,48
2003	71,60	115,40	81,60	34,10	19,10	12,20	25,70	20,30	23,00	52,60	58,70	59,80	47,84
2002	74,20	73,94	35,80	30,16	15,38	14,05	16,73	28,58	38,36	42,52	54,56	83,80	42,34
2001	122,86	93,32	59,60	21,92	19,32	18,34	19,12	26,84	19,40	36,45	46,38	NS	43,96
2000	66,62	37,86	33,98	44,88	16,30	20,62	20,40	19,40	24,32	39,90	NS	NS	32,43
průměr 2000-8	74,27	70,64	50,96	28,58	14,67	15,92	16,22	17,40	21,81	35,96	45,28	52,21	36,99

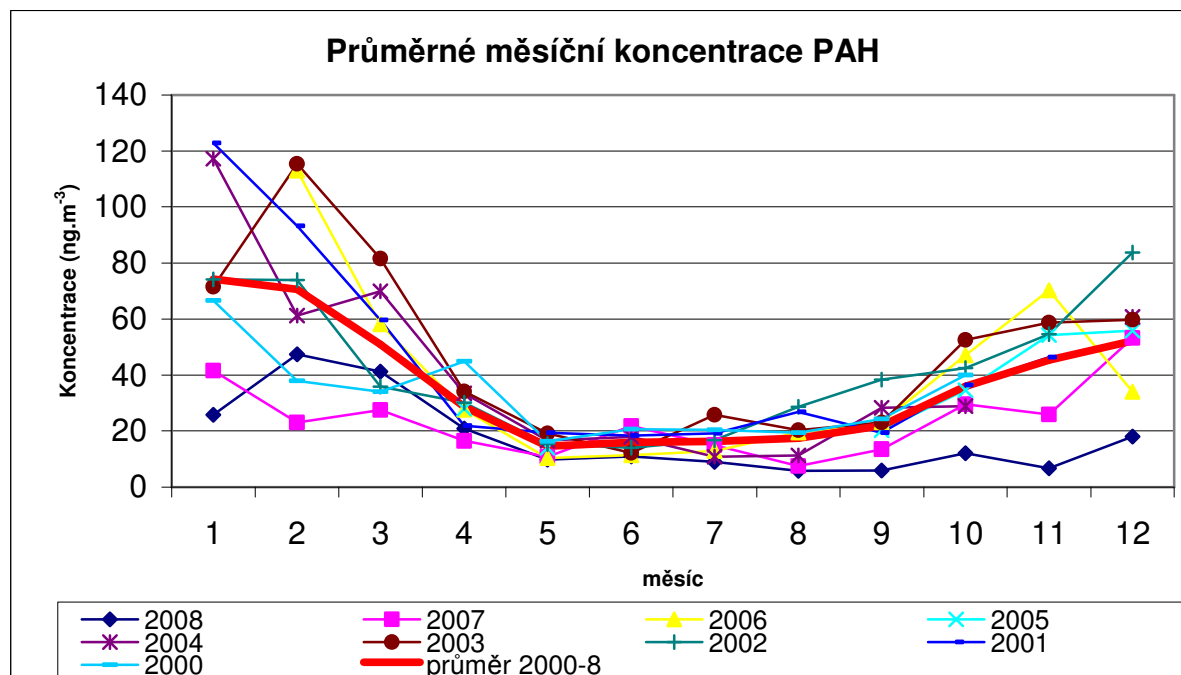
Obr. 63. Košetice - chod měsíčních průměrných koncentrací sumy PAH



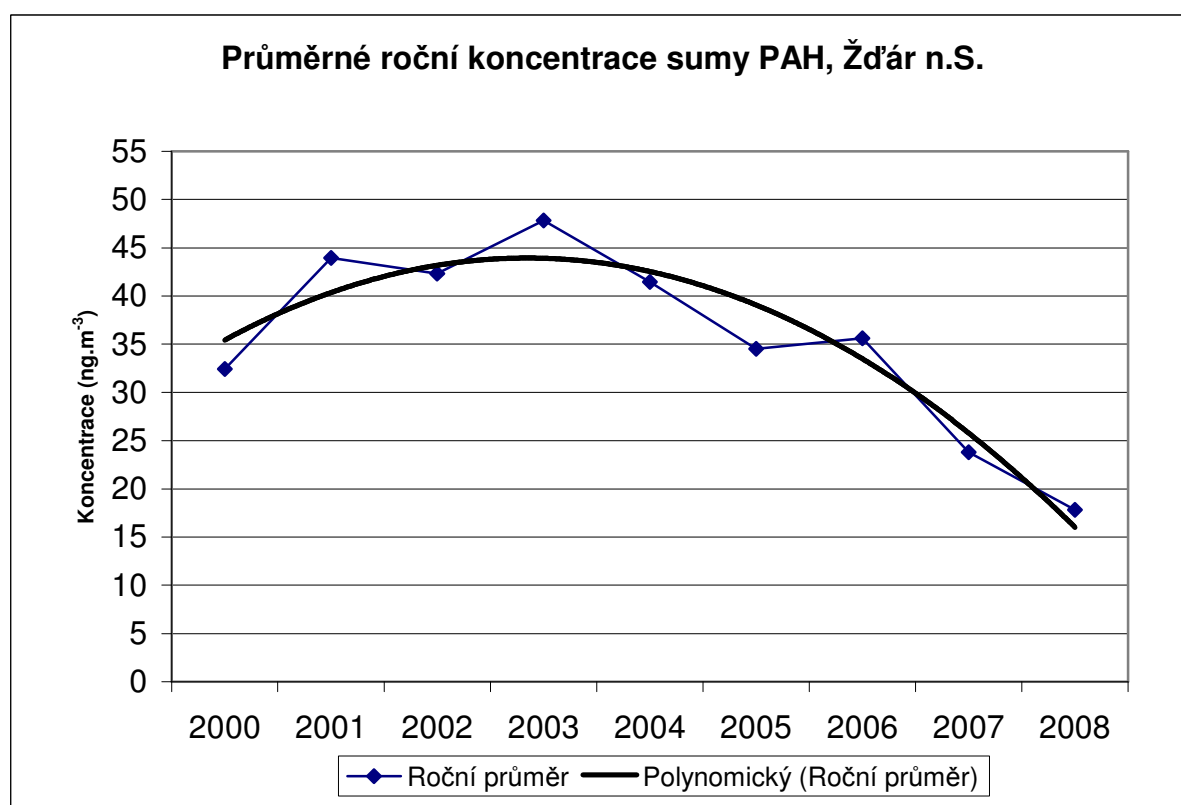
Obr. 64. Košetice - dlouhodobý trend ročního průměru sumy PAH



Obr. 65. Žďár nad Sázavou - chod měsíčních průměrných koncentrací PAH



Obr. 66. Žďár nad Sázavou - dlouhodobý trend ročního průměru sumy PAH

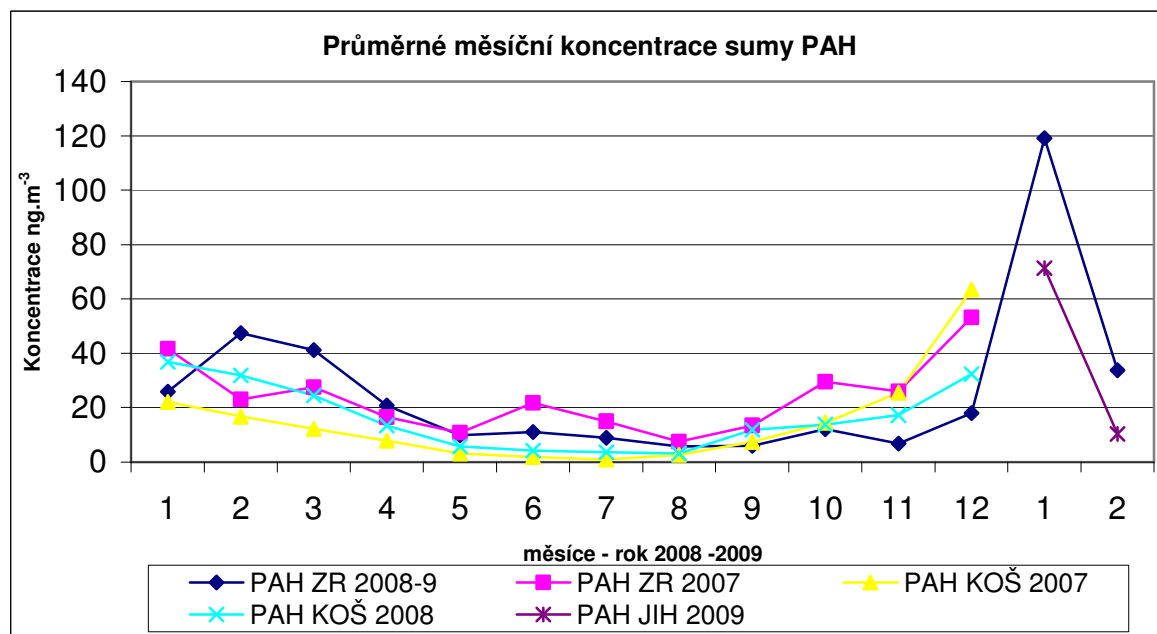


Z údajů uvedených v grafech na Obr. 63 - Obr. 66 je zřejmé několik vztahů důležitých pro interpretaci imisní zátěže PAH v zájmové oblasti:

1. obě lokality mají stejné „konkávní“ rozložení průměrných měsíčních koncentrací sumy PAH,
2. v letním období je dlouholetý rozptyl ročních výsledků jen minimální v mezích nepřevyšujících jednotky ng.m^{-3} ,
3. v zimním období je v obou lokalitách rozptyl v letech řádově větší (Košetice až 60 ng.m^{-3}),
4. zimní kolísání hodnot je významnější v lokalitě Žďár nad Sázavou (100 ng.m^{-3}),
5. průběh dlouhodobého průměru měsíčních koncentrací PAH (červená křivka na Obr. 63 a Obr. 65) má velice podobný charakter, pouze v městské lokalitě s vyššími absolutními hodnotami,
6. dlouhodobý trend ročních průměrů v lokalitě Košetice je prakticky lineární a dlouhodobě neměnný a tak velmi dobře reprezentuje pozadové koncentrace kraje Vysočina,
7. trend ročních průměrů v lokalitě Žďár nad Sázavou stoupá do maxima v roce 2003 a poté stále klesá až k hodnotám, které jsou v letech 2007 a 2008 již téměř srovnatelné s ročním průměrem na stanici Košetice. Mírná variabilita může být způsobena nepříznivými meteorologickými podmínkami, obzvláště v zimním období (rok 2006 a mírný nárůst).

V grafu na Obr. 67 je do trendu imisí roku 2008-2009 zakreslena situace monitorovaná v průmyslové zóně Jihlava v lednu až únoru 2009.

Obr. 67. Hodnoty měsíčních průměrů sumy PAH na stanicích Košetice, Žďár nad Sázavou a měření monitoringu průmyslové zóny Jihlava



Z údajů uvedených na Obr. 67 je zřejmé, že zima 2008/2009 opět poskytovala významné hodnoty sumy polyaromatických uhlovodíků. Tyto hodnoty se dají srovnávat s hodnotami imisí z let 2001 nebo 2006.

Podobný trend lze vidět i pro měření provedení v tomto období na třech stanicích v lokalitě Jihlava.

K orientačnímu, velice hrubému, rozdělení původu (zdrojů) emisí PAH můžeme použít poměr mezi B(a)P a BPE. Ten podle [20] nabývá vyšších hodnot než 0,8 pro emise ze stacionárních zdrojů. Hodnoty imisí pro rok 2008 ze stanice Žďár nad Sázavou a dále z prvních dvou měsíců 2009 z Jihlavy jsou uvedeny v následující Tab. 38.

Tab. 38. Poměr B(a)P a BPE v lokalitách Žďár nad Sázavou a Jihlava

Lokalita	2008	1-2/2009
Žďár n.Sázavou	0,84	1,10
Jihlava – průměr tři stanovišť	-	0,96

Další kritériem pro kvalitativní identifikaci zdrojů je vzájemný poměr stejnojaderných PAH. Vyjádříme-li vzájemné poměry pro 3-6 jaderných PAH, je podle [22] možno usuzovat na zdroj mobilní (diesellový, případně benzinový motor), případně na stacionární energetické zdroje. Pro stacionární zdroje je dále významná praktická absence 6ti jaderných PAH.

Tab. 39. Poměry PAH s různými počty jader

Poměry PAH	Diesellový motor	Benzinový motor	Uhlí
3 : 4	5,6	1,5	9
4 : 5	0,6	1,0	5
5 : 6	3,5	> 10	> 5
6 ti jaderné PAH	významný podíl	nevýznamný	nevýznamný

V následující Tab. 40 jsou uvedeny vypočtené poměry homologů PAH pro hodnoty ze stanice Žďár n.Sázavou a hodnoty pro imise naměřené v lednu a únoru v Jihlavě.

Tab. 40. Poměry PAH s různými počty jader

Poměry PAH	Žďár n./S. 2008	Žďár n./S. 1-2/2009	Jihlava 1-2/2009
3 : 4	0,7	1,4	< 0,1
4 : 5	3,9	3,7	2,9
5 : 6	1,2	1,3	4,5
6 ti jaderné PAH	významné	významné	významné

Vyhodnocením obou tabulek můžeme konstatovat, že obě lokality jsou:

1. významně zatěžovány emisemi z provozu diesellových motorů (vysoké koncentrace 6-ti jaderných PAH),
2. poměrně vysoké poměry tří ku 4jaderným PAH znamenají významný podíl stacionárních energetických zdrojů (produkce antracenu a fenantrenu),
3. na celkovém imisním zatížení se podílí různé emisní zdroje s poměrně nízkými koncentracemi 4jaderných PAH a s relativně vyššími podíly 5ti jaderných homologů.

Tento stav však vede k významnému posílení relativního podílu silných karcinogenů, jimiž jsou 5ti jaderné BkF, BbF, BaP, DBA.

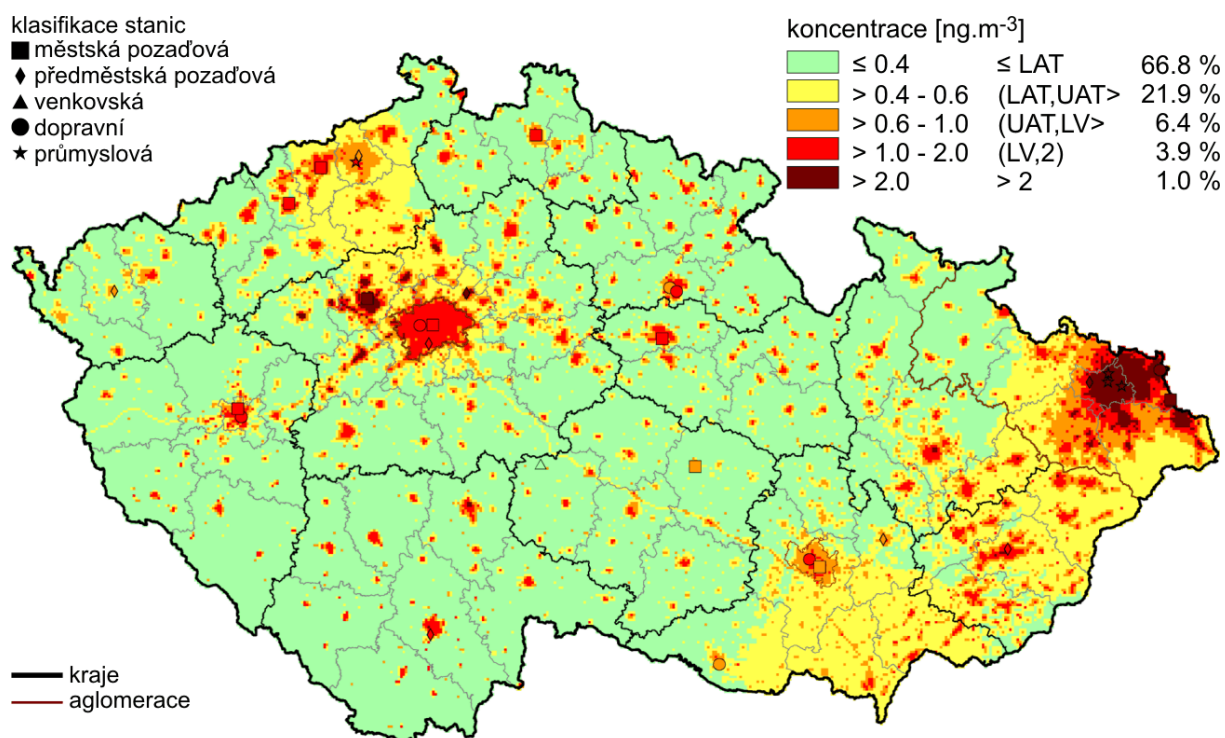
3.6.8 Benzo(a)pyren – B(a)P

Benzo(a)pyren je nejdůležitějším představitelem skupiny 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), jejichž je benzo(a)pyren představitelem pro hodnocení účinku na lidské zdraví, je jednak nedokonalé spalování fosilních paliv jak ve stacionárních (domácí topeniště) tak i v mobilních zdrojích (motory spalující naftu), ale také výroba koksu a železa. Benzo(a)pyren, stejně jako další PAH s 5 a více aromatickými jádry, je navázán především na částice menší než $2,5 \mu\text{m}$.

V roce 2007 byl benzo(a)pyren v ČR sledován na 28 lokalitách. Na všech lokalitách klasifikovaných jako městské nebo předměstské je zaznamenáváno překračování cílového imisního limitu. Tato skutečnost velmi podpořila obavy, že i v obcích a městech, kde se tato škodlivina nemonitoruje, dochází vlivem lokálních zdrojů a termických procesů k překračování cílového imisního limitu.

Z mapy uvedené na Obr. 68 vyplývá, že z hlediska B(a)P vyvstává kraji Vysočina problém ve všech větších obcích, kde je zdrojem vytápění spalování pevných paliv a dále ve všech dopravou zatížených místech v kraji. Významným liniovým zdrojem je pak dálnice D1. V ostatních případech koncentrace nepřekračují cílový imisní limit 1 ng.m^{-3} .

Obr. 68. Pole roční průměrné koncentrace benzo(a)pyrenu v ovzduší v roce 2007 (zdroj ČHMÚ)



3.6.9 Vyhodnocení starších dat pro B(a)P získaných monitorováním lokality „Průmyslová zóna Jihlava“

V roce 2007 byl v Jihlavě prováděn monitoring v okolí tzv. průmyslové zóny, který zadala společnost Kronospan CZ Obr. 116.[26]. Mezi jeho výsledky jsou i několikadenní hodnoty nalezené v létě a na podzim 2007. Jejich souhrn je uveden Tab. 41.

Tab. 41. Imisní koncentrace B(a)P (ng.m^{-3}) v různých lokalitách Jihlavy

Monitorovaná lokalita	Srpen 2007	Říjen 2007
ZŠ Kolárova	0,11	0,57
Masarykovo nám.	0,11	0,42
ZŠ Demlova	0,15	0,59
Průmyslová zóna- Prometal	0,14	0,47
Průmyslová zóna- Swotes	0,13	0,65
Průměr měření	0,13	0,54

Obě etapy v roce 2007 byly měřeny krátkodobě. Meteorologické podmínky po čas měření byly příznivé – odpolední teploty se pohybovaly v intervalu 12-15°C (srpen) a 5-8°C (říjen), počasí nemělo inverzní charakter. Naměřené hodnoty v obou monitorovaných etapách vykazují velmi nízké koncentrace B(a)P. Vztah k cílovému imisnímu limitu však není možné stanovit, protože ten je stanoven pro **průměrnou roční koncentraci** B(a)P. Průměrné koncentrace v měřených obdobích mají hodnotu 0,13 a 0,54 ng.m^{-3} , což odpovídá dlouhodobým předpokladům pro zátěž této lokality za příznivých rozptylových podmínek. V tomto monitoringu také nebylo konstatováno žádné významné zvýšení této imisní zátěže v samotné průmyslové zóně.

3.6.10 Hodnocení imisních koncentrací B(a)P v lokalitách Vysočiny

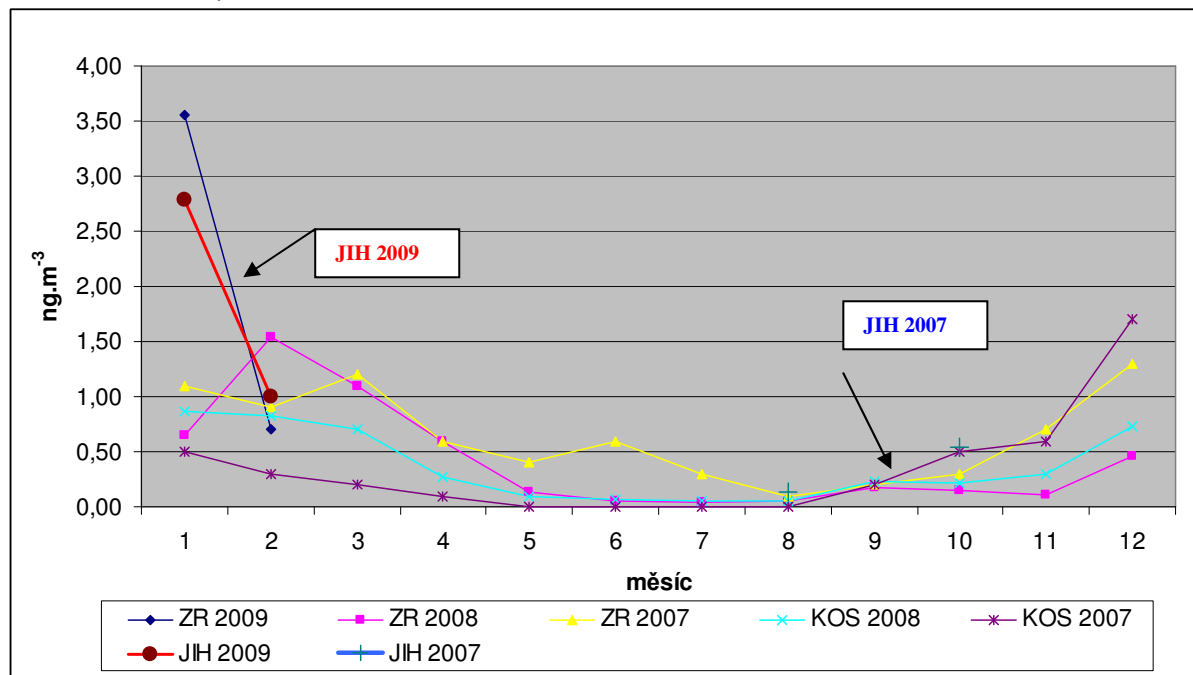
Tyto výsledky spolu s monitoringem, který byl proveden v zimě 2009 můžeme zařadit do kontextu dlouhodobých monitorovacích aktivit realizovaných v širší oblasti Vysočiny. V Tab. 42 jsou uvedena data imisních koncentrací benzo(a)pyrenu analyzovaných v letech 2007-2009 v lokalitách Košetice (KOS), Žďár nad Sázavou (ZR) a Jihlava (JIH).

Tab. 42. Výběr hodnot imisních koncentrací v monitorovaných lokalitách Vysočiny

Lokalita/rok	Koncentrace B(a)P (ng.m^{-3})				
	leden	únor	srpen	říjen	průměr
ZR 2009	3,56	0,71	NS	NS	
ZR 2008	0,65	1,54	0,06	0,15	0,42
ZR 2007	1,10	0,90	0,10	0,30	0,64
ZR 2007-9	0,58	0,81	0,08	0,23	
KOS 2008	0,87	0,82	0,05	0,22	0,37
KOS 2007	0,50	0,30	0,00	0,50	0,30
KOS 2007-9	0,69	0,56	0,03	0,36	
JIH 2009	2,78	1,00	NS	NS	
JIH 2007	NS	NS	0,13	0,54	

Tyto výsledky jsou souhrnně graficky zpracovány na následujícím Obr. 69.

