

VYHODNOCENÍ AMBULANTNÍHO MĚŘENÍ IMISÍ V OTROKOVICÍCH



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, xylen)
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
PCB	polychlorované bifenyly
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 prašných částic (z anglického solid particulate matter)
T2m	teplota měřená ve 2 metrech nad zemí
TK	těžké kovy
TSP	suspendované částice (celkový prašný aerosol)
TZL	Tuhé znečišťující látky
UAT	horní mez pro posuzování
UTC	světový koordinovaný čas
VOC	těkavé organické látky

Obsah:

1	ÚVOD	- 4 -
2	LOKALITY MĚŘENÍ IMISÍ	- 5 -
2.1	ZŠ MÁNESOVA OTROKOVICE	- 6 -
2.2	ZŠ TRÁVNÍKY OTROKOVICE.....	- 6 -
2.3	LOKALITA ZŠ KOMENSKÉHO	- 7 -
3	MĚŘENÉ ŠKODLIVINY	- 8 -
3.1	SUSPENDOVANÉ ČÁSTICE TSP, PM ₁₀ , PM _{2,5} A PM ₁	- 8 -
3.1.1	Emisní charakteristika.....	- 8 -
3.1.2	Imisní charakteristika.....	- 10 -
3.1.3	Metodika odběru	- 12 -
3.1.4	Zdravotní aspekty.....	- 12 -
3.2	TĚKAVÉ ORGANICKÉ LÁTKY (VOC)	- 13 -
3.2.1	Emisní charakteristika.....	- 13 -
3.2.2	Imisní charakteristika - benzen	- 14 -
3.2.3	Metodika odběru	- 15 -
3.2.4	Zdravotní aspekty.....	- 16 -
4	GEOGRAFICKÉ ZAČLENĚNÍ A PŘEHLED POČASÍ	- 17 -
4.1	GEOGRAFICKÉ POMĚRY ÚZEMÍ OTROKOVIC	- 17 -
4.2	PŘEHLED POČASÍ.....	- 18 -
5	VYHODNOCENÍ IMISNÍHO MĚŘENÍ V OTROKOVICÍCH	- 21 -
5.1	MĚŘENÍ SUSPENDOVANÝCH ČÁSTIC.....	- 22 -
5.1.1	Průměrné hodinové koncentrace PM.....	- 25 -
5.1.2	Průměrné 24hodinové koncentrace PM.....	- 31 -
5.2	MĚŘENÍ VOC	- 36 -
6	ZÁVĚRY	- 38 -
7	POUŽITÁ LITERATURA	- 40 -

1 ÚVOD

Na zakázku Krajského úřadu Zlínského kraje proběhlo ve dnech 4.10 - 11.10. 2010 v Otrokovicích ambulantní měření, jehož cílem bylo proměřit současné znečištění ovzduší v této lokalitě, která tvoří základní sídelní osu Zlínska společně se Zlínem a Malenovicemi. Také díky rozvinuté dopravní infrastruktuře i průmyslovým zónám jsou zde vytvořeny předpoklady pro zhoršené emisně-imisní podmínky celé řady škodlivin.

Na území Zlínského kraje je poměrně řídká síť imisního monitoringu. Přestože se v rámci optimalizace sítě imisního monitoringu ČR připravuje její doplnění, je vhodné na vybraných lokalitách provést ambulantní měření, které je možné navázat či porovnat s měřením dlouhodobým. Tím se získá představa o koncentracích škodlivin v dané lokalitě, je možné narazit na zvláštnosti či specifika a lze taky ověřit reprezentativnost dlouhodobého monitoringu.

Jednou z mnoha podmínek zadání bylo tedy sledovat zda průběh znečištění ovzduší v Otrokovicích se v časové ose dá srovnat se znečištěním, které měří automatická stanice státní monitorovací sítě (AIM), která je v současné době jednou s nejlépe vybavených stanic v ČR a má rozšířené spektrum sledovaných škodlivin. Měření v Otrokovicích prokázalo, že je možno velmi dobře navázat na dlouhodobý imisní monitoring ve Zlíně. Přestože orografie či směr proudění větru nejsou totožné, může toto srovnání poskytnout cenné informace koncentracích škodlivin v jednotlivých městech včetně odhalení faktorů ovlivňujících kvalitu ovzduší – počasím a meteorologickými prvky počínaje a orografií a dálkovým transportem škodlivin konče.

Měření znečištěného ovzduší proběhlo na 3 lokalitách

- Základní škola Mánesova
- Základní škola Trávníky
- Základní škola Komenského,

Na lokalitě Mánesova byly měřeny následující škodliviny

PM₁₀-PM_{2,5} -PM₁
TSP (veškeré prašné částice
BTX –benzen, toluen, xylen
PAH polycyklické aromatické uhlovodíky
METEO meteorologické charakteristiky

Na lokalitě Trávníky byly měřeny následující škodliviny

PM₁₀
NO_x
PAH
METEO

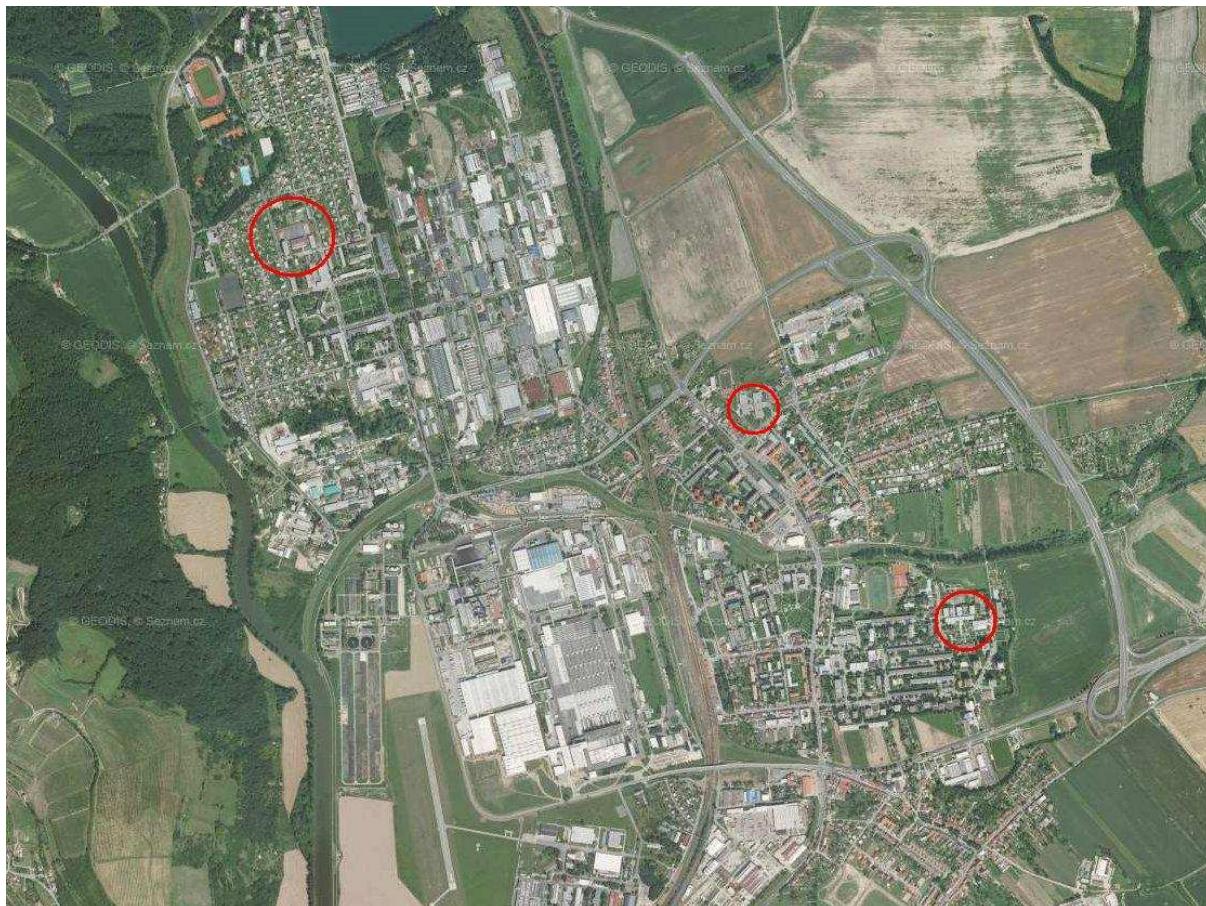
Na lokalitě Komenského byly měřeny PAH

V průběhu měření probíhala spolupráce celé řady organizací, akreditovaných laboratoří, a to vše v součinnosti s institucemi pověřenými výkonem státní správy (MěÚ Otrokovice, CDV Brno v.v.i., ČHMÚ Brno, ČHMÚ Ústí n. Labem, ENVItech Bohemia s.r.o.).

2 LOKALITY MĚŘENÍ IMISÍ

Pro měření škodlivin v ovzduší byly vybrány 3 lokality v Otrokovicích – ZŠ Mánesova (vyznačena červeně vlevo na Obr. 1), ZŠ Komenského (vyznačena červeně uprostřed na Obr. 1) a ZŠ Trávníky (vyznačena červeně vpravo na Obr. 1).

Obr. 1. Umístění měřících stanic v Otrokovicích



Kromě těchto lokalit byla v rámci vyhodnocení měření zpracována i lokalita Zlín vzdálená cca 12km vzdušnou čarou. Jedná se o dlouhodobé měření kvality ovzduší v rámci imisní sítě ČHMÚ a slouží ke srovnání a navázání krátkodobého ambulantního měření v Otrokovicích na dlouhodobé měření imisního monitoringu ČR. Bližší informace o stanici AIM Zlín je možno nalézt na stránkách ČHMÚ (<http://www.chmi.cz/>).

2.1 ZŠ Mánesova Otrokovice

Na této stanici byly kontinuálně měřeny suspendované částice PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 optoelektronickou metodou (orthogonální nefelometrie) přístrojem Grimm. Dále zde byla měřena celková prašnost metodou gravimetrie (referenční metoda). Dále zde byly měřeny těkavé organické látky (VOC – volatile organic compounds). Jedná se zejména o benzen, který má v české legislativě zakotven imisní limit [6]. Dále byly v této lokalitě měřeny polyaromatické uhlovodíky (PAH).

Obr. 2. Lokalita ZŠ Mánesova Otrokovice



2.2 ZŠ Trávníky Otrokovice

Na této stanici byly měřeny suspendované částice PM_{10} metodou gravimetrie (referenční metoda). Dále byly v této lokalitě měřeny polyaromatické uhlovodíky (PAH).

Obr. 3. Lokalita ZŠ Trávníky Otrokovice



2.3 Lokalita ZŠ Komenského

V této lokalitě byly měřeny pouze polyaromatické uhlovodíky (PAH).

Obr. 4. Lokalita ZŠ Komenského Otrokovice



3 MĚŘENÉ ŠKODLIVINY

3.1 Suspendované částice TSP, PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁

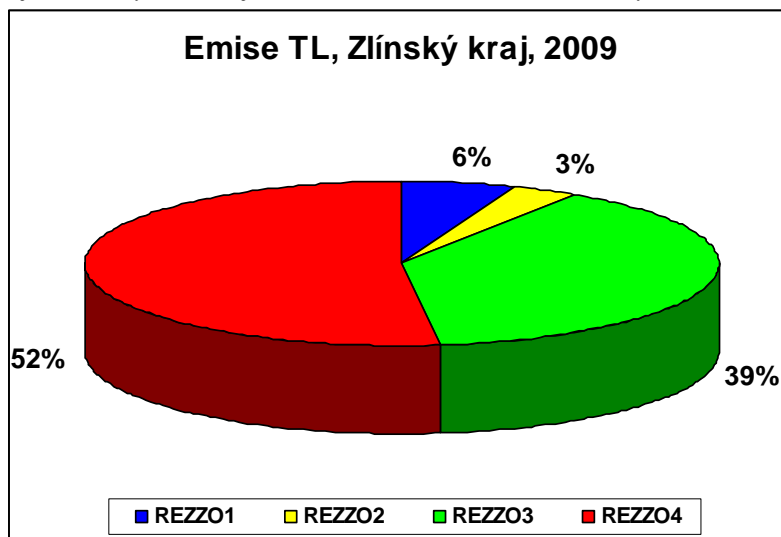
Suspendované částice se dělí dle velikosti průměru jednotlivých částic na celkovou prašnost (TSP), částice do 10 µm aerodynamického průměru (PM₁₀), do 2,5 µm aerodynamického průměru (PM_{2,5}) a submikronové částice do 1 µm (PM₁).

3.1.1 Emisní charakteristika

Z hlediska emisí se sledují tuhé látky jako celek. Tuhé Znečišťující látky (TZL) nemají určen emisní strop pro rok 2010, přesto se jedná o důležitou škodlivinu vzhledem k měření PM₁₀ v ovzduší a návaznosti na legislativu (NV č. 597/2006 Sb., 373/2009 Sb.) [6][7]. V dalším období po roce 2010 již nebudou sledovány tuhé znečišťující látky jako celek, ale pouze velikostní frakce PM_{2,5} (suspendované částice, jejichž velikost nepřesahuje 2,5 µm). Tato velikostní frakce již bude mít svůj emisní strop.

Podíl jednotlivých kategorií zdrojů znečištění ovzduší na celkových emisích tuhých znečišťujících látek ve Zlínském kraji v roce 2009 uvádí Obr. 5.

Obr. 5. Podíl jednotlivých zdrojů znečištění ovzduší na celkových emisích tuhých látek



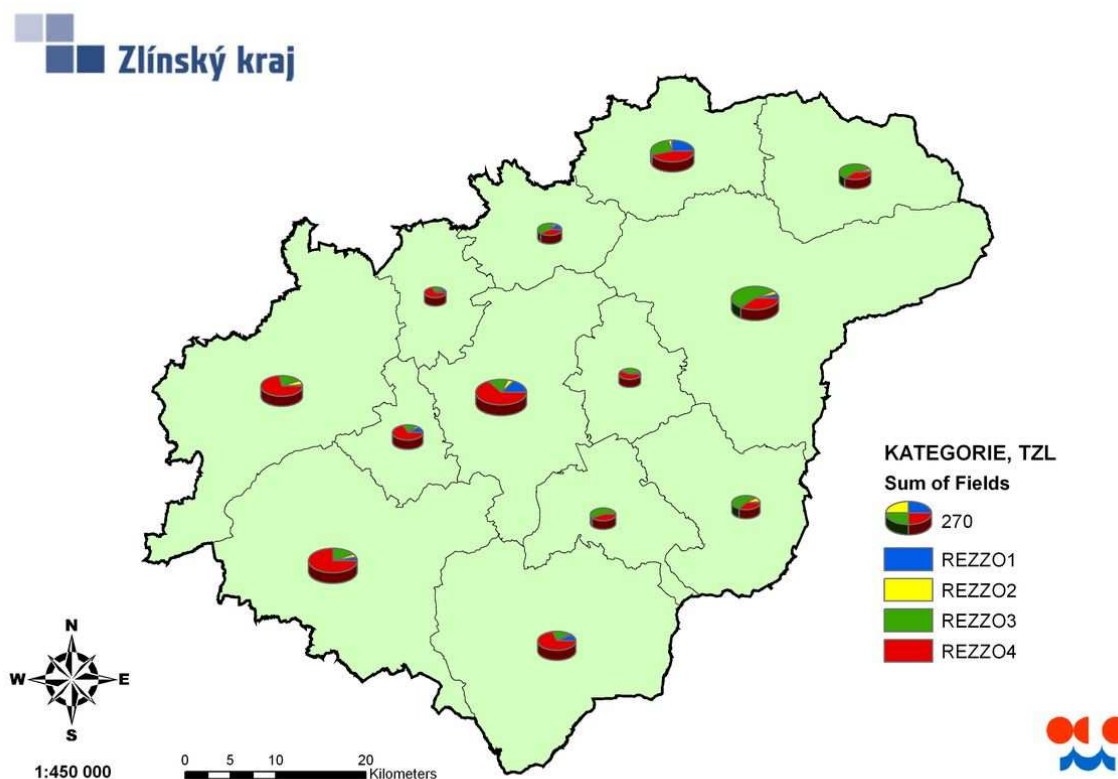
Z grafu vyplývá, že majoritním zdrojem znečištění tuhými látkami ve Zlínském kraji jsou mobilní zdroje (REZZO 4). Velmi významným zdrojem jsou však také malé zdroje (REZZO 3), především lokální topeniště pro **vytápění domácností**, které produkují **více než čtyřnásobné množství tuhých látek**, než zvláště velké, velké a střední zdroje dohromady (REZZO 1 + REZZO 2).

Tuhé látky jsou ve Zlínském kraji obdobně jako v celé ČR emitovány zejména z mobilních zdrojů REZZO 4 – z dopravy (52 %). Velmi významným zdrojem emisí jsou však malé zdroje REZZO 3 – zejména vytápění domácností (39 %). Pokud si uvědomíme, že malé zdroje jsou v provozu na rozdíl od dopravy pouze v chladné části roku (emise jsou však vždy počítány pro celý kalendářní rok), a dále že k překračování imisních a zvláštních imisních limitů dochází takřka výhradně v chladné části roku, je zřejmé, že malé zdroje jsou minimálně rovnocenným zdrojem emisí jako doprava při výskytu smogových situací. Naproti tomu

zvláště velké a velké zdroje, které emitují ve Zlínském kraji pouze 6 % všech emisí tuhých látek ovlivňují imisní zatížení pouze minimálně.