Obr. 69. Průběhy imisních koncentrací B(a)P - Košetice, Žďár nad Sázavou, Jihlava



Z grafu je zřejmé, že i imisní hodnoty pro benzo(a)pyren mají podobně konkávní tvar jako tomu je u směsi polyaromátů (viz.např. Obr. 63 a další). Do grafu byly zakomponovány i hodnoty imisí naměřené v Jihlavě v srpnu a říjnu 2007 při studii objednané firmou Kronospan CZ a také v lednu, únoru 2009 z monitoringu realizovaného v této studii.

Obr. 70. Průměrné koncentrace B(a)P za období září 2008 – únor 2009



Z obou měřících kampaní je zřejmé, že hodnoty imisí B(a)P v Jihlavě v obou případech velmi dobře korelují s hodnotami imisí naměřených v téže době na stanici Žďár nad Sázavou. Tím je i pro koncentrace B(a)P potvrzen předpoklad, že imisní koncentrace jsou v obou místech podobné a jejich časová distribuce v roce se na obou místech řídí podobnými zákony.

Lze tedy konstatovat, že pro odhad dlouhodobé plošné zátěže karcinogenního rizika (zejména benzo(a)pyrenu) lze použít hodnoty získávané na stanici Žďár nad Sázavou.

3.6.11 Toxikologicky významné polyaromatické uhlovodíky

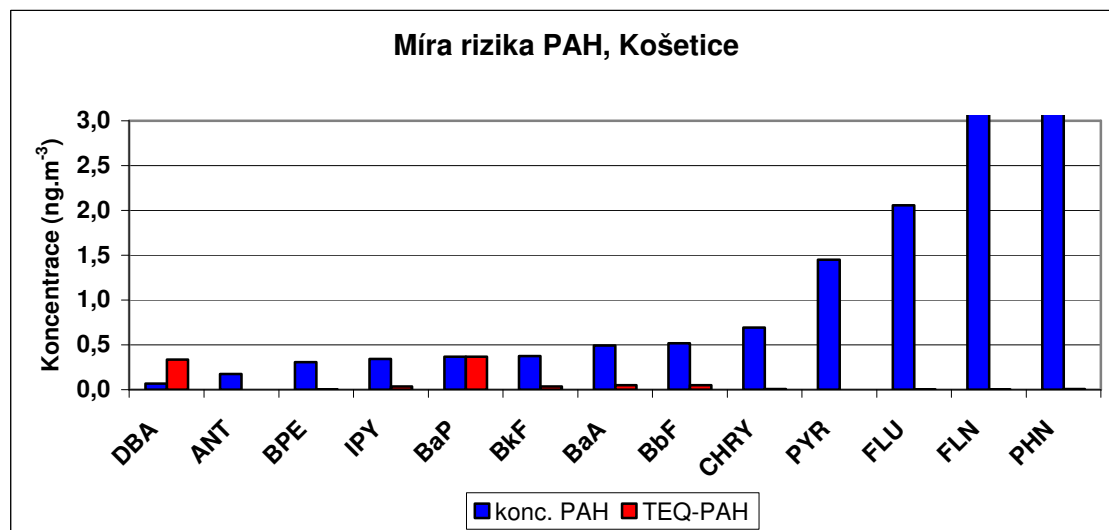
Jak již bylo dříve uvedeno, PAH jsou nositeli karcinogenního potenciálu, který můžeme kvantifikovat v relativním vztahu k potenciálu benzo(a)pyrenu, jehož potenciál byl dohodou ohodnocen jedničkou. Hodnotu celkového karcinogenního potenciálu lze potom vyjádřit výpočtem, v němž stanovenou koncentraci příslušného PAH násobíme jeho TEF faktorem a výsledné hodnoty směsi identifikovaných PAH sečteme. Tím dostaneme hodnotu toxického ekvivalentu TEQ, které vyjadřují zdravotní riziko směsi těchto látek. Doposud se i přes určité výhrady používá TEF faktorů publikovaných Nisbetem a La Goeyem [24].

V této kapitole jsou uvedeny závěry monitorování směsí toxikologicky významných PAH v lokalitách kraje Vysočina s cílem identifikovat rizikovost těchto sloučenin pro lokalitu Jihlava.

Košetice

Zastoupení jednotlivých homologů PAH v průměru jednoho roku (rok 2008 – stanice Košetice) a jejich relativní míru zdravotního rizika, vyjádřenou jako toxický ekvivalent TEQ v jednotkách ng.m^{-3} , přibližuje graf na Obr. 71.

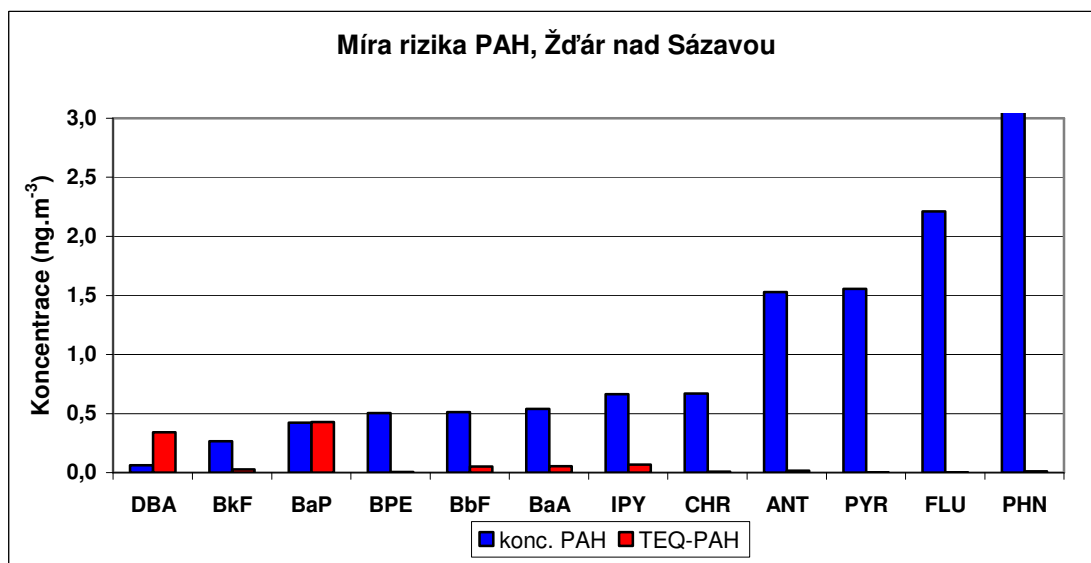
Obr. 71. Relativní míra rizika z imisních koncentrací PAH (TEQ), Košetice 2008



Z grafu je patrné, že toxikologicky zásadně významné jsou homology DBA, BaP BkF, BbF a BaA, tvořící průměrnou roční hodnotu TEQ v této lokalitě $0,9 \text{ ng.m}^{-3}$ pro průměrnou roční koncentraci sumy PAH $16,6 \text{ ng.m}^{-3}$.

Žďár nad Sázavou

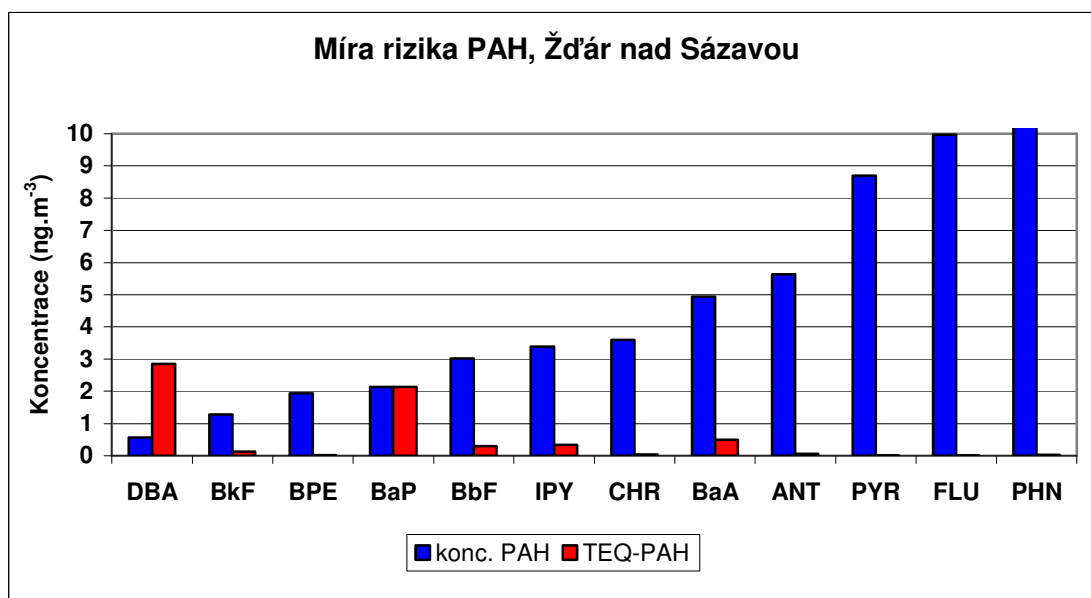
Obr. 72. Relativní míra rizika z imisních koncentrací PAH (TEQ), ZR 2008



Žďár nad Sázavou je charakterizován v roce 2008 roční hodnotou sumy PAH 17,8 ng.m⁻³ s TEQ 1,1. Tyto hodnoty se příliš neliší od hodnot získaných na stanici Košetice v témže období.

Dále je nutné srovnat hodnoty, které byly měřeny současně s měřením v průmyslové zóně Jihlava. K tomu poslouží výsledky monitoringu ze stanice Žďár nad Sázavou. Výsledky jsou uvedeny v grafech na Obr. 73 a Obr. 74.

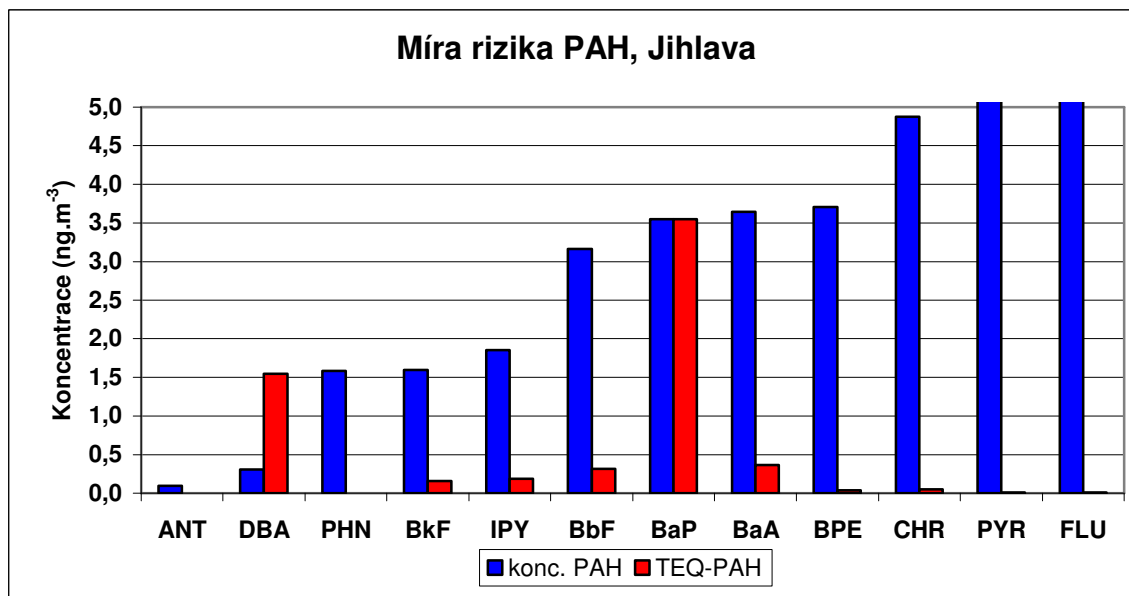
Obr. 73. Relativní míra rizika z imisních koncentrací PAH, Žďár nad Sázavou, leden-únor 2009



Průměrná hodnota monitoringu za leden-únor je pro koncentraci sumy PAH 76,5 ng.m⁻³ s hodnotou TEQ 6,4 ng.m⁻³.

Jihlava

Obr. 74. Relativní míra rizika z imisních koncentrací PAH, Jihlava, leden-únor 2009

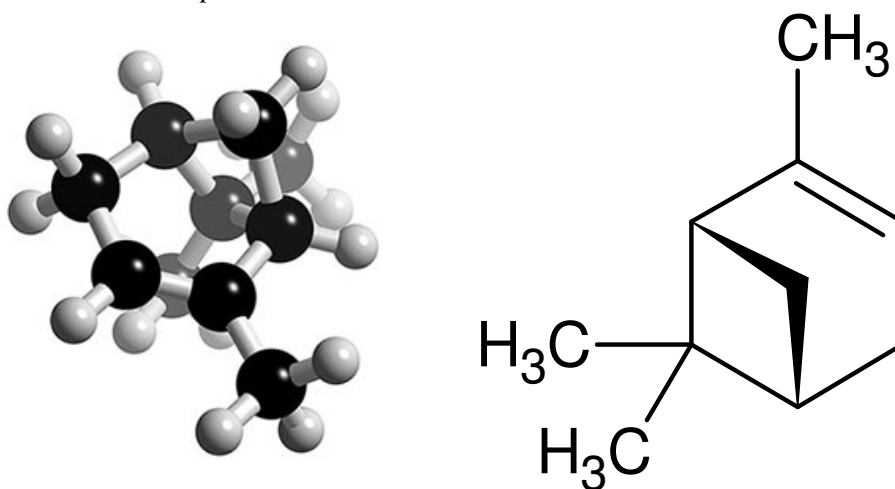


Průměrná hodnota z lednového a únorového monitoringu průmyslové zóny je pro koncentraci sumy PAH $40,8 \text{ ng.m}^{-3}$, s hodnotou TEQ 6,2. Hodnota naměřená a vypočtená v Jihlavě tak dobře koresponduje s hodnotou získanou pro stejné období ve Žďáru nad Sázavou.

3.7 α - PINEN

α -pinen (Obr. 75) je organická sloučenina (uhlovodík) ze třídy terpenů, jeden ze dvou izomerů pinenu. Patří mezi alkeny, obsahuje reaktivní čtyřčlenný kruh. Nachází se v olejích mnoha druhů jehličnatých stromů, zejména borovic. Je přítomen také v esenciálním oleji rozmarýny (*Rosmarinus officinalis*). Oba enantiomery se vyskytují v přírodě: 1S,5S- neboli (–)- α -pinen je běžnější u evropských borovic, zatímco 1R,5R- čili (+)- α -izomer se vyskytuje spíše v Severní Americe. Racemická směs je součástí některých olejů, například oleje eukalyptu.

Obr. 75. Molekula α -pinenu



Z hlediska kvality ovzduší je α -pinen důležitý díky podílu na tvorbě troposférického ozónu a potažmo fotochemického smogu v městských aglomeracích. Ve studiích zabývajících se touto tematikou bylo prokázáno, že ne všechny organické sloučeniny reagují stejně a že reaktivnější látky jsou schopny vyprodukovat větší množství oxidativního smogu v průběhu fotoreakcí v atmosféře.

Reaktivita jednotlivých sloučenin je dána řadou „faktorů reaktivity“, které postuloval Carter (1994). Na základě dostupných kinetických a mechanistických dat stanovil maximální příspěvkovou reaktivitu (MIR - maximal incremental reactivity) pro celou řadu sloučenin.

MIR je definována jako maximální možný příspěvek k produkci smogu, když látka nebo směs látek jsou přidány do směsi sloučenin, které charakterizují městské ovzduší.

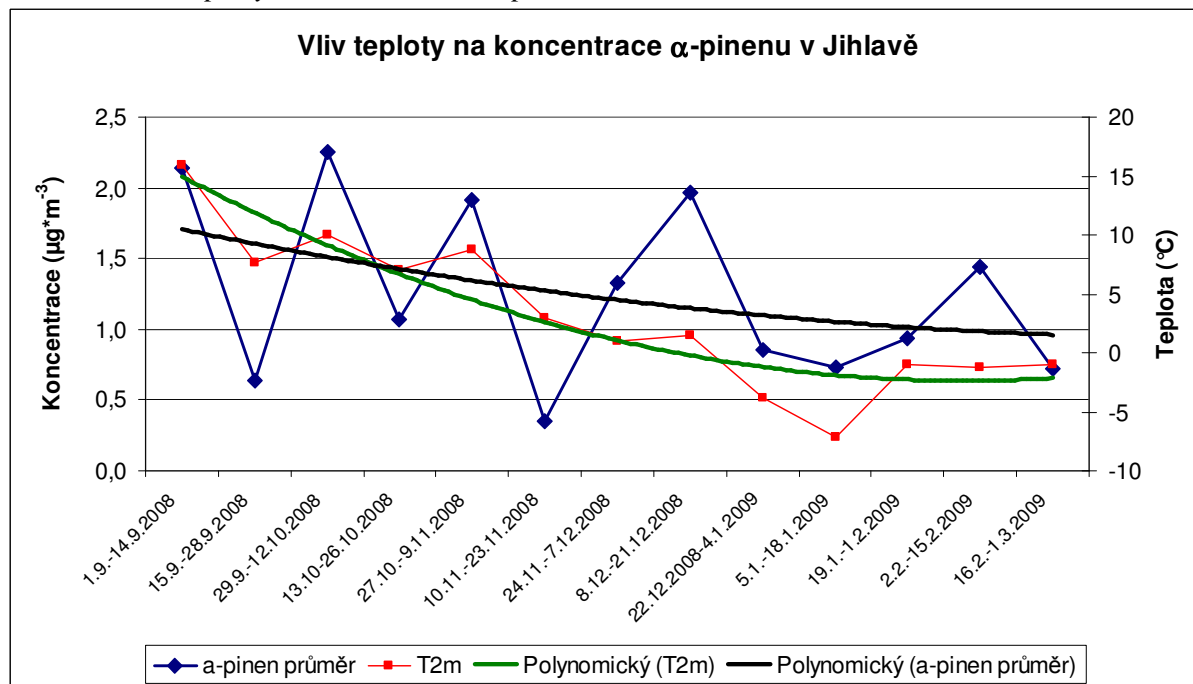
Celý proces je závislý především na koncentraci oxidů dusíku v ovzduší (viz. kapitola 3.4.6), resp. na poměru reaktivních organických plynných látek (ROG) a NO_x.

Těkavé organické sloučeniny mají největší schopnost přispět ke tvorbě troposférického ozónu při malém poměru ROG / NO_x a mají mnohem menší reaktivitu, v některých případech i zápornou, za podmínek, kdy obsah oxidů dusíku je nízký (velký poměr ROG / NO_x). Příspěvky jednotlivých polutantů byly ověřovány a upřesňovány v celé řadě studií (Yang 1995, Bergin 1995, Hurley 1998).

Pro α -pinen byl MIR stanoven 3,3 (pro isopren 9,1, β -pinen 4,4), kde hodnota udává kolik gramů ozónu vznikne z 1 gramu emitované sloučeniny.

Po čas měření se poměrně významné množství hodnot koncentrací dostalo pod mez posuzování. Z charakteru látky (těkavý uhlovodík) se dá očekávat, že vyšší koncentrace v ovzduší budou měřeny při vyšších teplotách, což potvrzuje i graf na Obr. 76 sestrojený ze zprůměrovaných hodnot v Jihlavě.

Obr. 76. Vliv teploty na koncentrace α -pinenu v ovzduší, Jihlava, září 2008 – únor 2009



Obr. 77. Průměrné hodnoty α -pinenu za období září 2008 – únor 2009



3.8 FORMALDEHYD A ACETALDEHYD

Čistý formaldehyd je za normálních podmínek bezbarvý plyn s pronikavým zápachem. Formaldehyd je normálním produktem živých buněk, vyskytuje se v malém množství v ovoci, zelenině a mase. Přírozeným vstupem do prostředí jsou také lesní požáry a některé rozkladné procesy. Velké množství formaldehydu vzniká sekundárně v ovzduší oxidací přirozených a antropogenních organických sloučenin. Odhaduje se, že přirozené a sekundární emise jsou vyšší než přímé antropogenní emise.

Formaldehyd je nejhojněji zastoupenou karbonylovou sloučeninou v atmosféře. Je obsažen v syntetických pryskyřicích, lepidlech a v některých mořidlech na dřevo, ale i v oblečení, čisticích prostředcích, kosmetice, dokonce i v některých nekvalitních plyšových hračkách.

Největšími antropogenními zdroji znečištění ovzduší formaldehydem jsou exhaláty dopravních prostředků (automobilová, lodní a letecká doprava) a průmyslové spalovací procesy (zpracování ropy, chemický a hutní průmysl). Dalšími zdroji znečištění ovzduší formaldehydem jsou spalovací procesy při vytápění budov, spalování odpadů a různé biochemické procesy využívané v zemědělství. Tyto zdroje emitují formaldehyd přímo do ovzduší nebo mohou být zdroji methanu nebo jiných nižších uhlovodíků, které jsou pak v troposféře fotochemicky transformovány na formaldehyd (viz. kapitola 3.4.6) nebo jiné nízkomolekulární karbonylové sloučeniny.

Jako relativně stálý meziprodukt fotooxidačních reakcí se formaldehyd významně podílí na fotochemických dějích v atmosféře. Vlivem fotooxidace těkavých organických látek emitovaných rostlinami, především isoprenoidů (isopren, α -pinen), vzniká celá řada oxidačních produktů, které podléhají dalším reakcím za vzniku formaldehydu a dalších aldehydů (aceton, acetaldehyd atd.) [34],[35],[36]. Karbonylové látky však mají významnou roli ve fotochemii nejen jako produkty oxidačních reakcí uhlovodíků, ale také jako zdroje volných radikálů, prekurzory organického aerosolu a karboxylových kyselin, ozonu atp. [32] a [33].

Formaldehyd se vyskytuje v nezanedbatelných koncentracích jak v interiéru, tak i ve venkovním ovzduší. Ve venkovním prostředí se formaldehyd vyskytuje v koncentracích v rozmezí 10 - 100 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (znečištěný městský vzduch). Ve vnitřním prostředí bývají koncentrace formaldehydu zpravidla vyšší a mohou přesáhnout hodnoty až 370 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, například v domech s novým nábytkem [27],[28],[29].

Formaldehyd se může uvolňovat z nábytku v bytech. Vzniká také při nedokonalém spalování fosilních paliv či odpadů a je obsažen v cigaretovém kouři [31]. Vykouření šesti cigaret v nevětraném prostoru ne větším než 50 metrů krychlových již vede k měřitelným hladinám ve vzduchu.

Doporučení Světové zdravotnické organizace je, že by koncentrace formaldehydu neměla dlouhodobě překračovat 60 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Formaldehyd je typický zástupce tzv. problematiky uzavřených prostor. Hlavním zdrojem formaldehydu v bytech bývá jeho vybavení – starší nábytek z dřevotřísky, podlahoviny, koberce či tapety. Je obsažen v syntetických pryskyřicích, lepidlech a v některých mořidlech na dřevo, ale i v oblečení, čisticích prostředcích, kosmetice, dokonce i v některých nekvalitních plyšových hračkách. Dezinfekční prostředek - formalín je 40% roztok formaldehydu.

Většina formaldehydu ve vzduchu se rozloží během jednoho dne reakcí. Formaldehyd se v prostředí rychle rozkládá a nekumuluje se v potravních řetězcích. Presto však může docházet k chronickým expozicím organismu v blízkosti zdrojů formaldehydu. Citlivé na formaldehyd jsou zvláště řasy a ostatní jednobuněčné organismy.