V jednotlivých oblastech vztažených k obcím s rozšířenou působností však není situace vždy stejná, jak to uvádí následující Obr. 6. V případě REZZO3 nebudou součty po ORP dávat celkovou sumu emisí za TZL za REZZO3, neboť v ní nejsou započteny emise TZL z chovů zvířat. Ty jsou rozpočítávány pouze do úrovně krajů, tzn. že do úrovně ORP nejsou zahrnuty.

Obr. 6. Mapa emisí TL dle ORP, Zlínský kraj 2009

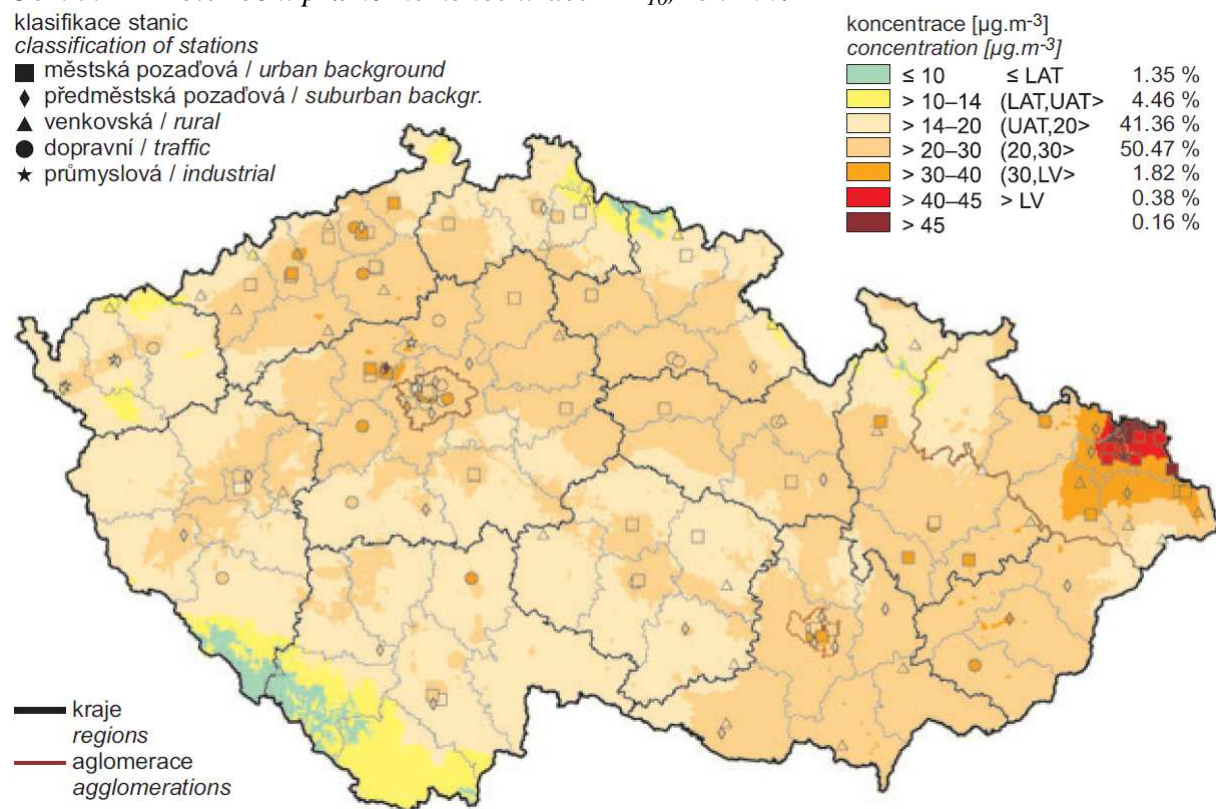


Z mapky vyplývá, že např. v oblastech spadajících pod ORP Valašské Klobouky nebo Rožnov pod Radhoštěm jsou majoritním zdrojem tuhých emisí malé zdroje REZZO 3, tedy především vytápění domácností. V ostatních případech je hlavním zdrojem TZL doprava.

3.1.2 Imisní charakteristika

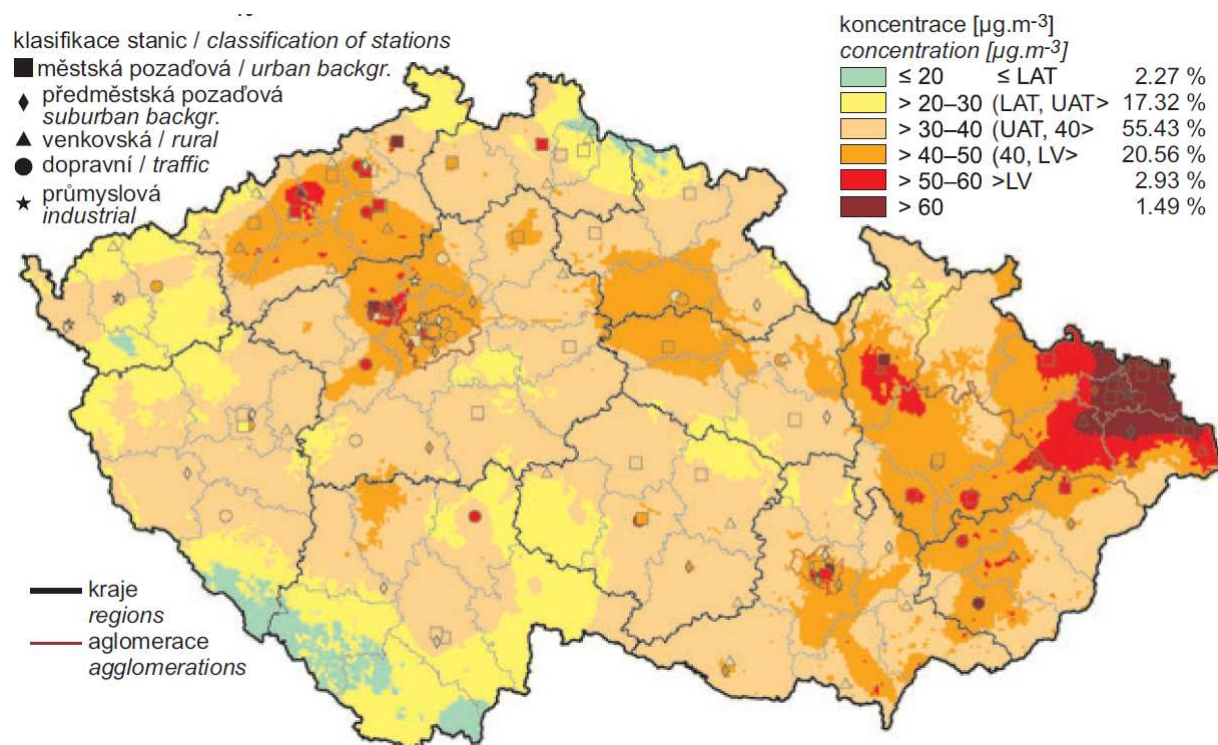
Z hlediska imisí a legislativy EU i ČR se nesledují tuhé látky, ale pouze velikostní frakce PM_{10} (částice do velikosti 10 μm aerodynamického průměru) a $PM_{2,5}$ (částice do velikosti 2,5 μm aerodynamického průměru). Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci PM_{10} není kromě Ostravska v ČR překračován (Obr. 7). Jiná je již situace v případě imisního limitu pro 24hodinovou koncentraci PM_{10} , kde dochází k překračování imisního limitu na více místech ČR včetně Zlínského kraje (Obr. 8). Stanic měřících $PM_{2,5}$ je zatím málo pro konstrukci mapy, proto jsou na Obr. 9 vyneseny pouze konkrétní stanice. Z obrázku je patrné, že k překračování připravovaného imisního limitu (platný v EU, v legislativě ČR měl být od června 2010, stále však novelizace zákona o ovzduší nevyšla) dochází zejména na Moravě, přičemž na Severní Moravě překračují limit prakticky všechny stanice, na Jižní Moravě pak pouze dopravní. Ve Zlínském kraji měří $PM_{2,5}$ pouze stanice Zlín, která v roce 2009 imisní limit nepřekročila.

Obr. 7. Pole roční průměrné koncentrace PM_{10} , rok 2009

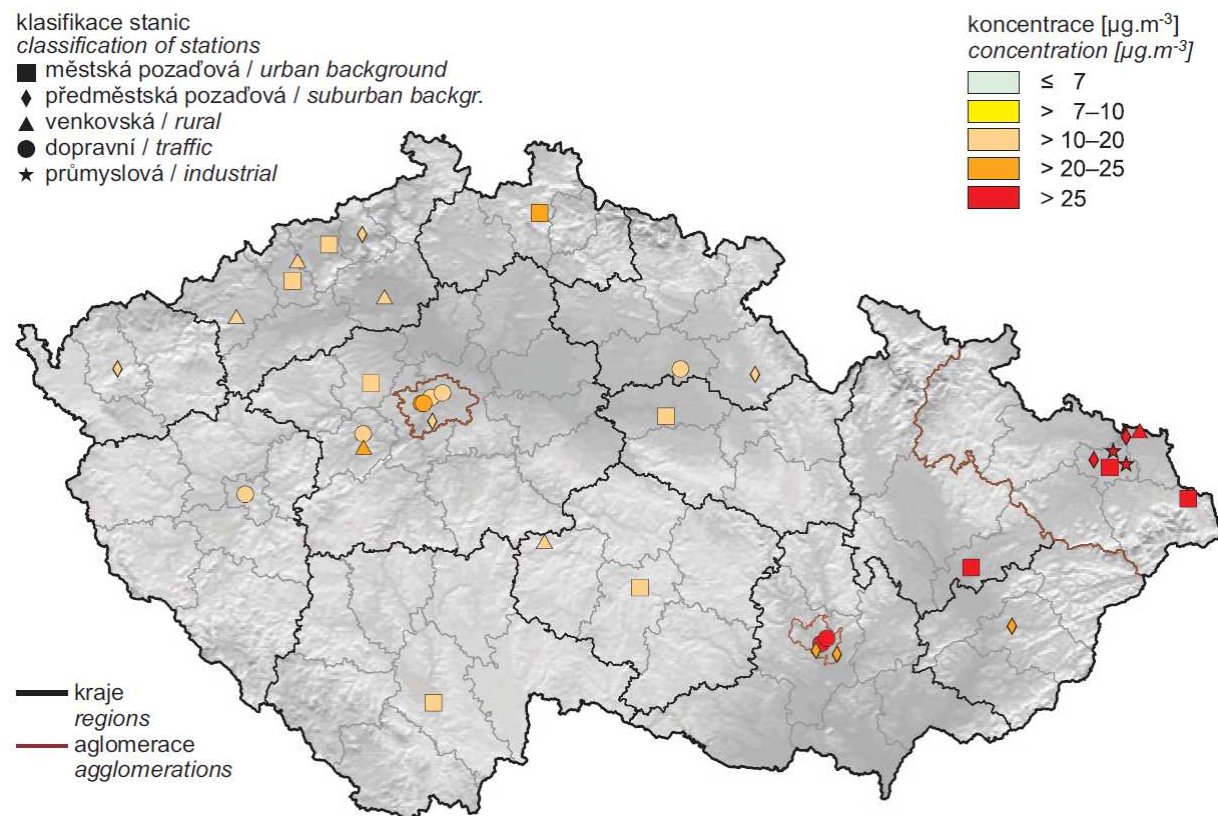


Koncentrace PM_{10} jsou však ve Zlínském kraji navázány na dálkový přenos z Polska a Moravskoslezského kraje. Zejména severní část Zlínského kraje a dále pak ta část kraje, ležící v hornomoravském a dolnomoravském úvalu může být dálkovým transportem velmi významně ovlivněna.

Obr. 8. Pole 36. nejvyšší 24hodinové koncentrace PM_{10} , rok 2009



Obr. 9. Průměrná roční koncentrace $PM_{2,5}$, rok 2009



3.1.3 Metodika odběru

Pro kontinuální měření byl rovněž využit analyzátor Grimm Aerosol Technik, GmbH Co. KG – Model 365, pracující na odlišném principu měření, jehož základem je počítání částic prašného aerosolu různých velikostních frakcí pomocí metody ortogonální nefelometrie (měření rozptylu světla v úhlu 90°).

K odběru imisních koncentrací vzorků prachových částic frakce PM₁₀ bylo využito odběrových zařízení (Leckel), zajišťujících prosávání přesně definovaného množství vzduchu přes filtr, který je umístěn v odběrové hlavici pro kolektování této frakce. K zachycení suspendovaných částic frakce PM₁₀ byly použity nitrocelulosové filtry s pórovitostí 0,8 μm což se vzhledem k velikosti odebírané frakce ukázalo jako nejvhodnější. Filtry se vždy před vážením 48 h stabilizují za definované teploty a vlhkosti ve váhově. Takto stabilizované filtry byly zváženy na analytických vahách (Sartorius) s přesností na 5 desetinných míst.

Po měření byly filtry opět obdobným způsobem uloženy ve váhově a po zvážení exponovaných filtrů byla z rozdílu vah a přesně definovaného množství odebraného vzduchu vypočítána koncentrace suspendovaných částic frakce PM₁₀.

3.1.4 Zdravotní aspekty

Prach má několik cílových struktur průniku do lidského organismu. Větší částice jsou postupně distribuovány do zažívacího traktu a pokud obsahují toxikologicky významné látky, jsou tyto metabolizovány stejně jako při orálním požití. Dalším cílovým orgánem jsou sliznice, zejména řasinkový epitel. Z hlediska retence aerosolu v plicích, jsou nejnebezpečnější částice s efektivním průměrem menším než 2,5 μm, protože jsou z 90-ti i více procent zachycovány v plicním epitelu. Při posuzování zdravotního rizika inhalace prachu je tedy důležitá jeho koncentrace a velikost částic (např. PM₁₀, PM_{2,5}), ale i tvar a jejich chemické složení. Pokud nemá prach specifické biologické účinky jedná se o prach biologicky inertní. V opačném případě se jedná o prach biologicky agresivní a v důsledku jeho inhalace vznikají zdravotní projevy, které mohou obsahovat celou škálu zánětlivých stádií poškození dýchacích cest s možností přechodu do chronického stádia.

Po pečlivém prověření současných vědeckých poznatků, dospěli experti WHO k závěru, že existuje-li nějaká prahová koncentrace pro PM, pak leží v nižším koncentračním pásmu než jsou imisní koncentrace v Evropě nyní běžně limitované.

Systematické posouzení dat naznačuje že :

- prachové částice v ovzduší obecně způsobují vzrůst rizika úmrtí na respirační choroby zejména u dětí do 1 roku života, ovlivňují u dětí rychlost vývoje plic, zhoršují astma a způsobují další respirační symptomy jako kašel a bronchitidu
- frakce PM₁₀ má vliv na nárůst incidence respiračních chorob, což je zřejmé z počtů hospitalizací v důsledku nemocí dýchacích cest
- frakce PM_{2,5} vážně ovlivňuje zdraví, zvyšuje počty úmrtí na kardiovaskulární symptomy, chronická onemocnění dolních cest dýchacích a rakoviny plic.

Obecně výsledky naznačují, že krátkodobé změny koncentrací PM₁₀ ve všech koncentračních úrovních vedou ke krátkodobým změnám akutních zdravotních následků jako zánětlivé plicní reakce, respirační symptomy, nepříznivý vliv na kardiovaskulární systém a nárůsty spotřeby léků, hospitalizací.

Protože výsledkem dlouhodobé expozice PM je podstatné snížení předpokládané délky dožití, má tato expozice jasně větší vliv na lidské zdraví než expozice krátkodobá. Vlivy dlouhodobé expozice PM zahrnují vzrůst chorob dolních cest dýchacích, chronické obstrukční plicní

onemocnění, redukce plicních funkcí jak u dětí tak i u dospělých a snížení předpokládané délky dožití zejména vlivem kardiopulmonární mortality a pravděpodobně i rakovinou plic.

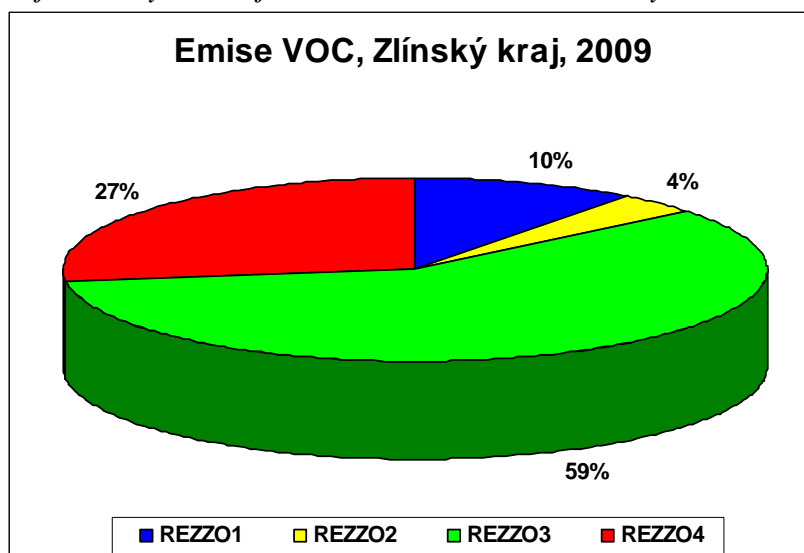
3.2 Těkavé organické látky (VOC)

3.2.1 Emisní charakteristika

Těkavé organické látky (VOC) má určen emisní strop pro rok 2010, jehož hodnota činí 12,2 kt/rok. Současné množství emitovaných těkavých organických sloučenin je 8,5 kt/rok což je 70% emisního stropu a tedy z hlediska VOC splňuje Zlínský kraj závazek pro rok 2010 již v roce 2009.

Podíl jednotlivých zdrojů znečištění ovzduší na celkových emisích VOC ve Zlínském kraji v roce 2007 uvádí Obr. 10.

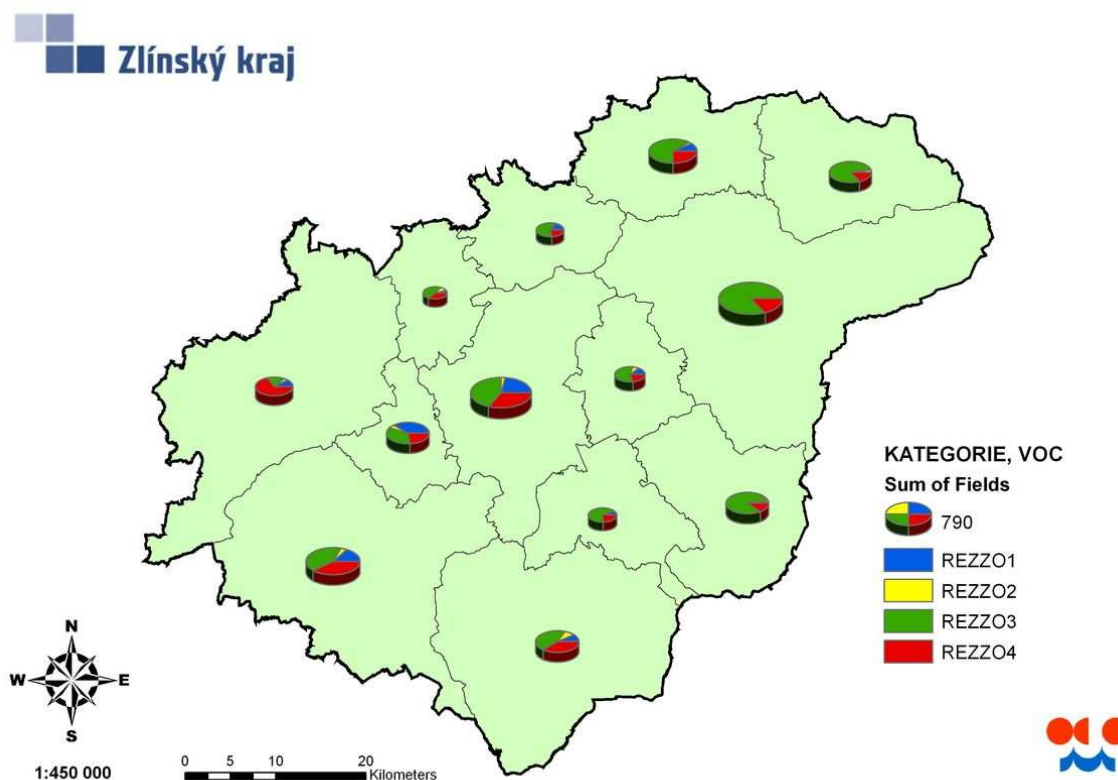
Obr. 10. Podíl jednotlivých zdrojů znečištění ovzduší na celkových emisích VOC



Z grafu vyplývá, že majoritním zdrojem znečištění VOC ve Zlínském kraji jsou malé zdroje (REZZO 3) – zejména lakovny atp. Dalšími významnými zdroji jsou zvláště velké a velké zdroje (REZZO 1) a mobilní zdroje (REZZO 4).

V jednotlivých oblastech vztahených k obcím s rozšířenou působností však není situace vždy stejná, jak to uvádí následující mapa na Obr. 11. Emise VOC z použití organických rozpouštědel a nátěrových hmot a emise amoniaku z chovů hospodářských zvířat, neohlašované do REZZO 1 a 2, jsou dopočítávány jako součást REZZO 3 od r. 2000. Odborným odhadem jsou tyto emise rozpočítávány do úrovně krajů, do ORP byly rozpočteny poměrem dle NO_x. Obdobně byly do ORP rozpočteny i emise VOC z dopravy (REZZO 4).

Obr. 11. Mapa emisí VOC dle ORP, Zlínský kraj 2009



Z mapky vyplývá, že v jednotlivých oblastech je různé zastoupení jednotlivých zdrojů. Převládá zastoupení malých zdrojů REZZO3, avšak např. v ORP Kroměříž převládají mobilní zdroje REZZO4 a v ORP Otrokovice a Zlín jsou rovněž významněji zastoupeny zvláště velké a velké zdroje REZZO1.

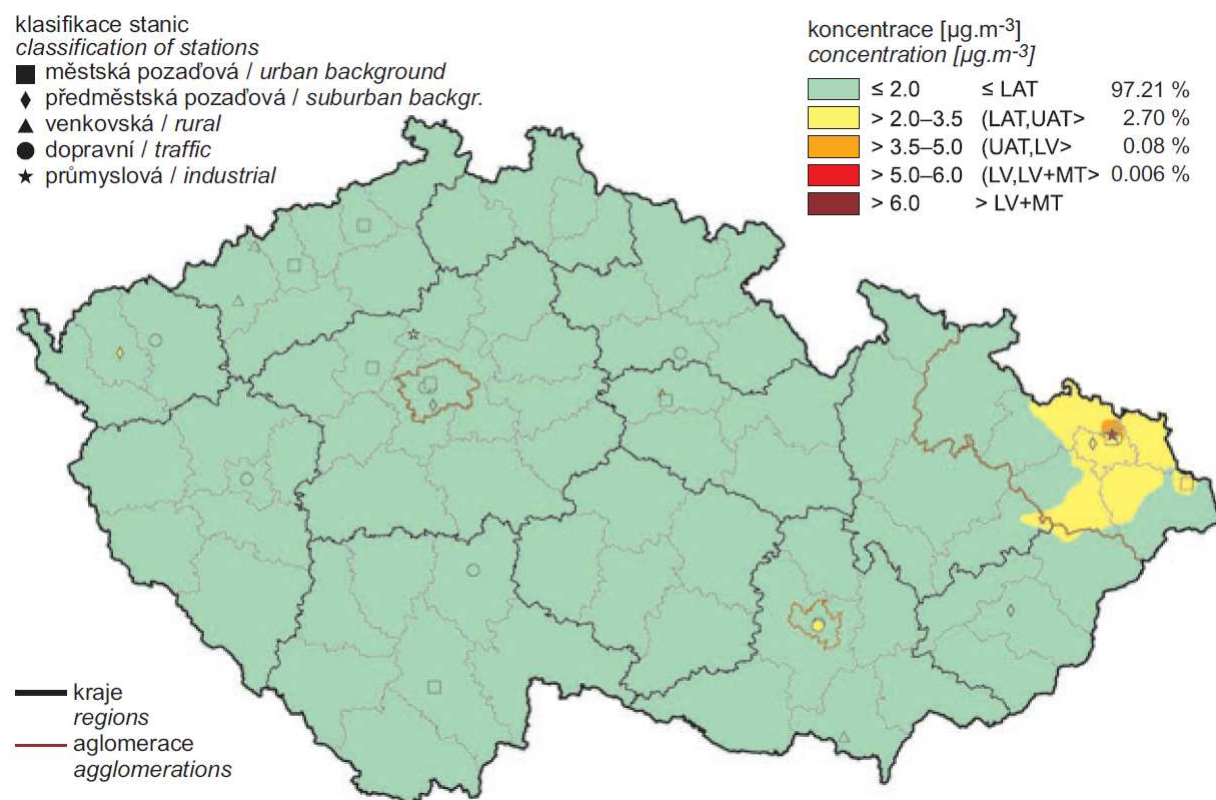
3.2.2 Imisní charakteristika - benzen

Zástupcem těkavých organických látek (VOC) v legislativě imisí je benzen, který má stanoven imisní limit pro průměrnou roční koncentraci ($5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). K nejvýznamnějším škodlivým efektům expozice benzenu patří poškození krevetvorby a dále jeho karcinogenní účinky.

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 benzínu. Další významné úniky pocházejí z chemického průmyslu, rafinerií ropy a plynu a ze spalování paliv (uhlí, oleje). Značné koncentrace benzenu se vyskytují také v cigaretovém kouři.

Imisní limit byl v ČR překročen pouze v průmyslové lokalitě Ostrava – Přívoz, avšak imisní limit navýšený o mez tolerance překročen nebyl. V ostatních lokalitách včetně Zlínského kraje (stanice Zlín) nebyla překročena ani dolní mez pro posuzování (Obr. 12).

Obr. 12. Pole průměrné roční koncentrace benzenu, ČR 2009



3.2.3 Metodika odběru

K monitoringu VOC je nejvýhodnější použití přístrojů založených na chromatografické separaci plynné fáze měřených sloučenin, spolu s detekcí těchto sloučenin vhodným detektorem. Použit byl přístroj VOC 71M, výrobce Environment SA (Francie). Stanovení VOC v ovzduší má tři fáze:

1. Odběr a desorpce

Vzorek plynů je odebírán střídavě pomocí dvou trubic obsahujících selektivní sorbent. Odebíraný plyn je veden do 1. odběrné trubice, která obsahuje sorbent pro aromatické a těkavé látky. Množství sorbentu je dimenzováno na adsorbované množství cca 200 ng na sloučeninu a za analytický cyklus. Průtok vzorku je regulován na cca 70 ml/min omezovačem průtoku. Průměrný odebraný obsah analyzovaného plynu je regulován v závislosti na kolísání tlaku v regulátoru a na hodnotách tlaku a průtoku. Současně je 2. trubice zahřáta na 350°C a je vyplachována přiváděným dusíkem o konstantním tlaku (cca 500 mb). Transfer do rekoncentrační trubice proběhne rychlostí cca 1 ml/min. Doba odběru vzorku je 15 minut.

2. Dělení na koloně

Odebírané těkavé látky jsou při rekoncentraci resorbovány ve velmi malém množství sorbentu. Jedná se o křemennou trubicí s vnitřním průměrem 0,53 mm naplněnou více než do 42 mm sorbentem o velmi nízké zrnitosti. Náhlý a rychlý vzestup teploty sorbentu (více než 350°C za 2 s) spolu s proplachováním přiváděným plynem umožňuje desorpci látek, které jsou prakticky okamžitě převedeny na chromatografickou kolonu. Tlak dusíku na vstupu do rekoncentrační trubice je nastaven na 500 mb., což představuje průtok okolo 1 ml/min a odpovídá lineární rychlosti v koloně cca 40 cm/s. Chromatografická kolona model EPA 624

je optimalizována pro měření BTEX. Teplotní gradient umožňuje optimální separaci látek. Parametry (počáteční teplota, směrnice vzrůstu teploty a konečná teplota) jsou programovatelné. Na výstupu kolony jsou měřené látky detekovány fotoionizačním detektorem (PID) zahřátým na 140°C. Měřicí komora detektoru je naplněna dusíkem, který proudí rychlostí přibližně 40 ml/min. Jako nosný plyn byl použit dusík kvality N6.0 pro ECD.

3. Sběr a zpracování dat

Analogově digitální konvertor přepisuje získaný signál na digitální signál využitelný mikroprocesorem. Benzen, toluen, etylbenzen, m-+p-xylen a o-xylen jsou detekovány podle svých retenčních časů (RT) a jejich koncentrace vypočtena integrací plochy píku. Chromatogramy byly zpracovány a uloženy pomocí programu „WINCHROM“ dodaným výrobcem přístroje. Při využívání tohoto SW bylo zjištěno, že v některých případech dochází k tomu, že retenční časy píků VOC, zejména ethylbenzenu a xylenů, se dostanou mimo nastavené meze a látka buď není detekována, nebo se do nastavených mezí dostane pík jiného analytu a dochází tak ke zkreslení výsledků. Dále při exportu chromatogramu z binárního do textového souboru SW WinChrom dochází při jednorázovém překročení rozsahu přístroje k chybovým hlášením a k exportu vůbec nedojde. Proto byla na bázi MS Excel vyvinuta vlastní aplikace zpracování dat, která využívá relativních hodnot jak retenčních časů jednotlivých píků, tak nastavení mezí jejich identifikace. Jako referenčního píku je využíváno toluenu, jehož přítomnost byla zjištěna ve všech dosud měřených vzorcích ovzduší. Pro ověření stability rozpětí je v případě jeho přítomnosti používáno pík benzenu. Protože přístroj obvykle pracuje kontinuálně na měřicí lokalitě s kontrolou cca 1x měsíčně a za 24 h provede 96 měření, aplikace provede automatický denní souhrn souborů reprezentujících jednotlivá měření a uloží je do souboru MS Excel. Dále provede export binárních souborů a vloží jejich denní souhrn do jednoho listu označeného číslem dne měření. V případě potřeby provede i měsíční souhrny výsledků.

3.2.4 Zdravotní aspekty

Benzen může vstupovat do těla převážně inhalačně nebo orálně. Průnik kůží není tak nebezpečný, protože se většina benzenu rychle odpaří. Po expozici se benzen distribuuje do celého těla. Nejvyšší koncentrace se nacházejí v kostní dřeni, v orgánech s vysokým zásobením krví (játra, ledviny) a v tkáních s vysokým obsahem tuků (mozek). Akutní toxicita je způsobena přímo benzenem, příčinou chronické toxicity jsou spíše jeho metabolity.

Benzen primárně poškozuje centrální nervovou soustavu, imunitní systém a krevetvorbu. Projevem akutní otravy jsou závratě, bolesti hlavy, euforie a zmatenost. Může dojít až ke smrti z důvodu selhání dýchání a srdeční arytmie. Chronická expozice poškozuje červené i bílé krvinky a krevní destičky a může způsobit anemii. Projevuje se zvýšenou únavou, anorexií a krvácením z dásní, nosu, kůže a trávicího traktu. Chronická expozice také poškozuje kostní dřeň. Poškození se po uplynutí latentní doby 5 – 15 let může projevit leukémií.

IARC zařazuje benzen do skupiny 1 – prokázaný lidský karcinogen, US EPA do skupiny A se stejným slovním hodnocením.

4 GEOGRAFICKÉ ZAČLENĚNÍ A PŘEHLED POČASÍ

4.1 Geografické poměry území Otrokovic

Otrokovice náleží do Zlínského kraje, který vyplňuje střední část východní Moravy a má značně rozdílné přírodní podmínky. Z převážné části je kopcovitý, tvořený pahorkatinami a pohořími. V části kraje, v povodí Moravy, se táhne rovinatá úrodná oblast.

Základní sídelní kostru Zlínska tvoří trojměstí Zlín - Otrokovice – Napajedla. Spolu se základní sítí komunikací, které je propojují, tvoří vyjmenované sídelní útvary základní kostru území. Do těchto sídel se soustředily plochy pro průmyslovou výrobu a vytvořily se často velmi rozsáhlé průmyslové zóny. S velkými sídelními útvary je spjata i převážná část bytové výstavby a výstavby občanské vybavenosti.

Členitost reliéfu hraje zvláště důležitou roli v uzavřených údolích a kotlinách, kde dochází v důsledku špatného provětrávání ke vzniku teplotních inverzí a mlh. Ve srovnání s jinými částmi území ČR se stejnou nadmořskou výškou se v kraji projevuje:

- vyšší kontinentalita (větší rozdíly léto-zima),
- vliv blízkých hor,
- velká členitost georeliéfu se značnou rozdílností nadmořských výšek (výškový rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším bodem je větší než 1000 m),
- převažující orientace hlavních horských hřbetů ve směru severovýchod - jihozápad, napříč převládajícím větrnému proudění (významné projevy návětrných a závětrných efektů, popř. i slabších föhnových jevů),
- charakter aktivních ploch (významné plošné zastoupení lesních, zemědělských a vodních ploch s rozdílnými klimatotvornými vlivy).

Celkový roční úhrn srážek 697 mm, v některých lokalitách nejsou výjimky s úhrnem srážek přes 1 000 mm/rok.

Území je zařazeno do oblasti klimaticky mírně teplé až teplé, na Uherskohradištsku dokonce velmi teplé, průměrná teplota vzduchu 8,8 °C charakterizované ročním průměrem 60 letních dnů, 110 mrazových dnů, 50 dnů se sněhovou pokrývkou. Nejvyšší okamžité teploty vzduchu vystupují v nížinných polohách v období od června do srpna nad 35°C a v extrémních letech jsou teploty vyšší než 30°C časté již v dubnu a květnu, resp. ještě v září. nejnižší měřené teploty vzduchu klesají v lednu a v únoru i pod -30°C.