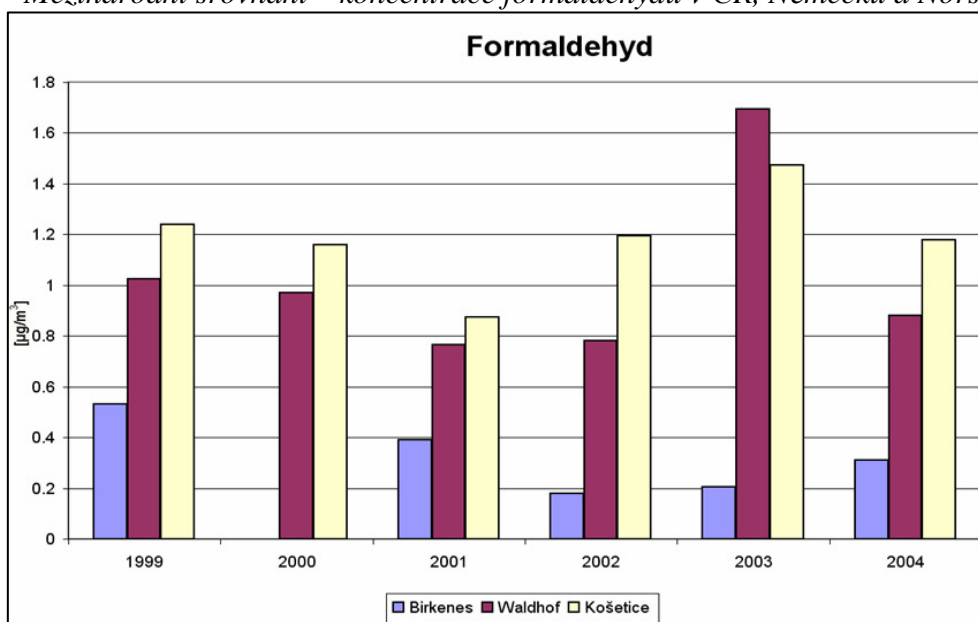
Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 6/2003 stanovuje hygienický limit pro vnitřní prostředí pobytových místností pro formaldehyd na $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, nejvyšší přípustná koncentrace formaldehydu pro pracovní prostředí je $1000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (nařízení vlády 178/2001).

Formaldehyd má významné toxické vlastnosti. V koncentracích $100 - 1000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ může způsobit podráždění očí a horních dýchacích cest. Při vyšších koncentracích se mohou dostavit dýchací potíže, kašel, bolesti hlavy nebo závratě. Je důvodně podezřelý z karcinogenních a mutagenních účinků, karcinogenita formaldehydu na zvířatech byla prokázána [30].

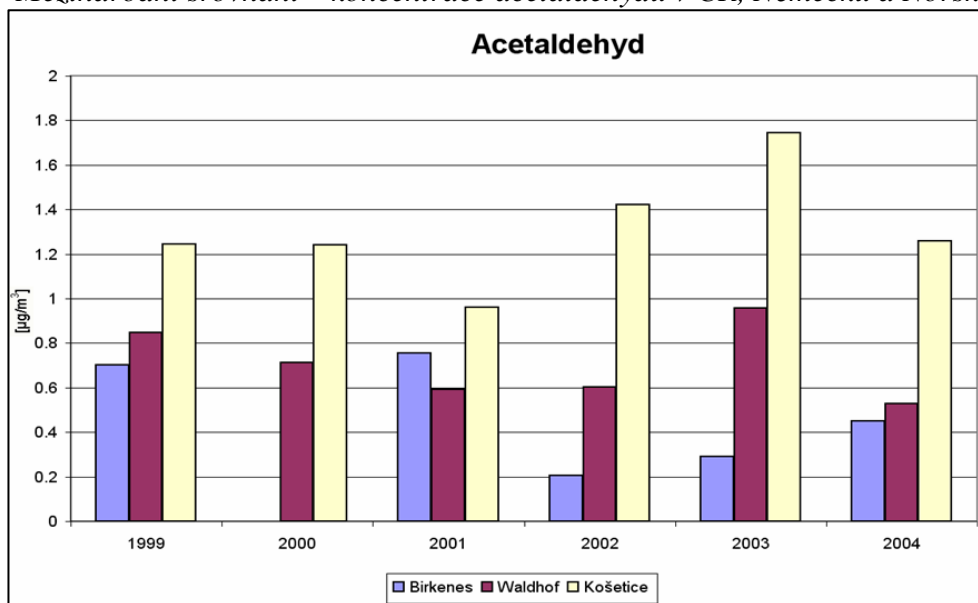
Acetaldehyd (etanal) je bezbarvá, kapalná, štiplavě páchnoucí jedovatá látka. Acetaldehyd se v přírodě vyskytuje ve zralém ovoci, kávě. Je produkován rostlinami jako součást jejich metabolismu. Používá se na výrobu syntetické kyseliny octové, plastických hmot, syntetického kaučuku, barviv a léčiv.

Aldehydy a ketony jsou byly v letech 1994 – 2004 v ČR monitorovány v lokalitě Košetice. V grafu na Obr. 78 a na Obr. 79 je uveden dlouhodobý trend koncentrací formaldehydu a acetaldehydu ve srovnání s pozadovými lokalitami v Evropě (Waldhof – Německo a Birkenes - Norsko). Z grafů vyplývá, že v Košeticích jsou měřeny nevyšší koncentrace formaldehydu a acetaldehydu v rámci srovnání těchto tří lokalit - koncentrace obou aldehydů se pohybuje v rozmezí $1 - 2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, a to přestože jsou Košetice naprosto neovlivněny dopravou či spalovacími zdroji včetně domácností jakožto hlavními zdroji aldehydů (viz výše).

Obr. 78. Mezinárodní srovnání – koncentrace formaldehydu v ČR, Německu a Norsku

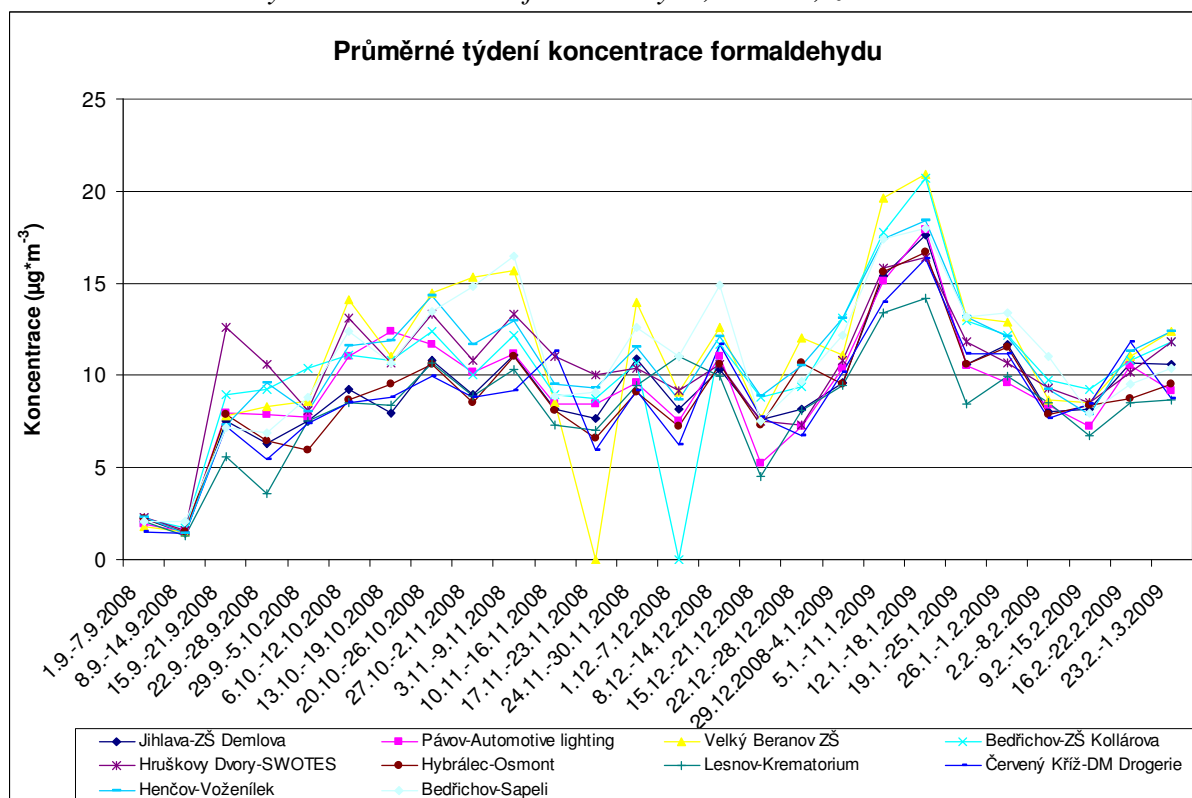


Obr. 79. Mezinárodní srovnání – koncentrace acetaldehydu v ČR, Německu a Norsku

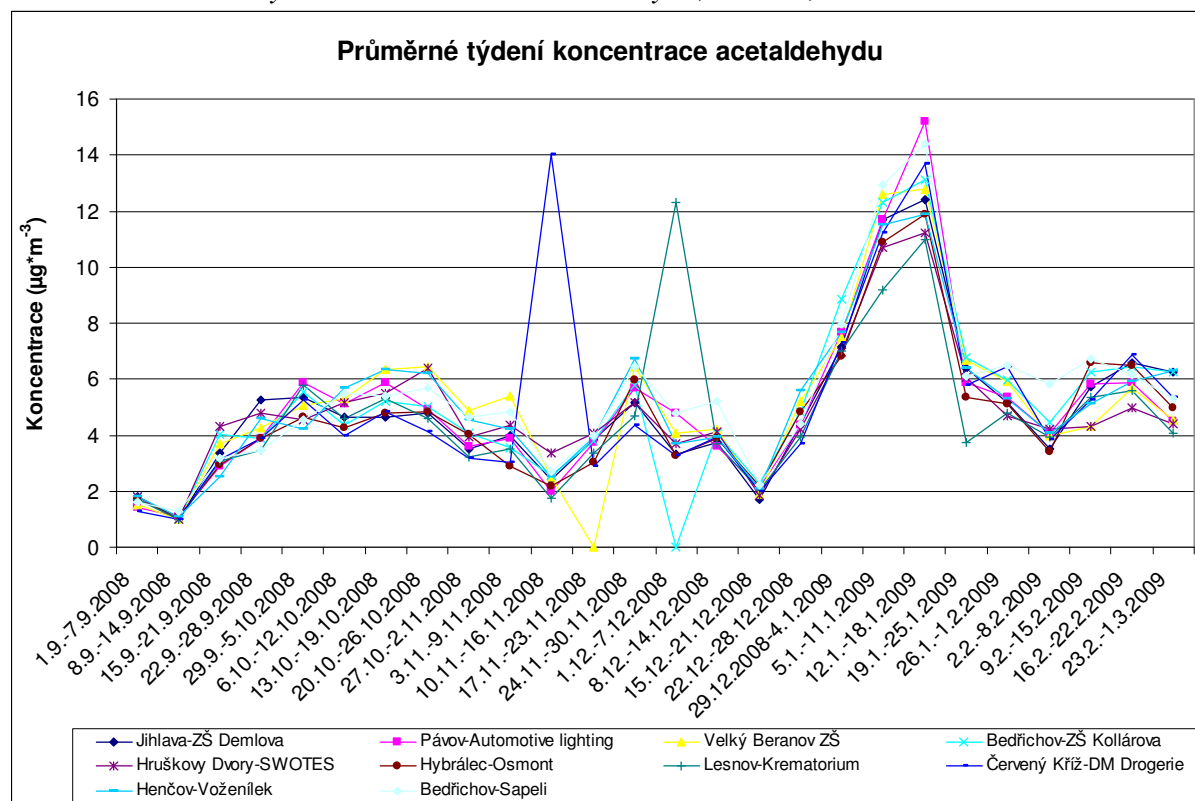


V rámci měření formaldehydu a acetaldehydu během měřicí kampaně září 2008 – únor 2009 byly na 10 stanicích naměřeny následující koncentrace (Obr. 80 a Obr. 81).

Obr. 80. Průměrné týdenní koncentrace formaldehydu, Jihlava, září 2008 – únor 2009



Obr. 81. Průměrné týdenní koncentrace acetaldehydu, Jihlava, září 2008 – únor 2009



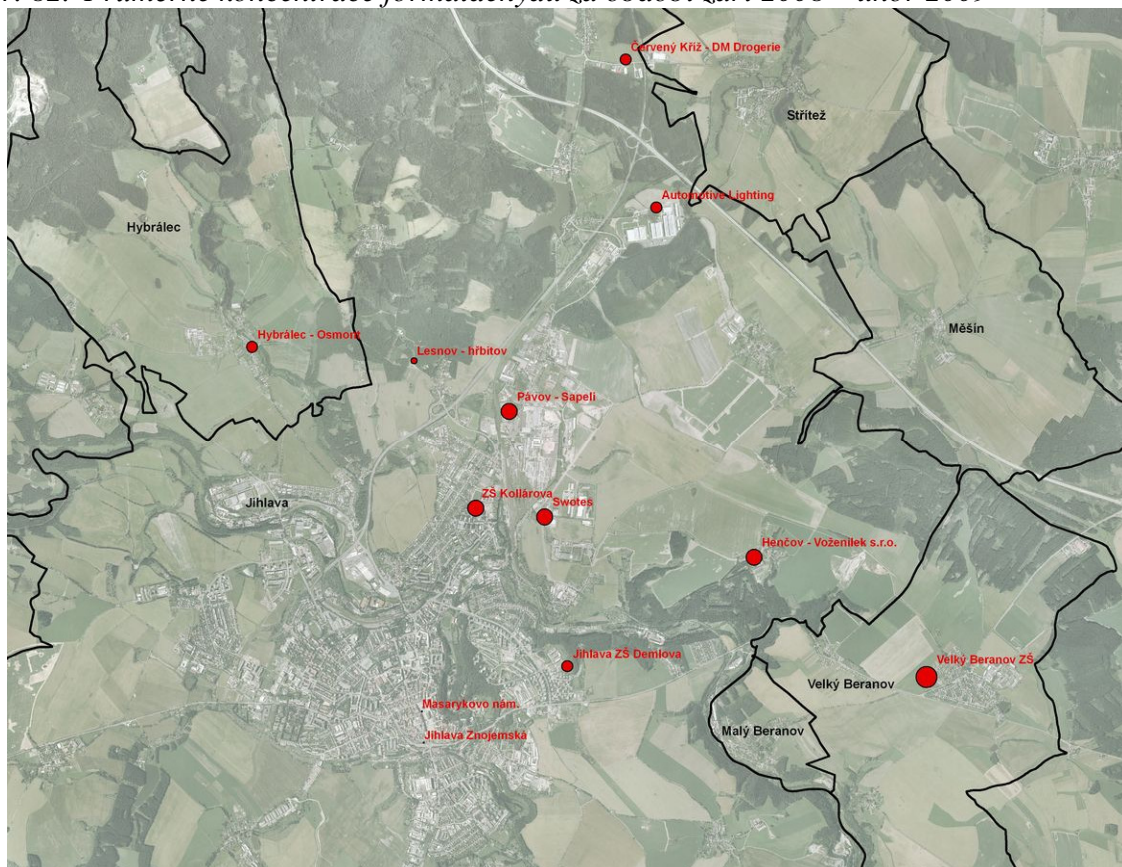
Z uvedených grafů na Obr. 80 a Obr. 81 je patrný naprosto totožný trend koncentrací na všech stanicích, který byl pozorován u obou aldehydů. V případě formaldehydu se koncentrace pohybují většinou v rozmezí 7-13 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, nejnižší koncentrace byly měřeny v lokalitě Lesnov či Červený Kříž, nejvyšší koncentrace pak ve Velkém Beranově či Bedřichově. V případě acetaldehydu se koncentrace pohybovaly v rozmezí 2 – 7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, přičemž nejnižší koncentrace byly měřeny v lokalitě Hybrálec a Lesnov, nejvyšší pak v Bedřichově či Velkém Beranově.

V případě koncentrací obou aldehydů došlo k výraznému ovlivnění koncentrací během měsíce ledna, kdy se vyskytly velmi nepříznivé rozptylové podmínky, podrobně rozebrané v kapitole 3.2.7 ve vztahu k částicím PM_{10} .

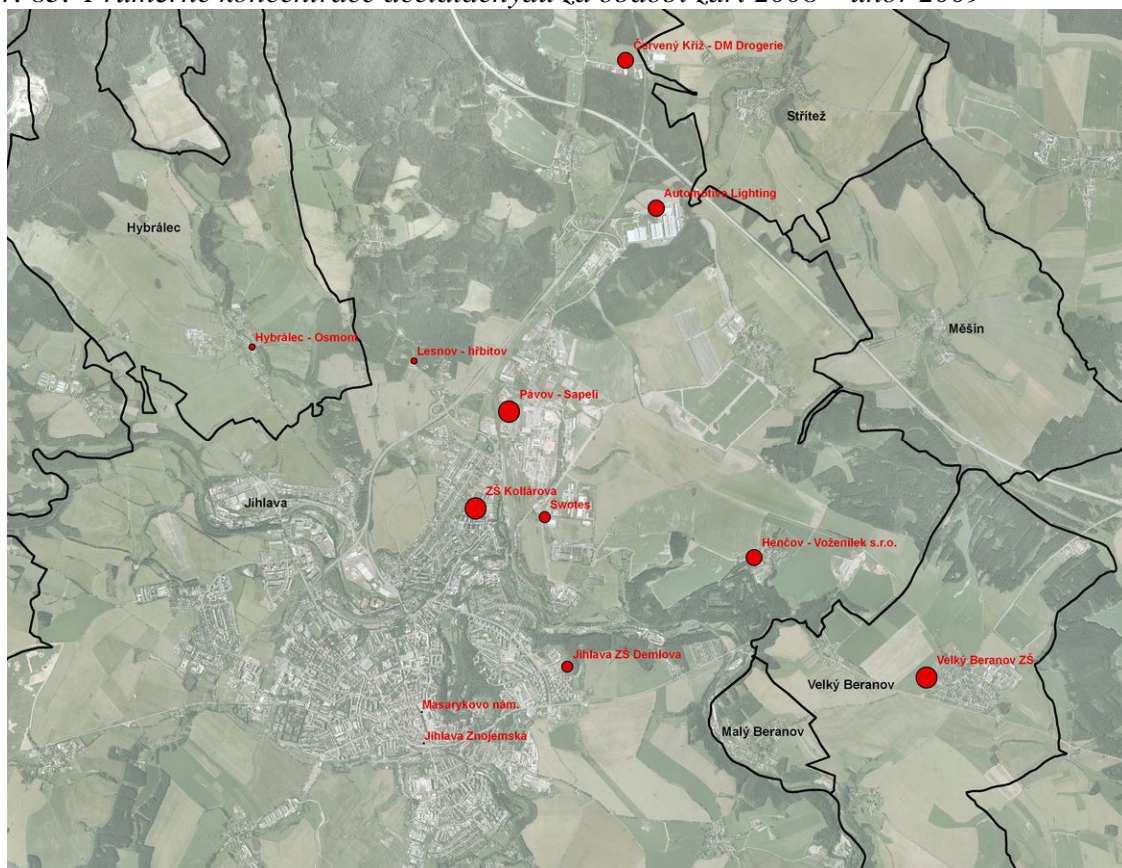
Vzhledem k úzkému intervalu koncentrací, v nichž se oba aldehydy pohybují a totožnému trendu lze konstatovat, že měření zachycuje pozadí oblasti bez ovlivnění konkrétním zdrojem, který by se projevil výkyvem koncentrací z trendu na určitých stanicích po směru proudění větru od zdroje.

Průměrné koncentrace formaldehydu a acetaldehydu za celou kampaň zobrazují nad ortofotomapou Obr. 82 a Obr. 83.

Obr. 82. Průměrné koncentrace formaldehydu za období září 2008 – únor 2009



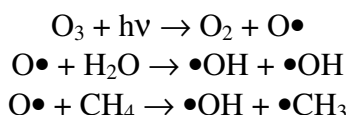
Obr. 83. Průměrné koncentrace acetaldehydu za období září 2008 – únor 2009



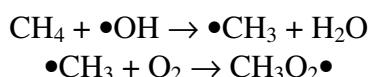
3.8.1 Vliv meteorologických podmínek na koncentrace formaldehydu a acetaldehydu

Jak již bylo uvedeno výše, formaldehyd je kromě antropogenních zdrojů (doprava, spalovací zdroje) tvořen v atmosféře také přirozenými procesy – fotooxidačními reakcemi. Pro názornost jsou zde znovu uvedeny.

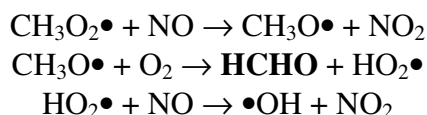
Prvním krokem fotooxidačních reakcí je vznik hydroxylového radikálu fotolýzou ozónu a reakcí kyslíkového atomu s vodou či metanem.



Hydroxylový radikál následně reaguje s metanem, jehož zastoupení v troposféře činí cca 1500 ppb.



Z metanu je hydroxylovým radikálem odtržen proton za vzniku metylového radikálu, který reaguje s kyslíkem na metylperoxylový radikál. Tento pak reaguje s oxidem dusnatým NO na oxid dusičitý NO₂ za vzniku metoxylového radikálu, který reaguje s kyslíkem za vzniku **formaldehydu** a hydrogenperoxy radikálu. Ten pak reaguje s další molekulou oxidu dusnatého za vzniku oxidu dusičitého a regenerace hydroxylového radikálu, čímž se uzavře kruh reakcí této reagens.

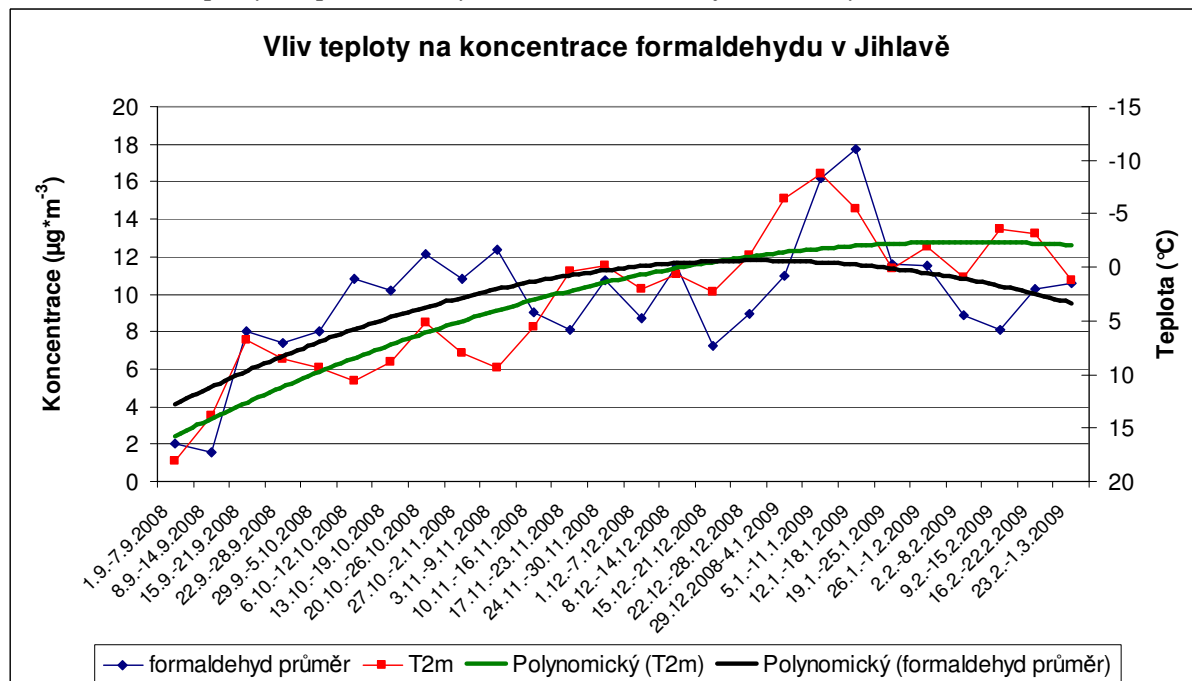


Tím, že závěrečnou reakcí vzniká opět hydroxylový radikál, který může opět vstupovat do reakce s VOC a tedy stačí jen malé množství hydroxylového radikálu vzniklého fotolýzou ozónu aby se rozběhly následné reakce. Hydroxylový radikál lze z tohoto důvodu považovat za katalyzátor.

Z uvedeného lze předpokládat, že zejména v letních měsících mohou být koncentrace formaldehydu (popř. acetaldehydu) významně ovlivněny atmosférickými procesy. Pro tvorbu formaldehydu je kromě slunečního záření důležitá přítomnost NO, pocházejícího zejména z antropogenní činnosti (nejvíce z dopravy).

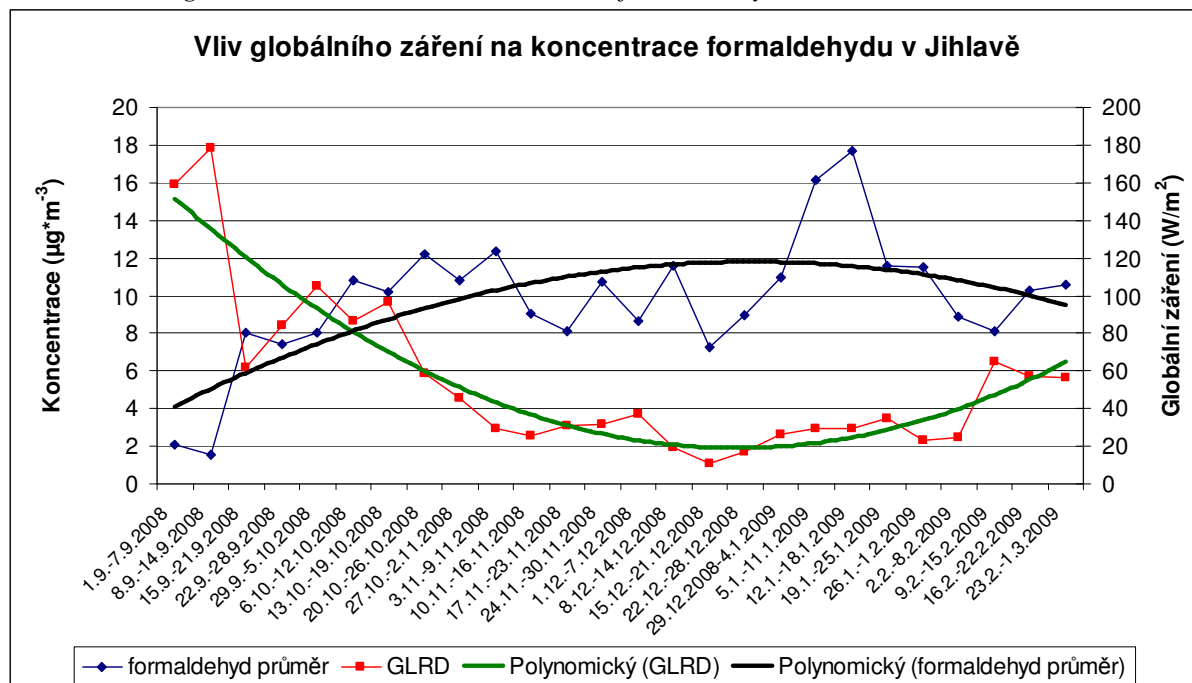
Měření však probíhalo v zimní části roku, kdy je formaldehyd tvořen zejména antropogenní činností a vztah k meteorologickým podmínkám (zejména teplotě) bude obdobný, jako u částic v zimním období – **sekundární**. Koncentrace tak nebudou ovlivněny přímo teplotou ovzduší, ale antropogenní činností z toho vyplývajících. Už v případě částic PM₁₀ bylo uvedeno, že s klesající teplotou se začíná více topit v lokálních topeništích (domácnostech). Auta parkující mimo garáže postihují tzv. „studené starty“, při nichž jsou emise z exhalací až do „zahřátí“ motoru podstatně vyšší, než v případě normálních startů. Vliv teploty (vynášena inverzně) na koncentrace formaldehydu jsou zobrazeny na Obr. 84.

Obr. 84. Vliv teploty na průměrné týdenní koncentrace formaldehydu



Z grafu na Obr. 84 je patrná dobrá korelace koncentrací formaldehydu s teplotou. Platí, že se snižující se teplotou rostou emise formaldehydu, což poukazuje na antropogenní zdroje. Tuto hypotézu dokládá i vztah koncentrací formaldehydu s globálním zářením.

Obr. 85. Vliv globálního záření na koncentrace formaldehydu



Oba grafy znázorňují velmi zajímavý jev sloužící částečně k identifikaci zdrojů formaldehydu. První dva týdny kampaně (1.9.-14.9.) byly relativně teplé (průměrné týdenní teploty se pohybovaly okolo 15°C) a rovněž globální záření bylo vysoké (160 – 180 W/m²). Z toho vyplývají především dvě věci. V lokálních topeništích se netopilo a v atmosféře byly

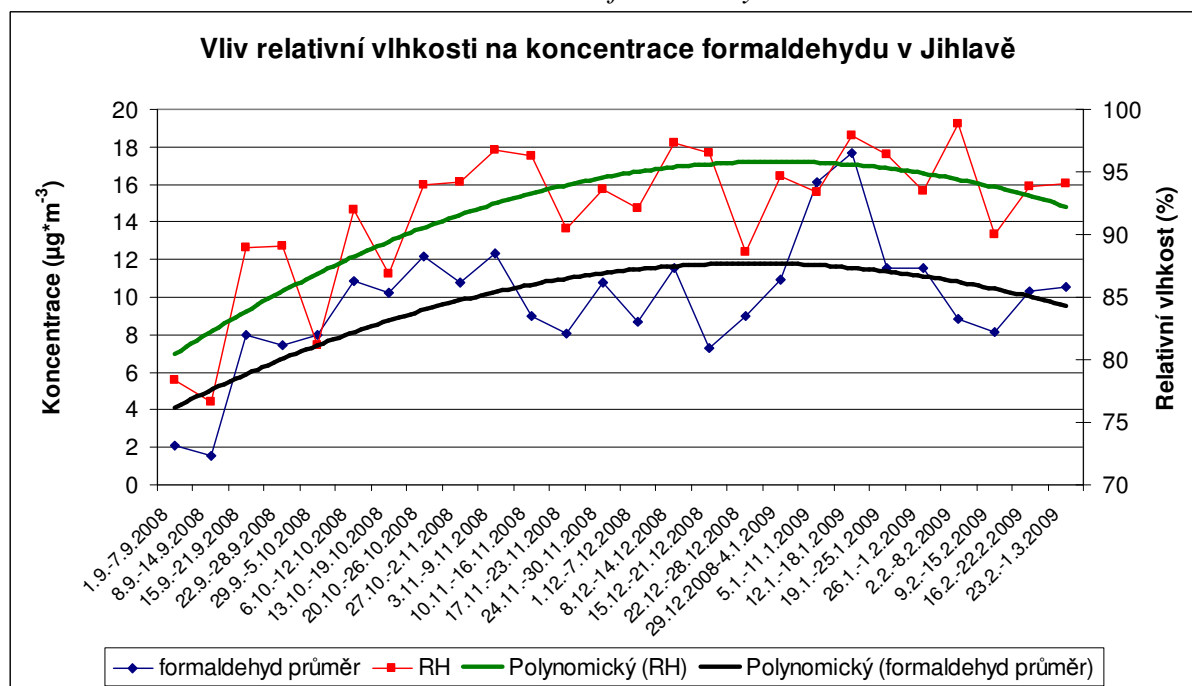
příhodné podmínky pro průběh fotochemických reakcí, které jednak formaldehyd produkují, ale rovněž jej taky spotřebovávají na sekundární organický aerosol, tvorbu ozónu či na volné radikály pro další reakce (viz výše).

Z uvedeného lze tedy soudit, že první dva týdny reprezentují zejména fotochemické procesy v atmosféře, projevující se tvorbou troposférického ozónu z oxidů dusíku a volatilních organických sloučenin. Oxidy dusíku pocházejí především z dopravy. Mezi volatilní organické sloučeniny patří i formaldehyd, jehož původ je kromě antropogenních emisí i biogenní (terpenoidy jako isopren, α -pinen atp.), či pochází z reakce atmosférického metanu (viz. uvedené reakce).

Naopak v následujících týdnech došlo k výraznému poklesu teploty (průměrné týdenní teploty klesly na 5°C , během ledna však až na -10°C) a rovněž nastal významný pokles globálního záření (nejprve pokleslo globální záření zhruba na polovinu, na přelomu prosince a ledna se blížilo 0). Rychlost fotochemických reakcí tak byla velmi snížena, což má za následek menší produkci formaldehydu, ale rovněž nižší „spotřebu“ – formaldehyd se v ovzduší vyskytuje déle, jelikož chybí energie k jeho chemickým reakcím. Snížená teplota však měla podstatný sekundární efekt – začalo se topit v lokálních topeništích (domácnostech). Nárůst koncentrací formaldehydu v ovzduší lze tedy do značné míry přičítat začátku topné sezóny, čemuž odpovídá i plošný charakter zatížení. Průměrná koncentrace formaldehydu se během této topné sezóny pohybovala mezi $8 - 12 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Během zhoršených rozptylových podmínek v lednu 2009 (podmínky popsány v rámci kapitoly 3.2.7) se průměrná koncentrace přiblížila $18 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, po odeznění zhoršených podmínek se koncentrace navrátila do oblasti $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

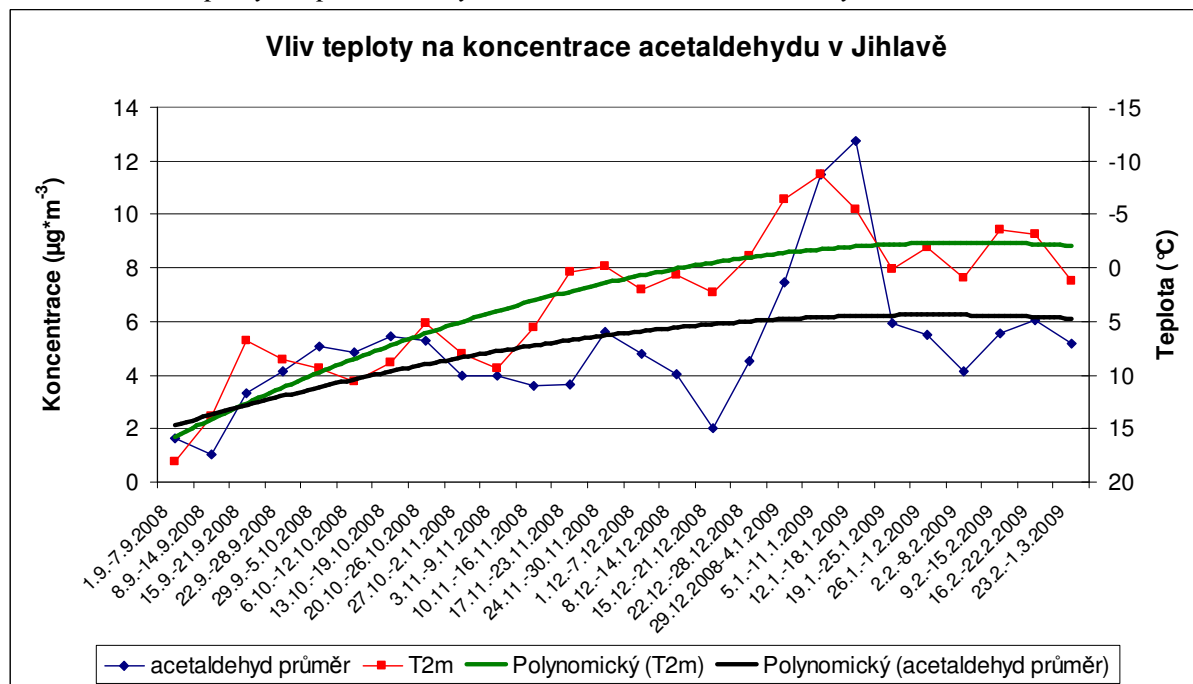
Svůj vliv na koncentrace formaldehydu může mít i relativní vlhkost (Obr. 86). Formaldehyd je velmi dobře (takřka neomezeně) rozpustný ve vodě. Zvýšená vlhkost může způsobit, že se v ní formaldehyd rozpustí, čímž se sníží jeho reaktivita a formaldehyd tak zůstává v atmosféře déle, než kdyby byl pouze v plynném stavu.

Obr. 86. Vliv relativní vlhkosti na koncentrace formaldehydu

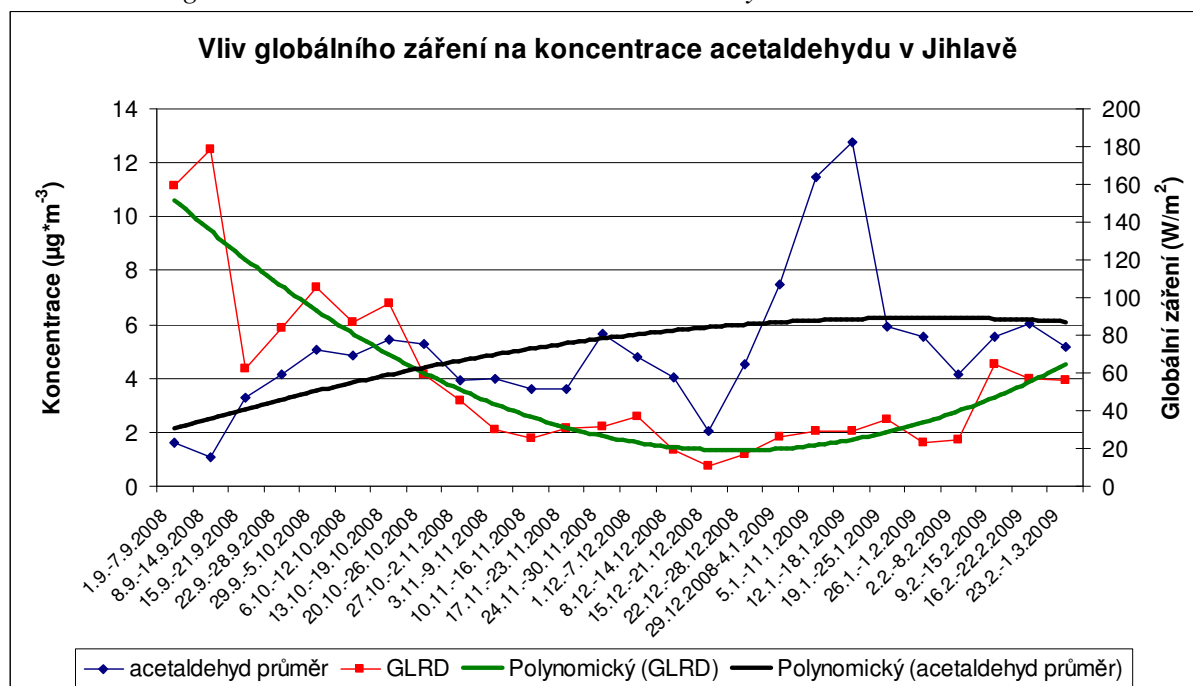


Pro acetaldehyd platí velmi podobná pravidla, jak je patrné z Obr. 87 - Obr. 89.

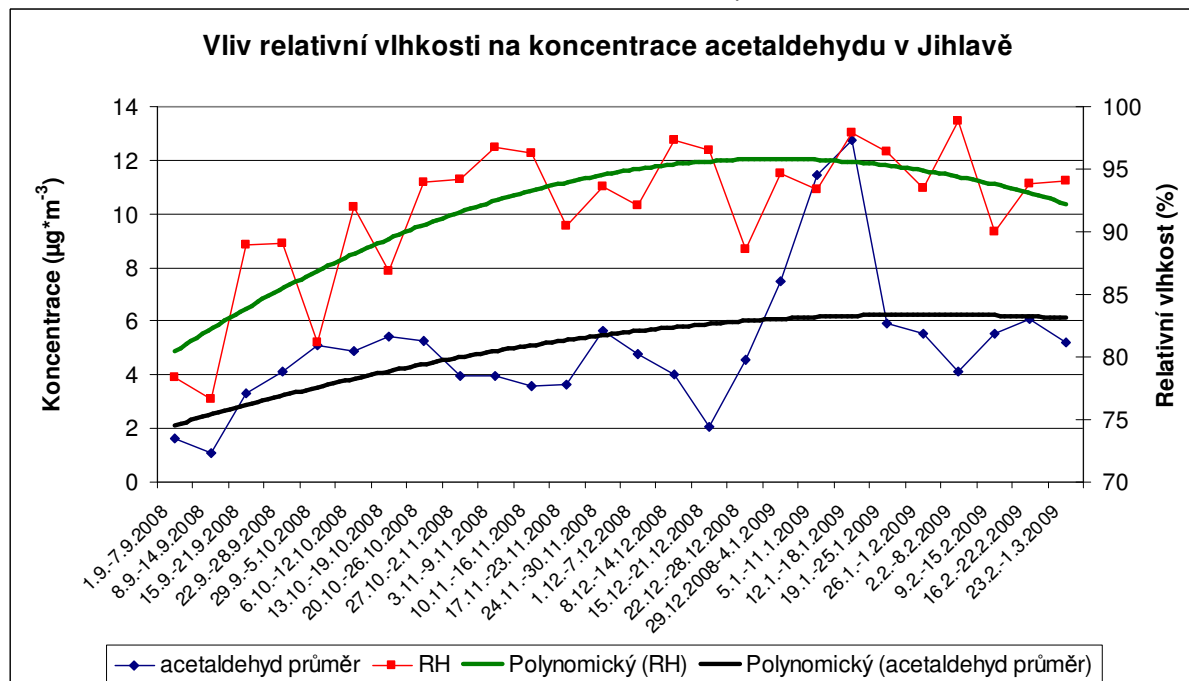
Obr. 87. Vliv teploty na průměrné týdenní koncentrace acetaldehydu



Obr. 88. Vliv globálního záření na koncentrace acetaldehydu



Obr. 89. Vliv relativní vlhkosti na koncentrace acetaldehydu



3.8.2 Korelace formaldehydu a acetaldehydu se škodlivinami standardně měřenými v rámci IM

Vzhledem k tomu, že formaldehyd není standardně sledován v rámci státní sítě imisního monitoringu (není zakotven v legislativě a tudíž je jeho sledování ekonomicky neprůchodné), bylo by vhodné najít korelaci s některou z běžných škodlivin, dle které by bylo možné odhadnout úroveň zátěže formaldehydem v Jihlavě.

Ke srovnání byly vybrány NO₂ a O₃ s ohledem na společné fotochemické pochody (Obr. 90 a Obr. 91), benzen coby další zástupce VOC (Obr. 92) a PM₁₀ coby produkt sekundárních atmosférických aerosolů (Obr. 93). Z uvedených grafů je patrné, že je možné provést hrubý odhad koncentrací formaldehydu v zimním období na základě znalostí koncentrací NO₂, benzenu a PM₁₀. Ozón příliš dobře s aldehydy nekoreluje ani v případě nepřímé úměry. Avšak je možné, že v letním období by to byl právě troposférický ozón, který by mohl posloužit k odhadu koncentrací formaldehydu či acetaldehydu v Jihlavě.

Pro odhad koncentrací formaldehydu v **zimním období** byly použity dvě metody výpočtu. První hrubší odhad přibližně srovnává maxima naměřených hodnot a díky jednoduššímu výpočtu zobrazuje hrubý odhad. Pro výpočet byly použity koncentrace NO₂, benzenu a PM₁₀ měřených na stanici AIM Jihlava (areál ZŠ Demlova), která měří dlouhodobě. V tomto případě by to bylo:

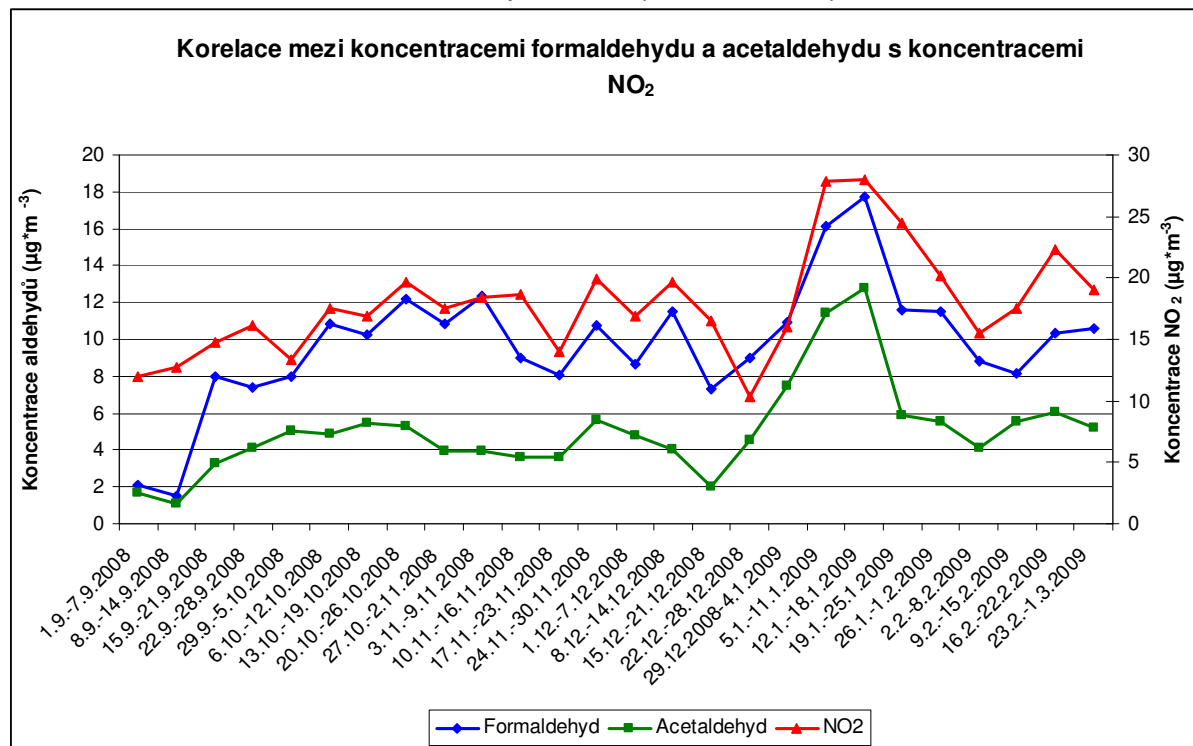
$$\text{formaldehyd} = [(\text{NO}_2 \cdot 2/3) + (\text{benzen} \cdot 5) + (\text{PM}_{10} \cdot 1/4)]/3$$

Tuto rovnici reprezentuje v grafu na Obr. 94 červená křivka (MAX). Druhá varianta počítá s průměrnými koncentracemi v zimním období (pro výpočet použity koncentrace bez prvních 2 týdnů). Odhad koncentrací formaldehydu pak vypadá následovně:

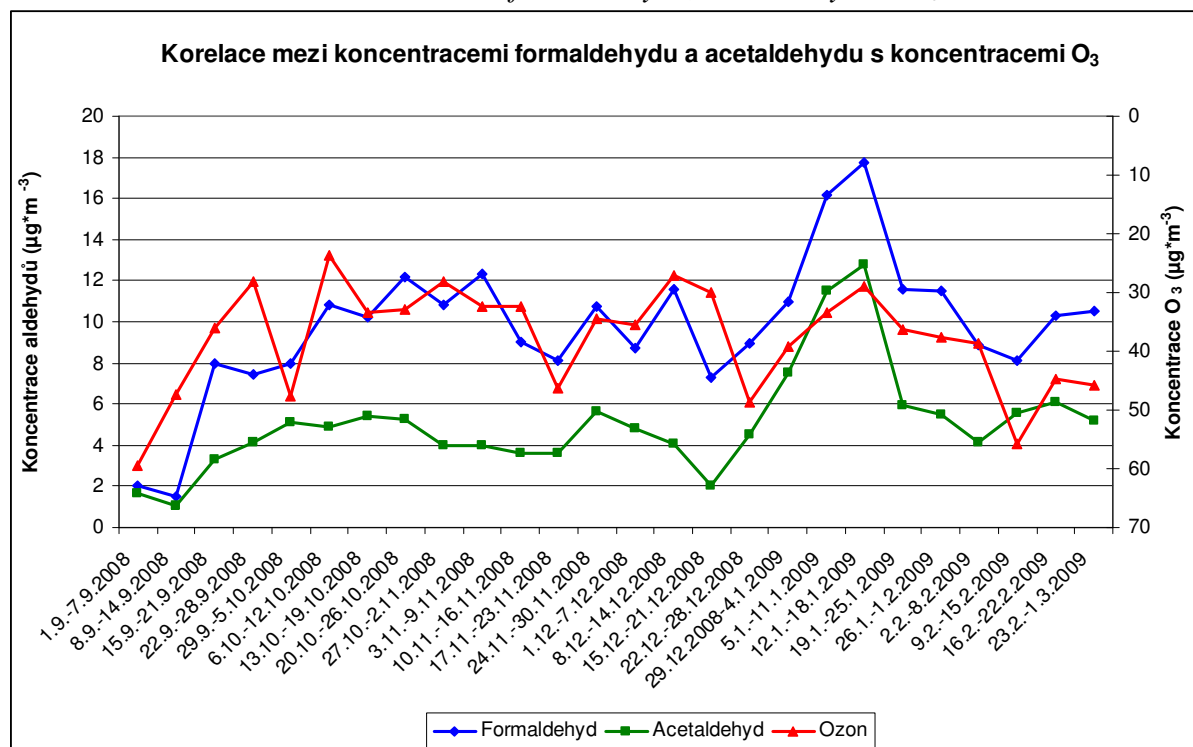
$$\text{formaldehyd} = [(\text{NO}_2 \cdot 0,56) + (\text{benzen} \cdot 8,78) + (\text{PM}_{10} \cdot 0,42)]/3$$

Tuto rovnici reprezentuje v grafu na Obr. 94 zelená křivka (AVG).