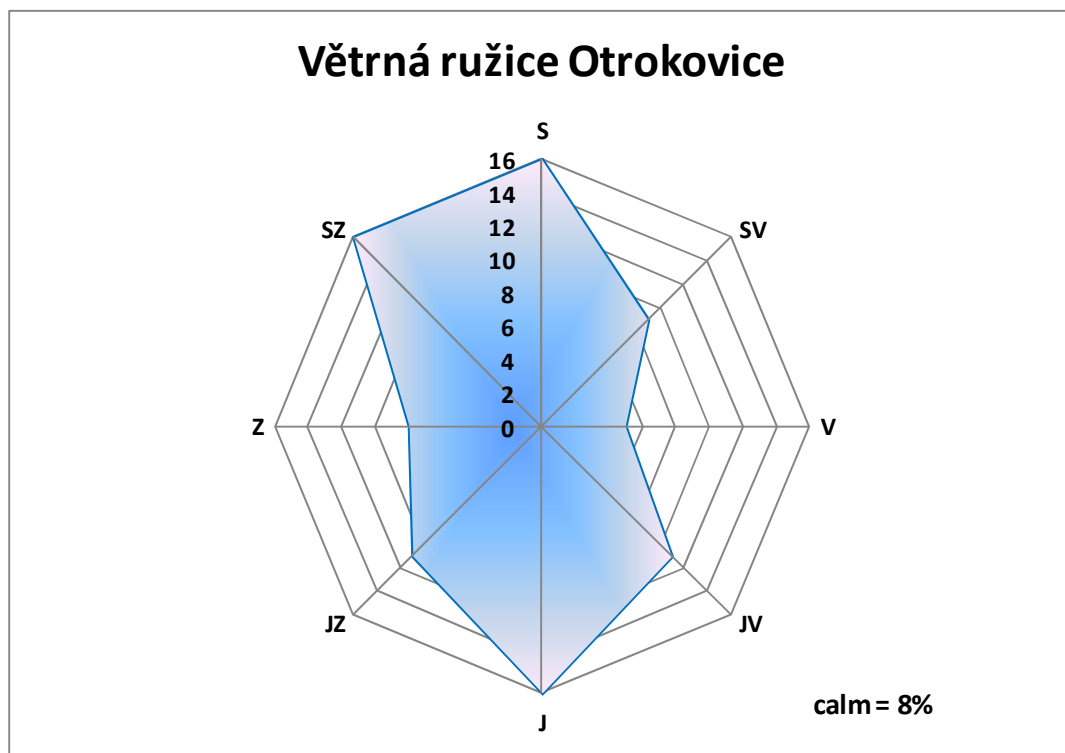
Směr a rychlost větru jsou dominujícími meteorologickými charakteristikami, které mají rozhodující podíl na stabilitě přízemní vrstvy atmosféry a na transportu cizorodých látek obsažených v troposféře. Směr a rychlost větru jsou významně ovlivněny reliéfem, což způsobuje, že údaje z jednotlivých stanic se liší a každá lokalita vyžaduje individuální posouzení.

Převládající směr větru je severní, severozápadní a jižní 16,0%. Bezvětrí představuje 8% a je obdobím, kdy zejména dochází ke zhoršeným rozptylovým podmínkám

Otrokovice – větrná růžice

směr	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ	klid
%	16	9	5	11	16	11	8	16	8

Obr. 13. Větrná růžice pro Otrokovice



4.2 Přehled počasí

V pondělí 4 /10 .2010

Situace: Po zadní straně rozsáhlé tlakové výše se středem nad Ruskem pokračoval na naše území příliv teplejšího vzduchu od jihu.

Počasí: V noci zataženo nízkou oblačností (krom SV poloviny ZL – jasno), která se ojediněle protrhávala – sever VY, Bílé Karpaty, jih Znojemska. K ránu nízká opět všude krom téměř celého Zlínského kraje – tam zataženo jen na Kroměřížsku. Během dne stále zataženo, jen ve ZL kraji přechodně oblačno nebo polojasno.

Později odpoledne ojediněle slabý déšť nebo mrholení až do večera, potom postupné slábnutí srážek. V noci na východě náznaky protrhávání oblačnosti, jen přechodné. Čerstvé JV proudění, na většině míst nárazy větru kolem 15 m/s, Svratouch až 28 m/s.

Úhrn srážek 0 až 1,4 mm

Minimální teplota: 12 až 9 st., při zmenšené oblačnosti na východě až 4 st. (3,8 Vsetín)

Maximální teplota: 12 až 15 st. , při zmenšené oblačnosti až 16 st. (16,8 Val. Mez.).

V úterý 5/10.2010

Situace: Po zadní straně tlakové výše se středem nad centrálním Ruskem proudil ve vyšších vrstvách atmosféry stále nad naše území teplejší vzduch od jihu. Pokračoval inverzní charakter počasí.

Počasí: Zataženo, velmi časně ráno místy mrholení nebo slabý déšť, zejména JV návětrí Vysočiny. Ve vyšších polohách místy mlhy. Přes den, večer i v noci zataženo, místy mrholení, hlavně Brněnsko, Znojensko, Vysočina (cca východní polovina).

Úhrn srážek 0 až 0,7 mm (Koryčany)

Minimální teplota: 13 až 8 st. (nejtepleji východ)

Maximální teplota: 9 až 15 st. (nejtepleji východ, Val.Mez. 15, Vsetín 14,1)

Ve středu 6/10.2010

Situace: Počasí u nás ovlivňovala mohutná tlaková výše se středem nad západním Ruskem.

Počasí: V noci zataženo nízkou oblačností, místy mrholení, hlavně BR, ZN, Vysočina (cca východní polovina), k ránu mrholení částečně sláblo. Ráno a dopoledne ojediněle mlhy (Valašsko, Vysočina). Přes den zataženo nebo skoro zataženo, v západní části Moravy ještě místy slabé mrholení, které po poledni ustalo. Ve východní polovině Moravy se protrhávala oblačnost na polojasno (dopoledne na Valašsku, odpoledne v celém ZLK a postupně i na východě JMK, hlavně na Hodonínsku). V okolí Telče se odpoledne vytvořila mlha. V první půlce noci v JMK (kromě ZN) a ZL malá oblačnost, VY oblačno až zataženo.

Úhrn srážek 0-0,2 mm

Minimální teplota: 11 až 8 st.

Maximální teplota: 15,6 (Maruška) až 19,9 st. (Vsetín)

Ve čtvrtek 7/10.2010

Situace: Počasí u nás ovlivňovala mohutná tlaková výše se středem nad západním Ruskem.

Počasí: V noci postupně VY a JMK (kromě východu HO) zataženo nízkou oblačností, ZL většinou skoro jasno a místy mlhy. Na západě VY ráno ojedinělé mrholení. Během dne skoro jasno až polojasno, na západě JM přechodně skoro zataženo. Na VY převažovala velká oblačnost, až později odpoledne se rozpouštěla, jen na JZ kraje zůstalo zataženo. Večer na Vsetínsku a jihu Vysočiny opět místy nízká oblačnost a/nebo mlhy.

Úhrny z mrholení max. do 0,5 mm zbylé hodnoty zřejmě z ranní rosy.

Úhrn srážek 0 mm

Minimální teplota: 9 až 6, na východě při vyjasnění až 3 st. (2,6 st. Strání).

Maximální teplota: 15 až 18 st. (19,6 st. Strážnice).

V pátek 8/10.2010

Situace: Počasí u nás ovlivňovala mohutná tlaková výše se středem nad pobaltskými republikami.

Počasí: Většina Vysočiny a Zlínského kraje zatažená nízkou oblačností a četné mlhy, JM většinou polojasno až skoro jasno, ráno místy mlhy. Během dopoledne vypařování mlh a nízké. Odpoledne převážně oblačno až polojasno, na západě Vysočiny i jasno. Během odpoledne postupné vyjasňování na celém území. V noci na sobotu převažující malá oblačnost (v západní polovině Moravy hlavně vysoká), k ránu místy tvorba mlh.

ojedinělé úhrny v desetinách mm opět patrně z horizontálních srážek (mrholení).

Úhrn srážek 0 mm

Minimální teplota: většinou 7 až 3 st. (Holešov 2,6)

Maximální teplota: většinou 13 až 17 st. (Protivanov 11,9, Vsetín 17,2)

V sobotu 9/10.2010

Situace: Počasí u nás i nadále ovlivňovala tlaková výše se středem nad jižní Skandinávií.

Počasí: Časně ráno jasno nebo skoro jasno na východě, na Vysočině vysoká oblačnost (polojasno i oblačno). Mlhy nebo i nízká oblačnost postupně místy, spíše ve východní polovině Moravy. Dopoledne oblačno až polojasno, zejména v ZL místy mlhy, postupně až jasno.

Úhrn srážek 0 mm

Minimální teplota: 5 až 2 st., zejména na východě až 0 st. (a místy přízemní mrazíky)

Maximální teplota: 12 až 17 st. (17,1 Štítná) chladněji na severovýchodě

V neděli 10/10.2010

Situace: Počasí u nás ovlivňoval okraj tlakové výše se středem nad Norským mořem.

Počasí: Jasno, ráno ojediněle mlhy, v ZL místy. Během dne jasno nebo skoro jasno.

Úhrn srážek 0 mm

Jenom usazené srážky, maximálně do 0,7 mm (?).

Minimální teplota: 2 až -1 st. , v údolích až -2 st. (-2,1 st. Štítná), přízemní mráz na celém území až do -5 st. (-5,8 st. Příbyslav)

Maximální teplota: 13 až 16 st. (17,1 st. Štítná)

5 VYHODNOCENÍ IMISNÍHO MĚŘENÍ V OTROKOVICÍCH

Následující Obr. 14 zobrazuje souhrnně platné imisní limity v ČR stanovené legislativou [6].

Obr. 14. Platné imisní limity dle [6]

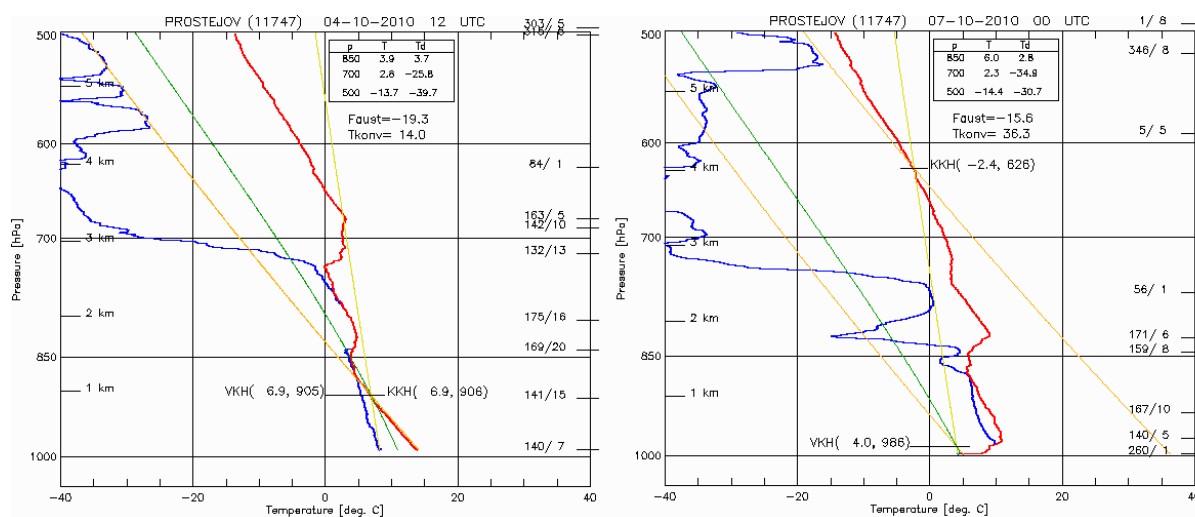
Znečišťující látka		Doba průměrování	Imisní limit	Horní mez pro posuzování	Dolní mez pro posuzování	Přípustná četnost překročení za kalendářní rok
Imisní limit pro ochranu zdraví lidí	Oxid siřičitý SO ₂	1 hodina	350 µg*m ⁻³	-	-	24
	Oxid siřičitý SO ₂	24 hodin	125 µg*m ⁻³	75 µg*m ⁻³	50 µg*m ⁻³	3
	Oxid 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			

5.1 Měření suspendovaných částic

Suspendované částice byly měřeny na obou lokalitách v Otrokovicích. Avšak zatímco v lokalitě ZŠ Trávníky probíhalo pouze gravimetrické stanovení PM₁₀ (24 hodinový odběr částic na filtr, poskytuje 1 údaj za 1 den), v lokalitě ZŠ Mánesova probíhal kontinuální odběr PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁ pomocí přístroje Grimm s rozlišením až 1 min (viz Obr. 16).

Jak je patrné již z Obr. 16, podstatnou část PM₁₀ tvoří nejjemnější a tedy nejnebezpečnější frakce PM₁ (červená výplň). Z grafu je rovněž patrné, že v první polovině měření byly koncentrace nižší než v druhé polovině, což bylo mimo jiné zapříčiněno i meteorologickými podmínkami. Jak ukazuje vertikální teplotní profil na Obr. 15, charakter počasí se od 7.10. začal měnit na inverzní, s čímž souvisí horší rozptylové podmínky (stabilní "neprofoukávaná" atmosféra).

Obr. 15. Vertikální profil teploty

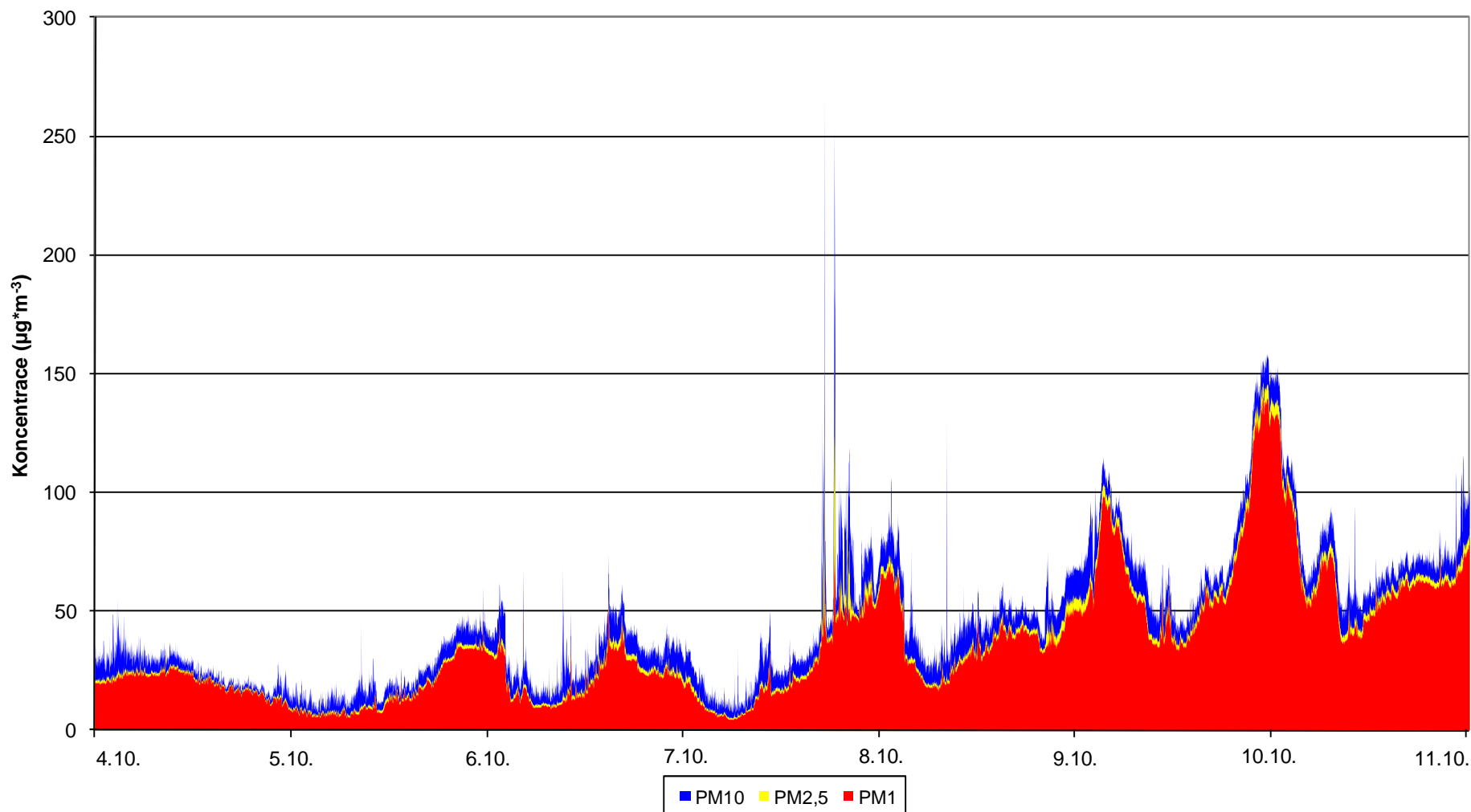


Z obrázku je patrný rozdíl mezi 4.10.2010 (vlevo) a 7.10.2010 (vpravo). Zatímco dne 4.10. je patrné, že s narůstající nadmořskou výškou teplota vzduchu klesá, graf z 7.10. naznačuje, že v první fázi teplota vzduch s nadmořskou výškou roste (teplotní inverze) až do určité výšky (hladina inverze), odkud již opět s nadmořskou výškou teplota vzduchu klesá.

Vývoj počasí a s tím související i vývoj koncentrací škodlivin pochopitelně neovlivnil pouze Otrokovice - zhoršené rozptylové podmínky a s nimi související nárůst koncentrací škodlivin se projevil na celé Moravě - viz. model z operativních dat AIM na Obr. 17. Zatímco 4.10.2010 byla ještě celá republika poměrně vyrovnaná a koncentrace nízké, 7.10.2010 je již patrný nárůst koncentrací zejména na Ostravsku a zvýšené koncentrace v oblasti střední Moravy (zejména hornomoravský úval). V poslední den měření - tedy 10.10.2010 (jedná se o 24hodinové průměry) již byly zvýšené koncentrace zaznamenány po celé Moravě, přičemž vysoké koncentrace zaznamenaly i venkovské pozadové lokality, jako např. Mikulov - Sedlec.

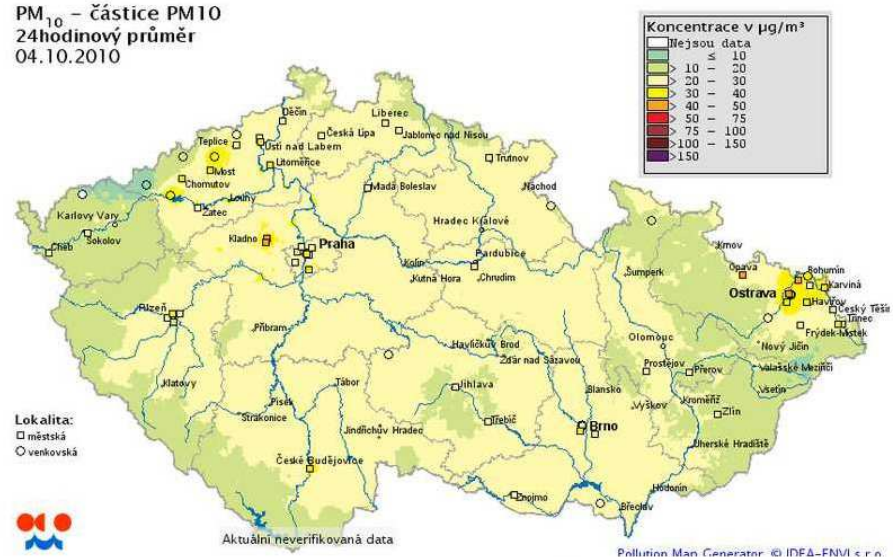
Obr. 16. Průběh 1min koncentrací PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě ZŠ Mánesova Otrokovice, 4.-11.10.2010

1min koncentrace PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 , ZŠ Mánesova Otrokovice, 4.-11.10.2010

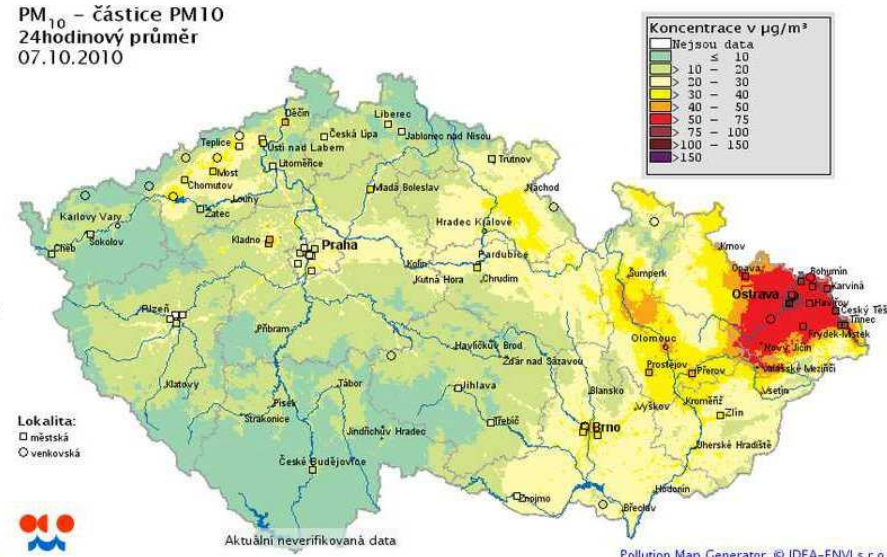


Obr. 17. Vývoj kvality ovzduší z hlediska PM₁₀ na území ČR, 4., 7., a 10.10.2010, 24hodinové průměry

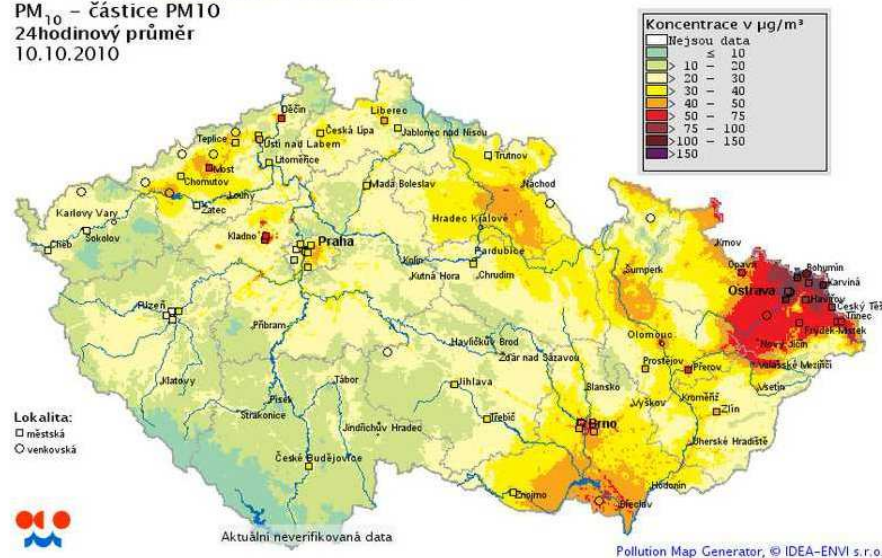
PM₁₀ – částice PM10
24hodinový průměr
04.10.2010



PM₁₀ – částice PM10
24hodinový průměr
07.10.2010



PM₁₀ – částice PM10
24hodinový průměr
10.10.2010



5.1.1 Průměrné hodinové koncentrace PM

Pokud minutová data převedeme na hodinové průměry, dostaneme již uhlazenější křivku (Obr. 18). Tuto křivku můžeme doplnit o data některých meteorologických prvků - koncentrace PM velmi dobře korespondují např. s inverzně vynášenou teplotou vzduchu (Obr. 19). Z obrázku je patrné, že s klesající teplotou rostou koncentrace PM. Významný je rovněž vliv rychlosti proudění větru. Jak ukazuje Obr. 20, při nízkých a nulových rychlostech větru začnou koncentrace PM vzrůstat a zastaví je až nárůst rychlosti proudění větru. Výjimkou jsou ranní hodiny 9.10.2010, kdy se vzrůstající rychlosti proudění narůstala i koncentrace částic. V tomto případě docházelo k dálkovému transportu, neboť směr proudění byl po celé dopoledne ze severu a docházelo tedy zřejmě k transportu škodlivin z Ostravska a Polska.

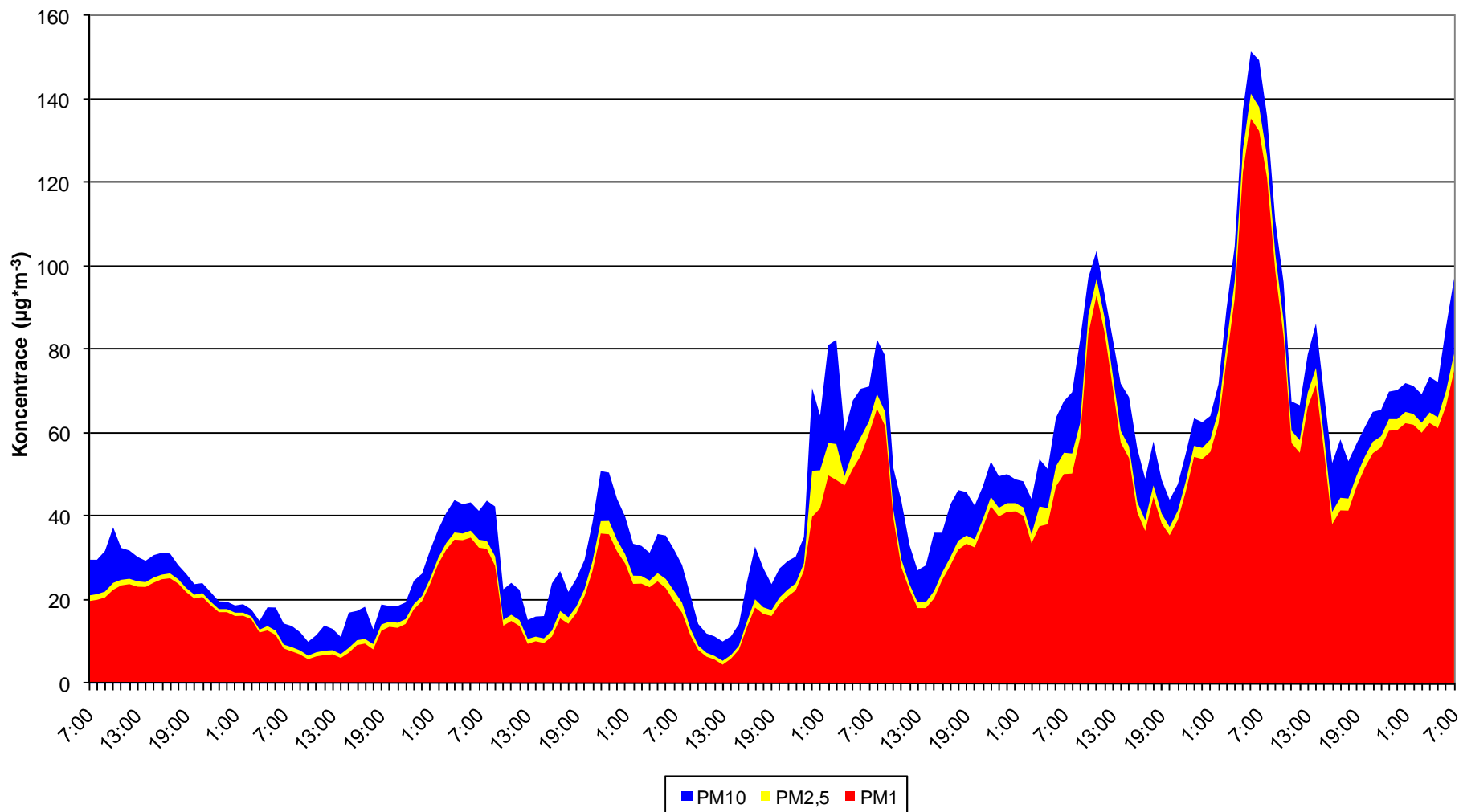
Navíc můžeme křivku průměrných hodinových koncentrací srovnat s koncentracemi na stanici AIM ve Zlíně, která poskytuje data právě v hodinových intervalech. Na stanici AIM Zlín je kromě PM₁₀ měřena i PM_{2,5} a kromě trendu koncentrací lze srovnat i míru zastoupení jemnější frakce PM_{2,5} v PM₁₀ (Obr. 21). Z obrázku je patrné, že koncentrace spolu celkem korelují, ke konci měření byly naměřeny v Otrokovicích vyšší koncentrace PM₁₀, což může být způsobeno vícero faktory. Kromě lokálních zdrojů (zejména vytápění domácností), které při inverzním charakteru počasí nemohou škodliviny dostatečně rozptýlit se na horší situaci v Otrokovicích může podílet i dálkový transport od Ostravska a Polska (Zlín je přeci jen trochu skrytý zvlhnutým terénem). Na vině může být rovněž nižší nadmořská výška měření v Otrokovicích a v neposlední řadě také mikroklima.

V křivce jsou pak poměrně dobře viditelné vlivy lokálních zdrojů. Např. ve Zlíně dne 7.10.2010 v 16:00 prudce narostla koncentrace PM₁₀ (ale i PM_{2,5} na nezávislém přístroji). Zřejmě tedy v okolí stanice někdo něco zapálil, popř. spaloval odpad či látky způsobující vysoké emise tuhých látek. Naproti tomu v Otrokovicích se v tuto dobu žádné výjimečné koncentrace PM nevyskytovaly. Avšak dne 10.10.2010 v ranních hodinách naopak vzrostly koncentrace v Otrokovicích a ve Zlíně ne. Zde není pík koncentrací tak ostrý - situace trvala delší dobu a vzhledem k inverznímu charakteru počasí se na ni mohly podílet lokální zdroje a začínající ranní špička, rovněž se mohl projevit vliv dálkového transportu z Ostravska, kde byly již koncentrace PM poměrně vysoké (viz. Obr. 17).

Vynesením 1hodinových údajů pro každý den a jejich zprůměrováním vznikl denní chod koncentrací PM₁₀ zobrazený na Obr. 22. Z obrázku je patrné, že vyšší koncentrace byly naměřeny v noci než ve dne. Maximum na průměrné křivce je v 6:00 zejména díky 10.10., kdy se v tuto hodinu koncentrace PM₁₀ vyšplhaly až na 151,5 µg*m⁻³. Na vině je zřejmě inverze spolu s lokálními zdroji a začínající ranní špičkou, a patrně i dálkový transport, které společně způsobily nárůst koncentrací.

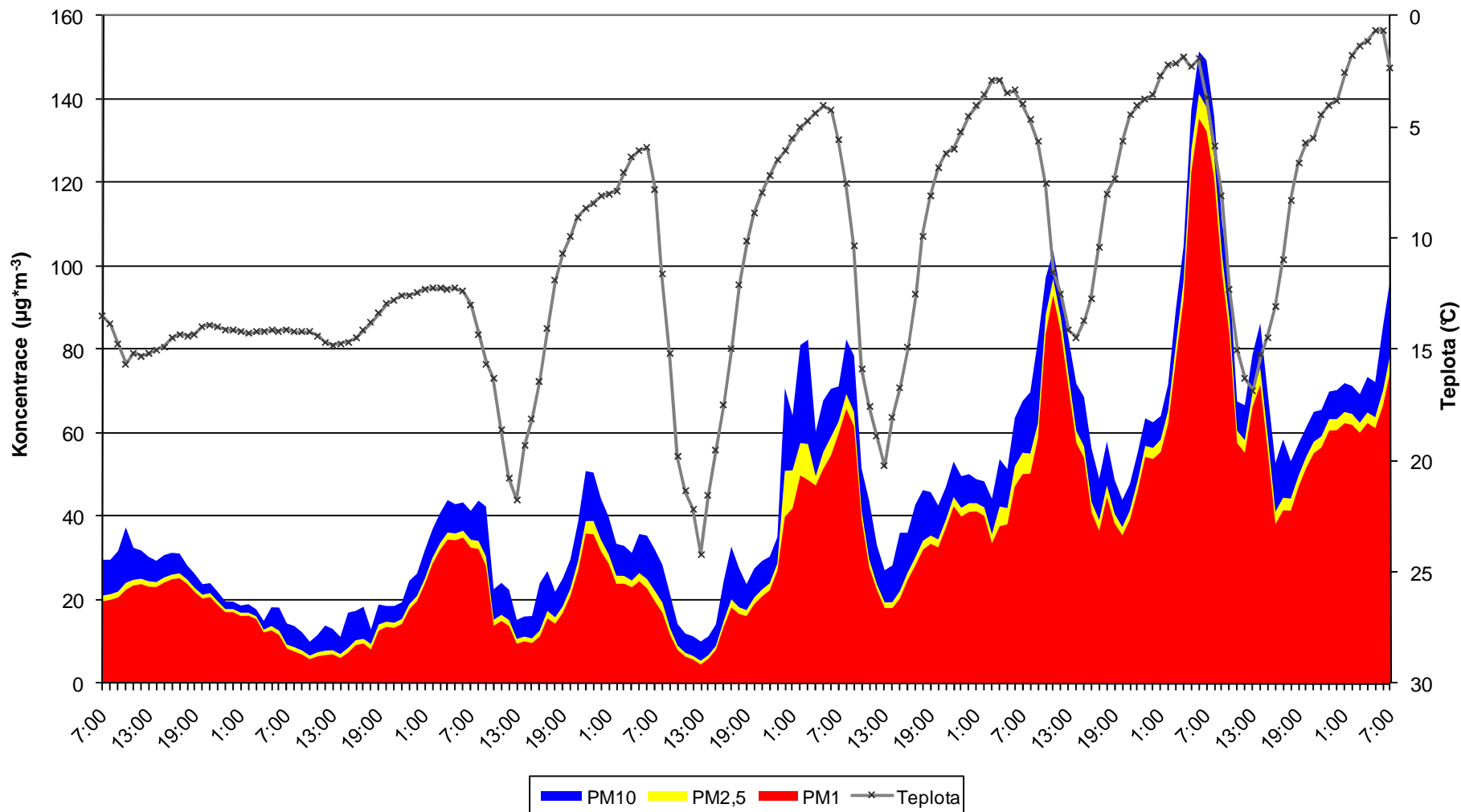
Obr. 18. Průběh průměrných 1hodinových koncentrací PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 v lokalitě ZŠ Mánesova Otrokovice, 4.-11.10.2010