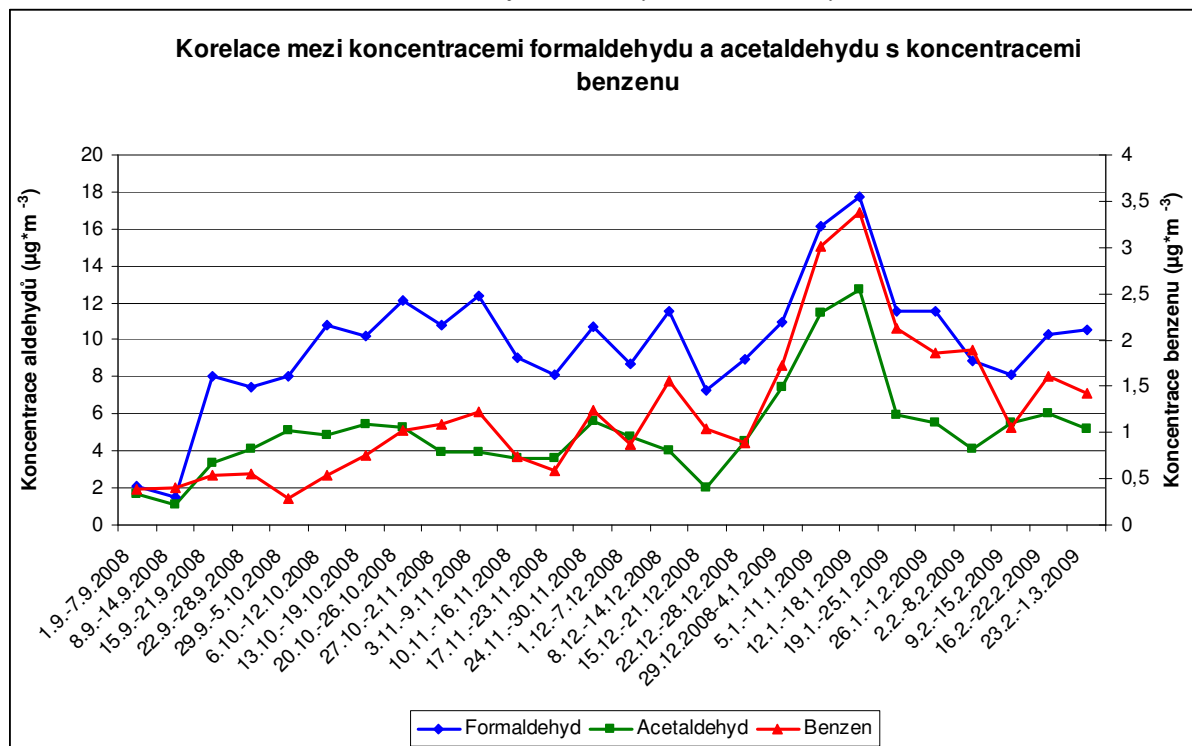
Obr. 90. Korelace mezi koncentracemi formaldehydu, acetaldehydu a NO_2



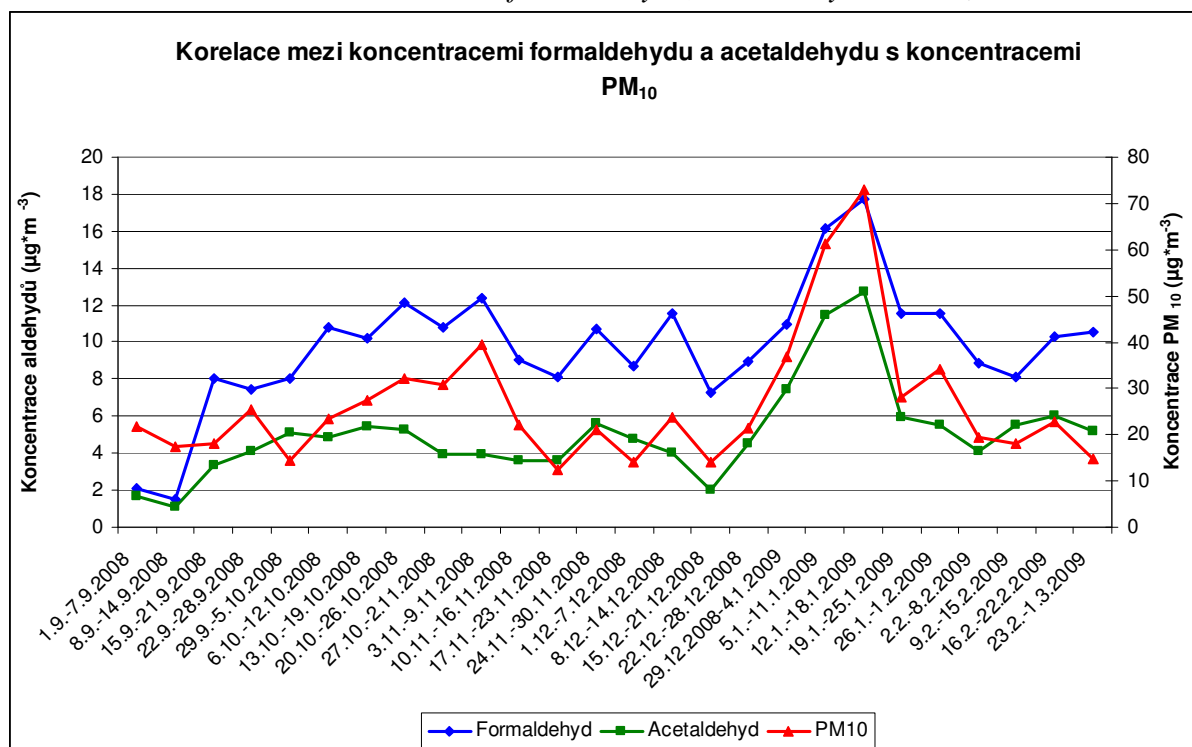
Obr. 91. Korelace mezi koncentracemi formaldehydu, acetaldehydu a O_3



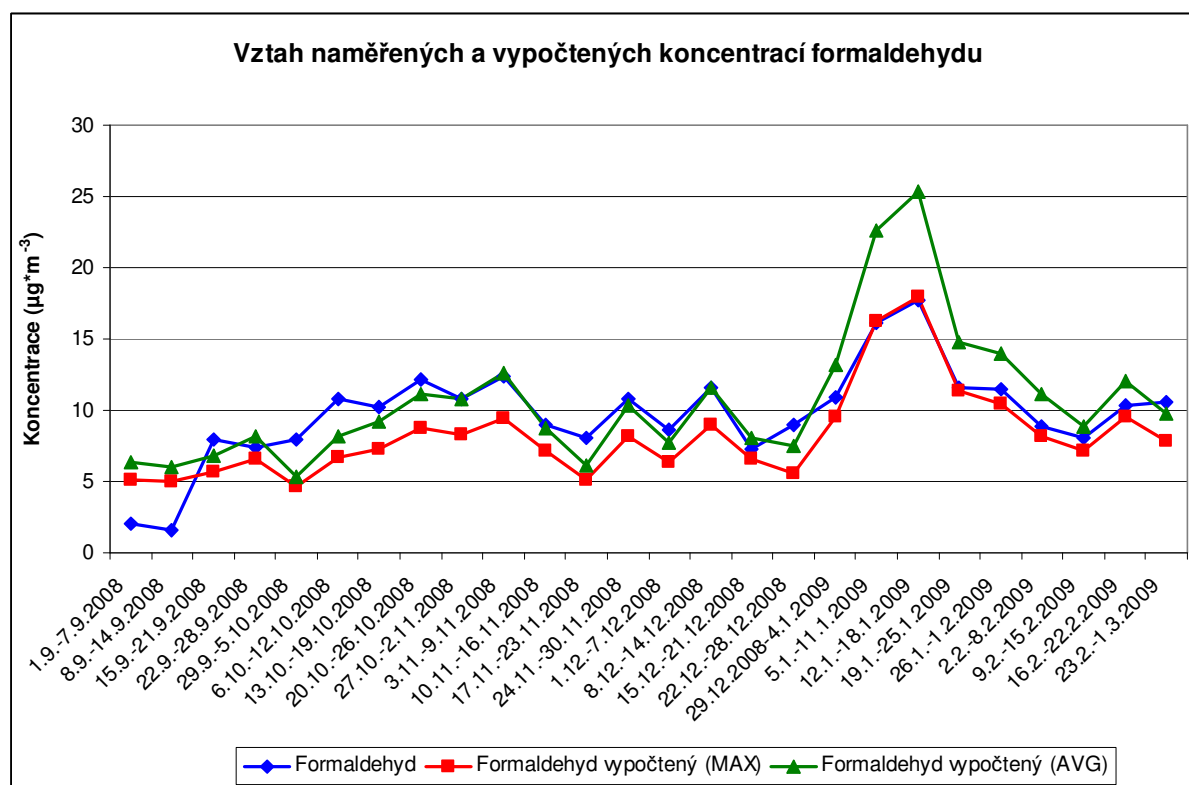
Obr. 92. Korelace mezi koncentracemi formaldehydu, acetaldehydu a benzenu



Obr. 93. Korelace mezi koncentracemi formaldehydu, acetaldehydu a PM_{10}



Obr. 94. Srovnání naměřených a vypočtených koncentrací formaldehydu v zimním období v Jihlavě



Z Obr. 94 je patrné, že prvá metoda (MAX, červená křivka) velmi dobře postihuje koncentrace formaldehydu při nepříznivých rozptylových podmínkách během teplotních inverzí, kdy dochází ke kumulaci škodlivin a většímu nárůstu koncentrací. Ve zbytku období (bez teplotní inverze) výpočet mírně podhodnocuje.

Naproti tomu výpočet z průměrných hodnot (bez započtení odlehlých hodnot) velmi dobře popisuje koncentrace formaldehydu v zimním období bez silnějších teplotních inverzí způsobujících prudký nárůst koncentrací všech škodlivin. V těchto případech (píicích) dochází k nadhodnocení výpočtu oproti měřeným koncentracím.

Je nutné ještě jednou zdůraznit, že se nejedná o modelování koncentrací formaldehydu v Jihlavě, ale o **odhad úrovně koncentrací formaldehydu v zimním období v Jihlavě**.

Který výpočet použít závisí na meteorologických podmínkách. Pro oba výpočty však platí, že se nehodí pro teplou část roku (viz první dva týdny měření). Pro zpřesnění výpočtu popř. sestrojení výpočtu pro teplé období roku by bylo nutné provést podstatně delší měření koncentrací formaldehydu. To však není předmětem této studie.

3.9 TĚŽKÉ KOVY

V rámci měření v Jihlavě byly také analyzovány těžké kovy přítomné v prašném aerosolu PM_{10} . V NV č. 597/2006 Sb. je popsán imisní limit pro olovo, cílový imisní limit pro arsen, kadmium a nikl. Ostatní těžké kovy nejsou legislativou podchyceny.

Již v kapitole II „Charakteristika imisního pozadí“ jasně ukázala, že z hlediska těžkých kovů se celý kraj Vysočina pohybuje pod dolní mezí pro posuzování pro všechny těžké kovy.

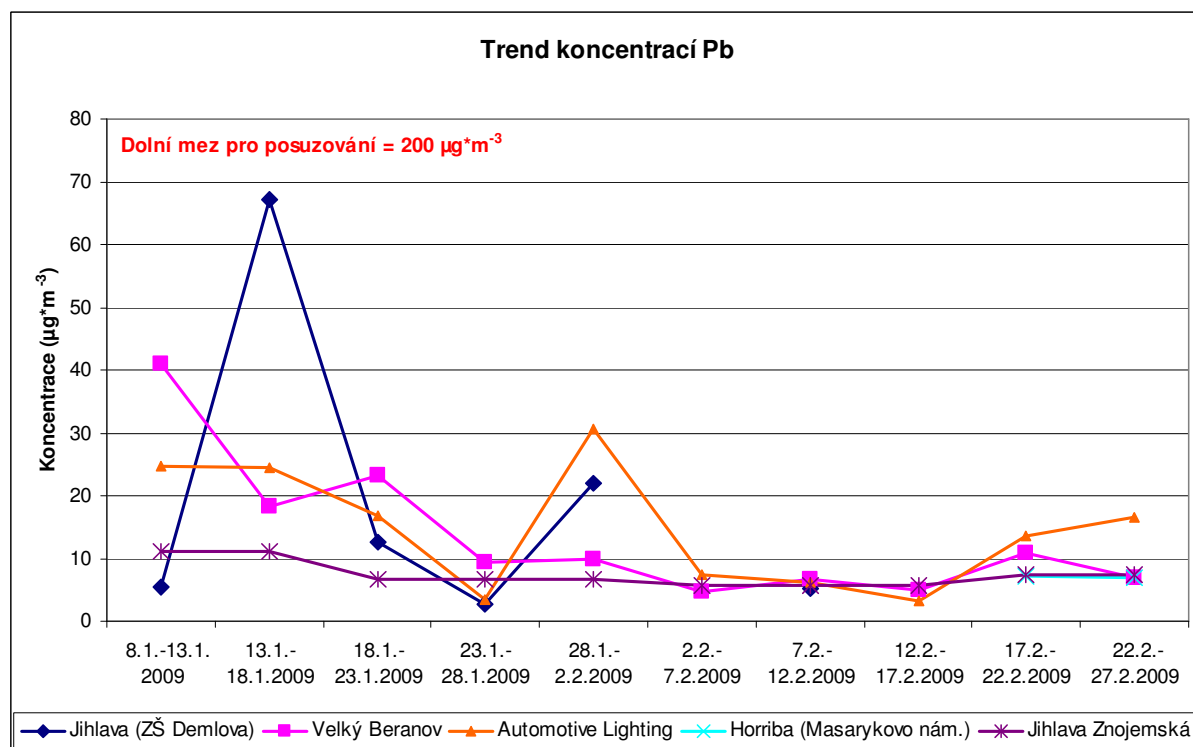
V Jihlavě je stálá stanice, měřící koncentrace těžkých kovů v ovzduší v lokalitě Jihlava – Znojemská. Trendy jednotlivých těžkých kovů jsou tedy vynášeny v grafech na Obr. 95 - Obr. 102 spolu s koncentracemi stanice Jihlava – Znojemská, aby bylo možné odhadovat úroveň znečištění v Jihlavě na základě této stanice (mimo antimon a vanad, který v lokalitě Jihlava – Znojemská není měřen).

Z uvedených grafů vyplývá, že druhá hodnota v lokalitě Jihlava (ZŠ Demlova) byla nějakým způsobem ovlivněna (pravděpodobně poškozením vzorku), jelikož v případě všech těžkých kovů dochází k odchylce v trendu, což se nedá přičítat konkrétnímu zdroji.

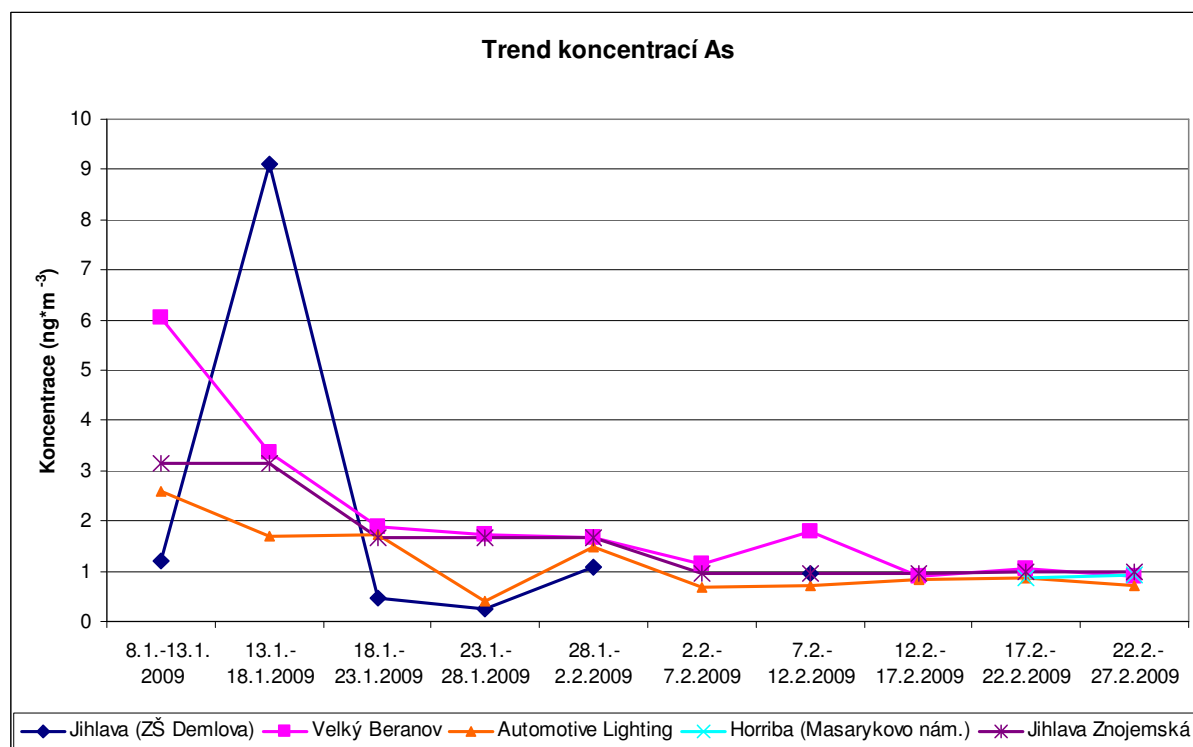
Dále je patrný vliv zhoršených rozptylových podmínek v průběhu ledna, které se rovněž odrazily na koncentracích jednotlivých těžkých kovů.

Trendy jednotlivých koncentrací včetně absolutních hodnot jsou si velmi blízké, z čehož lze vyvodit, že lokalita Jihlava – Znojemská je i přes značné ovlivnění dopravou charakteristická z hlediska koncentrací těžkých kovů pro celé zájmové území Jihlavy.