Průměrné 1h koncentrace PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 , ZŠ Mánesova Otrokovice, 4.-11.10.2010



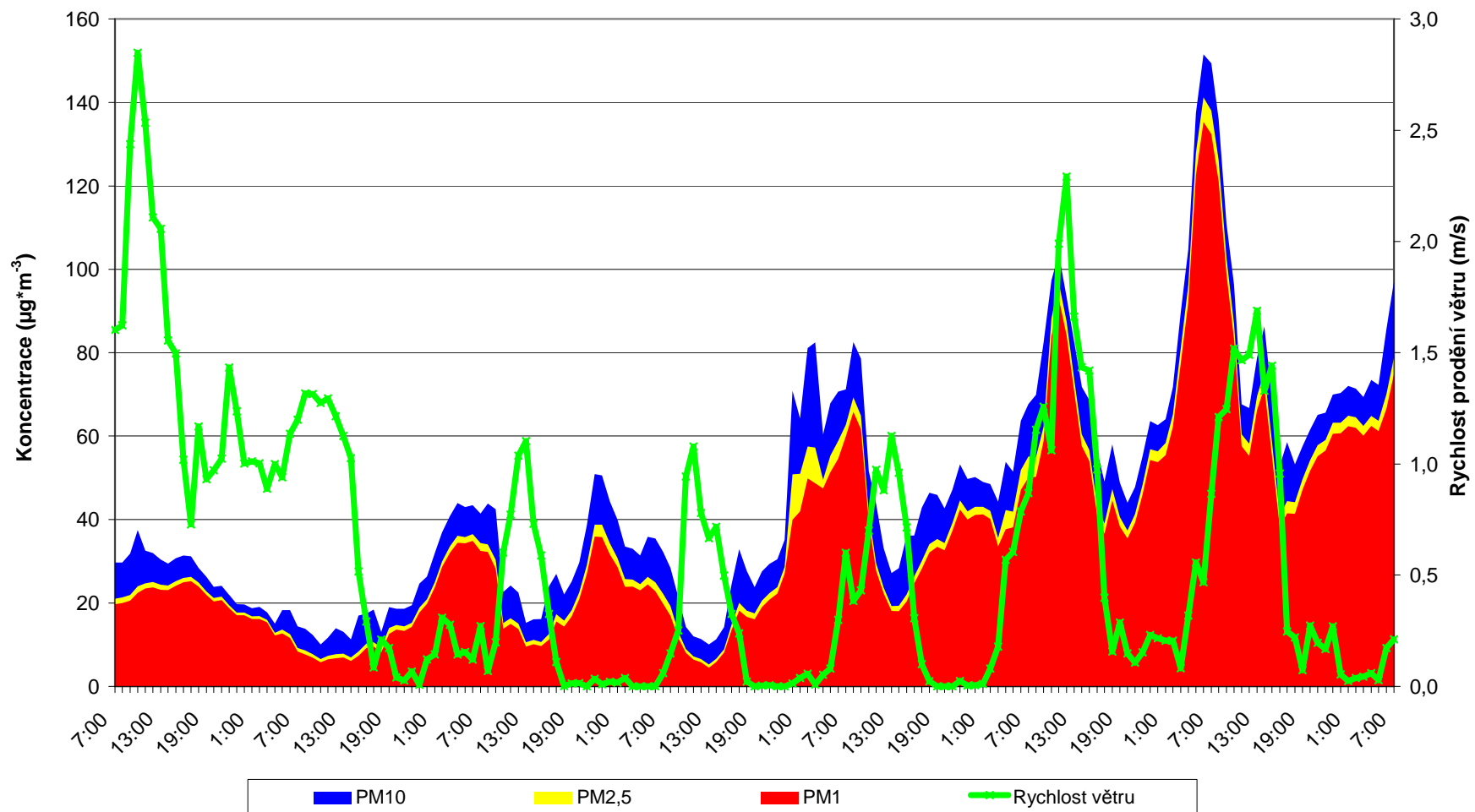
Obr. 19. Korelace průměrných 1hodinových koncentrací PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁ a teploty v lokalitě ZŠ Mánesova Otrokovice, 4.-11.10.2010

Průměrné 1h koncentrace PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁, ZŠ Mánesova Otrokovice, 4.-11.10.2010



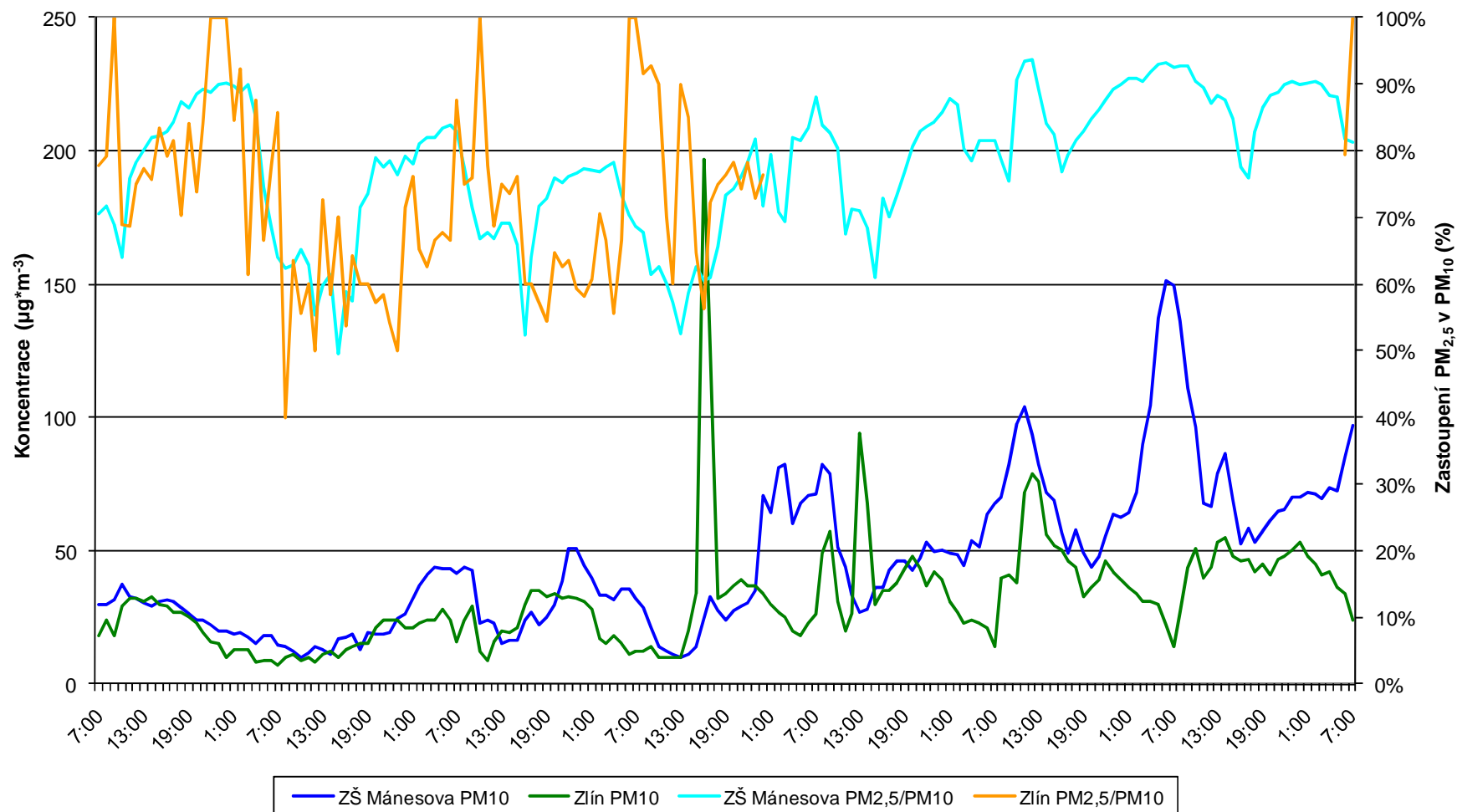
Obr. 20. Korelace průměrných 1hodinových koncentrací PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 a rychlosti proudění větru v lokalitě ZŠ Mánesova Otrokovice, 4.-11.10.2010

Průměrné 1h koncentrace PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 , ZŠ Mánesova Otrokovice, 4.-11.10.2010

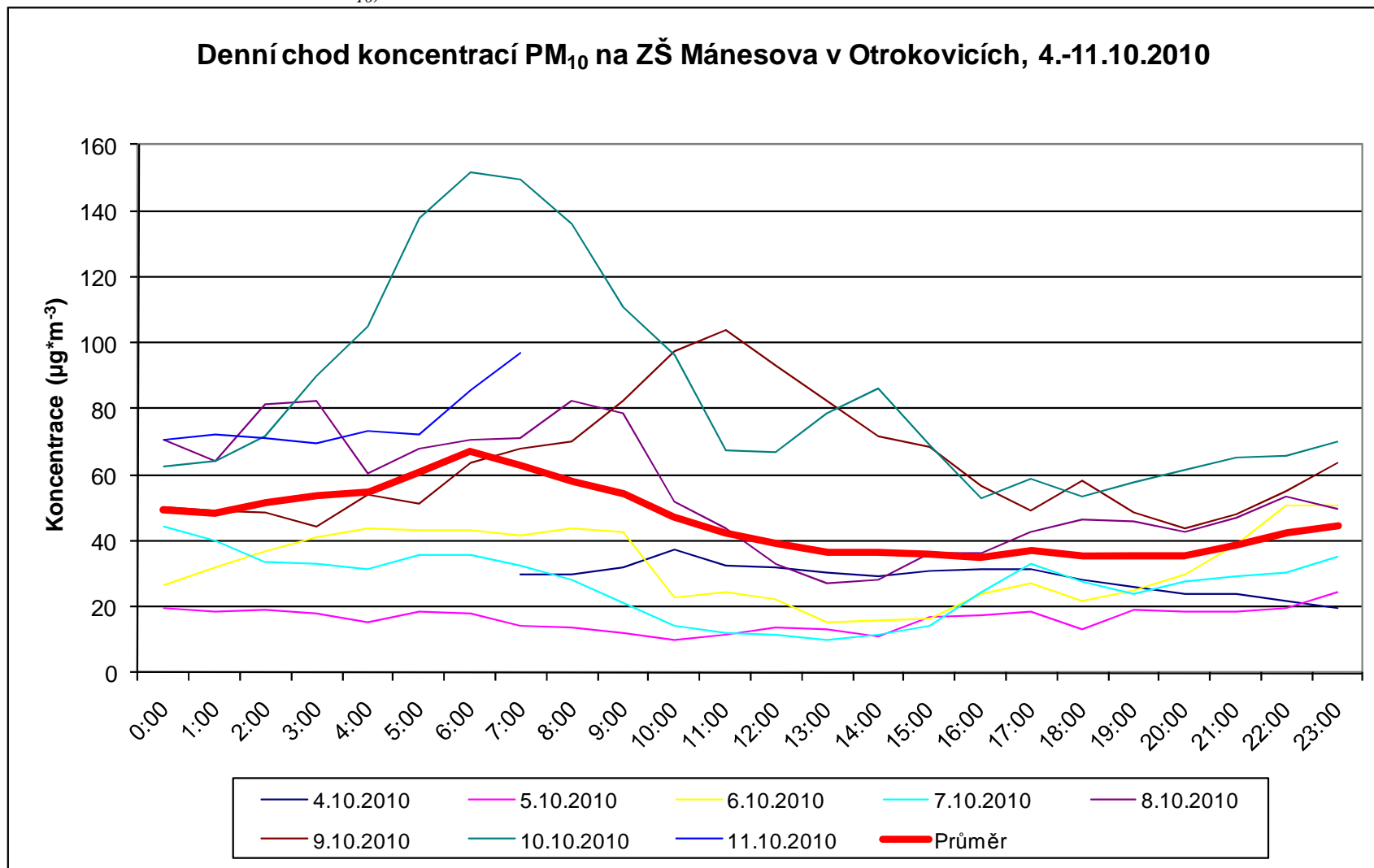


Obr. 21. Srovnání průměrných 1hodinových koncentrací PM_{10} a zastoupení $PM_{2,5}$ v PM_{10} v lokalitě ZŠ Mánesova Otrokovice a AIM Zlín, 4.-11.10.2010

Srovnání 1h koncentrací PM_{10} a zastoupení $PM_{2,5}$ v PM_{10} na stanicích v Otrokovicích a AIM Zlín



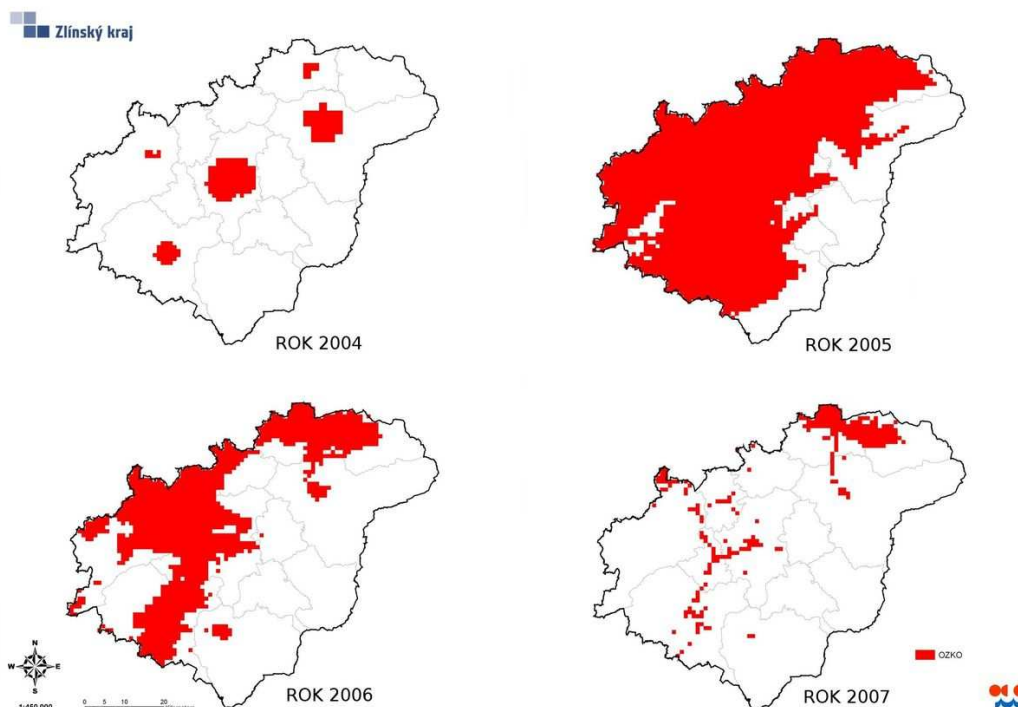
Obr. 22. Denní chod koncentrací PM₁₀, ZŠ Mánesova Otrokovice



5.1.2 Průměrné 24hodinové koncentrace PM

Pro průměrnou 24hodinovou koncentraci PM₁₀ existuje v české legislativě [6] imisní limit, který má hodnotu 50 µg*m⁻³, přičemž tato hodnota může být za kalendářní rok 35x překročena. Vyhodnocuje se tak 36. nejvyšší 24hodinová koncentrace (90. percentil), která pokud překročí hodnotu 50 µg*m⁻³, tak je překročen imisní limit. Situace ve Zlínském kraji, obdobně jako v celé střední a jižní Moravě, je hodně odvislá od meteorologických podmínek, konkrétně pak zejména od zimy. Pokud je zima mírná až teplá s malým množstvím inverzí, zpravidla k překročení imisního limitu nedojde. Avšak pokud významněji klesnou teploty a delší dobu převládá inverzní charakter počasí, může na území Zlínského kraje docházet k překročení imisního limitu pro 24hodinovou koncentraci PM₁₀. Na Obr. 23 je pak znázorněno vymezení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší (OZKO - je zde překročen alespoň 1 imisní limit, v případě Zlínského kraje se jedná pouze o PM₁₀).

Obr. 23. Vymezení OZKO, Zlínský kraj, roky 2004 - 2007



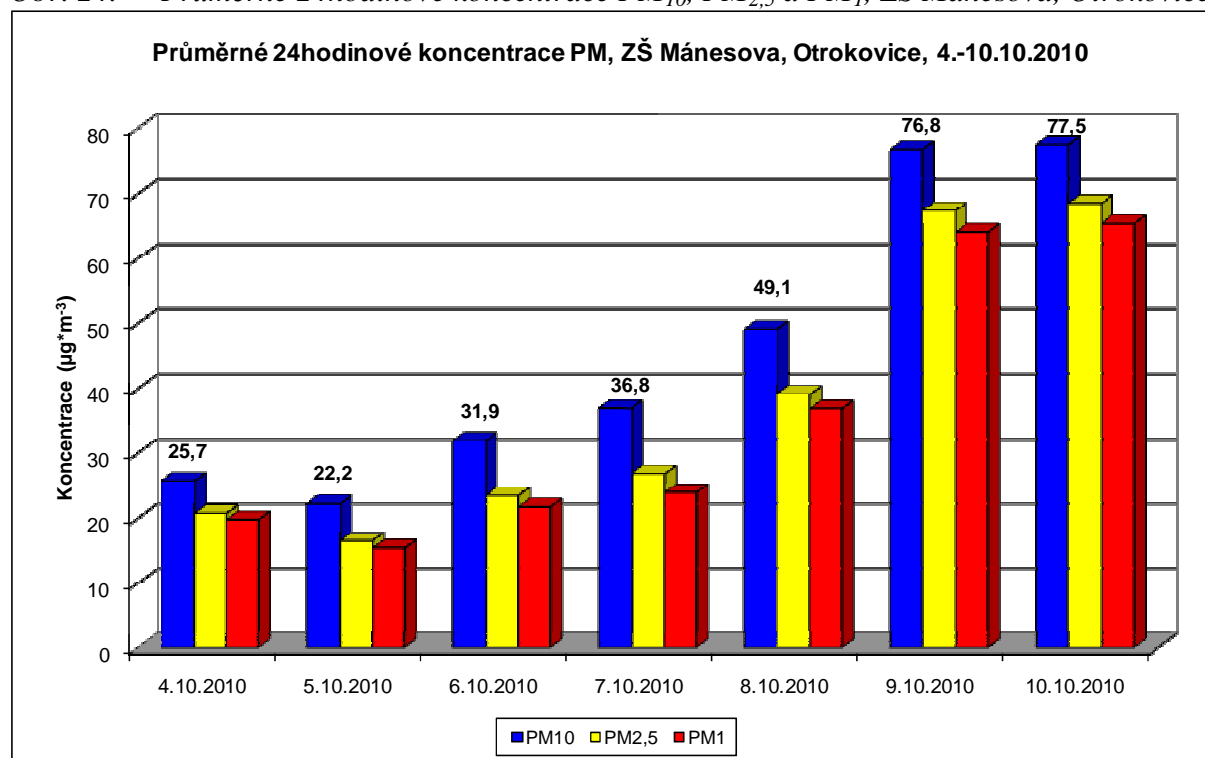
Z Obr. 23 je patrné, že jednotlivé roky se od sebe velmi výrazně liší, a to přesto že se téměř nezměnilo složení ani množství emisí - nepřibyl žádný významný zdroj, který by takhle mohl změnit situaci. Rozdíl byl ale v meteorologických podmínkách, kdy zejména v zimě 2005/2006 došlo k několika epizodám s inverzním charakterem počasí, špatnými rozptylovými podmínkami, a tedy s vysokými koncentracemi PM₁₀. Na vině jsou zde zejména malé zdroje REZZO3 (vytápění domácností - 39% všech tuhých látek viz. Obr. 5), které kromě toho, že produkují vysoké množství emisí **pouze v chladné části roku**, tak mají navíc nízké komíny, které nemohou škodliviny dostatečně rozptýlit a při inverzích tedy vše padá zpět přímo v obcích. Měřeními jsou ověřeny případy, že ve vesnicích bývá znečištění ovzduší větší než ve větších městech s průmyslem, protože města jsou zpravidla připojena na CZT či plynové kotelní, naproti tomu ve vesnicích si každý topí čím chce (malé zdroje jako jediné dosud nejsou nijak kontrolovány a regulovány). Proto jsou roky 2005 a 2006 z hlediska kvality ovzduší nejhorší v posledních letech. Naopak sousední roky 2004 a 2007 jsou

podstatně lepší, roky 2008 a 2009 jsou pak obdobou roku 2007 - díky poměrně mírným zimním obdobím nedocházelo tolik k překračování imisního limitu.

Měření v Otrokovicích probíhalo již v době, kdy nastupuje topná sezóna, nastávají dny s inverzním charakterem počasí a lze tedy očekávat zvýšené koncentrace PM v ovzduší.

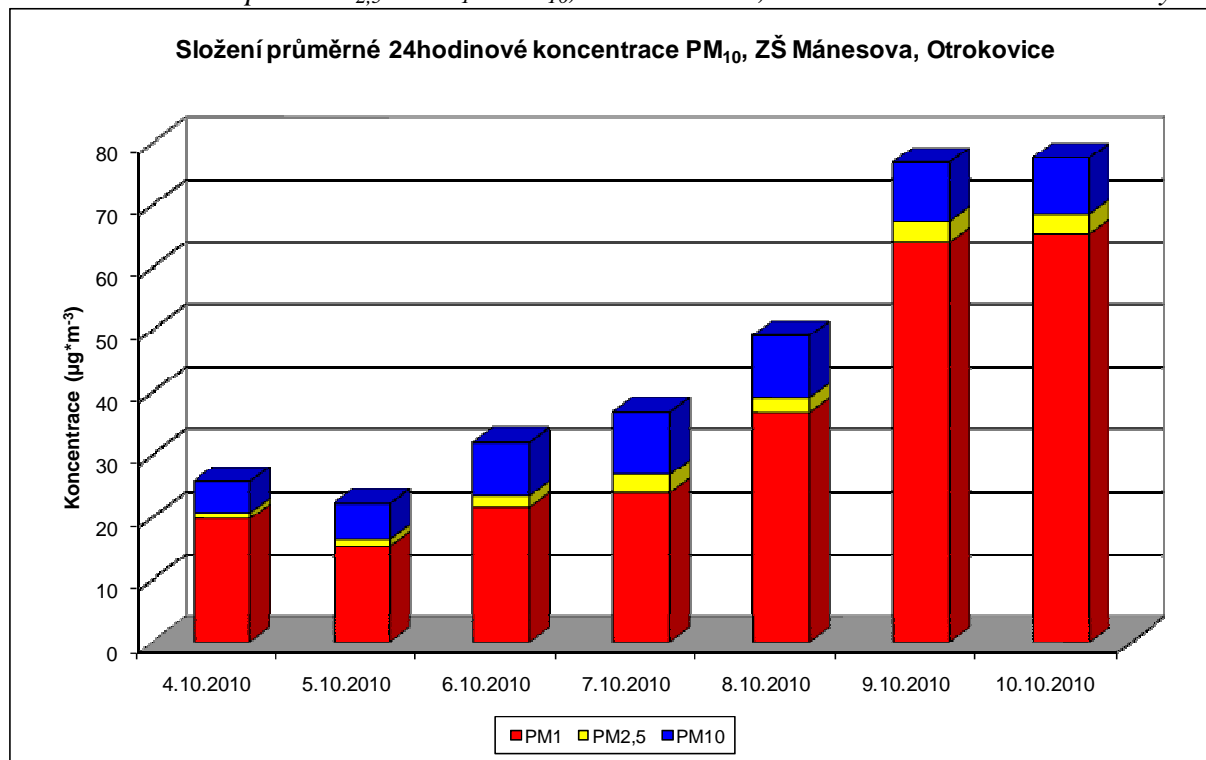
Průběh průměrných 24hodinových koncentrací PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁ v lokalitě ZŠ Mánesova v Otrokovicích znázorňuje Obr. 24.

Obr. 24. Průměrné 24hodinové koncentrace PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁, ZŠ Mánesova, Otrokovice

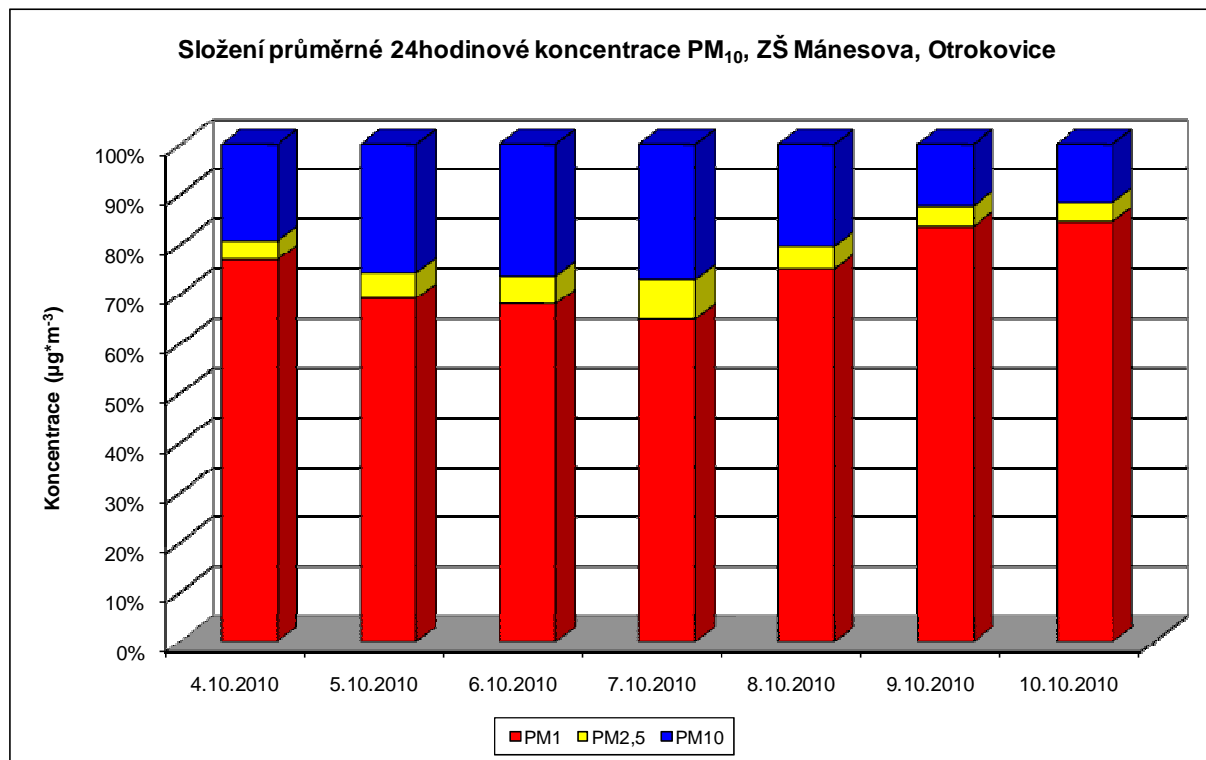


Z Obr. 24 je velmi dobře patrný trend nárůstu koncentrací všech frakcí PM zhruba od 7.10.2010, tedy od okamžiku, kdy nastaly nad územím Moravy inverze. Maximální koncentrace pak byly dosaženy ve dnech 9. a 10.10.2010. Z grafu je rovněž patrné, že jemnější frakce PM_{2,5} je téměř bezvýtku tvořena nejjemnější frakcí PM₁. V případě zastoupení PM_{2,5} v PM₁₀ se zastoupení pohybuje okolo 80 %, tak jak to je zobrazeno i v případě 1hodinových koncentrací na Obr. 21. Detailněji je možné si prohlédnout složení frakce PM₁₀ na následujícím Obr. 25 v absolutních hodnotách (koncentrace) a na Obr. 26 v relativních (procentuální zastoupení). Zejména z Obr. 26 je velmi dobře patrné, že ve dnech s nejvyššími koncentracemi (9. a 10.10.2010) byla rovněž nejvíce zastoupena nejjemnější a tedy nejnebezpečnější frakce PM₁. Toto velmi dobře koreluje s výzkumem prováděným na ČHMÚ, ze kterého vyplývá, že nejjemnější frakce PM₁ je v PM₁₀ nejhojněji zastoupena při nejnižších teplotách a nejvyšších relativních vlhkostech ovzduší [20].

Obr. 25. Zastoupení $PM_{2,5}$ a PM_1 v PM_{10} , ZŠ Mánesova, Otrokovice - absolutní hodnoty

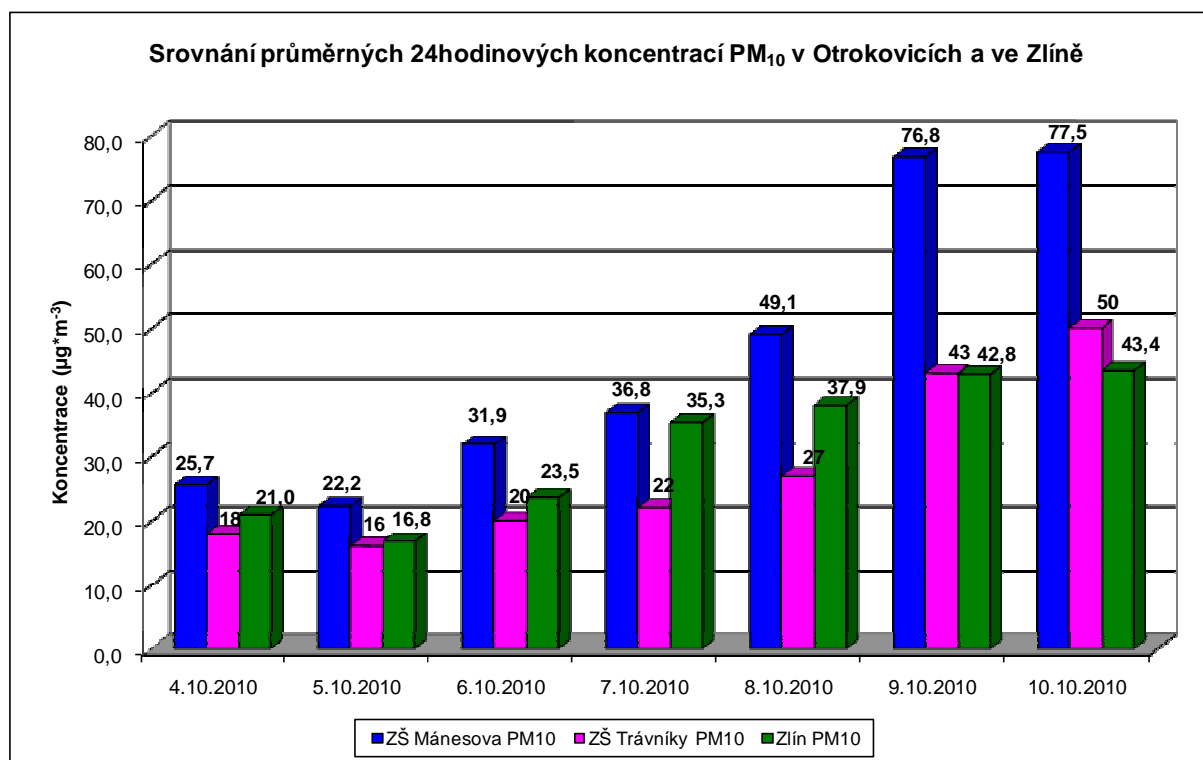


Obr. 26. Zastoupení $PM_{2,5}$ a PM_1 v PM_{10} , ZŠ Mánesova, Otrokovice - procentuální zastoupení



24hodinové koncentrace však byly měřeny kromě lokality ZŠ Mánesova rovněž v lokalitě ZŠ Trávníky, a tudíž je možné si srovnat trendy koncentrací v těchto dvou lokalitách spolu s vypočtenými průměrnými 24hodinovými koncentracemi PM₁₀ naměřenými stanicí AIM Zlín. Přehledně jsou tyto 24hodinové koncentrace z uvedených tří lokalit zobrazeny na Obr. 27.