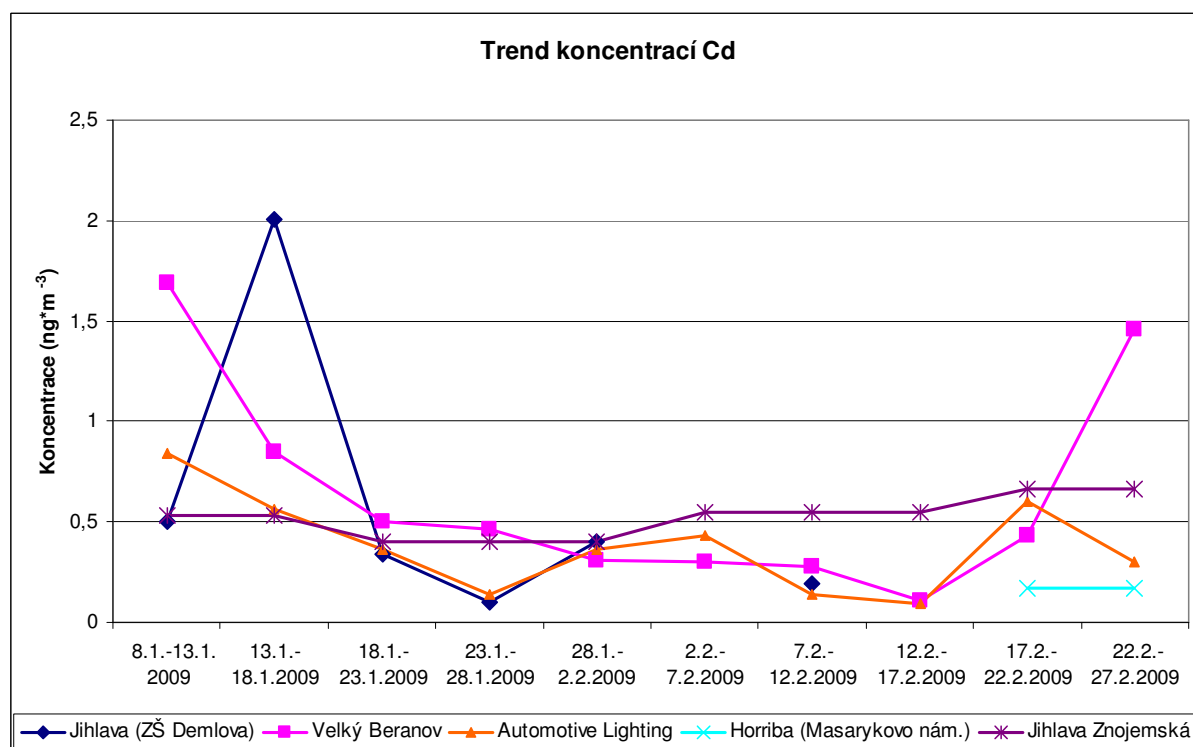
Obr. 95. Trend koncentrací olova



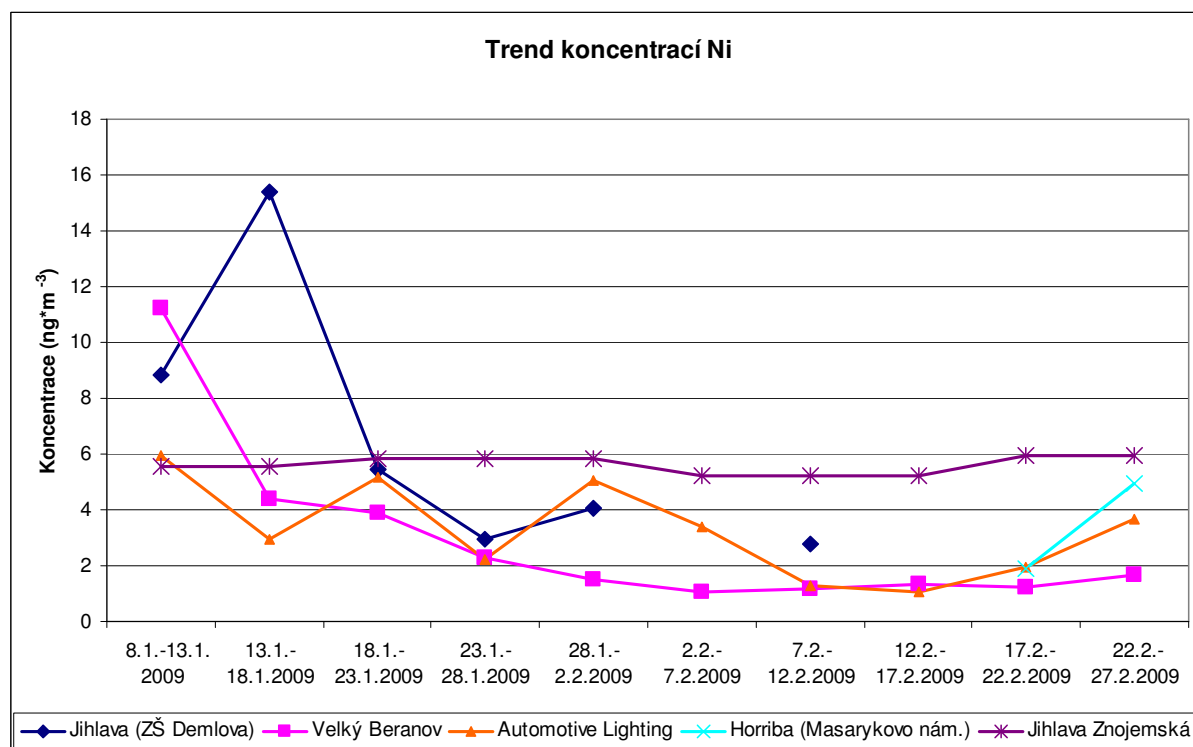
Obr. 96. Trend koncentrací arsenu



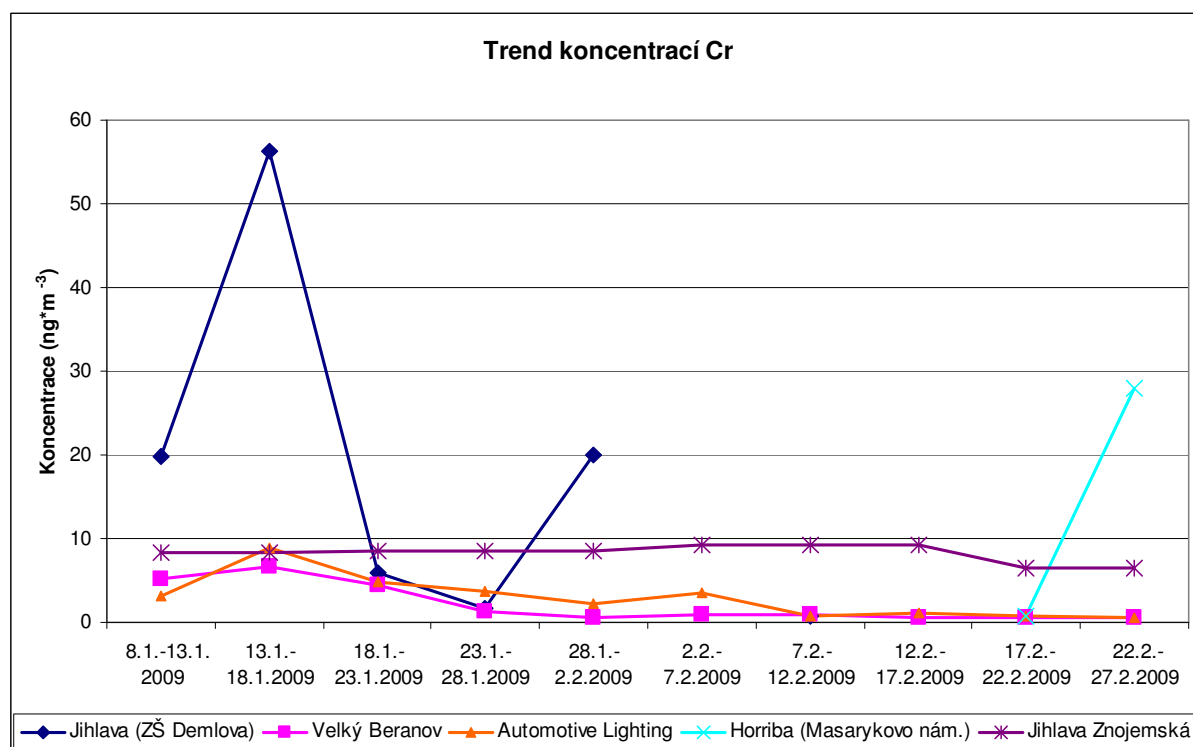
Obr. 97. Trend koncentrací kadmia



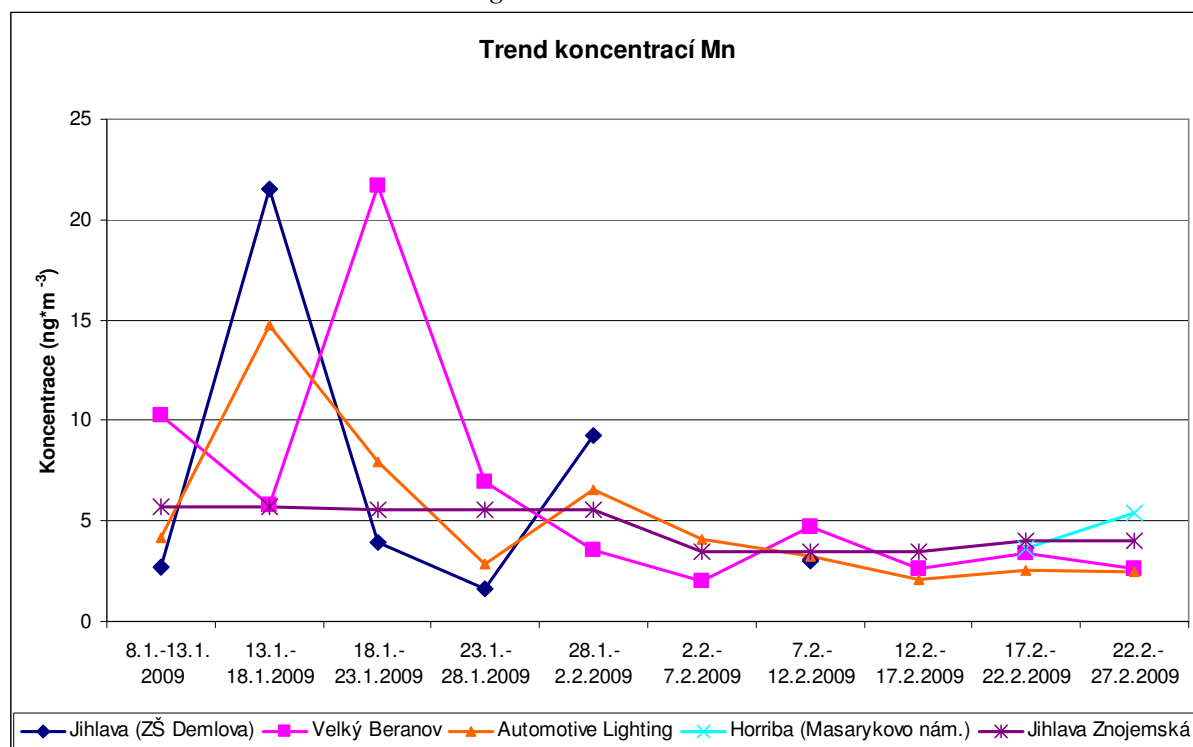
Obr. 98. Trend koncentrací niklu



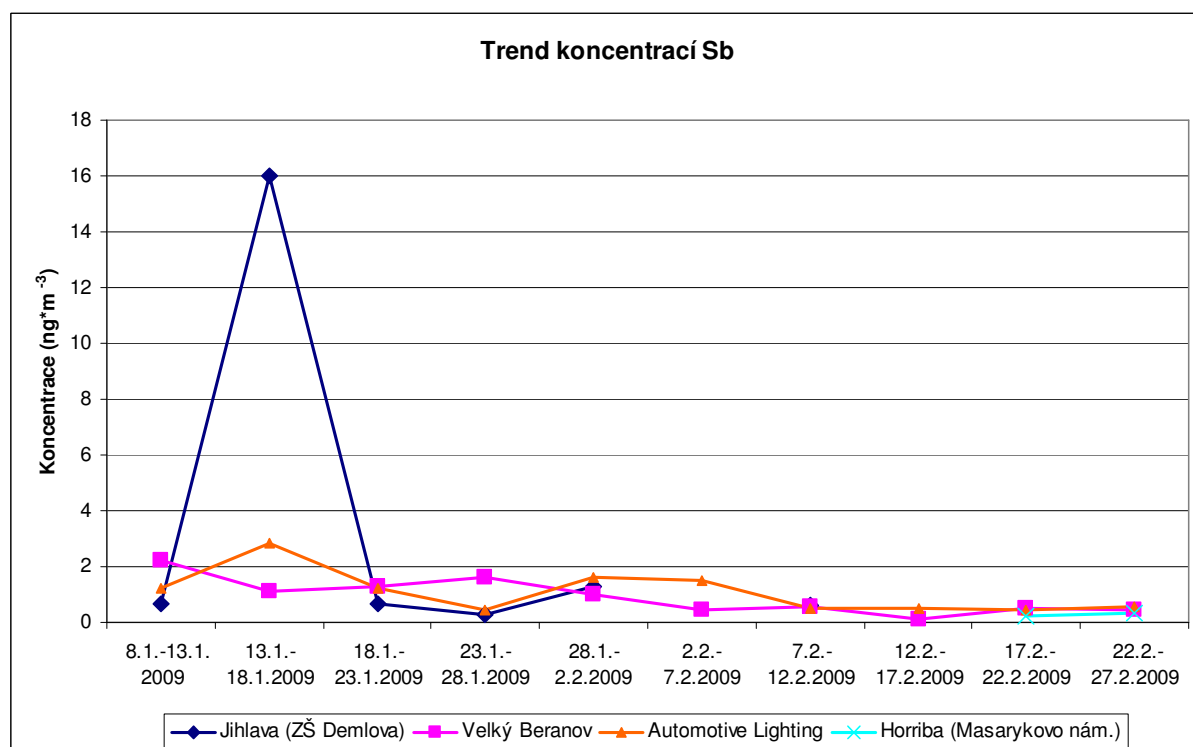
Obr. 99. Trend koncentrací chromu



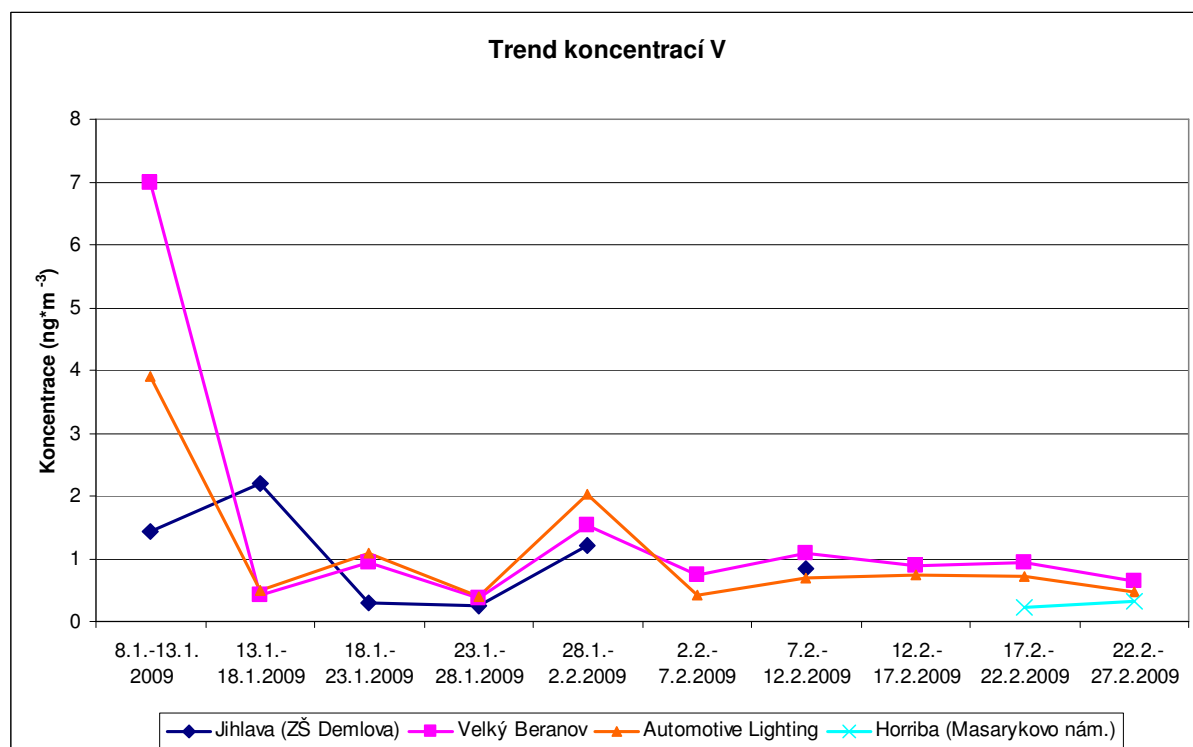
Obr. 100. Trend koncentrací manganu



Obr. 101. Trend koncentrací antimonu



Obr. 102. Trend koncentrací vanadu



3.10 CHLOROVODÍK HCL

Chlorovodík HCl je bezbarvý plyn o bodu varu 53 °C, po rozpuštění ve vodě reaguje silně kyselě a je označován jako kyselina chlorovodíková ($pK_a = 0,4$).

Kyselina chlorovodíková je čirá, nebo mírně nažloutlá kapalina. Její neutralizací vznikají chloridy. Plyný chlorovodík se projevuje velmi štiplavým agresivním zápachem.

Mezi přirozené zdroje emisí můžeme zařadit chlorovodík unikající při vulkanické činnosti a vznikající při přirozených lesních požárech.

Vzhledem k možnému ohrožení životního prostředí jsou nejvýznamnější antropogenní zdroje emisí. Mezi ně patří :

- úniky chloru a chlorovodíku z průmyslu;
- úniky chloru při bělení papíru a buničiny;
- úniky chloru při jeho využívání k desinfekčním účelům (chlorování vody, lékařství) a odparování chloru a jeho sloučenin z rozpouštědel a přípravků (např. prostředek SAVO);
- chlorovodík pocházející ze spalovacích procesů (Během spalování paliv, které obsahují chloridy, jako je například uhlí.);
- vznik chlorovodíku během spalování odpadu s obsahem chloru (plasty);
- úniky kyseliny chlorovodíkové při zpracování oceli.

Chlorovodík je vysoce korozivní a napadá mnohé kovy a vápenec což vede k narušení budov i jiných kulturních památek. Plyn se rozpouští ve vodě za vzniku silné kyseliny, která je při vyšších koncentracích toxická vůči životu vodních organismů. Akutní ohrožení volně žijících živočichů emisemi ze spalovacích procesů je nepravděpodobné pokud nedojde k havárii.

Emisní limit:

Pro kategorie látek 8.13 chlor a 8.14 chlor a jeho anorganické sloučeniny, včetně Cl_2 podle bodu 8.13, vyjádřené jako Cl platí podle Přílohy č.1 k vyhlášce č. 356/2002 Sb. následující limit:

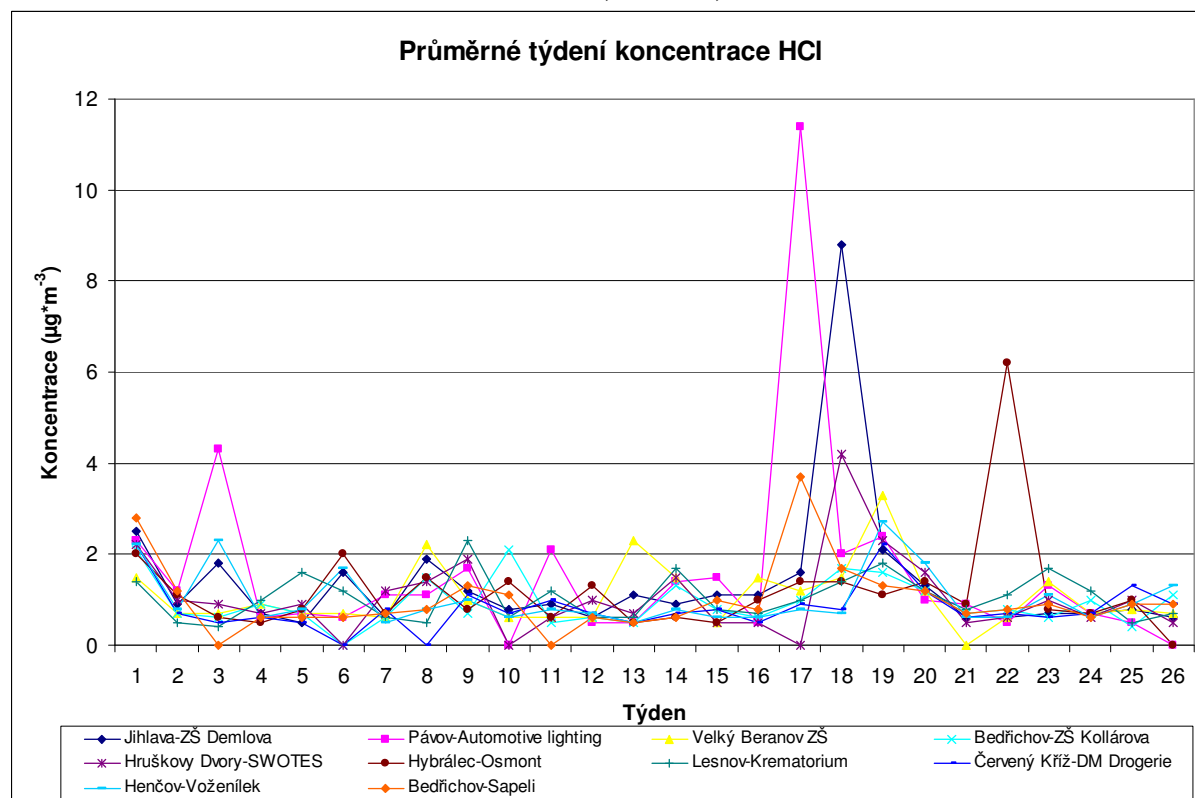
Při hmotnostním toku emisí všech těchto znečišťujících látek vyšším než 500 g/h nesmí být překročena úhrnná hmotnostní koncentrace 50 mg/m³ těchto znečišťujících látek v odpadním plynu.

Pro spalování odpadů platí pro plyné sloučeniny chloru vyjádřené jako HCl podle nařízení vlády č. 354/2002 Sb. emisní limit 10 mg/m³.

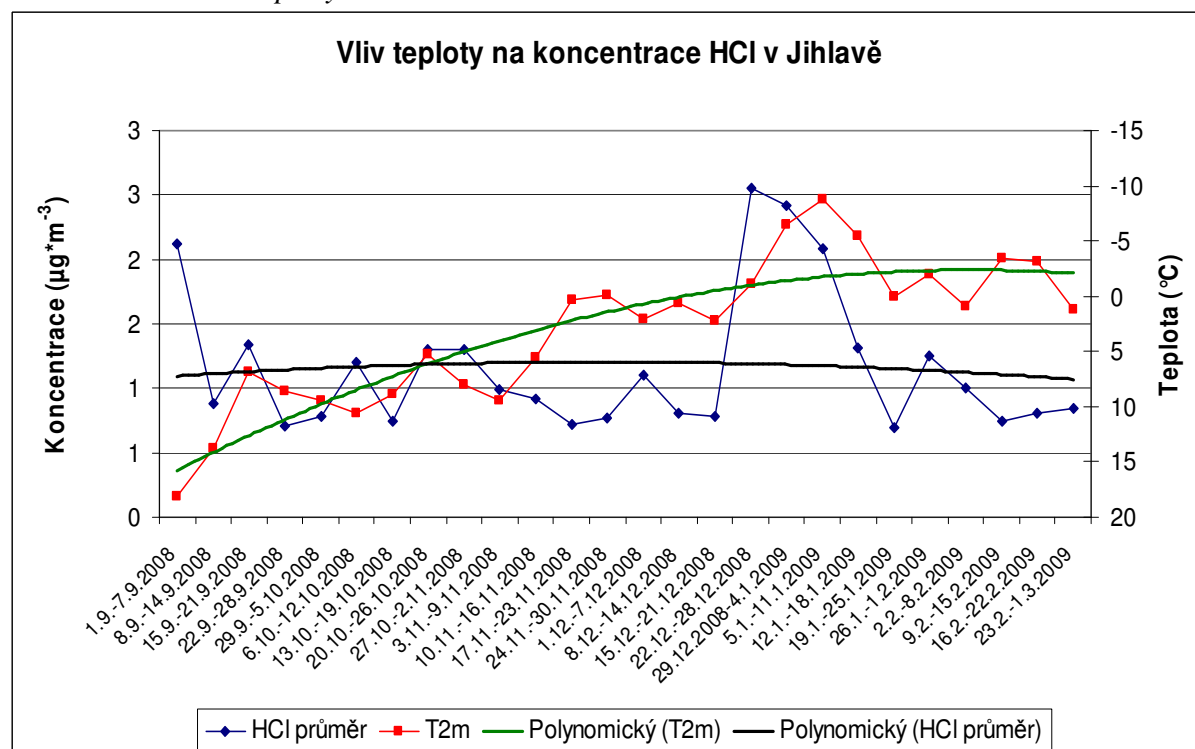
V České republice platí pro koncentrace chlorovodíku následující limity v ovzduší pracovišť: PEL – 8 mg.m⁻³, NPK - P – 15 mg.m⁻³.

V rámci měření kvality ovzduší v Jihlavě září 2008 – únor 2009 byl chlorovodík měřen na 10 lokalitách pasivními dozimetry. Z Obr. 103 je patrné, že koncentrace chlorovodíku jsou velmi stálé a na všech lokalitách podobné. Mírné zvýšení koncentrací doprovázené některými výraznějšími zvýšeními lze pozorovat v průběhu ledna, avšak mimo tento měsíc se zhoršenými rozptylovými podmínkami se koncentrace pohybovaly pod 2 µg*m⁻³.

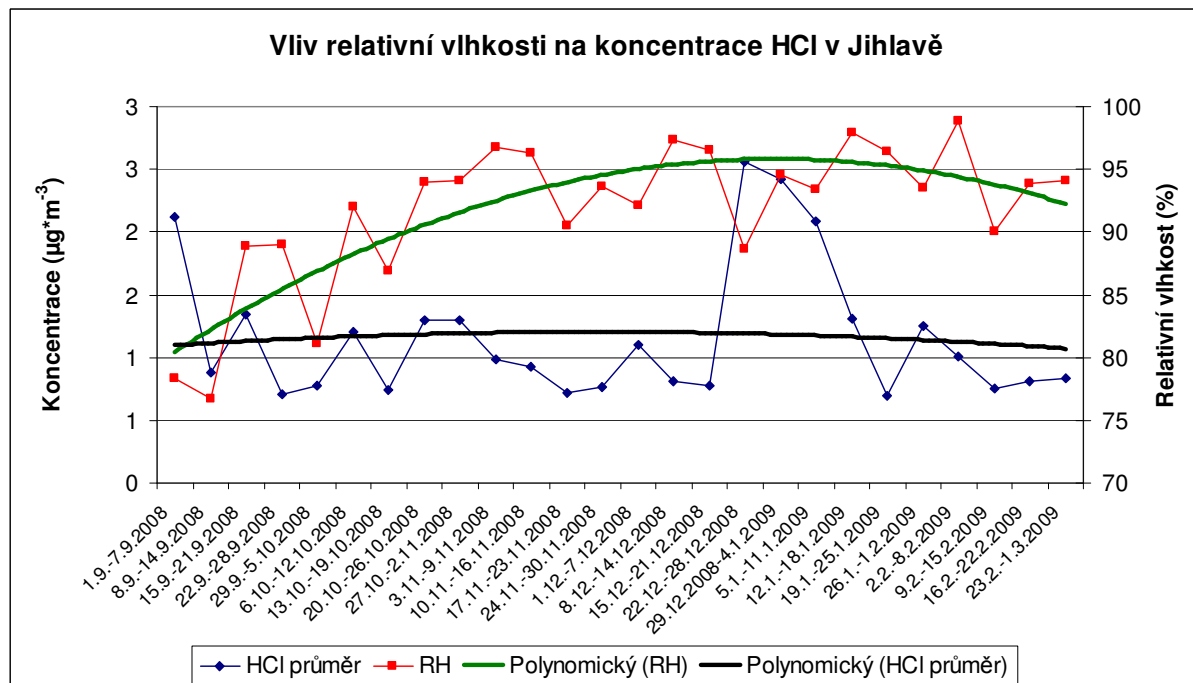
Obr. 103. Trend koncentrací chlorovodíku, Jihlava, září 2008 – únor 2009



Obr. 104. Vliv teploty na koncentrace chlorovodíku



Obr. 105. Vliv relativní vlhkosti na koncentrace chlorovodíku



Z Obr. 104 a Obr. 105 je patrné, že teplota ani relativní vlhkost nemá na téměř konstantní průběh koncentrací chlorovodíku vliv. Lze tedy konstatovat, že se koncentrace naměřené na celém území Jihlavy a přilehlých obcí jsou rovny regionálnímu pozadí chlorovodíku.