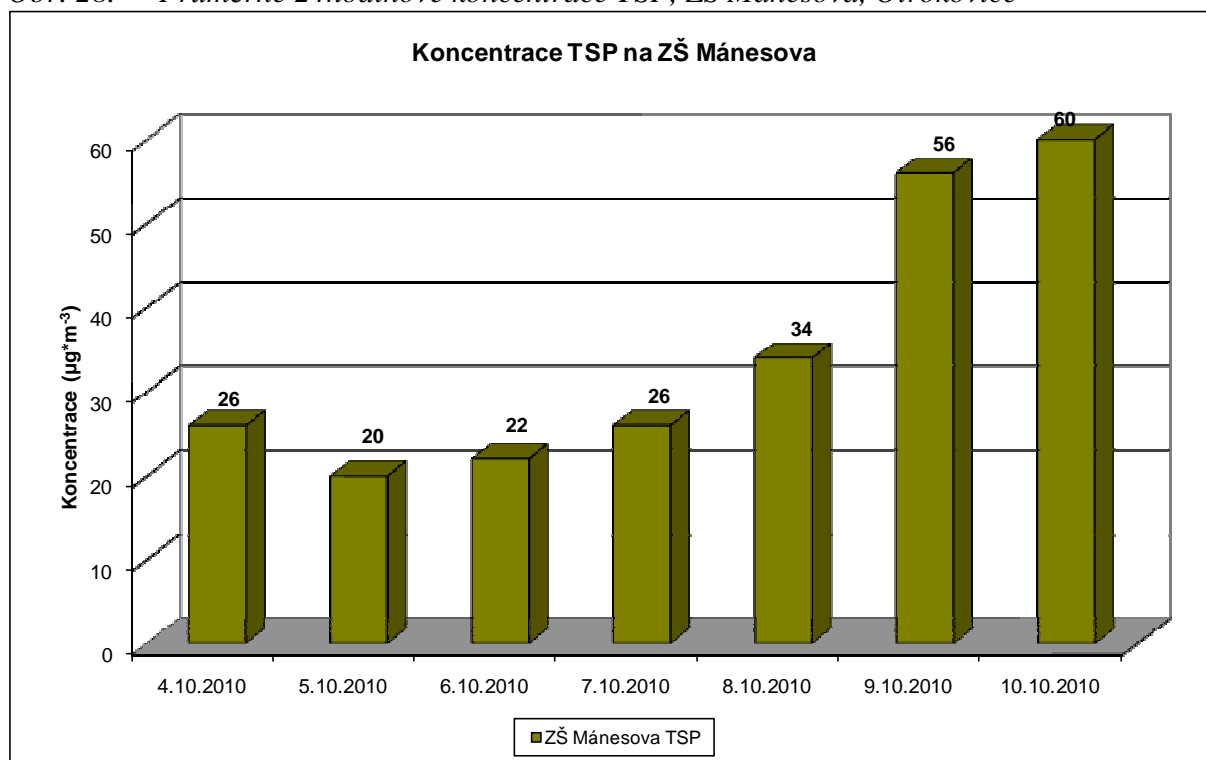
Obr. 27. Srovnání 24hodinových koncentrací PM₁₀ v lokalitách ZŠ Mánesova, ZŠ Trávníky a Zlín



Z Obr. 27 je dobře patrné, že nejvyšší koncentrace byly po celou dobu měření nalezeny v lokalitě ZŠ Mánesova. Velmi dobře pak spolu koresponduje měření na ZŠ Trávníky v Otrokovicích a měření AIM Zlín - koncentrace chodí poměrně dobře spolu, výjimkou je snad jen 7.10.2010, kdy byla lokalita Zlín ovlivněna lokálním zdrojem (viz. hodinové koncentrace na Obr. 21, které se pochopitelně projeví i v 24hodinovém průměru). Vyšší koncentrace naměřené v lokalitě ZŠ Mánesova mohou být způsobeny jednak blízkostí řeky a s ní spojeným mikroklimatem posilujícím inverze, dále pak může být ovlivněna lokálními zdroji v Otrokovicích a nejbližším okolí.

Kromě kontinuálního měření frakcí PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁ probíhalo v lokalitě ZŠ Mánesova rovněž měření celkové prašnosti TSP. Výsledky 24hodinového odběru jsou znázorněny na následujícím Obr. 28. Z grafu je patrné, že trend velmi dobře koreluje s naměřenými koncentracemi PM₁₀.

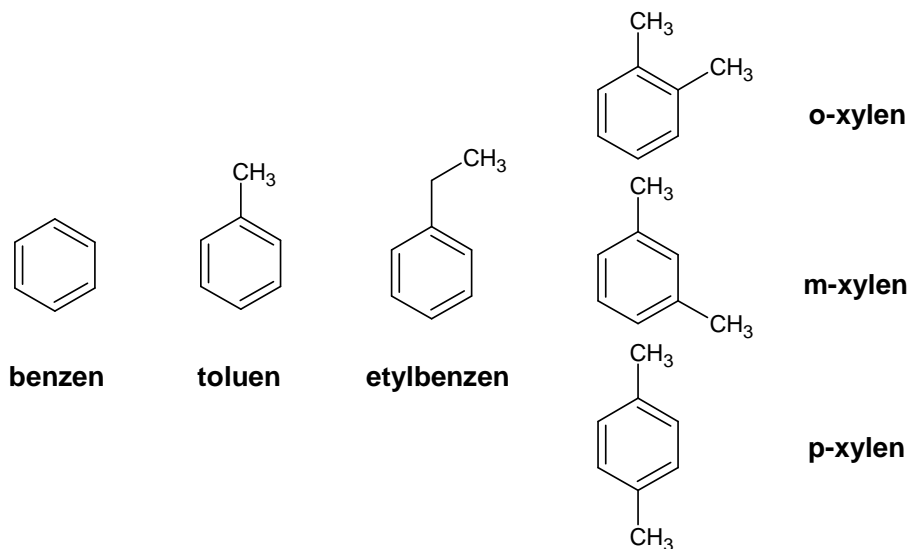
Obr. 28. Průměrné 24hodinové koncentrace TSP, ZŠ Mánesova, Otrokovice



5.2 Měření VOC

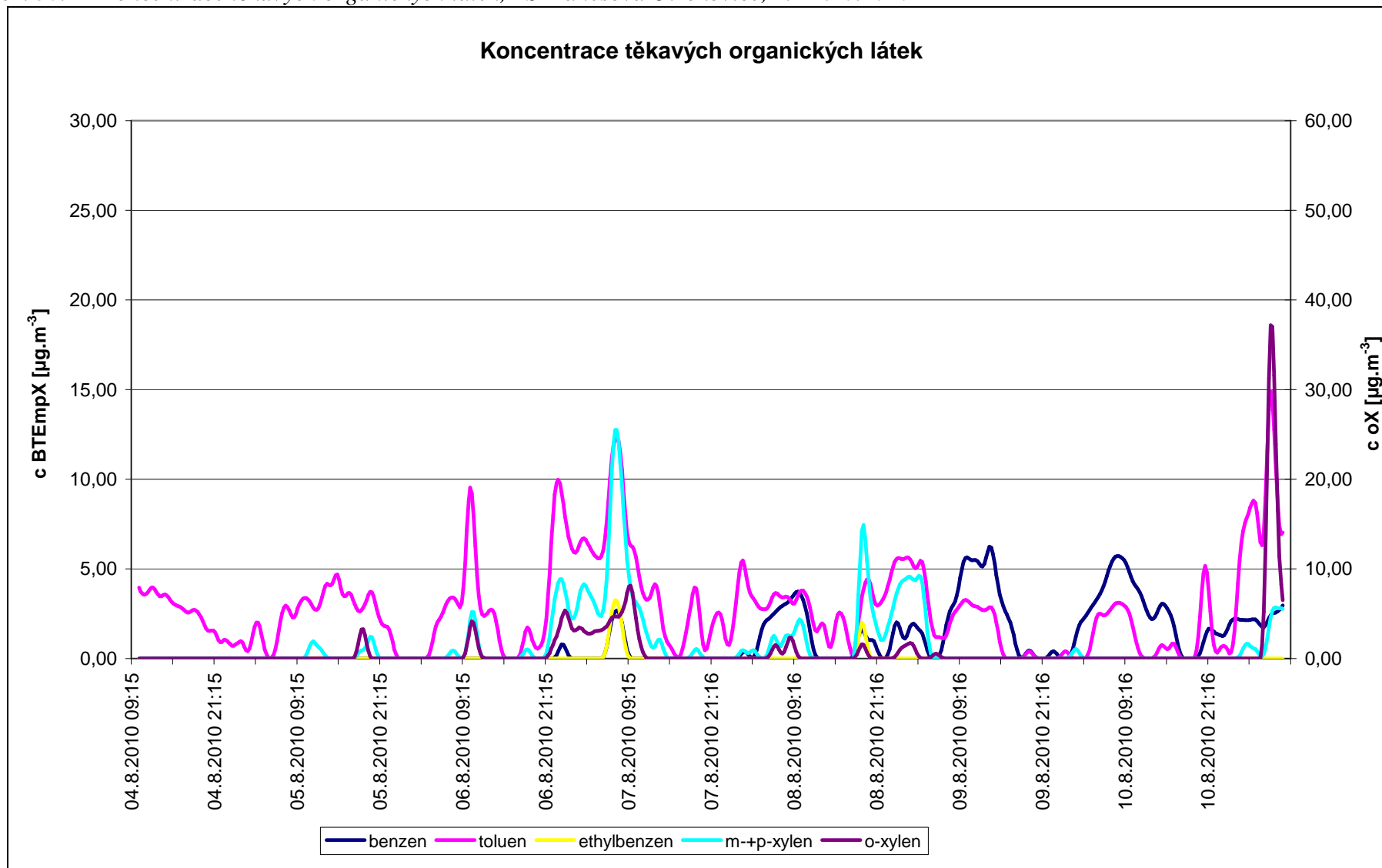
V Otrokovicích v lokalitě ZŠ Mánesova byly měřeny rovněž těkavé organické látky (VOC z anglického „volatile organic compounds“). Jednalo se o benzen, toluen, xylen (ortho, meta, para) a etylbenzen a jejich strukturální vzorce jsou uvedeny na Obr. 29.

Obr. 29. Měřené těkavé organické látky



Průběh koncentrací těchto těkavých organických látek je znázorněn na Obr. 30. Z grafu je patrné, že na rozdíl od tuhých látek nevykazují těkavé organické látky trend narůstajících koncentrací od 7.10.2010. Naopak koncentrace jsou dlouhodobě vyrovnané. Většinou byly koncentrace vyšší přes den a nižší v noci, ale např. ze 6. na 7. 10. narostly koncentrace již v noci a vydržely přes den. Velmi vysoký pík o-xylynu a zvýšené koncentrace toluenu se objevily v poslední den měření 11.10.2010 mezi 6:00 a 7:00. Hlavním zdrojem emisí toluenu i xylynu je automobilová doprava (xylen se přidává do benzínu) a dále pak dochází k emisím při použití rozpouštědel. Při tzv. studených startech automobilu může dojít k několikanásobně vyšším emisím škodlivých látek do ovzduší. V době mezi 05:00 až 07:00 byly naměřeny nejnižší teploty po čas celého měření - bylo naměřeno jen $0,7^\circ\text{C}$. Ke studeným startům tedy mohlo docházet a koncentrace výše zmíněných těkavých látek mohly být z tohoto důvodu vyšší než v jiných případech.

Obr. 30. Koncentrace těkavých organických látek, ZŠ Mánesova Otrokovice, 4.-11.10.2010



6 ZÁVĚRY

1. Ve dnech 4.10-11.10.2010 v Otrokovicích proběhlo týdenní ambulantní měření, které díky návaznosti na zhruba 12 km vzdálenou stanici dlouhodobého imisního monitoringu Zlín poskytlo zajímavé údaje o koncentracích vybraných škodlivin (zejména o suspendovaných částicích) v této lokalitě.
2. Již z prvních výsledků je patrné, že trend koncentrací v obou lokalitách je velmi podobný, přestože charakter stanic i jejich okolí je odlišné. Zatímco lokalita AIM Zlín leží ve vyšší nadmořské výšce ve zlínské části „Jižní svahy“ a je částečně krytá terénem ze severní strany, lokalita v Otrokovicích (zejména ZŠ Mánesova) leží „na dně“ Hornomoravského úvalu v otevřené krajině, kde dochází ke kumulaci škodlivin. Přesto je u obou stanic patrný nárůst koncentrací PM v druhé polovině měřicí kampaně zaviněný zejména zhoršenými rozptylovými podmínkami vlivem teplotní inverze.
3. Situace ve Zlínském kraji, obdobně jako v celé střední a jižní Moravě, je hodně odvislá od meteorologických podmínek, konkrétně pak zejména na poklesu venkovní teploty vzduchu. Pokud je zima mírná až teplá s malým množstvím inverzí, zpravidla k překročení imisního limitu nedojde. Avšak pokud významněji klesnou teploty a delší dobu převládá inverzní charakter počasí, může na území Zlínského kraje docházet k překročení imisního limitu pro 24hodinovou koncentraci PM₁₀.
4. Vliv počasí a meteorologických prvků se velmi výrazně odrazil v koncentracích suspendovaných částic, avšak z hlediska těkavých organických látek se téměř neprojevil. Z hlediska PM byly důležité zejména rozptylové podmínky, které se s inverzním charakterem počasí v druhé polovině měření významně zhoršily. Spolu s tímto jevem klesala teplota a zejména rychlost proudění větru, což se projevilo i v měřených koncentracích. Vliv obou výše zmíněných meteorologických prvků po čas měřicí kampaně byl zřejmý. Kromě meteorologických vlivů však byly odhaleny i další faktory ovlivňující kvalitu ovzduší, jako například lokální zdroje atp.
5. Absolutní koncentrace prachových částic byly v Otrokovicích o něco vyšší než v lokalitě AIM Zlín, což se dalo vzhledem k umístění očekávat. Otrokovice jsou díky své poloze vystaveny vyššímu vlivu dálkového transportu škodlivin zejména z Polska a Ostravska, což dokládá i větrná růžice, které jasně dominuje severní či jižní proudění úvalem. Kromě toho ležela lokalita ZŠ Mánesova v Otrokovicích na dně údolí v nižší nadmořské výšce, kde se při teplotních inverzích mnohem více kumulují škodliviny než ve vyšších nadmořských výškách. Tvorba teplotních inverzí zde je posílena díky přítomnosti nedaleké nivy řeky Moravy vytvářející přirozené mikroklimatické podmínky pro vznik inverzí. I proto byl největší rozdíl v koncentracích právě při inverzním charakteru počasí.
6. Naměřené 1h maximum PM₁₀ 151,5 μg*m⁻³ bylo naměřeno dne 10.10.2010 v 6:00 hod (Obr. 22), kdy byly splněny podmínky teplotní inverze, která společně s lokálními zdroji, začínající ranní dopravní špičkou a dálkovým transportem způsobily tento nárůst koncentrací. Z obrázku je také patrné, že vyšší koncentrace byly naměřeny v noci než ve dne.

7. Jak je patrné z Obr. 16, podstatnou část PM_{10} tvoří nejjemnější, a tedy nejnebezpečnější frakce PM_1 (červená výplň). Z grafu je rovněž patrné, že v první polovině měření byly koncentrace nižší než v druhé polovině, což bylo mimo jiné zapříčiněno i změněnými meteorologickými podmínkami.
8. V případě těkavých organických látek nedocházelo během měření k výraznějším odchylkám, pouze poslední den došlo ke krátkodobému jednorázovému zvýšení koncentrací některých látek naznačující lokální vliv zřejmě automobilové dopravy. Koncentrace naměřených těkavých látek svými hodnotami nevybočují z mezí koncentrací měřených v průmyslově zaměřených městech či aglomeracích.
9. Celkově lze měření shrnout, že koncentrace PM_{10} mají obdobný trend jako měření ve Zlíně, koncentrace jsou však o něco vyšší. Lze tedy předpokládat, že imisní limit pro 24hodinovou koncentraci PM_{10} bude v Otrokovicích překračován. K překračování imisního limitu pro průměrnou roční koncentraci PM_{10} ani pro benzen docházet nebude.

7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČHMÚ: Znečištění ovzduší a atmosférická depozice v datech, Česká republika 2002 – 2009; URL: <http://www.chmi.cz/> .
- [2] Bilance emisí znečišťujících látek v roce 2004 - 2007, ČHMÚ Praha 2008 a webová prezentace ČHMÚ, (<http://www.chmi.cz/uoco/emise/embil/emise.html>)
- [3] Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší
- [4] Informační systém kvality ovzduší (ISKO)
- [5] Zákon o ochraně ovzduší 86/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů
- [6] Nařízení vlády č. 597/2006 Sb., kterým se stanoví limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší, v platném znění
- [7] Vyhláška 373/2009, kterou se mění vyhláška 553/2002 Sb. stanovující zvláštní imisní limity
- [8] Věstníky MŽP
(<http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/a02fcb9439f4537fc1256fbc00491592/d3a2552eaf70c5c6c1256f54004c5d2a?OpenDocument>)
- [9] Nařízení zóny Zlínský kraj č. 2/2005, kterým se vydává Integrovaný program snižování emisí znečišťujících látek nebo jejich stanovených skupin zóny Zlínský kraj
- [10] Nařízení zóny Zlínský kraj č. 3/2005, kterým se vydává Program ke zlepšení kvality ovzduší zóny Zlínský kraj
- [11] Quitt, E.: Klimatické oblasti Československa. Academia, Studia Geographica 16, GÚ ČSAV v Brně. 1971. 73 s.
- [12] Územní energetická koncepce zóny Zlínský kraj
- [13] Nařízení Vlády č. 417/2003 Sb. stanovující emisní stropy
- [14] Křížová A., Ovzduší Zlínského kraje – problematika emisí, Ochrana ovzduší 1/2008, str. 17-20
- [15] Skeřil R., Ovzduší Zlínského kraje – problematika imisí, Ochrana ovzduší 1/2008, str. 21-24
- [16] 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.
- [17] TOLASZ, R., et al. (2007): Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1 (CHMI), 978-80-244-1626-7 (UP)
- [18] Generel dopravy Zlínského kraje, UDIMO, spol. s r.o., květen 2004
- [19] Aktualizace programu ke zlepšení kvality ovzduší Zlínského kraje, Zlín 2009
- [20] Keder J.: Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátoru Grimm. Sborník Ovzduší 2007, 165-169. Brno 2007.