Obr. 106. Průměrné koncentrace chlorovodíku za období září 2008 – únor 2009



4 VZTAH MĚŘICÍ KAMPANĚ K PŘEDCHOZÍM OBDOBÍM ZÁŘÍ-ÚNOR V JIHLAVĚ

Během řešení studie se vyskytla situace, která mohla ovlivnit emise i imise v ovzduší. Touto situací je tzv. finanční (hospodářská) krize nebo také recese. V době vyhlášení veřejné zakázky (12.2.2008), termínu odevzdání nabídek (21.3.2008) ani v době podpisu smlouvy o dílo (8.7.2008) ještě nikdo o hrozbě hospodářské recese nevěděl. Dokonce i v září, kdy začal probíhat imisní monitoring v zájmovém území byla finanční krize věcí spíš dohadů a spekulací zejména v rámci amerických bank. V ČR a konkrétně v Jihlavě se pak krize projevila až koncem roku 2008 a v roce 2009, tedy zhruba v době, kdy byly již 2/3 monitoringu odměřeny.

Emise za rok 2008 musely zdroje poskytnout ČIŽP do 31.3.2009 a v současné době jsou zpracovávány. Jak se hospodářská krize projevila na emisích a emisních bilancích bude známo začátkem roku 2010, emisní bilance z roku 2009 pak budou k dispozici začátkem roku 2011.

Studie „Vyhodnocení kvality ovzduší průmyslové zóny města Jihlavy a z něho vyplývajících zdravotních rizik“ však končí v říjnu roku 2009. Proto byla vypracována tato kapitola, která by na základě koncentrací škodlivin v totožných obdobích (září – únor) let minulých a koncentrací škodlivin naměřených v rámci této studie mohla zhodnotit možné ovlivnění koncentrací škodlivin recesí. Je však nutné brát v potaz, že koncentrace se liší v závislosti na meteorologických podmínkách (zejména teplota, teplotní inverze atp.), které mohou značně trend koncentrací ovlivnit. Míru ovlivnění je možné vysledovat v kapitole 3.2.7 této studie, kdy jsou detailně rozebrány dvě epizody zvýšených koncentrací částic PM_{10} .

Pro srovnání s lety minulými byly vybrány následující škodliviny: částice PM_{10} a $PM_{2,5}$ (4.1.1), oxid siřičitý SO_2 (4.1.2), oxid dusičitý NO_2 (4.1.3) a benzen (4.1.4). Pro každou škodlivinu pak byly připraveny grafy srovnávající 6 po sobě jdoucích zimních období září – únor a dále pak graf, ve kterém je vynášena průměrná hodnota jednotlivých škodlivin a teploty za období 2003 – 2008 v zimních měsících září – únor proti hodnotám škodlivin a teploty naměřených během kampaně v období září 2008 – únor 2009.

Z grafů na Obr. 107 a Obr. 108 je patrné že trendy koncentrací částic jsou si v celku podobné. V lednu rok 2009 notně připomínal rok 2006, který byl nejhorším měsícem za z hlediska všech škodlivin v posledních 8 letech (viz. II. část studie – Charakteristika imisního pozadí). V roce 2006 bylo rovněž území ovlivněno silnou teplotní inverzí, která však trvala déle a pokračovala rovněž v únoru 2006, čímž se již roky 2006 a 2009 liší. Ve vztahu k průměrným hodnotám za roky 2003-2008 na Obr. 109 a Obr. 110 je patrné, že se leden díky nepříznivým rozptylovým podmínkám pohybuje vysoko nad průměrem PM_{10} a $PM_{2,5}$ zatímco teplota se pohybuje pod průměrem. Naproti tomu únor se pohybuje pod průměrnými hodnotami PM_{10} a $PM_{2,5}$, zatímco teplota je na úrovni průměru. Dá se tedy říct, že únor by mohl být ovlivněn hospodářskou recesí. Avšak z grafu na Obr. 26 a Obr. 27 je patrné, že pokles koncentrací z lednových vysokých na únorové nízké proběhl ve všech krajských městech ČR zhruba stejně (z hlediska koncentrací) a ve stejnou dobu, což neodpovídá poklesu výroby resp. emisí jednotlivých zdrojů znečištění, ale spíš plošnému působení meteorologických podmínek, kdy se koncem ledna ČR vymanila z inverzního charakteru počasí, ovzduší se pročistilo a vlivem příhodného proudění a nepřítomnosti teplotní inverze nedocházelo ke kumulování škodlivin a měřené koncentrace tedy byly relativně nízké oproti průměrným hodnotám.

Vzhledem k tomu, že zvláště velké, velké a střední zdroje se na emisích TZL v kraji Vysočina v roce 2007 podílely dohromady cca 19%, znamenalo by snížení výroby / emisí o 20% pokles všech emisí o 4%, což by nemuselo být z hlediska vývoje koncentrací vůbec patrné.

Obdobná situace nastává v případě oxidu siřičitého, kdy se v trendu jednotlivé koncentrace od sebe příliš neliší (Obr. 111), extrém opět nastal v lednu 2006, leden 2009 oproti situaci v případě částic vybočuje pouze minimálně. Zajímavější je však vztah k hodnot naměřených v průběhu kampaně v září 2008 – únor 2009 k průměrným hodnotám za dané období v letech 2003 – 2008. Trendy vykazují takřka totožný chod, avšak hodnoty koncentrací jsou zhruba o $1 - 2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ nižší, což je u nízkých koncentrací SO_2 zhruba 30 – 50 %. Takže i v případě nižších teplot v lednu nedosahuje lednový pík koncentrací v kampani průměrné hodnoty za rok 2003 – 2008. Z tohoto grafu je především patrný pokles emisí SO_2 v celém kraji Vysočina, který klesl z hodnoty v roce 4,2 kt/rok (2003) na 2,7 kt/rok (2007), čili na 64,5%. Záměrně je uveden pokles SO_2 v letech 2003 – 2007, aby do poklesu nebyla započtena hospodářská recese, naopak v letech 2003 – 2007 šel HDP nahoru. Emise SO_2 se v roce 2007 pohybují na 46,7 % emisního stropu pro rok 2010, čili splnění emisního stropu pro SO_2 je jisté. Z uvedeného pak vyplývá že i koncentrace SO_2 v ovzduší by měla klesat v absolutních hodnotách, avšak trend by měl zůstat obdobný vzhledem k průměrným meteorologickým charakteristikám, což velmi dobře reprezentuje Obr. 112.

Vzhledem k tomu, že zvláště velké, velké a střední zdroje se na emisích SO_2 v kraji Vysočina v roce 2007 podílely dohromady cca 30%, znamenalo by snížení výroby / emisí o 20% pokles všech emisí o 6%, což by nemuselo být z hlediska vývoje koncentrací vůbec patrné.

Koncentrace oxidu dusičitého v průběhu září – února v posledních letech je zobrazen na Obr. 113. Z grafu je opět patrný velmi podobný chod koncentrací, přičemž i absolutní hodnoty jsou podobné. Zajímavostí je propad koncentrací NO_2 během kampaně v prosinci 2008 na své minimum za 6 let. Částečně to může být způsobeno omezením automobilového provozu popř. i dalších zdrojů produkujících NO a NO_2 v průběhu vánoc 2008, jak to zobrazují Obr. 41 a Obr. 42. Otázkou je, jakou měrou se na této situaci podílela hospodářská recese – zda byly přes Vánoce a Nový Rok vypnuty některé provozy atp., protože v lednu se naopak koncentrace dostaly poměrně vysoko. Zřejmě se tedy na poklesu koncentrací podílelo více faktorů, počínaje počasím a meteorologickými charakteristikami, které se z příznivých prosincových změnily v nepříznivé lednové, pokles automobilové dopravy včetně té tranzitní na D1 během Vánočních svátků a Nového Roku a možné odstávky či omezení provozu některých zdrojů oxidů dusíku. Z hlediska vztahu k koncentrací a teploty během kampaně září 2008 – únor 2009 k průměrným koncentracím a teplotě za roky 2003 – 2008 pro toto období vyplývá, že se koncentrace NO_2 držely během kampaně celou dobu pod průměrnými hodnotami za předchozích 5 let s výjimkou ledna, kdy vlivem nepříznivých podmínek došlo ke zvýšení koncentrací téměř všech škodlivin v ovzduší (Obr. 114). Naopak výrazněji pod průměrnou hodnotou se vyskytoval zejména prosinec 2008 diskutovaný výše a také únor 2009, který však byl příznivý z hlediska meteorologických podmínek, jak již bylo uvedeno v případě částic PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$.

Vzhledem k tomu, že zvláště velké, velké a střední zdroje se na emisích NO_x v kraji Vysočina v roce 2007 podílely dohromady cca 11%, znamenalo by snížení výroby / emisí o 20% pokles všech emisí o 2%, což by nemuselo být z hlediska vývoje koncentrací vůbec patrné.

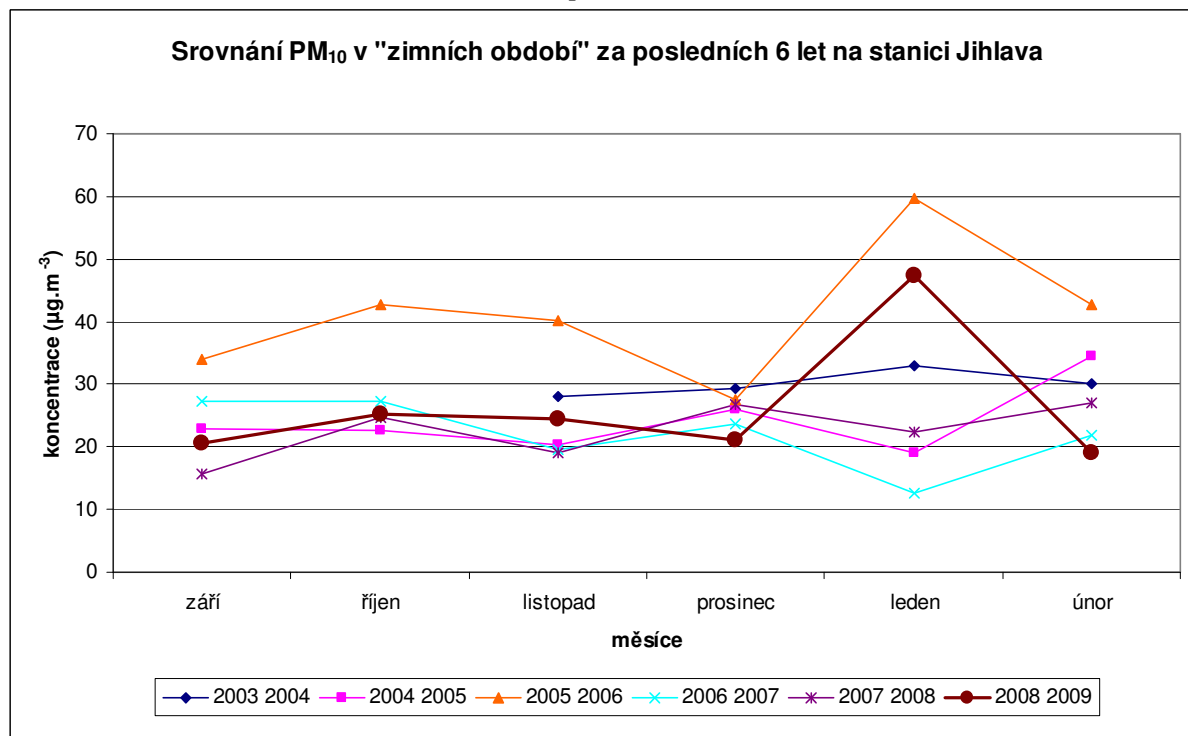
V případě benzenu coby zástupce VOC působí rozptyl koncentrací méně „uspořádaně“ (Obr. 115). Trend se však dá zhruba vyčíst. Zajímavostí je, že v případě ledna není nejhorší rok 2006, jak je tomu téměř u všech ostatních škodlivin, ale právě leden 2009, kdy probíhala kampaň a hned po něm leden 2008. Podobnost roku 2009 s rokem 2006 u ledna nekončí,

jelikož obě hodnoty v únoru klesly, což neodpovídá ostatním škodlivinám v roce 2006. Rovněž zimní období 2006-2007 dosahuje vyšších koncentrací než 2005-2006, což by s přihlédnutím k ostatním škodlivinám mohlo naznačovat nový zdroj VOC v blízkosti stanice (pravděpodobně z roku 2006), popř. vzhledem k pěkné korelaci s NO₂ (Obr. 58) významnější nárůst intenzit v lokalitě. Z hlediska vztahu koncentrací z kampaně září 2008 – únor 2009 je patrné, že průměrné i kampaňové hodnoty korelují s teplotou, přičemž kromě ledna se všechny hodnoty z kampaně pohybují pod průměrnou hodnotou za posledních 5 let (Obr. 116).

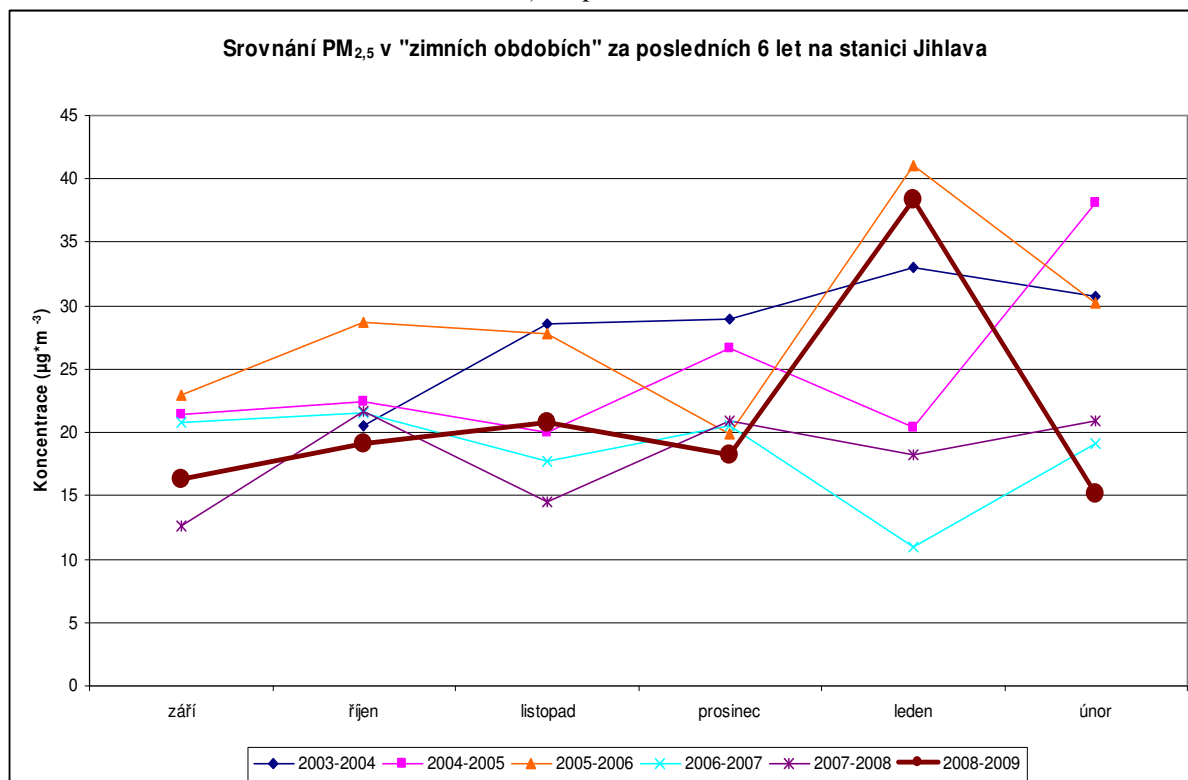
Vzhledem k tomu, že zvláště velké, velké a střední zdroje se na emisích VOC v kraji Vysočina v roce 2007 podílely dohromady cca 10%, znamenalo by snížení výroby / emisí o 20% pokles všech emisí o 2%, což by nemuselo být z hlediska vývoje koncentrací vůbec patrné.

4.1.1 Částice PM₁₀ a PM_{2,5}

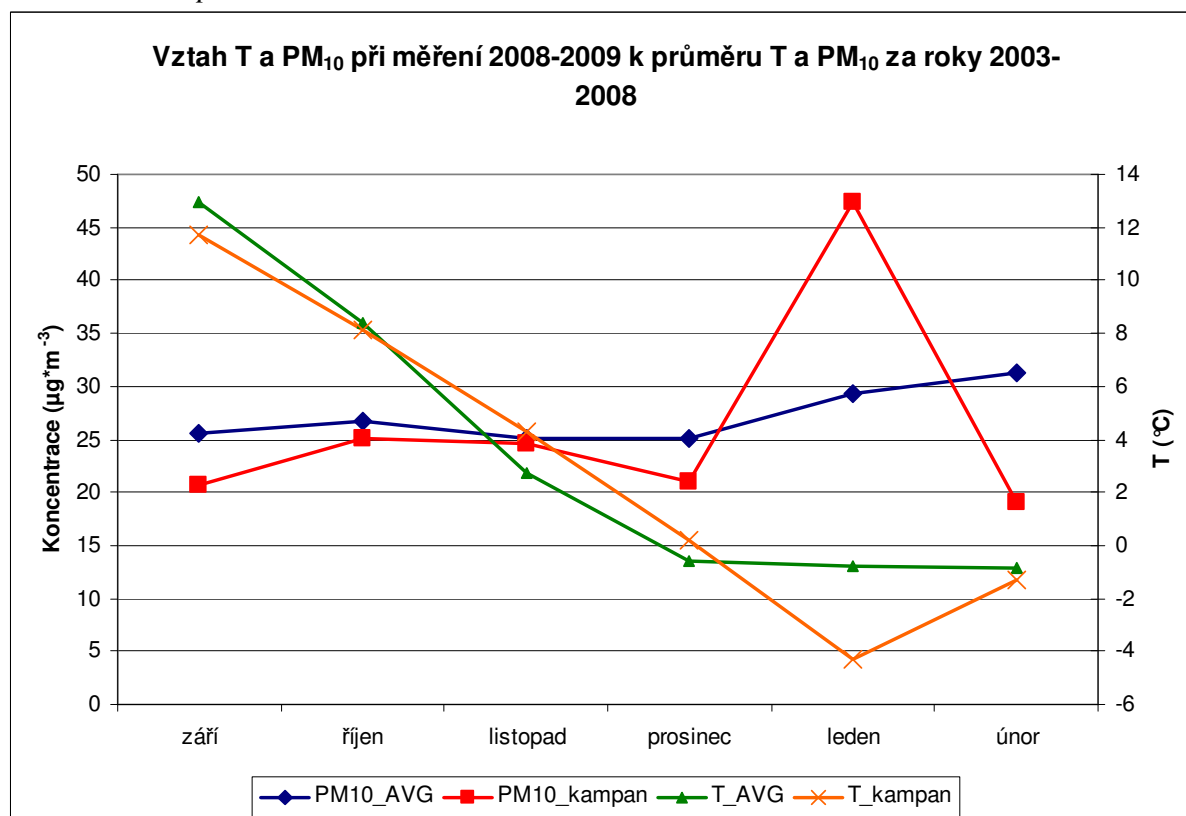
Obr. 107. Srovnání koncentrací PM₁₀ v posledních 6 letech, lokalita Jihlava



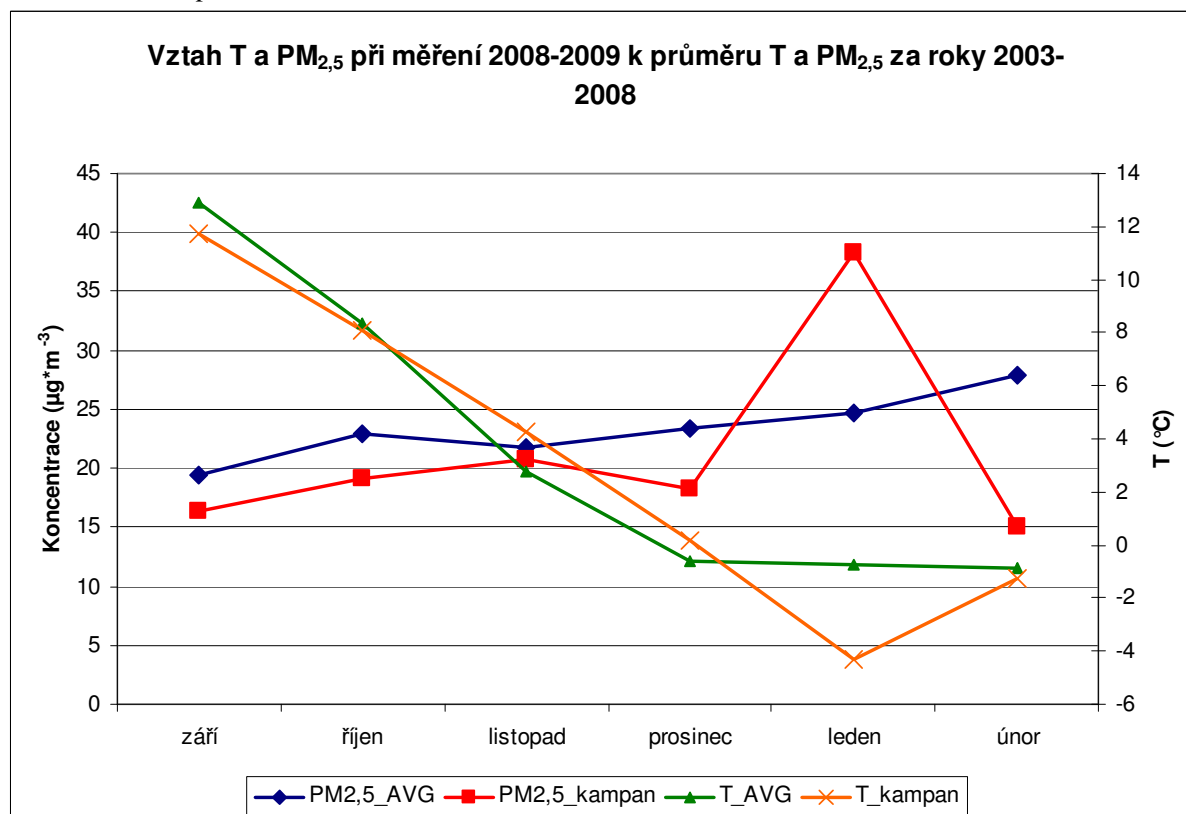
Obr. 108. Srovnání koncentrací PM_{2,5} v posledních 6 letech, lokalita Jihlava



Obr. 109. Vztah průměrných hodnot T a PM_{10} v letech 2003-2008 ke koncentracím v kampaňovém měření 2008-2009

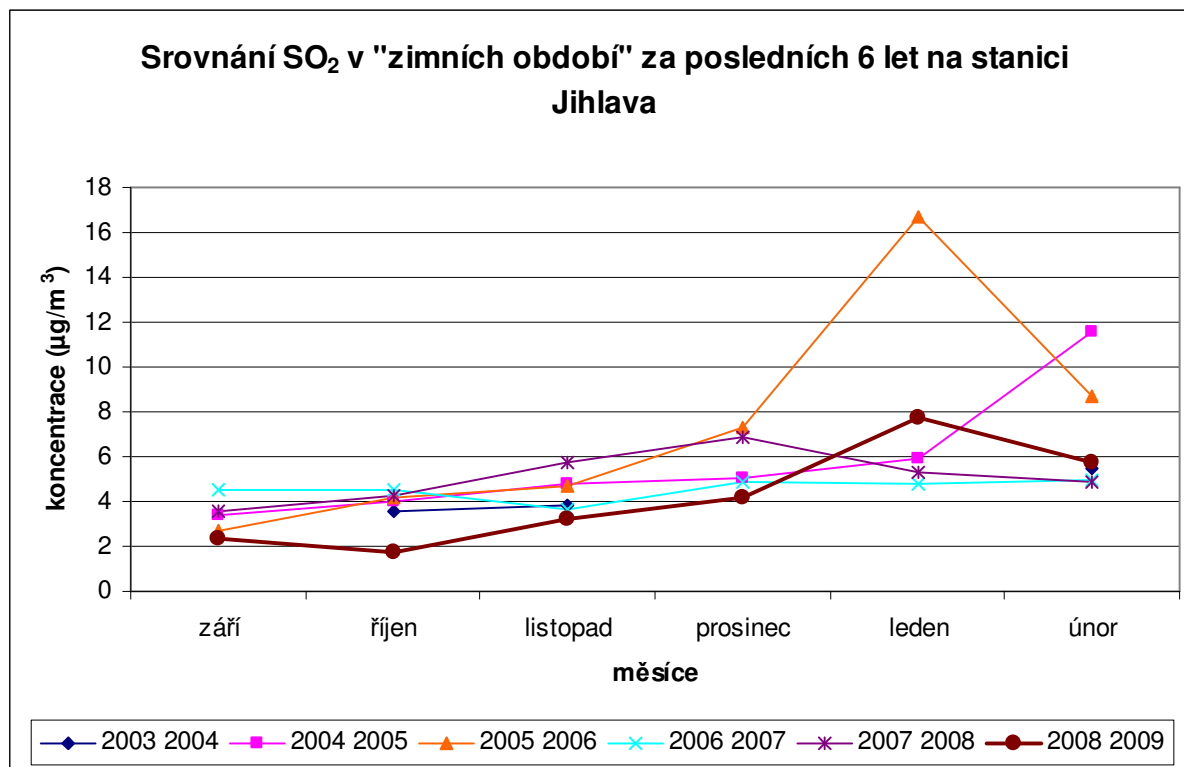


Obr. 110. Vztah průměrných hodnot T a $PM_{2,5}$ v letech 2003-2008 ke koncentracím v kampaňovém měření 2008-2009

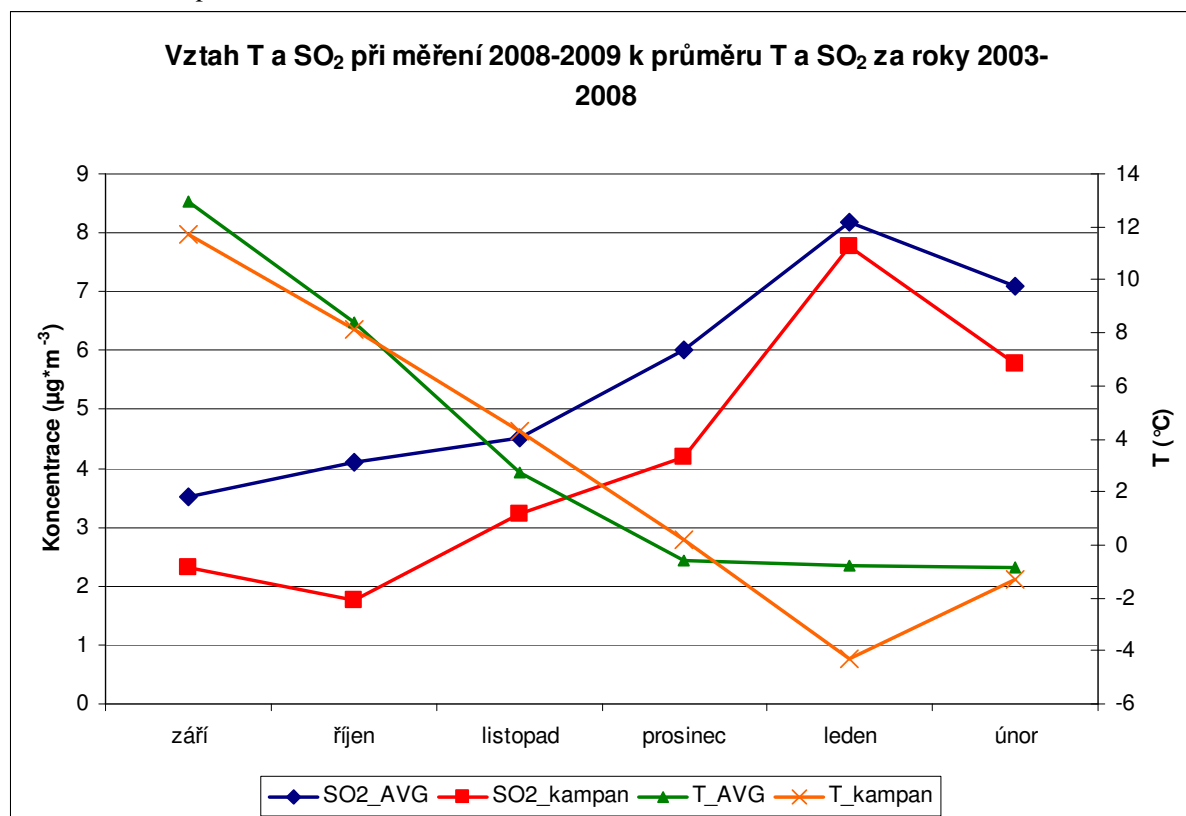


4.1.2 Oxid siřičitý SO₂

Obr. 111. Srovnání koncentrací SO₂ v posledních 6 letech, lokalita Jihlava

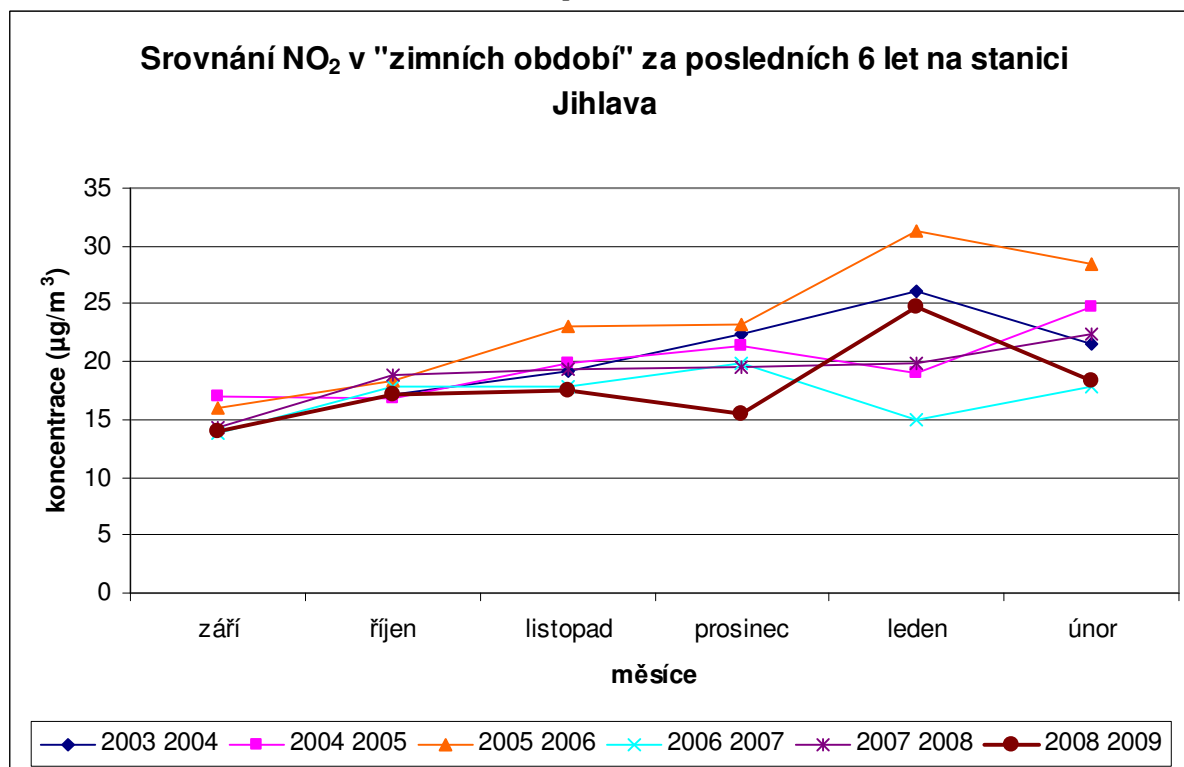


Obr. 112. Vztah průměrných hodnot T a SO₂ v letech 2003-2008 ke koncentracím v kampaňovém měření 2008-2009

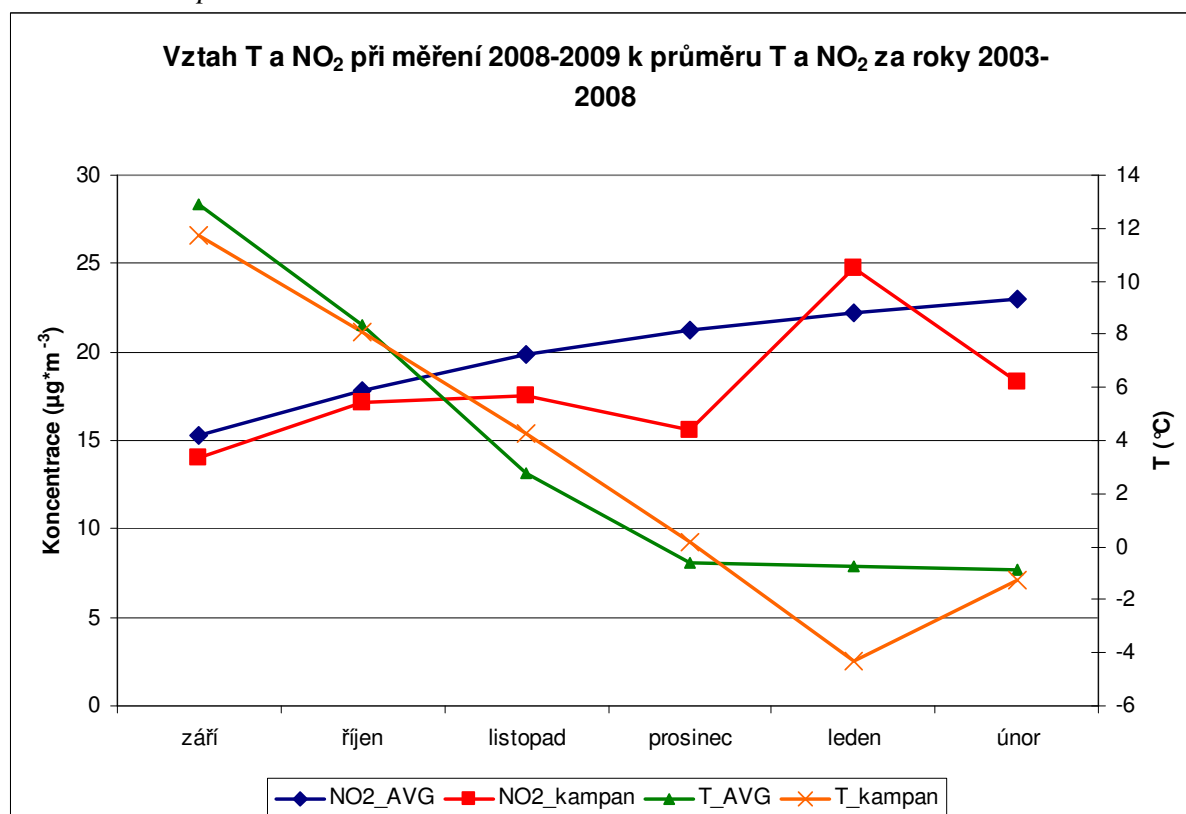


4.1.3 Oxid dusičitý NO₂

Obr. 113. Srovnání koncentrací NO₂ v posledních 6 letech, lokalita Jihlava

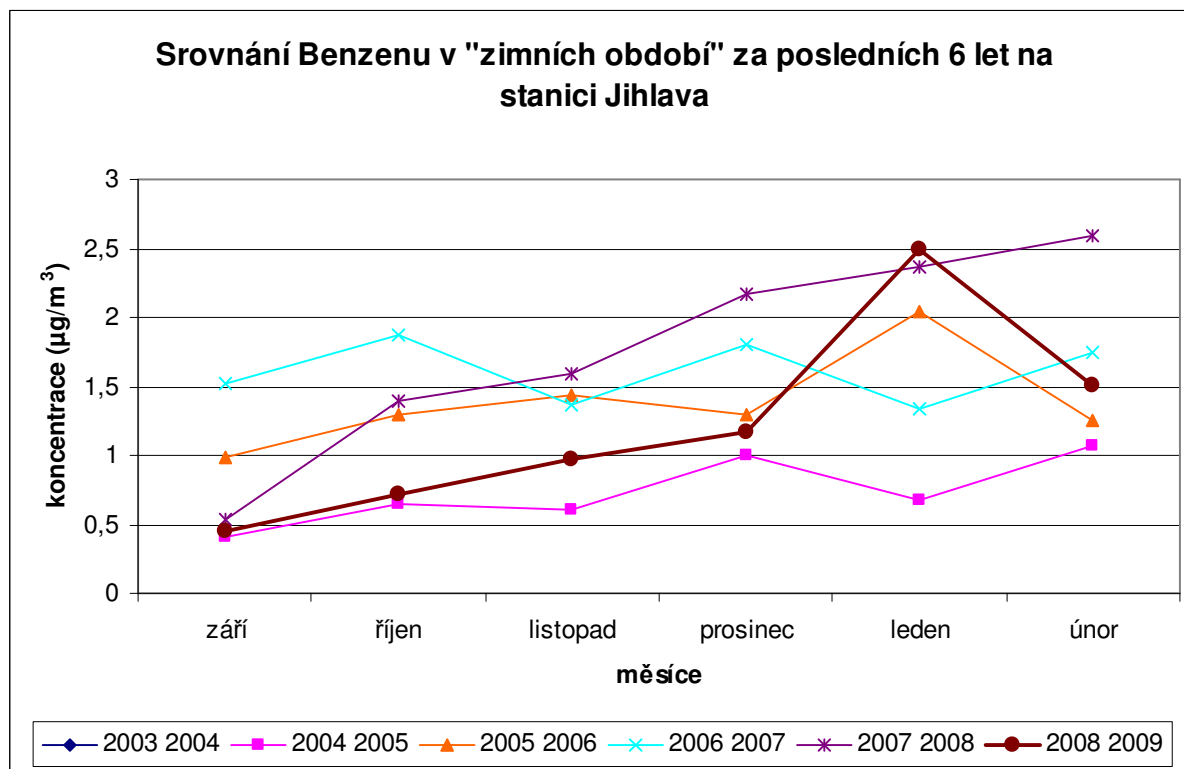


Obr. 114. Vztah průměrných hodnot T a NO₂ v letech 2003-2008 ke koncentracím v kampaňovém měření 2008-2009

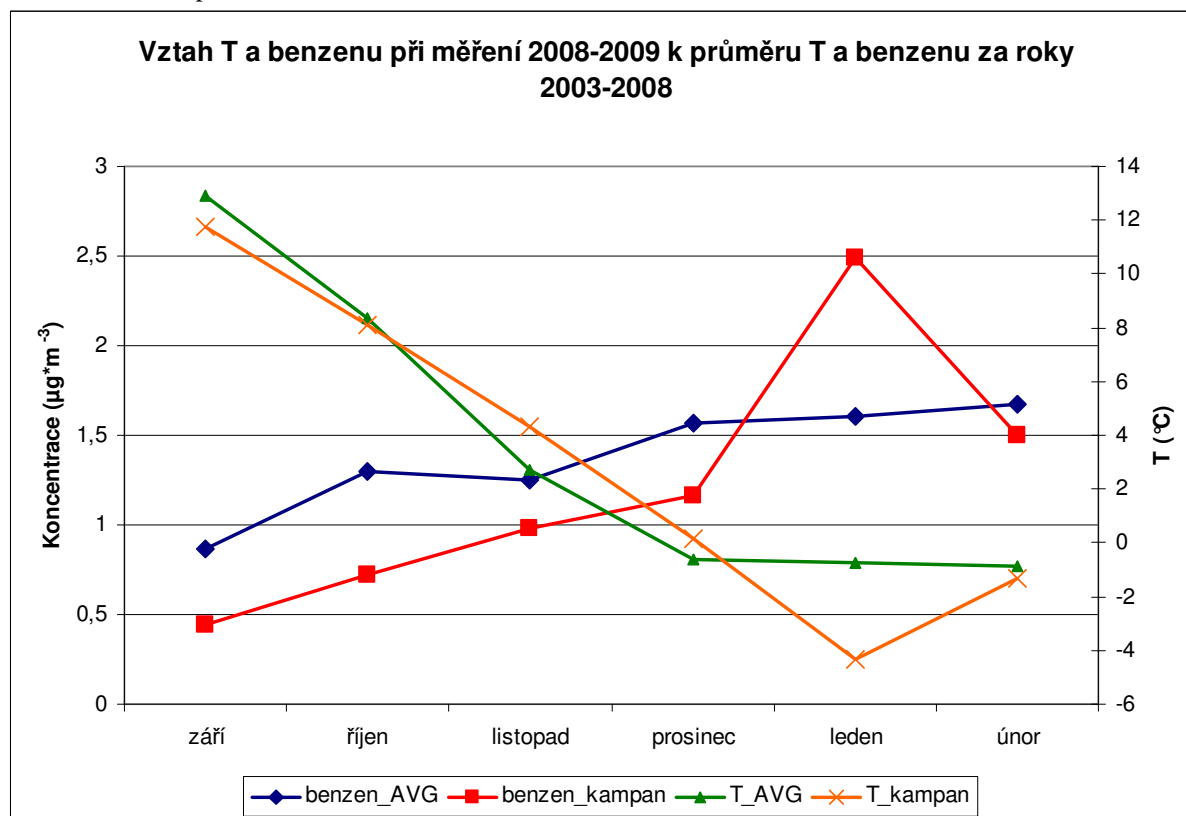


4.1.4 Benzen

Obr. 115. Srovnání koncentrací benzenu v posledních 6 letech, lokalita Jihlava



Obr. 116. Vztah průměrných hodnot T a benzenu v letech 2003-2008 ke koncentracím v kampaňovém měření 2008-2009



5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Informační systém kvality ovzduší (ISKO)
- [2] Znečištění ovzduší na území České Republiky v letech 2000 - 2007, ČHMÚ Praha, (ročenka ÚOČO, ČHMÚ)
- [3] Zpráva o životním prostředí 2006 a 2007 ([ŽP 2006](#))
- [4] Hnilicová H., Kraj Vysočina – problematika emisí, Ochrana ovzduší 4/2008, str. 16-18
- [5] Skeřil R., Čech J., Kraj Vysočina – problematika imisí, Ochrana ovzduší 4/2008, str. 18-23
- [6] Zákon o Ochrane ovzduší č. 86/2002 Sb.
- [7] Nařízení vlády č. 597/2006 Sb. stanovující imisní limity
- [8] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/50/ES ze dne 21. května 2008 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduším pro Evropu
- [9] Otevřená internetová encyklopedie – Wikipedie (<http://cs.wikipedia.org/>)
- [10] Integrovaný registr znečišťování IRZ (<http://www.irz.cz/>)
- [11] Studie objektivizace imisní a hlukové zátěže pro kolaudaci stavby Kronospan OSB a sušárny Schenkmann & Piel TT vybavené technologií UTWS a suchým elektrostatickým odlučovačem, ZÚ se sídlem v Brně a ČHMÚ, pobočka Brno
- [12] Skeřil R., Šimková J., Vliv meteorologických podmínek na koncentrace škodlivin v ovzduší v zóně Jihomoravský kraj a aglomeraci Brno. Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině, Mikulov 9.-11.9.2008. str. 63. ISBN 978-80-86690-55-1.
- [13] Pospíšil, Jiří. Transport, transformace a distribuce aeroalergenů v městském mikro a mezoměřítu, [s.l.], 2008. 41 s. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Interní zpráva projektu COST OC08019.
- [14] Bednář J.: Kompendium ochrany kvality ovzduší, část 1: Meteorologie. Příloha časopisu Ochrana Ovzduší 2/2003, Praha, duben 2003
- [15] Fiala J., Závodský D.: Kompendium ochrany kvality ovzduší, část 2: Chemické aspekty znečištění ovzduší – troposférický ozón. Příloha časopisu Ochrana Ovzduší 3/2003, Praha, květen 2003
- [16] Troposférická chemie, Ivan Holoubek a kol., Brno 2005, ISBN 80-210-3656-7
- [17] Keder J.: Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátorů Grimm. Sborník Ovzduší 2007, Brno, 2007. s 165-169. ISBN
- [18] The New Clean Air Act, A Guide to the Clean Air Program as amended in 1990, Morgan, Lewis and Bockius, Washington, D.C., 1990.
- [19] S.O.Baek et al, Phase distribution and particle size dependency of PAH in urban atmosphere, Chemosphere, Vol.22, No.5-6, 503-520, 1991.
- [20] Harrison, R.M., Smith, D.J.T. and Luhana, L.M., 1996. Environ. Sci. Technol., 30, 825-832.
- [21] Henry N. Berko, Technical Report No. 2: PAH in Australia 1999
- [22] Khalili, N.R., Scheff, P.A. and Holsen, T.M., 1995. PAH source fingerprints for coke ovens, diesel and gasoline engines, highway tunnels and wood combustion emissions. Atmos. Environ., 29(4), 533-542.
- [23] J.F.Collins et. al., Potency Equivalency Factors for Some PAH and PAH Derivates, Regul. Tox. and Pharmacol, 28, 45-54 (1998)
- [24] Nisbet I.C.T., La Goy Toxic Equivalency Factors (TEFs) for PAH, Regul. Tox. and Pharmacol, 16, 290-3000 (1992)

- [25] Holoubek I. a kol., Emisní inventura POPs v ČR, Ochrana ovzduší , 13, 17-19 (2001)
- [26] Zdravotní ústav Brno, kolektiv autorů: Studie objektivizace imisní a hlukové zátěže pro kolaudaci stavby Kronospan OSB a sušárny Schenkmann & Piel TT , Brno, 2007
- [27] Motyka K., Mikuška P.: Přehled stanovení formaldehydu a dalších karbonylových sloučenin v ovzduší. Chem. Listy 99, s.13-20 (2005)
- [28] Grosjean D.: Environ. Sci. Technol. 25, 710 (1991).
- [29] 2. Possanzini M., DiPalo V., Petricca M., Fratarcangeli R., Brocco D.: Atmos. Environ. 30, 3757 (1996).
- [30] EPA's Integrated Risk Information System (IRIS), <http://www.epa.gov/iris/subst/0419.htm>
- [31] Environmental Protection Agency (EPA), <http://www.epa.gov/iaq/formalde.html>
- [32] Carlier P., Hannachi H., Mouvier G.: Atmos. Environ. 20, 2079 (1986).
- [33] Atkinson R.: Atmos. Environ. 24A, 1 (1990).
- [34] Fray, N., Y. Bénilan, H. Cottin, and M.-C. Gazeau (2004), New experimental results on the degradation of polyoxymethylene, J. Geophys. Res., 109
- [35] Projekt MŽP VaV 740/2/01 – Závěrečná zpráva
- [36] Wisthlarel A., Jensen N.R., Winterthaler R., Lindigner W., Hjorth J. Atmos. Environ. 35, 6181-6191, 2001.